

«Книжная»

1 с. 50 т.

Дарсликда станция ва подстанцияларнинг асосий электр асбоб-ускуналари— синхрон генераторлар, куч трансформаторлари, электр аппаратлар ва ток эл- тувчи қисмлар баён қилинган, қисқа туташув тоқларини ҳисоблаш методикаси берилган. Электр уланишларнинг схемалари ва тақсимлаш қурилмаларининг конструкциялари кўриб чиқилган.

Китобнинг биринчи русча нашри 1975 йилда чиққан. Иккинчи нашрида қисқа туташув тоқларини ҳисоблаш методлари, схема ва конструкциялар янги курсатмалар, директив материаллар ва ГОСТ ларга мувофиқ қайта кўриб чи- қилган.

Дарслик энергетика ва энергсқурилиш техникумларининг ўқувчилари учун мулжалланган бўлиб, ундан электр станцияларида ишловчи ходимлар ҳам фой- даланишлари мумкин.

СЎЗ БОШИ

СССРни электрлаштириш В. И. Ленин номи билан чамбарчас боғлиқдир. У мамлакатимизни электрлаштиришга мўлжалланган ГОЭЛРО плани асосида халқ хўжалигини ривожлантириш давлат планини тарихда биринчи бўлиб ишлаб чиққан ташаббускоргина бўлиб қолмай, балки уни амалга оширишда унинг биринчи раҳбари ҳамдир. В. И. Ленин: «Коммунизм — бу Совет ҳокимияти плюс бутун мамлакатни электрлаштириш» деган сўзлари билан жамиятимиз учун электрлаштиришнинг моҳиятини жуда аниқ ва ёрқин ифодалаб берган.

ГОЭЛРО планининг электр энергия қисмида 10—15 йил ичида умумий қуввати 1750 МВт га тенг бўлган 30 та янги район электр станциялари қуриб, электр энергия ҳосил қилишни 8,8 млрд. кВт . соатга етказиш кўзда тутилган эди.

Бу план қисқа муддат — 10 йилда бажарилди. 1930 йилда электр станцияларнинг белгиланган қуввати 2875 МВт ни, электр энергия ҳосил қилиш 8,4 млрд кВт.соатни ташкил этди.

ГОЭЛРО плани негизидаги принциплар халқ хўжалигини ривожлантиришнинг кейинги планларига ҳам асос бўлди. Бирорта бошқа мамлакатда электр-энергетик база бундай суръатлар билан ривожланмаган. Фақат Улуғ Ватан уруши йиллари (1941—1945 йй.) бу суръат пасайган. Агар Совет Россияси ўзининг дастлабки йилларида электр энергия ҳосил қилиш бўйича дунёда охириги ўринлардан бирини эгаллаган бўлса, ҳозир эса Совет Иттифоқи Европада биринчи, дунёда (АҚШдан сўнг) иккинчи ўринни эгаллаб турибди.

Совет энергетикасини ривожлантириш асосига ягона энергосистема яратиш йўли билан қувватларни йирик электр станцияларда концентрациялаш ва электр таъминотини марказлаштириш принциплари қўйилган. Чунончи, 1980 йили 65 та электр станциянинг ҳар бирининг белгиланган қуввати 1 млн кВтдан, 33 тасининг ҳар бирининг қуввати 2 млн кВт дан ортиқ бўлиб, буларнинг 22 таси ГЭС, 4 таси АЭС ва 7 таси ГРЭС эди.

1980 йилда конденсацион иссиқлик станция (КЭС) ларининг белгиланган қуввати 118,4 минг МВт га етди.

Мамлакатимиз иссиқлик таъминотининг марказлаштирилиш даражаси ва ТЭЦ ларнинг қуввати бўйича дунёда биринчи ўринда туради.

ТЭЦ ларга қуввати 250 МВт гача бўлган теплофикацион турбиналар ўрнатилмоқда. 1980 йилда ТЭЦ ларнинг белгиланган қуввати 74 минг МВт га етди.

Кейинги йилларда атом энергетикасини ривожлантиришда катта ютуқларга эришилди. Техника тараққиётининг муҳим масалаларидан бири мамлакатимизнинг электр-энергетик балансида атом электр станция (АЭС) ларининг ролини оширишдан иборат. Атом энергетикаси қуввати 5 МВтли биринчи Обнинск АЭС дан қуввати 4000 МВт ли АЭС гача бўлган йўлни босиб ўтди. Ишлаб турган АЭС лар ичида Белоярск, Нововоронежск, Ленинград, Чернобыль, Курск, Ровенск, Кольск АЭС лари энг қувватлиларидан ҳисобланади.

Атом энергетикасидаги техника тараққиёти 1000 МВт қувватли ВВЭР-1000 блокини ҳамда 600 МВт қувватли БН типидagi тез нейтронда ишловчи реакторли энергоблокларни жорий этиш билан характерланади.

1980 йилда АЭСларнинг белгиланган қуввати 12,5 минг МВт га етди.

Совет гидроэнергетикаси тез суръатлар билан ривожланмоқда. Энг йирик гидростанциялар Сибирда қурилган бўлиб, у ерда ҳамма гидроресурсларимизнинг 70% дан ортиғи тупланган. Дунёдаги энг йирик (640 МВт ли) гидроагрегатлар Саяно-Шушенск ГЭСида ишлатилмоқда. 6 минг МВтли Красноярск ГЭСи дунёдаги энг қувватли ГЭС дир.

1980 йилда ГЭСларнинг белгиланган қуввати 52,5 минг МВт га етди. 1980 йилнинг охирига келиб, СССР нинг ягона энергетик системаси белгиланган умумий қуввати 230 минг МВт бўлган электр станцияларини бирлаштирди. 220—380—500—750 кВ ли ўзгарувчан ток тармоқлари йирик электр станцияларини ўзаро боғловчи асосий электр тармоғи ҳисобланади. 1980 йил охирида 330 кВ кучланишли линияларнинг умумий узунлиги 23800 км га, 500 кВ линики 26000 км га ва 750 кВ линики 3000 км га етди.

КПСС XXVI съезди қарорлари асосида Совет Иттифоқи энергетиклари олдига яқин 5—10 йил ичида катта вазифалар қўйилган.

1985 йилда электр энергия ҳосил қилиш 1555 млрд кВт.соатга етиши керак, жумладан АЭСлар 220—225 млрд кВтсоат, ГЭС лар эса 230—235 млрд кВт . соат электр энергия ҳосил қилиши лозим.

СССР нинг Европа қисмида АЭС ларда қувватларнинг ўсиш суръати ортса, мамлакатнинг шарқий районларида Канск-Ачинск ҳамда Экибастуз кўмир конлари базасида Березовск ГРЭС-1, Экибастуз ГРЭС-1, ГРЭС-2, Гусиноозерск, Харонорск ГРЭС ларининг қуввати анча ортади. Сугутск ГРЭС-1 ва ГРЭС-2 да Тюмендан чиқаётган газдан фойдаланилади.

СССР нинг Европа қисмидаги Ленинград, Курск, Чернобыльск, Ровенск ҳамда Кольск АЭС ларининг қуввати оширилади. Смоленск, Калинин, Ростов, Балаковск ва бошқа янги АЭС ларининг қуввати ишга туширилади.

Янги қуриладиган йирик электр станцияларининг қувватини узатиш учун 500—750 кВ ли линиялар қурилиши давом эттирилади. Урални таъминлаш учун 1150 кВ ли Экибастуз-Урал ўзгарувчан ток линияси қурилади. Березовск ГРЭСи қувватини узатиш учун 1150 кВ ли Итат-Кузнецк-Барнаул линияси қурилади. Ўзгармас токни узатувчи Экибастуз—Марказ линиясининг биринчи навбатини қуриш ва ишга тушириш назарда тутилмоқда.

Ўн иккинчи беш йилликда мамлакатнинг ягона энергетика системасини барпо этиш давом эттирилади, ўзгарувчан ток кучланиши 500, 750 ва 1150 киловольтли ва ўзгармас ток кучланиши 1500 киловольтли системалараро электр узатиш линиялари, шунингдек тақсимот электр тармоқлари қурилади.

Ушбу дарслик махсус ўрта ўқув юртларининг ўқувчиларига мўлжалланган бўлиб, улар учун «Станция ва подстанцияларнинг электр асбоб-ускуналари» предмети махсус циклдаги асосий предметлардан ҳисобланади.

Дарсликда электр станциялари ва подстанцияларнинг асосий асбоб-ускуналари: синхрон генераторлар ва компенсаторлар, куч трансформаторлари, қ. т. токларини ҳисоблаш методикаси келтирилган, электр аппаратлари ва ток элтувчи қисмлар ҳамда уларни танлаш баён қилинган. Дистанцион бошқариш, сигнализация, блокировкаларнинг схемалари, ерга туташтирувчи қурилмалар тўғрисидаги асосий маълумотлар берилган.

Кириш, 1,3- бобларни, 2-1, 7-1, 7-2-§ ларни В. С. Козулин, 4-6- боблар, 2-2, 7-3, 7-4- § ларни Л. Д. Рожкова ёзган.

Дарслик ва унинг таржимаси тўғрисидаги фикр-мулоҳазаларнинг қуйидаги адресга юборилишини илтимос қиламиз: 700129, Тошкент, Навоий кўчаси, 30 -уй, «Ўқитувчи» нашриётининг умумтехника адабиёти редакцияси.

Биринчи боб

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1-1. АСОСИЙ ТАЪРИФЛАР

Электр энергияси ҳосил қилишга мўлжалланган корхона ёки установакка электр станцияси деб аталади.

Энергияни бир турдан бошқа турга ўзгартиришдаги асосий технологик процесснинг хусусиятлари ва фойдаланиладиган энергетик ресурсларнинг турига қараб электр станциялари и с с и қ л и к (ТЭС), а т о м (АЭС), г и д р о э л е к т р о с т а н ц и я (ГЭС), г и д р о а к к у м у л я ц и я л о в ч и (ГАЭС), г а з т у р б и н а л и ва бошқа станцияларга бўлинади.

Электр энергиясини ўзгартириш ҳамда тақсимлашга мўлжалланган электр подстанциялари — электроустановаклар муҳим роль ўйнайди.

СССРда ва бошқа кўпгина мамлакатларда электр энергияси ҳосил қилиш ва уни тақсимлаш учун 50 Гц частотали уч фазали ўзгарувчан ток қабул қилинган (АҚШ ва бошқа бир қанча мамлакатларда 60 Гц частота қабул қилинган). Уч фазали токдан фойдаланиш сабаби шундаки, бир фазали ўзгарувчан ток установакаларига қараганда уч фазали ток тармоқлари ва қурилмалари жуда тежамли бўлади, шунингдек, энг ишончли, оддий ва арзон асинхрон электр двигателларидан электр юритма сифатида кенг фойдаланиш имконияти бўлади.

Саноатнинг баъзи тармоқларида уч фазали ток билан бир қаторда ўзгарувчан токни тўғрилаш ёрдамида олинадиган ўзгармас токдан ҳам фойдаланилади (химия саноати ва рангдор металлургиядаги электролиз процесси, электрлаштирилган транспорт ва бошқалар). Ҳозирги вақтда ўзгармас токдан электр энергиясини узоқ масофаларга 800 кВ гача кучланиш билан узатишда ҳам фойдаланилмоқда.

Электроустановакаларнинг асосий параметрларидан бири н о м и н а л к у ч л а н и ш ҳисобланади. *Генератор, трансформатор, электр энергияси тармоқлари ва истеъмолчилари (электр двигателлари, лампалар ва бошқалар) нинг нормал ишлаши учун мўлжалланган кучланиш номинал кучланиш деб аталади.*

Электроустановакаларнинг қурилиш қоидалари (ПУЭ — правила устройства электроустановок) ҳамма электроустановакаларни икки категорияга бўлади: кучланиши 1000 В гача ва 1000 В дан юқори бўлган электроустановакалар. Бу бўлиниш аппаратларнинг типи ва конструкцияларининг бир-

бирига нисбатан фарқ қилишидан, шунингдек, турли кучланишга мўлжалланган электроустановкаларни қуриш ва ишлатишда қўйиладиган талабларнинг турлича бўлишидан келиб чиқади.

СССР да ГОСТ 721—77 бўйича қабул қилинган фазалар орасидаги стандарт кучланишлар 1.1-жадвалда келтирилган.

1.1-жадвал

Уч фазали токнинг стандарт кучланишлари

1000 В гача бўлган установкалар

Электр энергияси тармоқлари ва установкалари, В

	220	380	660
--	-----	-----	-----

1000 В дан юқори установкалар

Электр энергияси тармоқлари ва установка-ри, кВ

Энг катта иш кучланиши, кВ	3	6	10	20	35	110	(150)	330	500	750
	3,6	7,2	12	24	40,5	126	(172)	303	525	787

Э с л а т м а. Кавс ичида кўрсатилган кучланишлар янги лойиҳаланадиган установкалар учун тавсия этилмайди.

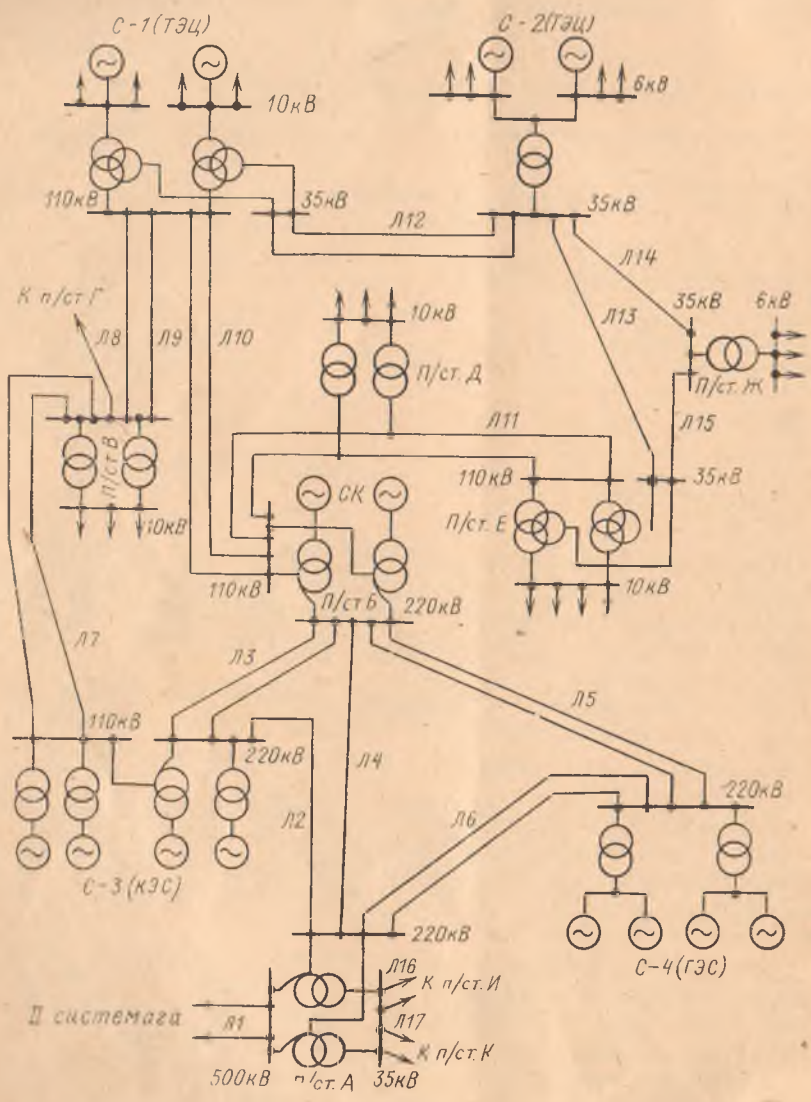
Генераторлар, синхрон компенсаторлар ва куч трансформаторларининг иккиламчи чулғами учун номинал кучланишлар, линиялардан ток ўтиши вақтида кучланиш қисман исроф бўлишини ҳисобга олиб, тегишли тармоқларнинг номинал кучланишидан 5—10% ортиқ олинади.

Блок-генератор трансформатор схемаси бўйича уланадиган катта қувватли генератор ҳамда синхрон компенсаторлар учун номинал кучланишлар қўйидаги қатордан аниқланади: 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 27,0 кВ.

Электроустановкаларни лойиҳалаш, қуриш ва ишлатишда с х е м а л а р — чизмалардан фойдаланилади. Уларда установка элементлари шартли белгилар билан амалда мавжуд бўлган ёки уларни қуришда амалга оширилиши керак бўлган тартибда ва ўзаро боғланишда кўрсатилади.











Электроустановкаларнинг схемаларини бажаришда энг кўп фойдаланиладиган шартли белгилар 1.2-жадвалда келтирилган. Келтирилган белгилар асосан куч асбоб-ускуналарига ёки, бошқача айтганда, бирламчи занжирларга тааллуқлидир.



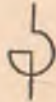





1.1-расмда мисол тариқасида йирик электросистема бир қисмининг принципиал электр схемаси келтирилган. Унинг асосини йирик электростанциялар (КЭС, ТЭЦ, ГЭС) ташкил этади. Системалараро боғланиш 500 кВ кучланишда бажарилган, энергосистемада электр энергия 35—220 кВ кучланишда тақсимланади. Маҳаллий тақсимлаш тармоқлари 6—10 кВ ли кучланишга мўлжаллаб бажарилган.


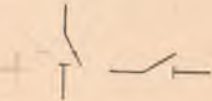

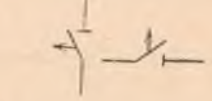

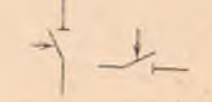
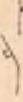


1-1- расм. Энергосистеминг принципал схемасн.







ЭЛЕКТРСУСТАНОВКАЛАР СХЕМАЛАРИНИНГ ШАРТЛИ БЕЛГИЛАРИ

Номи	Белгилари
<p>1. <i>Электр машиналар</i></p>	
<p>Электр машина. Умумий белгиланиши</p>	
<p>Эслатма: Доира ичида қвалификацияловчи символ ва қўшимча маълумотларни ёзиш мумкин</p>	
<p>Чулгамли, коллекторли ва чўткали ротор</p>	
<p>Қўшимча қўтблар чулгами. Компенсацияловчи чулгам</p>	
<p>Ўзгарувчан ток машинаси статорининг чулгами (ҳар бир фазасиники), ўзгармас ток машинасининг кетма кет уйғотиш чулгами</p>	
<p>Ўзгармас ток машинасининг параллел уйғотиш чулгами, мустақил уйғотиш чулгами</p>	
<p>2. <i>Трансформаторлар, автотрансформаторлар, реакторлар</i></p>	
<p>Кучланиши нағрузка остида ростланадиган икки чулгамли: уч фазали куч трансформатори</p>	
<p>Эслатма: Доира ичида қвалификацияловчи символларни ёзиш мумкин.</p>	
<p>Кучланиш нағрузка остида ичкарасида ростланадиган куч автотрансформатори</p>	
<p>Кучланиши нағрузка остида ростланадиган чулғамлари ажратилган уч фазали икки чулгамли куч трансформатори</p>	

Номи	Белгилари
Уч чулғамли уч фазали куч трансформатори	
Ростлаш трансформатори	
Реактор	
Қушалоқ реактор	
<p>3. Ұлғаш трансформаторлари</p> <p>Кучланиш трансформатори</p>	
<p>Очиқ учбурчакликда уланган иккита бир фазали кучланиш трансформатори</p>	
<p>Беш ұзакли (стерженли) уч фазали кучланиш трансформатори</p>	
Ток трансформатори	

Номи	Белгилари
4. Қучланиши 1000 В дан юқори коммутацион қурилмалар	
Юқори қучланиш выключателлари	
Ажраткич (разъединитель)	
Нагрузка выключатели	
Бир томонлама ишловчи узгич(отделитель)	
Икки томонлама ишловчи узгич	
Қисқа туташтиргич	
5. Қучланиши 1000 В гача бўлган коммутацион қурилмалар	
Автоматик выключатель	

Давоми	Белгилари
Уч қутбли автоматик выключатель. Зарур ҳолларда катталикларнинг ўзгариши билан қайтиш ҳолисаси содир бўлиши кўрсатилади.	
Майдон сундирувчи выключатель (контактор)	
Ноавтоматик выключатель (рубильник)	
6. Турли қурилмалар Разрядник. Умумий белгиланиши.	
Найчасимон разрядник	
Вентилли ва магнит-вентилли разрядник	
Эрувчан сақлагич. Умумий белгиланиши	
Шина	
Шинадан кетган симлар (отпайкалар)	
Шина устқўймаси (шиналарни улагич)	
7. Улаш приборлари	
Умумий белгиланиши	
Кўрсатувчи	

Номи	Белгилари
Қайд қилувчи	
Интегралловчи	
Гальванометр	
Синхроскоп	
Осциллоскоп	
Осциллограф	

Ўлчаш приборларидаги ёзувлар намуналари:

A — амперметр, V — вольтметр, W — ваттметр, ΣW — жамловчи ваттметр, Var — вольтамперметр (реактив), μA — микроамперметр, mA — миллиамперметр, Ω — омметр, M Ω — мегаомметр, Hz — частота ўлчовчиси, Ah — ампер-соат сўтчи, Wh — ватт-соат сўтчи, Varh — вольт-ампер-соат сўтчи (реактив).

Схемада қўшни энергосистема билан шинаси орқали уланган подстанция А ва истеъмолчилар электр нарузкаларининг алоҳида районларини таъминлайдиган бир нечта район подстанциялари кўрсатилган. А ва В подстанциялар энергосистеманинг қувватли коммутация узеллари ҳисобланади. Уларни шу белгисига қараб узелли подстанциялар қаторига киритилади. Подстанция В да иккита синхрон компенсатор ўрнатилган.

Станцияларни параллел ишлашга бирлаштириш ва энергосистема яратиш катта халқ хўжалик аҳамиятига эга ва бир қанча техник ҳамда иқтисодий афзалликлар беради:

энергетикани ривожлантириш суръатларини оширишга ва бу ривожлантиришни ҳозирги шароитлар учун энг тежамкор йўллар билан, яъни катта қувватли блокли агрегатларга эга бўлган йирик ТЭС ва АЭС ларни кўпроқ ишга тушириш ҳисобига олиб боришга имкон беради.

истеъмолчиларни электр билан ишончли таъминлашни кескин оширади;

районнинг энергетик ресурсларидан (ёқилғи, сув энергияси ва ҳоказолардан) тўғри фойдаланиб, нарузкани электр станциялар ўртасида энг рационал тақсимлаш ҳисобига умуман энергосистема

бўйича электр энергияси ҳосил қилиш ва уни тақсимлашда тежамкорликни оширади;

электр энергия сифатини оширади, яъни частота ва кучланишни ГОСТда белгиланган чегараларда ушлаб туришни таъминлайди, чунки кўп агрегатлар нагрузканинг ўзгариб туришига таъсирчан бўлади;

энергосистема агрегатлари умумий қувватининг 12—20% ини ташкил этувчи жами резерв қувватни пасайтиришга имкон беради.

Бирлашган энергосистема таркибида бир неча энергосистемалар параллел ишлаганида юқорида кўрсатилган афзалликлар яна ҳам кўпроқ намоён бўлади.

Совет Россиясида энергосистемани яратиш принципи ГОЭЛРО планидаёқ кўзда тутилган эди. Энергосистемани тез суръатлар билан яратиш ва ривожлантириш айниқса Улуғ Ватан урушидан кейин юз берди.

50-йиллар охири ва 60-йилларда Марказ, Жануб, Урал ва Ўрта Волганинг йирик бирлашган энергосистемалари (БЭС) 220—250 кВ ли ўзгарувчан ток ва 800 кВ ли ўзгармас ток электр узатувчи линиялар билан уланган эди. СССР Европа қисмининг ягона энергосистемасини яратиш ниҳоясига етказилган бўлиб, бу энергосистема, ҳатто Шимолий-Ғарб, Шимолий Кавказ ва Закавказье бирлашган энергосистемаларини ҳам бирлаштирди.

СССРнинг Ягона энергосистемаси (ЯЭС)ни ташкил этиш мамлакат энергетикасини ривожлантиришнинг муҳим йўналиши бўлиб, унга юқорида айтиб ўтилган энергобирлашмалардан ташқари 1972 йилдан бошлаб Шимолий Қозоғистоннинг бирлашган энергосистемаси ҳам қиради. Ниҳоят 1978 йилда СССРнинг ЯЭС га Сибирнинг БЭСи улангандан кейин шу улкан энергосистемага кирувчи электр станцияларнинг белгиланган қуввати 200 млн кВт дан, электр энергия ҳосил қилиш 1000 млрд кВт. соатдан ошиб кетди. СССРнинг ягона энергосистемаси дунё энергобирлашмалари ичида энг йирикларидан бири ҳисобланади.

Мамлакатнинг шарқий районларида Ўрта Осиё ва Узоқ Шарқнинг бирлашган энергосистемалари ташкил этилди.

Мамлакатимиз ғарбидаги энергосистемалар Шарқий Европадаги социалистик давлатларнинг энергосистемалари билан параллел ишлаб, «Мир» номли қудратли энергосистемани ташкил қилади.

Ҳамма энергосистемаларни узил-кесил бирлаштириш учун 1500 кВ ли ўзгармас ток, 750 ва 1150 кВ ли ўзгарувчан ток билан электр узатиш линиялари кўринишида қудратли системалараро боғланишни яратиш бўйича ишлар бошлаб юборилган.

Мамлакат шарқий ва ғарбий районларининг энергосистемаларини бирлаштириш нагрузкаларнинг вақт бўйича сурилган максимумларини таъминлаш учун электр станцияларнинг умумий белгиланган қувватидан фойдаланиш имконияти яратилиши ҳисобига анча катта иқтисодий фойда беради.

Совет Иттифоқида энергосистемаларнинг ишини оператив бошқариш учун асосий вазифалари қуйидагилардан иборат бўлган

диспетчерлик усулида бошқаришнинг ягона системаси ташкил этилган:

халқ хўжалигининг электр ва иссиқлик энергиясига бўлган эҳтиёжини тўла қондириш мақсадида энергосистемаларнинг иш режимини оператив планлаштириш ва ростлаш;

истеъмолчиларнинг узлуксиз таъминланишини ва энергосистемаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш;

авария режимларининг олдини олиш ва уларни бартараф қилиш;

энергиянинг талаб этилган сифатини (кучланиш, частота, иссиқлик тармоқларидаги буғ ва сув параметрларини) таъминлаш;

энергосистеманинг умуман максимал тежамкорликда ишлашини ва энергоресурсларнинг рационал сарфланишини таъминлаш.

Ҳозир диспетчерлик усулида бошқаришнинг қуйидаги¹ структураси ишлаб турибди: СССР ягона энергетика системасининг Москвада жойлашган Марказий диспетчерлик бошқармаси (ЯЭС МДБ); территориал энергетика бирлашмаларининг бирлашган диспетчерлик бошқармаси (Марказ, Жануб, Урал ва ҳоказоларнинг БДБ); район энергетика системаларининг марказий диспетчерлик хизмати (Мосэнерго, Ленэнерго ва бошқалар); электр станцияларини бошқариш пунктлари, электр ва иссиқлик тармоқлари корхоналарининг диспетчерлик пунктлари.

Диспетчерлик пунктлари энг янги бошқариш воситалари: диспетчерлик шчитлари, телебошқариш қурилмалари, телесигнализация, телеулчаш, ҳисоблаш техникаси воситалари, автоматика ва ҳоказолар билан жиҳозланмоқда.

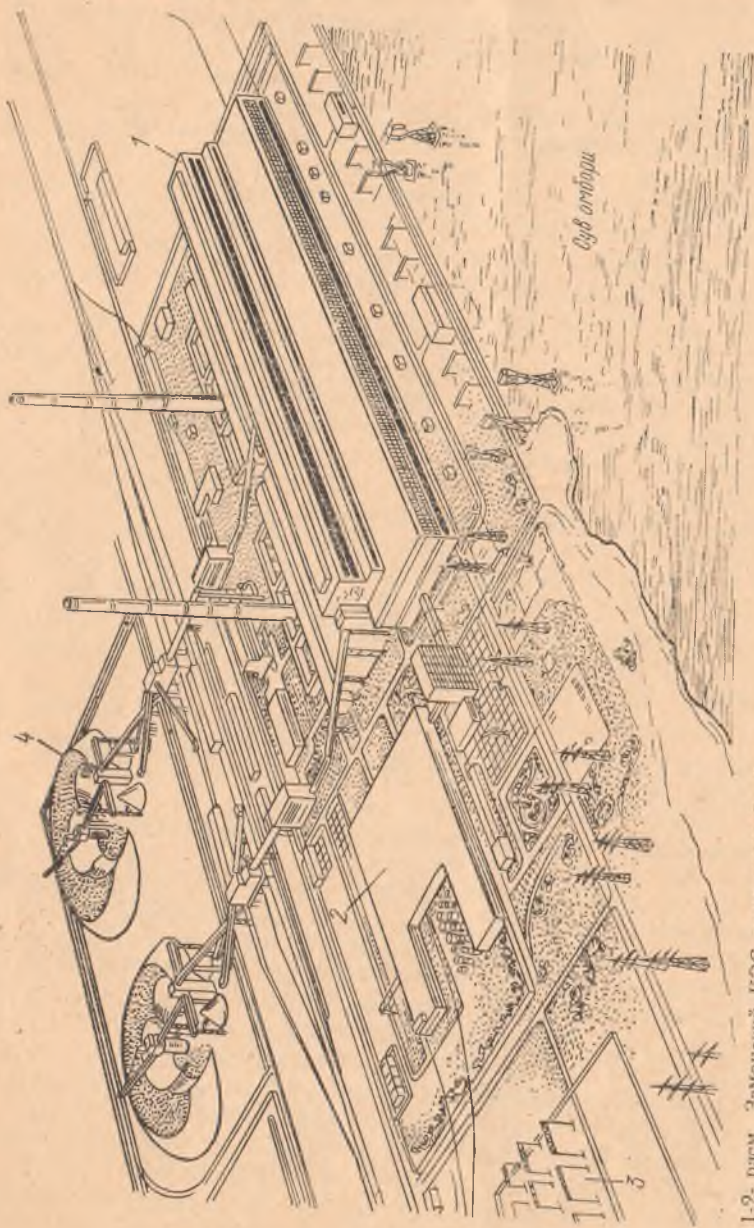
1-2. ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ҲОСИЛ ҚИЛИШ ТЕХНОЛОГИК ПРОЦЕССИ

а) Конденсацион иссиқлик электр станциялари (КЭС).

Иссиқлик электр станцияларида ёндирилаётган ёқилғининг химиявий энергияси буғ генератори (қозон) да турбоагрегат (генератор билан бириктирилган буғ турбинаси)ни айлантирувчи сув буғи энергиясига айланади. Айланишнинг механик энергияси генераторда электр энергиясига ўзгаради. Электр станциялари учун ёқилғи сифатида кўмир, торф, ёнувчи сланецлар, шунингдек, газ ва мазутдан фойдаланилади.

Ватанимиз энергетикасида ҳосил қилинадиган электр энергиясининг 60% гача қисми КЭС ҳисобига туғри келади.

КЭСнинг асосий хусусиятлари қуйидагилар: улар электр энергиясининг бевосита истеъмолчиларидан анча узоқда жойлашган бўлади, шу сабабдан асосан юқори ва ўта юқори кучланишдаги қувват бериш ва станцияни блок принципида қуриш имкониятини беради. Замонавий КЭСнинг қуввати шундайки, уларнинг ҳар бири мамлакатнинг йирик бир районини электр энергияси билан таъминлай



1-2- расм. Замонашй КЭС нинг умумий кўришиш;
 1 — бош корпус; 2 — ёрдамчи корпус; 3 — оқик тақсидан курилмаст; 4 — ёқлари омбури.

олади. Бу типдаги электр станцияларни давлат район электр станцияси — ГРЭС деб аталиши сабабларидан бири ҳам шундандир.

1.2- расмда замонавий КЭСнинг умумий кўриниши, 1.3- расмда эса КЭС блокининг соддалаштирилган технологик схемаси кўрсатилган. Блок гўё асосий ва ёрдамчи асбоб-ускуналарга ҳамда бошқариш маркази — блокличитга эга бўлган алоҳида электр станцияни ташкил этади. Одатда, технологик линия бўйича қўшни блоклар ўртасида боғланиш кўзда тутилмайди. Станцияни блок принципида қуриш қўйида келтирилган маълум техник-иқтисодий афзалликларни беради:

буғ қувурлари системаси энг содда бўлиши туфайли юқори ва ўта юқори параметрли буғдан фойдаланиш осонлашади, бу эса катта қувватли агрегатларни ўзлаштиришда айниқса жуда муҳимдир;

станциянинг технологик схемаси соддалашади ва анча аниқ бўлиб қолади, бунинг натижасида ишлашининг ишончлилиги ортади ва ишлатиш осонлашади;

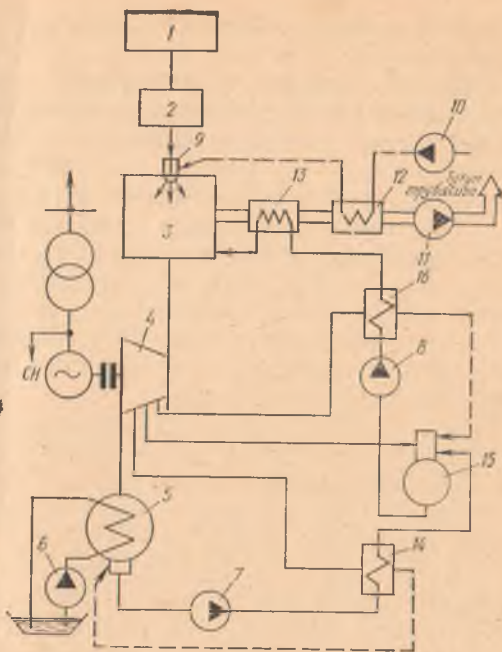
резерв ёрдамчи иссиқлик-механик асбоб-ускуна сони камаяди, айрим ҳолларда эса буткул бўлмаслиги ҳам мумкин;

қурилиш ва монтаж қилиш ишлари ҳажми қисқаради;

электр станциялари қуришга кетадиган капитал харажатлар камаяди;

электр станцияларни блоклар билан қулай ҳолда кенгайтириш таъминланади, бунда янги блоклар заруриятга қараб олдингиларига қараганда ўз параметрлари билан фарқланиши ҳам мумкин.

КЭСнинг технологик схемаси бир нечта системадан: ёқилғи узатиш; ёқилғи тайёрлаш; буғ генератори ва турбина билан бирга-ликдаги асосий буғ-сув контури; циркуляцион сув билан таъминлаш; сув тайёрлаш; кул тутиш ва уни чиқариб ташлаш системадари



1.3- расм. КЭС нинг принципиал технологик схемаси:

1 — ёқилғи омбори ва ёқилғи узатиш системаси; 2 — ёқилғи тайёрлаш системаси; 3 — буғ генератори; 4 — турбина; 5 — конденсатор; 6 — циркуляцион насос; 7 — конденсат насоси; 8 — таъминловчи насос; 9 — буғ генераторининг горелкаси; 10 — вентилятор; 11 — тутун сўргич; 12 — ҳаво иситкич; 13 — сув экономайзери; 14 — паст босимли сув иситкич; 15 — деаэратор; 16 — юқори босимли сув иситкич.

дан ва ниҳоят, станциянинг электр қисмидан ташкил топган (1.3-расм).

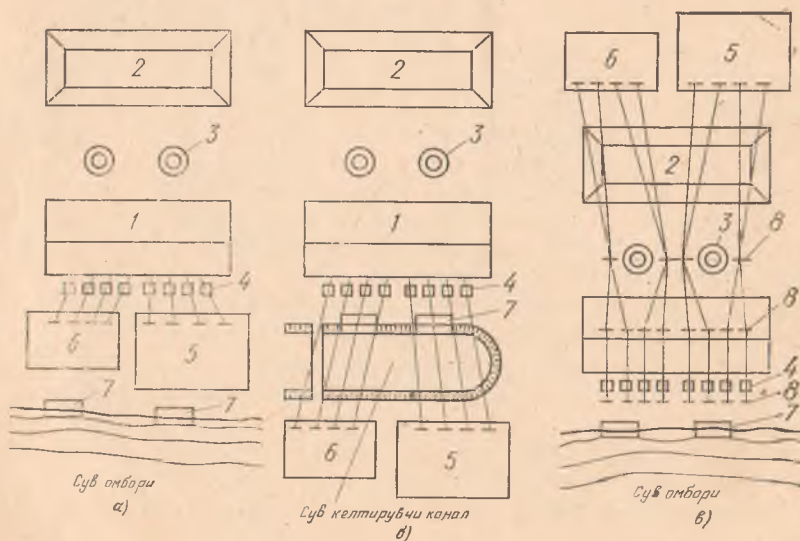
Бу элементларнинг ҳаммасининг нормал ишлашини таъминловчи механизм ва установкалар станция (блок) нинг ўз эҳтиёжларни системаси деб юритиладиган система таркибига киради.

КЭСдаги энг катта энергетик исрофлар асосий буг-сув контурида, хусусан, конденсаторда ҳосил бўлади.

У ерда қозонда буг ҳосил қилиш учун сарфланган иссиқликнинг анча қисмини ўзида сақлаган ишлаб бўлган буг уни циркуляцион сувга беради. Иссиқлик циркуляцион сув билан сув ҳавзасига ўтиб кетади, яъни исроф бўлади. Бу исрофлар асосан электр станциясининг ФИҚни аниқлаб, ҳатто энг замонавий КЭСда ҳам кўпи билан 40—42% ни ташкил этади.

Электр станцияси ҳосил қилаётган электр энергияси энергосистемага 110—750 кВ кучланишда узатилади ва жуда кам қисмигина станциянинг ўз эҳтиёжи учун шу станциянинг ўзига хизмат қиладиган трансформатор орқали олинади, у генераторнинг чиқишига уланган бўлади.

Генераторлар ва кучайтирувчи трансформаторлар блокларга бирлаштирилиб, одатда очиқ қилиб тайёрланадиган типдаги юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаси (ОРУ) га уланади. Асосий иншоотларни жойлаштириш вариантлари 1.4- расмда кўрсатилганидек турлича бўлиши мумкин.



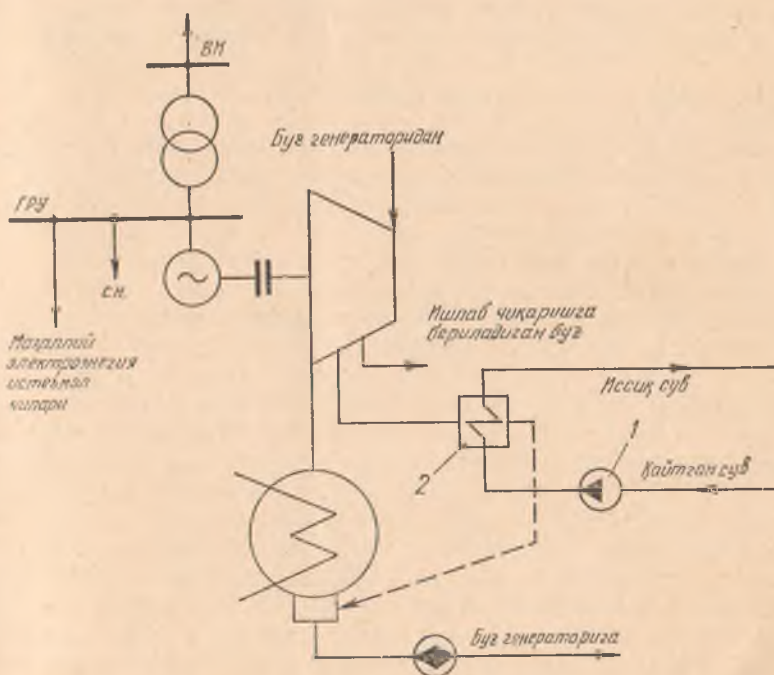
1-4- расм. КЭС асосий қурилмаларининг жойлашув вариантлари:

1 — бош корпус; 2 — ёқилги; 3 — тутун трубалари; 4 — блоклар трансформаторлари; 5, 6 — тақсимлаш қурилмалари; 7 — насос станциялари; 8 — электр линияларнинг оралиқ таянчлари.

Ҳозирги ҚЭСлар асосан 200—800 МВт қувватли блоклар билан жиҳозланади. Йирик агрегатлардан фойдаланиш станция қувватини тез ўстириш, электр энергиянинг маъқул келадиган таннархига эришиш, шунингдек, ўрнатилган қувват киловаттининг қийматини 100—150 сўм/кВт га пасайтириш имкониятини беради. Ҳозир энг йирик ҚЭС 3,6 млн. кВт гача қувватга эга. Блокларининг қуввати 500, 800, 1200 мВт дан бўлган 4,0—6,4 млн. кВт қувватли электр станциялар қурилмоқда. ҚЭС қувватининг чегараси сув билан таъминлаш шароитига ва станция чиқиндиларининг атроф-муҳитга таъсирига қараб аниқланади.

б) Иссиқлик электр станциялари — иссиқлик электр марказлари (ТЭЦ — теплоэлектроцентрали)

Бу турдаги электр станциялари саноат корхоналари ва шаҳарларни иссиқлик ҳамда электр энергияси билан марказлашган усулда таъминлаш учун мўлжалланган. Улар ҳам ҚЭСлар каби иссиқлик станциялари бўлиб, турбиналарда «ишлатиб бўлинган»буғнинг иссиқлигидан саноат ишлаб чиқариши эҳтиёжи, шунингдек, иситиш, ҳавони кондиционерлаш ва иссиқлик сув билан таъминлаш учун фойдаланилиши билан ҚЭСлардан фарқ қилади. Электр ва иссиқлик энергияси ҳосил қилишнинг бундай комбинацияланган усулида



1-5- расм. ТЭЦ нинг технологик схемаси хусусиятлари:

1 — тармоқ насоси; 2 — тармоқ иситкичи.

энергия билан алоҳида таъминлашдагига қараганда, яъни электр энергияни КЭСда, иссиқликни эса маҳаллий қозон установкаларида олишга қараганда ёқилғидан анча тежалади. Шунинг учун ТЭЦ иссиқлик ва электр энергияси кўп миқдорда истеъмол қилинадиган район (шаҳар)ларда кенг тарқалган. Умуман олганда СССРда ҳосил қилинадиган электр энергиясининг 25% гача қисми ТЭЦ да олинади.

ТЭЦ технологик схемасининг хусусиятлари 1.5- расмда кўрсатилган. Бу ерда схеманинг ўз структураси бўйича КЭСникига ўхшаш қисмлари кўрсатилмаган. Схемалардаги асосий фарқ буғ-сув контурининг ўзига хос хусусиятида ва электр энергиясини бериш усулидадир.

ТЭЦ электр қисмининг ўзига хос хусусиятини станциянинг электр истеъмол қилинадиган марказлар яқинида жойлашиши аниқлайди. Бундай шароитларда қувватнинг бир қисми тўғридан-тўғри генератор кучланишида маҳаллий тармоққа берилиши мумкин. Одатда, шу мақсадда станциянинг ўзида генераторли тақсимлаш қурилмаси (ГРУ) барпо этилади. Ортиқча қувват, КЭС даги сингари, системага оширилган кучланишда берилади.

ТЭЦ нинг муҳим хусусиятларидан яна бири шундаки, иссиқлик энергияси берилишини ҳисобга олган ҳолда электр станциясининг электр қувватига нисбатан иссиқлик асбоб-ускуналари қуввати катта бўлади. Бу ТЭЦ нинг ўз эҳтиёжлари учун электр энергияси сарфлаши КЭС дагига нисбатан катта бўлишига олиб келади.

в) Атом электр станциялари (АЭС)

АЭС — бу ўз моҳияти билан иссиқлик станциялари ҳисобланиб, улар ядро реакциясининг иссиқлик энергиясидан фойдаланади.

АЭС нинг асосий элементларидан бири реактордир. Жаҳондаги кўпгина мамлакатлардаги сингари СССР да ҳам асосан иссиқлик нейтронлари таъсирида $U-235$ уранининг парчланиш ядро реакциясидан фойдаланилади. Бу реакцияларни амалга ошириш учун реакторда ёқилғи ($U-235$) дан ташқари нейтронларни секинлатгич ва табиийки, реактордан иссиқликни олиб кетувчи — иссиқлик элтувчи бўлиши керак. ВВЭР типдаги (сув-сувли энергетик) реакторларда секинлатгич ҳамда иссиқлик элтувчи сифатида босим остидаги одатдаги сув ишлатилади. РБМК типдаги реакторлар (каналли катта қувватли реактор) да иссиқлик элтувчи сифатида сув, секинлатгич сифатида эса графит қўлланилади. Бу икки типдаги реактор СССР АЭС ларида кенг қўлланилмоқда.

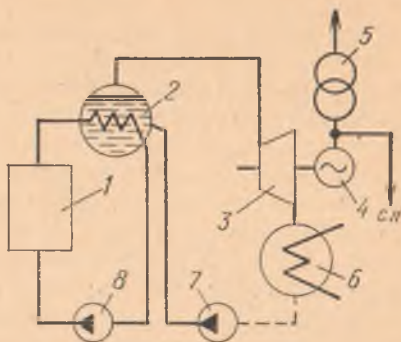
АЭСнинг схемалари иссиқлик қисмида турли вариантларда ажарилиши тuzилиши мумкин. 1.6- расмда мисол тариқасида ВВЭР реакторли электростанциялари учун АЭСнинг икки контурли схемаси келтирилган. Схемага назар солинса, у КЭС схемасига ўхшайди, бироқ органик ёқилғида ишлайдиган буғ генератори ўрнида ядро установкасидан фойдаланилади.

КЭС га ўхшаш АЭСнинг иссиқлик-механик қисми ҳам, электр қисми ҳам блокли принцип асосида қурилади.

Ядро ёқилғиси жуда юқори иссиқлик ажратиш хоссасига эгалиги ($U-235$ нинг 1 килограмми 2900 т кўмирнинг ўрнини босади) ҳамда запаси етарли даражада кўп бўлганлиги учун АЭС типидagi станциялар, айниқса, ёқилғи ресурслари кам районларда, масалан, СССР нинг Европа қисмида айниқса қул келади.

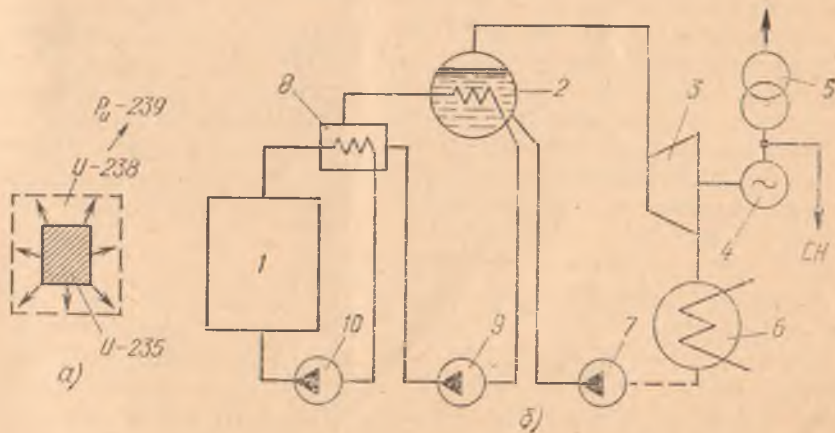
АЭСни катта қувватли блокларда қуриш фойдали. Шунда улар ўзининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича КЭСдан қолишмайди, айрим ҳолларда эса улардан устун туради. Ҳозирги пайтда электр қуввати 440 ва 1000 мВт бўлган ВВЭР типидagi, шунингдек, 1000 ва 1500 мВт ли РБМК типидagi реакторлар ишлаб чиқилган. Шу реакторлар асосида СССРнинг Европа қисмида қуввати 4000 мВт ва ундан ортиқ бўлган бир қанча АЭСлар қурилмоқда.

Тез нейтрон (ТН)ларда ишлайдиган реакторли АЭС истиқболли ҳисобланиб, ундаги тез нейтронлардан иссиқлик ва электр энергия ҳосил қилишда, шунингдек, ядро ёқилғисини қайта ишлаб чиқаришда фойдаланилади. Шундай АЭС нинг технологик схемаси 1.7-расмда кўрсатилган. БН типидagi реактор актив зонага эга



1-6- расм. ВВЭР тип реакторли АЭС нинг принципаал технологик схемаси:

1 — реактор; 2 — буғ генератори; 3 — турбина; 4 — генератор; 5 — трансформатор; 6 — турбина конденсатори; 7 — конденсат (таъминловчи) насоси; 8 — бош циркуляцион насос.



1-7- расм. БН типидagi реакторли АЭС нинг принципаал схемаси:

а — реакторнинг актив зонасини тайёрлаш принципи; б — технологик схема: 1 — 7 — белгилашлар 1.6- расмда кўрсатилганидек; 8 — натрийли контурларнинг иссиқлик алмаштиргичи; 9 — норadioактив натрий насоси; 10 — radioактив натрий насоси.

бўлиб, унда тез нейтронлар оқими ажралиб чиқадиган ядро реакцияси содир бўлади. Бу нейтронлар, одатда, ядро реакциясида фойдаланилмайдиган $U-238$ элементларига таъсир этиб, уни $Pu-239$ плутонийга айлантиради. Бу плутонийдан эса кейинчалик АЭСда ядро ёқилғиси сифатида фойдаланиши мумкин. Ядро реакциясининг иссиқлиги суюқ натрий билан олиб кетилади ва ундан электр энергияси ҳосил қилишда фойдаланилади.

БН реакторли АЭС нинг схемаси уч контурли бўлиб, уларнинг иккитасида суюқ натрий (реактор контури ва оралиқ контурда) ишлатилади. Суюқ натрий сув ва сув буғи билан шиддатли реакцияга киради. Шунинг учун авария пайтида биринчи контурда радиоактив натрий сув ва сув буғи билан контактлашмаслиги учун иккинчи (оралиқ) контур қилиниб, унда иссиқлик элтувчи сифатида норадиоактив натрийдан фойдаланилади. Учинчи контурнинг иш жисми сув ва сув буғидан иборат. Ҳозир электр қуввати 600 мВт ли БН-600 реактори ўзлаштирилмоқда.

АЭС эффектив радиоактив ҳимоя билан жиҳозланмоқда, шунинг учун уларнинг атроф-муҳитга таъсири оддий ТЭСларнинг таъсирига қараганда анчагина кам.

г) Гидроэлектростанциялар (ГЭС)

ГЭСда электр энергияси ҳосил қилиш учун сув оқими (дарё, шаршара ва ҳоказо) ларнинг энергиясидан фойдаланилади.

Ҳозир ҳамма электр энергиясининг 15% га яқини ГЭСда ҳосил қилинди. Бу турдаги станцияларнинг интенсив қурилмаслигига сабаб катта капитал маблағ талаб этиши, қурилиш муддатининг узоқлиги ва гидроресурсларнинг СССР территорияси бўйлаб жойлашининг ўзига ҳослигидадир (уларнинг кўп қисми мамлакат шарқида жойлашган).

Ҳозир сув ресурсларидан асосан катта қувватли, чунончи, Красноярск ГЭСи (6 млн. кВт), Братск ГЭСи (4,1 млн. кВт), Саян Шушенск ГЭСи (6,4 млн. кВт), Усть-Илимск (4,32 млн. кВт) каби гидроэлектростанцияларини қуришда фойдаланилмоқда.

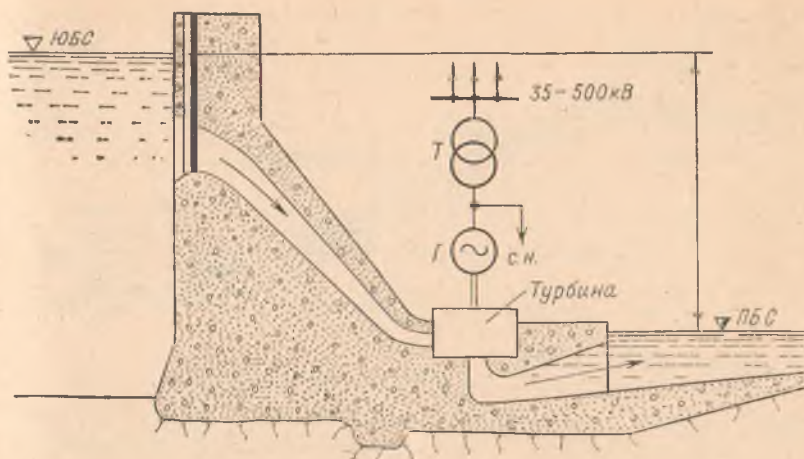
ГЭС нинг бирламчи двигателлари синхрон гидрогенераторларни айлантурувчи гидротурбиналардан иборат. Гидроагрегат ҳосил қиладиган қувват сув босими H ва сув сарфи Q га пропорционал бўлади, яъни

$$P \approx HQ.$$

Шундай қилиб, ГЭС нинг қуввати сув сарфи ва босими билан аниқланади.

Гидроэлектростанцияларда одатда сув босими тўғон ёрдамида ҳосил қилинади (1.8-расм). Тўғон олдидаги сув сатҳи юқориги бьеф, тўғондан пасти эса пастки бьеф деб юритилади. Юқориги бьеф сатҳи (ЮБС) билан пастки бьеф сатҳи (ПБС) орасидаги айирма босим H ни аниқлайди.

Юқориги бьеф сув омборини ҳосил қилиб, у ерда электр энергия ҳосил қилиш учун кераклигича олиб туриладиган сув йиғилади.



1-8- расм. ГЭС нинг принципал технологик схемаси.

Текисликда оқадиган дарёдаги гидроузел таркибига: тўғон, электр станция биноси, сув ташлагич, кема ўтказувчи (шлюзлар), балиқ ўтказувчи иншоотлар ва бошқалар кирази.

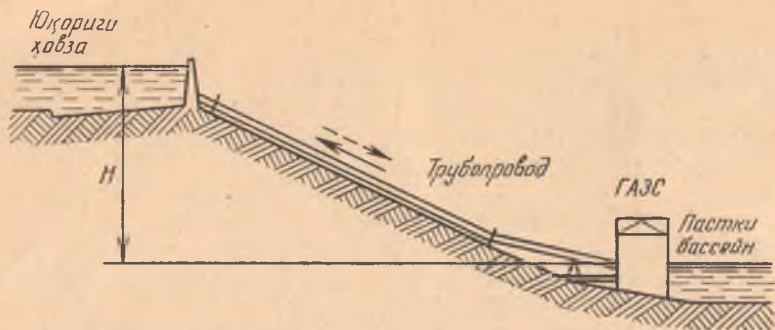
Тоғ дарёларига қуриладиган ГЭСларда дарёнинг катта табиий нишаблигидан фойдаланилади. Бироқ бундай ҳолларда, одатда, деривацион (сув йўналишини ўзгартирувчи) иншоотлар системасини барпо этишга тўғри келади. Буларга сувни дарёнинг табиий ўзанидан бошқа томонга бурувчи қуйидаги иншоотлар: деривацион канал, туннель, қувурлар кирази.

ГЭС электр қисми бўйича конденсацион электр станцияларга кўпроқ ўхшайди. КЭС сингари гидроэлектростанциялар ҳам, одатда, истеъмол марказларидан узоқда жойлашади, чунки уларнинг қурилиш жойи, асосан, табиат шаронтирарига боғлиқ. Шунинг учун ГЭС ҳосил қиладиган электр энергияси юқори ва ўта юқори кучланиш (110—500 кВ) да узатилади. ГЭСнинг ўзига хос хусусияти унинг ўз эҳтиёжи учун иссиқлик станциясига нисбатан бир неча марта кам электр энергия сарфлашидир. Бунга сабаб ГЭСнинг ўз эҳтиёжи системасида йирик механизмларнинг йўқлигидир.

ГЭС лар қуришда энергетика масаласи билан бир қаторда халқ хўжалигининг муҳим масалалари: ерларни суғориш, кема қатновини ривожлантириш, йирик шаҳар ва саноат корхоналарини сув билан таъминлаш ва ҳоказо масалалар ҳал этилади.

ГЭС да электр энергияси ҳосил қилиш технологияси жуда оддий бўлганлиги учун уни осонгина автоматлаштириш мумкин. ГЭС агрегатини ишга тушириш учун кўпи билан 50 с вақт сарфланади, шунинг учун энергосистемадаги резерв қувватни фақатгина шу агрегатлар орқали таъминлаш мақсадга мувофиқ бўлади.

ГЭСнинг фойдали иш коэффициентини, одатда, 85—90% га яқин бўлади.



1-9- расм. ГАЭС схемаси.

Эксплуатация харажатлари кам бўлганлиги учун ГЭС электр энергиясининг таннарихи, одатда, иссиқлик электр станциялариникига қараганда бир неча марта кам бўлади.

Ҳозирги энергосистемада гидроаккумуляцион станциялар (ГАЭС) муҳим роль ўйнайди.

Бундай станциялар камида иккита ҳовузга: баландлиги бўйича турли сатҳларда жойлашган юқориги ва пастки ҳовузларга эга бўлади (1.9- расм). ГАЭС биносида қайтар режимда ишлайдиган гидроагрегатлар ўрнатилади. Энергосистема нагрукаси минимум бўлган соатларда ГАЭС генераторлари двигатель режимига, турбиналар эса насос режимига ўтказилади. Бундай гидроагрегатлар тармоқдан қувват олиб, сувни қувурлар орқали пастки ҳовуздан юқориги ҳовузга ҳайдайди. Энергосистемада нагрукка максимал бўлиб, генератор қуввати етишмаган даврда ГАЭС электр энергияси ҳосил қилади. Юқориги ҳовуздан сув олган турбина генераторни айлантиради ва у тармоққа қувват беради.

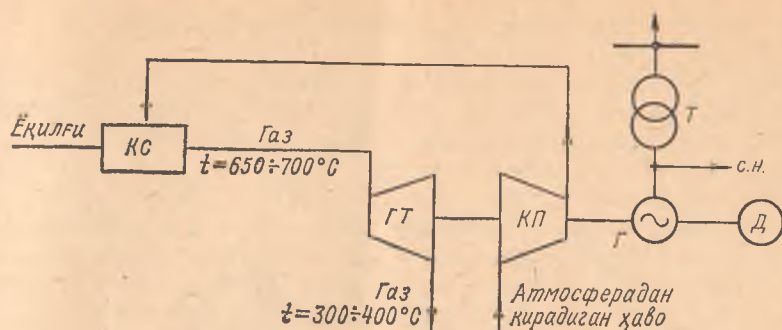
Шундай қилиб, ГАЭСдан фойдаланиш энергосистема нагруккасини бир меъёрга келтиришга ёрдам беради, натижада иссиқлик ва атом электр станциялари ишининг тежамкорлиги ошади.

д) Газ турбинали электр станциялари

Ҳозирги газ турбинали электр станцияларининг асосини қуввати 25—100 мВт ли газ турбиналари ташкил этади. Газ турбинали электр станциялар блокнинг содалаштирилган принципиал схемаси 1.10- расмда келтирилган.

Ёниш камерасига ёқилғи (газ, дизель ёқилғиси) ташланади, шунингдек, у ерга компрессор орқали сиқилган ҳаво ҳайдалади. Қизиган ёниш маҳсулотлари ўз энергиясини газ турбинасига беради ва у компрессор ҳамда синхрон генераторни айлантиради.

Установка айлантериш двигатели (разгонный двигатель) ёрдамида ишга туширилади ва у 1—2 минут давом этади. Шу сабабли газ турбинали қурилмалар юқори маневрликка эга бўлиб, энергосистемалардаги долзарб (пик) нагруккаларни қоплаш учун ярайди.



1-10- расм. Газ турбинали электростанциянинг принципиал технологик схемаси:

КС — ёниш камераси; КП — компрессор; ГТ — газ турбина; Г — генератор; Т — трансформатор; Д — ишга туширувчи электр двигателъ.

Газ турбинали электр станцияларининг умумий ФИК 30% атрофида бўлади.

Газ турбиналарининг тежамкорлигини ошириш учун буғ-газли установкаклар (БГУ) ишлаб чиқилган. Уларда ёқилган буғ генераторининг ўтхонасида ёқилиб, ҳосил бўлган буғ эса буғ турбинасига йўналтирилади. Буғ генераторидан чиқаётган ёниш маҳсулотлари, тегишли температурагача совитилгандан сўнг, газ турбинасига йўналтирилади. Шундай қилиб, БГУ иккита электр генераторларига эга бўлиб, улардан бирини газ турбинаси, иккинчисини буғ турбинаси орқали айлантирилади. Бунда газ турбинасининг қуввати буғ турбинаси қувватининг 20% ини ташкил этади.

СССРда техник-иқтисодий кўрсаткичлари етарли миқдорда бўлган 200—250 мВт қувватли БГУ ишлаб чиқилган.

1-3. НЕЙТРАЛЛАРНИНГ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАЛАРДАГИ ИШ РЕЖИМЛАРИ

Электростановкаларнинг нейтраллари деб генератор ёки трансформаторларнинг юлдуз шаклида уланган чулғамларининг умумий нуқтасига айтилади.

Машина ва трансформаторлар нейтралларининг ер билан туташуш тури кўп жиҳатдан электростановкаларнинг изоляцияланиш сифати ва коммутация аппаратларини таълашга, ўта кучланишлар катталиги ва уларни чеклаш усулларига, ер билан бир фаза орқали қисқа туташувдаги тоқларнинг катталиги, релели ҳимоянинг иш шароитига ва электр тармоқларидаги хавфсизликка, алоқа линияларига кўрсатиладиган электромагнит таъсирга ва ҳоказоларга кўп жиҳатдан боғлиқ.

Нейтралларнинг иш режимига қараб электр тармоқлари тўрт гурупага бўлинади: 1) нейтраллари ерга уланмаган тармоқлар; 2) нейтраллари ерга резонансли уланган тармоқлар; 3) нейтрал-

лари ерга самарали уланган тармоқлар; 4) нейтраллари ерга қўзғалмайдиган уланган тармоқлар.

Совет Иттифоқида биринчи ва иккинчи группага кучланиши 3—35 кВ ли тармоқлар ҳамда трансформатор ёки генераторларнинг нейтраллари кириб, булар ердан изоляцияланади ёки ерга ёй сўндирувчи ғалтақлар орқали уланади.

Халқаро электротехника комитети (МЭК) тавсиясига асосан ерга самарали уланган нейтралли тармоқларга нейтраллари ерга бевосита ёки катта бўлмаган актив қаршилик орқали уланган юқори ва ўта юқори кучланишли тармоқлар киради. Совет Иттифоқида бу группага, одатда, ерга қўзғалмайдиган уланган нейтралда ишлайдиган, кучланиши 110 кВ ва ундан юқори бўлган тармоқлар киради.

Тўртинчи группага кучланиши 220 ва 380 В бўлган тармоқлар киради.

Нейтралнинг иш режими ерга туташадиган ток миқдорини белгилайди. Ерга бир фазаси туташгандаги токи 500 А дан кичик бўлган тармоқлар ерга кичик тоқлар билан туташган тармоқлар (бу асосан нейтраллари ерга уланмаган ва ерга резонансли уланган тармоқлар) деб аталади. Токи 500 А дан юқори тармоқлар ерга катта тоқлар билан туташган тармоқлар (бу нейтраллари ерга қўзғалмайдиган қилиб ва самарали уланган тармоқлар) га тўғри келади.

а) Нейтраллари ерга уланмаган уч фазали тармоқлар

Нейтраллари ерга уланмаган тармоқларда бир фазаси орқали ер билан туташган тоқлар фазаларнинг тақсимланган сиғимлари орқали ўтади ва бу сиғимларни процессни анализ қилишни содда-лаштириш учун шартли равишда линиянинг ўртасига тўпланган сиғимлар билан алмаштирилади (1.11-расм). Бунда фазалараро сиғимлар кўриб чиқилмайди, чунки бир фазали шикастланишларида ерга ўтувчи тоқларга уларнинг таъсири бўлмайди.

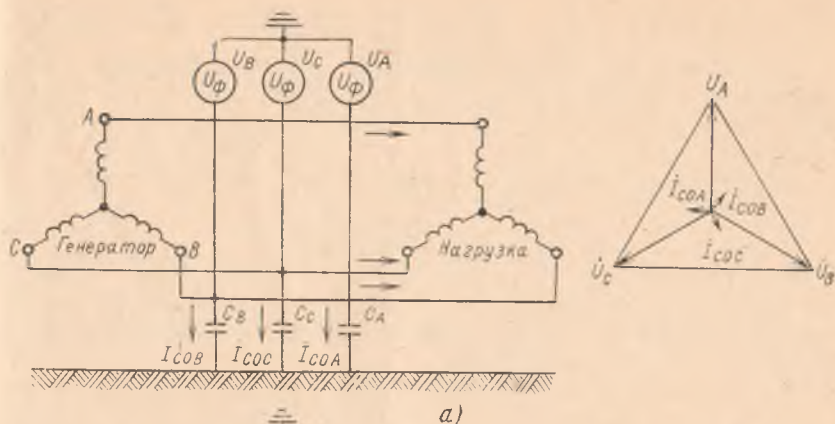
Нормал иш режимида тармоқ фазаларининг ерга нисбатан кучланиши ($\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$) симметрик ва фаза кучланишларига тенг бўлади, фазаларнинг ерга нисбатан сиғим (заряд) тоқлари $\dot{I}_{COA}, \dot{I}_{COB}$ ва \dot{I}_{COC} лар ҳам симметрик ва ўзаро бир-бирига тенг бўлади.

Фаза сиғим токи

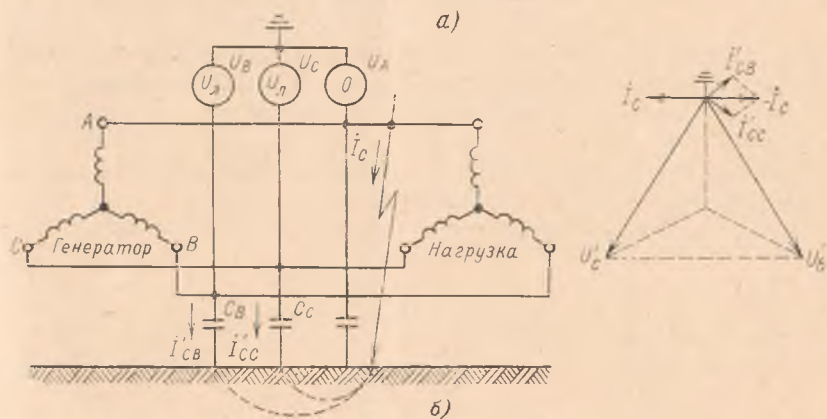
$$I_{CO} = U_{\phi} \omega C, \quad (1-1)$$

бунда C — фазанинг ерга нисбатан сиғими.

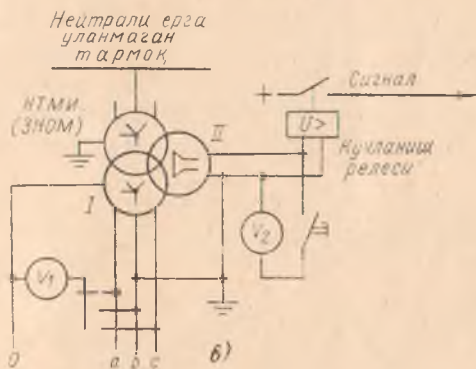
Учала фаза сиғим тоқларининг геометрик йиғиндиси нолга тенг. Нейтраллари ерга уланмаган ҳозирги тармоқларда сиғим тоқининг нормал режимдаги катталиги бир фазада, одатда, бир неча ампердан ошмайди ва амалда генераторнинг нагрузкаланишига таъсир этмайди.



а)



б)



1-11- расм. Нейтралі ерга уланмаган уч фазали тармоқ:

а — нормал режим; б — А фазанинг ерга туташгандаги режими; в — ерга туташганликни аниқлайдиган қурилма.

Ерга металл орқали бир нуқтада туташган ҳолда шикастланмаган фазаларнинг ерга нисбатан кучланиши $\sqrt{3}$ марта ортиб, линия кучланишига тенг бўлиб қолади. Масалан, А фаза ерга туташганида (1.11- расм, б) ернинг юзаси фаза шикастланган нуқтада шу фаза потенциалига эга бўлади, В ва С фазаларнинг ерга нисбатан кучланишлари эса тегишлича линия кучланишларига тенг бўлади:

$\dot{U}'_B = \dot{U}'_{BA}$ ва $\dot{U}'_C = \dot{U}'_{CA}$. Шикастланмаган B ва C фазаларнинг сизим токлари ҳам кучланишнинг ортишига мос равишда $\sqrt{3}$ марта ортади. A фазанинг ўз сизими боғлиқ бўлган, ерга ўтадиган тски нолга тенг бўлади, чунки бу сизим қисқа туташтирилган бўлади.

Шикастланган жойдаги ток учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_C = -(I_{CB} + I_{CC}), \quad (1.2)$$

яъни шикастланмаган фазаларнинг сизим токлари векторларининг геометрик йиғиндиси шикастланган жой орқали ўтадиган ток векторини аниқлайди. Ток I_C фазанинг нормал режимдаги сизим токидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлади:

$$I_C = 3I_{CO} = 3U_{\phi} \omega C. \quad (1.3)$$

(1.3) ифодада мувофиқ ток I_C нинг катталиги тармоқ кучланиши, частотаси ва фазаларнинг ерга нисбатан сизимига боғлиқ экан. Фаза сизими тармоқ линиясининг конструкциясига ва унинг узунлигига боғлиқ.

I_C токни (ампер ҳисобида) тақрибан қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

ҳаво тармоқлари учун

$$I_C = \frac{Ul}{350}; \quad (1.4)$$

кабелли тармоқлар учун

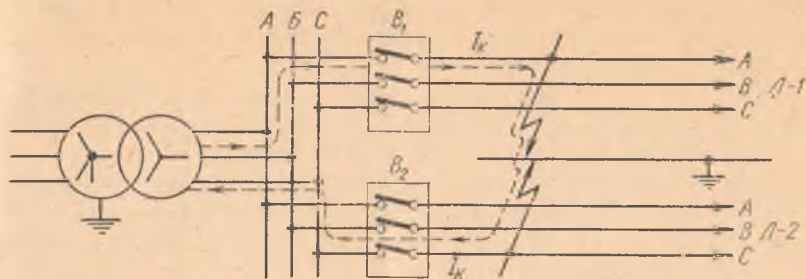
$$I_C = \frac{Ul}{10}, \quad (1.5)$$

бунда V — фазалараро кучланиш, кВ; l — айна кучланишдаги тармоқнинг электрик боғланган узунлиги, км.

Ерга бирор оралиқ қаршилиқ орқали туташилда шикастланган фазанинг ерга нисбатан кучланиши нолдан катта, аммо фазаникидан кичик, шикастланмаган фазаларники эса фаза кучланишидан катта, аммо линия кучланишидан кичик бўлади. Ерга туташилш токи ҳам кичик бўлади.

Ер билан бир фазада туташилда ерга уланмаган нейтралли тармоқларда линия кучланишларининг учбурчаклиги бузилмайди, шунинг учун ҳам фазалараро кучланишга уланган истеъмолчилар нормал ишлаб тураверади.

Ерга туташилда шикастланмаган фазаларнинг ерга нисбатан кучланиши нормал қийматига қараганда $\sqrt{3}$ марта ортадлиги сабабли нейтралли ерга уланмаган тармоқларнинг изоляцияси фазалараро кучланишга ҳисобланиши керак. Бу ҳол кучланиши 35 кВ ва ундан паст бўлган тармоқларда нейтрал ишининг бу режимдан фойдаланиши чеклаб қўяди, бу тармоқларда электроустановкалар изоляциясининг қиймати ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлмайди ва агар изоляцияларнинг ҳамма бузилишларининг ўрта ҳисобда 65% гачаси ерга бир фазали туташилга тўғри келишини ҳисобга



1-12- расм. Нейтрални ерга уланмаган тармоқдаги ерга қўш туташиллар.

олинса, изоляция қиймати бирмунча ортиши истеъмолчиларнинг ишончли таъминланиши ортиши эвазига қопланади.

Айни бир вақтда шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, фазаси билан ерга туташган тармоқнинг ишлашида бошқа фаза изоляциясининг шикастланиши ва ер орқали фазалараро қисқа туташув содир бўлиши эҳтимоли кўпроқ бўлади (1.12- расм). Иккинчи туташил нуқтаси электрик боғланган тармоқнинг бошқа ерида бўлиши мумкин. Шундай қилиб, қисқа туташув тармоқнинг бир неча ерида содир бўлиб, уларнинг ўчиб қолишига олиб келади. Масалан, 1.12- расмда кўрсатилган ҳолатда бир вақтнинг ўзида иккита линия ўчиши мумкин.

Юқорида айтилганларга мувофиқ нейтрални ерга уланмаган ва тармоқларда ерга бир фазали туташил содир бўлганини ходимларга билдириш учун сигнал берувчи махсус қурилмалар албатта ўрнатилади.

Масалан, 1.11- расм, в да нейтрални ерга уланмаган тармоқда изоляцияни контрол қилиш усули келтирилган. Контрол қурилмаси тармоққа НТМИ типидagi кучланиш ўлчаш трансформатори ёки ЗНОМ типидagi бир фазали трансформаторлар (4- бобга қаранг) группаси орқали уланади.

Ўлчаш трансформаторларининг иккиламчи чулғамларидан (1.11- расм, в) бири (I) — юлдуз, иккинчиси (II) — очик учбурчак схемаси асосида уланади. Чулғам I ҳамма фазалардаги кучланишни ўлчаш имкониятини беради, чулғам II ҳамма фазалар кучланишининг геометрик йиғиндисини контрол қилиш учун мўлжалланган.

Нормал шароитда чулғам II нинг қисқичларида кучланиш нолга тенг бўлади, чунки нейтрал ерга уланмаган тармоқдаги учала фазанинг ҳамма фаза кучланишларининг геометрик йиғиндисини нолга тенг бўлади. Бирламчи кучланиш тармоғидаги фазалардан бири ерга металл орқали туташганда чулғам II қисқичларида шикастланмаган икки фаза кучланишининг геометрик йиғиндисига тенг кучланиш ҳосил бўлади (1.11- расм, б). Чулғам II нинг ўрамлари сони шундай танланадики, агар бирламчи тармоқнинг фазаси металл орқали ерга уланганида бу чулғам чиқишларидаги кучланиш

100 В га тенг бўлади. Ерга оралиқ қаршилиқ орқали туташса чулгам II даги кучланиш ерга уланган жойдаги қаршилиқка қараб 0—100 В атрофида бўлади.

Чулгам II га уланадиган кучланиш релеси тегишлича созланса, бирламчи тармоқ изоляциясининг бузилганлигини сезади ва сигнал қурилмаси (қўнғироқ табло) ни ишга туширади.

Электроустановка ходими кучланиш нобаланслигини (V_2 вольтметри ёрдамида) контрол қилиб, шикастланган фазани (V_1 вольтметри ёрдамида) аниқлаши мумкин. Шикастланган фаза кучланиши энг кичик миқдорда бўлади.

Сигнал олингандан сўнг ерга туташуш жойи дарҳол қидирилиши ва қисқа вақт ичида тузатилиши лозим. *Ерга туташган фаза билан ишлаш вақтининг рухсат этиладиган давомийлиги техник ишлатиш қоидалари (ПТЭ) асосида белгиланади ва кўпчилик ҳолларда 2 соатдан ошмаслиги лозим.*

Ерга бир фазанинг ёй орқали туташуши анча хавфли, чунки ёй электроустановкани ишдан чиқариши ва икки ёки уч фазали қисқа туташув ҳосил қилиши мумкин (уч фазали қисқа туташув кўпроқ уч томирли кабелнинг бир томири ер билан бир фазали туташув ҳосил қилганда ҳосил бўлади). Ерга уланган машина корпуси ва ўзакларида бир фазали туташув ҳосил бўлганида машина ва аппаратлар ичида вужудга келадиган ёйлар айниқса хавфли.

Маълум шароитларда ерга туташган жойда навбатлашиб ўчиб-ёнувчи ёй деб юритиладиган ёй ҳосил бўлади, яъни ёй маълум давр ичида ўчиб, сўнгра яна ёнади. Тармоқнинг ўзи тебранма контур ҳисоблангани учун ўчиб-ёнувчи ёй ҳосил бўлганида фазаларда ерга нисбатан ўта кучланишлар юзага келиб, уларнинг катталиги $3,5 U_{\phi}$ гача етиши мумкин. Бундай ўта кучланишлар электрик боғланган ҳамма тармоқларга тарқалади, бунинг натижасида изоляция тешилиши ва изоляцияси заифлашган установка қисмларида қисқа туташув ҳосил бўлиши мумкин.

Ўчиб-ёнувчи ёйнинг ҳосил бўлиш эҳтимоли ерга туташган сизим токи 5—10 А дан ортганда кўпроқ бўлади, бунда изоляция учун ёйнинг ўта кучланишлари хавфи тармоқ кучланиши ортиши билан ортади. Бир фазали шикастланишларнинг хавфли оқибатларини ва уларнинг токка боғлиқлигини ҳисобга олиб, сизим токининг кучи нормаланади (ПУЭ 1-2-16- §) ва қуйидаги миқдорлардан ортмаслиги лозим:

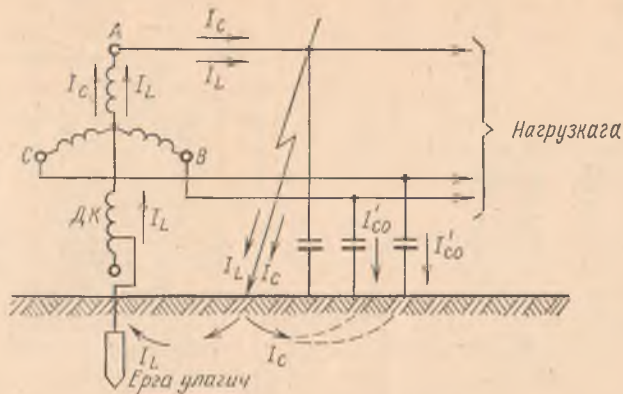
Тармоқ кучланиши, кВ	3—6	10	15—20	35
Ерга туташган сизим токи, А	30	20	15	10

Темир-бетон ва металл таянчли линияларга эга бўлган 3—20 кВ ли тармоқлардаги I_c токи 10 А дан ошмаслиги лозим.

Генератор — трансформатор блок схемаларида генератор кучланишида сизим токининг катталиги 5 А дан ошмаслиги керак.

б) Нейтраллари ерга резонансли уланган уч фазали тармоқлар

Юқорида кўрсатилган нормаларни қаноатлантириш мақсадида ерга туташуш токни камайтириш учун СССР даги 3—35 кВ



1-13- расм. Резонанс-ерга туташтирилган нейтралли уч фазали тармоқ.

ли тармоқларда нейтралларни ёй сўндиргич ғалтак орқали ерга туташтирилади.

Нормал иш режимида ғалтакдан амалда ток ўтмайди. Фазалардан бири ер билан тўла туташганида ёй сўндиргич ғалтак фаза кучланишида бўлади ва ерга туташган жойдан сизим токи J_C билан бир қаторда ғалтакнинг индуктивлик токи J_L ҳам ўтади (1.13-расм). Индуктивлик ва сизим токлари бир-бирига нисбатан фаза бўйича 180° бурчакка фарқ қилганлиги учун ерга туташиш жойида улар бир-бирини компенсациялайди. Агар $I_C = I_L$ (резонанс) бўлса, ерга туташган жой орқали ток ўтмайди. Шу туфайли шикастланган жойда ёй ҳосил бўлмайди ва у билан боғлиқ бўлган хавфли оқибатлар бартараф қилинади.

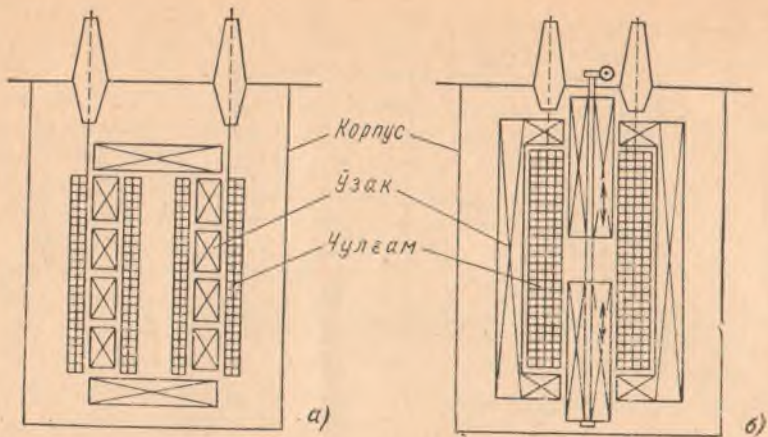
Тармоқлар учун ёй сўндиргич ғалтаклар қувватининг йиғиндиси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q_c^2 = n I_C U_\phi \quad (1-6)$$

бунда n — тармоқнинг шохобланишини ҳисобга олувчи коэффицент; тахминан $n = 1,25$ деб қабул қилиш мумкин (1-10 га қаранг); J_C — ерга тўла туташишдаги ток, А; U_ϕ — тармоқнинг фаза кучланиши, кВ.

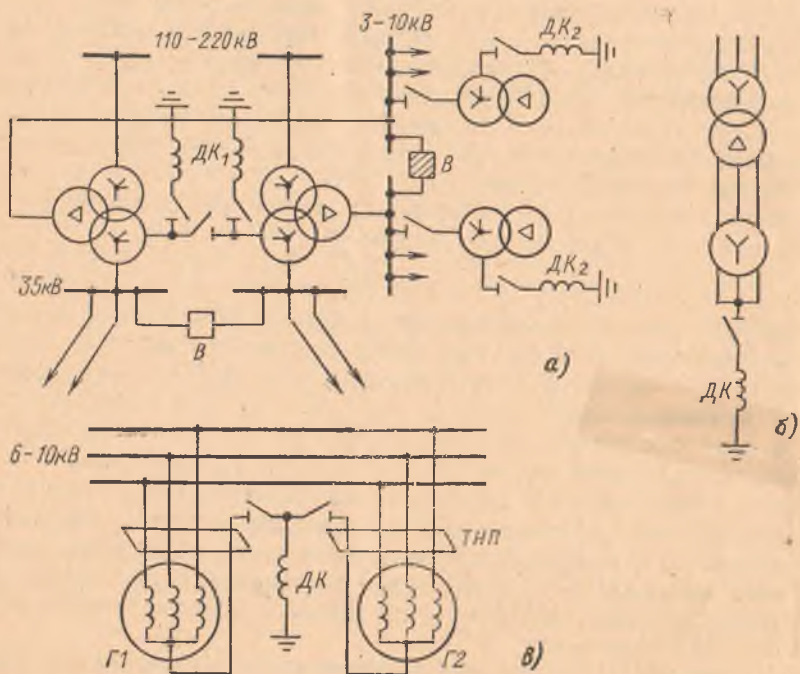
Q нинг ҳисобланган қийматига қараб каталогдан зарур номинал қувватга эга бўлган ғалтак танланади. Бунда шуни ҳисобга олиш керакки, ғалтакларнинг бошқариш диапозони тармоқ схемасининг мумкин бўлган ўзгаришларида (масалан, линия ўчиб қолганда ва ҳоказоларда) сизим токини тўла компенсация қилиш учун етарли бўлиши лозим. $I_C \geq 50$ А бўлганда установкада қувватининг йиғиндиси (1-6) ифода орқали аниқланадиган иккита ёй сўндиргич ғалтак қабул қилинади.

СССР да ёй сўндиргич ғалтакларнинг турли типлари қўлланилади. Кучланиши 35 кВ гача, қуввати 1400 кВ. А гача бўлган ЗРОМ типидagi ғалтак (1.14- расм, а) энг кўп тарқалган бўлиб, ростилаш диапозони 1 : 2 атрофида. Бу ғалтакларнинг чулғамлари ҳаво



1-14- расм. Ёй сўндирувчи ғалтак (ерга туташтирувчи реактор)ларнинг тузилиши:

а — ЗРОМ типдаги; б — номагнит тирқишли ўзгарувчан.



1-15- расм. Ёй сўндирувчи ғалтакларнинг тармоқда жойлашуви.

заворларига эга бўлган йиғма магнитопроводда жойлашади ва компенсациялаш токини ростлаш учун отпайкага эга бўлади. Ғалтак мой билан совитилади.

Ўзақдаги номагнит заворни (ҳаво оралиғини) ўзгартириш билан ёки магнитопровод пўлатини ўзгармас ток манбаидан қўшимча магнитлаш йўли билан ғалтакнинг индуктивлигини ўзгартириб (1.14- расм, б) ғалтаклардаги компенсациялашни автоматик равишда аниқроқ ва раvon созлаш мумкин.

Ёй сўндиргич ғалтаклар камида учта линия орқали компенсацияланадиган тармоққа уланадиган таъминловчи узлавий подстанцияларга ўрнатилиши керак. Генератор кучланишидаги тармоқларни компенсациялашда ғалтаклар, одатда, генераторларга яқин жойга ўрнатилади. Ёй сўндиргич ғалтакларни бириктиришнинг энг характерли усуллари 1.15- расмда келтирилган.

1.15- расм, а да подстанция трансформаторларининг нейтралига уланган иккита ёй сўндиргич ғалтак кўрсатилган. 1.15- расм, б да трансформатор билан бир блокда ишлайдиган, генераторнинг нейтралига уланган ғалтак кўрсатилган. 1.15- расм, в да умумий йиғма машинага ток берувчи ёй сўндиргич ғалтакни икки генератордан бирининг нейтралига улаш кўрсатилган. Шунинг назарда тутиш керакки, бунада ғалтакнинг уланиш занжири нолавий кетма-кетликдаги ток трансформатори (НКТ) ўзагидаги тешикдан ўтиши керак. Бу нарса генераторни ерга туташидан сақловчи ҳимоянинг тўғри ишлашини таъминлаш учун зарурдир.

Ёй сўндиргич ғалтакларни махсус трансформаторлар ҳамда қуввати ғалтакникидан қолишмайдиган ўз эҳтиёжига ишлатиладиган трансформаторлар орқали улашда уларнинг бир-бирига таъсирини ҳисобга олиш керак.

Бу таъсир, биринчи навбатда, ғалтак билан трансформатор чулғами қаршилигининг кетма-кет уланиши борлиги сабабли ҳақиқий компенсация токининг номиналга нисбатан камайишида сезилади:

$$I_{к, д} = I_{ном, к} \frac{1}{1 + \frac{u_k \%}{100} \frac{Q_{ном, к}}{S_{ном, т}}}, \quad (1-7)$$

бунада $I_{ном, к}$ — ёй сўндиргич ғалтакнинг номинал токи; $u_k \%$ — трансформаторнинг қисқа туташув кучланиши; $S_{ном, т}$ — трансформаторнинг номинал қуввати.

Айниқса трансформатор чулғамининг кескин чегараловчи таъсир чулғамлар юлдуз — юлдуз усулида бириктирилган схемадан фойдаланилганда билинади, чунки ерга бир фазали туташувида уларнинг индуктив қаршилиги фазалараро қисқа туташувдаги қараганда тахминан 10 марта кўп бўлади. Шу сабабли ғалтаклар улаш учун чулғамлари учбурчак схемасида уланган трансформаторлар маъқул кўрилади.

Ўз навбатида трансформатор нейтралда ёй сўндиргичнинг бўлиши ерга бир фазали туташувида трансформатор

ғамига қўшимча нағрузка тушишига олиб келади, у ортиқча қи-
зийди. Буни айниқса ғалтакларни улаш учун пасайтирилган куч-
ланиш томонида нағрузкаси бўлган трансформаторлардан, масалан,
электр станция ва подстанцияларнинг ўз эҳтиёжи учун ишлайди-
ган трансформаторлардан фойдаланишда ҳисобга олиш муҳимдир.

Нағрузкали трансформаторга уланадиган ғалтакнинг рухсат
этиладиган қуввати қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q_{к, д} = \sqrt{S_{ном, т}^2 - S_{max}^2} \quad (1-8)$$

бунда $S_{ном, т}$ — трансформаторнинг номинал қуввати; S_{max} — нағруз-
канинг максимал қуввати.

(1-18) ифодадан нағрузка учун $\cos \phi$ бирга яқин, ғалтакнинг
актив қаршилиги эса жуда кичик бўлишини ҳисобга олиб фойда-
ланиш тўғрроқ бўлади.

Трансформаторга уланадиган ғалтакнинг, ерга туташган фазали
тармоқнинг рухсат этилган ишлаш вақтида трансформаторнинг
ўта нағрузкаланишини ҳисобга олгандаги ва ўта нағрузкаланиш
қобилияти коэффиценти $k_{пер}$ билан аниқланадиган, рухсат этилган
қуввати қуйидагига тенг:

$$Q_{к, д} = \sqrt{(k_{пер} S_{ном, т})^2 - S_{max}^2} \quad (1-9)$$

Ғалтакни нағрузкасиз махсус трансформаторга улаш учун $Q_{ном, к} \leq$
 $\leq S_{ном, т}$ ёки $Q_{ном, к} \leq k_{пер} S_{ном, т}$ шарт бажарилиши керак (агар
трансформаторнинг ўта нағрузкаланишига рухсат этилса).

*Нейтрални ерга резонансли уланган тармоқларда, нейтрални
ерга уланмаган тармоқлардаги каби, шикастланган участкани
узатиш учун тегшили қайта улашларга имконият туғилгунча, ерга
туташиб қолган фаза билан вақтинча ишлашга рухсат этилади.*
Айниқса ерга қисқа туташув содир бўлган ҳолларда ёй сўндиргич
ғалтакнинг бўлиши катта аҳамиятга эга, чунки бунда туташган
жойдаги ёй сўнади ва линия ўчмайди.

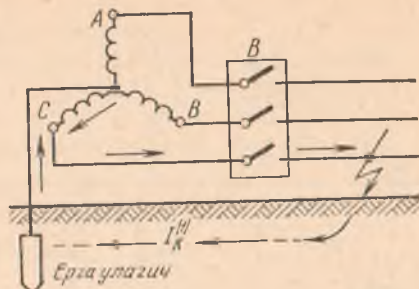
Нейтрални ёй сўндиргич ғалтак орқали ерга уланган тармоқ-
ларда, ерга битта фаза туташган ҳолларда, иккита шикастланмаган
фазанинг ерга нисбатан кучланиши $\sqrt{3}$ марта, яъни фазалар ораси-
даги кучланиш миқдорига ортади. Демак, бу тармоқлар ўзлари-
нинг асосий хоссалари бўйича нейтрални ерга уланмаган тармоқ-
ларга ўхшашдир.

в) Нейтрални ерга қўзғалмайдиган ҳамда самарали уланган уч фазали тармоқлар.

Нейтрални ерга қўзғалмайдиган қилиб улашдан Совет
Иттифоқида 220 ва 380 В ли тармоқларда фойдаланилади. Бу
вақтда ҳамма манбаларнинг нейтраллари ерга уланади.

110 кВ ли ва ундан юқори кучланишли установакаларда изоля-
циялаш қиймати нейтрални ерга улаш усулини танлашда ҳал қилувчи
фактор ҳисобланади. Бу ерда нейтрални ерга самарали улаш қўлла-

нилади, бунда бир фазали қ. т. да шикастланмаган фазалардаги кучланиш нормал иш режимдаги фазалараро кучланишнинг тахминан 0,8 қисмига тенг бўлади. Бу нейтрални ерга улаш усулининг асосий афзаллигидир.



1-16- расм. Нейтрални ерга эффектив туташтирилган уч фазали тармоқ.

СССРда 110 кВ ли ва ундан ортиқ кучланишли тармоқлар одатда, нейтрални ерга қўзғалмайдиган қилиб уланган усулда ишлайди.

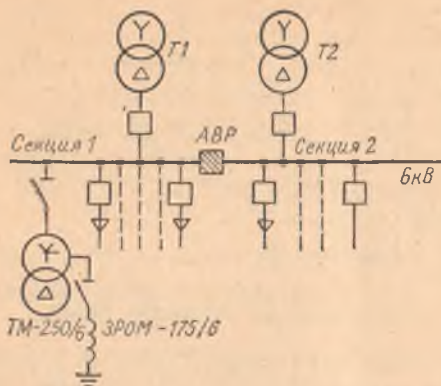
Бироқ, нейтралнинг кўриб чиқиляётган режимлари бир қанча камчиликларга эга. Масалан, фазалардан бири ерга уланганда ер ва ЭЮҚ берилган кичик қаршиликли манба нейтрални орқали қисқа туташган контур ҳосил бўлади (1.16- расм). Катта тоқларнинг ўтиши билан кечадиган қисқа туташини (қ. т.) режими пайдо бўлади. Асбоб-ускуналарни шикастлантирмаслик учун катта тоқларнинг узоқ вақт ўтиб туришига рухсат этилмайди, шунинг учун ҳам, қ. т. релели ҳимоя орқали тезда узиб қўйилади. Тўғри, кучланиш ≤ 110 кВ ва ундан юқори бўлган электр тармоқларидаги бир фазали шикастланувларнинг кўп қисми ўз-ўзидан бартараф этиладиган бўлади, яъни кучланиш узилиши билан йўқолади. Бундай ҳолларда релели ҳимоя қурилмаларидан сўнг ишга тушиб, қисқа вақт ичида истеъмолчиларни таъминлашни тикловчи автоматик қайта улаш (АҚУ) қурилмалари яхши самара беради.

Иккинчи камчилиги — тақсимлаш қурилмаларида ерга катта қисқа туташув тоқларини ўтказадиган ерга улаш контурини бажаришнинг қимматга тушувидир ва шу сабабдан айни ҳолда бу контур мураккаб инженерлик иншоотларидан иборат бўлади.

Учинчи камчилиги — бир фазали қисқа туташув тоқининг анча катта бўлишидир, бу ток ерга уланган нейтраллар кўп бўлганида ҳамда автотрансформаторли тармоқларда ҳатто уч фазали қисқа туташув тоқи катталигидан ҳам ортиб кетади. Бир фазали қисқа туташув тоқини камайтириш учун, агар бунинг иложи бўлса ва самара берса, нейтралларни ерга улаш ўрнига уни қисман узиб қўйишдан фойдаланилади (асосан 110 — 220 кВ ли тармоқларда). Ўша мақсадлар учун трансформаторларнинг нейтралларига уланадиган тоқларни чегараловчи қаршиликларни қўллаш мумкин.

1.1- мисл. **Топшириқ.** Ёй сўндиргич ғалтак ва уни район подстанцияси шина-сидан таъминланаётган 6 кВ ли тармоққа улаш усули танлансин (1.17- расм). 6 кВ ли кабелли тармоқларда секциялар алоҳида-алоҳида ишласа, ерга туташини тоқи 1 секция учун 19 А ни, 2 секция учун 16 А ни ташкил этади. Подстанцияда ўз эҳтиёжини таъминлаш учун ТМ-100/6 трансформатор ўрнатилган.

Ечиш. Нормаларга асосан ерга туташини тоқи $I_C < 30$ А бўлганда тармоқда компенсация талаб қилинмайди. Агар сизим тоқининг йиғи бўлса, секцияли выключатель улангандагина ғалтак керак бўлади.



1-17- расм. 1-1- мисолга.

Ёй сўндиргич ғалтакни улаш учун чулғамларининг уланиш схемаси юлдуз-учбурчак, $u_k = 5.5\%$ бўлган махсус ТМ-250/6 трансформатори ўрнатилиши зарур. Трансформаторни ерга туташув токнинг қилмати катта бўладиган секция 1 га улаш маъқулроқ.

Танланган трансформатор ёй сўндиргич ғалтак уланишдан ташқари умумий қуввати

$P_{\text{нагр.д}} = \sqrt{250^2 - 175^2} = 176 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 1$ бўлганда) бўлган нагр узкани ҳам таъминлаши мумкин.]

1-4. ЭЛЕКТР НАГРУЗКАЛАР ГРАФИКЛАРИ

а) Умумий қоидалар

Алоҳида истеъмолчиларнинг электр нагр узкаси, бинобарин, уларнинг энергосистемадаги электр станциялари иш режимини аниқловчи жами нагр узкаси узлуксиз ўзгариб туради. Бу фактни на гр уз ка гра фи ги да, яъни *электроустановкалар қуввати (токи)нинг вақт бўйича ўзгариши диаграммасида* акс этириш қабул қилинган.

Қайд қилинаётган параметрларнинг турига қараб графиклар электроустановкаларнинг актив P , реактив Q , тулиқ (туюлма) қуввати S ва токи I нинг графикларига бўлинади.

Одатда, графиклар нагр узканинг маълум вақт ичида ўзгаришини ифодалайди. Улар шу белгисига қараб суткалик (24 соат), мавсумий, йиллик ва ҳоказо графикларга бўлинади.

Энергосистеманинг ўрганиладиган жўйига ёки қайси элементига тааллуқлигига қараб графиклар қўйидаги группаларга бўлинади: истеъмолчилар подстанциялари шиналарида аниқланадиган истеъмолчилар нагр узкаси графиги;

район ва узлавий подстанция шиналарида аниқланадиган тармоқлар нагр узкаси графиги;

энергосистеманинг умумий нагр узкасини ифодаловчи энергосистемалар нагр узкаси графиги;

режими трансформаторлардан бири ремонтга қўйилганда ва иккала секция ҳам бир трансформатордан таъминланганда юзага келиши мумкин.

Ғалтакнинг талаб этиладиган қуввати

$$Q_R = 1,25 I_C U_\Phi = 1,25 \cdot$$

$$35,6 / \sqrt{3} = 152 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

Каталогдан (масалан, $[1 = 10]$ га қаранг) ЗРОМ-175/6 с $Q_{\text{ном.к}} = 175 \text{ кВт} \cdot \text{А}$ бўлган ғалтакни танлаймиз.

Подстанцияда ўз эҳтиёжини қондириш учун ўрнатиш, қуввати 100 кВт·А ли трансформаторлар ғалтакни улаш учун ярамайди, чунки уларнинг қуввати етарли эмас.

электр станцияларининг нагрукаси графиги.

Нагрукка графикларидан электроустановкакалар ишини анализ қилиш, электр таъминоти системасини лойиҳалаш, электр истеъмоли прогнозини тузиш, асбоб-ускуналар ремонтини планлаштириш, шунингдек, эксплуатация процессида иш режимини нормал олиб боришда фойдаланилади.

б) Истеъмолчилар нагрукасининг суткали графиги

Нагруканинг ҳақиқий графиги тегишли параметрнинг вақт ичида ўзгаришини қайд қилувчи приборлар ёрдамида олиниши мумкин.

Истеъмолчилар нагрукасининг перспектив графиги лойиҳалаш процессида аниқланади.

Уни тузиш учун авваламбор, электр қабул қилувчиларнинг белгиланган қуввати тўғрисидаги, яъни уларнинг номинал қувватлари йиғиндиси тўғрисидаги маълумотга эга бўлиш керак. Актив нагрукка учун

$$P_{\text{бел}} = \sum P_{\text{ном}}. \quad (1-10)$$

Истеъмолчилар подстанцияси шиналарига уланган қувват

$$P_{\text{улан}} = \frac{\sum P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ўр,ист}} \eta_{\text{ўр,тар}}}, \quad (1-11)$$

бунда $\eta_{\text{ўр,ист}}$ ҳамда $\eta_{\text{ўр,тар}}$ — номинал нагруккада тегишлича истеъмолчилар электроустановкаларининг ва маҳаллий тармоқнинг ўртача ФИК.

Одатда, эксплуатация вақтида истеъмолчиларнинг ҳақиқий нагрукаси белгиланган қувватлар йиғиндисидан кичик бўлади. Бу ҳолат бир вақтlilik коэффициенти k ва загрукка коэффициенти k_z орқали ҳисобга олинади. Бу вақтда истеъмолчилар нагруккаси максимал қийматининг ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$P_{\text{max}} = \frac{k_o k_z}{\eta_{\text{ўр,ист}} \eta_{\text{ўр,тар}}} \sum P_{\text{ном}} = k_{\text{ўхт}} \sum P_{\text{ном}}, \quad (1-12)$$

бунда $k_{\text{ўхт}}$ — кўрилайётган истеъмолчилар группаси учун эҳтиёж коэффициентини.

Эҳтиёж коэффициентини бир типдаги истеъмолчиларнинг эксплуатация қилиш тажрибаси асосида аниқланади ва справочник адабиётда келтирилади. Саноат истеъмолчиларининг айримлари учун эҳтиёж коэффициентининг ўртача қийматлари 1.3-жадвалда келтирилган.

(1-12) орқали аниқланган максимал нагрукка йил давомида энг юқари ҳисобланиб, одатда, қиш давридаги максимал нагруккага тўғри келади.

Графикни тузиш учун P_{max} дан ташқари яна истеъмолчилар нагруккасининг вақт мобайнида ўзгаришини билиш керак. Буни, одатда, лойиҳалаш вақтида типавий графиклардан аниқланади.

Эҳтиёж коэффициентлари

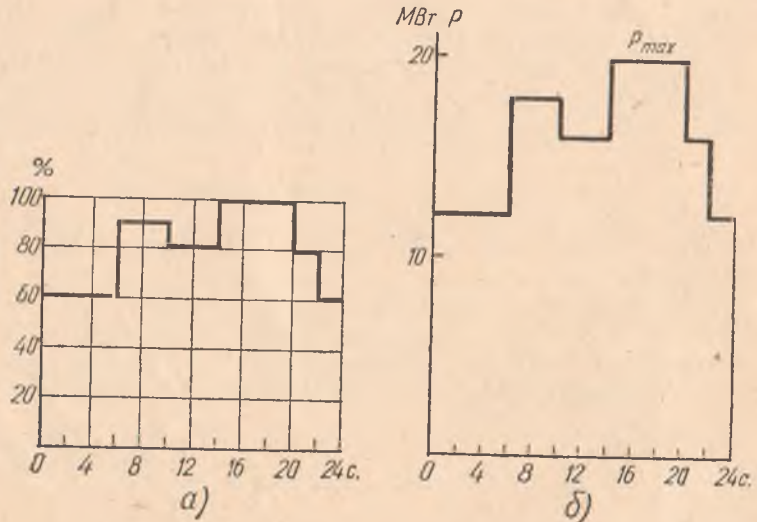
Истеъмолчи	Эҳтиёж коэффициентининг уртача қиймати
Қора металлургия:	
домна цеҳи	0,6
мартен цеҳи	0,3
пӯлатни узлуксиз қуйиш установкаси	0,7
прокат станлари	0,4 — 0,6
машинасозлик	0,14 — 0,6
Химия саноати	0,7 — 0,9
Тўқимачилик корхоналари	0,7 — 0,85
Саноат вентиляцияси ва кондиционирлаш	0,9

Нагрузка типавий графиги ишлаётган айнан бир хил истеъмолчиларни тадқиқ қилиш натижалари асосида қурилади ва 1.18-расм, а да кўрсатилган тарзда справочник адабиётда келтирилади.

Ҳисоблашларни осонлаштириш учун график поғона кўринишида тузилади. Бир суткада мумкин бўладиган энг катта нагрузка 100% га тенг қилиб қабул қилинади, графикнинг қолган поғоналари эса сутканинг айни вақтидаги нагрузканинг нисбий қийматини кўрсатади.

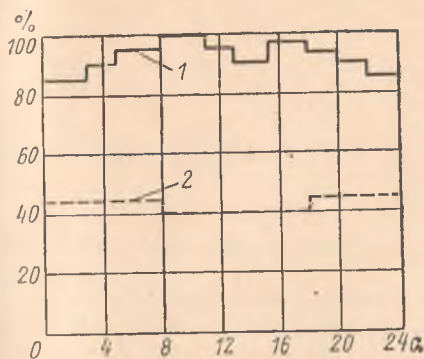
Агар P_{max} маълум бўлса, графикнинг ҳар бир поғонасига тегишли нисбатдан фойдаланиб, типавий графикни айни истеъмолчининг нагрузка графигига айлантириш мумкин:

$$P_{пор} = \frac{n\%}{100} P_{max}$$



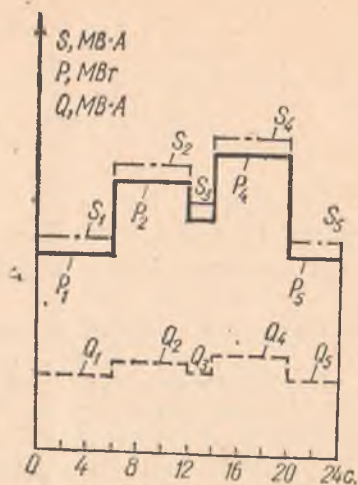
1-18- расм. Истеъмолчи актив нагрузканинг суткалик графикалари:

а — типавий; б — номланган бирликларда.



1-19- расм. Ишлаб чиқариш аниқ тури (қора металлургия) нинг типавий графиги намунаси:

1 — иш куни графиги; 2 — ҳам оляш куни графиги.



1-20- расм. Истеъмолчининг тўла, реактив ва актив қувватининг суткалик графиги.

бунда — $n\%$ типавий графикнинг тегишли поғонаси ординатаси, %.

1.18- расм, б да электр энергияси истеъмолчисининг $P_{max} < 20$ МВт бўлгандаги типавий графикдан (1.18- расм, а) олинган графикни кўрсатилган.

Одатда, ҳар бир истеъмолчи учун йилнинг турли вақтларида ва ҳафтанинг турли кунларида унинг ишини ифодаловчи бир нечта суткалик графиклар берилади. Булар иш кунлари учун — қиш ва ёзги суткалик типавий графиклар, дам олиш куни графиги ва ҳоказолар. Одатда, иш кунининг қишдаги суткалик графиги асосий ҳисобланади. Унинг максимал нагрукаси 100% деб қабул қилиниб, бошқа графикларнинг ординаталари шу қийматга нисбатан процент ҳисобида берилади (1.19- расм).

Актив нагрукка графикларидан ташқари реактив нагрукка графикларидан ҳам фойдаланилади. Реактив истеъмол нагрукка типавий графиклари ҳам абсолют максимумга нисбатан процент ҳисобида олинган поғоналар ординаталарига эга:

$$Q_{max} = P_{max} \operatorname{tg} \varphi_{max}, \quad (1-13)$$

бунда $\operatorname{tg} \varphi_{max}$ ҳар бир истеъмолчи учун олдиндан берилиши керак бўлган параметр $\cos \varphi_{max}$ қийматига қараб аниқланади.

Тўлиқ қувватнинг суткалик графигини актив ва реактив нагруккаларнинг маълум графикдан фойдаланиб ҳосил қилиш мумкин. Қувват қийматини графикнинг ҳар бир поғонаси бўйича (1.20- расм) қуйидаги ифодалардан аниқланади

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}; \\ S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}; \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ S_n &= \sqrt{P_n^2 + Q_n^2}, \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

бунда P_n ва Q_n — айна погонанинг актив ва реактив нагузкалари учун олинган бирликлар ҳисобида.

в) Район подстанциялари нагузкаларининг суткалик графиклари

Бу графиклар электр энергиясини тақсимлашда линиялар ва трансформаторларда актив ҳамда реактив қувватларнинг исрофини ҳисобга олиб аниқланади.

Линия симлари ва трансформатор чулғамидан ток ўтишида исроф бўладиган қувват нагузкага боғлиқ бўлган ўзгарувчан катталиклардир. Тармоқда исроф бўладиган қувватнинг ўзгармас қисми асосан трансформаторнинг салт ишлашидаги исрофдан иборат бўлади.

Тақсимлашдаги ўзгармас исрофлар $\Delta P_{P,i}^{\text{ўзг-с}}$, $\Delta Q_{P,i}^{\text{ўзг-с}}$ ва ўзгарувчан исрофлар $\Delta P_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}}$, $\Delta Q_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}}$ тармоқнинг i -элементи (линия, трансформатор) даги максимал режим учун «Электр тармоқлари» курсидан маълум бўлган усулларни қўллаб аниқланади. Подстанция графиксининг ҳар қайси погонаси учун исрофлар йиғиндиси қуйидаги ифодалардан аниқланиши мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{P,n} &= \sum \Delta P_{P,i}^{\text{ўзг-с}} + \sum \Delta P_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}} \left(\frac{S_i}{S_{i,max}} \right)^2; \\ \Delta Q_{P,n} &= \sum \Delta Q_{P,i}^{\text{ўзг-с}} + \sum \Delta Q_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}} \left(\frac{S_i}{S_{i,max}} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (1-15)$$

бунда S_i — тармоқнинг i -элементи нагузкаси бўлиб, у йиғинди нагузка графиксининг кўриладиган n -погонасига мос келади;

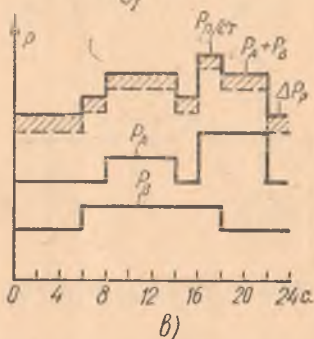
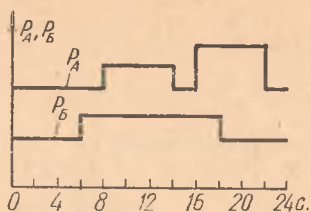
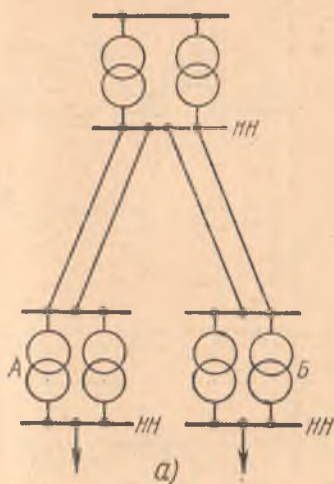
$S_{i,max}$ — $\Delta P_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}}$ ва $\Delta Q_{P,i,max}^{\text{ўзг-н}}$ аниқланадиган элемент (линия, трансформатор)нинг нагузкаси.

Актив нагузка графиксини конкрет тармоқ учун қуриш усули 1.21-расмда кўрсатилган.

г) Электр станциялари нагузкасининг суткалик графиги

Истеъмолчилар нагузкаси ва бутун система бўйича электр тармоқларда тақсимлашдан ҳосил бўладиган исрофлар графикларини қўшиб энергосистема электр станциялари нагузкасининг натижавий графиги ҳосил қилинади.

Энергосистема генераторлари нагузкасининг графиги, ўз эҳтиёжи учун қўшимча сафланадиган электр энергиясини ҳисобга олиб, шиналардан бериладиган қувват графигидан ҳосил қилинади.



1-21- расм. Электр тармоғининг актив нагрукаси графитини тузишга оид схе-
ма (район подстанциясининг шиналарида):

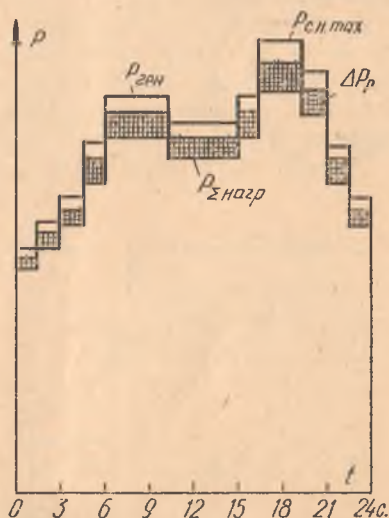
а — тармоқ схемаси; б — айрим истеъмолчилар нагрукасининг графити; в — нагруканинг
графитлар туплами.

(1-22- расм). Станцияларнинг нагрукаси жуда ўзгариб турадиган
ҳолларда, ўз эҳтиёжига сарфлашнинг ўзгарувчан характери ҳи-
собга олиниши керак:

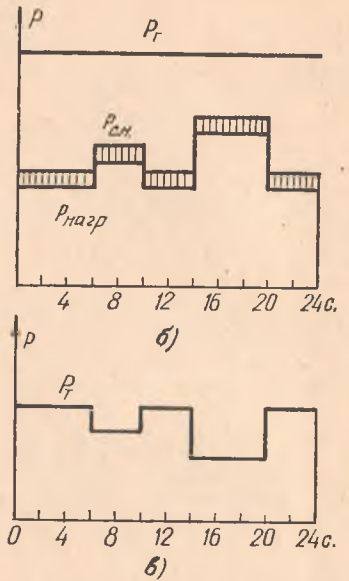
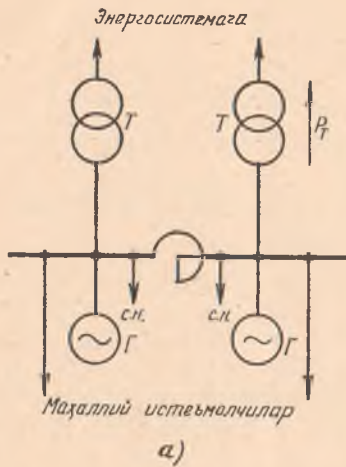
$$P_{с. и} = \left(0,4 + 0,6 \frac{P_l}{P_{бел}}\right) P_{с. и, max} \quad (1-16)$$

бунда P_l — станция шинасидан
бериладиган қувват; $P_{бел}$ — ге-
нераторларнинг белгиланган қув-
вати; $P_{с. и, max}$ — 5.2- жадвал маъ-
лумотларини ҳисобга олиб аниқ-
ланадиган ўз эҳтиёжига сарф-
ланадиган қувватнинг максимал
шондори; 0,4 ва 0,6 коэффи-
циентлар ўз эҳтиёжига сарфлаш,
яъни $P_{с. и, max}$ даги ўзгармас ва
ўзгарувчан қисмининг тегишли
ўлушини тахминан ифодалайди.

Алоҳида электр станцияла-
ри ўртасидаги нагрукка шундай
тақсимланиши керакки, бунда



1-22- расм. Энергосистема актив на-
грукасининг графити.



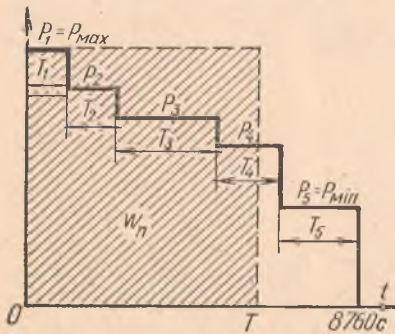
1-23- расм. Энергосистемада ишлайдиган ТЭЦ учун актив нагрузка графиклари. а — тушунтириш схемаси; б — генератор кучланишида ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш қуввати графиклари; в — боғловчи трансформаторлар нагрузкаси графиги.

бутун энергосистема бўйича ишнинг максимал тежамкорлиги таъминланиши лозим. Шу мулоҳазалар асосида энергосистеманинг диспетчерлик хизмати электр станцияларига суткалик нагрузка графигини беради.

Электр станциянинг электр қисмини лойиҳалашда трансформаторлар ва автотрансформаторлар нагрузкасининг энергосистемага боғланган графигини билиш керак (5- бобга қаранг). Энергосистема билан боғланишда бўлган ТЭЦ трансформаторлари учун шундай графикни қуриш усули 1.23- расмда кўрсатилган.

P_T нинг талаб этилган графиги генераторларнинг нагрузка гра-

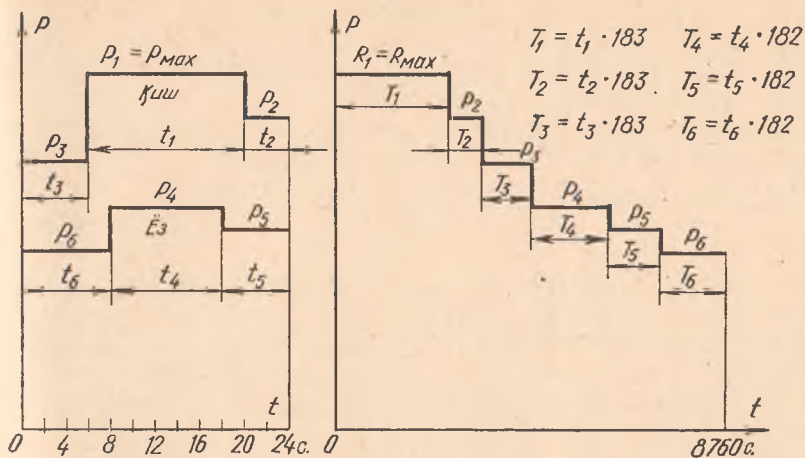
фиги P_T дан маҳаллий нагрузка сарфи графигини ва ўз эҳтиёжи учун сарфланган энергия графиги $P_{с.н}$ ни айтириш йўли билан топилади.



1-24- расм. Нагрузкаларнинг давомийлиги бўйича йиллик график.

д) Нагрузканинг давомийлиги бўйича йиллик график

Бу график установканинг йил давомида турли нагрузкалар билан ишлаш вақтини кўрсатади. Ординаталар ўқи бўйлаб тегшли масштабда нагрузка, абсцис-



1-25- расм. Нагрузкаларнинг давомийлиги бўйича йиллик графикни тузиш усули.

салар ўқи бўйлаб йиллик 0 дан 8760 гача соатлар қўйилади. Графикда нагрузка P_{max} дан то P_{min} гача камайиб бориш тартибда қўйилади (1.24- расм).

Нагрузканинг давомийлиги бўйича йиллик график маълум бўлган суткалик графиклар асосида қурилади. 1.25- расмда нагрузканинг икки — қишки (183 кун) ва ёзги (182 кун) суткалик графиклари бор бўлган ҳолда график қуриш усули кўрсатилган.

Энг кўп тарқалган электр энергия истеъмолчилари учун справочникларда нагрузканинг давомийлиги бўйича актив ва реактив нагрузкаларнинг типавий графиклари келтирилган.

Нагрузкаларнинг давомийлиги бўйича графикдан установка-нинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини, электр энергияси исрофини ҳисоблашда, йил давомида асбоб-ускуналардан фойдаланишни баҳолашда ва бошқа ҳолларда фойдаланилади.

е) Нагрузка графикларидан аниқланадиган техник-иқтисодий кўрсаткичлар

Актив нагрузка графигининг синиқ чизиқлари билан чегараланган юзи сон жиҳатидан кўрилатган даврда электроустановка ҳосил қилган ёки истеъмол қилган энергияга тенг

$$W_{\pi} = \sum P_i T_i \quad (1-17)$$

буида P_i — графикнинг, i - поғонасидаги қувват; T_i — поғона давомийлиги.

Установка-нинг кўрилатган давр (сутка, йил) даги ўртача нагрузкаси

$$P_{\text{ур}} = \frac{W_d}{T}, \quad (1-18)$$

бунда T — кўриляётган давр давомийлиги; W_d — кўриляётган даврга тўғри келадиган электр энергияси.

Установка иши графигининг нотекислик даражаси тўлдириш коэффициентини билан баҳоланади

$$k_{\text{тўл}} = \frac{W_d}{P_{\text{max}} T} = \frac{P_{\text{ур}}}{P_{\text{max}}}. \quad (1-19)$$

Нагрузка графигини тўлдириш коэффициенти кўриляётган даврда (сутка, йил) ҳосил қилинган (истеъмол қилинган) энергиянинг худди шу давр ичида, установканинг нагрукаси ҳамма вақт максимал бўлган ҳолда, ҳосил қилиниши (истеъмол қилиниши) мумкин бўлган энергиясидан неча марта кам бўлишини кўрсатади. Равшанки, график қанча бир текис бўлса, $k_{\text{тўл}}$ қиймати бирга шунча яқин бўлади.

Установканинг нагрукка графигини характерлаш учун максимал нагруккадан фойдаланишнинг шартли давомийлигидан ҳам фойдаланиш мумкин

$$T_{\text{max}} = \frac{W_d}{P_{\text{max}}} = \frac{P_{\text{ур}} T}{P_{\text{max}}} = k_{\text{тўл}} T. \quad (1-20)$$

Бу катталиқ кўриляётган давр давомида установка ҳақиқий электр энергия миқдори W ни ҳосил қилиши (истеъмол қилиши) учун шу давр T (одатда йил) давомида ўзгармас максимал нагруккада неча соат ишлаши кераклигини кўрсатади. T_{max} катталиқни аниқлашни 1.24- расмдаги мисол орқали тушунтириш мумкин.

Амалда белгиланган қувватдан фойдаланиш коэффициенти

$$k_{\text{фой}} = \frac{W_d}{T \cdot P_{\text{бел}}} = \frac{P_{\text{ур}}}{P_{\text{бел}}}, \quad (1-21)$$

ёки белгиланган қувватдан фойдаланиш давомийлиги

$$T_{\text{бел}} = \frac{W_d}{P_{\text{бел}}} = k_{\text{фой}} T. \quad (1-22)$$

дан ҳам фойдаланилади.

(1-21) ва (1-22) формулаларда $P_{\text{бел}}$ орқали резервдаги агрегатларни қўшиб, биргаликда ҳамма агрегатларнинг белгиланган қувватининг йиғиндиси тушунилади.

Фойдаланиш коэффициенти $k_{\text{фой}}$ агрегатларнинг белгиланган қувватидан фойдаланиш даражасини ифодалайди. Демак, $k_{\text{фой}} \leq 1$, $T_{\text{бел}} \leq T$ бўлади. $P_{\text{бел}} \geq P_{\text{max}}$ эканини ҳисобга олиб, $k_{\text{фой}} \leq k_{\text{тўл}}$ га эга бўламиз.

Электр станцияларининг белгиланган қувватидан фойдаланиш вақти Совет Иттифоқи энергосистемалари учун ўрта ҳисобда бир йилда тахминан 4800 соатни ташкил қилади.

Иккинчи боб

ЭЛЕКТР СТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ АСОСИЙ ЖИҲОЗЛАРИ

2-1. СИНХРОН ГЕНЕРАТОРЛАР

а) Ҳозирги генераторларнинг техник характеристикалари ва конструкциялари

Ҳозирги электр станцияларида электр энергияси ҳосил қилиш учун уч фазали ўзгарувчан ток синхрон генераторлари ишлатилади. Турбогенераторлар (бирламчи двигатели — буғ ёки газ турбинаси) ва гидрогенераторлар (бирламчи двигатели — гидротурбина) бўлади.

Синхрон электр машиналари учун турғун иш режимида агрегатнинг айланиш сони частотаси (айл/мин) билан тармоқ частотаси f (Гц) орасида аниқ мувофиқлик бор:

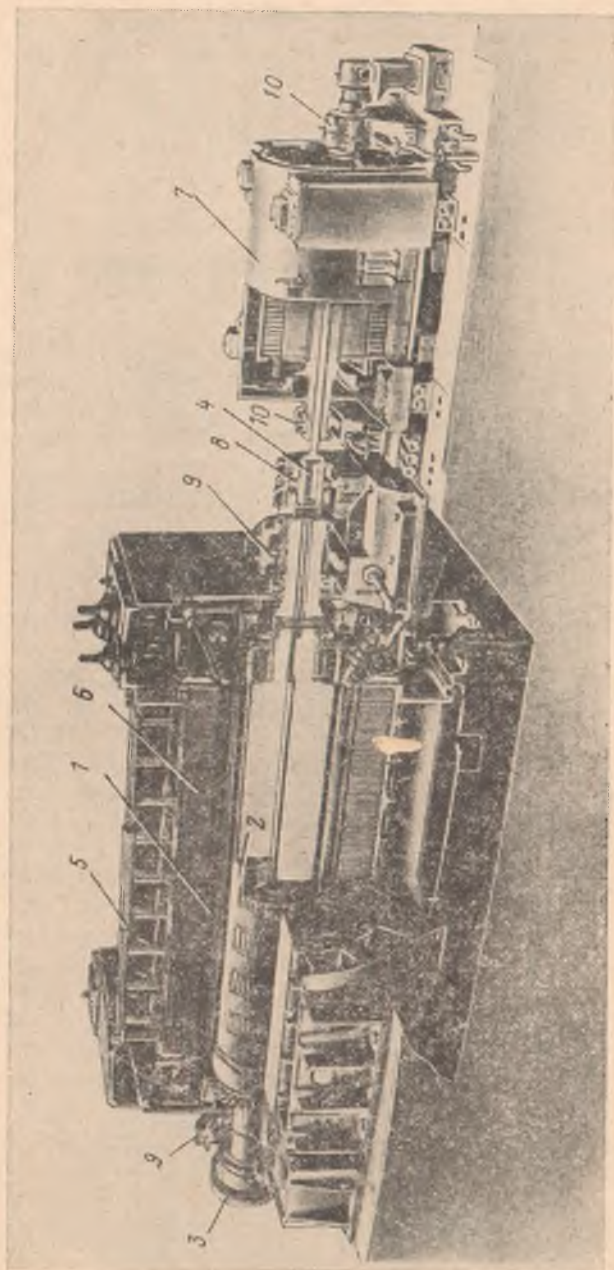
$$n = \frac{60f}{p} \quad (2-1)$$

бунда p — генератор статори чулғамларининг жуфт қутблари сони.

Буғ ва газ турбиналари айланиш частотаси катта (3000 ва 1500 айл/мин) қилиб чиқарилади, чунки шунда турбогенераторларнинг юқори техник-иқтисодий кўрсаткичларга эга бўлади. Одатдаги, ёқилғида ишлайдиган иссиқлик электр станцияларида (ТЭС ларда) агрегатларнинг айланиш частотаси, одатда, 3000 айл/мин ни ташкил этади, синхрон турбогенераторларда эса иккита қутб бўлади. АЭС да айланиш частотаси 1500 ва 3000 айл/мин бўлган агрегатлар ишлатилади.

Турбогенераторлар тезюрарлиги сабабли унинг конструкциясининг ўзига хос томонлари бўлади. Бу генераторлар вали горизонтал жойлашадиган қилиб тайёрланади. Турбогенераторнинг катта механик ва иссиқлик нарузкаларида ишловчи ротори магнит ҳимда механик хоссалари юқори бўлган махсус (хром-никелли ёки хром-никель-молибденли) пўлатдан тайёрланган яхлит поковкадан ياسалади.

Роторнинг қутби аниқ бўлмайди. Айланиш частотаси катта бўлганлиги учун, механик мустақамликни таъминлаш нуқтаи назардан, роторнинг диаметри 3000 айл/мин учун 1,1—1,2 м дан ортмайди. Ротор бочкасининг узунлиги ҳам маълум чегарага эга бўлиб, 6—6,5 м га тенг бўлади. У вал статик эгилишининг рухсат этиладиган катталиги ва маъқул титраш характеристикасини ҳосил қилиш шартига кўра аниқланади.



2-1- расм. Замолавий турбо генераторнинг умумий кўриниши.

1 — статор чулғами; 2 — ротор; 3, 4 — бирлаштирувчи муфалар; 5 — статор корпуси; 6 — статор ўзги; 7 — ўзгочки; 8 — ротор билан шёкканинг конгит ҳалқалари; 9 — генератор подшипниклари; 10 — ўзгочки подшипниклари.

Роторнинг асосий магнит оқими ўтадиган актив қисмида уйғотиш чулғамининг ғалтаклари жойланадиган пазлар фрезаланади (2.1-расм). Чулғам паз қисмига дюралюминийдан тайёрланган енгил, магнит хоссасига эга бўлмаган, аммо мустаҳкам поналар билан маҳкамланади. Чулғамнинг паздан ташқарида жойлашган олд қисми марказдан қочирма куч таъсирида силжишидан бандаж ёрдамида сақланади. Бандаж механик нуқтаи назардан роторнинг энг кучланган қисми ҳисобланиб, одатда, мустаҳкамлиги юқори номагнит пўлатдан тайёрланади. Роторнинг ҳар икки томонидан унинг валига машинадаги совитувчи газнинг айланиб юришини таъминлайдиган вентилятор (кўпроқ пропеллер типидagi) ўрнатилади.

Турбогенератор статори корпус ва ўзакдан иборат. Корпус пайвандлаб тайёрланади, торец томонлари шчитлар билан беркитилиб, бошқа қисми билан туташган жойлари зичланади (2.1-расм). Статор ўзаги қалинлиги 0,5 мм ли пўлатдан тайёрланган, изоляцияланган листлардан йиғилади. Листлар пакет кўринишида йиғилиб улар орасида вентиляция каналлари қолдирилади. Ўзак ичидаги пазларга уч фазали, одатда, икки қатламли чулғам жойланади.

Гидравлик турбиналарнинг айланиш частотаси, одатда, нисбатан кичик (60—600 айл/мин) бўлади. Сув босими қанчалик паст, турбина қуввати қанчалик катта бўлса, айланиш частотаси шунчалик кичик бўлади. Гидрогенераторлар шу сабабдан секин юра ва ўлчамлари, массаси катта, шунингдек, қутблари сони кўп бўлади.

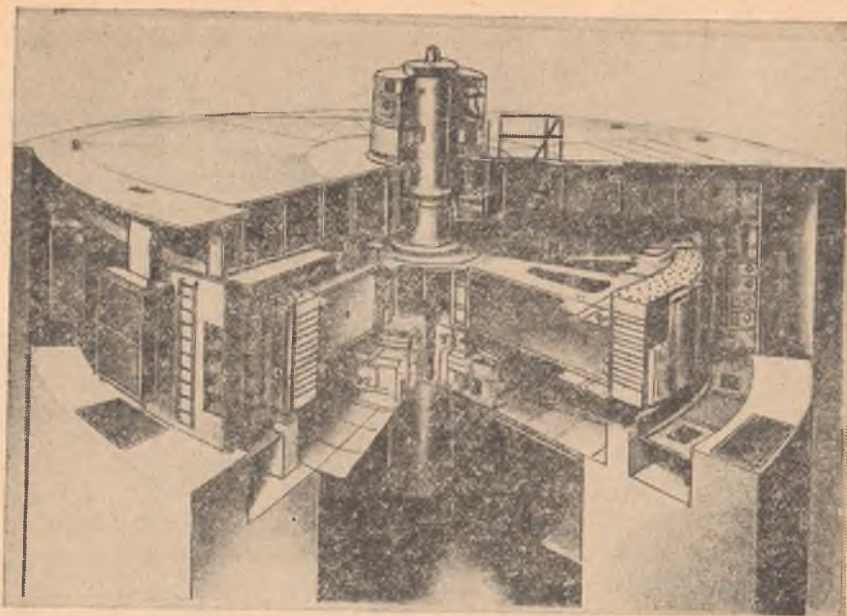
Гидрогенераторлар аён кутбли роторли қилиб ва вали асосан вертикал жойлашадиган қилиб тайёрланади. Қувватли гидрогенераторлар роторларининг диаметри 14—16 м га, статорларининг диаметри эса 20—22 м га етади.

Роторининг диаметри катта бўлган машиналарда ротор втулкасига маҳкамланган кегайларда йиғилган тўғин ўзак бўлиб хизмат қилади. Қутблар ҳам, тўғин сингари, листлардан йиғилади ва ротор тўғинига Т-шаклидаги чиқиқлар ёрдамида монтаж қилинади (2.2-расм). Қутбларда уйғотиш чулғамларидан ташқари демпферловчи чулғам ҳам жойланади, у қутблар учидagi пазларга жойлаштириладиган ва ротор торецида туташтириладиган мис халқа ёрдамида стерженлардан ҳосил қилинади. Бу чулғам агрегат роторининг генератор нагрукасининг кескин ўзгариши билан боғлиқ бўлган ҳар қандай уйғотилишида ҳосил бўладиган тебранишлари тинчлантириш учун хизмат қилади.

Турбогенераторларда тинчлантирувчи чулғам вазифасини роторнинг массив бочкаси ва пазларда уйғотиш чулғамини беркитиб турувчи металл поналар ўтайди.

Гидрогенераторнинг статори турбогенератор статори конструкциясидан принципиал фарқ қилмайди, фақат турбогенераторникидан фарқли ўлароқ, ажраладиган қилиб тайёрланади. У айлана бўлиб теги икки—олти қисмга бўлинади, бу эса уни ташишни ва монтаж қилишни енгиллаштиради.

Кейинги йилларда вали горизонтал жойлашган, капсулли генератор деб аталувчи генераторлар ишлатила бошланди. Бундай генераторлар ташқи қисмини турбина орқали келадиган



2-2- расм. Замонавий вертикал гидрогенераторнинг умумий кўриниши.

сув ювиб ўтадиган сув ўтмайдиган қобик (капсула)га жойланади. Капсулли генераторлар бир неча ўнлаб мегавольт-ампер қувватга мўлжаллаб тайёрланади. Булар аён қутбли нисбатан секин юрар ($n=60...150$ айл/мин) ҳисобланади.

Электр станцияларида ишлатиладиган синхрон генераторларнинг бошқа типлари ичида ичк. ачув дизель двигателлари билан бириктириладиган дизель-генераторларни айтиб ўтиш лозим. Булар аён қутбли вали горизонтал жойлашган машиналардир. Поршенли машина сингари дизель ҳам нотекис буровчи моментга эга бўлганлиги учун дизель-генератор маховик билан таъминланади ёки унинг ротори маховой моменти катта қилиб тайёрланади.

Генераторларнинг номинал параметрлари. Генераторни ишлаб чиқарувчи завод уни маълум рухсат этилган узоқ муддатли иш режимига мўлжаллайди ва бу режим номинал режим деб аталади. Бу иш режими генераторнинг номинал маълумотлари деган ном билан юритиладиган ва унинг ёрлиғида ҳамда машина паспортида кўрсатиладиган параметрлар билан характерланади.

Генераторнинг номинал кучланиши — номинал режимда статор чулғамининг линия (фазалараро) кучланишидир (1-бобга ҳам қаранг).

Нормал совитиш параметрлари (совитувчи газ ва суюқликнинг температураси, босими ҳамда сарфи) да ва генератор паспортида кўрсатилган қувват ҳамда кучланишнинг номинал қийматларида генераторнинг узоқ муддат нормал ишлашига рухсат

этиладиган ток қиймати генератор статорининг номинал токи деб аталади.

Генераторнинг тўла номинал қуввати қуйидаги формуладан аниқланади (кВ·А):

$$S_{\text{ном}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} \quad (2-2)$$

Генераторнинг актив номинал қуввати унинг турбина билан комплектда узоқ муддат ишлаши учун мўлжалланган энг катта актив номинал қувватдир.

Актив номинал қувват қуйидаги ифодадан аниқланади (кВт):

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \quad (2-3)$$

Турбогенераторларнинг номинал қуввати ГОСТ 533—76 даги қувватлар қаторига тўғри келиши керак. Йирик гидрогенераторларнинг номинал қувватлари шкаласи стандартлаштирилмаган.

Роторнинг номинал токи—генераторнинг энг катта уйғотиш токи бўлиб, статорнинг кучланиши номинал миқдоридан $\pm 5\%$ атрофида ўзгариб турганида ва номинал қувват коэффициентидан генератор шу токда номинал қувват бера олади.

Номинал қувват коэффициенти ГОСТга мувофиқ 125 МВ·А ва ундан кичик қувватли генераторлар учун 0,8; қуввати 588 МВ·А гача бўлган турбогенераторлар ва 360 МВ·А гача бўлган гидрогенераторлар учун 0,85; анча қувватли машиналар учун 0,9 қабул қилинади. Капсулалари гидрогенераторлар учун, одатда, $\cos \varphi \approx 1$.

Ҳар қандай генератор номинал нагрузка ва поминал қувват коэффициентидаги ФИК билан характерланади. Ҳозирги генераторларда номинал ФИК 96,3—98,8% атрофида ўзгариб туради.

Турбогенераторларнинг асосий техник маълумотлари ва ҳарактеристикалари 2. 1-жадвалда келтирилган.

2.2-жадвалда СССР ГЭС ларида ўрнатилган энг йирик гидрогенераторларнинг характеристикалари келтирилган.

б) Генераторларнинг совитиш системаси

Синхрон генераторнинг ишлаши вақтида унинг чулғамлари на актив пўлати қизийди.

Статор ва ротор чулғамларининг йўл қўйиладиган қизиш температураси биринчи навбатда, фойдаланиладиган изоляция материаллари ва совитувчи муҳит температурасига боғлиқ ГОСТ 533—76 га кўра В классдаги изоляция материаллари (асфальт-битум асосидаги лок) учун статор чулғамининг йўл қўйиладиган температураси 105°C , ротор учун эса 130°C чегарасида бўлиши керак. Статор ва ротор чулғамлари изоляциясининг иссиққа чидамлилиги юқори, масалан, F ва H классда

Турбогенераторларнинг техник маълумотлари

2.1-жадвал

Турбогенераторнинг тили	Айланмиш частотаси, айл/мин	Номинал қийматлар					Ута ўткинчи индуктив қаршилик, X_d , %	Уйғотиш системаси ¹	Чулғамларни совитиш ²		Масса, т	
		Қувват, кв·А	cos φ	Статорнинг токи, А	Статорнинг чулғами кучланishi, В	P _n даги ФИК, %			статор-никкини	ротор-никкини	умумий	ротор-ники
T2-6-2	3000	7500	0,8	688	6300	96,2	12,1	М	ВЗ	ВЗ	26,9	6,2
T2-12-2	3000	15000	0,8	1375	6300	97,2	11,4	М	ВЗ	ВЗ	39,9	9,79
TBC-30	3000	37000	0,8	2065	10500	98,3	15,3	М	КВР	НВР	80	16,2
ТВФ-60-2	3000	75000	0,8	4125	10500	98,5	14,6	М	КВР	НВР	125	24,2
ТВФ-63-2	3000	78500	0,8	4330	10500	98,3	13,9	М	КВР	НВР	132	25,9
ТВФ-120-2	3000	125000	0,8	6875	10500	98,5	21,4	М	КВР	НВР	168,5	29,8
TBB-165-2	3000	176500	0,85	5670	18000	98,6	21,3	М	КВР	НВР	208	34,6
TBB-200-2	3000	235000	0,85	8625	15750	98,6	18,1	ВЧ	НВ	НВР	238	42,2
TGV-200	3000	2355000	0,85	8630	15750	98,6	19,0	ВЧ	НВ	НВР	300	48,1
TBB-320-2	3000	353000	0,85	10200	20000	98,7	17,3	ИС	НВР	НВР	350	55
TGV-300	3000	553000	0,85	10200	20000	98,7	19,5	ВЧ	НВ	НВР	370	55,8
TBB-500-2	3000	353000	0,85	10200	20000	98,7	20,3	ИС	НВ	НВР	300	50,4
TGV-500	3000	588000	0,85	17000	20000	98,7	20,3	МР	НВ	НВ	300	50,4
TGV-500-4	1500	588000	0,85	17000	20000	98,7	24,2	МР	НВ	НВ	384	65
TVM-500	3000	588000	0,85	9250	36750	98,9	—	ВЧ	НВ	НВР	441	—
TBB-800-2	3000	889000	0,9	21500	24000	98,7	—	БШ	НВ	НВ	341	—
TGV-800-2	3000	941000	0,85	22650	24000	98,7	30,5	—	НМ	НВ	484	80
TBB-1200-2	3000	1333000	0,9	2×16050	24000	99	27,2	ВЧ	НВ	НВР	450	71
							24,8	ИН	НВ	НВ	660	104
								БШ	НВ	НВР		

2.2-жадвал

Йирик генераторларнинг техник маълумотлари

Генераторнинг тип ³	Айланмиш частота си, айл/мин	Номинал қийматлар				S _n даги ФИК, %	Ута ўткинчи индуктив қаршилик, X_d , %	Уйғотиш системаси ¹	Чулғамларни совитиш ²		Масса, т	
		Қувват кв·А	cos φ	Статорнинг токи, А	Статор чулғамининг кучланishi, В				статор-никкини	ротор-никкини	умумий	ротор-никкини
СВ-1160/180-72	83,3	103500	0,8	4300	13800	97,5	26	М	ВЗ	ВЗ	985	491
СВ-1500/170-96	62,5	118000	0,85	4950	13800	97,5	22	М	ВЗ	ВЗ	1170	592
СВ-1500/200-88	68,2	127800	0,9	5320	13800	97,6	15	ИН	ВЗ	ВЗ	1350	765
СВ-1190/250-48	125	264700	0,85	9700	15750	98,2	24	ИН	ВЗ	ВЗ	1300	655
СВ-712/227-24	250	306000	0,85	11200	15750	98,3	—	ИН	НВ	НВЗ	818	—
СВФ-1500/130-88	68,2	160000	0,8	6680	13800	96,3	40	ИН	НВ	НВЗ	1080	577
СВФ-1690/175-64	93,8	590000	0,85	21650	15750	98,2	30	ИН	НВ	НВЗ	1650	884
ВГСВФ-940/235-30	200	353000	0,85	12950	15750	98,2	—	ИН	НВ	НВЗ	1150	—
СГКВ-480/115-64	93,8	20000	1,0	3660	3150	96,3	45	М	НВ	НВ	170	62
СГКВ-720/140-80	75	45900	0,98	4200	6300	97	—	ИН	НВ	—	307	—
СВО-733/150-36:	—	—	0,9	2630	10000	—	—	—	ВЗ	—	410	—
двигатель режимида	166,7	45600	0,73	2500	10500	—	—	—	—	—	—	—
генератор режимида												

¹ Уйғотиш системаларининг индексларидаги ҳарфлар қуйидаги уйғотиш турларини билдиради: М — ўзгармас ток машинаси уйғотгичдан; МР — генераторнинг вали билан редуктор орқали бириктирилган ўзгармас ток машинаси уйғотгичдан; ВЧ — қаттиқ ярим ўтказгичли-тўғрилагичли юқори ча- стотали машина уйғотгичдан; ИС — ўз-ўзини уйғотиш схемаси бўйича ноли ёки тиристорли — уйғотгичдан; ИН — мустақил уйғотиш схемаси бўй- ча ноли ёки тиристорли уйғотгичдан; БШ — чуткаси уйғотиш.

² Чулғамларни совитишнинг белгиларидаги ҳарфлар қуйидагиларни билдиради: ВЗ — ҳаво билан; КВР — водород билан бевосита; НВ — су- билан бевосита; НМ — мой билан бевосита; НВЗ — ҳаво билан бевосита совитиш.

³ Гидрогенераторнинг типини белгилловчи ҳарфдан кейин каср сон келиб, унинг сурати ташқи диаметрига, махражи эса статорнинг актив пу- латининг узунлигига (см ҳисобида) тўғри келади. Охириги сон қутблар сонини билдиради.

бўлганида йўл қўйиладиган қизиш температурасининг чегараси ортади.

Генераторларни ишлатиш процессида чулғамларнинг изоляцияси аста-секин эскиради. Бунинг сабаби изоляцияга қатор факторларнинг: кирланиш, намланиш, ҳаво кислороди таъсирида оксидланиш, электр майдони ҳамда электр нагруканинг ва бошқаларнинг таъсир этишидадир. Бироқ изоляциянинг эскиришига асосий сабаб унинг қизишидир. Изоляциянинг қизиш температураси қанча юқори бўлса, у шунча тез эскиради, ишлаш вақти шунча қисқаради. В классдаги изоляцияларнинг хизмат қилиш муддати қизиш температураси 120°C гача бўлганида 15 йилга яқин, 140°C гача қизиганида эса икки йилгача қисқаради. Қизиш температураси 105°C гача (яъни ГОСТ чегарасида) бўлганда худди ўша изоляция анча секин эскиради ва хизмат қилиш муддати ортиб, 30 йилгача боради. Шунинг учун ишлатиш вақтида генераторнинг ишлаш режимини қандай бўлишидан қатъи назар, унинг чулғамлари қизиш температурасининг рухсат этилган қийматлардан ортишига йўл қўймаслик шарт.

Қизиш температураси рухсат этилган қийматлардан ортмаслиги учун электр станцияларнинг ҳамма генераторлари сунъий совитиладиган қилиб тайёрланади.

Статор ва роторнинг қизиган чулғамларидан иссиқликни олиб кетиш усулига қараб билвосита ва бевосита совитиш бўлади.

Билвосита совитишда ротор торецига ўрнатилган вентилятор ёрдамида совитувчи газ (ҳаво ёки водород) генератор ичига юборилади ва ҳаво зазори ҳамда вентиляция каналлари орқали ҳайдалади. Бунда совитувчи газ статор ва роторнинг чулғамларининг ўтказгичларига тегмай ўтади ва улар ажратаётган иссиқлик газга катта «иссиқлик тўсиғи» — чулғамларнинг изоляцияси орқали ўтади.

Бевосита совитишда совитувчи модда (газ ёки суюқлик) изоляция ва тишларнинг пўлатига тегмасдан, генератор чулғамлари ўтказгичларига бевосита тегиб ўтади.

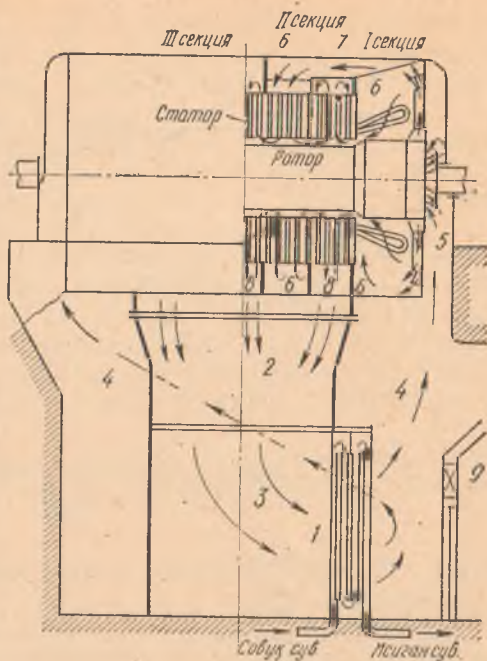
Мамлакатимиз заводлари ҳаво, водород ва сув билан совитиладиган турбогенераторлар, шунингдек, ҳаво ва суюқлик билан совитиладиган гидрогенераторлар ишлаб чиқаради (2.1 ва 2.2-жадваллар).

Ҳаво билан совитиш. Ҳаво билан совитишнинг икки системаси: оқимли ва берк системаси мавжуд.

Оқимли совитиш системасидан камдан-кам ва фақат қуввати 2 МВ. А гача бўлган турбогенераторларда, шунингдек, қуввати 4 МВ. А гача бўлган гидрогенераторларда қўлланилади. Бунда генератор орқали машина залидаги ҳаво ҳайдалади, у статор ва ротор чулғамларининг изоляциясини тез ифлослайди, натижада генераторнинг хизмат қилиш муддатини қисқартиради.

Берк совитиш системасида маълум ўзгармас ҳажмдаги ҳаво берк контур бўйича айланади. Бундай совитишда ҳавонинг айланиши

турбогенераторлар учун схематик равишда 2.3-расмда кўрсатилган. Ҳавони совитиш учун трубкалари орқали сув узлуксиз айланиб турадиган ҳаво совитгич 1 хизмат қилади. Машинада қизиган ҳаво патрубкка 2 орқали қизиган ҳаво камераси 3 га чиқади, сўнгра ҳаво совитгич ва совуқ ҳаво камераси 4 орқали ўтиб яна машинага қайтади. Совуқ ҳаво машинага унинг ичига ўрнатилган вентилятор 5 лар ёрдамида ҳайдалади. Актив қисми узунлиги катта бўлган генераторларда совуқ ҳаво, 2.3-расмда кўрсатилганидек, машинанинг икки томонидан юборилади.



2.3- расм. Турбогенераторнинг ҳаво билан совитиш ёпиқ системаси.

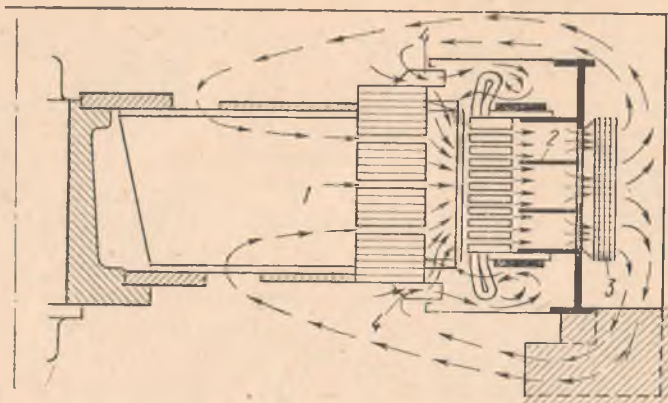
Актив қисми узунлиги ҳаддан ташқари катта, ҳаво зазори эса кичик бўлган турбогенераторларни совитиш самарадорлигини орттириш мақсадида вентиляциянинг кўп оқимчали радиал системаси қўлланилади. Бунинг учун турбогенераторнинг совитиш системаси вертикал текисликлар 6 билан қатор секцияларга бўлинади. Ҳаво ҳар бир секцияга ҳаво зазори (I ва III секцияларда) ёки махсус ўқий канал 7 (II секцияда) орқали киради.

Қизиган қисмларнинг совитувчи ҳаво тегадиган юзаларини орттириш учун машинанинг актив пўлатида вентиляциян каналлар системаси қилинади. Қизиган ҳаво пўлатдаги радиаль вентиляциян каналлардан ўтиб, олиб кетувчи камера 8 га ўтади. Кўп оқимчали вентиляция турбогенераторнинг бутун узунлиги бўйича бир хил совитишни таъминлайди.

Ташқарига ҳавонинг қисман чиқишдан ҳосил бўладиган исрофли тўлдириш учун совуқ ҳаво камерасига ўрнатилган қўшалок мой фильтр 9 орқали қўшамча ҳаво олиш кўзда тутилган.

Ватанимиз заводлари қуввати 12 МВт гача ҳамда 12 МВт бўлган турбогенераторларни ҳаво билан совитиладиган берк системали қилиб чиқаради.

Ҳаво билан билвосита совитишнинг берк системаси гидрогенераторларда анча кенг қўлланилади. Ҳаво билан билвосита совитилувчи энг йирик СВ серияли (2.2-жадвал) 264,7 МВ · А қувватли гидрогенератор Братск ГЭСи учун «Электросила» заводидан чиқа-

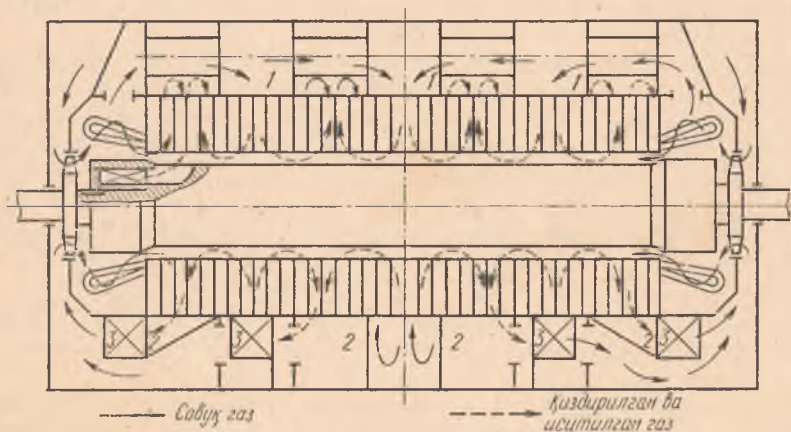


2.4- расм. Гидрогенератор вентиляциясининг ёпиқ системаси:
 1 — ротор; 2 — статор; 3 — ҳаво совиткич; 4 — вентилятор паррақлари.

рилган. Гидрогенераторнинг вентиляция системаси 2.4- расмда кўрсатилган.

Гидрогенераторларда аниқ қутбли роторни совитиш қутблар ўртасида оралиқ борлиги ва роторнинг совиш юзаси катта бўлганлиги ҳисобига осонлашади.

Турбогенераторнинг силлиқ роторининг совиши кам самара беради, чунки бундай ҳолда у фақат ҳаво бўшлиғи томонидан совийди. Бу ҳолат эса турбогенераторларни ҳаво билан совитиш имкониятини анча чеклашга олиб келади. Ҳаво билан совитилувчи генераторларда ёнғини сув орқали ўчириш учун қурилма кўзда тутилган.



2.5- расм. Турбогенераторларда кўп оқимли радиал вентиляция схемаси.
 1 — совуқ газ камераси; 2 — иссиқ ҳаво камераси; 3 — газ совиткичлар.

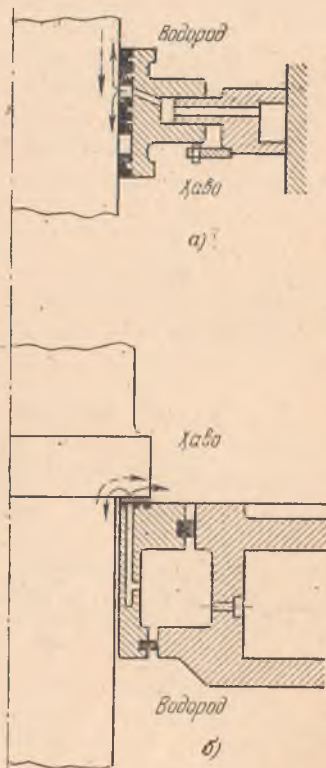
Турбогенераторларни водород билан билвосита совитиш. Водород билан билвосита совитилувчи турбогенераторлар принципиал олганда ҳаво билан совитишдаги каби вентиляция схемасига эга. Фарқи шундан иборатки, бунда совитувчи водороднинг ҳажми генератор корпуси билан чегараланади, шунинг учун ҳам совитгичлар корпусининг ичига жойлаштирилади. Газ-совитгичларни жойлаштириш ва водороднинг генератор ичида айланиш газ-схемаси 2.5- расмда келтирилган.

Водород билан совитиш ҳаво билан совитишга нисбатан самаралироқ, чунки водород совитувчи газ сифатида ҳавога қараганда бир қанча муҳим афзалликларга эга. У ҳавога қараганда 1,54 марта катта иссиқлик узатиш коэффициентига ва 7 марта кўп иссиқлик ўтказиш хоссасига эга. Охириги хоссаси изоляция ва пазларнинг оралиғида водород қатламнинг кичик иссиқлик қаршилиқка эга бўлишига олиб келади.

Водороднинг зичлиги ҳавога нисбатан анча кичик бўлганлиги учун вентиляцияон йўқотишлар 8—10 марта камайиб, бунинг натижасида генераторнинг ФИК 0,8—1% га ортади.

Ҳаво муҳитига нисбатан водород муҳитида оксидланишнинг бўлмаслиги генераторнинг ишончли ишлашини ва чулғам изоляциясининг ишлаш вақтини оширади. Водороднинг афзалликларидан бири унинг ёнмаслигидир, шунинг учун водород билан совитиладиган генераторларда ўт ўчирувчи қурилмалар бўлмаслиги ҳам мумкин.

Генераторга кираётган водороднинг ҳаво билан аралашмаси (4,1% дан то 74% гача, мой буғи ҳам қўшилганда 3,3% дан то 81,5% гача) портлаш хавфи бўлган аралашма ҳосил қилади, шунинг учун водород билан совитиладиган машиналарда статор корпусининг газ ўтказмаслигини орттириш учун, вални мойли тиғизлагичлар билан, статор ва роторнинг чулғамига ток ўтказувчиларни зичлаб, газ, совитувчининг қопқоғини зичлаб, люкларни, ён томондаги олинувчи тўсиқларни зич ёпилиши керак. Газнинг ташқарига чиқишини ишончли тўсувчи мойли зичлагич билан генератор ваolini тиғизлаш анча мураккаб иш. 2.6- расмда вални мойли тиғиз-



2.6- расм. Турбогенераторнинг вални зичлаш:

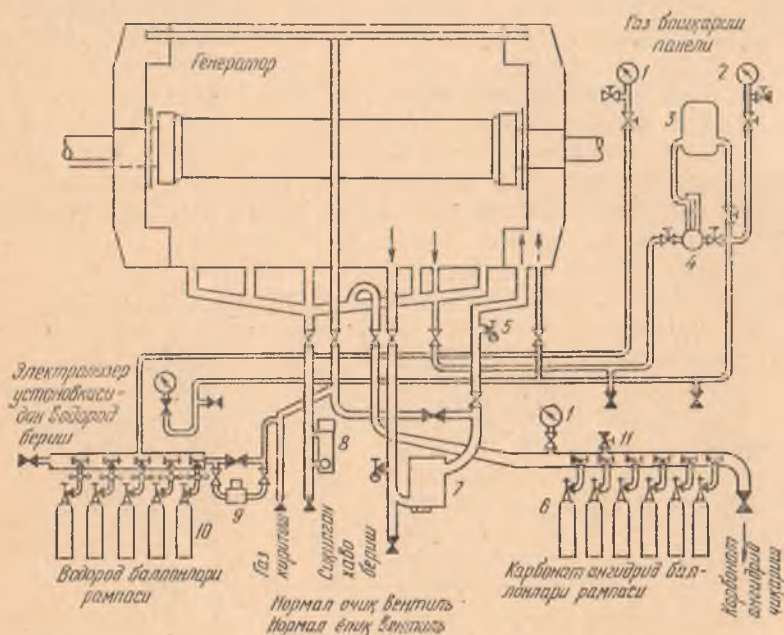
а — ҳалқа типдаги; б — қўндалаг типдаги: → — мойнинг ҳаракати; → водороднинг ҳаракати.

лагичнинг икки тури: *ҳалқали* (радиал) ва *торецли* (аксиал) турлари хематик кўрсатилган. Биринчисида вал ва тиғизловчи вкладиш расидаги радиал концентрик зазорни мой пардаси тўлдиради, иккинчи турида эса тиғизловчи вкладиш ўқ бўйлаб таъсир этувчи тирак подшипникни эслатади, бунда мой вкладиш билан валнинг тирак диски орасида юборилади.

Водороднинг ортиқча босими қанча юқори бўлса, генераторнинг совиши шунча самарали ва демак, генераторнинг айнан бир хил ўлчамларида унинг номинал қувватини ошириш мумкин. Бироқ ортиқча босим 0,4—0,6 МПа дан кўп бўлса, генераторнинг қувватини оширишдан келиб чиқадиган техник қийинчиликларни (тиғизлагичлар билан чулғам изоляцияси иши мураккаблашади) енгини учун сарфланадиган маблағни оқламайди. Шунинг учун ҳозирги генераторларда водород босими 0,6 МПа дан юқори бўлмайди.

Водород билан билвосита совитилувчи генераторлар, зарурият туғилса, ҳаво билан совитилиши ҳам мумкин, лекин уларнинг қуввати тегишлича камаяди.

Ҳозирги ТЭС ларда водород манбаи сифатида, сувни электролизлаш йўли билан водород оладиган, электролиз қурилмалари хизмат қилади. Айрим ҳолларда водород электролизлаш заводларидан баллонларда келтирилади.



2-7- расм. Водород билан совитиладиган газ хўжалигининг принципал схемаси:

1 — манометр; 2 — электроконтакт манометр; 3 — газоанализатор; 4 — бошқаруш ва филтрлаш блоки; 5 — вентиль; 6 — карбонат кислотали баллон; 7 — водород қуриткичи; 8 — суюқлик сатҳини кўрсаткич; 9 — водород босими клапани; 10 — водород баллони; 11 — сақлагич клапан.

2.7- расмда водород билан совитиш системасининг газ хўжалигининг принципиал схемаси кўрсатилган.

Генератор корпусини водород билан тўлдиришда қалдироқ аралашма ҳосил бўлишининг олдини олиш учун ҳаво аввал инерт газ (одатда карбонат ангидрид) билан сиқиб чиқарилади. Карбонат ангидрид баллон 6 дан босим остида пастки коллекторга юборилади, бунда анча енгил ҳаво юқориги коллектор ва шу пайтда очиладиган *Газ чиқариш* вентили орқали сиқиб чиқарилади. Сиқиб чиқариш пайтида газларнинг аралашishi натижасида карбонат ангидриднинг шу операция учун сарфи генератор корпусининг икки-уч ҳажмига тенг бўлади. Ҳамма карбонат ангидриднинг 90% га яқин концентрацияси билан тўлгандан сўнг, юқориги коллекторга босим остида водород юборилади, у ўз навбатида карбонат кислотанинг пастки коллектор орқали ва шу пайтда очиладиган *Карбонат ангидридни чиқариш* вентили орқали сиқиб чиқаради. Корпусда водороднинг тозалиги берилган даражага етганда *Карбонат ангидридни чиқариш* вентили ёпилади ва корпусдаги водород босими нормал миқдоргача етказилади. Водородни карбонат ангидрид билан сўнгра ўзини эса сиқилган ҳаво билан сиқиб чиқарилади.

Генераторнинг корпусидаги водород босимини босим клапани 9 автоматик сақлаб туради. Водород босимининг максимал ва минимал миқдори газ бошқариш панелига ўрнатилган портлашга хавфсиз электр контактли манометр 2 ёрдамида контрол қилинади. Водороднинг тозалигини газ анализатори 3 автоматик контрол қилади ва бундан ташқари, маълум вақт оралиғида водородни лабораторияда химиявий анализ қилиш учун ҳам олинади.

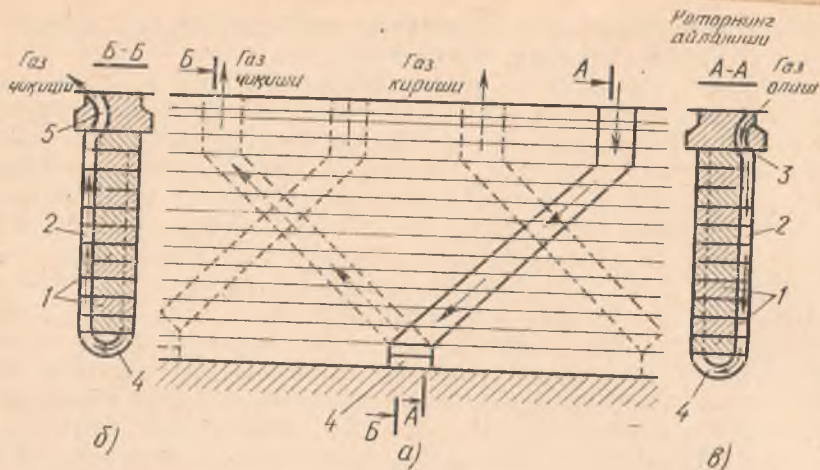
Водороднинг процент миқдори рухсат этилганидан камайганда унинг тозалигини тиклаш генератордан ифлосланган водородни чиқариш ва тоза водород қўшиш йўли билан амалга оширилади. Бу операцияни ш а м о л л а т и б т о з а л а ш (продувка) деб аталади.

Генератордаги водородни қуритиш мақсадида хлорли кальций ёки силикагель билан тўлдириладиган қуритгич 7 кўзда тутилган. Суюқлик борлигини кўрсатувчи кўрсаткич 8 генераторнинг корпусида сув ёки мой пайдо бўлиши тўғрисида сигнал бериш учун хизмат қилади.

СССРдаги электр машинасозлиги заводлари водород билан билвосита совитиш системаси қўлланган қуввати 150 МВт ва ундан кичик ТВ (ТВ2) сериядаги генераторларни ишлаб чиқарди ва улар жуда кўп ТЭСларда ишлатилмоқда.

Турбогенераторларни водород билан бевосита совитиш. Чулғам ўтказгичларининг бўш жойлари ичига юборилиб бевосита (ички) совитиш водород билан билвосита совитишга нисбатан яна ҳам катта самара беради.

ТВФ сериясидаги генераторларда статорнинг чулғамини водород билан билвосита ва роторнинг чулғамини бевосита (жадал) совитиш қўлланилади. ТВФ сериядаги генераторлар роторларининг вентилляция системаси 2.8- расмда кўрсатилган.



2-8- расм. Бевосита совитиладиган ротор чулғамидаги вентиляциян канал конструкцияси:

а — бўйлама қирқим; б — ва в — ротор пази бўйича кўндаланг кесик қирқимлари.

Совитувчи газ зазордан чиқиб, кейинчалик қизиган газни яна қайтадан зазорга ҳайдайди. Бунда ротор чулғами ўтказгичлари 1 нинг кесими яхлит тўғри тўрт бурчакли қилиб ясалади ва уларнинг ён томонларига қийшиқ вентиляция каналлари 2 ўйилади. Водород генераторнинг ишлаш вақти (ротор айланган) да газ қабул қилувчи тешик 3 га келади ва қийшиқ вентиляция каналидан паз 4 нинг тагига ўтиб, пазнинг (ғалтакнинг) бошқа томонидан бошқа каналга чиқади ва чиқариш тешиги 5 орқали қайтадан зазорга тушади.

200 ва 300 МВт қувватли ТГВ серияли генераторлар роторининг совитиш системаси бирмунча бошқачароқ. Водород тўғри тўрт бурчакли каналларда айланади, бу каналларни уйғотиш чулғамининг П-шаклидаги ўтказгичлари ҳосил қилади.

Бу турдаги генераторларда статор чулғами ҳам бевосита совитиладиган қилинган. Водород чулғам стерженлари ичига ўрнатилган номагнит пўлатдан тайёрланган юпқа деворли ва олд томони очиқ найчаларга юборилади (2.9- расм).

Ҳар иккала турдаги (ТГВ ва ТВФ) генераторларнинг корпусидаги водород босими 0,2—0,4 МПа оралиғида тутилади.

Водород билан бевосита совитилувчи генераторлар ҳаво билан совитилганда ишлай олмайди, чунки водород билан жадал совитишга ҳисобланган чулғам ҳаво билан совитиб ишлатилса ўта қизийди ва тез ишдан чиқади. Шунинг учун, агарда генераторда водороднинг ташқарига чиқиши содир бўлиб, водород босими тез ва катта миқдорда камайиши кузатилса бевосита совитилувчи генератор нагрукаси тезда камайтирилиши ва тармоқдан узилиши керак. Узилган генератор газ йўқолиши бартараф этилиб, уни водородга

ўтказилгандан сўнг (агар газ йўқотилиши ҳаво ёрдамида қидирилган бўлса) тармоққа уланади.

Генераторларни суюқлик билан бевосита совитиш. Генераторларни суюқлик билан бевосита совитишни амалга оширишда, водородга нисбатан иссиқлик ажратиш қобилияти анча юқори бўлган, дистилланган сув ёки мой қўлланилади ва натижада генераторларнинг ўлчамларини ўзгартирмай бирлик қувватини яна ҳам орттириш имкониятини беради.

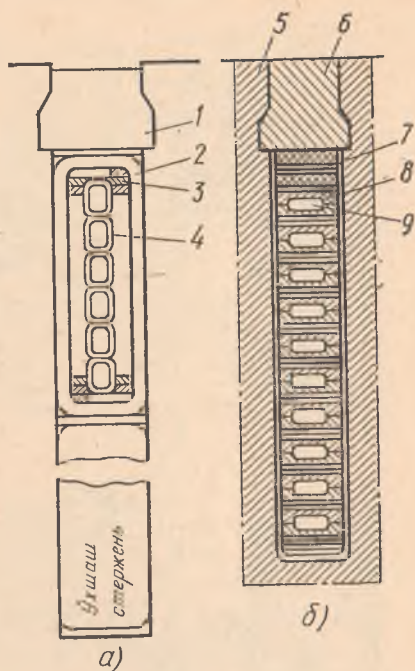
Дистилланган сув совитувчи модда сифатида мойга нисбатан кўп муҳим афзалликларга эга: иссиқлик ажратиш хосаси анча юқори, ёнғинга хавфсиз. Шунинг учун СССРда ишлаб чиқариладиган кучли генераторлар кўпчилик ҳолларда сув билан совитиладиган қилиб ясалади.

2.10-расмда суюқлик билан совитилувчи статор чулғамининг гидравлик бирикиш конструкцияси ва чулғамнинг параллел шахобчаларидан бирининг кесими кўрсатилган. Кесимдан кўринадикки, статор чулғами яхлит ва сув айланиши учун мўлжалланган ичи бўш мисдан тайёрланган, кесими тўғри тўртбурчакли элементар ўтказувчилардан ясалади.

Чулғамни сув билан таъминлашда ҳар қайси параллел шахобчага уни юқори электр мустаҳкамликка ва етарли эластикликка эга бўлган пластмасса (масалан, фторопласт-4) дан тайёрланган шланглар ёрдамида келтириш йўли билан амалга оширилади.

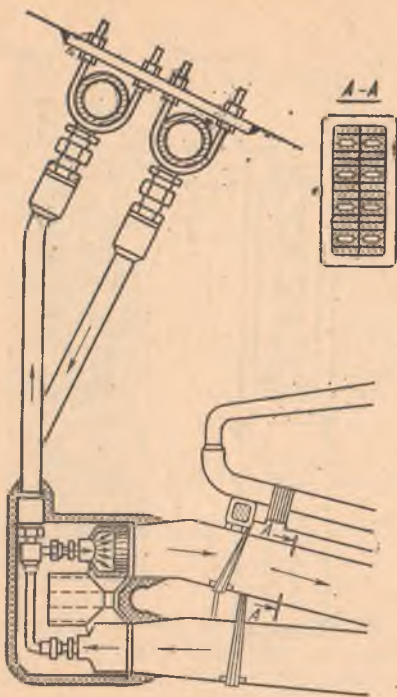
Сув билан статор чулғамини ҳамда водород билан бевосита ротор чулғамини ва актив пўлатни биргаликда совитиш қуввати 165—800 МВт бўлган ТВВ типидagi турбогенераторларда қўлланилади.

Шунга ўхшаш схема бўйича статор чулғамини сув билан совитиш СВФ типидagi кучли вертикал гидрогенераторларда ҳам қўлланилади. Бундай генераторларнинг ротори чулғами ва актив пўлати ҳаво билан бевосита совитишга эга.



2.9-расм. ТВВ типидagi генераторнинг статори (а) ва ротори (б) пазининг қирқими:

1 — паз понаси; 2 — стерженнинг корпуси изоляцияси; 3 — массив элементар ўтказгич; 4 — газ трубкалари; 5 — ротор бочкаси; 6 — дюралюмдан тайёрланган пона; 7 — пона тагдagi изоляция; 8 — чулғамнинг ярим ўрамлари; 9 — горизонтал вентиляция канал.



2-10- расм. Статор чулғамини совитиш учун сувни киритиш ва чиқариш қурилмаси.

казгичларда дистилланган сув айланади, қизиган сув ҳалқали чиқариш коллектори 5 га киради, у ердан патрубкa Б орқали ташқи системага чиқади.

Роторнинг чулғамини совитиш учун совуқ сув патрубкa В дан ротор валининг торецига зичлаб ўрнатилган сирпанувчи бирикма 6 орқали келтирилади ва марказий тешик орқали ротор 7 нинг ичига ўтади. Сўнгра сув тешик 8 орқали роторнинг пазларига жойлаштирилган чулғам ўтказгичларининг каналлари 9 га келади ва қизигач, тўқиш каналлари 10 ва 11 га ўтади ва у ердан роторнинг валидаги радиаль тешик 12 орқали патрубкa Г ёрдамида ташқи системага чиқарилади.

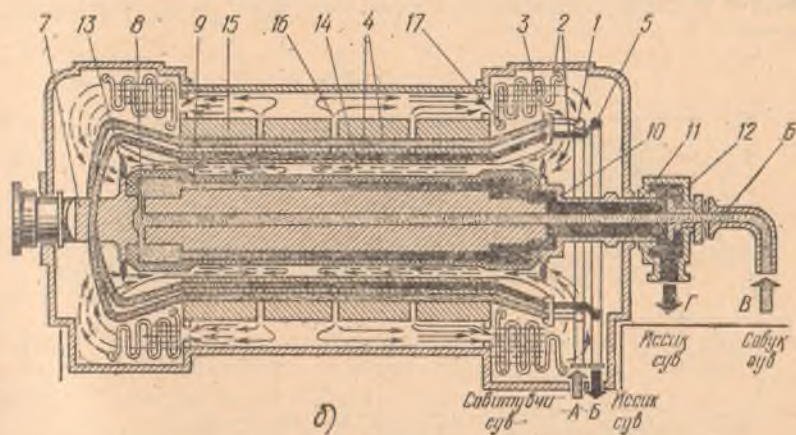
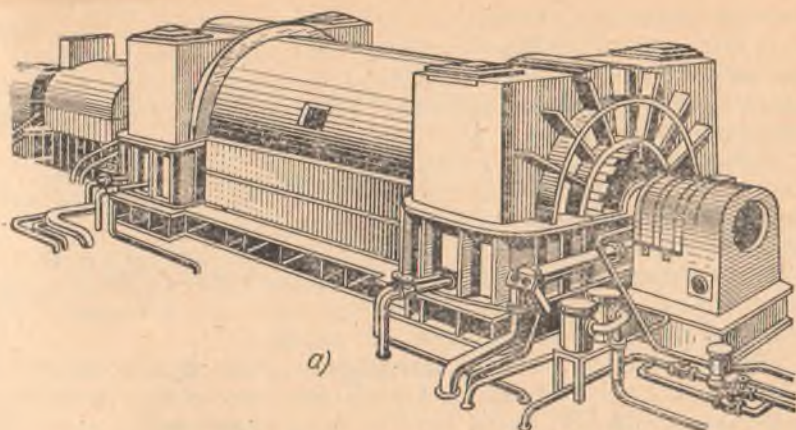
Ташқи системада қизиган дистилланган сув иссиқлик алмаштирувчининг трубкалари орқали ўтади ва совитилади, сўнгра насослар ёрдамида статор ва роторнинг чулғамларига (уйғотгичи жойлашган томондан) юборилади.

Водороднинг генератор ичида айланишини ротор валининг икки учига ўрнатилган ўқий вентиляторлар 13 таъминлайди. Бунда совуқ водород вентиляторлар томонидан зазор 14 га ҳайдалади ва у ердан статор ўзаги 15 нинг радиал каналлар системаси 16 га ўта-

Генераторнинг роторини сув билан бевосита совитишни амалга ошириш катта қийинчиликлар билан боғлиқ, айланаётган роторга сув келтириш айниқса қийинчилик туғдиради.

2-11- расмда статор ва ротор чулғами сув билан, магнит ўтказгичнинг пўлати эса водород билан совитилувчи, Харьковдаги «Электротяжмаш» заводида тайёрланган қуввати 500 МВт ли, ТГВ-500 типидagi турбогенератор тасвирланган.

Дистилланган совуқ сув патрубкa А орқали босимли ҳалқали коллектор 1 га келади ва ундан изоляцияловчи шланглар 2 ёрдамида генераторнинг статори чулғамининг стерженлари 4 ва каллаклари 3 га келтирилади. Чулғам стержени транспонирли ўтказгичлар группасидан тўқилган бўлиб, ҳар бир группа битта ичи ковак ва учта яхлит ўтказгичлардан иборат бўлади. Трубали ўт-



2-11- расм. 500 МВт қувватли ТГВ-500 турбогенератори:

а — турбогенераторнинг умумий кўриниши; б — статор ва ротор чулғамлари ҳамда статор чулғамнинг совитишнинг принципал схемаси.

ди. Қизиган водород газ совитгичлар 17 га тушади ва ундан яна вентиляторлар 13 га боради.

Турбогенератор ТГВ-500 юқори самарали совитиш системасига эга бўлганлиги учун ТГВ-300 га қараганда ўлчами ва массаси бўйича бирмунча кичик (2.1- жадвалга қаранг).

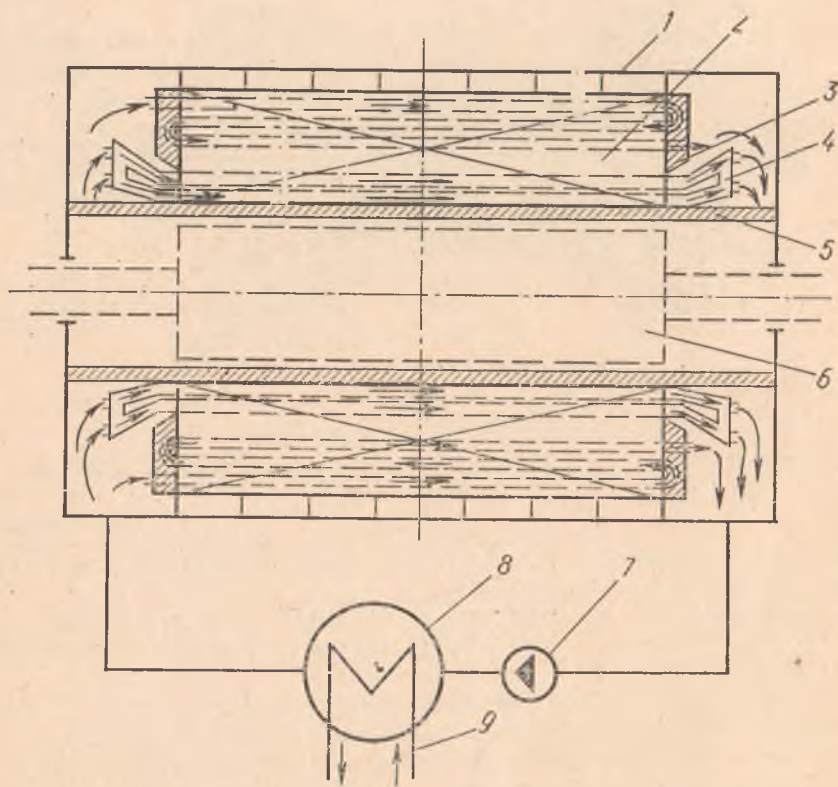
Ротор ва статорнинг чулғамларини сув билан совитиш СГҚВ типидagi капсулali гидрогенераторларда ҳам қўлланилмоқда.

Новосибирскдаги «Сибэлектротяжмаш» заводидa турбогенераторларнинг янги ТВМ серияси ишлаб чиқарилмоқда. Бу генераторлар совитишнинг комбинациялашган совитиш системасига эга: ротор сув билан совитилади, статор (чулғам, актив пўлат ва конструктив элементлар) эса кабель мойи билан совитилади. ТВМ генераторида статор чулғамининг изоляцияси сифатида кабель типидagi нисбатан

арзон ва ишончли мой-қоғозли изоляцияси ишлатилган. Бу генератор изоляциясига кетадиган харажатнинг камайишига олиб келди. Масалан: ТВМ-300 генераторларида изоляция учун сарфланган харажат худди шундай қувватли ТВВ ва ТГВ генераторларига қараганда тўрт марта камайди.

Мой-қоғозли изоляция генераторлар учун унча кўп маблағ сарфламай, анча юқори номинал кучланишлар қўллаш имкониятини беради. Чунончи, масалан, ТВМ-500 генератори 36,75 кВ га лойиҳаланган, ваҳоланки, одатда, бундай қувватдаги генераторлар учун 20 кВ ли кучланиш қўлланилади. Номинал кучланишнинг ортиши статор токини деярли 2 марта камайтириш ва ток ўтказувчи қисмларни энгиллаштириш имкониятини берди.

Турбогенераторларнинг статорларини мой билан совитишни қўллаш чулғам кучланишини 110 кВ гача орттириш имкониятини берди (Сходненск ГЭС идаги 15 МВ. А ли генератор), бу эса генераторни тармоққа оралиқ трансформаторисиз улаш имкониятини беради.



2-12- расм. ТВМ типдаги турбогенераторда мой циркуляциясининг принципиал схемаси:

1 — генератор корпуси; 2 — статор ўзаги; 3 — ўзакнинг босиб турадиган панажаси; 4 — статор чулғами; 5 — изоляциян цилиндр; 6 — ротор; 7 — мой насоси; 8 — мой совиткичи; 9 — совитувчи сув магистраллари.

2.12- расмда ТВМ типдаги генераторлар учун совитувчи мой айланишининг принципаал схемаси кўрсатилган.

Чулғамдаги ва статор пўлатдаги аксиал каналлар ичида мойнинг мажбуран айланиши иссиқликнинг етарли жадалликда олиб кетилишини таъминлайди.

Генераторнинг ротори айланаётган бўшлиқ мой тўлдирилган статордан изоляцион цилиндр билан ажраб туради.

Генераторларни турли усулларда совитишнинг нисбий самарадорлигини айнан бир хил ўлчамдаги генераторларнинг қувватини бир-бирига қиёслаш йўли билан кўрсатиш мумкин (2.3- жадвалга қаранг).

2.3- ж а д в а л

Турли системаларда совитиш самарадорлиғи

Турбогенераторларни совитиш	Қувватнинг ортиши, нисбий бирликда
Ҳаво билан	1,0
Ортиқча босими 0,005 МПа бўлгандаги водород билан билвосита	1,25
Ортиқча босими 0,2 МПа бўлгандаги водород билан билвосита	1,7
Статор ва роторни водород билан бевосита (ички) совитиш	2,7
Статор чулғамини мой билан ва ротор чулғамини сув билан бевосита совитиш	3,6
Статор ва ротор чулғамини сув билан бевосита совитиш	4,0

Ишлаш процессида генераторларнинг актив қисмларининг қизиши узлуксиз контрол қилинади. Статор чулғами ва пўлатининг температураси температура датчиклари ёрдамида контрол қилинади ва улар ўрнида термоқаршиликдан фойдаланилади. Улар ишлаб чиқарувчи завод томонидан машинанинг энг кўп қизиши мумкин бўлган жойлари паз тагига (пўлат температурасини ўлчаш учун) ва стерженлар орасига (мис температурасини ўлчаш учун) ўрнатилади. Температура кўрсатувчи ва ёзувчи приборлар ёрдамида ўлчаниди.

Ротор чулғамининг температураси билвосита, яъни қизишда чулғам ом қаршилигининг ўзгаришига қараб ўлчанади (уйғотиш занжирига амперметр ва роторнинг ҳалқасига бевосита уланадиган вольтметр ёрдамида).

и) Синхрон генераторларни уйғотиш

Синхрон генераторларнинг ротор чулғамлари, уйғотгичлар деб юритиладиган ўзгармас токнинг махсус манбаидан таъминланади. Уйғотгичларнинг қуввати генератор қувватининг 0,3—1% ини ташкил қилади, номинал кучланиш эса 100 В дан то 600—650 В га ча бўлади. Генератор қанча кучли бўлса, уйғотгичнинг номинал кучланиши ҳам шунча катта бўлади.

Ҳозирги уйғотиш схемалари уйғотгичдан ташқари кўпгина ёрдамчи асбоб-ускуналарга эга. Уйғотгич, ёрдамчи ва бошқарувчи қурилмаларни биргаликда уйғотиш системаси деб аташ қабул қилинган.

Уйғотгични генератор роторининг чулгами билан электрик улаш, кўпинча, контакт, ҳалқа ва чўткалар ёрдамида амалга оширилади. Чўткасиз уйғотиш системалари ҳам яратилган ва улардан фойдаланилмоқда.

Уйғотиш системалари ишончли ва тежамли бўлиши; уйғотиш токини керакли чегарада ўзгартириш имкониятини бериши; етарли даражада тез таъсир этувчи бўлиши керак, шунингдек, тармоқда авария пайдо бўлганда энг юқори уйғотишни таъминлаш керак.

Уйғотиш токини ростлаш йўли билан синхрон генераторнинг кучланиши ва унинг тармоққа берадиган реактив қуввати ўзгартирилади. Генератор уйғотишини ростлаш генераторларнинг параллел ишлаши турғунлигини оширишга имконият беради.

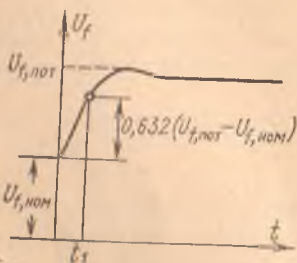
Масалан, қисқа туташув пайтида ҳосил бўладиган кучланишнинг кескин камайишида генераторнинг уйғотилишини жадаллаштиради (тез орттириш) қўлланилади, бу ўз навбатида генераторларнинг электр тебранишини тўхтатишга ёрдам беради ва параллел ишлаш турғунлигини сақлаш имкониятини беради. Бундан ташқари, ростлаш ва уйғотишни жадаллаштириш тез амалга оширилиши релели ҳимоя ишининг ишончлилигини орттиради ва электр станцияларнинг ўз эҳтиёжи учун ишлайдиган двигателларнинг ўз-ўзидан ишга тушиш шароитини энгиллаштиради.

Уйғотиш системасининг энг муҳим характеристикалари қуйидагилар бўлади: жадаллаштириш: $V = 0,632 (U_{f, \text{пот}} - U_{f, \text{ном}}) / U_{f, \text{ном}} t_1$ (2.13-расмга қаранг) бўлганда ротор чулгамидаги кучланишнинг ўсиш тезлигини аниқловчи тез ишлаши ҳамда максимал уйғотиш кучланиши катталигининг номинал уйғотиш кучланишига нисбати — $U_{f, \text{пот}} / U_{f, \text{ном}} = k_{\text{ж}}$ жадаллилик карралиги.

Турбогенераторлар учун ГОСТ га мувофиқ $k_{\text{ж}} \geq 2$, уйғотишнинг ўсиш тезлиги эса секундига $2^{1/с}$ дан кам бўлмаслиги керак. Жадаллик карралиги коллекторли уйғотгич генераторнинг вали билан туташтирилганда гидрогенераторлар учун 1,8 дан ва бошқа

уйғотиш системалари учун 2 дан кам бўлмаслиги керак. Уйғотиш кучланишининг ўсиш тезлиги 4 МВ. А қувватли гидрогенераторлар учун секундига $1,3^{1/с}$ дан, катта қувватдаги гидрогенераторлар учун секундига $1,5^{1/с}$ дан кичик бўлмаслиги керак.

Узоқ масофага электр узатиш линиясига уланган кучли гидрогенераторларнинг уйғотиш системасига анча юқори талаб қўйилади ($k < 3 \dots 4$, уйғотишнинг ўсиш тезлиги секундига $10 U_{f, \text{ном}}$ гача).



2-13- расм. Жадаллашдаги уйғотиш кучланишининг ўзгариши.

Роторнинг чулғами ва бевосита совитилувчи генераторларнинг уйғотиш системаси номинал токка нисбатан 2 марта катта токка 50 секунд давомида чидаши керак. Бу вақт роторнинг чулғами бевосита совитилувчи генераторлар учун 20 секундгача камаяди.

Генераторларнинг уйғотиш системасини иккита группага: мустақил уйғотишли ва ўз-ўзидан уйғотишли (номустақил уйғотиш) группаларга бўлиш мумкин.

Биринчи группага генераторнинг вали билан бириктирилган, ўзгармас ва ўзгарувчан токда ишлайдиган ҳамма электр машинали уйғотгичлар киради. Иккинчи группани махсус пасайтирувчи трансформаторлар орқали генераторнинг чиқишидан бевосита таъминланувчи уйғотиш системалари ташкил этади. Шу группага яна электр станцияларнинг ўз эҳтиёжи шиналаридан таъминланувчи, ўзгарувчан ток двигателларидан ҳаракатга келувчи, алоҳида жойлашган электр машинали уйғотгичли уйғотиш системасини ҳам киритиш мумкин.

Генераторларнинг мустақил уйғотилиши энг кўп тарқалган. Бу усулнинг асосий афзаллиги шундан иборатки, бунда синхрон генераторнинг уйғониши электр тармоғи режимига боғлиқ бўлмайди ва шунинг учун ҳам энг ишончли ҳисобланади.

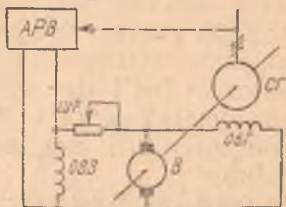
Қуввати 100 МВт ва ундан кам бўлган генераторларда, одатда, уйғотгич сифатида синхрон генераторнинг вали билан бириктирилган ўзгармас ток генератори қўлланилади (2.14- расм).

Уйғотгичнинг ўзининг уйғотилиши ўз-ўзидан уйғотиш схемаси асосида бажарилган (уйғотгичнинг уйғотиш чулғами *ОВВ* уйғотгичнинг ўз якоридан таъминланади). Уйғотгичнинг уйғонишини бошқариш *ОВВ* занжирига ўрнатилган шунтли реостат *ШР* билан қўлда ёки уйғотиш регулятори *АРВ* билан автоматик амалга оширилади.

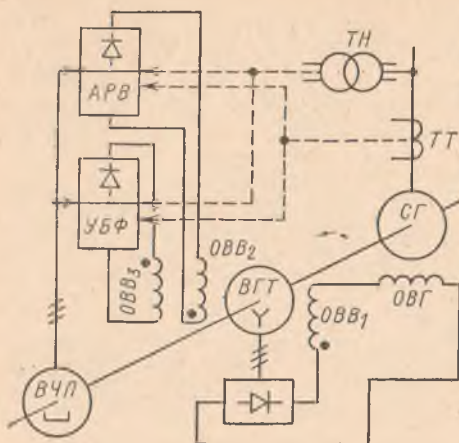
Ўзгармас ток генератори билан уйғотиш системасининг камчилиги асосан уйғотгичнинг ўзининг камчилиги билан аниқланади. Бу камчиликлардан бири айланиш частотаси кичик бўлган гидрогенераторларда ($v = 1 \dots 2 \frac{1}{c}$) уйғотгичларнинг, айниқса уйғониш тезлиги ўсишининг нисбатан юқори бўлмаслигидир.

Кўрилаётган уйғотиш системасининг бошқа камчилиги катта айланиш частотасига эга бўлган турбогенераторларга тегишли. Бунга сабаб чўтка ва коллекторнинг вибрацияси (титраши) ҳамда ишлаш шароитининг оғирлиги (коммутация шароитлари) туфайли ўзгармас ток генераторининг ишончли ишлашининг камайишидир.

Қуввати 165 МВт дан катта бўлган турбогенераторлар учун уйғотиш қуввати шунчалик катта бўладики, бунда коммутация шароитлари буйича 3000 айл/мин айланиш частотасида ўзгармас ток генераторининг ишончли ишлашини таъминлаш анча қийинчилик туғдиради.



2.14- расм. Генераторни мустақил электромашинали уйғотишнинг принципал схемаси.



2-15- расм. Турбогенераторларни юқори частотали уйғотишнинг принципаиал схемаси.

Уйғотгичнинг ишончли ишлашини ошириш мақсадида унинг айланиш частотасини камайтириш учун айрим ҳолларда уйғотгич генераторнинг вали билан редуктор орқали бириктирилади. СССРда бундай система қатор генераторларда, шулар қатори ТГВ-300 ва ТВМ-300 генераторларида ҳам қўлланилган. Бундай уйғотиш системасининг камчилиги қўшимча механик узатманинг мавжудлигидир.

СССРда йирик генераторларни уйғотиш учун ярим ўтказгичли тўғрилагичли уйғотиш системаси қўлланилади.

Ярим ўтказгичли тўғрилагичдан фойдаланувчи уйғотиш системасида турбогенератор валига ёрдамчи генератор ўрнатилади (2.15-расм) ва унинг кучланиши тўғриланади ҳамда турбогенератор роторининг чулғамига келтирилади.

Ёрдамчи генератор сифатида юқори частотали, индуктор типигадаги генератор қўлланилади. Бундай генераторнинг айланивчи роторида чулғам бўлмайди, бу унинг ишлашдаги ишончилигини орттиради. Орттирилган частота (500 Гц) уйғотиш системаси габаритларини камайтиришга, тез ишлашини оширишга имконият беради.

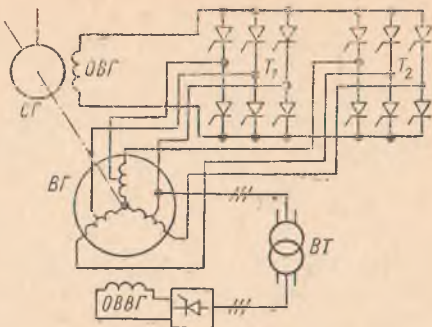
Индукторли юқори частотали генератор-уйғотгич ВГТ нинг қўзғалмас статорида уч фазали ўзгарувчан токнинг чулғами билан бирга жойлашган учта уйғотиш чулғами мажбуд. Уларнинг биринчиси $ОВВ_1$ асосий генераторнинг ротори чулғами $ОВГ$ билан кетма-кет уланади ва ВГТ ни асосий уйғонишини таъминлайди. $ОВВ_1$ асосий генератор роторининг чулғами билан кетма-кет уланганлиги сабабли, энергосистемада қисқа туташув содир бўлганда, роторда токнинг кескин кўпайиши натижасида ВГТ нинг тез уйғонишини таъминлайди. $ОВВ_2$ ва $ОВВ_3$ юқори частотали қўшимча уйғотгич ВЧП дан тўғрилагич орқали ток олади. Қўшимча уйғотгич (доимий магнитли 400 Гц ли юқори частотали машина) ёрдамчи генератор ВГТ сингари турбогенераторнинг вали билан бириктирилган.

$ОВВ_2$ ва $ОВВ_3$ даги ток икки қурилма — АРВ (автоматик уйғотиш регулятори) ва УБФ (уйғотишни контактсиз жадаллаштириш қурилмаси) типигадаги электромагнит регуляторлар ёрдамида ростланади.

АРВ қурилмаси чулғам $ОВВ_2$ даги токни ўзгартириб, нормал иш режимида генератор кучланишини бир хил қилиб ушлаб туради.

УБФ қурилмаси эса генераторнинг дасглабки уйғотилишини ва кучланиш 5% дан кўпроқ камайганда, уйғотишнинг жадаллаштирилишини таъминлайди.

Юқори частотали уйғотиш системаси $k_{ж} = 2$ бўлишини ва уйғотиш кучланиши ўсиш тезлигининг секундига $2 \frac{1}{с}$ кам бўлмаслигини таъминлайди. Бу уйғотиш системаси «Электросила» заводи чиқарадиган 165 МВт ва ундан ортиқ қувватли турбогенераторлар учун қўлланилади.



2-16- расм. Генераторларни мустақил тиристорли уйғотишнинг принципиал схемаси.

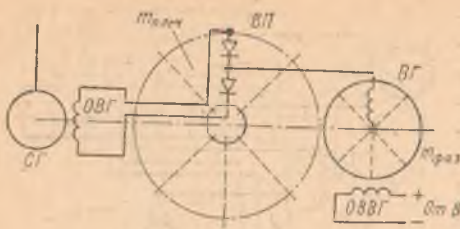
Кучли таъсир қиладиган АРВ ли мустақил тиристорли (ТН) уйғотиш системасининг принципиал схемаси 2.15- расмда келтирилган. Генератор СГ билан бир валда ёрдамчи синхрон генератор ВГ жойлашган ва унинг статорида отпайкали уч фазали чулғами бор. 2.16- расмда кўрсатилган схемада тиристорларнинг икки группаси мавжуд: иш тиристори T_1 ва жадаллаштирувчи тиристор T_2 . Улар ўзгарувчан ток томонида турли кучланишга, ўзгармас ток томонида параллел уланган. Генераторнинг нормал режимида уйғотилишининг тиристорларнинг бошқарувчи электродга тегишли потенциал юборилиши билан очиладиган иш группаси T_1 таъминлайди.

Бунда жадаллаштирувчи группа деярли берк бўлади. Жадаллаштирилган уйғотиш режимида ёрдамчи генераторнинг тўла кучланишидан таъминланадиган тиристор T_2 тўлиқ очилиб, жадаллаштириш токининг ҳаммасини беради. Бунда иш группаси жадаллаштирувчи группанинг анча юқори кучланиши билан беркилади.

Кўрилган система бошқа системаларга қараганда жуда тез ишлайди ва $k_{ж} > 2$ бўлишини таъминлайди. Тиристорли мустақил уйғотиш системалари жуда кенг қўлланилмоқда. Илгари, ватанимиз саноати томонидан етарли қувватли тиристорлар ўзлаштирилмаганига қадар, худди шу схемалар бўйича ионли мустақил (ИН) уйғотиш схемалари бажарилган ва уларда тўри орқали бошқариладиган симобли вентиллар ишлатилган.

Юқорида кўриб ўтилган уйғотгичли ҳамма генераторларда роторчулғамига ток келтириш учун махсус конструкция бор. У роторнинг валидаги контакт халқадан иборат бўлиб, унга ток чўтка ёрдамида келтирилади. Бундай контактли системанинг ишончлилиги етарли эмас. Бу камчилик айниқса уйғотиш токи 3000 А ва ундан ортиқ (300 МВт ва ундан юқори қувватли генераторларда) бўлганда намоён бўлади.

Юқорида кўрсатилган камчиликлардан ҳоли бўлган уйғотишнинг чўтка сиз системаси, айниқса, катта қувватли турбогенераторлар учун истиқболли ҳисобланади. Уйғотишнинг бундай



2-17- расм. Генераторни чўтқасиз уйғотишнинг принципаал схемаси.

яъни ўзгарувчан ток чулғаи айланувчан қисмига жойлашган, уйғотиш чулғаи эса қўзғалмас. Генератор ВГ нинг уйғотилиши уйғотгич В ёрдамида бажарилади.

Ток ёрдамчи генератор ўзгарувчан токининг айланувчи чулғамидан валга маҳкамланган ўтказгичлар орқали, ярим ўтказгичли айланувчи (одатда, кремнийли) тўғрилагичга келтирилади. Тўғриланган ток асосий генераторнинг уйғотиш чулғамига бевосита келтирилади.

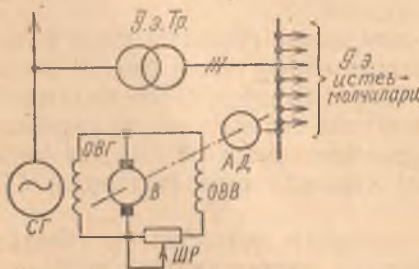
Ротор чулғаи ОВГ да уйғотиш токни ростлаш учун ёрдамчи генераторнинг уйғотиш чулғаи ОВВГ даги токни ўзгартирилади.

Ярим ўтказгичли айланувчи ўзгартиргич ВП ташқарисидан овоз ютувчи кожих билан ёпилади.

Чўтқасиз уйғотиш системаси жадал такомиллаштирилмоқда ва генераторларнинг ҳамма тури, айниқса, катта қувватли (300—1200 Мвт) турбогенераторлар учун истиқболли ҳисобланади.

Ўз-ўзидан уйғотиш системаси, умуман, мустақил уйғотиш системасига қараганда камроқ ишончли, чунки, уларда уйғотгичнинг иши ўзгарувчан ток тармоғи режимига боғлиқ бўлади. Тармоқда кучланиш камайишига олиб келадиган қисқа туташув уйғотиш системасининг нормал ишлашини бузади, ваҳоланки, бундай ҳолларда уйғотиш системаси генератор роторининг чулғамидан токнинг жадаллаштирилишини таъминлаши лозим.

Электр машинали уйғотгичи бўлган агрегатли синхрон генераторни уйғотишнинг принципаал схемаси 2.18- расмда кўрсатилган.



2-18- расм. Электромашинали мустақил уйғотишнинг принципаал схемаси.

системасида (мазмун 2.17-расмда тушунтирилган) қўзғалувчан контактли бирикмалар бўлмайди.

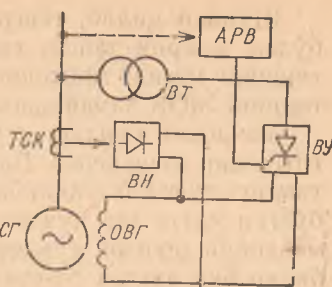
Ротор чулғаи ОВГ ни таъминлаш учун энергия манбаи бўлиб ёрдамчи синхрон генератори ВГ хизмат қилади. Бу генератор қайтувчан машиналар типидан тайёрланган,

Уйғотгич агрегат электр станциянинг ўз эҳтиёжини қондириш шинасидан таъминланувчи асинхрон двигатель АД дан ва ўзгармас ток генератори В дан иборат. Уйғотишни жадаллаштиришда уйғотгич агрегатнинг ишончли ишлашини ошириш учун уйғотгич В ни айлантурувчи асинхрон двигатель зарур ўта нарузкаланиш хусусияти билан танланади.

Бундай уйғотиш агрегатлари электр станцияларида резерв уйғотиш манбаи сифатида кенг тарқалган.

Ярим ўтказгичли ўзгартиргичли ўз-ўзидан уйғотиш схемаларининг мумкин бўлган вариантларидан бири 2.19-расмда келтирилган.

Схеманинг асосий элементларига ярим ўтказгичли ўзгартиргичларнинг икки группаси—бошқарилмайдиган *ВН* ҳамда бошқариладиган *ВУ* вентиллар, куч кампаундлаш трансформатори *ТСК* ва тўғрилагичли трансформатор *ВТ* кирди.



2.19-расм. Ярим ўтказгичли ўз-ўзидан уйғотишнинг принципиал схемаси.

Бошқарилмайдиган вентиль *ВН* генератор статорининг токига иккиламчи токи пропорционал бўлган трансформатор *ТСК* дан, бошқариладиган *ВУ* вентиль генераторнинг кучланишига иккиламчи кучланиши пропорционал бўлган трансформатор *ВТ* дан таъминланади. Токи генераторнинг статори токига пропорционал бўлган *ВН* вентили нагрузка мавжудлигида машинани уйғотиш ҳамда қисқа туташувда уйғотишни жадаллаштиришни таъминлайди. Вентиллар *ВУ* нинг қуввати генераторнинг салт юришида уйғотишни ҳамда нормал режимда уйғотишни ростилаш учун етарли қилиб ҳисобланади. Бошқарилмайдиган вентиллар номинал режимда генераторни уйғотиш учун сарфланадиган токнинг 70—80% ини таъминлайди. Ярим ўтказгичли уйғотиш системасининг параметрлари тўғри танланса, улар ўз хусусиятлари бўйича мустақил тиристорли (ионли) уйғотиш системасига яқинлашади ва шунинг учун қувватли синхрон машиналарда қўлланилади. Илгарилари симобли вентиллари бўлган ионли ўз-ўзидан уйғотиш системасини sanoat кўп ишлаб чиқарар эди.

г) Генераторлар майдонини автоматик сўндириш

Майдонни сўндириш деб генераторнинг уйғотиш магнит оқимини нолга яқин бўлган катталиккача тез сўндиришдан иборат бўлган процессга айтилади. Бунда генераторнинг ЭЮК мос ҳолда камаяди.

Магнит майдонини сўндириш генераторнинг ўзи ичидаги бузилишдан ёки ундан чиққан симлардан келиб чиқадиган авария режимларида муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Генераторнинг ичидаги қисқа туташув, одатда, электр ёйи орқали содир бўлади — худди шу ҳолат статорнинг чулғамлари ва актив пўлатининг анча шикастланишига олиб келади. Эҳтимолдан ҳоли эмаски, ички шикастланишдаги ток I_k генератордан чиққан симларнинг қисқа туташувидаги токдан катта бўлади. Бундай ҳолда авариянинг ёйилишини чеклаш ва статор чулғами билан пўлатининг куйиб кетишининг олдини олиш учун генераторнинг майдонини тез сўндириш зарур бўлади.

Шундай қилиб, генераторларнинг ичида қисқа туташув содир бўлса, уларни ташқи тармоқдан узибгина қолмай, балки уйғотишнинг магнит майдонини тез сўндириш керак бўлади, бу генераторнинг ЭЮҚ камайишига ва ёйнинг сўнишига олиб келади.

Майдонни сўндириш учун генераторнинг ротор чулғамини уйғотгичдан узиш керак. Бироқ бунда ротор чулғамининг катта индуктивлиги туфайли унинг қисқичларида, изоляцияни тешиши мумкин бўлган катта ўта кучланиш ҳосил бўлиши мумкин. Шунинг учун майдонни шундай сўндириш керакки, уйғотгични манбадан узиш билан бир вақтда генератор қисқичларидаги ўта кучланиш белгиланган катталикдан ошмасдан туриб, унинг ротор чулғамидаги магнит майдони энергиясининг тез сўндирилишига эришиш керак.

Ҳозир генераторнинг қувватига ва унинг уйғотиш системасининг хусусиятига қараб, магнит майдонини сўндиришнинг уч усулидан фойдаланилади: сўндирувчи (актив) қаршиликка ротор чулғамини туташтириш; ротор чулғамининг занжирига тез ишловчи автоматнинг ёй сўндирувчи панжарасини улаш; уйғотгични тескари қилиб улаш.

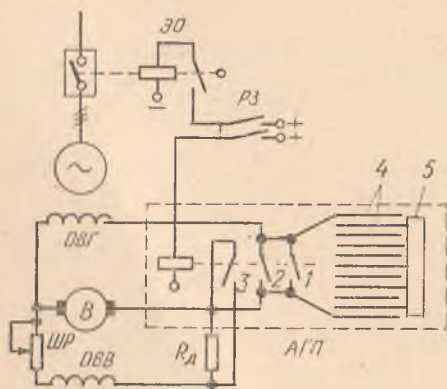
Биринчи икки усулда махсус коммутация аппаратлари ёрдамида уйғотиш занжирларида тегишли қайта улашларни амалга ошириш кўзда тутилади ва уларни м а й д о н н и с ў н д и р у в ч и а в т о м а т л а р (АГП) деб юритилади.

Генератор роторининг чулғамини махсус қаршиликка улаганда магнит майдонини сўндириш процесси жуда чўзилиб кетади, шунинг учун ҳозир генераторнинг магнит майдонини ёй сўндиргичли панжараси бўлган АГП ёрдамида анча таъсирли сўндириш усули энг кўп қўлланилмоқда (2.20- расм).

Генераторда қисқа туташув бўлганда ҳимоя релеси РЗ ишга тушади ва ўзининг контактлари билан виключателнинг узувчи электромагнит ЭО га таъсир этиб, генераторни ташқи тармоқдан узади, ҳамда АГП ни узишга импульс беради.

Автоматнинг иш контактлари 2 ва ёй сўндирувчи контактлари 1 бор бўлиб, улар генератор нормал ишлаб турганда берк туради. АГПнинг контактлари 3 автомат ўчганда уйғотгичнинг уйғотиш занжирига қўшимча қаршилик R_d ни улайди, натижада уйғотгичнинг уйғотиш токи камаяди. АГП оралиғи 1,5—3 мм ли мис пластинкалари 4 дан ясалган панжара билан таъминланган.

Автомат ўчганда аввал иш контактлари, сўнгра ёй сўндирувчи контактлар узилади, бунда уларда ҳосил бў-



2.20- расм. Ёй сўндирувчи панжарали автомат билан генератор майдонини сўндиришдаги электр занжирларининг схемаси.

ладиган ёй магнитли пуфлаш ёрдамида ёй сўндирувчи панжарага тортилади ва қатор кетма-кет қисқа ёйларга бўлинади.

Қисқа ёй ночизиқли актив қаршилиқ ҳисобланади, ундаги кучланишнинг камайиши, ёйдаги ток катталигининг кенг чегарада ўзгаришига қарамай, амалда 25—30 В га тенг бўлган доимий катталикда сақланади.

Ёйдаги кучланишнинг умумий пасайиши қуйидагига тенг:

$$U_{\text{ёй}} = n U_{\text{к}}, \quad (2-4)$$

бунда $U_{\text{к}}$ — қисқа ёйдаги кучланиш; n — панжарада кетма-кет келувчи ёй оралиғи сони.

Шундай қилиб, ёйнинг автомат панжарасига кириш пайтида ундаги кучланиш дарҳол $U_{\text{ёй}}$ катталиккача ошади ва ёй сўнгунча ўзгармай туради.

Панжарадаги пластинкалар сони шундай танланадики, бунда $U_{\text{ёй}}$ уйғотгичнинг энг катта кучланиши $U_{f, \text{пот}}$ дан катта бўлиши керак. Бунда ёй генераторнинг уйғониш чулғамидаги магнит майдонининг запас энергияси тугагунча ўчмай туради.

Агар ротор чулғамининг актив қаршилигидаги кучланиш камайишини ҳисобга олинмаса (йирик синхрон генераторлар учун йўл қўйиш мумкин), ўтиш процессининг тенгламаси қуйидаги кўринишда олади:

$$L \frac{di_f}{dt} + U_{\text{ёй}} = U_f. \quad (2-5)$$

Ток i_f нинг ўзгаришида уйғотиш чулғами ўзиндукциясининг электр юритувчи кучи Li_f/dt га тенг. У ротор чулғамидаги потенциаллар айирмасини аниқлайди. Токнинг ўзгариш тезлиги di_f/dt қанча катта бўлса, ўзиндукциянинг ЭЮК шунча катта бўлади. Ротор чулғами изоляциясининг электр мустаҳкамлик шартига асосан бу ЭЮК U_m дан катта бўлганлиги керак. Сўндириш процессида $U_{\text{ёй}}$ амалда ўзгармас катталикка эга бўлганлиги учун тенглама (2-5) майдоннинг сўниши максимал тезликда бўлган шароитда ўтиш процессининг бошидан охиригача қуйидаги кўринишда бўлади:

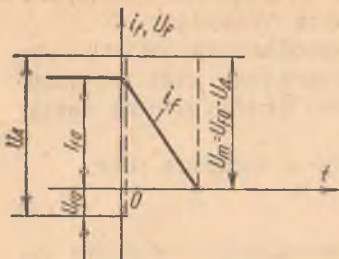
$$U_m + U_{\text{ёй}} = U_f. \quad (2-6)$$

Шуни назарда тутиш керакки, майдонни сўндириш даври давомида U_f амалда ўзгармайди.

Демак, генераторнинг майдонини ёй сўндирувчи панжарага разрядлаб сўндириш процессида ротор чулғамидаги кучланиш ўзгармас миқдорга эга бўлиб, U_m га тенг ораликда бўлади. Роторнинг чулғамидаги ток i_f доимий тезлик билан ўзгаради, чунки

$$\frac{di_f}{dt} = \frac{U_m}{L} = \text{const}. \quad (2-7)$$

Юқорида келтирилган схемадан фойдаланилганда майдонни сўндириш вақти 0,5—1 с ни ташкил қилади. Ротор чулғамидаги токнинг ва унинг қисқичларидаги кучланишнинг ўзгариш процесси



2-21- расм. Магнит майдон сўндиришда ротор чулғамдаги кучланиш ва токнинг ўзгариш процесси.

2.21- расмда кўрсатилган. Айни ҳолда майдонни сўндириш шароити оптималга яқин.

Миқдори кичик ток ҳосил қилган майдонни сўндиришда пластинкалар орасидаги оралиқда ёй турғун ёнмайди, бу айниқса токнинг миқдори нолга яқинлашганда кучли сезилади. Оралиқлардан бирида ёйнинг сўниши натижасида токнинг ҳамма занжири узилади ва уйғотиш занжирида ўта кучланишнинг ҳосил бўлишига олиб келади.

Ток миқдорининг ноль қиймати-га раво яқинлашишини таъминлаш учун панжара махсус қаршиликлар тўплами 5 билан шунтланади (2. 20-расм). Бундай схемада ёй дарров сўнмай, балки секциялар буйича сўнади, бу эса ўта кучланишнинг камайишига олиб келади.

Ҳозир Ватанимиз заводлари шу конструкциядаги АГП ларни 300—6000 А ли номинал тоқларга мўлжаллаб ишлаб чиқармоқда.

2.4- ж а д в а л

АГП нинг техник маълумотлари

Параметрлар	АГП- 12	АГП- 30	АГП- 60
Номинал кучланиши, В	500	500	500
Номинал тоқи, А	1200	3000	6000
Габаритлари, мм:			
баландлиги	730	940	1063
эни	420	630	820
чуқурлиги	254	313	405
Массаси, кг	50	150	280

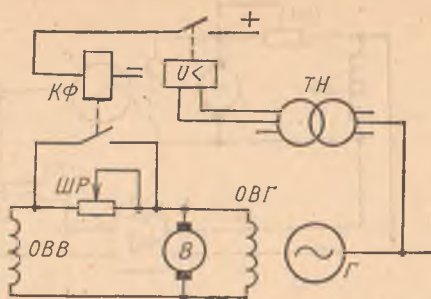
2.4- жадвалда йирик синхрон машиналар учун АГП ларнинг асосий параметрлари келтирилган (4- бобга ҳам қаранг).

Уйғотгични қарама-қарши улаш билан майдонни сўндириш, одатда, тиристорли уйғотиш генераторлари учун қўлланилади. Бунда венти́ллар инвентор режимига ўтказилади. Улардаги кучланиш ўз йўналишини ўзгартиради, бу эса ротор чулғамдаги токнинг нолгача тез камайишига олиб келади.

д) Генераторларни уйғотишни автоматик реллаш (АРВ)

Техник эксплуатация қилиш Қондаларига асосан ҳамма генераторлар, қуввати ва кучланишидан қатъи назар, уйғотишнинг релли жадаллаш қурилмасига эга бўлиши, 3 МВт ва ундан ортиқ қувватли генераторлар эса уйғотишнинг автоматик регуляторлари (АРВ) билан жиҳозланиши керак.

Авария режимида генераторнинг уйғонишини жадаллаштириш учун мулжалланган оддий автоматик қурилма бўлиб, уйғотишнинг релели жадаллаштириш қурилмаси ҳисобланади (2.22- расмда реле $U <$ ва контактор $K\Phi$).



2.22- расм. Генераторни жадал уйғотишнинг релели схемаси.

Жадал таъсир этиш принципи шундан иборатки, генераторнинг қисқичларидаги кучланишнинг анча пасайиши (одатда номиналнинг 85% идан камроқ) минимал кучланиш релеси $U <$ да ўз контактларини туташтиради ва жадаллаштириш контактори $K\Phi$ ни ишга туширади, у ўз навбатида ишга тушиб, уйғотгичнинг занжиридаги шунтлаш реостати ШР нинг қаршилигини қисқа туташтиради. Натижада уйғотгичнинг уйғотиш токи максимал миқдоригача тез кўпаяди ва генераторнинг уйғотилиши чегара қийматигача етади.

APB нинг энг кўп тарқалган қурилмаларидан бири кучланишни корректорлаш билан биргаликда компаундлаш қурилмасидир (2.23- расм).

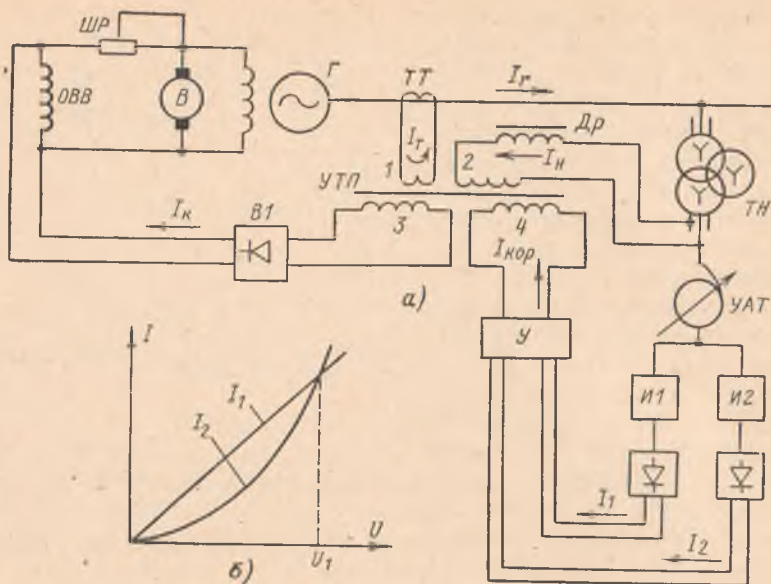
«Компаундлаш» термини статорнинг токига боғлиқ ҳолда машинанинг уйғотиш токини автоматик ростлашни ифодалайди. Нормал режимда статор токи ортиш ҳолда (актив-индуктив нагрузкада) генераторнинг кучланиши камаёди, ammo компаундлаш қурилмаси уйғотгичнинг уйғотиш токини, бинобарин, генераторнинг ротор токини автоматик равишда оширади, бунинг таъсирида генератор статорининг қисқичларидаги кучланиш керакли қийматигача ошади.

Компаундлаш қурилмаси генераторнинг авария режимида ҳам, яъни генераторнинг кучланиши камайиб, статорнинг чулғамидаги ток анча ортганда ҳам яхши ишлайди.

Компаундлаш схемасига иккиламчи чулғами оралиқ трансформатори $УТП$ га уланган ток трансформаторлари $ТТ$ ҳамда компаундлаш токини уйғотгичнинг уйғотиш чулғами OBV га беришдан олдин тўғрилаш учун хизмат қиладиган тўғрилагич $B1$ киради. Компаундлаш токи I_k коррекцияни ҳисобга олмаганда, ток I_r га пропорционал бўлади.

Компаундлаш генератор кучланишининг етарлича аниқ бир миқдорда туришини таъминлай олмайди. Шунинг учун уйғотишни генератор статорининг токи бўйича ростлаш билан бир вақтда статорнинг кучланиши бўйича ростлаш ҳам қўлланилади. Кучланиш бўйича ростлаш импульсини бериш учун трансформатор $УТП$ (магнитланиб турувчи универсал трансформатор) иккита 2 ва 4 чулғам билан таъминланади (2.23- расм, а).

Чулғам 2 даги ток U_r га пропорционал I_n токнинг фазаси генератор токи реактив ташкил этувчисининг фазасига тўғри келадиган



2-23- расм. Генераторнинг АРВ схемаси.

қилиб танланади. Шунинг учун соф актив нагрузкада I_1 ва I_2 чулғамларнинг МЮҚ бир-бирига нисбатан 90° силжиган бўлади, генератор соф реактив нагрузкада ишласа, улар фазаси бўйича устма-уст тушади. Шу сабабли I_r ва U_r қийматлари ўзгармаганда $\cos \varphi$ қанча кичик бўлса ёки генераторнинг реактив нагрузкаси катта бўлса, компаундлаш токи шунча катта бўлади — бу фазавий компаундлаш ҳисобланиб, у кучланишни аниқроқ ушлаб туришни таъминлайди, чунки компаундлаш токи фақат генератор токининг абсолют миқдорига боғлиқ бўлмай, балки $\cos \varphi$ га ҳам боғлиқдир.

Компаундлаш токининг коррекцияси, U_1 нинг берилган миқдорига қараб, УТП нинг қўшимча магнитлаш чулғами 4 орқали кучланиш корректору ёрдамида ниҳоясига етказилади.

Умумий ҳолда кучланиш корректорининг таркибига меъёрлаш автотрансформатори УАТ орқали кучланиш трансформатори ТН занжирига уланадиган иккита ўлчаш элементи И1 ва И2 киradi.

Корректор ўлчаш органининг ишлаш принципи 2.23- расм, б да тушунтирилган. Ўлчаш элементи И1 нинг чиқишидаги тўғриланган ток I_1 кириш кучланишига тўғри пропорционалдир. Шунинг учун бу элемент тўғри чизиқли элемент деб аталади.

И2 элементнинг чиқишидаги тўғриланган ток I_2 эгри чизиқли деб аталиб, кириш кучланиши катталигига нисбатан эгри чизиқли боғланишга эга бўлади (2.23- расм, б). Иккала ток I_1 ва I_2 кучайтиргич У га келади ва кучайтиргич уларнинг айирмасига реакция беради ва уни кучайтиради. Корректорнинг чиқишидан чиққан ток бу ҳолда УТП нинг қўшимча магнитлаш чулғами 4 га келади.

ро қилувчи элемент)нинг тез таъсир қилувчи тиристорларининг иш ва жадаллаштириш группаларини бошқариш учун берилади.

АРВ нинг характеристикаларини яхшилаш (тез таъсир қилишини ошириш ва бошқалар) учун регулятор схемасига, одатда, тескари алоқа (боғланиш) ОС лар киритилади...

е) Генераторларни параллел ишлашга улаш

Синхрон генераторлар параллел ишлаши учун аниқ синхронлаш ва ўз-ўзини синхронлаш усуллари билан улаштириш мумкин. Иккала ҳолда ҳам ишламаётган агрегатнинг бирламчи двигателига буғ ёки сув юборилади ва агрегат синхрон айланиш частотасига яқин частотагача айлантирилади.

Генератор уйғотилган ҳолда уланадиган аниқ синхронлаш усулида уни тармоққа улаш пайтида қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

уланаётган генератор ва тармоқ кучланишлари эффектив қийматларининг тенглиги;

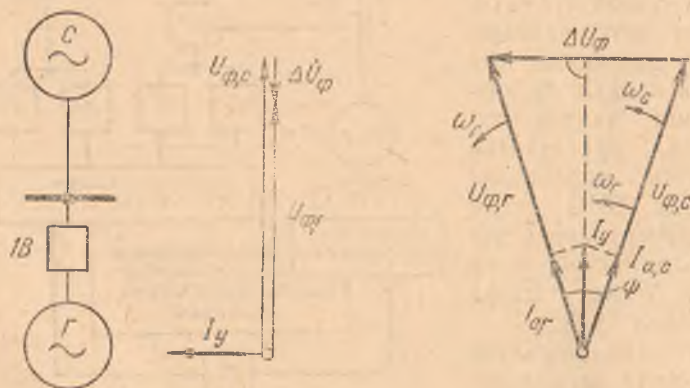
генератор ва тармоқ кучланишлари частоталарининг тенглиги;

генератор ва тармоқнинг бир номдаги кучланишлари фазаларининг мос келиши.

Аниқ синхронлашда кўрсатилган шартлардан бирортасига амал қилинмаса, токнинг бирданига катта ўзгаришига олиб келади, бу эса фақат уланаётган генераторгагина хавфли бўлмай, балки энергосистема ишининг турғунлиги учун ҳам хавфли ҳисобланади.

Албатта, ҳамма кўрсатилган талабларни абсолют аниқ бажаришнинг иложи йўқ ва шунинг учун реал шароитларда контрол қилинаётган катталикларнинг четга чиқишига руҳсат этилади ва уларнинг чегараси қуйида кўрсатилган.

Энергосистема C га генератор Γ ни параллел ишлашга улашнинг ҳусусиятларини 2.25-расмда кўрсатилган схема мисолида кўриб чиқиш мумкин.



2.25- расм. Аниқ синхронлаш усули билан генераторни тармоққа улаш:

a — U_{ϕ} , Γ + U_{ϕ} , C даги кучланишларнинг вектор диаграммаси; b — шунинг ўзи, $\psi \neq 0$ бўлганда.

Аниқ синхронлашнинг юқорида кўрсатилган шартлари бузилса, қуйидаги учта ҳол бўлиши мумкин:

а) генератор ва энергосистема фаза кучланишлари $U_{\phi, r}$ ҳамда $U_{\phi, c}$ лар векторларининг катталиги тенг эмас, аммо фазалари мос келади ва вақт бўйича бир хил частотада ўзгаради:

$$|U_{\phi, r}| \neq |U_{\phi, c}|; f_r = f_c; \psi = (U_{\phi, r}, \widehat{U_{\phi, c}}) = 0;$$

б) фаза кучланишларининг векторлари фаза бўйича бирор бурчак ψ га сурилади, яъни

$$\psi \neq 0, \text{ аммо } f_r = f_c; |U_{\phi, r}| = |U_{\phi, c}|;$$

в) генераторлар ҳар хил бурчак тезлигида айланади:

$$f_r \neq f_c; |U_{\phi, r}| = |U_{\phi, c}|.$$

Биринчи икки ҳолда генераторни улаш пайтида кучланишлар айирмаси ΔU_{ϕ} ҳосил бўлади, у мувозанатловчи токнинг оқишига сабаб бўлади. Мувозанатловчи ток учинчи ҳолда ҳам улаш пайтидаёқ (агар $\psi \neq 0$ бўлса) ёки маълум вақтдан сўнг, кучланишлар вектори маълум бурчакка сурилгандан кейин ҳосил бўлади:

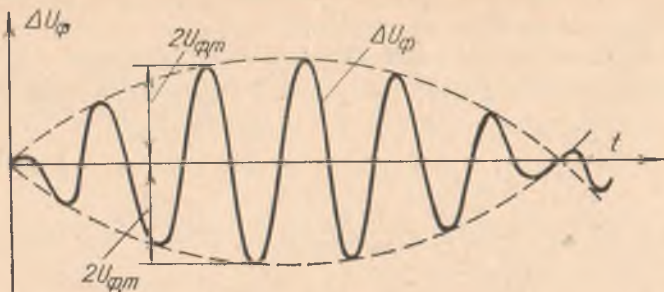
$$I_y = \frac{U_{\phi, c} - E_{\phi}^*}{x_d'' + x_c} = \frac{\Delta U_{\phi}}{x_d'' + x_c},$$

бунда E_{ϕ}^* ва x_d'' — генераторнинг улаш пайтидаги ЭЮК ва қаршилиги миқдорлари; x_c — энергосистема қаршилиги, одатда, у унча катта бўлмайди ва ҳисоблашларда назарга олинмаслиги мумкин.

I_y ток ΔU_{ϕ} га нисбатан индуктив характерга эга, чувиқ генератор ва энергосистеманинг актив қаршиликлари жуда кичик.

Кўрилган ҳолларнинг биринчисида мувозанатловчи ток $U_{\phi, r}$ га нисбатан индуктив характерини сақлайди (2.25-расм, а), шу сабабли у генераторнинг валида ўта нагрузка ҳосил қилмайди. Генераторни тармоққа улаш пайтида кучланишнинг номинал миқдорига нисбатан фарқининг 5—10% бўлишига руҳсат этилади, шу сабабли генераторнинг ток бўйича хавфли ўта нагрузкаланиши содир бўлмайди.

Иккинчи ҳолда (2.25-расм, б) мувозанатловчи ток $U_{\phi, r}$ га нисбатан катта актив ташкил этувчига эга бўлади. $U_{\phi, r}$ вектори $U_{\phi, c}$ векторидан илгарилайди, шунинг учун мувозанатловчи токнинг актив ташкил этувчиси $I_{a, r}$ генератор роторини тўхтатишга йўналган айлантирувчи момент ҳосил қилади. Агар кучланиш вектори $U_{\phi, r}$ вектор $U_{\phi, c}$ дан орқада қолганда эди, мувозанатловчи токнинг актив ташкил этувчиси роторни тезлаштирувчи момент ҳосил қилган буларди. Генераторни бу ҳолда улашда, унинг валига нагрузка катта ўзгарувчан миқдорда таъсир этиб, агрегатнинг жиддий механик бузилишига олиб келиши мумкин. Бунинг олдини олиш учун синх-



2-26- расм. Кучланишининг тепиш эгри чизиги.

ронланадиган манбаларнинг кучланиш векторларининг бурчак фарқи улаш вақтида 10—20 эл.град дан ошмаслиги керак.

Учинчи ҳолда, бурчак ψ узлуксиз ўзгариб турганда, кучланишлар фарқи ΔU_{ϕ} ҳам ўзгаради ва уни тепиш кучланиши деб юритилади. Тепиш кучланиши нолдан $2U_{\phi m}$ гача ва синхронлаш манбаларининг кучланишлари частоталари йиғиндисининг ярмига тенг бўлган частота билан ўзгаради. Тепиш кучланишнинг амплитудалари орқали ўтказилган ўровчи чизиқ генератор ва система частоталари айирмасининг ярмига тенг частотага эга (2.26-расм).

Шундай қилиб, частоталар тенг бўлмаса, ΔU_{ϕ} нинг юқори қийматида ноқулай пайтда улаш хавфи ҳар доим бўлади. Бундан ташқари, частоталар фарқи катта бўлса, машина синхронизмга тушмаслиги мумкин. Бу эса частоталарнинг рухсат этиладиган фарқининг улаш пайтида 0,1% дан ошмаслигини чегаралашга мажбур этади.

Энг катта мувозанатловчи ток ψ бурчак 180 эл. град. га тенг бўлганда ҳосил бўлади. Фараз қилайлик, агар генератор кучли энергосистема ($x_c \approx 0$) билан параллел ишлаш учун уланса, у ҳолда

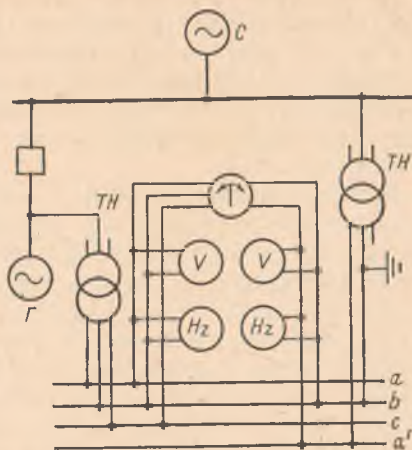
$$I_y = \frac{2U_{\phi}}{x_d} = 2I_{\kappa}^{(3)}. \quad (2-8)$$

Бунда мувозанатловчи ток генераторнинг қисқичларидаги уч фазали қисқа туташув токидан 2 марта катта бўлади. Бундай ток чулғамларнинг қизиши нуқтаи назаридан ҳам ва ўтказгичлар орасидаги электродинамик кучлар туфайли айниқса статор чулғамининг олд қисмларида ҳам хавfli ҳисобланади.

Шундай қилиб, уйғонган генераторни бошқа генераторлар билан, аниқ синхронлаш шартига амал қилмасдан туриб, параллел ишлашга улаш машинанинг жиддий бузилишига олиб келиши мумкин.

Генератор айланиш частотасини синхрон айланиш частотасига яқинлаштириш ва уни равон ростлаш бирламчи двигателлар (буғ ёки гидротурбиналар) нинг айланиш частоталари регуляторларига таъсир этиш йўли билан бажарилади. Уланаётган генераторнинг кучланишини ўзгартириш уйғотиш чулғамидаги токни ошириш ёки камайтириш йўли билан амалга оширилади.

Аниқ синхронлаш шартини амалга оширишни кўз билан кўриб контрол қилиш иккита вольтметр (генератор ва тармоқ кучланишларининг тенглигини контрол қилиш учун), иккита частота ўлчагич (улардан бири тармоқ частотасини, иккинчиси уланаётган генератор частотасини кўрсатади), шунингдек, бир номдаги фазалар кучланишлари векторларининг бир-бирига мос тушишини контрол қилиш имкониятини берадиган махсус асбоб — с и н х р о н о с к о п ёрдамида амалга оширилади. Бу асбоблар синхронизациялаш шитчалари ёки колонкалари таркибига киради (2.27-расм) ва улар барча электр станцияларда мавжуддир.



2-27- расм. Синхронлаш колонкасининг ўлчаш приборларини улаш схемаси.

Аниқ синхронлашда улаш учун импульс бериш пайти сирпаниш бурчак тезлиги (частоталар фарқи) билан айланаётган синхронскопнинг стрелкаси орқали аниқланади. Бирламчи двигателнинг тезлик регуляторига таъсир этиб, частоталарнинг тенглашишига шундай эришиладики, бунда синхронскоп кўрсаткичи 20 с ичида бир мартадан ортқ айланмасин. Синхронскоп шкаласида кучланишларни фазалар бўйича бир хил бўлишини кўрсатувчи чизиқ тортилган. Импульс бериш учун генераторнинг виключателни синхронскоп кўрсаткичи чизиқ тортилган белгига озгина етмаган пайтда улаш лозим, чунки виключателнинг уланиши учун сарфланадиган вақтни ҳам ҳисобга олиш керак.

Аниқ синхронлаш қўлда ёки автоматик тарзда бўлиши мумкин. Қўлда аниқ синхронлашнинг ҳамма операциялари оператор томонидан қўлда бажарилади. Операторнинг нотўғри ҳаракат қилиб қўйишини йўқотиш учун синхронлаш схемасига махсус блокировка киргизилади, у ноқулай пайтда виключателни улаш учун берилган импульснинг ўтишига автоматик тарзда тўсқинлик қилади.

Автоматик синхронлаш махсус қурилмалар — автоматик синхронизаторлар ёрдамида амалга оширилади. Автоматик синхронизаторлар синхронланаётган генераторнинг кучланиши ва частотасини ростлаш ва уни операторсиз тармоқда улаш имкониятини берувчи жуда мураккаб схемага эга.

Аниқ синхронлаш усулининг камчиликларига процессни амалга оширишнинг мураккаблиги ва узоқ давом этишини (бу айниқса энергосистеманинг авария иш режими шароитида частота ва кучланишнинг ўзгариб туриши содир бўлганда яна ҳам кўпроқ билинади) ҳамда бошқарувчи шахс юқори малакага эга бўлишини талаб

этишини ҳамда синхронлаш шартлари бузилса, катта авариялар содир бўлишини киритиш мумкин.

Ўз-ўзини синхронлашда генератор уйғотилмай, тахминан синхронлаш частотага тенг частотада айланаётган вақти да (сирпаниш $\pm 2-3\%$) тармоққа уланади. Включатель уланиши-заҳоти уйғотиш токи берилади ва генератор 1—2 секундда синхронизмга тортилади.

Уйғотилмаган генератор тармоққа уланган пайтда у тармоқдан анча катта реактив ток истеъмол қилади. Статор чулгамидан оқиб ўтаётган ушбу ток ҳосил қилаётган айланувчи магнит майдони генератор роторининг чулғаида ЭЮК ҳосил қилади.

Ўта кучланиш туфайли изоляциянинг бузилишининг олдини олиш учун генератор роторининг чулғами виключателни улашдан олдин ўз-ўзини синхронлаш махсус қаршилигига ёки АГП қурилмасининг сўндирувчи қаршилигига туташтирилган бўлиши керак, бу қаршилик АГП улангандан кейин узилади.

Генератор ўз-ўзини синхронлаш усули билан тармоққа уланганда, унда ўткинчи процесслар содир бўлади ва булар генератордан чиққан симлардаги қисқа туташув процессларига ўхшаш бўлади (3- бобга қаранг).

Генератор — трансформатор блокларини энергосистема билан параллел ишлашга уланганда статорда ҳосил бўладиган ток анча кам бўлади, чунки бу вақтда трансформатор қаршилигининг чегараловчи таъсири бўлади. Шуни ҳам айтиш керакки, ўз-ўзини синхронлашда статорнинг токи улаш пайтида индуктив характерга эга бўлади ва демак, генераторнинг валида қўшимча механик нагрузкалар ҳосил қилмайди.

Электр қурилмаларининг қурилиш қондаси токнинг сакраши номинал токдан 3,5 мартадан кўп ошмаслик шартида, генераторларни ўз-ўзини синхронлаш усули билан улашга рухсат этади, яъни:

$$I' = \frac{U}{\sqrt{3}(x_d' + x_c)} \leq 3,5 I_{\text{ном}} \quad (2-9)$$

бу нда I' — бошланғич ўтказиш токи, кА; U — қурилманинг фазалари орасидаги кучланиш кВ; x_d' — генераторнинг ўтиш қаршилиги, Ом; x_c — энергосистеманинг генератор қисқичларигача бўлган қаршилиги, Ом; $I_{\text{ном}}$ — генераторнинг номинал токи, кА.

Генератор ўз-ўзини синхронлаш методи бўйича улаш қуйидаги тартибда бажарилади:

генератор синхрон тезликдан кўпи билан 2—3% фарқ қиладиган айланушлар частотасигача айлантирилади, частоталарнинг йўл қўйиладиган фарқи, одатда, ИРЧ реле асосидаги автоматик қурилма билан контрол қилинади;

шунт реостати ва АРВ нинг ўрнатилишини ўзгартирувчи қурилма салт ишлаганда $U_{\text{г. ном}}$ ни таъминловчи уйғотишга тўғри келувчи ҳолатга қўйилиши керак, бунда АГП ўчирилган ҳолатда бўлади;

генераторнинг виключателни уланади ва у уланган заҳоти АГП ни улаш учун автоматик тарзда команда берилади.

Генератор тармоққа улангандан сўнг, қисқа вақт асинхрон двигателга ўхшаш ишлайди. Асинхрон сирпаниш моменти генераторнинг роторини синхрон частотада айланишга тортади. Уйғотиш берилгандан сўнг роторнинг чулғамида токнинг кўпайиб бориши билан аста-секин ошиб борувчи синхрон моменти ҳосил бўлади. Натижада генератор вали кескин механик турткиларга дуч келмайди.

Ўз-ўзини синхронлаш усулининг асосий афзаллиги генераторни тармоққа улаш технологиясининг соддалигидадир, чунки бу вақтда уланадиган генератор билан система кучланишларининг қийматларини ва частоталарини аниқ тўғрилашга ҳожат қолмайди. Синхронлаш анча соддалашади ва тезлашади, улашлардаги йўл қўйилган хатолар туфайли машинанинг оғир бузилиш эҳтимоллари йўқолади, процессни автоматлаштириш соддалашади, шунингдек, энергосистемадаги частота ва кучланиш ўзгарганда ҳам улаш мумкин бўлади.

Нормал ишлаш шароитларида ўз-ўзини синхронлаш усули генератор — трансформатор блоки схемасида ишлайдиган ва чулғамлари билвосита совитилувчи турбогенераторларни, шунингдек, ҳамма гидрогенераторларни улаш учун қўлланилади.

Чулғамлари билвосита совитиладиган ва генератор кучланиши шинасида ишлайдиган турбогенераторларни, шунингдек, чулғамлари бевосита совитилувчи генераторларни улаш ҳам, одатда, аниқ синхронлаш усули билан бажарилади.

Авария тугатилгач, ҳамма генераторларни параллел ишга тушириш ўз-ўзини синхронлаш усули билан амалга оширилиши мумкин.

2-2. КУЧ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ ВА АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАРИ*

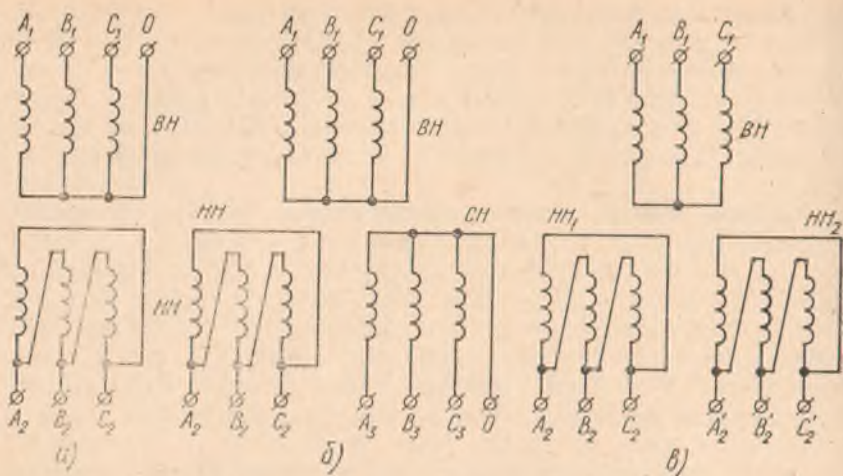
а) Трансформаторларнинг типлари ва уларнинг параметрлари

Электр станция ва подстанцияларига ўрнатилган куч трансформаторлари электр энергияни бир кучланишдан иккинчисига айлантириш учун хизмат қилади. Уч фазали трансформаторлар энг кўп тарқалган, чунки уларда жами қуввати худди шунча бўлган учта бир фазали трансформаторларга қараганда исрофлар 12—15%, актив материаллар сарфи билан қиймати 20—25% кам.

Трансформаторсозликдаги тараққиёт 220 ва 500 кВ кучланишли, қуввати 630 МВ · А гача, 330 кВ кучланишли, қуввати 1000 МВ · А ли уч фазали трансформаторларни ва 500/110 кВли, бирлик қуввати 250 кВ · А ли автотрансформаторларни ишлаб чиқариш имкониятини берди. Трансформаторларнинг чегара бирлик қуввати уни транспортировка қилиш шароитлари, массаси ва ўлчамлари билан чекланади.

Б и р ф а з а л и трансформаторлар, одатда, етарли қувватга эга бўлган уч фазали трансформатор тайёрлаш мумкин бўлмаган

* «Трансформатор» термини бундан буён «автотрансформатор» ни ҳам англатади (агар алоҳида изоҳлар бўлмаса).



2-28- расм. Трансформаторларнинг принципиал схемалари:
 а — икки чулғамли; б — уч чулғамли; в — паст кучланишли ажратилган чулғамли.

ёки транспортировка қилиш анча қийин бўлган ҳоллардагина қўлланилади. Бир фазали трансформаторлар группаларининг энг катта қуввати 500 кВ кучланишда 1600 МВ · А; 750 кВ кучланишда 1250 МВ · А га тенг.

Ҳар бир фазадаги турли кучланишдаги чулғамлар сонига қараб трансформаторлар икки чулғамли ва уч чулғамлига бўлинади (2.28- расм, а, б). Бундан ташқари, айнан бир хил кучланишдаги чулғамлар, одатда, пасайтирувчи чулғами бир-биридан ва ерга туташтирилган қисмлардан изоляция қилинган икки ва ундан ортиқ параллел тармоқлардан ташкил топади. Бундай трансформаторлар ажратилган чулғамли трансформаторлар деб аталади (2.28- расм, в). Юқори, ўртача ва паст кучланишли чулғамларни қисқача ВН (высшее напряжение), СН (среднее напряжение) ва НН (низшее напряжение) деб белгилаш қабул қилинган.

Паст кучланишли ажратилган чулғамли трансформаторлар битта кучайтирувчи трансформаторга бир нечта генераторларни улаш имконини беради. Бундай йириклаштирилган блоклар РУ 330—500 кВ (бу ҳақда батафсил 5-6- § ларда баён қилинган) схемасини соддалаштиради. Ажратилган, НН чулғамли трансформаторлар 200—1200 МВт блокли йирик ТЭС ларнинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаларида, шунингдек, қисқа туташув токнинг катталигини чеклаш мақсадида, пасайтирувчи подстанцияларда ҳам кенг қўлланилмоқда.

Трансформаторнинг номинал қуввати, кучланиши, токи, қисқа туташув кучланиши, салт ишлаш токи, салт ишлаш билан қисқа туташувдаги исрофлар трансформаторнинг асосий параметрлари ҳисобланади.

Трансформаторнинг номинал қуввати деб завод паспортда кўрсатилган тула қувватининг қийматига айтилиб, номинал частота ва кучланишда, ўрнатиш жойи ва совитиш муҳити номинал бўлган шароитларда трансформаторни шу қувват билан узлуксиз нагрузкалаш мумкин бўлади.

Умумий мақсадлар учун мўлжалланган, очиқ ҳавода ўрнатиш билан пуфламадан ёки пуфлаб табиий равишда мой билан совитилувчи трансформаторлар учун номинал совитиш шароитлари сифатида ташқи ҳавонинг табиий равишда ўзгарувчи температураси (ўртача суткалик ўзгариши кўпи билан 30° С, ўртача йиллик ўзгариши кўпи билан 20° С), мой — сув билан совитиладиган трансформаторлар учун эса совитгичга кираётган сувнинг температураси (кўпи билан 25° С) қабул қилинади (ГОСТ 11677—75). Икки чулғамли трансформаторларнинг номинал қуввати — унинг ҳар бир чулғамининг қувватидан иборат. Уч чулғамли трансформаторлар чулғамларининг қуввати бир-бирига тенг ёки ҳар хил қилиб тайёрланади. Қувватлари ҳар хил бўлганда ҳар бир алоҳида чулғам ичида энг катта номинал қувватга эга бўлган чулғамнинг қуввати трансформаторнинг номинал қуввати деб қабул қилинади.

Автотрансформаторнинг номинал қуввати сифатида ўзаро авто-трансформаторли боғланишга эга бўлган томонлардан бирининг номинал қуввати (ўтувчи қувват — «проходная мощность») қабул қилинади.

Трансформаторлар очиқ ҳавода ўрнатилишдан ташқари, табиий шамоллатиладиган, ёпиқ, иситилмайдиган биноларга ҳам ўрнатилади. Бу ҳолда ҳам трансформаторлар номинал қувват билан узлуксиз нагрузкаланиши мумкин, аммо бундай шароитда трансформаторнинг хизмат қилиш муддати совитиш шароитлари ёмонлиги туфайли анча камаяди.

Чулғамларнинг номинал кучланишлари — трансформаторнинг салт ишлашида бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг кучланишларидир. Уч фазали трансформатор учун — бу унинг линия (фазалар орасидаги) кучланишидир. Бир фазали трансформатор агар юлдуз схемасида бириктирилиб, уч фазали группага улашга мўлжалланган бўлса, бу кучланиш $U/\sqrt{3}$ га тенг бўлади. Трансформатор нагрузка билан ишлаганда ва унинг бирламчи чулғами қисқичларига номинал кучланиш берилганда иккиламчи чулғамдаги кучланиш номиналга қараганда трансформаторда исроф бўлган кучланишнинг катталигига тенг миқдорга кичик бўлади. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти n юқори ва паст кучланиш чулғамларининг номинал кучланишлар нисбатидан иборат бўлади:

$$n = \frac{U_{\text{ном, ВН}}}{U_{\text{ном, НН}}}$$

Уч чулғамли трансформаторларда чулғамларнинг ҳар қайси жуфти учун трансформация коэффициенти аниқланади: ВН ва НН; ВН ва СН; СН ва НН.

Трансформаторларнинг номинал тоқлари деб, чулғамларнинг (ва) паспортда кўрсатилган тоқларининг қийматига айтилиб,

трансформаторнинг ана шу тоқларда узоқ вақт нормал ишлашига йўл қўйилади.

Трансформаторнинг исталган бир чулғамининг номинал тоқи унинг номинал қуввати билан номинал кучланишидан аниқланади.

Қисқа туташув кучланиши U_k — шундай кучланишики, трансформаторнинг чулғамларидан бирига шу кучланиш берилганда, бошқа чулғамга қисқа туташган бўлса, ундан ўтаётган ток номинал миқдорига тенг бўлади.

Қисқа туташув кучланиши трансформатор кучланишининг пайсиш катталигини аниқлаб, унинг чулғамларидаги тўла қаршиликни характерлайди.

Уч чулғамли трансформаторда қисқа туташув кучланиши унинг исталган бир жуфт чулғами учун, учинчи чулғами узиб қўйилиб аниқланади. Шундай қилиб, уч чулғамли трансформатор U_k нинг урта қийматига эга бўлади.

Ҳамма трансформаторлар учун қисқа туташув кучланиши номинал кучланишга нисбатан процент ҳисобида ифодаланади:

$$u_k = \sqrt{u_a^2 + u_p^2},$$

бунда U_a — трансформаторнинг актив қаршилигига боғлиқ бўлган қисқа туташув кучланишининг актив ташкил этувчиси; U_p — трансформаторнинг реактив (индуктив) қаршилигига боғлиқ бўлган қисқа туташув кучланишининг реактив ташкил этувчиси.

Чулғамларнинг индуктив қаршилиги актив қаршиликка қараганда анча (унча катта бўлмаган трансформаторларда 2—3 марта, йирикларида эса 15—20 марта) катта бўлганлиги учун U_k асосан реактив қаршиликка, яъни чулғамларнинг ўзаро жойлашишига, улар орасидаги каналнинг энига, чулғамларнинг баландлигига боғлиқ бўлади.

U_k нинг катталиги трансформаторларнинг кучланиши ва қуввати бўйича ГОСТда белгилаб қўйилади. Трансформаторнинг юқори кучланиши ва қуввати қанча катта бўлса, қисқа туташув кучланиши шунча катта бўлади. Чунончи, юқори кучланиши 10 кВ бўлган 630 кВ·А ли трансформатор $U_k = 5,5\%$ га, юқори кучланиши 35 кВ бўлгани эса $U_k = 6,5\%$ га эга бўлади; юқори кучланиши 35 кВ бўлган 80000 кВ·А қувватли трансформатор $U_k < 9\%$ га, юқори кучланиши 110 кВ бўлгани эса 10,5% га эга бўлади.

U_k нинг қийматини ошириб, трансформаторнинг иккиламчи томонидаги қисқа туташув тоқини камайтириш мумкин, бироқ бунда нормал режимда истеъмол қилинаётган реактив қувват анча кўпаяди ва трансформаторларнинг қиймати ортади. Агар 110 кВ 25 МВ·А ли трансформаторнинг $U_k = 10\%$ ўрнига 20% ли қилиб ясалса, у ҳолда унинг ҳисобий ҳаражатлари 16,7% кўпайиб истеъмол қиладиган реактив қуввати икки марта (2,5 дан 5 Мвар га) ортади.

Салт юриш тоқи i_x пўлатдаги актив ва реактив исрофларни характерлайди ва пўлатнинг магнит хоссасига, магнит ўтказгичнинг конструкцияси ва уни йиғиш сифатига ҳамда магнит индукциясига

боғлиқ бўлади. Салт юриш токининг катталиги трансформатор номинал токига нисбатан процент ҳисобида ифодаланади.

Совуқлайин прокатланган пўлатдан ясалган ҳозирги трансформаторлардаги салт юриш тоқларининг қиймати катта бўлмайди.

Салт ишлашдаги ΔP_x ва қисқа туташшдаги ΔP_x исрофлар трансформаторнинг тежамли ишлашини билдиради. Салт ишлашдаги исрофлар пўлатнинг қайта магнитланиши ҳамда уярма тоқларни ҳосил бўлишидан келиб чиқадиган исрофлар йиғиндисидан иборат. Уларни камайтириш учун кам углеродли ва махсус қушилмалар аралаштирилган, совуқлайин прокатланган, қалинлиги 0,35 мм ли Э330А маркали, иссиқ бардош қатламли электротехник пўлат ишлатилади. А ва Б даражалар учун ΔP_x нинг қийматлари справочник ва каталоглардан олинади. А даража электротехник пўлатдан тайёрланган, солиштирма исрофи 0,9 Вт/кг, Б даражаси солиштирма исрофи 1,1 Вт/кг дан ошмайдиган трансформаторларга тааллуқлидир ($B = 1,5$ Тл, $f = 50$ Гц да).

Қисқа туташув исрофига чулғамлардан нагрузка токи ўтганда ҳосил бўладиган исрофлар, трансформатор чулғамлари ва конструкцияларидан келиб чиқадиган қўшимча исрофлар киради. Сочилиш магнит майдонлари чулғамнинг чекка ўрамлири ҳамда трансформатор конструкциялари (бак деворлари, яро балкалари ва ҳоказолар) да уярма тоқлар ҳосил қилиб, қўшимча исрофларни келтириб чиқаради. Уларни камайтириш учун чулғам кўп томирли транспонирланган симдан тайёрланиб, бак деворлари эса магнит шунтлари билан экранланади (тўсилади).

Трансформаторларнинг ҳозирги конструкцияларида исрофлар анча камайтирилган. Масалан, 250 000 кВ · А, $U = 110$ кВ ли ($\Delta P_x = 200$ кВт, $\Delta P_x = 790$ кВт), йил давомида ишлайдиган $T_{max} = 6300$ соат) трансформатордаги электр энергиянинг исрофи ундан ўтган электр энергиясининг 0,43 % ини ташкил этади. Трансформатор қуввати қанча кичик бўлса, ундаги нисбий исроф шунча катта бўлади.

Энергосистема тармоқларида ўрнатилган кичик ва ўртача қувватдаги трансформаторлар сони кўп бўлганлиги учун, мамлакатимиздаги ҳамма трансформаторни бирга олганда, кўп миқдордаги электр энергияси исроф бўлади.

б) Трансформаторлар чулғамларининг уланиш схемалари ва группалари

Трансформаторларнинг чулғамлари, одатда, юлдуз Y, чиқарилган нейтралли юлдуз Y_0 ва учбурчак Δ кўринишидаги схемалар бўйича уланади. Бирламчи ва иккиламчи чулғамларнинг ЭЮКлари (E_1 ва E_2) орасидаги фазалар силжишини шартли равишда уланишлар группаси билан ифодалаш қабул қилинган.

Уч фазали трансформаторларнинг чулғамларини турлича улаш йўли билан уланишларнинг ўн иккита турли группасини олиш мумкин, бунда чулғамларни юлдуз — юлдуз схемасида улашда исталган 2, 4, 6, 8, 10, О жуфт группани, юлдуз — учбурчак ёки

учбурчак — юлдуз схемасида улашда исталган 1, 3, 5, 7, 9, 11 ток группани ҳосил қилинади.

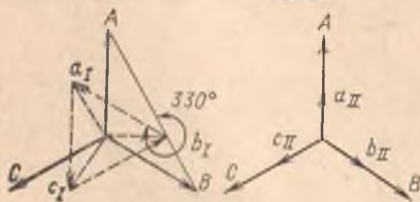
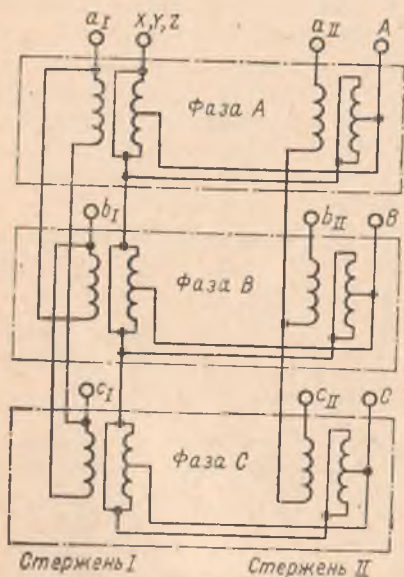
Чулғамнинг уланиш схемаси белгисининг ўнг томонига унинг уланиш группаси ёзилади. 2.28-расмда кўрсатилган трансформаторлар чулғамларининг уланиш группаси ва схемаси қуйидагича:

$$Y_0/\Delta - 11; Y_0/Y_0/\Delta - 0 - 11; Y_1/\Delta - \Delta - 11 - 11.$$

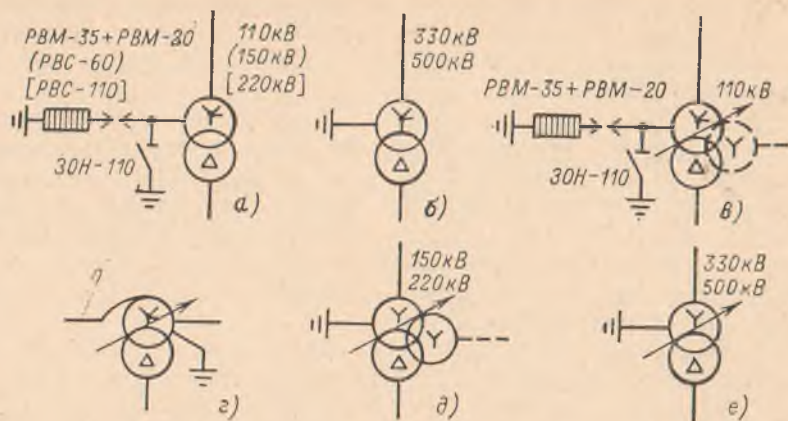
ВН чулғамини юлдуз схемасида улаш чулғамнинг ички (ҳар бир ўрама орасидаги) изоляциясини фаза ЭЮК ҳисобидан, яъни линия кучланишига қараганда $\sqrt{3}$ марта кичик кучланишга мўлжаллаб бажариш мумкин. НН чулғамлари, асосан, учбурчак схемасида уланади, бу эса чулғам кесимини фаза токи $J/\sqrt{3}$ га ҳисоблаб, унинг ўлчамини камайтириш имкониятини беради. Бундан ташқари, трансформатор чулғамини учбурчак схемасида улаганда уч сонига каррали юқори гармоник тоқлар учун берк контур ҳосил бўлади ва бу тоқлар ташқи тармоққа ўтмаслиги натижасида нагрзукада кучланиш симметрияси яхшиланади.

Ўта қувватли генераторлар конструкцияси жиҳатидан ЭЮК лари 30° га сурилган иккита уч фазали статор чулғамларидан иборат қилиб тайёрланади. Бундай генераторлар билан блокда ишлаш учун иккита чулғами паст кучланишли ва иккита чулғами юқори кучланишли қувватли бир фазали трансформаторлар ишлаб чиқарилади. Уч фазали группада генератор статори чулғамларининг ЭЮК лари силжичини компенсациялаш учун паст кучланишли чулғамларидан бири учбурчак схемасида, бошқаси эса юлдуз схемасида уланади.

2.29- расмда 1200 МВт ли блок учун мўлжалланган бир фазали ОРЦ-533000/500 трансформаторлар группаси чулғамларининг уланиши кўрсатилган. Трансформаторнинг ҳар бир фазаси икки стерженли магнит ўтказкичда тайёрланган. Биринчи стерженда жойлашган чулғамлари



2.29- расм. Олти фазали генератордан бир фазали трансформаторларни таъминлашдаги вектор диаграммалари ва чулғамларнинг уланиши.



2-30- расм. Трансформатор ва автотрансформаторларнинг нейтралларини ерга улаш усуллари:

a — 110 — 220 кВ ли РПН сиз трансформаторларда; *б* — 330—500 кВ ли РПН сиз трансформаторларда; *в* — 110 кВ ли ўратилган РПН ли трансформаторларда; *г* — автотрансформаторларда; *д* — 150—220 кВ ли РПН ли трансформаторларда; *е* — 330—500 кВ ли РПН ли трансформаторларда.

ΔY_0-11 , иккинчисидаги эса Y/Y_0-0 (ёки 12) схемаси асосида уланган.

Чулғамларнинг ноль нуқтасини чиқариб, юлдуз схемасида улаш чулғам нейтралери ерга туташтирилиши зарур бўлган ҳолда қўлланилади. ВН чулғами 330 кВ ва ундан юқори кучланишли трансформаторлар ва ҳамма автотрансформаторларда ВН чулғамлари нейтралини ерга самарали туташтириш шарт (қуйида батафсил тушунтирилади). 110, 150 ва 220 кВ ли системалар ҳам нейтралери ерга самарали туташтирилган ҳолда ишлайди, бироқ бир фазали қисқа туташув токини камайтириш учун трансформаторлар нейтралининг бир қисми ерга уланмайди. Чунки, чиқарилган ноль симлар изоляцияси, одатда, тўла кучланишга ҳисобланмайди, шунинг учун нейтралери ерга уланмаган иш режимида ҳосил бўлиши эҳтимоли бор ўта кучланишларни трансформаторнинг ноль нуқтасига вентилли разрядникларни бириктириш йўли билан камайтириш мумкин (2.30- расм). Шунингдек, тўрт симли 380 / 220 ва 220 / 127 В тармоқларни таъминловчи трансформаторларнинг иккиламчи чулғамидagi нейтрал ҳам ерга туташтирилади. 10—35 кВ ли кучланишдаги чулғамлар нейтралери ерга уланмайди ёки сизим тоқларини компенсация қилиш учун ёй сўндирувчи ғалтак орқали ерга уланади.

Куч трансформаторлари ва автотрансформаторларнинг асосий техник маълумотлари, уларнинг уланиш группалари схемалари амалдаги ГОСТлар [2-10] билан белгиланган.

в) Куч трансформаторлари конструкциясининг элементлари

Юқори кучланишли қувватли трансформатор мураккаб қурилма бўлиб, кўп сонли конструктив элементлардан ташкил топади,

улардан асосийлари қуйидагилар: магнит системаси (магнит ўтказгич), чулғамлар, изоляция, виводлар, бак, совитиш қурилмаси, кучланишни ростлаш механизми, ҳимоялаш ва ўлчаш қурилмалари ҳамда аравачалар.

Магнит системасида трансформаторнинг асосий магнит оқими ўтади («магнит ўтказгич» номи шундан келиб чиққан). Магнит ўтказгич трансформаторнинг конструктив ва механик асоси ҳисобланади. Магнит ўтказгич бир-биридан изоляцияланган электротехник пўлатдан тайёрланган алоҳида-алоҳида листлардан йигилади. Электротехник пўлатнинг сифати магнит индукциясининг рухсат қилинган катталигига ва магнит ўтказгичдаги исрофларга таъсир этади.

Қўп йиллар давомида листининг қалинлиги 0,5 — 0,35 мм ли, рухсат этилган индукцияси 1,4—1,45 Тл, солиштирма қувват исрофи 2,5-3,5 Вт/кг бўлган қиздириб прокатланган ЭЧ1, ЭЧ2 пўлати ишлатиб келинди. Ҳозир рухсат этилган индукцияси 1,7 Тл гача, солиштирма қувват исрофи 0,9—1,1 Вт/кг бўлган, совуқлайин прокатланган текстурали, яъни донлари муайян тартибда жойлашган Э330, Э330 А пўлати ишлатилади. Бундай пўлатдан фойдаланиш катта магнит индукциясига йўл қўйиш ҳисобига магнит ўтказгич кесимини анча камайтириш, чулғам ўрама диаметрини камайтириш, трансформаторларнинг массаси ва ўлчамларини камайтириш имкониятини беради. Трансформаторнинг массаси 1930 йили қувват бирлигига 3,33 т/(Мв · А) га етган бўлса, ҳозирги вақтда 0,74 т/(Мв · А) ни ташкил этади.

Пўлатдаги солиштирма қувват исрофини камайтириш, магнит ўтказгични пухта йиғиш, шпилькасиз конструкциялардан фойдаланиш, ўзакларни ярмо билан қийшиқ шихтовка ёрдамида бириктириш трансформаторнинг салт ишлашидаги қувват исрофини ва магнитлаш тоқини камайтиришга имкон беради. Ҳозирги қувватли трансформаторларда магнитланиш тоқи 0,5—0,6% $I_{ном}$ ни ташкил қилади, қиздириб прокатланган пўлатдан тайёрланган трансформаторларда эса бу катталик 3% га етар эди, салт ишлашдаги қувват исрофи тахминан икки марта камайди.

Трансформаторнинг пўлат листлари бир-биридан пухта изоляцияланган бўлиши керак. Даставвал қоғозли изоляция қўлланилар эди—листларнинг бир томонига юпқа махсус қоғоз ёпиштирилар эди. Қоғоз листларни бир-биридан электрик жиҳатдан тўлиқ изоляциялайди, аммо йиғишда осон йиртилади ва магнит ўтказгичнинг ўлчамларини катталаштиради. Ҳозир 0,01 мм қалинликда лок суркаб листларни изоляциялаш кенг қўлланилмоқда. Лок пардаси листлар орасида етарли даражада ишончли изоляция ҳосил қилади, магнит ўтказгичнинг яхши совишини таъминлайди, қизишга чидамлилиги юқори ва йиғиш пайтида бузилмади. Кейинги пайтда металлургия заводларида прокатлашдан сўнг пўлат тахталарнинг икки юзасига иссиққа чидамли қоплама суркаб яна ҳам кенгроқ қўлланилмоқда, қоплама қалинлиги 0,01 мм дан кам бўлиб, магнит системанинг хоссасини яхшилайди.

Магнит ўтказгич ва унинг конструктив деталлари трансформатор асосини ташкил этади. Асосга чулғам ўрнатилади ва чулғам билан кириш симлари ўтказгичлар ёрдамида улашиб, асосга маҳкамланади ва бу билан трансформаторнинг актив қисми ҳосил қилинади.

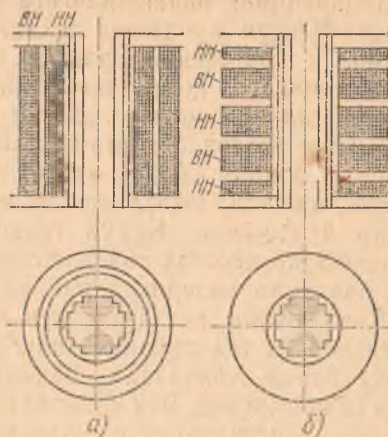
Трансформаторларнинг чулғамлари концентрик ёки навбатма-навбат келувчи бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда НН ва ВН чулғамлари цилиндрлар кўринишида тайёрланиб, стерженда бир-бирига нисбатан концентрик жойлаштирилади (2.31-расм, а). Кўпчилик куч трансформаторларида чулғамни шундай тайёрлаш қабул қилинган. Иккинчи ҳолда ВН ва НН чулғамлари бир хил диаметрли қисқа цилиндрлар кўринишида тайёрланиб, стерженда бири устига иккинчиси жойлаштирилади (2.31-расм, б). Бундай чулғамда кавшарлаш ишлари ниҳоятда кўп, ихчам эмас ва махсус электр печи трансформаторлари ёки қуруқ трансформаторлар учун қўлланилади, чунки чулғамларнинг совиш шароити яхшилайди.

Трансформаторларнинг чулғамлари етарли электрик ва механик мустаҳкамликка эга бўлиши керак. Чулғамлар ва улардан чиққан симлар изоляцияси коммутация ва атмосфера ўта кучланишларига бузилмасдан чидаши керак. Чулғамлар қисқа туташув тоқлари ўтишида ҳосил бўлган электродинamik кучларга чидаши керак. Изоляция йўл қўйилганидан ортиқ қизиқ кетмаслиги учун чулғамларни ишончли совитиш системаси кўзда тутилдиши лозим.

Чулғам ўтказгичлари мис ёки алюминийдан қилинади. Маълумки, мис кичик электр қаршиликка эга, кавшарлаш осон, механик жиҳатдан мустаҳкам, бу эса трансформатор чулғамларини тайёрлашда мисни кенг қўллашга имкон беради. Алюминий арзон, зичлиги кичик, аммо солиштира қаршилиги катта, чулғамни тайёрлашда янги технология талаб этади. Ҳозир алюминий чулғамли, қуввати 6300 кВ. А гача бўлган трансформаторлар тайёрланмоқда.

Ҳозирги трансформаторларда чулғам учун параллел боғлам тарзидаги алоҳида ўтказгичлар ўз ҳолатини даврий ўзгартириб турадиган транспонирланган сим қўлланилади. Бу элементар ўтказгичлар қаршилигининг бир хил бўлишини таъминлайди, механик мустаҳкамлигини орттиради, изоляция қалинлигини ва магнит ўтказгич ўлчамларини кичрайтиради.

Трансформаторнинг изоляцияси унинг энг муҳим қисмидир, чунки трансформаторнинг ишончли ишлаши асосан унинг



2-31- расм. Трансформатор чулғамлари:
а — концентрик; б — алмашинадиган.

изоляциясининг ишончилигига боғлиқ. Изоляциянинг конструкцияси «Юқори кучланиш техникаси» курсида батафсил ёзилган.

Мойли трансформаторларда асосий изоляция бўлиб, қаттиқ диэлектриклар: қоғоз, электр картон, гетинакс ва бошқалар билан биргаликда ишлатиладиган мой ҳисобланади.

Махсус ишлов берилган (стабиллаштирилган) қоғоздан тайёрланган изоляция қўллаш катта самара беради, бундай қоғоз намни камроқ шимади, юқори электр мустаҳкамликка эга ва кучли қизишга йўл қўяди. Қуруқ трансформаторларда органик-кремний материаллар асосида тайёрланган, қизишга чидамлилиги оширилган изоляция материалларининг янги тури кенг қўлланилмоқда.

Кучланишни ростлаш учун мўлжалланган қайта улагич қурилмалар ва трансформаторнинг актив қисми шохобчалари билан бирга бакка жойланади. Бакнинг асосий қисмлари — деворлар, таги ва қопқоқдир. Бак қопқоғидан кириш симларини, чиқариш трубабини, кенгайтиргични маҳкамловчи элементларни, термометрлар ва бошқа деталларни ўрнатиш учун фойдаланилади. Бакнинг деворларига совитгич қурилмалар — радиаторлар маҳкамланади.

Кичик қувватли трансформаторларда бакнинг тепа қисми ажраладиган қилиб тайёрланади: чунки ремонт ишларида трансформаторнинг қопқоғини олиш, сўнгра актив қисмини бакдан кўтариш зарур бўлади.

Трансформатор актив қисмининг массаси 25 т дан оғир бўлса, бу ҳолда уни бакнинг тубига ўрнатилади, сўнгра бакнинг кўнғироқ шакли юқори қисми билан ёпилади ва мой қуйилади. Пастки қисми ажраладиган бундай трансформаторларнинг актив қисмини чиқариш учун оғир юк кўтарувчи қурилмаларга ҳожат йўқ, чунки ремонт пайтларида мой туширилиб, бакнинг юқори қисми кўтарилса, чулғам ва магнит ўтказгичларга бемалол қўл етади.

Оқим сочилишидан ҳосил бўладиган исрофни камайтириш учун пўлат баклар ички томонидан электротехник пўлат пакети ёки магнитсиз материаллардан тайёрланган пластинкалар (мис, алюминий) билан экранлаштирилади.

Трансформаторнинг к е н г а й т и р г и ч и бак билан трубопровод орқали туташтирилган цилиндрик идишдан иборат бўлиб, мойнинг ҳаво билан тегиб турадиган сиртини камайтириш учун хизмат қилади. Трансформаторнинг баки мой билан тўлатилган бўлиб, қизишдан ёки совидан мой ҳажмининг ўзгариши кенгайтиргичдаги мой сатҳининг ўзгаришига олиб келади; бунда ҳаво кенгайтиргичдан ё сиқиб чиқарилади ёки сурилади. Мой намни яхши шимади ва агарда, кенгайтиргич атмосфера билан тўғридан-тўғри туташган бўлса, унда ҳавонинг нами мойга ўтиб, унинг изоляцион хоссаларини кескин пасайтиради. Бунинг олдини олиш учун кенгайтиргич атмосфера билан селикагелли ҳаво қуритгич орқали боғланган. Селикагель сўрилайётган ҳаводаги нами шимади. Нагрузка кескин ўзгарса, селикагелли фильтр ҳавони тўлиқ қуритмайди, шунинг учун кенгайтиргичда ҳаво намлиги аста-секин орта боради. Кенгайтиргич орқали мойнинг намланишини олдини олиш учун инерт газдан иборат ёстиқли герметик бак қўлланилади ёки кенгайтир-

гичдаги эркин бушлиқ махсус эластик ҳажмдан келадиган инерт газ (азот) билан тўлдирилади. Мой-ҳаво чегарасида махсус парда— мембрана қўллаш мумкин. Кенгайтиргичда ҳавони термояхлатгичлар ёрдамида қуриштиш мумкин.

Трансформатор бакига мойнинг оксидланиш маҳсулотларини ютувчи силикагель ёки бошқа модда билан тўлдирилган т е р м о с и ф о н ф и л ь т р маҳкамланади. Мой фильтр орқали циркуляцияланганида узлуксиз тозаланиб туради.

Трансформаторнинг ишини контрол қилиб туриш учун контрол-ўлчаш ва химоя қурилмалари кўзда тутилади. Контрол қурилмаларига мой кўрсаткич ва термометр киради. Мой кўрсаткич кенгайтиргичга, термометр бакнинг қопқоғига ўрнатилади. Ҳимоя қурилмаларига мой сатҳининг пасайиш релеси ва газ релеси киради.

330—750 кВ ли қувватли трансформаторларда қўшимча равишда кириш жойлари изоляциясини назорат қилувчи қурилма (КИВ) ва юқори кучланишли герметик кириш жойларидаги мой босмини ўлчовчи манометрлар қўлланилади.

Трансформаторларнинг асосий конструктив узеллари 2.32- расмда кўрсатилган.

2 г) Трансформаторларнинг совитиш системаси

Трансформаторнинг ишлаш процессида унинг чулғамлари ва магнит ўтказгичи улардаги энергиянинг исроф бўлиши ҳисобига қизийди. Трансформатор қисмларининг қизиш чегарасини изоляция чеклайди, чунки унинг ишлаш муддати қизиш температурасига боғлиқ. Трансформатор қуввати қанча катта бўлса, совитиш системаси шунча интенсивроқ бўлиши керак.

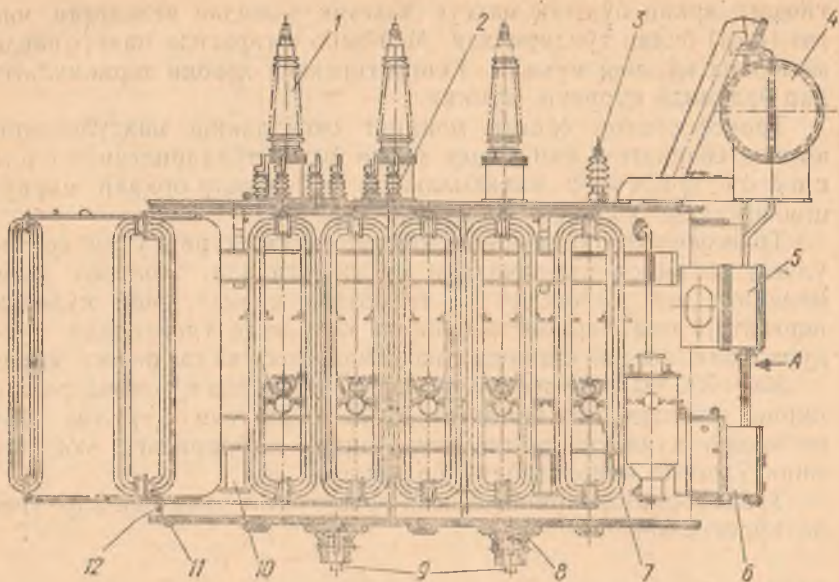
Қуйида трансформаторларнинг совитиш системалари қисқача баён қилинган.

Трансформаторларни ҳаво билан табиий совитиш ҳавонинг табиий конвекцияси ва қисман ҳавога нур чиқариш йўли билан бажарилади. Бундай трансформаторлар «қуруқ» номини олган. Ҳаво билан табиий совитиш шартли равишда қуйидагича белгиланади: очиқ тайёрланганида С, Ҳимояли тайёрланганида СЗ; герметик тайёрланганида СГ.

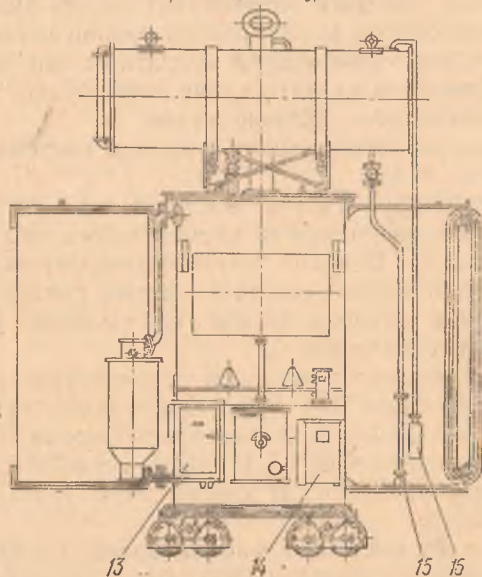
«Қуруқ» трансформатор чулғами температурасининг совитувчи муҳит температурасидан йўл қўйиладиган ошиш чегараси изоляциянинг қизишга чидамлилиги классига боғлиқ ва ГОСТ 11677—75 га мувофиқ А класс учун 60° С; Е класс учун 75° С; В класс учун 80° С; С класс учун 100° С; Н класс учун 125° С дан кўп бўлмаслиги керак.

Совитишнинг бу системаси кам самарали бўлганлиги сабабли кучланиши 15 кВ гача, қуввати 1600 кВ · А гача бўлган трансформаторлар учун қўлланилади.

Мой билан табиий совитиш (М) 16000 кВ · А ва ундан кам қувватли трансформаторлар учун қўлланилади. Бундай трансформаторларда чулғам ва магнит ўтказгичда ажралган иссиқлик улар атрофидаги мойга берилади, бу мой бак ва радиатор тру-



А стрелка бұдан кўриниши



2-32- расм. Уч фазали мойи пуфлаб совитиладиган трансформатор:

1 — ВН киргичи; 2 — НН киргичи; 3 — ВН нинг нолинчи киргичи; 4 — кенгайтргич; 5 — контакторлар қолламаси; 6 — РПН механизмининг юритмаси; 7 — пуфлаш электр двигатели; 8 — айланувчи каретка; 9 — каток; 10 — трансформаторни кўтариш учун тиргақлар; 11 — мой қуйқаларини тушириш учун тешик пробкаси; 12 — мойни олиш учун кран; 13 — пуфлашни автоматик бошқариш шкафи; 14 — РПН механизми автоматикасининг шкафи; 15 — мойни тўлдириш учун кран; 16 — ҳаво қуриткич; 17 — термосифон фильтр.

баларида айланиб, уни атрофдаги ҳавога беради. Трансформатор нагрукаси номинал бўлганда мойнинг температураси юқориги энг қизиган қатламларида $\pm 95^{\circ}\text{C}$ дан ошмаслиги керак (ПТЭ 35.13- §).

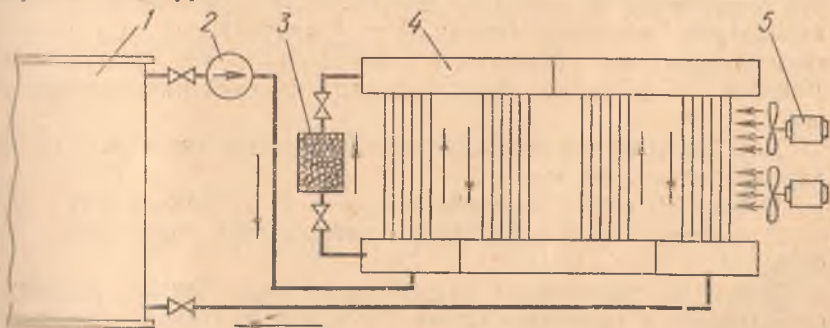
Атрофга иссиқликни яхши тарқатиш учун трансформаторлар баки, қувватга қараб, қовурғалар, совитиш трубалари ёки радиаторлари билан жиҳозланади.

Мойни пуфлаш ва табиий циркуляциялаш йўли билан совитиш (Д) қуввати катта трансформаторларда қўлланилади. Бу ҳолда радиатор трубаларидан ташкил топган осма совитгичларга вентилятор ўрнатилади (2.32- расм). Вентилятор пастдан ҳавони сўради ва трубаларнинг юқориги қизиган қисмига ҳайдайди. Вентиляторларни ишга тушиши ва тўхташи трансформаторнинг нагрукаси ва мойнинг қизиш температурасига қараб, автоматик амалга оширилиши мумкин. Шундай совитиладиган трансформаторлар, агар нагрукка номиналнинг 100% идан ошмаса, мойнинг юқориги қатламининг температураси эса $+55^{\circ}\text{C}$ дан юқори бўлмаса, шунингдек, совитадиган ҳаво температураси $+45^{\circ}\text{C}$ дан юқори бўлмаса, пуфлаш тўлиқ тўхтатилган ҳолда ишлаши мумкин (ПТЭ 35.10). Номинал нагруккада ишлаётганда мой юқориги қатламининг йўл қўйиладиган температурасининг максимал чегараси $+95^{\circ}\text{C}$ бўлади.

Радиатор трубаларини жадал пуфлаш мойнинг, демак, трансформатор чулғами ва магнит ўтказгичини совитиш шароитини яхшилайди, бу эса қуввати 100000 кВ · А гача бўлган трансформаторлар тайёрлаш имкониятини беради.

Мойни пуфлаш ва мойни ҳаво совитгичлар орқали мажбурий циркуляциялаш йўли билан совитиш (ДЦ) қуввати 63000 кВ · А ва ундан катта бўлган трансформаторлар учун қўлланилади.

Совитгичлар ташқарисига вентилятор ҳаво ҳайдайдиган қиррали юшқа трубалар системасидан ташкил топган. Мой трубаси ичига жойлаштирилган электр насослари мойнинг совитгичлар орқали узлуксиз мажбуран циркуляциясини ҳосил қилади (2.33- расм).



2.33- расм. ДЦ системаси совитгичнинг принципиал схемаси:

1 — трансформатор баки; 2 — электр насоси; 3 — адсорб филтър; 4 — совитгич; 5 — пуфлаш вентиляторлари.

Мой катта тезликда циркуляцияланиши, совитиш юзалари катталашгани ва жадал пуфлаш ҳисобига совитгичлар иссиқликни кўп узатади ва ихчамдир. Совитишнинг бундай системасига ўтиш трансформаторларнинг ўлчамларини анча камайтириш имкониятини беради.

Совитгичлар трансформаторлар билан бир пойдеворга ёки трансформаторнинг баки ёнидаги алоҳида пойдеворга ўрнатилиши мумкин.

ДЦ совитиш системали трансформаторларда мойнинг максимал йўл қўйилган температураси $\pm 75^{\circ}\text{C}$.

Мой мажбуран циркуляцияланадиган мой-сувли совитиш (Ц) принципиал жиҳатдан ДЦ системасига ўхшаш тузилган фақат фарқи шундаки, ундаги совитгичлар трубалардан иборат бўлиб улар ичида сув айланади, трубалар орасида эса мой юради.

Мой совитгичга кираётган мой температураси $+70^{\circ}\text{C}$ дан ошмаслиги лозим.

Трансформаторнинг мой системасига сув тушишининг олдини олиш учун мой совитгичлардаги мой босими уларда айланувчи сув босимидан камида $0,02\text{ МПа}$ (2 Н/см^2) га ортиқ бўлиши керак. Совитишнинг бу системаси самарали, бироқ конструкцияси жиҳатидан анча мураккаб бўлиб, гидростанция ва ёпиқ хоналарга ўрнатиладиган ($100\text{ МВ} \cdot \text{А}$ ва ундан юқори) қувватли трансформаторларда ишлатилади.

ДЦ ва Ц совитиш системали трансформаторларда мойни мажбуран циркуляциялаш қурилмаси трансформатор ишга тушиши билан бир вақтда автоматик уланиши ва трансформаторнинг нагрукасидан қатъи назар узлуксиз ишлаши керак. Шу билан бирга, ишга тушириладиган совитгичлар сони трансформаторнинг нагрукасига қараб аниқланади. Бундай трансформаторлар мойнинг ва совитувчи сувнинг циркуляцияланишини тўхтатиш, вентиляторни тўхтатиш кераклиги ҳақидаги сигнализацияга эга бўлиши керак.

Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, ҳозир чулғамлари жуда ҳам паст температурагача совитиладиган трансформаторларнинг янги конструкциялари ишлаб чиқилмоқда. Металл паст температурада ўта ўтказувчанлик хоссасига эга бўлиб, чулғам кесимини кескин камайтириш имконини беради. Ўта ўтказувчанлик принципадаги трансформаторлар (криогенли трансформаторлар қуввати $1000\text{ МВ} \cdot \text{А}$ ва ундан юқори бўлишига қарамай кичик оғирликка эга.

Ҳар бир трансформатор қуйида кўрсатилган тартибдаги шартли ҳарфий белгиларга эга:

1) фазалар сони (бир фазали учун — 0, уч фазали учун — Т);
2) совитиш тури — юқорида келтирилган тушунтириш асосида;

3) турли кучланишли тармоқларда ишлайдиган чулғамлар сони (агарда у иккитадан ортиқ бўлса); уч чулғамли трансформаторлар учун Т, ажратилган чулғамли трансформатор учун Р (фазалар сонидан кейин кўрсатилади).

4) чулғамлардан бири РПН қурилмаси билан тайёрланган бўлса, қўшимча Н ҳарфи билан белгиланади;

5) автотрансформаторларни белгилаш учун биринчи ўринда А ҳарфи қўшилади.

Ҳарфий белгидан кейин номинал қувват ва кучланиш классификацияси кўрсатилади. Бир хил параметрли, бир хил конструкцияли турли корхоналарда ишлаб чиқариладиган трансформаторлар учун, шу конструкциядаги трансформаторлар қайси йилдан бошлаб ишлаб чиқарилиши кўрсатилади.

Масалан: ТМН-10000/110—67 — уч фазали, икки чулғамли, мой билан табиий совитилувчи, РПН ли номинал қуввати 10000 кВ . А, 110 кВ классли, 1967 йилда яратилган конструкцияли трансформатор.

д) Трансформаторларнинг нагрузкаланиш қобилияти

Трансформаторларнинг нагрузкаланиш қобилияти деганда уларнинг рухсат этилган нагрузкалари билан ўта нагрузкалари бирга-лиқда тушунилади.

Рухсат этилган нагрузка — вақт буйича чегараланмаган узоқ муддатли нагрузка бўлиб, бунда чулғам изоляциясининг қизишидан эскириши номинал иш режимидаги эскиришидан катта бўлмайди.

Трансформаторнинг ўта нагрузкаси — изоляциянинг тез эскиришига олиб келадиган нагрузка. Агар нагрузка айни трансформаторнинг номинал қувватидан катта бўлса ёки атроф муҳит температураси қабул қилинган ҳисобий температурадан $+20^{\circ}\text{C}$ дан ортиқ бўлса, шундай режим ҳосил бўлади.

Ўта нагрузкаланиш аварияда ва систематик бўлиши мумкин.

Авария ўта нагрузкаланишига авария ҳолларида, масалан, параллел ишлаётган трансформатор ишдан чиққан ҳолларда йўл қўйилади. Рухсат этилган нагрузка чулғам ($+140^{\circ}\text{C}$) ва мойнинг ($+115^{\circ}\text{C}$) рухсат этилган чегара температуралари билан аниқланади. ГОСТ 11677-75 га асосан номинал токдан катта бўлган қисқа муддатли авария ўта нагрузкаланишига (олдинги нагрузканинг давомийлиги ва катталиги, совитувчи муҳит температураси ва ўрнатиш жойидан қатъи назар) қуйида кўрсатилган чегараларда йўл қўйилади:

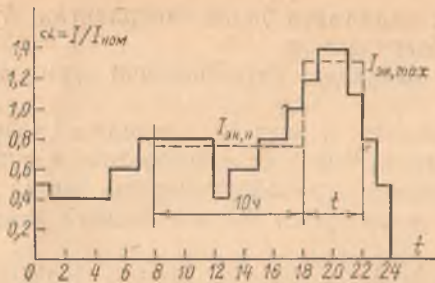
Мойли трансформаторлар:

Ток буйича ўта нагрузкаланиши, % . . .	30	45	60	75	100
Ўта нагрузкаланиш давомийлиги, мин. . . .	120	80	45	20	10

Қуруқ трансформаторлар:

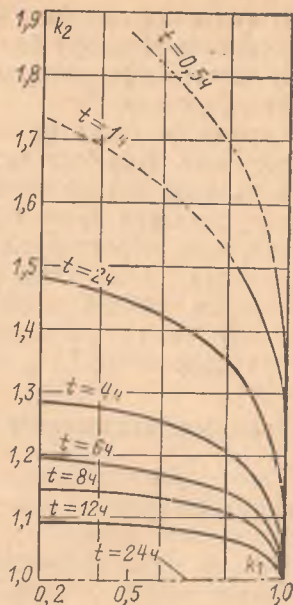
Ток буйича ўта нагрузкаланиши, % . . .	20	30	40	50	60
Ўта нагрузкаланиш давомийлиги, мин. . . .	60	45	32	18	5

Узоқ муддатли авария ўта нагрузкаланиши М, Д, ДЦ ва Ц совитиш системали трансформаторлар учун 5 суткадан кўп бўлмаган вақт давомида 40% га йўл қўйилади, бунда агар бошланғич нагрузка коэффициенти k_1 нинг қиймати



2-34- расм. Трансформатор нагрукка-сининг суткали графиги буйича икки погонали графигки тузиш.

2-35- расм. Муҳитнинг совитиш эквивалент температураси $+20^{\circ}\text{C}$, қуввати 6,3 дан 32 МВ А гача бўлган Д совитиш системаси трансформаторларнинг нагруккаланиш қобилияти графиги.



0,93 дан ошмаса, ўта нагруккаланиш давомийлиги бир суткада 6 соатдан ошмаслиги керак.

$$k_1 = \frac{I_{\text{эк, н}}}{I_{\text{ном}}} \quad (2-10)$$

бу ерда $I_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал токи; $I_{\text{эк, н}}$ — максимумдан олдинги 10 соат давомдаги эквивалент нагрукка, у қуйидаги формуладан аниқланади:

$$I_{\text{эк, н}} = I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{\alpha_1^2 t_1 + \alpha_2^2 t_2 + \dots + \alpha_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2-11)$$

бу ерда $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ — номинал ток улушидаги нагруккалар ўртача катталигининг турли погонаси; t_1, t_2, \dots, t_n — бу нагруккаларнинг давомийлиги, соат.

Бундай ўта нагруккаланиш чулғамларнинг жуда қизишига олиб келиши мумкин, шу сабабли трансформаторни совитишни кучайтириш учун тегишли тадбирлар кўриш (бакига сув қуйиб туриш, резерв совитгичлар, пуфлаш, ҳаво ҳайдаш вентиляторлари ва ҳ. к. ларни ишга тушириш) талаб этилади.

Трансформаторларнинг систематик ўта нагруккаланиши уларнинг сутка давомда нотекис нагруккаланишидан келиб чиқади. 2.34- расмда суткали нагрукка графиги келтирилган бўлиб, ундан кўринишича трансформатор тунги, эрталабки ва кундузги соатларда етарли нагруккаланмаган, кечқурунги максимум вақтида (18 дан то 22 соатгача) ўта нагруккаланган бўлади.

Нагрузка етарли бўлмаса, изоляциянинг эскириши кам бўлиб, ўта нагрукадан анча ортади. Рухсат этиладиган систематик ўта нагрузка чулғамнинг энг қизиган нуқтасининг температураси $+98^{\circ}\text{C}$ дан ошмагандаги максимал нагрузка ва ундан олдинги тўлиқсиз нагрузка вақтида изоляциянинг эскириши трансформаторнинг ўзгармас номинал нагрукда ишлаётган эскириши билан бир хил деган шартдан аниқланади.

Рухсат этиладиган нагрузка коэффициентлари қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$k_2 = \frac{I_{\text{ЭК, max}}}{I_{\text{НОМ}}} \quad (2-12)$$

бу ерда $I_{\text{ЭК, max}}$ — нагруканинг эквивалент максимуми бўлиб, $I > I_{\text{НОМ}}$ бўлгандаги максимум нагрузка даври учун (2-11) бўйича аниқланади.

Рухсат этиладиган систематик ўта нагрузка бошланғич нагрузка k_1 , ўта нагрузка давомийлиги t , совитиш системаси, трансформатор қуввати ва атроф-муҳит температурасига боғлиқ бўлади.

Агар нагруканинг суткалик ва мавсумий ўзгариши унча катта бўлмаса, у ҳолда $\theta_{\text{сов}} = +20^{\circ}$ деб олинади; агар нагруканинг мавсумий ўзгариши ўртача суткалик температуранинг максимал даврига тўғри келса, у ҳолда эквивалент температура $\theta_{\text{сов, ЭК}}$ аниқланади (уни аниқлаш усули ГОСТ 14209 — 69 да келтирилган).

Санаб ўтилган ҳамма факторларни ҳисобга олиб, нагрукани шартли равишда қобилияти графиклари тузилган, улардан рухсат этилган систематик ўта нагрукани аниқлаш мумкин. ГОСТ 14209—69 бўйича ҳаммаси бўлиб 36 та шундай графиклар мавжуд. Мисол тариқасида графиклардан бири 2.35-расмда келтирилган. Ўта нагрузка 50% дан ортиқ ($k_2 > 1,5$) бўлса, уни ишлаб чиқарувчи завод билан келишиб олиш керак.

Нагруканинг суткалик ўзгариши ҳисобига юз берадиган юқорида айтилган систематик ўта нагрукадан ташқари, нагруканинг мавсумий ўзгариши ҳисобига ўта нагрукани рухсат этилади; агар ёздаги нагрузка типавий графининг максимуми трансформаторнинг номинал қувватидан кичик бўлса, у ҳолда ёзда тўла нагрукаланмаганликнинг ҳар бир проценти ҳисобига қиш ойларида қўшимча 1% га ўта нагрукани рухсат этилади, лекин бу 15% дан ошмаслиги керак.

Умумий нагрузка номиналнинг 150% идан ошмаслиги лозим.

Трансформаторнинг мажбурий совитиш системаси ишламай қолса, нагрузка пасайтирилиши лозим. Бу тавсиялар ПТЭ да баътафсил баён этилган.

2.1- мисол. Агар $\theta_{\text{сов, ЭК}} = +20^{\circ}\text{C}$ бўлса, 2.34-расмда келтирилган график бўйича ишловчи ТДН-16000 трансформаторининг ўта нагруканишига рухсат этилиши ёки этилмаслиги аниқлансин.

Едини. Ўта нагруканишидан олдинги 10 соат учун эквивалент нагрукани аниқлаймиз:

$$I_{\text{эк, Н}} = I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{\alpha_1^2 t_1 + \alpha_2^2 t_2 + \dots + \alpha_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} =$$

$$= I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{0,8^2 \cdot 4 + 0,4^2 \cdot 1 + 0,6^2 \cdot 2 + 0,8^2 \cdot 2 + 1^2 \cdot 1}{4 + 1 + 2 + 2 + 1}} = 0,756 I_{\text{ном}}$$

Бошланч нагрукка коэффициенти:

$$k_1 = \frac{I_{\text{эк, Н}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{0,756 I_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} = 0,756.$$

Эквивалент максимал нагрукка:

$$I_{\text{эк, max}} = I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{1,2^2 \cdot 1 + 1,4^2 \cdot 2 + 1,3^2 \cdot 1}{1 + 2 + 1}} = 1,32 I_{\text{ном}}$$

Ўта нагрукка коэффициенти:

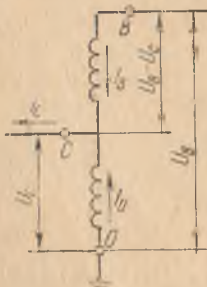
$$k_2 = \frac{I_{\text{эк, max}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{1,32 I_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} = 1,32.$$

Нагруккаланиш қобилияти графиги (2.35- расм) дан тегишли трансформатор типини ва совитиш муҳити температурасига қараб, эгри чизиқдан $t = 4$ соат, $k_{2 \text{ қуш}} = 1,22$ ни аниқлаймиз. Демак, ТДН- 16000 трансформатор кўрсатилган график асосида ишлаш олмайд, чунки максимум соатларида нагрукка ҳаддан ташқари катта. Максимум нагруккани $1,22 I_{\text{ном}}$ гача ёки максимумнинг давомийлигини 3 соатгача камайтириш лозим. Шуниси қизиқки, шу трансформатор қиш ойларида $\theta_{\text{сов. эк}} = 0^\circ\text{C}$ да $1,38 I_{\text{ном}}$ гача, $\theta_{\text{сов. эк}} = +10^\circ\text{C}$ да эса $1,32 I_{\text{ном}}$ гача нагруккаланиши мумкин (ГОСТ 14209 — 69; 15, 17- чизмалар).

е) Автотрансформаторларнинг конструкцияси билан иш режимининг хусусиятлари

Кейинги ўн йиллар ичида СССР ва чет давлатларда катта қувватли автотрансформаторлардан кенг фойдаланилмоқда. Бу уларнинг трансформаторларга қараганда қатор афзалликларга эга бўлиши билан тушунтирилади.

Бир фазали автотрансформатор иккита электр боғланган чулғам OB ва OC га эга (2.36- расм). Тутқиқлар B ва C орасида жойлашган чулғамнинг қисми кетма-кет, C ва O орасидагиси эса умумий деб юритилади.



2.36- расм. Бир фазали автотрансформатор схемаси.

Автотрансформатор кучланишни пасайтириш режимида ишлаганда кетма-кет чулғамдан ток I_B ўтиб магнит оқим ҳосил қилади ва бу оқим умумий чулғамда I_0 токни вужудга келтиради. Иккиламчи чулғам нагруккасининг токи I_C , чулғамнинг гальваник (электр) боғланиши рабабли ўтувчи I_B ток билан шу чулғамларнинг магнит боғланишидан ҳосил бўлган I_0 тоқлар йиғиндисига тенг:

$$I_C = I_B + I_0, \text{ бундан } I_0 = I_C - I_B.$$

Автотрансформаторнинг бирламчи тармоғидан иккиламчисига узатиладиган тўла қувват ўтувчи қувват деб юритилади.

Агар автотрансформаторнинг чулғамлари қаршилигидаги йўқотиш-ни ҳисобга олмасак, у ҳолда қуйидагини ёзиш мумкин:

$$S = U_B I_B = U_C I_C.$$

Ифоданинг ўнг томонини ўзгартириб

$$S = U_B I_B = [(U_B - U_C) + U_C] I_B = (U_B - U_C) I_B + U_C I_B \quad (2-13)$$

тенгликни ҳосил қиламиз. Бунда $(U_B - U_C) I_B = S_T$ — бирламчи чулғамдан иккиламчисига магнит йўли билан ўтаётган трансформатор қуввати; $U_C I_B = S_9$ — трансформациясиз, гальваник боғланиш ҳисобига бирламчи чулғамдан иккиламчи чулғамга ўтаётган электр қувват.

Бу қувват умумий чулғамни нагрукаламайди, чунки I_B ток ОС чулғамини четлаб кетма-кет чулғамдан чиқиш жойи C га ўтади.

Номинал режимдаги ўтувчи қувват автотрансформаторнинг номинал қуввати $S = S_{ном}$ бўлади, трансформатор қуввати эса — типавий қувват деб юритилади:

$$S_T = S_{мин}.$$

Магнит ўтказгичнинг ўлчамлари, демак, унинг массаси номинал қувватнинг бир қисмини ташкил этувчи трансформатор (типавий) қуввати орқали аниқланади:

$$\frac{S_{тип}}{S_{ном}} = \frac{(U_B - U_C) I_B}{U_B I_B} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = 1 - \frac{1}{n_{BC}} = k_{фой}, \quad (2-14)$$

бунда $n_{BC} = U_B/U_C$ — трансформация коэффициенти; $k_{фой}$ — фойдалилик ёки типавий қувват коэффициенти.

(2-14) ифодадан кўринадики, U_B катталики U_C га қанча яқин бўлса, $k_{фой}$ шунча кичик ва типавий қувват номиналнинг кам қисмини ташкил этади. Бундан, автотрансформаторнинг ўлчамлари, массаси, актив материалларни сарфлаш, номинал қуввати бир хил бўлган трансформаторга нисбатан камайди деган хулоса келиб чиқади.

Масалан. $U_B = 330$ кВ, $U_C = 110$ кВ бўлса, $k_{фой} = 0,667$ бўлади, агар $U_B = 550$ кВ, $U_C = 330$ кВ бўлса, $k_{фой} = 0,34$ бўлади.

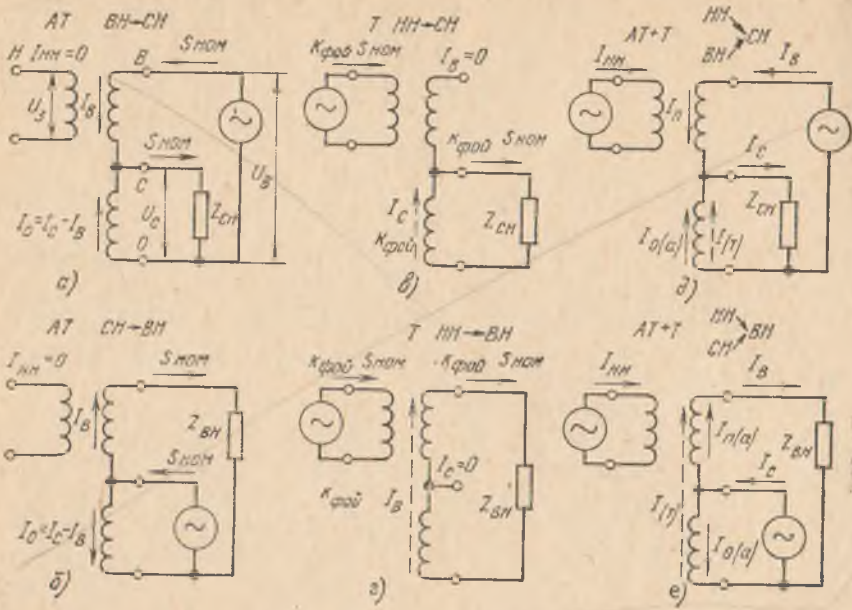
Кучланишлар биргалиги 220/110, 330/150, 500/220, 750/330 кВ бўлганда автотрансформаторлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

2.36-расмдаги схемада кўринадики, кетма-кет чулғам қуввати:

$$S_{KK} = (U_B - U_C) I_B = S_{тип};$$

умумий чулғам қуввати:

$$S_{ум} = U_C I_0 = U_C (I_C - I_B) = U_C I_C \left(1 - \frac{1}{n_{BC}}\right) = S_{ном} k_{фой} = S_{тип}.$$



2-37- расм. Автотрансформаторлар чулғамларидаги тоқларнинг турли режимларда тақсимланиши:

а, б — автотрансформатор режимлар; в, г — трансформатор режимлар; д, е — комбинацияланган режимлар.

Шундай қилиб, яна шуни қайд қилиш мумкинки, автотрансформаторнинг чулғами ва магнит ўтказгичи, айрим ҳолларда ҳисобий қувват деб юритилувчи типавий қувватга ҳисобланади. В ва С қисқичларга қандай қувват келтирилишига қарамай, кетма-кет ва умумий чулғамни $S_{тип}$ дан ортиқ юклаш мумкин эмас. Бу хулоса, автотрансформаторнинг комбинацияланган иш режимларини кўришда айниқса муҳимдир. Бундай режимлар автотрансформаторнинг чулғамлари билан фақат магнит орқали боғланган учинчи чулғам мавжуд бўлгандагина келиб чиқади.

Автотрансформаторнинг учинчи чулғами (НН чулғами) нагрукани таъминлаш, актив ёки реактив қувват манбалари (генераторлар ва синхрон компенсаторлар) ни улаш, айрим ҳолларда эса фақат учинчи гармоник тоқларни компенсациялаш учун қўлланилади. НН чулғамининг номинал қуввати автотрансформаторнинг паспорт маълумотларида кўрсатилади.

ВН, СН ва НН чулғамлари бўлган уч чулғамли автотрансформаторларнинг иш режимини кўриб чиқамиз (2.37- расм).

Автотрансформаторли режимларда (2.37-расм, а, б) номинал қувват $S_{ном}$ ВН чулғамдан СН чулғамга узатилиши ва аксинча бўлиши мумкин. Иккала режимда умумий чулғамда тоқлар фарқи $I_C - I_B = k_{фод} \cdot I_C$ ўтади, шунинг учун кетма-кет ва умумий

чулғамлар типавий қувват билан юкланган бўлади, бу эса рухсат этилади.

Трансформаторли режимларда (2.37-расм в, г) қувватни НН чулғамдан СН чулғамга ёки ВН га узатиш мумкин. НН чулғамини $S_{\text{тип}}$ дан ортиқ нағрузкалаш мумкин эмас. Режим НН → ВН ёки НН → СН нинг рухсат этилиш шарти:

$$S_{\text{НН}} \leq S_{\text{тип}} = k_{\text{фой}} S_{\text{ном}} \quad (2-15)$$

Агар НН дан СН га $S_{\text{тип}}$ трансформацияланадиган бўлса, унда умумий чулғам шу қувват билан нағрузкаланган ва кетма-кет чулғам нағрузкаланмаган бўлса ҳам ВН дан СН га қўшимча қувват узатилиши мумкин бўлмайди. Трансформаторли режимда (2.37-расм, г) $S_{\text{тип}}$ қувватни НН чулғамдан ВН га узатишда умумий ва кетма-кет чулғамлар тўла нағрузкаланмайди:

$$I_0 = I_{\text{п}} = \frac{k_{\text{фой}} \cdot S_{\text{ном}}}{U_{\text{В}}} = k_{\text{фой}} I_{\text{В}}$$

шунинг учун СН чулғамидан ВН га қўшимча маълум миқдордаги қувватни узатиш мумкин (2.37-расм, г га берилган тушунтиришни қаранг).

Комбинациялашган режимда қувватни автотрансформаторли йўл билан ВН → СН ва трансформаторли йўл НН → СН билан узатилганда (2.37-расм, д) кетма-кет чулғамдаги ток

$$I_{\text{КК}} = I_{\text{В}} = \frac{\sqrt{P_{\text{В}}^2 + Q_{\text{В}}^2}}{U_{\text{В}}},$$

бунда $P_{\text{В}}$, $Q_{\text{В}}$ — ВН дан СН га узатиладиган актив ва реактив қувватлар.

Кетма-кет чулғам нағрузкаси

$$S_{\text{КК}} = (U_{\text{В}} - U_{\text{С}}) I_{\text{КК}} = \frac{\sqrt{P_{\text{В}}^2 + Q_{\text{В}}^2}}{U_{\text{В}}} (U_{\text{В}} - U_{\text{С}}) = k_{\text{фой}} S_{\text{В}}$$

Бундан шу нарса кўринадики, номинал қувват $S_{\text{В}} = S_{\text{ном}}$ ни узатганда ҳам кетма-кет чулғам ўта нағрузкаланмайди.

Умумий чулғамдаги тоқлар автотрансформаторли ва трансформаторли режимларда бир томонга йўналган:

$$I_0 = I_{0(\text{а})} + I_{(\text{Т})}$$

Умумий чулғам нағрузкаси

$$S_{\text{ум}} = U_{\text{С}} (I_{0(\text{а})} + I_{(\text{Т})}).$$

Тоқлар миқдорини ўрнига қўйиб ва тегишли ўзгартиришлардан сўнг қўйидаги натижани оламиз:

$$S_{\text{ум}} = \sqrt{(k_{\text{фой}} P_{\text{В}} + P_{\text{НН}})^2 + (k_{\text{фой}} Q_{\text{В}} + Q_{\text{НН}})^2}, \quad (2-16)$$

бунда $P_{\text{НН}}$, $Q_{\text{НН}}$ — НН чулғамдан СН чулғамга узатилаётган актив ва реактив қувватлар.

Шундай қилиб, $НН \rightarrow СН$, $ВН \rightarrow СН$ комбинацияланган режим умумий чулғам нагрукаси билан чегараланади ва қуйидаги шартда рухсат этилади:

$$S_{ум} \leq S_{тип} = k_{фой} S_{ном}. \quad (2-17)$$

Қувватни $НН$ ва $СН$ чулғамлардан $ВН$ чулғамга узатувчи комбинацияланган режимда токларнинг тақсимланиши 2.37-расм, e да кўрсатилган. Умумий чулғамда автотрансформаторли режимдаги ток йўналиши трансформаторли режим токининг йўналишига қарама-қарши, шунинг учун чулғамнинг нагрукаси рухсат этилгандан анча кичик ва ниҳоят нолга тенг бўлиши мумкин. Кетма-кет чулғамдаги тоklar ўзаро қўшилади ва натижада уни ўта нагрукалаши мумкин. Бу режим кетма-кет чулғамни нагрукалаш билан чегараланади:

$$S_{кк} = k_{фой} \sqrt{(P_C + P_{НН})^2 + (Q_C + Q_{НН})^2}, \quad (2-18)$$

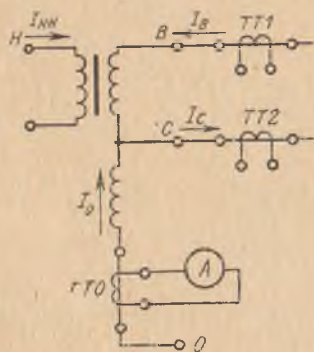
бунда P_C , Q_C — $СН$ томонидаги актив ва реактив қувватлар; $P_{НН}$, $Q_{НН}$ — $НН$ томонидаги актив ва реактив қувватлар.

Агар қуйидаги шарт бажарилса комбинацияланган режим $НН \rightarrow \rightarrow ВН$, $СН \rightarrow ВН$ га йўл қўйилади:

$$S_{кк} \leq S_{тип} = k_{фой} S_{ном} \quad (2-19)$$

Бошқа комбинацияланган режим ҳам бўлиши мумкин, яъни $СН$ чулғамдан $НН$ ва $ВН$ чулғамларга қувват узатилиши ёки $ВН$ чулғамдан $СН$ ва $НН$ чулғамларга қувват узатиб пасайтирувчи режимда ишлаши мумкин.

Ҳамма ҳолларда ҳам автотрансформатор чулғамларининг нагрукаланишини назорат қилиб туриш керак. $I_{кк} = I_B$ бўлганлиги учун кетма-кет чулғам токини ток трансформатори $ТТ1$ орқали назорат қилиш мумкин (2.38-расм). $СН$ чулғам чиқишларидаги токни ток трансформатори $ТТ2$ назорат қилади, умумий чулғамдаги ток эса шу чулғамга ўрнатилган ток трансформатори $ТТО$ орқали бевосита назорат этилиши мумкин. Умумий чулғамнинг рухсат этилган нагрукаси автотрансформаторнинг паспорт маълумотларида кўрсатилади.

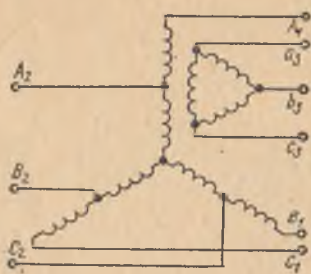


2-38- расм. Автотрансформаторлар нагрукасини контрол қилиш учун ток трансформаторларининг уланиш схемаси.

Бир фазали автотрансформаторлар учун қилинган хулосалар [2-14]—(2-18) формулалар] схемаси 2.39-расмда қўрсатилган учфазали автотрансформаторлар учун ҳам тўғри келади. $ВН$ ва $СН$ чулғамлар ноль нуқтаси чиқарилган юлдузчада уланади. $НН$ чулғам учбурчаклик кўринишида уланади.

Автотрансформаторлар конструкцияларининг хусусиятларига $ВН$ ва $СН$ чулғамлар учун умумий бўлган нейтрални

ерга мустаҳкам туташтириш лозимлигини киритиш мумкин. Буни қуйидагича тушунтирилади. Агар нейтрални ерга самарали уланган системага нейтрални ерга уланмаган пасайтирувчи автотрансформатор уланса, у ҳолда СН тармоқдаги фазалардан бири ерга туташганда, шу фазанинг кетма-кет чулғамидаги кучланиш $(U_B - U_D)/\sqrt{3}$ ўрнига тўлиқ кучланиш $U_B/\sqrt{3}$ бўлади ва СН чулғам чиқиқларидаги кучланиш тахминан U_B гача ортиб, шикастланмаган фазалар чулғамидаги кучланиш кескин ортади. Худди шу ҳолат нейтрални ерга самарали уланган системага нейтрални ерга уланмаган кучайтирувчи автотрансформатор уланганда ҳам кузатилади [2-14].



2-39- расм. Уч фазали автотрансформатор схемаси.

Бу каби ўта кучланишларга йўл қўйиш мумкин бўлмагани учун автотрансформаторларнинг ҳамма нейтраллари ерга мустаҳкам уланади. Бундай ҳолатда ВН ёки СН томонлар ерга туташганда хавфли ўта кучланиш бўлмайди, бироқ ВН ва СН системаларда бир фазали қисқа туташув токи ортади.

Юқоридаги мулоҳазаларга яқун ясаб, шуни айтиш мумкинки, автотрансформаторларнинг шу қувватдаги трансформаторларга нисбатан афзаллиги қуйидагилар:

материаллар кам сарфланади (мис, пўлат, изоляция материаллари);

массаси ва ўлчамлари кичик бўлганлиги учун трансформаторларга нисбатан катта номинал қувватли автотрансформаторлар яратиш имконини беради;

йўқотгичлар кам бўлиб, ФИҚ катта;

совитиш шароитлари анча енгил.

Автотрансформаторларнинг камчиликлари:

нейтрални ерга мустаҳкам улаш зарурияти бир фазали қисқа туташув токининг ортишига олиб келади;

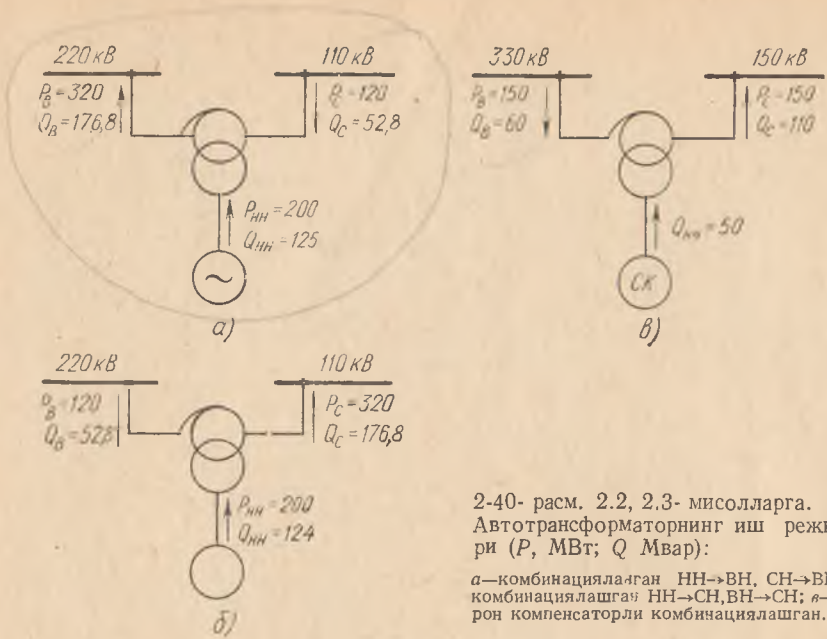
кучланишни бошқариш процесси мураккаб;

ВН ва СН чулғамларнинг электрик боғланиши сабабли ўта кучланишларнинг атмосфера орқали ўтиш хавфи туғилади.

2-2- мисол. 200 МВт ли генератор билан блок орқали уланган, $\cos \varphi = 0,85$ бўлган 220/110/15,75 автотрансформатор танлансин. Генераторнинг қуввати 220 кВ тармоққа узатилади. Бундан ташқари 110 кВ ли тармоқдан 220 кВ ли тармоққа 120 МВт узатилмоқда, $\cos \varphi = 0,92$ (2.40- расм, а).

Ечиш: Трансформаторли режим НН → ВН нинг шартига биноан автотрансформаторнинг қуввати қуйидагига тенг:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_{\text{НН}}}{k_{\text{фол}}} = \frac{P_{\text{Г}}}{\cos \varphi k_{\text{фол}}} = \frac{200}{0,85 \cdot 0,5} = 470 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$



2-40- расм. 2.2, 2.3- мисолларга. Автотрансформаторнинг иш режимлари (P , МВт; Q Мвар):
 а—комбинациялашган НН→ВН, СН→ВН; б—комбинациялашган НН→СН, ВН→СН; в—синхрон компенсаторли комбинациялашган.

бунда

$$k_{\text{фой}} = \frac{U_B - U_C}{U_B} = \frac{220 - 110}{220} = 0,5.$$

Қувватни комбинациялашган режимда НН→ВН ва СН→ВН узатишда кетма-кет чулгам нарузкасини (2-18) ифода оққали аниқлаймиз:

$$S_{\text{кк}} = k_{\text{фой}} \sqrt{(P_C + P_{\text{НН}})^2 + (Q_C + Q_{\text{НН}})^2} = 0,5 \sqrt{(120 + 200)^2 + (52,8 + 124)^2} = 183 \text{ МВ}\cdot\text{А}.$$

Автотрансформаторнинг номинал қуввати комбинациялашган режим (2-19) нинг рухсат этилган шартга асосан

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_{\text{кк}}}{k_{\text{фой}}} = \frac{183}{0,5} = 366 \text{ МВ}\cdot\text{А}$$

га тенг бўлади.

Шундай қилиб, биринчи анча оғир шартга асосан, иккита ҳар бири 250 МВ·А дан бўлган 2×АТДЦТН-250000/220/110 уч фазали автотрансформатор танлаймиз.

СН томонга бир вақтнинг ўзида генераторнинг қувватини бериш ҳамда ВН томондан 120 МВт қувват узатиш мумкинлигини текшириб чиқамиз (2.40- расм, б).

Автотрансформаторнинг умумий чулғами нарузкасини (2-16) дан аниқлаймиз:

$$S_{\text{ум}} = \sqrt{(k_{\text{фой}} P_B + P_{\text{НН}})^2 + (k_{\text{фой}} Q_B + Q_{\text{НН}})^2} = \sqrt{(0,5 \cdot 120 + 200)^2 + (0,5 \cdot 52,8 + 124)^2} = 300 \text{ МВ}\cdot\text{А}.$$

Қурилайтган режим ҳар бири 250 МВ·А дан бўлган иккита автотрансформатор учун рухсат этилмайди, чунки

$$S_{\text{ум}} > S_{\text{тип}} = k_{\text{фой}} S_{\text{ном}} = 0,5 \cdot 2 \cdot 250 = 250 \cdot \text{МВ}\cdot\text{А}.$$

Агар шундай режим керак бўлса, автотрансформаторларнинг қуввати қуйидаги (2-17) шартдан олиниши керак:

$$S_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ум}}}{k_{\text{фой}}} = \frac{300}{0,5} = 600 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

2.3- мисол. Подстанцияда 330 кВ ли тармоқдан 150 кВ ли тармоққа қувват узатиш учун, шунингдек, автотрансформаторнинг НН чулғамига уланган синхрон компенсаторнинг 50 Мвар реактив қувватини бериш учун автотрансформатор танлансин (2.40- расм, в).

Ечиш. Автотрансформатор ВН → СН ва НМ → СН комбинациялашган режимида ишлайди, шунинг учун унинг қуввати умумий чулғам нагрузкаси (2-16) билан аниқланади:

$$S_{\text{ум}} = \sqrt{(k_{\text{фой}} P_{\text{В}} + P_{\text{НН}})^2 + (k_{\text{фой}} Q_{\text{В}} + Q_{\text{НН}})^2},$$

бунда $P_{\text{НН}} = 0$, чунки синхрон компенсатор фақат реактив қувват беради:

$$k_{\text{фой}} = \frac{330 - 150}{300} = 0,545;$$

$$S_{\text{ум}} = \sqrt{(0,545 \cdot 150)^2 + (0,545 \cdot 60 + 50)^2} = 118 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

(2-17) шартга кўра, автотрансформаторнинг қуввати қуйидагича бўлиши керак:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_0}{k_{\text{фой}}} = \frac{118}{0,545} = 216 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

АТДЦТН- 250000/330/150 автотрансформаторини танлаймиз.

ж) Трансформаторларнинг кучланишини ростлаш

Истеъмолчиларнинг нормал ишлаши учун подстанция шиналаридаги кучланишни маълум даражада ушлаб туриш керак. Электр тармоқларида кучланишни ростлашнинг қатор усуллари қўлланилади, шулардан бири трансформаторларнинг трансформацияланиш коэффициенти узгартиришдир.

Маълумки, трансформацияланиш коэффициенти бирламчи кучланишнинг иккиламчисига нисбати билан аниқланади, ёки

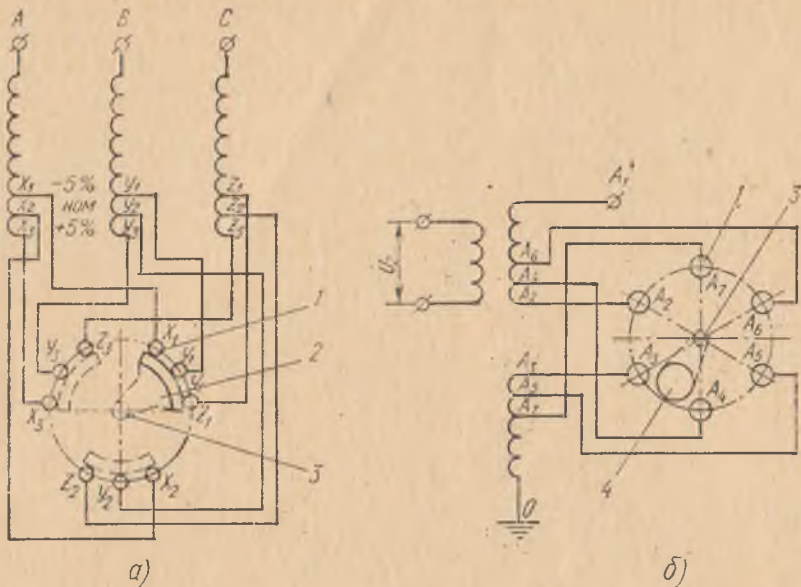
$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

бунда ω_1 ва ω_2 — бирламчи ва иккиламчи чулғамларнинг мос ҳолда ўрамлар сони.

Бундан $U_2 = U_1 \omega_2 / \omega_1$.

Трансформаторларнинг чулғамлари қўшимча шохобчалар билан таъминланади, уларни қайта улаш билан трансформацияланиш коэффициенти узгартириш мумкин. Шохобчаларни уйғотмасдан (ПБВ) уларни қайта улаш, яъни трансформаторнинг ҳамма чулғамларини тармоқдан узгандан сўнг ёки нагрузка остида (РПН) улаш мумкин.

ПБВ қурилмаси трансформацияланиш коэффициенти $\pm 5\%$ оралигида узгартириш имкониятини беради. Бунинг учун асосий чиққичдан ташқари юқори кучланиш чулғамидан иккита қўшимча шохобча қилинади, яъни $+5\%$ ва -5% (2.41- расм, а). Агарда трансформатор асосий чиққич 0 да ишлаган бўлса ва иккиламчи томон



2-41- расм. ПВВ кучланишини ростлаш схемаси:

а — уч фазали переключателнинг уч ҳолатига чулгамнинг ноль нуқтаси томонидан +5% ли тармоқлаш; б — бир фазали переключателнинг беш ҳолатига (А фаза) чулгамнинг уртасидан $2 \times 2,5\%$ ли тармоқлаш:
 1 — қузғалмас контакт; 2 — контактли сегмент; 3 — переключатель вали; 4 — контакт ҳалқалар.

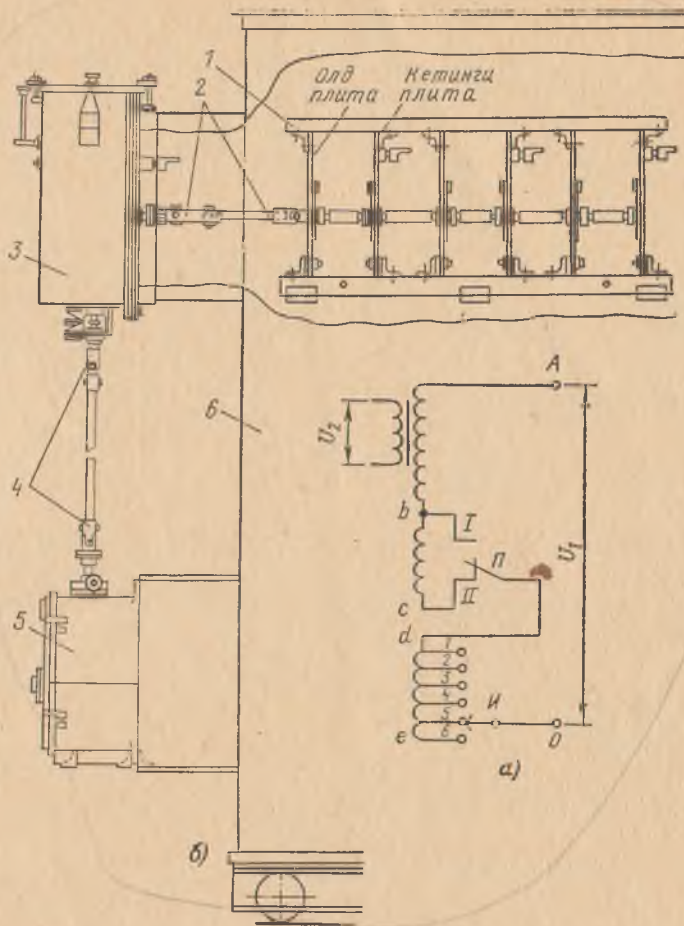
даги кучланиш U_2 ни ошириш лозим бўлса, трансформаторни ўчириб -5% ли шохобчага қайта уланади, натижада ω_1 ўрамлар сони камаяди.

Ўрта ва катта қувватли трансформаторларда, ҳар қайси фаза учун алоҳида ўрнатилган барабан кўринишдаги махсус переключателлар ёрдамида қайта уланадиган тўртта $\pm 2 \times 2,5\%$ ли шохобчалар кўзда тутилган бўлади (2.41- расм, б). Переключатель юритмасининг тутқичи трансформаторнинг қопқоғи устига чиқарилган.

Ролик билан переключателнинг контаклари A_4 ва A_5 туташтирилганда трансформаторнинг трансформацияланиш коэффициенти номинал миқдорга тенг бўлади. A_3-A_4 ва A_2-A_3 ҳолатлар трансформацияланиш коэффициентининг 2,5 ва 5% га ошган, A_5-A_6 ва A_6-A_7 ҳолатлар эса 2,5 ва 5% га камайган миқдорига тўғри келади.

ПВВ қурилмаси кучланишни сутка давомида етарлича ростлашга имкон бермайди, чунки бунда трансформаторни қайта улаш учун уни тез-тез узишга тўғри келарди, бу эса эксплуатация шароитларига тўғри келмайди. Одатда, ПВВ фақат мавсумий кучланишни ростлашда ишлатилади.

Нагрузка остида ростлаш (РПН) трансформатор чулгамининг шохобчасини занжирни узмай қайта улаш имконини беради. РПН

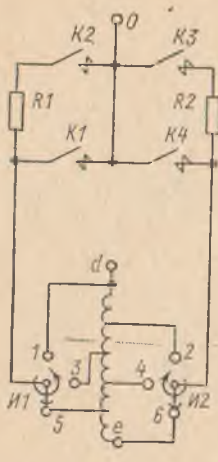


2-42- расм. Трансформаторларнинг РПН қурилмаси:

a — ростлаш поғоналарининг уланиш схемаси; *A* — асосий чулғам; *ac* — дағал ростлаш поғонаси; *de* — текис ростлаш поғоналари; *П* — переключатель; *И* — таълагич; *б* — РНТ-13 нинг қайта улаш қурилмаси; *1* — переключатель; *2* — горизонтал вал; *3* — контакторлар гилофи; *4* — вертикал вал; *5* — юритма қутиси; *6* — трансформатор баки.

қурилмаси трансформаторнинг қуввати ва кучланишига қараб кучланишни турли оралиқда ростлашни кўзда тутуди (ҳар бир поғонаси 1,5% дан бўлган $\pm 10\%$ дан то $\pm 16\%$ гача) [2 · 10].

Поғонани бошқариш ВН томонда олиб борилади, чунки бу ҳол токнинг миқдори кичик бўлгани сабабли қайта улаш қурилмасини соддалаштиради. Бошқариш диапазонининг шохобчалар сонини кўпайтирмасдан туриб уни кенгайтириш учун дағал ва аниқ бошқариш поғоналари қўлланилади (2.42- расм). Агар переключатель *П II* ҳолатда турса, сайлагич *И* эса шохобча *б* да бўлса, энг катта трансформацияланиш коэффиценти ҳосил бўлади. Переключо-



2.43- расм. Ток чегараловчи қаршиликка эга бўлган РПН қурилмасининг қайта ула-ниш кетма-кетлиги ва схемаси.

Бошқарилувчи чулғамнинг бир шохоб-часидан иккинчисига ўтиши нагрузка то-кини узмай ва шу чулғам ўрамларини қис-қа туташтирмай амалга оширилади. Бунга реакторли ёки резисторли махсус қайта улаш қурилмасида эришилади. Резисторли схема (2.43- расм) реакторли схемага қараганда қатор афзаллик-ларга эга бўлиб, ҳозирда кенг қўлланилмоқда. 2.43- расмда чулғам *de* нинг бошқарилувчи қисми билан қайта улаш қурилмаси кўрсатилган. Контактторлар билан сайлагичларнинг ишлаш тартиби 2.43- расмдаги жадвалда кўрсатилган. Бошланғич ҳолат 0 да трансформатор шохобча 5 да ишлайди ва нагрузка токи контакттор *K1* орқали ўтади. Фараз қилайлик, бошқарилувчи чулғамдаги ўрамлар сонини камайтириш лозим бўлсин, яъни шохобча 4 га ўтиш керак. Бу ҳолатда РПН элементларининг ишлаш тартиби қуйидагича бўлади: токсизлантирилган сайлагич *I2* ҳолат 4 га ўтказилади, сўнгра *K1* узилади ва нагрузка токи қисқа вақт ичида *R1* ва *K2* орқали ўтади; учинчи операцияда *K3* туташтирилади, бунда нагрузка токининг ярмиси *R1* ва *K2* орқали ва қолган қисми *R2* ва *K3* орқали ўтади, бундан ташқари, бошқарилувчи чулғам 5—4 нинг ўрамлари *R1* ва *R2* орқали уланади ва улар орқали миқдор жиҳатидан чегараланган циркуляцияланувчи ток ўтади; кейинги операцияларда *K2* ажратилади ва *K4* уланади, бунда нагрузка токи бошқарилувчи чулғам орқали шохобча 4, сайлагич *I2*, контактторлар *K4* дан чиққич 0 га ўтади.

Ҳозирги РПН қурилмаларида токни коммутациялаш учун вакуумли ёй сўндирувчи камералар қўлланилмоқда. Шу сабабли трансформатор мойи ёй сўндирувчи муҳит сифатида қўлланилмайди ва ишлаш процессида уни алмаштиришга ҳожат қолмайди. Бундай қайта уловчи РНТА 235/1000 В қурилмалар интенсив режимда узиб-улаб ишлайдиган ўзгартирувчи трансформаторларда қўллани-лади.

чателъ *I* ҳолатда, сайлагич эса шохобча 1 да бўлса энг кичик трансформацияланиш коэф-фициенти олинади.

2.42- расм, б да ўрта қувватли трансфор-маторда қўлланиладиган қайта уловчи қу-рилма РНТ-13 элементларининг жойланиши кўрсатилган.

Операция №	Контакт ва сайлагичлар вазияти					
	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>I1</i>	<i>K3</i>	<i>K4</i>	<i>I2</i>
0	+	+	5	—	—	6
1	+	+	5	—	—	4
2	—	+	5	—	—	4
3	—	+	5	+	—	4
4	—	—	5	+	—	4
5	—	—	5	+	+	4

Тиристорли қайта улагичларни қўллаш билан РПНларни яна ҳам такомиллаштириш мумкин. Тиристорлар нагрузка токи ноль орқали ўтиш momentiда ишлаб кетади ва иккиламчи чулғамларни керакли тартибда кетма-кет улайди.

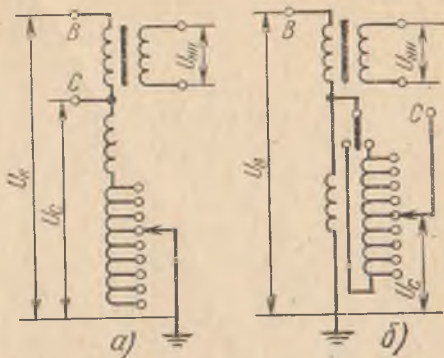
Автотрансформаторларда кучланишни ростлаш айрим хусусиятларга эга. Агар шохобча умумий чулғамдаги нейтрал нуқта томонида қилинса (2.44-расм, а), бу ҳол қайта уловчи қурилманинг изоляциясини осонлаштиришга ва уни кичик токга ҳисоблашга имкон беради, чунки автотрансформаторнинг умумий чулғамидан тоқларнинг фарқи ўтади.

Бундай ростлаш боғланган деб юритилади, чунки шохобчаларни қайта улаганда бир вақтда ВН ва СН чулғамларининг ўрамлар сони ўзгартирилади. Бу ҳол узакдаги индукциянинг кесим ўзгаришига ва НН чулғамдаги кучланишнинг тебранишига олиб келади.

Автотрансформаторда мустақил ростлашни ўртача кучланишли чизиқли учидаги ростлаш чулғами ёрдамида амалга ошириш мумкин (2.44-расм, б). Бундай ҳолатда қайта улаш қурилмаси тўлиқ номинал токка, унинг изоляцияси эса ўрта чулғамнинг тўлиқ кучланишига ҳисобланган бўлиши лозим.

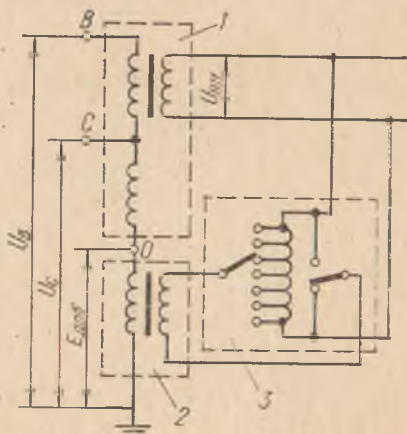
Изоляцияли 110 ва 220 кВ классдаги 2000 А гача токка мўлжалланган бундай қайта улаш қурилмалари, катта қувватли автотрансформаторлар учун РПН да ишлаш имконини беради. Ростлаш автоматик бошқарувчи электр юритмага эга бўлган учта бир фазали регуляторлар ёрдамида амалга оширилади.

Кучли трансформатор ва автотрансформаторларда кучланишни нагрузка остида ростлаш учун кетма-кет ростловчи трансформаторлар ҳам қўлланилади (2.45-расм). Улар автотрансформатор 1 нинг асосий чулғамига қўшимча ЭЮК кири-



2-44- расм. Автотрансформаторда кучланишни бошқариш схемаси (битта фаза кўрсатилган):

а — нейтралдаги тармоқланиш (реверссиз); б — СН чулғамнинг чизиқли учидаги тармоқланиш (реверсли).



2-45- расм. Автотрансформатор занжирига кетма-кет ростлаш трансформаторининг улиниш схемаси.

тувчи кетма-кет трансформатор 2 дан ҳамда шу ЭЮК қийматини ўзгартирувчи ростловчи автотрансформатор 3 дан иборат.

Бундай трансформаторлар ёрдамида фақат кучланиш қийматини эмас (бўйлама ростлаш), балки унинг фазасини ҳам ўзгартириши мумкин (кўндаланг ростлаш).

Бундай трансформаторлар қурилмалар РПН га қараганда анча мураккаб бўлганлиги учун улар қиммат туради ва уларни ишлатиш чекланган.

Кетма-кет ростловчи трансформаторларнинг типларидан бири бўлиб кучланишни $\pm(10-15)\%$ оралигида ростлашни таъминловчи, электр узатувчи линияга кетма-кет уланадиган чизиқли регуляторлар ҳисобланади. ЛТМ типдаги чизиқли регуляторлар ҳар хил қувватга (400 кВ · А дан 125 МВ · А гача) ва кучланишга (6 дан 110 кВ гача) мўлжаллаб тайёрланади.

2-3. СИНХРОН КОМПЕНСАТОРЛАР

Уйғотиш токининг ўзгаришида двигатель режимида ишлайдиган валда нагруккаси бўлмаган синхрон машина синхрон компенсатор деб аталади. Синхрон компенсатор уйғотиш токининг катталигига қараб тармоққа реактив қувват бериши ёки тармоқдан уни қабул қилиши мумкин.

2.46- расмда синхрон компенсаторнинг умумий кўриниши келтирилган. Конструкцияси бўйича у турбогенераторга ўхшайди, бироқ синхрон компенсатор ўртача частотада (750—1000 айл/мин) да айланадиган қилиб тайёрланади. Синхрон компенсатор ротори аниқ қутбли қилиб тайёрланади. Статор тузилишига кўра турбогенератор статорига ўхшаш.

Синхрон компенсатор статорнинг номинал токи, кучланиши ва қуввати билан, роторнинг частотаси ва номинал токи билан ҳамда номинал режимдаги йўқотишлар билан характерланади.

Синхрон компенсаторларнинг

Типлари	Айланишлар частотаси, айл/мин	Номинал маълумотлар			
		Қуввати, кВ·А	Статор токи, А	Статор кучланиши В	Йўқотишлар, кВт
КС-10 000-6	1000	10000	874	6300	288
ҚС-15 000-6	1000	15000	1310	6300	355
КС-30 000-11	750	30000	1650	10500	532
КСВ-37 500-11	750	37500	2060	10500	570
КСВ-75 000-11	750	75000	3940	11000	915
КСВ-50 000-11	750	50000	2620	11000	700
КСВ-100 000-11	750	100000	5240	11000	1350
КСВ-160 000-15	750	160000	5880	15750	1750

Эслатма. Компенсаторларнинг уйғотиш ва совитиш системаларининг тушунтиришлардан фойдаланиш лозим.

Синхрон компенсаторнинг номинал кучланиши ГОСТ бўйича унга тегишли электр тармоғининг номинал кучланишидан 5 ёки 10% ортиқ белгиланади.

Синхрон компенсаторнинг номинал қуввати номинал кучланишда, совитувчи муҳитнинг номинал параметрларида унинг узоқ вақт давомида рухсат этиладиган нагрузкасига қараб аниқланади.

Синхрон компенсаторларнинг номинал қуввати киловольт-ампер ҳисобида аниқланади ва ГОСТ 609—75 га асосан қувватлар қаторига туғри келиши керак. Шунинг учун ГОСТ бўйича синхрон компенсаторнинг минимал қуввати 10000 кВ · А деб белгиланган. СССР да ҳозирги пайтда ишлаб чиқарилаётган компенсаторнинг максимал қуввати 160 МВ · А га тенг.

Статорнинг номинал токи номинал қувват ва номинал кучланиш қийматлари асосида аниқланади.

Роторнинг номинал токи — тармоқдаги кучланиш номинал кучланишдан $\pm 5\%$ фарқ қилиб, ўта уйғотиш режимидаги компенсаторнинг номинал қувватини таъминловчи токнинг энг катта миқдоридир.

Синхрон компенсаторларнинг номинал совитиш шароитларида актив қувватнинг йўқотилиши 1,5—2,5% га тенг.

2.5- жадвалда синхрон компенсаторларнинг асосий техникавий маълумотлари келтирилган.

Синхрон компенсаторлар икки усулда совитилади: КС сериясидаги компенсаторлар учун вентиляциянинг ёпиқ системаси билан ҳаволи билвосита совитиш (турбогенераторларга ўхшаш), КСВ компенсаторлари учун корпусга монтаж қилинган газ совитгич билан водородли билвосита совитиш (2.46- расмга қаранг). Компенсаторларнинг иккала турида ҳам В классдаги изоляция қўлланилган.

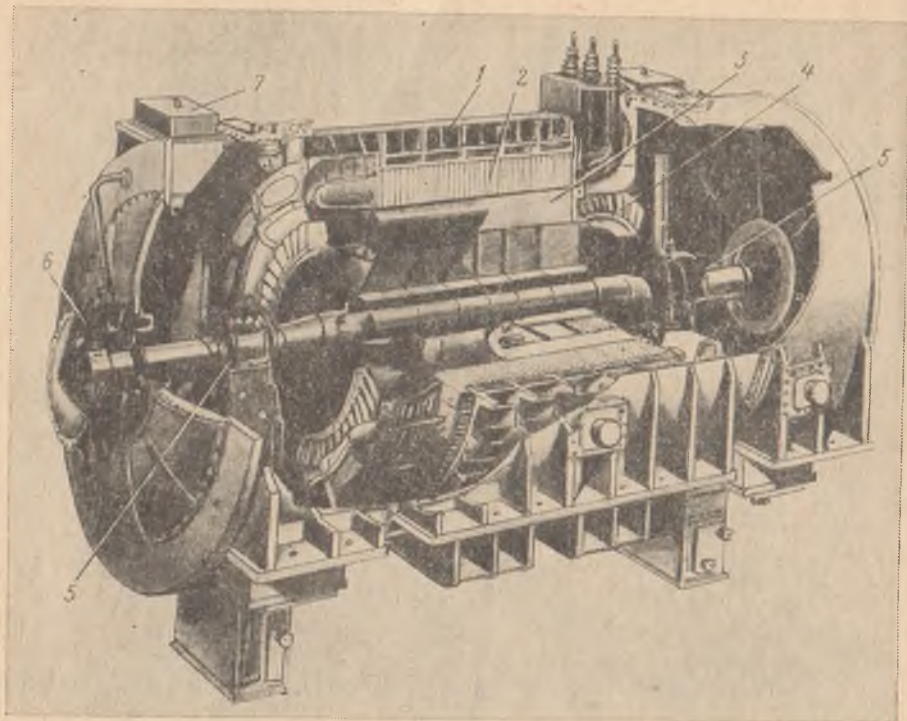
Ҳозирги электр нагрузкалар жуда катта реактив қувват истеъмол қилиши билан характерланади. Реактив қувват истеъмол

2.5- жадвал

техникавий маълумотлари

Бирга нисбатан ўта ўткинчи индуктив қаршилик, нис. бир	Уйғотиш системаси	Совитиш системаси	Масса т.		Ишга тушурувчи реакторнинг параметрлари
			умумий	роторнинг	
0,22	М	ВЗ	38,5	12,6	РБА-6-150-5
0,2	М	ВЗ	48,5	17,5	РБА-6-300-6
0,22	М	ВЗ	100	44,5	РБА-10-400-8
0,23	М	КВР	147	46	РБА-10-400-5
0,23	М	КВР	240	87	РБА-10-1000-8
0,3	М	КВР	144,5	46,5	РБА-10-600-10
0,2	ИС, ТС	КВР	220	77	РБА-10-1500-10
0,205	ИС, ТС	КВР	303	110	СБРА-15,75-1500-6

белгиланишларини расшифровка қилиш (ўқиш) учун 2.1- жадвалларда берилган



2-46- расм. КСВ типидаги синхрон компенсатор:

1 — статор корпуси; 2 — статор; 3 — ротор; 4 — вентилятор; 5 — подшипник; 6 — роторнинг контакт ҳалқалари; 7 — газ совиткич.

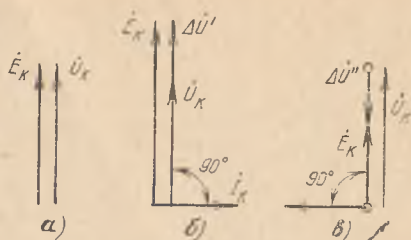
қилишнинг ортишига биринчи навбатда электр қурилмаларини кенг миқёсда ишлатиш сабаб бўлмоқда, уларда энергияни ўзгартириш учун магнит майдонларидан фойдаланилади (электр двигателлар, трансформаторлар ва ҳоказо). Симобли вентиляр, люминесцентли ёритиш ва бошқа ўзгартиргич қурилмаларининг тоқлари анча катта реактив ташкил этувчига эга. Шу сабабли электр тармоқлари тоқнинг реактив ташкил этувчиси билан нағрузкаланади, бунинг таъсирида кучланиш пасаяди ва электр энергияни узатиш ҳамда тақсимлашда қувват йўқотишлар катта бўлади.

Агар нағрузкалар марказига синхрон компенсатор уланса, у истеъмолчиларга керак бўлган реактив қувватни генерациялаб (пайдо қилиб), электр станцияларни нағрузка билан улайдиган линияларнинг реактив тоқ нағрузкасини камайтириш имкониятини беради, бу эса бутун тармоқ ишини яхшилади. Бунда синхрон компенсатор ўта уйғотиш билан реактив қувват бериш режимида ишлаши лозим. Синхрон компенсаторлар электр узатувчи подстанцияларда ҳам ўрнатилади, улар ёрдамида линия бўйлаб кучланишни тўғри тақсимлаш ва параллел ишлаш турғунлиги таъминланади. Шу билан бирга, электр узаткичнинг иш режимига қараб

компенсатордан ё генерациялаш режимда ёки реактив қувватни истеъмол қилиш режимда ишлаш талаб этилади.

Синхрон компенсатор генерациялаётган ёки истеъмол қилаётган реактив қувват уйғотиш токи катталигига боғлиқ.

Синхрон компенсаторнинг ишини анализ қилганда, уни кучли тармоққа уланган деб ҳисоблаймиз шу сабабли статорнинг токи ўзгарганда қисқичлардаги кучланиш, амалий жиҳатдан ўзгармайди (2. 47-расм).



2-47- расм. Синхрон компенсаторнинг турли режимлардаги вектор диаграммалари:

а—салт юришдаги; б—ўта уйғотишдаги; в—чала уйғотишдаги.

Уйғотиш токининг ўзгариши билан статор чулғамининг ЭЮК E_k ўзгаради. Компенсатор ЭЮК нинг катталиги тармоқ кучланишига тенг бўлса, бу режим компенсаторнинг салт ишлаш режими деб юритилади. Уйғотиш токи ортганда синхрон компенсаторнинг ЭЮК унинг қисқичларидаги кучланишдан катта бўлади (ўта уйғониш режими). Кучланишлар фарқи $\Delta U' = E_k' - U_k$ таъсирида машина статорида J_k токи ҳосил бўлади. Компенсатор чулғамларининг қаршилиги асосан индуктив бўлганлиги учун ток кучланиш фарқи $\Delta U'$ дан 90° га яқин бурчакка орқада қолади.

Кучланишнинг вектори U_k га нисбатан кўрсатилган ток 90° бурчакка орқада қолади. Бунда компенсатор тармоққа реактив қувват беради.

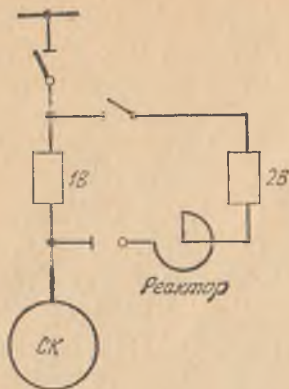
Машинани уйғотиш етарли бўлмаса, яъни $E_k' < U_k$ бўлганда, J_k ток U_k вектордан ўзади: машина тармоқдан реактив қувват истеъмол қилади.

Синхрон компенсаторларни уйғотиш учун АРВ қурилмали махсус уйғотиш системалари қўлланилади.

Ҳаво билан совитиладиган қуввати катта бўлмаган компенсаторлар учун компенсаторнинг ротори билан уланган ўзгармас ток генераторидан электр машинали уйғотиш схемаси сифатида фойдаланилади. Бу схеманинг юқорида кўриб ўтилган генераторларни мустақил электр машинали уйғотиш схемасидан фарқи шундаки, бунда роторнинг айниқса, кичик тоқларида керак бўладиган, асосий уйғоткич ишининг турғунлигини таъминлаш учун деярли ҳамма вақт урнатиладиган ёрдамчи уйғоткич мавжудлигидир.

Водород билан совитиладиган энг йирик компенсаторларда уйғотиш, иссиқлик электр станциялари резервидаги уйғоткичга ўхшаш, махсус уйғотувчи агрегат воситасида амалга оширилади. ҚСВ компенсаторининг чулғамига ток келишини таъминлаётган контакт ҳалқалар билан чўткалар корпусининг махсус бўлагида жойлашади ва водород муҳитида ишлайди.

Электр машинали уйғотишда АРВ сифатида кучланишнинг



2-48- расм. Синхрон компенсаторни ишга тушириш схемаси.

электромагнит корректорли компаундлаш қурилмаси қўлланилади. Компенсаторларда, шунингдек, уйғотишнинг жадал реле қурилмаси ўрнатилади.

Ҳозирги пайтда, эксплуатацияда ионли-ёки ярим ўтказгичли ўз-ўзини уйғотувчи катта қувватдаги компенсаторлар мавжуд. Юқорида айтиб ўтилганидек, бу уйғотиш системаси жуда тез таъсир этувчи ва параллел ишловчи энергосистемаларнинг турғунлигини ошириш учун жуда самарали ҳисобланади.

Компенсаторларнинг уйғотиш магнит майдонини сўндириш синхрон генераторлардаги сингари амалга оширилади.

Синхрон компенсаторларни ишга тушириш. Синхрон компенсаторни ишга туширишнинг кенг тарқалган усули бўлиб, реакторли ишга тушириш ҳисобланади (2.48- расм), бунда компенсатор жуда катта индуктив қаршиликка эга бўлган (2.4- жадвалга қаранг) реактор орқали тармоққа виключатель 2B билан уланади. Шу сабабли ишга туширишнинг бошланғич пайтида компенсаторнинг чиққичларидаги кучланиш номиналдан 45—50% гача камаяди, ишга тушириш токи 2—2,8 J_n дан ошмайди.

Компенсаторнинг айланишини роторнинг қутб учликларига жойлашган, махсус ишга тушириш чулғами ҳисобига кўпаювчи асинхрон момент таъминлайди. Катта қувватли компенсаторлардаги йирик қутблар етарли даражада катта асинхрон момент ҳосил бўлишини таъминлайди, шу сабабли махсус ишга туширувчи чулғам керак бўлмайди.

Айланиш пайтида компенсаторнинг айланишлар частотаси синхрон компенсаторларникига яқинлашганда, уйғотиш берилади ва компенсатор синхронизмга тортилади. АРВ ишга туширилиб статормнинг минимал токи ўрнатилади, сўнгра виключатель 1B билан реакторни шунтлаб, компенсатор тармоққа уланади.

Учинчи боб

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАЛАРДА ҚИСҚА ТУТАШУВЛАР

3-1. ПРОЦЕССИНИНГ АСОСИЙ ТАЪРИФЛАРИ ВА УМУМИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАСИ

Қисқа туташувлар (қ.т.) деб фазалар орасидаги туташув (электроустановканинг фаза ўтказгичлари), нейтралери ерга муштаҳкам ва самарали уланган тармоқларда фазаларнинг ерга (ноль ўт-

казгичга) туташуви, шунингдек, электр машиналар ўрамларининг туташувиغا айтилади.

Қисқа туташув электр занжирларнинг изоляцияси бузилганда содир бўлади. Бундай бузилишларнинг сабаби турлича: изоляциянинг эскириши ва шу сабабли унинг бузилиши (тешилиши), электр узатувчи симларнинг бир-бири устига тушиши, симларнинг узилиб ерга тушиши, ер қазмиш ишларида кабеллар изоляциясининг механик бузилиши, электр узатувчи линияларга яшин тушиши ва бошқалар.

Қ. т., кўпинча, ўткинчи қаршилиқ орқали, масалан, изоляциянинг бузилган жойида ҳосил бўлувчи электр ёй қаршилиги орқали ҳосил бўлади. Айрим ҳолларда ўтиш қаршилигисиз металл қ. т. ҳосил бўлади. Анализни соддалаштириш учун, кўпинча қ. т. токини ҳисоблашда, ўткинчи қаршилиқни ҳисобга олмай, металл қ. т. кўрилади.

Уч фазали электр установкада уч ва икки фазали қ. т. ҳосил бўлади. Бундан ташқари, нейтрал ерга қўзғалмайдиган ҳамда самарали уланган уч фазали тармоқларда қўшимча ҳолда ерга бир фазали ва икки фазали қ. т. ҳам ҳосил бўлади (иккита фаза ўзаро туташиб, бир вақтнинг ўзида улар ерга уланади).

Уч фазали қ. т. да электр тармоғининг ҳамма фазалари бир хил шароитда бўлади, шунинг учун u_{ϕ} и м м е т р и к деб юритилади. Қ. т. нинг бошқа кўринишларида тармоқларнинг фазалари турли шароитларда бўлади, шу сабабли тоқлар ва кучланишлар векторининг диаграммаси бузилади. Бундай қ. т. лар н о с и м м е т р и к деб юритилади.

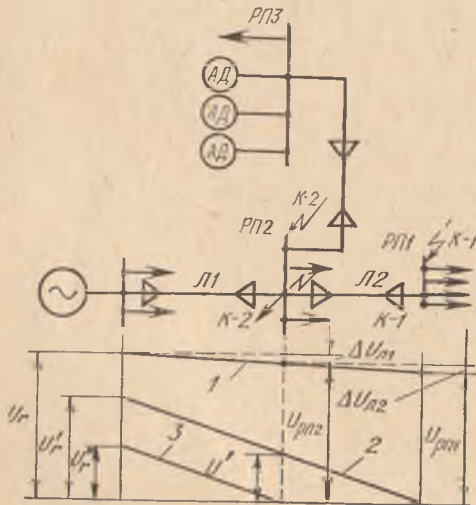
У ёки бу кўринишдаги қ. т. ҳосил бўлишининг нисбий эҳтимоли 3.1-жадвалда [3-1] келтирилган маълумотлар асосида характерланади. Бу маълумотлар электроустановка кучланишининг турли поғонаси, электр узатувчи линиялар конструкцияси, обҳаво ва бошқа факторлар учун чегара миқдорлар ҳисобланади.

Одатда, қ. т. бўлганда шикастланган фазалардаги ток катталиклари номинал ток миқдорларидан бир неча марта катта бўлади.

Қ. т. тоқларининг ўтиши ўтказгичларда ва контактларда электр энергиясининг кўпроқ исроф бўлишига олиб келади, бу уларни тез қизишига сабаб бўлади. Қизиш процесси изоляциянинг эскириши билан бузилишини тезлаштиради, контактларнинг пайвандланиши ва ёнишига, шина ва симларнинг механик мустаҳкамлигини йўқотишига ва шунга ўхшаш ҳолларга олиб келади. Ўтказгичлар ва аппаратлар берилган ҳисобий вақт оралиғида қ. т. токидан қизиб, шикастланмасликлари керак, яъни т е р м и к чидамли бўлишлари лозим.

Қ. т. тоқларининг ўтиши, шунингдек, ўтказгичлар орасида катта электродинамик кучлар ҳосил бўлиши билан кузатилади. Агар тегишли тадбирлар кўрилмаса, шу кучлар таъсирида ток ўтказувчи қисмлар ва уларнинг изоляцияси бузилиши мумкин. Ток ўтказувчи қисмлар, аппаратлар ва электр машиналар шундай лойиҳаланган бўлиши керакки, улар қ. т. да ҳосил бўладиган кучлар таъ-

Қисқа туташув тури	Тушунтуриш схемаси	Қ. т. нинг нисбий эҳтимоллиги, %
Уч фазали		1 -- 7
Икки фазали		2 — 13
Бир фазали		60 — 92
Ерга икки фазали		5 — 20



3-1- расм. Нормал иш режими (1) да ҳамда Қ-1 (2) ва Қ-2 (3) нуқталарда қ. т. пайти да радиал электр тармоқ учун кучланиш даражалари.

сирига шикастланмасдан чидаши, яъни электродинамик нуқтаи назардан турғун бўлиши лозим.

Қ. т. лар электр тармоқларида кучланиш даражасининг, айниқса бузилган жойга яқинроқда пасайиши билан содир бўлади.

3.1- расмда радиал электр тармоқнинг турли нуқталарида қ. т. бўлгандаги кучланиш диаграммалари кўрсатилган.

Истеъмолчининг шинасидаги кучланишнинг (масалан, РП1 шинасида қ. т. бўлганда РП3 нинг шинасида) пасайиши хавфли

оқибатларга олиб келиши мумкин. Двигателли нагрузкалар айниқса кучланишнинг пасайишини яхши сезади. Кучланишнинг пасайиш миқдори катта бўлганда, двигателнинг айланиш моменти механизм қаршилик моментидан кичик бўлади. Двигатель тормозланиб, истеъмол қилаётган токининг ошишига сабаб бўлади. Бунда тармоқда кучланиш яна ҳам кўпроқ пасаяди, бунинг таъсирида лавина шаклидаги процесс кучайиб янада кўпроқ электр энергия истеъмолчиларни ўзига тортади.

Қ. т. да кучланишнинг кескин пасайиши генераторларнинг параллел ишлаш турғунлигини бузиши ва халқ хўжалигига катта зиён етказувчи системали аварияларга олиб келиши мумкин.

Қ. т. да энергосистеманинг ишончли ишлашини таъминлаш ва асбоб-ускуналар бузилишини олдини олиш учун бузилган (шикастланган) участкани тез узиб қўйиш керак. Аварияларнинг ривожланиш хавфини камайтирувчи тадбирларга қ. т. шароитига мос келувчи аппаратларни тўғри танлаш, ток чегараловчи қурилмалар қўллаш, тармоқ схемасини рационал танлаш ва шу кабилар киреди.

Юқоридаги тадбирларни амалга ошириш учун қ. т. токини ва унинг вақт бўйича ўзгариши характерини аниқлай олиш лозим.

Қисқа туташув ўткинчи процесс билан боради. Бунда тоқлар ва кучланишлар катталиги, шунингдек, уларнинг вақт бўйича ўзгариш характери кўп факторларга боғлиқ бўлиб, асосан қувватлар ва таъминловчи манба қаршиликларининг (генератор, энергосистема) нисбати ва шикастланиш содир бўлган занжирга боғлиқдир. Буни ҳисобга олиб, қ. т. бўлиши мумкин бўлган ҳамма ҳолларни шартли икки гурпуага бўлиш мумкин, чунончи: кучланиши ўзгармас шина (система) дан таъминланувчи занжирлардаги қ. т.; қуввати чегараланган генератор яқинидаги қ. т.

Кучланиши ўзгармас шиналар шартли равишда шундай манба ҳисобланадики, унинг қисқичларидаги кучланиш унга уланган занжирдаги тоқнинг ҳар қандай ўзгаришларида ҳам амалда ўзгармай қолади. Бошқача қилиб айтганда, бу манбанинг (буни қуввати тугамай диган манба деб ҳам аталади) фарқловчи белгиси бўлиб, ўзининг қаршилиги қ. т. занжирининг қаршилигига қараганда жуда кичиклиги ҳисобланади.

Ҳақиқатда электроэнергетик системалар, айрим манбалар қуввати ва уларнинг қаршилиги маълум чегараланган миқдорга эга. Бироқ электр тармоғининг кўпчилик элементлари энергосистема ва генератор қаршилигига нисбатан шундай катта қаршиликка эгаки, бундай элементлар (трансформатор, реактор, линия) да қисқа туташув бўлганда қ. т. токи билан қолдиқ кучланишни ҳисоблашда энергосистема қаршилигини ҳисобга олинмаса катта хатога йўл қўйилмайди. Одатда, қ. т. тоқларини ҳисоблашда электр асбоб-ускуналари билан реле муҳофазаси уставкасини танлаш учун таъминловчи энергосистема қаршилигини, агар у қисқа туташув занжирининг якунловчи қаршилигининг 5—10% идан ошмаса, ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Иккинчи гурпуага генераторларнинг қисқичларида ёки улардан шундай узоқликда содир бўлган шикастланишлари киритиладики,

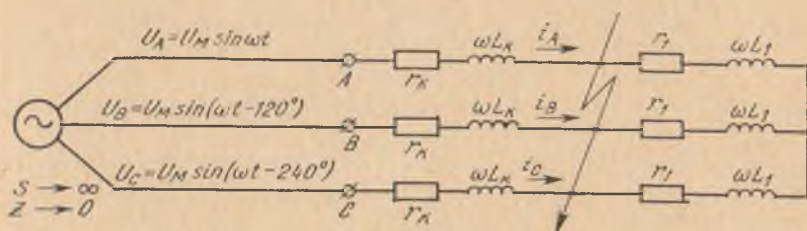
бу вақтда занжирнинг қ. т. қаршилиги генератор қаршилигига солиштириб бўладиган катталиқда бўлади. Бу ҳолдаги қ. т. да генератор параметрларининг ўзгариши процесс боришига катта таъсир этади ва уни ҳисобга олмай бўлмайди.

Ҳар бир ҳоллар учун қ. т. нинг хусусиятларини кўриб ўтамиз.

3-2. УЧ ФАЗАЛИ ҚИСҚА ТУТАШУВ

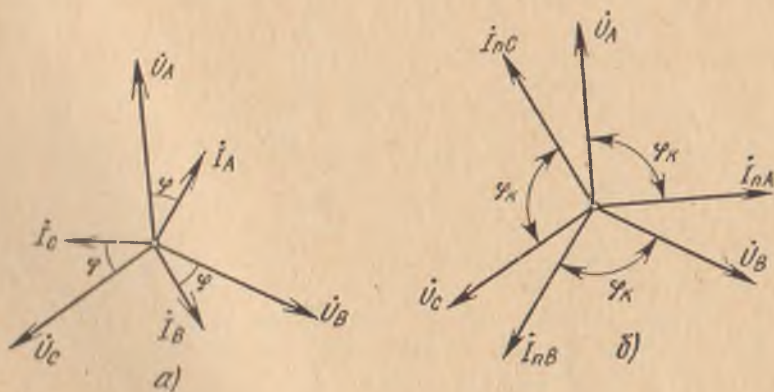
а) Кучланиш ўзгармас шинадан таъминланувчи занжирдаги қисқа туташув

3.2- расмда кўпчилик реал электр тармоқлар учун характерли бўлган, актив-индуктив қаршиликка эга симметрик уч фазали занжир кўрсатилган. Занжир нормал иш режимида ҳамда қисқа туташувда қисқичларида симметрик ва қиймати бўйича ўзгармас уч фазали кучланиш системаси сақланадиган манбадан таъминла-



3.2- расм. Кучланиши ўзгармас шинадан (қуввати чексиз манбадан) таъминланган уч фазали симметрик занжир.

нади. Нормал иш режими учун кўрилатган занжирнинг вектор диаграммаси 3.3- расм, а да кўрсатилган. Ҳар бир фазанинг токи ва кучланиши орасидаги φ бурчакни нагрукани қўшган ҳолда бутун занжирнинг актив ва индуктив қаршиликлари нисбатидан аниқланади.



3.3- расм. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммалари:

а — нормал режими; б — уч фазали қисқа туташувда.

Қисқа туташув занжирни икки қисмга: ҳар бир фазада r_1 ва $x_1 = \omega L_1$ қаршиликларга эга бўлган ўнг томонга ва таъминловчи манба билан қ. т. занжири қаршилиги r_k ва $x_k = \omega L_k$ га эга бўлган чап томонга бўлади. Уч фазали қ. т. да схеманинг иккала қисмидаги процесслар мустақил ўтади.

Қўрилаётган занжирнинг ўнг қисми қисқа туташув билан шунланган бўлади, ундаги ток индуктивлик L_1 да йиғилган магнит майдонининг энергияси актив қаршилик r_1 да ажралаётган иссиқликка айланиб тугамагунча давом этиб туради. Занжирнинг қаршилиги актив-индуктив характерда бўлганда, бу токнинг катталиги нормал режимдаги токдан ошмайди ва аста-секин нолгача камая бориб, асбоб-ускуналар учун хавfli бўлмайди.

Таъминловчи манбага эга бўлган занжирнинг чап қисми режимининг ўзгариши, индуктивлик L_k мавжудлигида ҳам ўткинчи процесс билан боради. «Электротехниканинг назарий асослари» курсидан шу процессни тавсифловчи тенглама маълум:

$$u = ir_k + L_k \frac{di}{dt}, \quad (3.1)$$

бунда i ва U — қўрилаётган фазанинг тегишлича токи ва кучланишининг оний миқдорлари.

Бу тенгламанинг ечими, қ. т. нинг бошидан то вақт t нинг исталган моментда токнинг оний миқдори ифодасини беради:

$$i_{k,t} = \frac{U_m}{z_k} \sin(\omega t + \alpha + \varphi_k) + i_{a,0} e^{-\frac{t}{T_a}}, \quad (3.2)$$

бунда U_m — манбанинг фаза нурланишининг амплитуда миқдори; z_k — манбага уланган занжир бўлаги (қ. т. занжири)нинг тўла қаршилиги; α — манбанинг $t = 0$ моментдаги кучланишининг фаза бурчаги; φ_k — қ. т. занжирдаги токнинг шу фаза манбаи кучланишига нисбатан сурилиш бурчаги; T_a — қ. т. занжирининг вақт доимийси:

$$T_a = \frac{L_k}{r_k} = \frac{x_k}{\omega r_k}. \quad (3.3)$$

(3.2) дан кўринадики, қ. т. нинг тўлиқ токи икки ташкил этувчидан ташкил топади: манбанинг кучланиши таъсирдан келиб чиқадиган м а ж б у р и й (тенгламанинг ўнг томонидаги биринчи ифода), ҳамда индуктивлик L_k даги магнит майдони запас энергиясининг ўзгаришидан келиб чиқадиган э р к и н (тенгламанинг иккинчи ифодаси) ташкил этувчи токлардан иборат бўлади.

Қ. т. токининг мажбурий ташкил этувчиси манба кучланишининг частотасига тенг бўлган частотали даврий характерга эга. Бу ташкил этувчини одатда қ. т. токининг д а в р и й ташкил этувчиси деб юритилади:

$$i_{n,t} = \frac{U_m}{Z_k} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) = I_{n,m} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k), \quad (3.4)$$

бунда $J_{n,m}$ — токининг даврий ташкил этувчисининг амплитуда қиймати.

Ток ва кучланишнинг векторлари орасидаги силжиш бурчаги φ_k қ. т. занжиридаги индуктив ва актив қаршилиқлар нисбатидан аниқланади. Реал занжирлар учун одатда $x_k \gg r_k$ ва $\varphi_k = 45 - 90^\circ$. Қ. т. токининг даврий ташкил этувчиси учун $\varphi_k^k = 90^\circ$ даги вектор диаграммаси 3.3-расм, б да кўрсатилган.

Токнинг эркин ташкил этувчиси:

$$i_{a,t} = i_{a,0} e^{-\frac{t}{T_a}}, \quad (3.5)$$

апериодик ўзгариш характерига эга, шу асосда бу ташкил этувчини қ. т. токининг а п е р и о д и к ташкил этувчиси деб ҳам юритилади.

Ҳар қайси фазадаги қ. т. токининг апериодик ташкил этувчисининг бошланғич қиймати вақтнинг $t = 0$ momenti учун (3-2) ифода бўйича аниқланади:

$$i_{a,0} = i_{k,0} - i_{n,0}, \quad (3.6)$$

бу ерда $i_{k,0}$ — қ. т. токининг бошланғич миқдори, бу миқдор индуктивлик занжиридаги токнинг сакраб ўзгараолмаслигини ҳисобга олганда $t = 0$ моментда шу фазадаги олдинги режимнинг токи $i_{(0)}$ га тенг. $t = 0$ даги токнинг даврий ташкил этувчиси миқдори қуйидагича аниқланади:

$$i_{n,0} = I_{n,m} \sin(\alpha - \varphi_k). \quad (3.7)$$

Қ. т. нинг тўлиқ токи билан унинг апериодик ташкил этувчисининг мумкин бўлган максимал миқдорининг пайдо бўлиш шarti маълум даражада аҳамиятга эга. $x_k \gg r_k$ ва $\varphi_k \approx 90^\circ$ бўлганда (3.6) ва (3.7) дан кўринадики, агарда кучланиш қ. т. ҳосил бўлган моментда ноль қиймат ($\alpha = 0$) орқали ўтса ва қ. т. гача занжирда ток йўқ, яъни $i_{(0)} = 0$ бўлган ҳолдагина, ток максимал миқдор $i_{a,0}$ га эга бўлади. Бунда $i_{n,0} = J_{n,m}$ бўлади. Токнинг апериодик ташкил этувчисининг максимал қиймати шartiда токнинг ўзгариш эгри чиғи 3.4-расмда кўрсатилган. Бунда $i_{a,0} = I_{n,m}$.

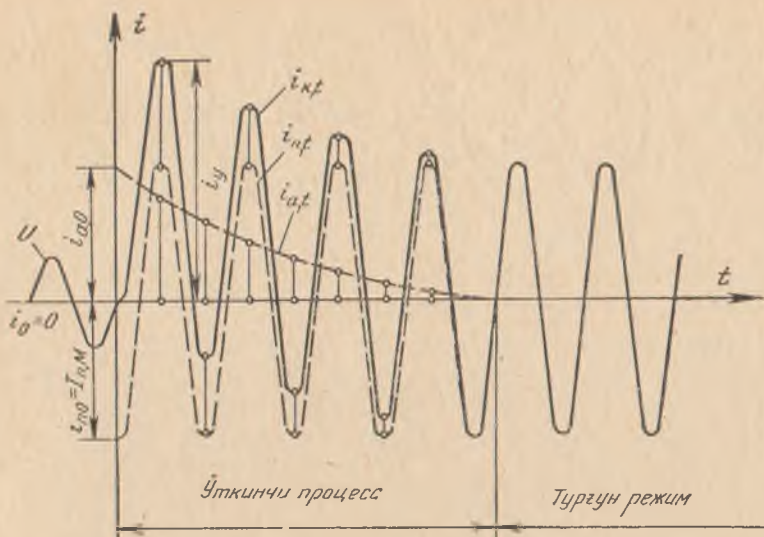
Тўлиқ токнинг оний максимал қийматига қ. т. процесси бошлангандан 0,01 ўтгандан сунг эришилади (3.4-расм). У зарбий ток номи билан юритилиб i_y билан белгиланади. Зарбий токнинг катталиги $t = 0,01$ с вақт momenti учун (3.2) ифодадан аниқланади:

$$i_y = I_{n,m} + I_{n,m} e^{-\frac{0,01}{T_a}} = I_{n,m} (1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}), \quad (3.8)$$

ёки

$$i_y = k_y I_{n,m}, \quad (3.9)$$

бунда k_y — қ. т. занжирининг вақт доимийси катталигига боғлиқ бўлган зарбий коэффициент:



3-4- расм. Аперидик ташкил этувчи максимал миқдорга эга бўлганда кучланиш ўзгармас шинадан таъминланаётган занжирдаги қ. т. токининг ўзгариши.

$$k_y = (1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}). \quad (3.10)$$

Кучланиши ўзгармас шинадан таъминланган ҳолда ўткинчи процесс токнинг аперидик ташкил этувчиси сунгандан сунг тамом бўлади, ва кейинчалик қ. т. нинг тўлиқ токи амплитудаси ўзгармас бўлган ўзининг даврий ташкил этувчисига тенг бўлади.

Қ. т. нинг исгалган моментидagi вақти t учун токнинг таъсир этувчи миқдори қуйидагига тенг:
даврий ташкил этувчи учун:

$$I_{n,m} = I_{n,0} = \frac{I_{n,m}}{\sqrt{2}} = \text{const}; \quad (3.11)$$

аперидик ташкил этувчи учун:

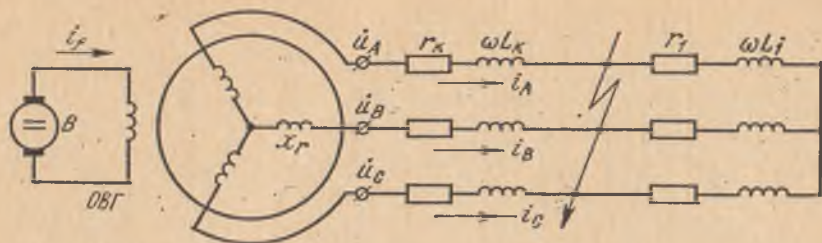
$$I_{a,t} = i_{a,t}; \quad (3.12)$$

қ. т. нинг тўлиқ токи учун:

$$I_{k,t} = \sqrt{I_{n,t}^2 + i_{a,t}^2}. \quad (3.13)$$

б) Қуввати чекланган генератордан таъминланувчи занжирдаги қисқа туташув

Олдинги кўрилган ҳолга қараганда бу ерда шундай шикастланишлар кўриладики, бунда қ. т. занжирининг қаршилиги нолга тенг (генератор чиққичларидаги туташув) ёки генераторнинг қаршилиги билан бир тартибли бўлади.



3-5- расм. Синхрон генератордан таъминладиган уч фазали симметрик занжир.

Шикастланган жойнинг электр узоқлашиши кичик бўлганда генераторнинг АРВ си ўткинчи процессга катта таъсир кўрсатади. Соддалаштириш учун аввал АРВ узилган генераторни кўриб чиқамиз. Бундай машинада уйғотиш токи i_f донмий қолади ва уйғотиш магнит оқими Φ_f нинг ўзгармаслигини таъминлайди.

3.5- расмда (3.2- расмдагига ухшаш) оддий уч фазали занжирнинг қ. т. ни таъминловчи генератор кўрсатилган. Бу ҳолатнинг асосий хусусияти шундаки, бунда генераторнинг параметрлари ва уларнинг ўзгариши ўткинчи режимдаги қ. т. процессининг боришига катта таъсир кўрсатади.

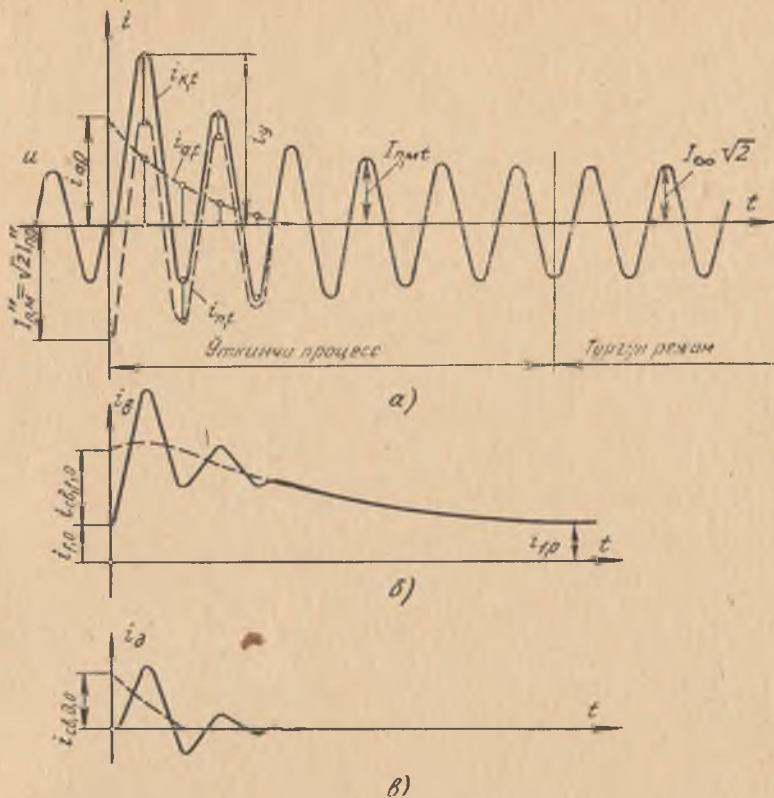
«Электр машиналар» курсида кўрилган синхрон генератордаги қ. т. нинг тўсатдан ҳосил бўлишига батафсил тўхтамасдан, фақат қ. т. тоқининг вақт ичида ўзгариш характерини аниқловчи омилларни кўрсатиб ўтамиз.

3.6- расм, а да АРВ бўлмаган генератордан таъминланувчи занжирнинг бир фазасидаги токнинг ўзгариш эгри чизиғи келтирилган. Бу ерда қ. т. нинг тўлиқ тоқи билан унинг айрим ташкил этувчиларининг ўзгариши эгри чизиқлари ҳам кўрсатилган. Қ. т. нинг ҳосил бўлиш momenti токнинг аперидик ташкил этувчиси билан тўлиқ ток максимал миқдорга етган ҳолатларга тўғри келади.

Қ. т. тўлиқ тоқининг айрим ташкил этувчиларининг миқдорига ва ўзгариш характерига вақт бўйича таъсир этувчи омилларини анализ қиламиз.

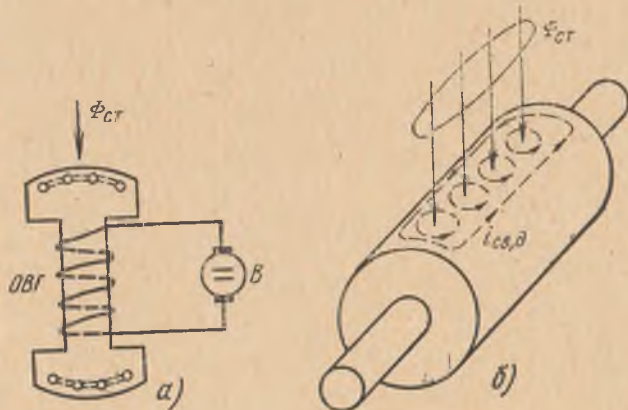
Генератор салт ишлаганда ротор тоқи таъсирида машинада уйғотиш магнит оқими Φ_f ҳосил бўлади. Генераторнинг статорида қ. т. пайдо бўлиш моментида ток пайдо бўлади. Токнинг даврий ташкил этувчиси генераторнинг қисқичларидаги кучланишдан, қ. т. занжирининг параметрлари билан аниқладиган Φ_k бурчакка орқада қолади. Токнинг даврий ташкил этувчиси генераторнинг чулғамларидан оқиб ўтиб магнит оқими $\Phi_{ст}$ ни ҳосил қилади, бу оқим роторнинг бўйлама ўқи бўйлаб якор реакциясининг оқими каби уйғотиш оқими Φ_f га қарама-қарши йўналади (3.7- расм).

$\Phi_{ст}$ оқим йўлида иккита ўтказувчи контур жойлашган: демпфер чулғамнинг қисқа туташган контури (фақат гидрогенераторларда) ва уйғотгичга туташтирилган уйғотиш чулғами контури.



3-6- расм, 3-5- расмда кўрсатилган занжирдаги қ. т. бўлганда токнинг ўзгариш эгри чизиғи:

а — тўлиқ ток билан унинг ташкил этувчилари; б — уйғониш чулғамдаги ток; в — генераторнинг демпфер (тинчлангирувчи) чулғамдаги ток.



3-7- расм. Аниқ қутбли (а) ва мавҳум қутбли (б) генераторлар учун демпфер контурлари.

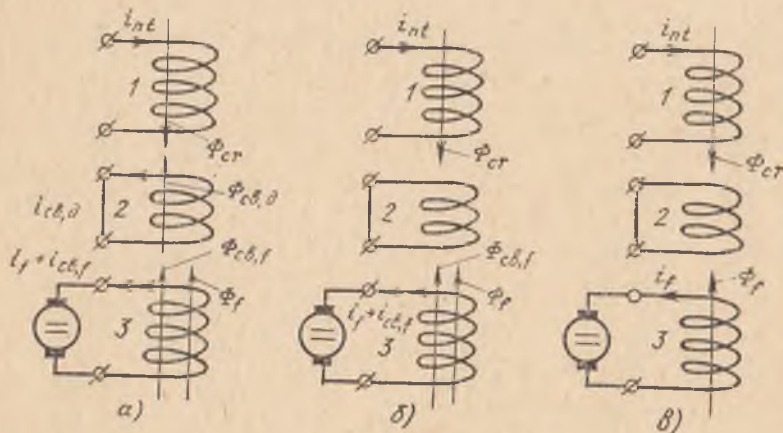
Генератор ишининг мувозанат режимларида $\Phi_{ст}$ оқим роторнинг пўлати орқали туташади. Ўткинчи процессда юқорида айтилган контурларнинг шу йўлда мавжудлиги ўз таъсирини кўрсатади. Демпфер ва уйғотиш чулғамларининг контурлари индуктивликка эга бўлганлари учун $\Phi_{ст}$ таъсирида ЭЮК ҳосил қилади ҳамда тегишлича эркин тоқлар $i_{св,г}$ ва $i_{св,ф}$ пайдо бўлади. $\Phi_{ст}$ оқим роторга нисбатан қўзғалмас, шунинг учун $i_{св,г}$ ва $i_{св,ф}$ тоқлар аперодик характерга эга (3.6-расм, б, в га қаранг). Эркин тоқлар $i_{св,г}$ нинг ёпиқ контурлари ўткинчи режимларда ҳам генератор роторининг массив танасида ҳосил бўлади (3.7-расм).

Кўрсатилган аперодик тоқлар контур индуктивлигининг унинг актив қаршилигига бўлган нисбатига тенг доимий вақт билан сўнади. Уларга чулғамларнинг демпферли $\Phi_{св,г}$ ва уйғотиш $\Phi_{св,ф}$ эркин магнит оқимлари тўғри келади.

Роторнинг магнит оқими бирданига ўзгара олмаганлиги учун, вақтнинг $t = 0$ моменти учун $\Phi_{ст} = \Phi_{св,д} + \Phi_{св,ф}$ шарт бажарилиши керак ва ҳаво оралиғидаги натижавий оқим қуйидагига тенг бўлади (3.8-расм, а).

$$\Phi_{нат} = \Phi_f + \Phi_{св,г} + \Phi_{св,ф} - \Phi_{ст}$$

Бу ҳолат қуйидагини билдиради: қ. т. нинг бошланғич моментидан ротордаги $\Phi_{ст}$ оқим эркин оқимлар билан компенсацияланади ва машинанинг ҳаво оралиғида қ. т. бошланишидан олдинги уйғотиш чулғами оқими Φ_f га тенг бўлган натижавий магнит оқими таъсир қилади. Натижада, $\Phi_{ст}$ магнит оқими ротордан сиқиб чиқарилади ва асосан статор чулғамининг сочилиш оқими йўллари орқали туташади.



3-8- расм. Қисқа туташув процесси вақтининг турли моментидаги генераторнинг магнит оқимлари:

а — $t = 0$; б — $\Phi_{св, д}$ сўнгандан сўнг; в — барқарор режим.

Айтилганлардан шу нарса келиб чиқадики, қ. т. нинг бошланғич моментидида машинанинг ЭЮК сакраб ўзгармайди, балки ундан олдинги режимнинг ЭЮК миқдорига тенг бўлади.

Қ. т. нинг $t = 0$ моментидида генераторни характерлайдиган параметрлар юқори ўткинчи параметрлар деб аталади ва уларга: генераторнинг бўйлама ўқи бўйлаб юқори ўткинчи қаршилиги — x_d'' ; таъсир этувчи фаза миқдори E_ϕ'' деб белгиладиган юқори ўткинчи ЭЮК киради.

Қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори қуйидаги символларда белгиланади: $I_{n, m}$ — амплитуда, $J_{n, o}$ — биринчи даврдаги таъсир этувчи қиймати. Синусоидал ток учун $J_{n, o} = I_{n, m} / \sqrt{2}$. Агар ЭЮК E_ϕ'' , генераторнинг қаршилиги x_d'' ва қ. т. занжирининг қаршилиги x_k маълум бўлса, $J_{n, o}$ миқдорни аниқлаш мумкин:

$$I_{n, o} = \frac{E_\phi''}{x_d + x_k} = \frac{E_\phi''}{x_{\text{нат}}}, \quad (3.14)$$

бунда $x_{\text{нат}} = x_{\text{нат}} \gg r_{\text{нат}}$ шартида генераторнинг қаршилигини ҳисобга олгандаги занжирнинг натижавий қаршилиги.

Генератор ЭЮК нинг юқори ўткинчи миқдори қуйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

$$E_\phi'' = \sqrt{(I_{(o)} x_d'' \cos \varphi_{(o)})^2 + (U_{(o)} + I_{(o)} x_d'' \sin \varphi_{(o)})^2}, \quad (3.15)$$

бунда $U_{(o)}$ ва $I_{(o)}$ — қ. т. дан олдинги режимда мос ҳолда фаза кучланиши ва генератор токи; $\varphi_{(o)}$ — шу режимдаги ток билан кучланиш векторлари орасидаги бурчак; x_d'' — генераторнинг юқори ўткинчи индуктив қаршилиги.

Вақт ўтиши билан демпфер чулғам ва уйғотиш чулғамларидаги апериодик тоқларнинг сўниши билан бир вақтда мос ҳолда магнит оқимлари $\Phi_{\text{св. к}}$ ва $\Phi_{\text{св. ф}}$ тегишлича камаяди, бунда биринчи бўлиб магнит оқим $\Phi_{\text{св. к}}$ сўнади. Актив қаршилиги кичик бўлган уйғотиш чулғамининг занжирида эркин ток секинроқ сўнади.

Эркин магнит оқимлар бундан кейин якор реакцияси оқими $\Phi_{\text{ст}}$ нинг магнитсизлантирувчи таъсирини компенсациялай олмайди, шу сабабли генераторнинг ЭЮК камаяди. Машина параметрларининг ўзгариши ЭЮК сингари камайиб борадиган қ. т. токининг даврий ташкил этувчисига таъсир кўрсатади:

$$I_{n, t} = \frac{E_{\phi, t}}{x_d + x_k} = \frac{E_{\phi, t}}{x_{\text{нат}}}. \quad (3.16)$$

Демпфер чулғам ва уйғотиш чулғамидаги эркин тоқлар сўнганидан сўнг статор токининг даврий ташкил этувчиси мувозанат режимга ўтади. Бунда натижавий магнит оқим қуйидагига тенг бўлади (3.8-расм, в):

$$\Phi_{\text{нат}} = \Phi_f - \Phi_{\text{ст}},$$

яъни статор оқимининг магнитсизловчи таъсири максимал бўлади.

Ҳақиқатда эса шуни ҳисобга олиш керакки, қ. т. токининг даврий ташкил этувчиси камайиши натижасида $\Phi_{ст}$ магнит оқим бошланғич моментга нисбатан бирмунча камаяди. Шундай қилиб, генераторда АРВ бўлмаса, қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг турғун миқдори (таъсир этувчи қиймат J_{∞} каби белгиланади) ўзининг бошланғич миқдоридан ҳам кичик бўлар экан.

Қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчиси, юқорида айтилганидек, вақт доимийси T_a билан экспонента бўйича сўнади. Қурилаётган холда қ. т. занжирининг қаршилиги билан генератор қаршилигини бир-бирига қиёслаш мумкин бўлганлиги учун, T_a ни ҳисоблаганда статор чулғамининг қаршилигини назарда тутиш лозим. Шундай қилиб:

$$T_a = x_{нат} / (\omega r_{нат}). \quad (3.17)$$

Ҳозирги пайтда мавжуд генераторлар учун қ. т. ўткинчи процессининг давомийлиги одатда 3—5 с ни ташкил этади. Қ. т. занжирининг ўзгармас кучланиш шинасидан таъминланган ҳолдаги каби, тўлиқ токнинг — зарбий токи ўзининг максимал миқдорига процесс бошлангандан 0,01 с вақт ўтгандан сўнг эришади. Зарбий токнинг катталигини ҳисоблашда, шартли равишда токнинг даврий ташкил этувчиси шу вақтгача деярли ўзгармайди деб олинади ва қ. т. нинг бошланғич моментидаги сингари $I_{п,м}$ га тенг деб ҳисобланади. Фақат максимал бошланғич қиймат $I_{п,м}$ деб қабул қилинадиган аperiодик ташкил этувчисининг сўниши ҳисобга олинади.

Қабул қилинган шартлар асосида зарбий ток катталиги қуйидагича аниқланади (3.6- расм, а):

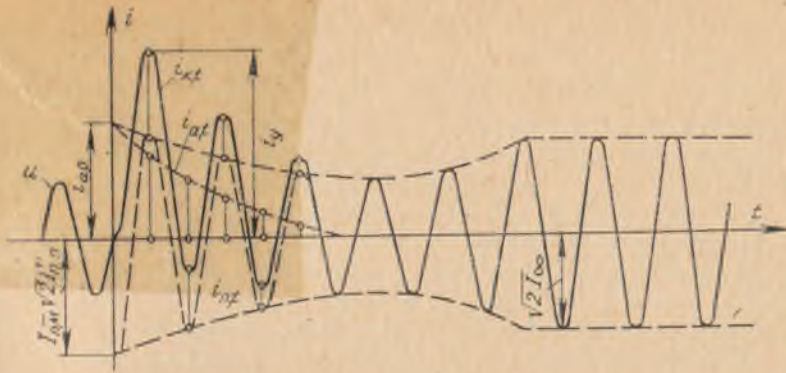
$$i_y = I_{п,м} + I_{п,м} e^{-\frac{0,01}{T_a}} = I_{п,м} (1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}).$$

$I_{п,м} = \sqrt{2} I_{п,о}$ ва қавс ичидаги ифода зарбий коэффициент k_a ни билдиришини назарда тутиб қуйидагини оламиз:

$$i_y = \sqrt{2} I_{п,о} k_y. \quad (3.18)$$

Энди АРВ уланганда қ. т. процесси қандай ўтишини кўриб чиқамиз. Бу ҳолда, қ. т. даги кучланишнинг пасайиши уйғотиш токининг ортиши билан компенсацияланади, шу билан бирга генераторнинг қисқичларидаги кучланиш номиналнинг 0,85—0,9 қисмидан кам бўлса, генераторни уйғотишни чегара миқдоригача ошишини таъминловчи, уйғотишнинг жадаллаштирувчиси ишга тушади. Шундай қилиб, АРВ генераторнинг уйғотиш магнит оқими ва ЭЮК ни ўзгартиради, демак қисқа туташув токни ҳам ўзгартиради (3.9- расм).

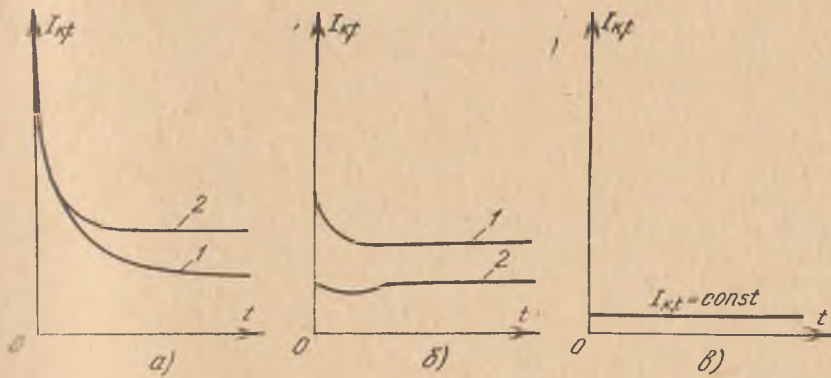
Ҳамма АРВ лар бироз кечикиб таъсир этади. Бундан ташқари, генератор уйғотиш чулғами индуктивлигининг ҳаддан ташқари катталиги ротор токининг ортишига тўсиқлик қилади. Бунинг натижасида АРВ нинг таъсири қ. т. ҳосил бўлгандан сўнг маълум вақт ўтгач намоён бўла бошлайди. Айтилганлардан шу хулосага келиш



3-9- расм. Уйғотишнинг автоматик регулятори бўлганда синхрон генератор қ. т. токининг ўзгариш эгри чизиғи.

мумкин: АРВ қисқа туташувнинг биринчи даврида қ. т. токининг катталигига таъсир этмайди. Токнинг даврий ва аperiодик ташкил этувчисининг бошланғич қийматлари ҳамда уларнинг сўниш процесси ва демак, зарбий ток худди юқорида кўриб ўтилган генераторнинг АРВ сиз ишлашидаги каби бўлади.

Қ. Т. да генератор қисқичларидаги кучланишнинг пасайиш чуқурлиги ва, демак, ростлаш системасининг реакцияси шикастланган жойнинг электр узоқлигига боғлиқ. 3.10- расмда генератор билан қ. т. жойининг ораллиғига қараб, қ. т. токи даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи миқдорининг вақт бўйича ўзгариш эгри чизиқлари келтирилган. Машина чиққичларида қ. т. бўлса, АРВ қ. т. токи катталигига сушт таъсир этади, чунки якорь реакцияси оқимининг магнитсизлантирувчи таъсири катта (3.10- расм, а).



3-10- расм. Бузилган жой ҳар хил узоқликда бўлганда АРВ ли генератор учун қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг ўзгариш характери:

- а — қ. т. генераторнинг қисқичларида (1 — АРВсиз генератор; 2 — АРВли генератор);
- б — қ. т. x_K қаршиликдан кейин (1 эгри чизиқ — $x_K = x_d$; 2 — эгри чизиқ — $x_K = 5x_d$);
- в — қ. т. узоқдаги нуқтада.

x_k ортиши билан мувозанат J_∞ нинг юқори ўткинчи ток $I_{n,0}$ га Нисбати ошади. x_k нинг маълум қийматларида J_∞ катталиқ J_{no} катталикдан ортиқ бўлиши мумкин. Одатда, x_k қаршилиқ генераторнинг қаршилигидан 4—6 марта катта бўлганда бундай ҳолат содир бўлади. Бунда уйғотишни жадаллаштириш генераторлар кучланишининг камайишини компенсациялаб қолмай, балки $\Phi_{нат}$ оқим билан ЭЮК нинг қўшимча ўсишига ёрдам беради (3.10-расм, б).

Шикастланган жойнинг электр орталиғи ортиб борган сари қ. т. токи ҳам камаяди ва қисқа туташув генератор ишига шунча кам таъсир кўрсатади

Қ. т. нинг узоқлашган нуқтаси деб шартли равишда электр тармоғидаги шундай жойга айтиладики, шу жойда қ.т. бўлганда станциялардаги генераторларнинг токи шунча кам ўзгарадики, генераторларнинг ЭЮК билан кучланиши ўзгаришини ҳисобга олмас ва булади ва уларнинг қисқичдаги кучланиши ўзгармай номиналга тенг деб олиш мумкин. Шунинг учун узоқдаги нуқтада қ. т. бўлганда токнинг даврий ташкил этувчиси ўзгармайди ва қ. т. ҳосил бўлган моментдан бошлаб ўзининг мувозанат миқдори $I_0 = I_{n,t} = I_\infty$ га эришади. Демак, бу ҳолда занжирдаги токнинг ўзгариш характери ҳам худди кучланиши ўзгармас шинадан таъминланаётган ток ўзгариши каби бўлади.

3-3. УЧ ФАЗАЛИ ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКИНИ ҲИСОБЛАШ МЕТОДЛАРИ

а) Ҳисоблашларнинг вазифаси ва бажариш тартиби

Электр асбоб-ускуна параметрларини танлаш ёки текшириш, шунингдек, реле муҳофазаси ва автоматика установагини танлаш ёки текшириш учун қ. т. токлари ҳисобланади.

Бу китобда биринчи вазифани ҳал қилиш йўллари кўриб чиқилиб, бунда шикастланган жойга оқиб келаётган қ. т. токини, айрим ҳолларда эса схемага бевосита туташган шохобчалардаги токларнинг тақсимланишини аниқлаш етарли. Бунда ҳисоблашдан асосий мақсад тармоқ ишининг энг оғир режими учун қ. т. токнинг даврий ташкил этувчисини топишдир. Апериодик ташкил этувчи тахминан ҳисобланади, яъни кўрилаётган фазада у максимал қийматга эга деб фарз қилинади.

Кўпгина электростанция ва подстанциялардан ташкил топган, электроэнергетика системасининг ҳамма элементларининг ҳақиқий иш режими ва ҳақиқий характеристикаларини ҳисобга олиб, қ. т. ни ҳисоблаш анча мураккабдир. Шу билан бирга, амалда учрайдиган кўпчилик масалаларни ечиш учун ҳисоблашни осонлаштирувчи ва катта ноаниқлик киритмайдиган шартлар киритиш мумкин. Бу шартлар қуйидагилар:

ҳамма генераторларнинг ЭЮК фазаси бутун қ. т. процесси давомида ўзгармайди (генераторларнинг тебраниши йўқ) деб қабул қилинади;

магнит системаларнинг тўйиниши ҳисобга олинмайди. Бу хол қисқа туташув занжири ва ҳамма элементларининг индуктив қар-

шилигини ток миқдорига боғлиқмас ва уни ўзгармас деб ҳисоблаш имконини беради;

куч трансформаторларининг магнитловчи токлари ҳисобга олинмайди;

Махсус ҳоллардан ташқари, ерга қисқа туташган занжир элементларининг сизим ўтказувчанлиги ҳисобга олинмайди [3-7];

уч фазали система симметрик деб фараз қилинади. Қ. т. токига нагрузканинг таъсири тахминан ҳисобга олинади; қ. т. токининг катталигини ҳисоблашда, агар x/r нисбати учдан катта бўлса, одатда занжирнинг актив қаршилиги ҳисобга олинмайди. Лекин, қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчисининг сўниш вақт доимийси T_a ни аниқлашда актив қаршилиқни ҳисобга олиш лозим.

Қўйилган шартлар ҳисоблашни осонлаштириш билан бирга қ. т. токининг маълум миқдорда ортишига олиб келади (амалий ҳисоблашларнинг ноаниқлиги 10% дан ошмайди, бунга эса йўл қўйилади).

Уч фазали қ. т. токларини ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

кўрилаётган энерго системаси учун ҳисоблаш схемаси тузилади; ҳисоблаш схемаси асосида унинг ўрнини босувчи электр схемаси тузилади;

аста-секин ўзгартиш йўли билан, ўрнини босувчи схемани энг содда кўринишга шундай келтириладики, бунда натижавий ЭЮК $E'_{нат}$ маълум миқдор билан характерловчи манбаълар группаси ёки ҳар бир таъминловчи манбаъа қ. т. нуқтаси билан битта натижавий қаршилиқ $x_{нат}$ орқали боғланган бўлади;

манбаънинг натижавий ЭЮК билан натижавий қаршилигини билган ҳолда ОМ қонуни асосида қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори $I_{п.о}$ аниқланади. Сўнгра зарбий ток ва зарурат тугилса, берилган вақт моменти t учун қ.т. токининг даврий ва аperiодик ташкил этувчиси аниқланади.

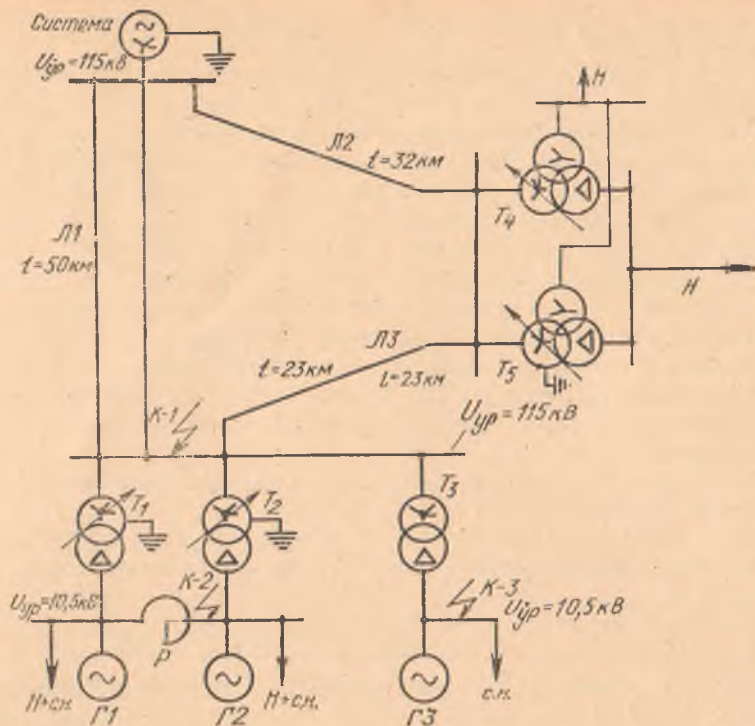
Қўйида СССР Энергетика министрлиги тасдиқлаган МЭИ тавсияларидан фойдаланиб қ. т. токини ҳисоблашнинг турли босқичлари батафсил кўриб чиқилади.

б) Установканинг ҳисоблаш схемаси

Ҳисоблаш схемаси деганда электроустановкаларнинг ҳамма элементлари ва уларнинг қ. т. токининг катталигига таъсир этувчи параметрлари кўрсатилган содалаштирилган, бир чизиқли схемаси тушунилади, шунинг учун, ҳисоблашларда бу параметрлар назарда тутилиши керак.

3.11-расмда ҳисоблаш схемасига мисол келтирилган.

Агар ҳисоблаш фақат нормал схема учунгина бўлмай, балки небоб-ускуна элементлари (линия, генераторлар, трансформаторлар) қисман ўчириладиган ремонт режими учун ҳам бажарилса, у ҳолда бу нарса ҳисоблаш схемасининг иловасида кўрсатилиши шарт.



3-11- расм. Қ. т. тоқларини аниқлаш учун ҳисоблаш схемаси намунаси.

Айрим элементларнинг параметрлари: $T1$ ва $T2$ — ТДН- 40000/110, 40 МВ·А, $u_K = 10,5\%$; $T3$ -ТД-125000/110, 125 МВ·А, $u_K = 10,5\%$; $T4$ ва $T5$ -ТДТН-4000/110, 40 МВ·А, $u_{КВ-Н} = 10,5\%$; $G1$ ва $G2$ — ТВФ-60-2, 75 МВ·А, $x''_{d*}(E_{\text{НОМ}}) = 0,146$; $G3$ -ТВФ-100-2, 118 МВ·А, $x''_{d*}(E_{\text{НОМ}}) = 0,183$; P —РБДГ10-2500-0,25; $I_{\text{НОМ}} = 2,5$ кА, $x_p = 0,25$ Ом.

Ҳисоблаш схемаси ва унинг иловасида айрим элементларнинг номинал параметрлари (кучланиши, қуввати, қаршилиги) кўрсатилади. Масалан, 3.11-расмда юқори кучланиш установакалари (генераторлар, трансформаторлар, электр узатиш линиялари, реакторлар) даги қ. т. тоқини ҳисоблашда қаршилиги назарда тутилмаган ҳамма элементларнинг параметрлари кўрсатилган. Тақсимлаш қурилмалари шиналарининг электр аппаратлар (виключателлар, ток трансформаторлари ва бошқалар), узунлиги нисбатан катта бўлмаган кабель ва ҳаво улагичларининг қаршиликлари жуда кичик бўлганлиги учун ҳисобга олинмайди. Шунинг учун, 3.11-расмдаги схемада уларнинг параметрлари кўрсатилмаган.

Айрим ҳолларда аниқроқ ҳисоблаш учун схемада нагрузка параметрлари ҳам кўрсатилиши керак.

Кучланиши 1000 В гача бўлган установакалардаги қ. т. тоқларини ҳисоблашда, шиналар, ток трансформаторлари, рубильниклар, автомат виключателлар қаршилиги назарда тутилиши керак. Шунинг учун, уларнинг параметрлари ҳисоблаш схемасида кўрсати-

лиши лозим. 3.11- расмда келтирилган ҳисоблаш схемасида трансформаторлар (115; 10,5 кВ) билан боғланган кучланишларнинг бир неча поғонаси бор.

Ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида ҳисоблаш схемасида ҳар бир электр поғона учун шиналардаги унинг ҳақиқий кучланиши ўрнига қуйидаги шкала [3-1, 1-14] асосида ўртача кучланиш $U_{\text{ўр}}$ кВ ларда кўрсатилади: 770; 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 20; 18; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15.

Ҳар бир электр поғона учун ўртача кучланиш қабул қилиниб, шу поғонага уланган ҳамма элементларнинг номинал кучланиши унинг ўртача кучланишига тенг деб ҳисобланади.

Тармоқ элементларининг қаршилигини аниқлаш учун, одатда, ҳисоблаш схемасида уларнинг параметрлари номланган бирликларда, кўпчилик ҳолларда эса нисбий бирликларда ёки процентларда кўрсатилади (трансформаторларнинг қ. т. кучланиши, генераторларнинг индуктив қаршилиги ва бошқалар).

Катталикларни нисбий бирликларда, яъни базис деб номланган бирор катталikka нисбатан процент ёки улушлар ҳисобида берилган катталикларни ҳисоблаш илгари ўрганилган физика, назарий электротехника асослари, электр машиналари ва бошқа фанларда учраган. Нисбий бирликлар яна қ. т. тоқларини ҳисоблашда ҳам ишлатилади. Бу масалани батафсил кўриб чиқамиз.

Уч фазали занжирнинг ушбу $U_{\text{ном}}$, кВ; $I_{\text{ном}}$, кА; $S_{\text{ном}}$, МВ·А; $x_{\text{ном}}$ Ом параметрларга эга бўлган элементидан бири (трансформатор, генератор, реактор)ни олаемиз. Номинал параметрлар ўзаро қуйидаги маълум нисбатларда боғланган:

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{ном}} &= \sqrt{3} I_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}; \\ x_{\text{ном}} &= U_{\text{ном}} / \sqrt{3} I_{\text{ном}} \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

Қисқа туташув режимини ўз ичига оладиган занжирнинг шу элементи ҳар қандай бошқа иш режимининг кучланиши U , токи I қуввати $S = \sqrt{3} UI$ ва қаршилиги $x = U / \sqrt{3} I$ нинг маълум миқдорлари билан характерланади. Уларни айни ҳол учун база элементи деб қабул қилинган шу элементнинг тегишли номинал параметрлари улушларида ифодалаш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} U_{*(\text{ном})} &= U / U_{\text{ном}}; & I_{*(\text{ном})} &= I / I_{\text{ном}}; \\ S_{*(\text{ном})} &= S / S_{\text{ном}}; & x_{*(\text{ном})} &= x / x_{\text{ном}}. \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

Шундай қилиб, олинган катталиклар занжир элементининг ишини, берилган шароитларда, характерловчи нисбий номинал миқдорлар ҳисобланади (формуладаги * индекси миқдор нисбий катталикда ифодаланганлигини кўрсатади).

Нисбий номинал қаршилик $x_{*(\text{ном})}$ учун юқорида келтирилган ифодани ўзгартириш учун $x_{\text{ном}}$ қийматни (3.19) ифодадаги қийматига алмаштириш керак, унда:

$$x_{*(\text{ном})} = \sqrt{3} I_{\text{ном}} x / U_{\text{ном}}. \quad (3.21)$$

Бундан шуни кўриш мумкинки, номинал база шароитларида занжирнинг шу элементи қаршилигидан номинал ток ўтаётгандаги кучланишининг пасайишини номинал кучланишга нисбати нисбий қаршиликка тенг. (3-21) даги номинал токни номинал қувват ва кучланиш билан алмаштириб, қуйидагини оламиз:

$$x_{*(ном)} = x S_{ном} / U_{ном}^2 \quad (3.22)$$

Ток, кучланиш ва бошқа параметрларнинг нисбий миқдорларини фақат занжирнинг берилган элементининг номинал миқдорларига нисбатан аниқлабгина қолмай, балки миқдорларнинг базис система-си деб юритиладиган ва ҳисоблаш асосига қўйилган ихтиёрий бошқа миқдорларга нисбатан ҳам аниқлаш мумкин. Маълумки, *миқдорларнинг базис системасига базис қуввати* $S_б$, *базис кучланиш* $U_б$, *уч фазали система учун қувват ифодаси* $S_б = \sqrt{3} U_б I_б$ *орқали боғланган базис токи*, $I_б$, *шунингдек, базис қаршилиқ* $x_б = U_б / \sqrt{3} I_б$ *кириши мумкин*. Бу ҳолда иккита базис миқдорларни ихтиёрий бериш мумкин. Одатда, қувват ва кучланишнинг базис қийматини бериб, улар орқали базис ток $I_б = S_б / \sqrt{3} U_б$ ва базис қаршилиқ аниқланади.

Базис миқдорлар, одатда, қуйидаги бирликларда ифодаланади: кучланиш — киловольтларда, ток — килоамперларда, қувват — мегаволь-амперларда, қаршилиқ — омларда.

Базис миқдорлар $U_б$, $I_б$, $S_б$ ва $x_б$ маълум бўлганда, нисбий базис катталиклар (3.20) га ўхшаш қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} U_* &= U/U_б; & I_* &= I/I_б; \\ S_* &= S/S_б; & x_* &= x/x_б. \end{aligned} \right\} \quad (3.23)$$

(3-21) ва (3-22) ифодаларга ўхшаш, нисбий базис қаршилиқни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$x_* = \sqrt{3} I_б x / U_б \quad (3.24)$$

ва

$$x_* = S_б x / U_б^2 \quad (3.25)$$

Каталоглар ва заводларнинг информацион материалларида доим параметрларнинг нисбий катталиклари берилади, яъни улар машина ёки аппаратнинг базис миқдори деб қабул қилинган номинал қувватига, номинал қаршилигига, номинал кучланишига нисбатан аниқланган катталиклар бўлади.

Айрим ҳолларда нисбий номинал миқдорлар процентларда ифодаланади. Маълумки, $U, \% = U_* \cdot 100$; $I, \% = I_* \cdot 100$, $S, \% = S_* \cdot 100$, $x, \% = x_* \cdot 100$.

Нисбий базис қаршилиқни, агар базис шароитлар номиналлардан фарқ қилса, (3.21) ва (3.24) ифодалардан келиб чиққан қуйидаги маълум нисбий номинал қаршилиқлардан аниқлаш мумкин:

$$x_* = x_{*(\text{НОМ})} \frac{I_{\sigma} U_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}} U_{\sigma}} \quad (3.26)$$

ёки (3.22) ва (3.25) дан:

$$x_* = x_{*(\text{НОМ})} \frac{S_{\sigma} U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}} U_{\sigma}^2} \quad (3.27)$$

(3-21)—(3-25) ифодалардан фойдаланиб, инсбий бирликлардаги қаршиликнинг маълум миқдорига қараб қаршилик катталигини оmlар ҳисобида аниқлаш мумкин.

Параметрларнинг нисбий катталикларидан фойдаланиб, ҳисоблашни электротехника қонунлари асосида олиб бориш мумкин. Ҳисоблаш формулаларига кирадиган ҳамма миқдорларни ҳисоблашда улар албатта бир хил база шароитларда аниқланиши керак.

Шуни эсда тутиш керакки, линия (фазалараро) ва фаза кучланишларининг нисбий катталиклари сон жиҳатидан ўзаро тенг бўлиши лозим, яъни:

$$U_{* \text{ лин}} = \frac{U_{\text{лин}}}{U_{\sigma, \text{ лин}}} = \frac{\sqrt{3} U_{\phi}}{\sqrt{3} U_{\sigma, \phi}} = \frac{U_{\phi}}{U_{\sigma, \phi}} = U_{* \phi}.$$

Шунинг учун, Ом қонуни нисбий бирликларда, масалан $I_* = U_*/x_*$ кўринишга эга бўлади, уч фазали тармоқ қувватининг формуласи эса $S_* = U_* I_*$ деб ёзилиши мумкин.

Ҳисоблаш схемасининг турли элементларининг қаршилиги қандай аниқланишини кўриб чиқамиз.

Синхрон машиналар. Ҳисоблаш схемаларига синхрон машиналар бўйлама ўқ x_d'' бўйича индуктив қаршиликнинг ўта ўткинчи миқдори билан киритилади. Бу қаршилик, одатда, каталогларда номинал база шароитларида нисбий бирликларда ёки процентларда кўрсатилади, яъни

$$x_{d* (\text{НОМ})}'' = x_d'' \frac{\sqrt{3} I_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} = x_d'' \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2}, \quad (3.28)$$

ёки

$$x_{d*}'' \% = x_d'' \frac{\sqrt{3} I_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} 100 = x_d'' \frac{S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2} 100, \quad (3.29)$$

бунда $I_{\text{НОМ}}$, $U_{\text{НОМ}}$, $S_{\text{НОМ}}$ — мос ҳолда генератор (двигатель, компенсатор)нинг номинал токи, кучланиши ва қуввати; x_d'' — ўта ўткинчи қаршилик, Ом.

Юқори кучланишли электр машиналарнинг актив қаршилиги индуктив қаршиликка нисбатан анча кичик ($x/r = 15 \div 150$, [3-1, 3-7] га қаранг).

Қисқа туташув тоқларини ҳисоблашда, бир қатор ҳолларда, генераторлар бирлаштирилиб, умумлашган эквивалент манба билан алмаштирилади. Агар қ. т. жойи генератор (синхрон компенсатор)

тор) нинг чиққичларида ёки уларга яқин жойлашган бўлса, масалан, энергосистемани электростанция билан боғловчи трансформатордан кейин бўлса, у ҳолда бундай электр машиналар ўз параметрлари билан схемада ҳисобга олинади. Энергосистеманинг асосий генератор қуввати тўпланадиган бутун бошқа қисми ягона манба — кучланиши ўзгармас шинали система деб қаралади. Қ. т. жойи шу система билан айрим элементлар (линиялар, трансформаторлар, реакторлар) орқали боғланиб, қ. т. нинг таъминланиши фақат уларнинг қаршилиги билан чегараланади.

Агар энергосистеманинг қандайдир нуқтасида уч фазали қисқа туташувда қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати $I_{п.о}$ ёки қуввати $S_k = \sqrt{3} I_{п.о} U_{ўр}$ маълум бўлса, улар орқали шу нуқтага нисбатан системанинг индуктив қаршилиги x_c ни аниқлаш мумкин:

$$x_c = \frac{U_{ўр}}{\sqrt{3} I_{п.о}} = \frac{U_{ўр}^2}{S_k}, \quad (3.30)$$

бунда $U_{ўр}$ — $I_{п.о}$ ток ёки қувват S_k маълум бўлган пофонанинг ўртача кучланиши. Шу қаршилиқдан сўнг кучланиш ўзгармас шиналар туради, деб қаралади, уларда $U = U_{ўр} = \text{const}$ бўлади.

Энергосистеманинг қаршилиги шу энергосистеманинг маълум узелида ўрнатилиши кўзда тутилган ёки ўрнатилган виключателнинг фойдаланиш чегараси шартидан тахминан аниқланиши мумкин. Яъни уч фазали қ. т. да шу виключателдан ўтган ток унинг номинал узиш токи $I_{ном, уз}$ га тенг. Унда (3.30) га ўхшаш:

$$x_c = U_{ўр} / (\sqrt{3} I_{ном, уз}). \quad (3.31)$$

Эквивалент генераторнинг параметрлари, яъни нисбий номинал қаршилиқ $x_{c(ном)}$ ва манбаларнинг номинал қуввати йиғиндисига тенг номинал қувват $S_{ном}$ берилган система ҳам бўлиши мумкин.

Бутун система учун x/r нисбатнинг ўртача миқдорини, қоида бўйича олиш мумкин эмас, чунки у қ. т. нуқтасининг жойига боғлиқ. Агар қ. т. электр узатувчи линия системасидан ажратилган бўлса, x/r нисбат камаяди; қ. т. кучли станция шинасига яқинлашган линиясининг узунлиги қисқариши билан x/r нисбатнинг қиймати ортади.

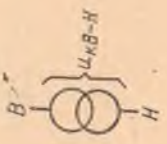
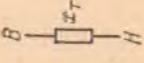
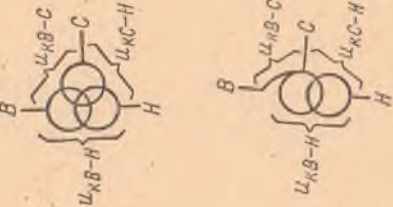
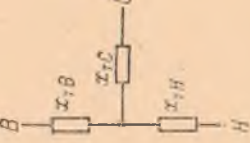
Трансформаторлар ва автотрансформаторлар. Ҳар қайси куч трансформаторининг паспортида трансформаторнинг нисбий номинал қаршилигига тенг бўлган қ. т. кучланишининг миқдори u_k , % да берилади:

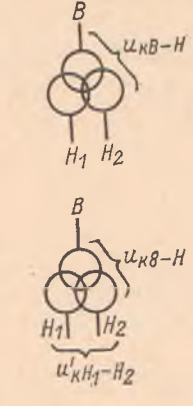
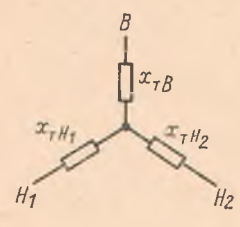
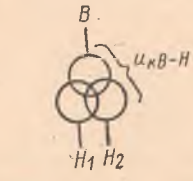
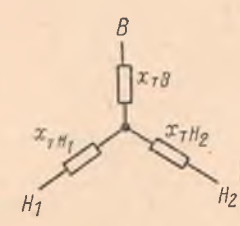
$$u_k \% = \frac{U_k}{U_{ном}} 100 = \frac{\sqrt{3} I_{ном} Z_T}{U_{ном}} 100 = \frac{Z_T}{Z_{ном}} 100 = Z_T \%.$$

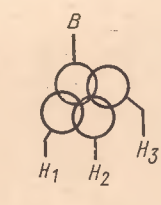
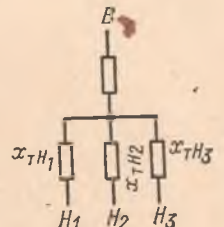
Масалан, трансформаторлар учун, одатда, $x_T \gg r_T$ бўлса, у ҳолда $Z_T \% \approx x_T \%$ бўлади.

Икки чулғамли трансформаторлар учун каталоглар ва бошқа справочник материалларида $u_{кВ=Н}$, % миқдори берилади. Уч чул-

Куч трансформаторлари чулғамларнинг қаршилигини аниқлаш

Номи	Берилган схема	Алмаштириш схемаси	Ҳисобланадиган пофодалар
Икки чулғамли трансформатор			$x_T \% = u_{KB-H} \%$
Уч чулғамли трансформатор, автотрансформатор			$x_{TB} \% = 0,5 (u_{KB-H} \% + u_{KB-C} \% - u_{KC-H} \%);$ $x_{TC} \% = 0,5 (u_{KB-C} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-H} \%);$ $x_{TH} \% = 0,5 (u_{KB-H} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-C} \%).$

1	2	3	4
<p>Паст кучланишли чулғами иккита шохобчага ажратилган уч фазали трансформатор</p>			<p>а) $x_{TB} \% = 0,125 u_{KB-H} \%;$ $x_{TH1} \% = x_{TH2} \% = 1,75 u_{KB-H} \%.$ б) $x_{TB} \% = u_{KB-H} \% - 0,5 u'_{KH1-H2} \%;$ $x_{TH1} \% x_{TH2} \% = u'_{KH1-H2} \%;$ $u'_{KH1-H2} \%$ -- каталогларда $S_{H1} = S_{H2} = 0,5 S_{ном, T}$ га нисбатан берилди</p>
<p>Паст кучланишли чулғами икки шохобчага ажратилган икки чулғамли бир фазали трансформаторлар группаси</p>			<p>$x_{TB} = 0;$ $x_{TH1} \% = x_{TH2} \% = 2 u_{KB-H} \%$</p>

1	2	3	4
<p>Паст кучланиш чулғами учта шохобчага ажратилган бир фазали трансформаторлар группаси</p>			<p>$x_{TB} = 0;$ $x_{TH1} \% = x_{TH2} \% = x_{TH3} \% = 3u_{KB-H} \%$</p>

Ғамли трансформаторлар, автотрансформаторлар ва чулғами ажралган трансформаторлар учун қ. т. кучланиши ҳар бир жуфт чулғам учун берилди. Ҳар қайси чулғамнинг индуктив қаршилигини аниқлашда маълум тенгламалардан фойдаланилади, уларнинг асосийлари 3.2-жадвалда келтирилган.

Реакторлар. Реакторларнинг паспортда, одатда, унинг номинал токи билан қаршилиги омларда кўрсатилади.

Электр узатувчи ҳаво ва кабель линиялари. Ҳисоблаш схемаларида электр узатувчи линиялар оралиғи кўрсатилади, унда одатда линия фазасининг индуктив қаршилигининг солиштирма миқдори 3.3-жадвалда кўрсатилган ўртача миқдори асосида қабул қилиниб ҳисобга олинган.

3.3-жадвал

Электр узатиш ҳаво ва кабель линиялари индуктив қаршилиқларининг ўртача солиштирма миқдори [3-1]

Электр узатиш линияларининг типи	$x_{\text{сол}}$, Ом/км
6—220 кВ ли бир занжирли ҳаво линияси	0,4
Фазаси иккита симга ажратилган 220—300 кВ ли бир занжирли ҳаво линияси	0,32
Фазаси учта симга ажратилган 400—500 кВ ли бир занжирли ҳаво линияси	0,28
Уч томирли кабель:	
6—10 кВ ли	0,08
35 кВ ли	0,12
110 кВ ли мой тўлдирилган бир томирли кабель	0,18

Генераторлар, синхрон компенсаторлар ва двигателлар учун ҳисоблаш схемасида ЭЮК нинг юқори ўткинчи катталигини қабул қилиш керак. Шартли равишда, ҳамма синхрон машиналар қ. т. содир бўлгунча қисқичларда номинал кучланиш бўлиб, номинал қувват коэффициенти билан тўла номинал қувватда ишлади деб ҳисобланади. Бундан ташқари, ҳамма синхрон машиналар АРВ ва уйғонишни жадаллаштириш қурилмаси билан таъминланган деб ҳисобланади. 3.4-жадвалда манбалар ЭЮК нинг ўртача қиймати келтирилган, генераторлар учун бу миқдорларни (3-15)

3.4-жадвал

ЭЮК ларнинг қийматлари

Манбалар	E''_* (ном)
100 МВт гача бўлган турбогенератор	1,08
100—500 МВт гача бўлган турбогенератор	1,13
Тинчлантирувчи чулғамлари бўлган гидрогенератор	1,13
Тинчлантирувчи чулғамлари бўлмаган гидрогенератор	1,18
Синхрон компенсатор	1,2
Синхрон двигатель	1,1
Асинхрон двигатель	0,9

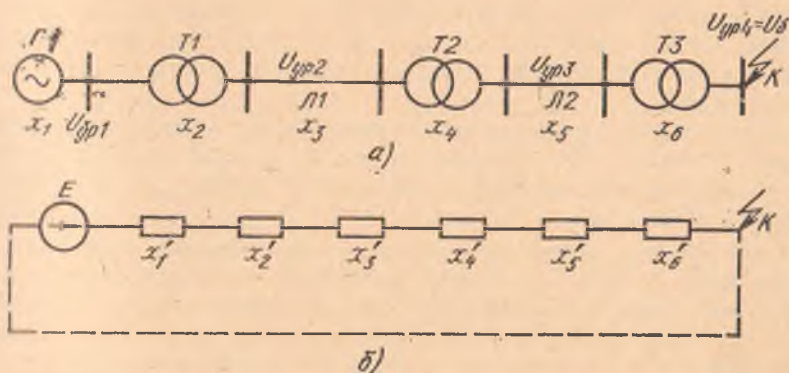
ифодадан аниқроқ қийматларини ҳисоблаб топиш мумкин. 3.4-жадвалга двигател нагрукасининг ЭЮК ҳақидаги маълумотлар ҳам киритилган. Шунини таъкидлаш керакки, қ. т. токларини ҳисоблашларда нагруканинг таъсири ҳар хил ҳисобга олинади. Генераторга (ТЭЦ ҳолида) тўғридан-тўғри уланган нагрукка қуввати генератор қувватига яқин бўлса, ЭЮК нинг коррекцияси орқали ҳисобга олинади ва у $E_{*}^{*}(\text{НОМ}) = 1$ қийматигача олинади. Қ. т. жойига яқин уланган катта қувватли нагруккалар, параметрлари $E_{*}^{*}(\text{НОМ}) = 0,85$; $x_{*}(\text{НОМ}) = 0,35$ бўлган, умумлаштирилган манбалар кўринишида ҳисобга олинади. Қ. т. жойидан узун линиялар, трансформациялаш поғоналари билан ажралган нагруккалар, одатда, ҳисобга олинмайди. Электр станцияларининг ўз эҳтиёжи системасидаги қ.т. да двигателли нагрукка алоҳида ҳисобга олинади. Бу масала 3.5-§ да кўриб ўтилган.

в) Алмаштирилган электр схема

Электр установакаларнинг ҳисоблаш схемасида қ. т. ҳосил бўлиши мумкин бўлган нуқталар белгиланади (3.11-расмга қаранг). Сўнгра қ. т. белгиланган нуқта учун алмаштирилган эквивалент электр схема тузилади.

Барча магнитли (трансформаторли) боғланишлари электр боғланишлар билан алмаштирилган, берилган маълумотлари бўйича ҳисоблаш схемаси билан бир хил бўлган электр схема алмаштирилган схема деб аталади.

Кўрсатилганидек, ҳисоблаш схемасининг параметрлари номланган ёки нисбий бирликларда ифодаланиши мумкин. Номланган бирликлар билан ҳисоблашда схеманинг ҳамма қаршилиги омма ифодаланиши шарт ва битта базис кучланишга (электр погонанинг битта ўртача кучланишига) келтирилиши керак. Агар манба билан қ. т. нуқтаси орасида бир ёки бир нечта трансформациялаш поғоналари бўлса (3.12-расм, а) бундай базис кучланишга келтириш керак бўлади.



3.12- расм. Ҳисоблаш радиал схема ва уни алмаштириш схемаси.

Базис кучланиш сифатида қ. т. содир бўладиган погонанинг ўртача кучланишини қабул қилиш қулай. Онда ифодаланган қаршиликни танланган базис кучланишга келтириш қуйидаги формула асосида бўлади:

$$x' = (n_1 n_2 n_3, \dots, n_k)^2 x, \quad (3-32)$$

бунда $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ — базис кучланиш погонаси билан x қаршиликни боғлайдиган трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентлари; трансформациялаш коэффициентлари кўрилатган қаршилик уланган поғонага, танланган базис поғонадан келадиган йўналишда аниқланади.

Ҳар бир электр поғона учун маълум ўртача кучланиш қабул қилинганлиги сабабли, қаршиликларни келтириш учун фойдаланиладиган трансформациялаш коэффициентлари иккита поғоналарнинг ўртача кучланишларининг нисбатидан иборат бўлади.

Шу сабабли оралиқ трансформациялаш коэффициентлари қисқаради ва қаршиликларни қайта ҳисоблаш қуйидаги формула асосида олиб борилиши мумкин:

$$x' = x \frac{U_6^2}{U_{\text{ЭР}}^2}, \quad (3-33)$$

бунда x — кўрилатган элемент уланган погонанинг $U_{\text{ЭР}}$ даги фаза элементнинг берилган индуктив қаршилиги, Ом; x' — қабул қилинган базис кучланиш U_6 га келтирилган шу элемент фазасига тўғри келадиган индуктив қаршилик, Ом.

Ҳисоблаш схемасининг турли элементларининг қаршилиги турли ўлчов бирликларида берилиши мумкин бўлганлиги учун 3.5-жадвалда қаршиликларни номланган бирликларда аниқлаш учун ва уларни базис кучланишга келтириш учун ифодалар берилган.

Агар ҳисоблаш нисбий бирликларда олиб борилса, унда алмаштирилган схеманинг ҳамма элементларини олдиндан бир хил базис шароитларга келтириш лозим. Ҳисоблашларни осонлаштириш мақсадида базис шароитлар танлаб олинади: Масалан, базис қувват сифатида одатда 100, 1000 ёки 10000 МВ · А, айрим ҳолларда эса схемада тез-тез такрорланадиган айрим элементларнинг қуввати олинади. Базис кучланиш сифатида тегишли ўртача кучланишни олиш қулай.

3.5-жадвалдаги формулалардан аниқланган қаршиликлар қийматлари алмаштирилган схемада кўрсатилади. Алмаштирилган схемадаги ҳар бир қаршиликка маълум номер қўйилиб, у ҳисоблаш охиригача сақланади.

Э с л а т м а. $S_{\text{НОМ}}$ элементлар (генератор, трансформатор, энергосистеманинг номинал қуввати, МВ · А; S_6 — базис қувват, МВ · А; S_K — энергосистеманинг қисқа туташув қуввати, МВ · А; $I_{\text{НОМ, УЗ}}$ — виключателнинг номинал узиш токи кА; $x_{\text{с.НОМ}}$ — энергосистеманинг нисбий номинал қаршилиги; x_T % трансформаторнинг қисқа туташув кучланиши — u_K % орқали аниқланадиган трансформаторнинг нисбий қаршилиги (3.2-жадвалга қаранг); I_6 — базис ток, кА; $U_{\text{ЭР}}$ —

шу элементнинг ўрнатилган жойидаги ўртача кучланиши, кВ; $x_{уз}$ — линиянинг 1 км узунлигига тўғри келадиган индуктив қаршилиги, Ом/км; e — линиянинг узунлиги, км.

3.5- жадвал

Қаршилиқларнинг келтирилган катталиқларини аниқлаш учун ҳисобланадиган фойдалар

Электроустановканинг элементи	Берилган параметри	Номланган бирликлар, Ом	Нисбий бирликлар
Генератор	$x_d^*_{ном}$ $S_{ном}$	$x = x_d^*_{ном} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = x_d^*_{ном} \frac{S_6}{S_{ном}}$
	$x_d^{\%}$ $S_{ном}$	$x = \frac{x_d^{\%}}{100} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x_d^{\%}}{100} \frac{S_6}{S_{ном}}$
Энергосистема	S_K	$x = U_6^2 / S_K$	$x_* = S_6 / S_K$
	$I_{ном, уз}$	$x = \frac{U_6^2}{\sqrt{3} I_{ном, уз} U_{ўр}}$	$x_* = \frac{S_6}{\sqrt{3} I_{ном, ўз} U_{ўр}}$
	$x_{*, ном}$ $S_{ном}$	$x = x_{*, ном} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = x_{*, ном} \frac{S_6}{S_{ном}}$
Трансформатор	$x_T^{\%}$ $S_{ном}$	$x = \frac{x_T^{\%}}{100} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x_T^{\%}}{100} \frac{S_6}{S_{ном}}$
Реактор	x_p	$x = x_p \frac{U_6^2}{U_{ўр}^2}$	$x_* = x_p \frac{S_6}{U_{ўр}^2}$
Электр узатиш линияси	$x_{уд}$ l	$x = x_{уд} l \frac{U_6^2}{U_{ўр}^2}$	$x_* = x_{уд} l \frac{S_6}{U_{ўр}^2}$

Уч фазали қ. т. да қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг қийматларини ҳисоблаш учун занжирнинг ҳамма фазалари бир хил шартларда бўлганлиги учун, фақат битта фаза учун алмаштирилган схема тузилади (3.12- расм, б).

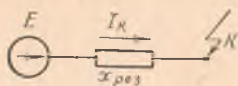
Алмаштирилган схема тузилиб, ҳамма элементларнинг қаршилиги аниқлангандан сўнг, у энг содда кўринишга келтирилади (3.13- расм). Схемани ўзгартириш (йиғиштириш) манбадан қ. т. ноий томонига қараб амалга оширилади. Бунда қаршилиқларни кетма-кет ва параллел қўйиш, қаршилиқлар юлдузчасини учбурчак шаклига айлантириш ва аксинча, кўп бурчакни кўп нузли юлдузчага ўзгартириш ва шунга ўхшаш маълум қоидалардан фойдаланилади. Бу қоидалар 3.6- жадвалда келтирилган.

Схемаларни адмаштириш ва ток тақсимланишини аниқлаш учун асосий формулалар

Амалга оширилдиган ўзгартиришлар	Схемалар		Ўзгартиришнинг шартли белгиси	Ўзгартирилган схема элементлари қаршиликларининг формулалари	Схема ўзгармасдан олдинги ундаги тоқларнинг тақсимланиши формулалари
	Ўзгармасдан олдин	Ўзгаргандан кейин			
Кетма-кет улан			+	$x_{эк} = x_1 + x_2 + \dots + x_\alpha$	$I_1 = I_2 = \dots = I$
Параллел ула				$x_{эк} = \frac{1}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_\alpha}}$ Шохобча иккита бўлганда $x_{эк} = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2}$	$I_\alpha = I \frac{x_{эк}}{x_\alpha}$
Учбурчак шаклида уланган схемани эквивалент юлдузга ўзгартириш			Δ/Y	$x_L = \frac{x_{LM} x_{LN}}{x_{LM} + x_{LN} + x_{MN}}$ $x_M = \frac{x_{LM} x_{MN}}{x_{LM} + x_{LN} + x_{MN}}$ $x_N = \frac{x_{LN} x_{MN}}{x_{LM} + x_{LN} + x_{MN}}$	$I_{ML} = \frac{I_M x_M - I_L x_L}{x_{LM}}$ $I_{LN} = \frac{I_L x_L - I_N x_N}{x_{LN}}$ $I_{NM} = \frac{I_N x_N - I_M x_M}{x_{NM}}$

3.6- жадвал (давоми)

1	2	3	4	5	6
Юлдузча шаклида уланган схемани эквивалент учбурчакка ўзгартириш			Y/Δ	$x_{LM} = x_L + x_M + \frac{x_L x_M}{x_N}$ $x_{LN} = x_L + x_N + \frac{x_L x_N}{x_M}$ $x_{MN} = x_M + x_N + \frac{x_M x_N}{x_L}$	$I_L = I_{LN} - I_{ML}$ $I_M = I_{ML} - I_{MN}$ $I_N = I_{MN} - I_{LN}$
Қўп нузли юлдузча шаклида уланган схемани диаганалли қўпбурчакка ўзгартириш				$x_{LM} = x_L x_M \sum_y$ $x_{MN} = x_M x_N \sum_y$ бу ерда $\sum_y = \frac{1}{x_L} + \frac{1}{x_M} + \frac{1}{x_N} + \frac{1}{x_P}$	$I_L = I_{LM} + I_{LN} - I_{PL}$ ва ҳоказо.



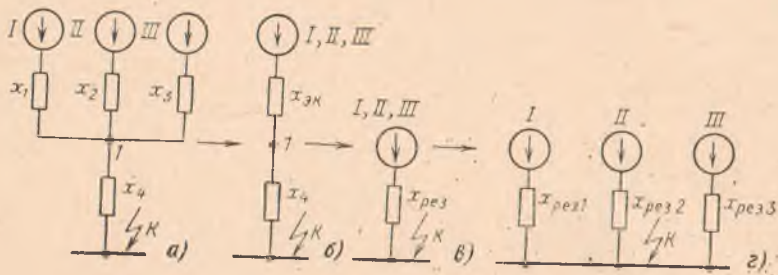
3-13- расм. Натижа-
ловчи алмаштириш
схемаси.

Алмаштирилган схемани ўзгартириш процессида боғланган занжирларни бўлиш масаласи тез-тез туғилади. Бу ҳолат 3.14- расмда кўрсатилган.

I, II, III манбалардан тоқлар умумий қаршилиқ x_4 орқали ўтади. Ҳар Сир манбадан қ. т. нуқтасига ўтаётган токни аниқлаш учун. схемасни 3.14- расм, $г$ да кўрсатилганидек, нурли кўринишга айлачтириш керак.

Бундай ўзгартириш билан олинган схема бўйича ҳисоблашда, ҳар қайси манбадан шикастланган нуқтага қараб оқаётган тоқлар, схемани ўзгартиришдан олдин қандай бўлса шундайлигича қолиши керак. Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади.

Қ. т. нинг берилган нуқтаси учун алмаштириш схемаси тузилади ва аста-секин ўзгартириш йўли билан 3.14- расм, $а$ да кўрсатилган кўринишга келтирилади, бунда умумий ҳолда манбалар шохобчаларининг сони исталганча бўлиши мумкин.



3-14- расм. Боғланган занжирларнинг бўлиниши.

Схеманинг натижавий қаршчилиги аниқланади (3.14- расм, $а-в$):

$$x_{рез} = x_{ЭК} + x_4, \quad (3-34)$$

бун да $x_{ЭК}$ — схеманинг нуқта I га нисбатан ҳамма таъминловчи манбаларининг эквивалент қаршилиги:

$$x_{ЭК} = x_1 \parallel x_2 \parallel x_3. \quad (3-35)$$

Шикастланган жойдаги токнинг даврий ташкил этувчисининг нисбий миқдори бир деб қабул қилинади ($I_{п*}^1 = 1$) ва тақсимлаш коэффициентлари аниқланади, яъни ҳар бир манбанинг қ. т. токидаги миқдори (улуши) топилади. Кирхгоф қонунлари асосида қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_{п*1} + I_{п*II} + I_{п*III} + I_{п*} = 1,$$

шунингдек

$$\frac{I_{п*1}}{I_{п*}} = \frac{x_{ЭК}}{x_1}, \quad \frac{I_{п*II}}{I_{п*}} = \frac{x_{ЭК}}{x_2}$$

ва ҳоказо.

Бу ердан, шохобчалар бўйича тақсимлаш коэффициентлари аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= I_{п*1} = x_{эк}/x_1; \\ C_2 &= I_{п*II} = x_{эк}/x_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.36)$$

ва ҳоказо.

Шундай қилиб, тақсимлаш коэффициентларидан фойдаланиб, қ. т. жойидаги умумий токни билиб, унинг шохобчалараро қандай тақсимланишини аниқлаш мумкин.

Коэффициентларнинг ҳисоблаш аниқлигини текшириш учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1. \quad (3.37)$$

Шохобчаларда ток тақсимлаш ўзгармай қолишини ҳисобга олиб, қуйидагини ҳосил қиламиз (3.14- расм, з):

$$\left. \begin{aligned} x_{рез 1} &= x_{рез} / C_1; \\ x_{рез 2} &= x_{рез} / C_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.38)$$

ва ҳоказо.

Маълум якунловчи алмаштирилган схема асосида қ. т. токининг даврий ташкил этувчисиянинг бошланғич қийматини аниқлаш унча қийин бўлмайди.

Нисбий бирликларда ҳисоблашда

$$I_{п, о} = \frac{E''}{x_{рез*}} I_б, \quad (3.39a)$$

бунда E'' — манбанинг ЭЮК, нисбий бирликда, $x_{рез*}$ — қ. т. занжирининг базис шароитларига келтирилган якунловчи нисбий қаршилиги; $I_б$ — қ. т. жойидаги берилган $S_б$ ва $U_б = U_{ур}$ миқдорларида аниқланган базис ток.

Номланган бирликларда ҳисоблашда

$$I_{п, о} = E'' / x_{рез*}, \quad (3.39 б)$$

бунда $x_{рез}$ — қ. т. занжирининг якунловчи қаршилиги, Ом; E'' — қ. т. кўрилаётган поғонага келтирилган манбанинг ЭЮК (фаза миқдори):

$$E'' = E''_{ман} \frac{U_б}{U_{ур, ман}}. \quad (3.40)$$

1000 В гача бўлган электр тармоқларида қ. т. да токнинг бошланғич қийматини аниқлаш ва алмаштириш схемасини тузиш айрим хусусиятларга эга. Бу тармоқларда аввало занжир элементларидаги ҳам индуктив, ҳам актив қаршиликларни ҳисобга олиш лозим, чунки уларнинг миқдори ўзаро бир-бирига яқин.

1000 В гача бўлган установкалардаги қ. т. токига кичик кесимдаги қисқа ўтказгичлар, ток трансформатори, автоматларнинг ток қалтаклари, контакт бирикмалар қаршилиги катта таъсир кўрса-

тади. Булар, одатда, юқори кучланишли установакаларда ҳисобга олинмайди.

Шу билан бирга, ҳисоблашдаги ноаниқликни унча катталаштирмай ташқи алоқалар қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Чунки қуйи кучланишли тармоқни таъминлаётган трансформаторнинг юқори кучланишли шинаси ўзгармас кучланишли шина деб ҳисобланади.

1000 В дан кичик установакалар учун алмаштирилган схемаларнинг параметрларини номланган бирликларда келтириш қулай. Қуйидаги қатордан кучланишнинг ўртача миқдори олинади: 690, 525, 400, 230, 127 В.

Қ. т. токининг бошланғич қийматини (3.39, б) формула орқали аниқланади, бунда E_{ϕ}^* ўрнига $U_{\phi p}/\sqrt{3}$, $x_{\text{рез}}$ ўрнига $z_{\text{рез}}$ миқдори қўйилади. Бу ерда $z_{\text{рез}}$ қуйидаги топилади:

$$z_{\text{рез}} = \sqrt{(\sum r_i)^2 + (\sum x_i)^2}.$$

r_i ва x_i ларнинг миқдорларини тармоқнинг i -элементи учун тегишли справочник маълумотларидан аниқланади (масалан, 3-1, 3-7 ларга қаранг). Чунончи, куч трансформаторлари учун уларни «Электр машиналар» курсидан маълум формула асосида мОм ларда, ҳисоблаш мумкин:

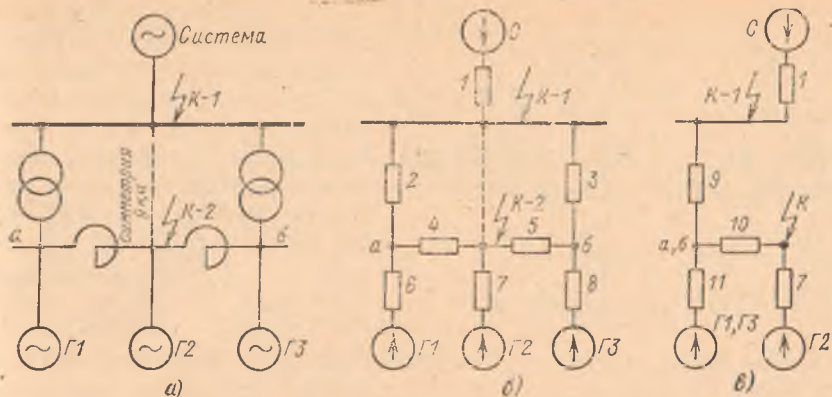
$$r_T = \frac{\Delta p_K U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} 10^6; \quad x_T = \frac{\sqrt{u_K^2 = \left(\frac{100 \Delta p_K}{S_{\text{ном}}}\right)^2 U_{\text{ном}}^2}}{S_{\text{ном}}} 10^4,$$

бунда $S_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал қуввати, кВ·А; $U_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг қуйи кучланишли чулғамининг номинал линия кучланиши, кВ; Δp_K — трансформатордаги қ. т. нинг исрофи, кВт; u_K — трансформаторнинг қ. т. кучланиши, %.

г) Алмаштирилган мураккаб схемаларни ўзгартириш хусусиятлари

Агар қ. т. нуқтаси кўп бурчакнинг узелларидан бирида бўлиб, унинг бошқа узелларига эса генерациялайдиган шохобчалар уланган бўлса, у ҳолда схемани соддалаштиришда маълум қийинчиликлар туғилади. Мисол тариқасида 3.15—3.17-расмларда кўрсатилган схемалардаги қ. т. ҳолатларини келтириш мумкин.

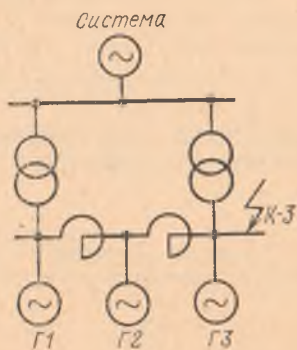
Агар қ. т. нуқтаси схемани иккита симметрик қисмга бўлса, масалан 3.15-расм, а даги К-1 ва К-2 нуқталар, бунда генераторлар Г1, Г3 ва трансформаторларнинг характеристикалари бир хил бўлганда схеманинг а ва б узеллари бир хил потенциалларга эга бўлиб, натижада уларни бирга қўшиш мумкин бўлади. Бу ҳолда генераторлар Г1 ва Г3 шохобчалари бирлаштирилиб, уларни $S = 2S_{\text{ном}}$ ли эквивалент машина деб қаралади. Натижада 3.15-расм, в да келтирилган схема ҳосил бўлади. Бу схемада $x_9 = x_2 \parallel x_3$; $x_{10} = x_4 \parallel x_5$; $x_{11} = x_6 \parallel x_8$. Схеманинг бундан кейинги ўзгартирилиши одатдаги қоида асосида олиб борилади.



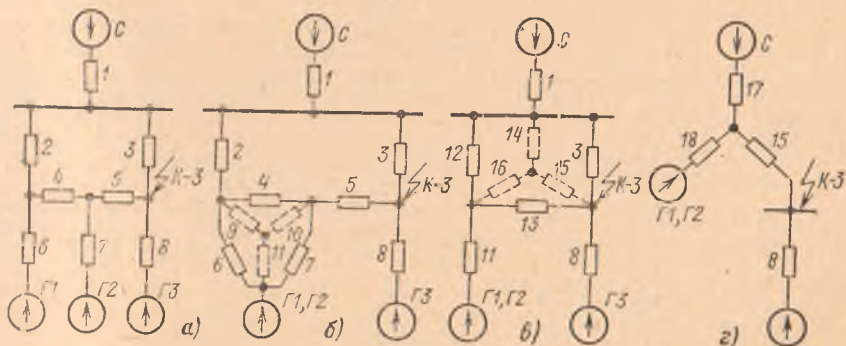
3-15- расм. Симметрик мураккаб схемадаги қисқа туташув.

3.16-расмда кўрсатилган бошқа ҳолатни кўриб чиқамиз. Алмаштириш схемаси 3.17-расм, а да келтирилган.

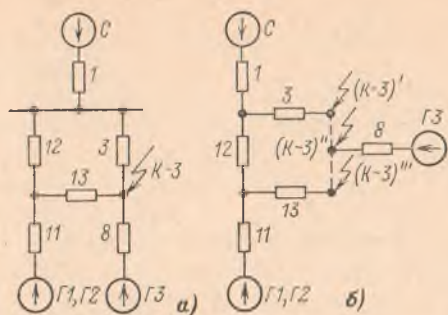
Генераторлар $\Gamma 1$ ва $\Gamma 2$ бир хил ЭЮҚ га эга, шу сабабли уларни $S = 2S_{\text{ном}}$ ли эквивалент машинага бирлаштириш мумкин. Бундай бирлаштиришда қаршилиқлар (x_4, x_6, x_7) учбурчагини ҳосил қилиб, кейин 3.17-расм, а да кўрсатилганидек, юлдузча (x_9, x_{10}, x_{11}) га айланади. 3.17-расм, в даги схемадан $x_{12} = x_2 + x_9$ ва $x_{13} = x_5 + x_{10}$ қаршилиқлар аниқланади. Натيجада олинган учбурчак (x_3, x_{12}, x_{13}) юлдузчага (x_{14}, x_{15}, x_{16}) айланади. Қаршилиқлар $x_{17} = x_1 + x_{14}$ ва $x_{11} + x_{16}$ аниқлангандан сўнг узил-кесил 3.17-расм, г да келтирилган схема ни оламиз.



3-16- расм. Носимметрик мураккаб схемадаги қисқа туташув.



3-17- расм. Учбурчаклик — юлдузча методи бўйича мураккаб схемани ўзгартириш.



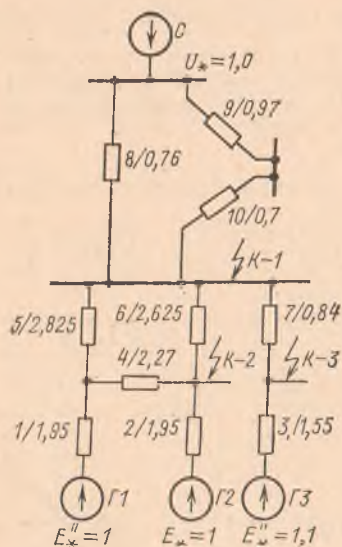
3-18- расм. Қисқа туташув нуқтаси бўйича узелни қирқиш.

ган оддий нагрзука шохобчаси деб қараб, ўзгартириш мумкин.

Мавжуд алмаштириш схемаси эсосида қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдорини аниқлаш учун, мураккаб ҳолатларда кўпинча ўзгармас ток модели анализатори ва ЭВМ учун типавий программа қўлланилади.

3.1- мисолда, қ. т. токни номланган ва нисбий бирликларда ҳисоблашда, алмаштириш схемасини тузиш ва уларни ўзгартириш тартиби кўрсатилган.

3.1- мисол. Топшириқ. Уч фазали қ. т. ни ҳисоблаш учун алмаштириш схемаси тузилсин ва 3.11- расмда ҳисоблаш схемаси ҳамда дастлабки маълумотлари берилган электростанциянинг занжиридаги қисқа туташув $I_{по}$ токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори аниқлансин.



3-19- расм. Умумий алмаштириш схемаси. 3-1- мисолга.

Ечиш. Ҳисоблашни икки вариантда бажарамиз: А вариант нисбий бирликларда, В вариант — номланган бирликларда (фақат К-1 нуқта учун) ечилади.

А. Нисбий бирликларда ҳисоблаш

Уч фазали қ. т. ни ҳисоблаш учун алмаштириш схемаси 3.19- расмда кўрсатилган.

Схемада ҳар қайси қаршиликка ўзининг тартиб номери қўйилиб, у ҳисоблаш охиригача ўзгармайди. Схемда қаршилик каср кўринишида белгиланиб, унинг суратида қаршилик номери, махражда қаршиликнинг сон қиймати кўрсатилади.

Г1 ва Г2 генераторларга яқин жойлашган нагрзукани ҳисоблашда генераторларнинг ЭЮК $E = 1$ гача камайганини назарда тутамиз. Ҳэ эҳтиёжининг нисбатан кичик нагрзукаси билан қ. т. жойидан узоқда бўлган нагрзукаларни ҳисобга олмаймиз.

Базис қувват $S_б = 1000$ МВ·А бўлгандаги схеманинг қаршилигини аниқлаймиз (3.19- расм).

Генераторлар Г1 ва Г2 нинг қаршилиги:

$$x_{*1} = x_{*2} = x_{d*ном} \frac{S_6}{S_{ном}} = 0,146 \frac{1000}{75} = 1,95.$$

Кейинчалик белгилашни соддалаштириш учун ҳамма қаршиликларнинг олинган қийматлари нисбий бирликда берилган ва базис шартга келтирилган деб фараз қилиб, индекс * ни ёзмаймиз.

Шундай қилиб, $x_1 = x_2 = 1,95$.

Юқорида айтиб ўтилганидек, Г1 ва Г2 генераторларнинг ЭЮК ни, бирга тенг деб оламиз.

$$\text{Генератор Г3 нинг қаршилиги: } x_3 = 0,183 \frac{1000}{118} = 1,55.$$

Генератор Г3 нинг ЭЮК ни аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} E_*'' &= \sqrt{(I_{(0)} x_d \cos \varphi_{(0)})^2 + (U_{(0)} + I_{(0)} x_d \sin \varphi_{(0)})^2} = \\ &= \sqrt{(1 \cdot 0,183 \cdot 0,85)^2 + (1 + 1 \cdot 0,183 \cdot 0,53)^2} \approx 1,1, \end{aligned}$$

бу ерда

$$I_{(0)} = 1; U_{(0)} = 1; \cos \varphi_{(0)} = 0,85; \sin \varphi_{(0)} = 0,53.$$

Қ. т. дан аввал генератор Г3 номинал нагрузкада ишлаган деган тахмин ссида параметрларнинг қийматлари нисбий бирликларда олинди.

Реактор қаршилиги

$$x_4 = x_p \frac{S_6}{U_{\text{ўр}}^2} = 0,25 \frac{1000}{10,5^2} = 2,27.$$

Трансформаторлар Т1 ва Т2 қаршилиги:

$$x_5 = x_6 = \frac{u_k \%}{100} \frac{S_6}{S_{ном}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 2,625.$$

Трансформатор Т3 нинг қаршилиги:

$$x_7 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,84.$$

Электр узатиш линиялари қаршилиги:

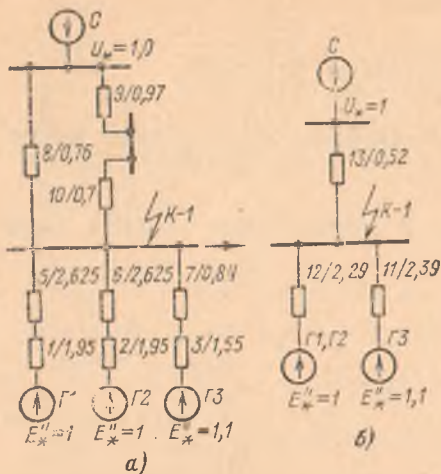
Л1 (икки заңжирли):

$$x_8 = \frac{x_{уд}}{2} \frac{S_6}{U_{\text{ўр}}^2} = \frac{0,4 \cdot 50}{2} \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,76.$$

(110 кВ ли линиянинг солиштира қаршилиги 0,40 Ом/км деб қабул қилинди);

$$\text{Л2: } x_9 = x_{уд} \frac{S_6}{U_{\text{ўр}}^2} = 0,4 \cdot 32 \frac{1000}{115^2} = 0,97;$$

$$\text{Л3: } x_{10} = 0,4 \cdot 23 \frac{1000}{115^2} = 0,7.$$



$K=1$ нуқтадаги қисқа туташув (110 кВ ли станция шинаси). Генераторлар $G1$ ва $G2$ шохобчалари қ. т. нуқтаси $K-1$ га нисбатан симметрик. Шунинг учун реакторнинг қаршилиги x_4 алмаштириш схемасига қўшмаса ҳам бўлади, чунки у бир хил потенциалли нуқталар орасига уланган ва ток қийматига таъсир этмайди.

Юқорида айтилганларни ҳисобга олган ҳолда алмаштириш схемаси $K-1$ нуқтадаги қ. т. учун 3.20- расм, а да кўрсатилган кўринишга эга бўлади.

Схемани содалаштирамиз.

Генератор $G3$ занжирининг натижавий қаршилиги:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 1,55 + 0,84 = 2,39.$$

Қувватининг йиғиндиси 150 МВ.А ли бир типдаги генераторлар $G1$ ва $G2$ занжирларининг натижавий қаршилиги:

$$x_{12} = (x_1 + x_5) \parallel (x_2 + x_6) = \frac{1,95 + 2,625}{2} = 2,29.$$

Энергосистема шохобчасининг натижавий қаршилиги /ўзгармас кучланиш шиналари/:

$$x_{13} = (x_9 + x_{10}) \parallel x_8 = \frac{(0,97 + 0,7) \cdot 0,76}{0,97 + 0,7 + 0,76} = 0,52.$$

Қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати қўйидаги ифодадан аниқланади:

$$I_{п,о} = \frac{E_*}{x_*} I_6,$$

бунда x_* — схема шохобчасининг натижавий қаршилиги; I_6 — базис ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} U_{ур,к-1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,03 \text{ кА}.$$

Токларнинг шохобчалар бўйича қийматларини аниқлаймиз: генераторлар $G1$ ва $G2$ нинг шохобчалари

$$I_{п,о} = \frac{1}{2,29} \cdot 5,03 = 2,2 \text{ кА};$$

генератор $G3$ нинг шохобчаси

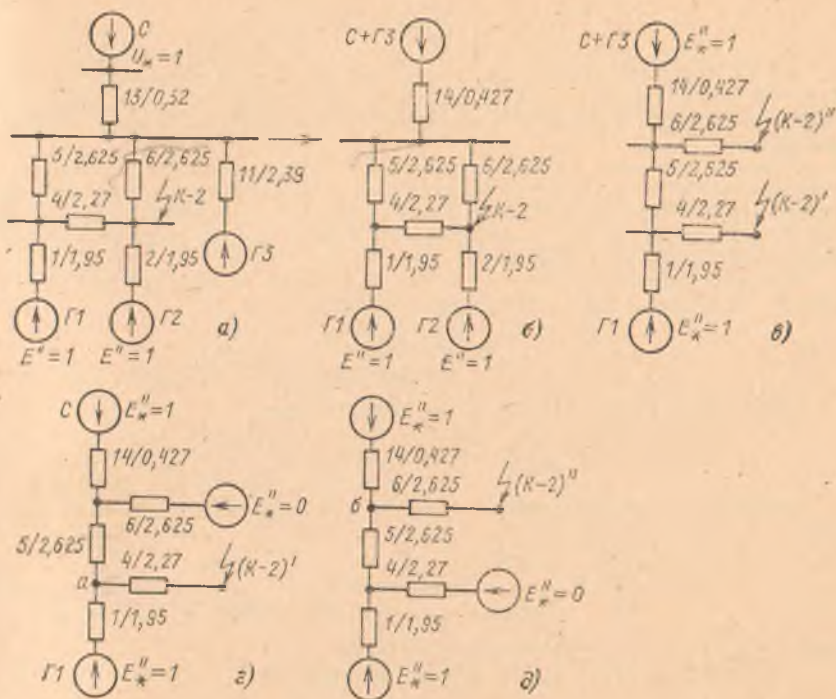
$$I_{п,о} = \frac{1,1}{2,39} \cdot 5,03 = 2,31 \text{ кА};$$

система шохобчаси

$$I_{п,о} = \frac{1}{0,52} \cdot 5,03 = 9,67 \text{ кА}.$$

$K-1$ нуқтадаги қ. т. токининг йиғиндиси:

$$I_{п,о,к-1} = 2,2 + 2,31 + 9,67 = 14,18 \text{ кА}.$$



3-21- расм. 3-1- мисолга. $K-2$ нуқтадаги қ. т. учун алмаштириш схемаси.

$K-2$ нуқтадаги қисқа туташув (генератор $G2$ нинг чиққиқчлари-да). Олдинги ҳисоблашнинг ўзгартириш натижаларидан қисман фойдаланиб, қ. т. нинг шу нуқтаси учун алмаштириш схемасини 3.21- расм, a да тасвирланган кўринишга келтириш мумкин. Генератор $G3$ қ. т. жойидан анча электр узоқликда жойлашганлиги сабабли, ҳисоблашни соддалаштириш мақсадида, уни система шохобчалари таркибига киритиш мақсадга мувофиқ бўлади ва система қаршилиги тегишлича коррективровка қилинади (3.21- расм, б):

$$x_{11} = x_{13} \parallel x_{11} = \frac{0,52 \cdot 2,39}{0,52 + 2,39} = 0,427.$$

Шундай қилиб, ток қ. т. нуқтасига учта манбадан келади, бунда генератор $G2$ қ. т. нуқтасига бевосита уланган.

Генератор $G2$ нинг қ. т. токи:

$$I_{n, \phi} = \frac{E_n''}{x_2} I_0,$$

бунда I_0 — қ. т. нуқтасидаги ўртача кучланиш $U_{\phi p, K-2} = 10,5$ кВ га тўғри келгандаги базис токнинг қиймати:

$$I_0 = \frac{S_0}{\sqrt{3} U_{\phi p, K-2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА.}$$

Шундай қилиб, генератор $G2$ нинг уч фазали қ. т. токи

$$I_{n, o} = \frac{1,0}{1,95} \cdot 55 = 28,2 \text{ кА.}$$

$G1$ ва энергосистеманинг қ. т. тоқларини x_4 ва x_6 қаршиликлардан оқиб ўтишини ҳисобга олиб аниқлаш қийинроқ. Бу миқдорларни ҳисоблаш учун 3.21- расм, в даги схемада кўрсатилган қ. т. нуқталарини қирқиш методидан фойдаланамиз.

Реактор (қаршилик x_4) орқали оқиб ўтаётган қ. т. тоқининг ташкил этувчисини аниқлаш учун ($K-2$) нуқтадаги қ. т. ни кўриб чиқамиз. Бу ҳолат учун алмаштириш схемаси 3.21- расм, г да келтирилган. x_6 қаршиликли шохобчага нолга тенг ЭЮК уланади, яъни манбадан тоқнинг маълум миқдорини олувчи нагрузкали шохобчага эга бўламиз.

Схемани ўзгартириш учун а нуқтага (3.21- расм, з) нисбатан аввал системанинг шохобчалари қаршилиги ва x_6 ни аниқлаймиз:

$$x_{эк} = x_{14} \parallel x_6 = \frac{0,427 \cdot 2,625}{0,427 + 2,625} = 0,367.$$

Шохобчалар бўйича тақсимлаш коэффициентлари:

$$C_C = \frac{x_{эк}}{x_{14}} = \frac{0,367}{0,427} = 0,86; C_6 = \frac{x_{эк}}{x_6} = \frac{0,367}{2,625} = 0,14.$$

Алмашиниш шохобчаларининг а нуқтага нисбатан қаршилиги (3.21- расм, з):

$$x_{15} = \frac{x_{рез}}{C_C} = \frac{2,992}{0,86} = 3,48; x_{16} = \frac{x_{рез}}{C_6} = \frac{2,992}{0,14} = 21,37,$$

бунда: $x_{рез} = x_{эк} + x_6 = 0,367 + 2,625 = 2,992$.

Схемани қ. т. нуқтасига нисбатан қисқартирамиз:

$$x_{эк} = x_1 \parallel x_{15} \parallel x_{16} = \frac{1,95 \cdot 3,48 \cdot 21,37}{1,95 \cdot 3,48 + 1,95 \cdot 21,37 + 3,48 \cdot 21,37} = 1,18.$$

Шохобчалар бўйича тақсимлаш коэффициентлари:

$$C_C = \frac{x_{эк}}{x_{15}} = \frac{1,18}{3,48} = 0,34; C_{G1} = \frac{x_{эк}}{x_1} = \frac{1,18}{1,95} = 0,6;$$

$$C_6 = \frac{x_{эк}}{x_{16}} = \frac{1,18}{21,37} = 0,06.$$

Манбалардан қ. т. жойигача бўлган қаршиликларни аниқлаймиз:

$$x_{17} = \frac{x_{рез}}{C_C} = \frac{3,45}{0,34} = 10,15;$$

$$x_{18} = \frac{x_{рез}}{C_{G1}} = \frac{3,45}{0,6} = 5,75;$$

$$x_{19} = \frac{x_{рез}}{C_6} = \frac{3,45}{0,06} = 57,6,$$

бу ерда $x_{рез} = x_{эк} + x_4 = 1,18 + 2,27 = 3,45$.

Схеманинг шохобчалари бўйича тоқларини аниқлаймиз: генератор $G1$ дан чиқаётган ток

$$I_{n, o} = \frac{E''}{x_{18}} I_6 = \frac{1}{5,75} \cdot 55 = 9,57 \text{ кА;}$$

система С дан чиқётган ток

$$I_{11,0} = \frac{1}{x_{17}} I_6 = \frac{1}{10,15} = 55 = 5,42 \text{ кА.}$$

Қ. т. жойига қаршилик x_{19} орқали ток бормайди, чунки бу шохобчанинг ЭЮК нолга тенг.

Реактор орқали ўтаётган уч фазали қ. т. токининг йиғиндисини аниқлаймиз:

$$I_{п.0} = 9,57 + 5,42 = 14,99 \text{ кА.}$$

К - 2" нуқтадаги қисқа туташув (алмаштириш схемаси — 3.21-рasm, д).

Нуқта б га нисбатан схеманинг шохобчалари қаршилигини аниқлаймиз (3.21-рasm, д):

$$x_{эк} = x_1 \parallel x_4 = \frac{1,95 \cdot 2,27}{1,95 + 2,27} = 1,05.$$

Схеманинг шохобчалари бўйича тақсимлаш коэффициентлари:

$$C_{Г1} = \frac{x_{эк}}{x_1} = \frac{1,05}{1,95} = 0,54; \quad C_4 = \frac{x_{эк}}{x_4} = \frac{1,05}{2,27} = 0,46.$$

б нуқтага нисбатан манбалар қаршилиги

$$x_{20} = \frac{x_{рез}}{C_{Г1}} = \frac{3,675}{0,54} = 6,8; \quad x_{21} = \frac{x_{рез}}{C_4} = \frac{3,675}{0,46} = 7,99,$$

булда $x_{рез} = x_{эк} + x_5 = 1,05 + 2,625 = 3,675$.

Схемани қ. т. нуқтасига нисбатан қисқартирамиз:

$$x_{эк} = x_{14} \parallel x_{20} \parallel x_{21} = \frac{0,427 \cdot 6,8 \cdot 7,99}{0,427 \cdot 6,8 + 0,427 \cdot 7,99 + 6,8 \cdot 7,99} = 0,383.$$

Схеманинг шохобчалари бўйича тақсимлаш коэффициентлари

$$C_c = \frac{x_{эк}}{x_{14}} = \frac{0,383}{0,427} = 0,89;$$

$$C_{Г1} = \frac{x_{эк}}{x_{20}} = \frac{0,383}{6,8} = 0,06;$$

$$C_4 = \frac{x_{эк}}{x_{21}} = \frac{0,383}{7,99} = 0,05.$$

Қ. т. жойидан манбагача бўлган қаршиликлар

$$x_{22} = \frac{x_{рез}}{C_c} = \frac{3,008}{0,89} = 3,38;$$

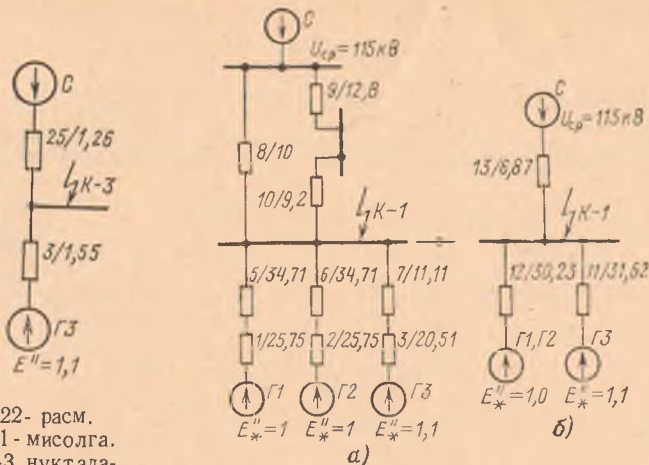
$$x_{23} = \frac{x_{рез}}{C_{Г1}} = \frac{3,008}{0,06} = 50,1;$$

$$x_{24} = \frac{x_{рез}}{C_4} = \frac{3,008}{0,05} = 60,2,$$

булда $x_{рез} = x_{эк} + x_6 = 0,383 + 2,625 = 3,008$.

Схеманинг шохобчаларидаги токларни аниқлаймиз: системадан чиқётган ток

$$I_{п.0} = \frac{E''}{x_{22}} I_6 = \frac{1}{3,38} \cdot 55 = 16,27 \text{ кА;}$$



3-22- расм.
3-1- мисолга.
K-3 нуқтада-
ги қ. т. учун
алмаштириш
схемаси.

3-23- расм. 3-1- мисолга. K-1 нуқтадаги қ. т.
учун алмаштириш схемаси.

Г1 генератордан чиқаётган ток

$$I_{п,0} = \frac{E''}{x_{23}} I_G = \frac{1}{50,1} \cdot 55 = 1,1 \text{ кА.}$$

Қ. т. жойига қаршилик x_{21} орқали ток бормайди, чунки бу шохобчанинг ЭЮК га тенг.

Алоқа трансформатори орқали ўтаётган ток йиғиндиси:

$$I_{п,0} = 16,27 + 1,1 = 17,37 \text{ кА.}$$

Ҳамма манбалардан K-2 нуқтага келаётган токнинг даврий ташкил этув-
чисининг бошланғич қиймати:

$$I_{п,0K=2} = 28,2 + 14,99 + 17,37 = 60,56 \text{ кА.}$$

K-3 нуқтадаги қисқа туташув. Генераторлар Г1 ва Г2 қ. т. нуқтасидан анча электр узоқликда жойлашганлиги сабабли, ҳисоблашни осон-
лаштириш учун, уларни энергосистеманинг шохобчалари таркибига киритиш
мақсадга мувофиқдир ва система қаршилиги тегишлича коррективровка қилина-
ди. 3-22- расмда натижавий алмаштириш схемаси келтирилган.

$$\text{Бу ерда: } x_{25} - x_7 + x_{12} \parallel x_{13} = 0,84 + \frac{0,52 \cdot 2,29}{0,52 + 2,29} = 1,26$$

(3.19 ва 3.20- расм, а, б га қаранг).

K-3 нуқтадаги қ. т. учун $U_{ур} = 10,5 \text{ кВ}$ ва $I_G = 55 \text{ кА}$ бўлганда схема-
нинг шохобчаларидаги тоқларни аниқлаймиз:

Г1 генератор Г3 нинг шохобчаси

$$I_{п,0} = \frac{E''}{x_3} I_G = \frac{1,1}{1,55} \cdot 55 = 39,03 \text{ кА;}$$

системанинг шохобчаси

$$I_{п,0} = \frac{1}{x_{23}} I_G = \frac{1,0}{1,26} \cdot 55 = 43,65 \text{ кА.}$$

Уч фазали қ. т. да $K-3$ нуқтадаги токнинг йигиндиси

$$I_{\text{п.о.к-3}} = 39,03 - 43,65 = 82,68 \text{ кА.}$$

В. Номланган бирликларда ҳисоблаш

$K-1$ нуқтадаги уч фазали қ. т. ҳолати учун 3.23- расм, а да келтирилган алмаштириш схемаси 3.20- расм, а даги схемага ўхшаш. Бироқ схеманинг ҳам-ма қаршиликлари олма алма алма ифодаланиб, қ. т. нинг кучланиш поғонаси $U_6 = 115$ кВ га келтирилган.

Қаршиликларни номерлашни биринчи номердан бошлаймиз ва $U_6 = U_{\text{ур.к-1}} = 115$ кВ га келтирилган алмаштириш схемасининг қаршиликлари миқдорини аниқлаймиз:

генераторлар $G1$ ва $G2$

$$x_1 = x_2 = x_{\text{д*ном}} \frac{U_6^2}{S_{\text{ном}}} = 0,146 \frac{115^2}{75} = 25,75 \text{ Ом;}$$

генератор $G3$

$$x_3 = 0,183 \frac{115^2}{118} = 20,51 \text{ Ом;}$$

трансформаторлар $T1$ ва $T2$

$$x_5 = x_6 = \frac{\text{ук}\%}{100} \frac{U_6^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 40} = 34,71 \text{ Ом;}$$

трансформатор $T3$

$$x_7 = \frac{10,5}{100} \frac{115^2}{125} = 11,11 \text{ Ом;}$$

электр узатиш линиялари:

$Л1$

$$x_8 = \frac{x_{\text{уд}} l}{2} = \frac{0,4 \cdot 50}{2} = 10 \text{ Ом;}$$

$Л2$

$$x_9 = x_{\text{уд}} l = 0,4 \cdot 32 = 12,8 \text{ Ом;}$$

$Л3$

$$x_{10} = 0,4 \cdot 23 = 9,2 \text{ Ом.}$$

Олинган маълумотларни алмаштириш схемасига ёзамиз. Схемани ўзгартириб 3.23- расм, б да кўрсатилган кўринишга келтирамиз:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 20,51 + 11,11 = 31,62 \text{ Ом;}$$

$$x_{12} = (x_1 + x_5) \parallel (x_2 + x_6) = \frac{25,75 + 34,71}{2} = 30,23 \text{ Ом;}$$

$$x_{13} = x_8 \parallel (x_9 + x_{10}) = \frac{10 \cdot (12,8 + 9,2)}{10 + 12,8 + 9,2} = 6,87 \text{ Ом.}$$

Қ. т. жойида ток даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматини қуйи-дан ифодадан аниқлаш мумкин, кА,

$$I_{\text{п.о}} = \frac{E^* U_6 [\text{кВ}]}{\sqrt{3} x [\text{Ом}]}$$

Шоҳобчалар бўйича қ. т. токнинг қийматлари: генераторлар $G1$ ва $G2$ нинг

$$I_{\text{п.о}} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 30,23} = 2,2 \text{ кА;}$$

генератор ГЗ нинг

$$I_{п,0} = \frac{1,1 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 31,62} = 2,31 \text{ кА};$$

энергосистеманинг

$$I_{п,0} = \frac{1,0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 6,87} = 9,67 \text{ кА}.$$

К-1 нуқтадаги қ. т. нинг умумий токи

$$I_{п,0,к-1} = 2,2 + 2,31 + 9,67 = 14,18 \text{ кА}.$$

Шоҳобчалар бўйича ва қ. т. жойидаги ҳисоблаш натижалари ҳам нисбий бирликларда ҳисобланган ҳолатдаги қийматларни беради.

Номланган бирликларда ҳисоблаш анча яққолроқ, нисбий бирликларда ҳисоблаш эса кучланиши бир неча поғонали мураккаб схемаларни текширишда анча қулай.

д) Қисқа туташувнинг чегара тоқларини аниқлаш

Лойиҳалаш ишларида кўпинча таъминловчи манбаларнинг қувватлари ва қаршиликлари ҳақида аниқ маълумотлар бўлмай, трансформатор ёки реактордан кейинги қ. т. тоқини аниқлаш масаласи тез-тез учраб туради. Бундай ҳолларда қ. т. тоқининг мумкин бўлган максимал қиймати аниқланади. Бунинг учун, трансформатор ёки реактор ўзгармас кучланишли шиналарга уланган деб ҳисобланади.

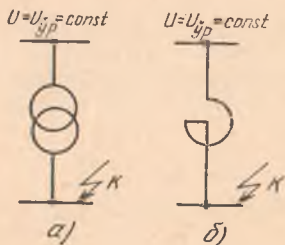
Бундаги қ. т. тоқи қуйидаги ифодалардан аниқланиши мумкин: агар қаршилик нисбий бирликларда берилган бўлса

$$I_{п,0} = \frac{U_{\text{ҒР.К}}}{\sqrt{3} x}; \quad (3-41 \text{ а})$$

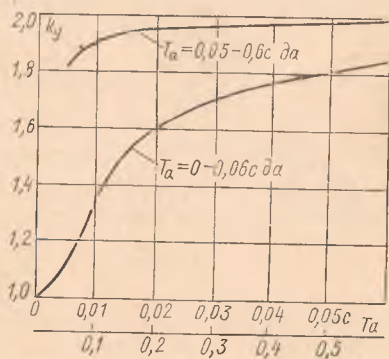
агар қаршилик нисбий бирликларда берилган бўлса

$$I_{п,0} = \frac{1}{x_{* \text{НОМ}}} I_{\text{НОМ}}, \quad (3-41 \text{ б})$$

бунда $U_{\text{ҒР.К}}$ — қ. т. нуқтасидаги ўртача кучланиш; $I_{\text{НОМ}}$ — қ. т. содир бўлиш жойидан олдин турган трансформатор ёки реакторнинг номинал тоқи.



3-24- расм. 3-2- мисолга.



3-25- расм. Зарбий коэффициентларни аниқлаш графиги.

3.2- мисол. Топшириқ. $10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $x_{\text{т}} \% = u_{\text{к, в-н}} = 14 \%$,

$U_{\text{ур,к}} = 6,3 \text{ кВ}$ ли трансформатордан кейинги қ. т. нинг чегара (даврий ташкил этувчиси) токи аниқлансин (3.24- расм, а).

Ечиш. $U_{\text{ур,к}} = 6,3 \text{ кВ}$ даги трансформаторнинг номинал токи:

$$I_{\text{ном}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 916 \text{ А.}$$

(3.41 б) ифода бўйича қ. т. нинг чегара токи:

$$I_{\text{п.о}} = \frac{100}{14} \cdot 916 = 6550 \text{ А.}$$

Топшириқ. Чизикли реактор РБ10 = 630 = 0,25 дан кейинги қ. т. нинг чегара токи (даврий ташкил этувчиси) аниқлансин (3.24- расм. б).

Ечиш. Реакторнинг номинал токи $I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$, қаршилиги 0,25 Ом. $U_{\text{ур,к}} = 6,3 \text{ кВ}$ бўлганда (3.41 а) формула бўйича

$$I_{\text{п.о}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,25} = 14,57 \text{ кА.}$$

е) Қисқа туташувнинг зарбий токини аниқлаш

Юқорида кўрсатилганидек, зарбий ток қ. т. бошлангандан сўнг 0,01 с вақт ўтгач ҳосил бўлади. Унинг катталиги (3-18) ифодадан аниқланади:

$$i_y = \sqrt{2} I_{\text{п.о}} k_y,$$

бунда $I_{\text{п.о}}$ — қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати; k_y — қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчисининг сўниш доимийси вақтига боғлиқ бўлган зарбий коэффициент.

Константа T_a ва k_y ўзаро қуйидаги нисбатда боғланган:

$$k_y = (1 + e^{-0,01/T_a}),$$

бу 3.25- расмда график равишда кўрсатилган.

Маълум T_a бўйича 3.25- расмдаги графикдан k_y нинг тегишли қийматини аниқлаш мумкин.

Агар қ. т. генераторнинг қисқичларида ҳосил бўлса, унинг шохобчаси учун доимий T_a каталоглардан олиниши мумкин. Жумладан, 3.7- жадвал маълумотларидан фойдаланиш мумкин.

Агар қ. т. генератордан маълум масофада содир бўлса, у ҳолда яқунловчи алмаштириш схемасининг ҳар бир шохобчаси учун доимий вақт T_a тахминан қуйидаги ифодадан аниқланиши мумкин:

$$T_a = x_{\text{рез}} / \omega r_{\text{рез}}, \quad (3.42)$$

бунда $x_{\text{рез}}$ ва $r_{\text{рез}}$ — қ. т. занжиранинг тегишляча яқунловчи индуктив ва актив қаршяляклари.

Соддалаштириш мақсадида, одатда, T_a катталикни ҳисобламай, электр тармоқларининг характерли нуқталари учун 3.8- жадвалда келтирилган T_a ва k_y ўртача қийматларидан ҳам фойдаланса бўлади.

Замоавий турбогенераторлар ва синхрон компенсаторлар учун T_a ва k_y ning қийматлари

Генератор ёки компенсатор тури	T_a, c	k_y	Генератор ёки компенсатор тури	T_a, c	k_y
T2 - 6 - 2	0,13	1,93	TBB - 500 - 2	0,361	1,975
T2 - 12 - 2	0,1645	1,94	TГВ - 500	0,468	1,985
TBC - 30	0,212	1,96	TГВ - 800 - 2	0,44	1,985
TBF - 60 - 2	0,245	1,965	KC - 10000 - 6	0,142	1,935
TBF - 100 - 2	0,417	1,98			
TBF - 120 - 2	0,404	1,98	KC - 15 000 - 6	0,145	1,935
TBB - 165 - 2	0,408	1,98	KC - 30 000 - 11	0,246	1,965
TBB - 200 - 2	0,3	1,97	KCB - 37500 - 11	0,47	1,985
TГВ - 200	0,546	1,985	KCB - 75000 - 11	0,2	1,955
TBB - 320 - 2	0,368	1,975	KCB - 50000 - 11	0,187	1,95
TГВ - 300	0,54	1,985	KCB - 100000 - 11	0,248	1,965
TBM - 300	0,392	1,98	KCB - 160000 - 15	0,26	1,97

3.3- мисол. Топшириқ. 3.1- мисолнинг шартлари учун $K-1$, $K-2$, $K-3$ нуқталарга оид уч фазали қ. т. ning зарбий токлари аниқлансин (3.11- расм).

Ечиш. $K-1$ нуқтадаги қ. т. ning зарбий тоқи. 3.8- жадвалдан схеманинг шохобчалари буйича зарбий коэффициентларининг қийматларини топиб, зарбий токларни аниқлаймиз.

$G1$ ва $G2$ генераторларнинг шохобчалари

$$k_y = 1,935; \quad i_y = \sqrt{2} k_y I_{n,0} = \sqrt{2} \cdot 1,935 \cdot 2,2 = 6,04 \text{ кА};$$

$G3$ генераторнинг шохобчаси

$$k_y = 1,965; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 1,965 \cdot 2,31 = 6,44 \text{ кА};$$

энергосистема шохобчаси

$$k_y = 1,608; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 9,67 = 22,08 \text{ кА}.$$

$K-1$ нуқта учун уч фазали қ. т. зарбий тоқининг йиғиндиси

$$i_{y,K-1} = 6,04 + 6,44 + 22,08 = 34,56 \text{ кА}.$$

$K-2$ нуқтадаги қ. т. ning зарбий тоқи, 3.7 ва 3.8- жадваллардан алмаштириш схемасининг шохобчалари учун зарбий коэффициентларни аниқлаймиз:

$G2$ (TBF - 60 - 2) генератор шохобчаси:

$$k_y = 1,965;$$

$G1$ генераторнинг ва $I_{ном} > 1000$ А ли секцияли реактор орқали уланган энергосистеманинг шохобчаси

$$k_y = 1,956;$$

$G1$ генератор билан $S_{ном} > 80$ МВ · А ли боғловчи трансформаторли энергосистеманинг шохобчаси

$$k_y = 1,85.$$

Шохобчалар буйича тегишли зарбий тоқлар:

$G2$ генераторнинг шохобчаси

$$i_y = \sqrt{2} k_y I_{n,0} = \sqrt{2} \cdot 1,965 \cdot 28,2 = 78,69 \text{ кА};$$

$G1$ генератор ва реактор орқали уланган системанинг шохобчаси

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,956 \cdot 14,99 = 41,63 \text{ кА};$$

Қ. т. токининг аперииодик ташкил этувчисининг сўниш доимий вақти ва зарбий коэффициент қийматлари

Энергосистеманинг элементлари ёки қисмлари	T_a, c	k_y
1	2	3
Қўйидаги қувватли турбогенераторлар:		
12 — 60 МВт	0,16 — 0,25	1,94—1,955
100 — 1000 МВт	0,4 — 0,54	1,975—1,98
Трансформатор (ВН томонидаги) ва 60 МВт қувватли турбогенератордан ташкил топган блоклар; генераторнинг номинал кучланиши:		
6,3 кВ	0,2	1,95
10 кВ	0,15	1,935
Турбогенератор ва кучайтирувчи трансформатор-дин иборат блоклар, генераторларнинг қуввати:		
100 — 200 МВт	0,26	1,965
300 МВт	0,32	1,977
500 МВт	0,35	1,983
800 МВт	0,3	1,967
Қ. т. қўрилаётган шиналар билан қўйидаги кучлишишли ҳаво линиялари орқали уланган система:		
35 кВ	0,02	1,608
110 — 150 кВ	0,02—0,03	1,608—1,717
220 — 330 кВ	0,03—0,04	1,717—1,78
500 — 750 кВ	0,06—0,08	1,85—1,895
6 — 10 кВ ли йиғма шиналарга трансформатор орқали уланган система, трансформаторлар қуввати:		
80 МВ · А бирликда ва ундан юқори	0,06—0,15	1,85—1,935
32 — 80 МВ · А бирликда	0,05—0,1	1,82—1,904
Резерв билан муҳофазаланган шохобча, номинал токи:		
1000 А ва юқори	0,23	1,956
630 А ва ундан кичик	0,1	1,904
6 — 10 кВ кучлишишли тақсимловчи тармоқлар	0,01	1,369

Г1 генератор ва боғловчи трансформаторли системанинг шохобчаси

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,85 \cdot 17,37 = 45,63 \text{ кА.}$$

К-2 нуқта учун зарбий ток йиғиндиси

$$i_{y,к-2} = 78,69 + 41,63 + 45,63 = 165,95 \text{ кА.}$$

К-3 нуқтадаги қ. т. нинг зарбий токи. Генератор ТВФ-120-2 нинг чиқариладиган қисқа туташув. Генераторнинг занжири учун зарбий коэффициент $k_y = 1,98$ (3.7- жадвалдан). Энергосистема учун зарбий коэффициентни, қ. т. токининг ток блокли трансформатор 125 МВ · А орқали келишини ҳисобга олган ҳолда ниққлаймиз. 3.8- жадвалдан шу ҳолат учун $i_y = 1,9$ бўлади.

Алманшириш схемасининг шохобчалари бўйича зарбий тоklar қўйидагига тенг:

Г1 генератор шохобчаси

$$i_y = \sqrt{2} k_y I_{н.н.} = \sqrt{2} \cdot 1,98 \cdot 39,03 = 109,74 \text{ кА;}$$

система шохобчаси

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,9 \cdot 43,65 = 117,77 \text{ кА;}$$

зарбий ток йиғиндиси:

$$i_{y,к-3} = 109,74 + 117,77 = 227,51 \text{ кА.}$$

ж) Қисқа туташув ўткинчи процессининг исталган моментидаги вақти учун тоқларни аниқлаш

Коммутацион аппаратларни танлаш учун вақт $t > 0$ учун биринчи навбатда қ. т. тоқининг даврий ва аperiодик ташкил этувчиларининг қийматларини билиш керак.

Аниқланиши лозим бўлган қ. т. тоқларининг ҳисобланадиган вақти $\tau = t_{c,v} + 0,01$ с формула орқали аниқланади, бунда $t_{c,v}$ — виключателнинг ўз вақти (4- бобга қаранг). Ҳозирги виключателлар учун у 0,2 с дан ошмайди.

Қ. т. тоқининг аperiодик ташкил этувчиси (3-5) га мувофиқ қуйидагига тенг:

$$i_{a,\tau} = i_{a,0} e^{-\frac{\tau}{T_a}}$$

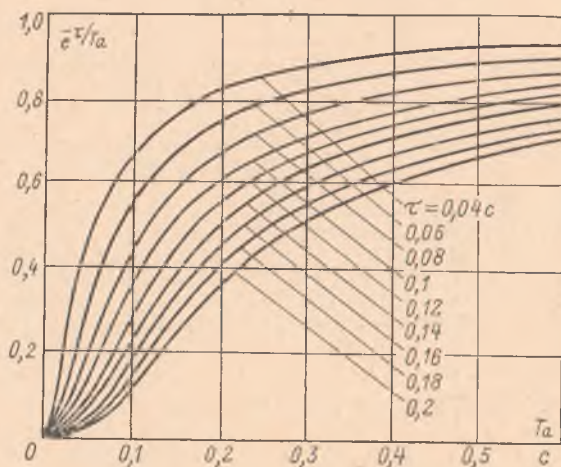
максимал қиймат шартида эса

$$i_{a,\tau} = I_{n,m} e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} I_{n,0} e^{-\tau/T_a}. \quad (3-43)$$

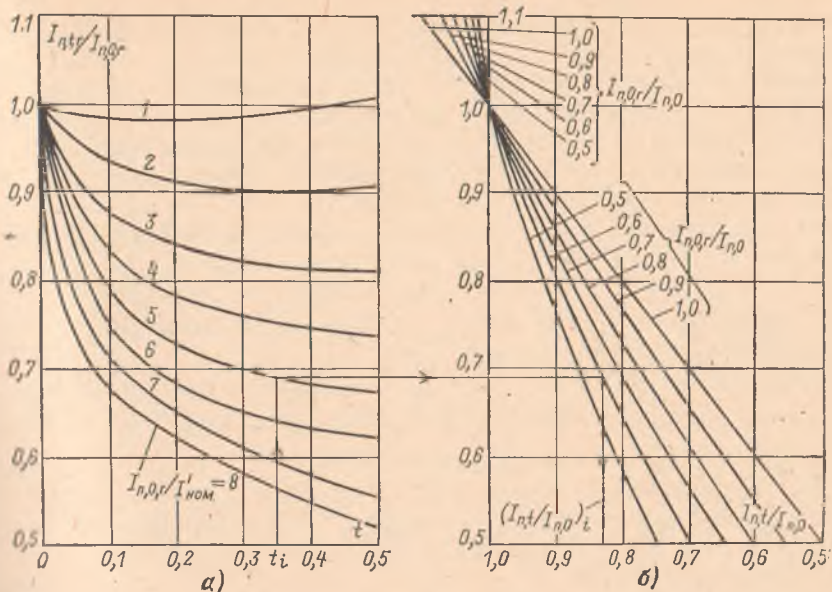
Ҳисоблашларни тезлатиш учун $e^{-\tau/T_a}$ нинг миқдорини, τ ва T_a нинг маълум қийматларида, 3.26- расмда тасвирланган эгри чизиқлардан аниқлаш мақсадга мувофиқ.

Қ. т. тоқининг даврий ташкил этувчисини 0,5 с момент вақтга аниқлашда қўлланма кўрсатмалар [3-7] типавий эгри чизиқлар методида тавсия этади.

Бу метод генератордан исталган вақт моментида чиқаётган қ. т. тоқининг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи миқдори ($I_{n,i,r}$) ни турли масофадаги қ. т. да унинг бошланғич моментидаги миқдори ($I_{n,0,r}$) га нисбатларининг вақт бўйича ўзгариш эгри чизиғи-



3.26- расм. Қ. т. тоқининг аperiодик ташкил этувчисининг сўнишини аниқлаш эгри чизиқлари.



3.27- расм. Қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг сўнишини аниқлаш учун типавий эгри чизиқлар.

дан фойдаланишга асосланган. Охиргиси $I_{п,о,г}/I'_{ном}$ нисбат билан фойдаланган; бунда $I'_{ном}$ — қ. т. нуқтаси мавжуд бўлган кучланиш поғонасига тўғри келадиган генераторнинг номинал токи; бу токни қўйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$I'_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{\text{фр,к}} \cos \varphi_{ном}}; \quad (3.44)$$

бундаги $P_{ном}$ ва $\cos \varphi_{ном}$ — бошланғич қувват миқдори, МВт ва генератор қувватининг коэффициенти; $U_{\text{фр,к}}$ — қ. т. нуқтаси мавжуд бўлган поғонадаги ўртача кучланиш.

3.27- расм а да $I_{п,т,г}/I_{п,о,г} = f(t)$ типавий эгри чизиқлари $I_{п,о,г}/I'_{ном}$ нисбатнинг турли миқдорларига қараб келтирилган.

Эгри чизиқларни қуришда чегара уйғотиш кучланиши номинал уйғотишдан турбогенераторлар ва синхрон компенсаторлар учун 2 барабар, гидрогенераторлар учун 1,8 барабар ортиқ олинган. Уйғотишни жадаллашда генераторлар ва синхрон компенсаторларнинг уйғотиш чулғамидаги кучланишнинг кўпайтириш доимий вақти нолга тенг деб олинган; $I_{п,о,г}/I'_{ном} = 8$ эгри чизиғи бундан юқори бўлиб, генераторнинг уйғотиш чулғамидаги кучланишнинг кўпайтириш доимий вақти 0,25 с га тенг деб олинган. Эгри чизиқлар қуввати 12 дан 800 МВт гача бўлган турбогенераторлар учун, қуввати 500 МВт гача бўлган гидрогенераторлар ва ҳамма йнрик синхрон компенсаторлар учун тўғри келади.

$I_{п,о,г} / I_{ном}$ нисбат қиймати 1 дан кичик бўлса, $I_{п,т,г} = I_{п,о,г} = \text{const}$ (узоқдаги нуқта) деб олиш мумкин.

Агар ҳисоблаш схемаси битта генератор (ёки қ. т. нуқтасига нисбатан бир хил шароитларда жойлашган бир типдаги бир неча генераторлар) га эга бўлса, у ҳолда исталган вақт моментдаги қ. т. токини, типавий эгри чизиқ усулидан фойдаланиб, қуйидаги тартибда ҳисоблаш мақсадга мувофиқ бўлади:

1) генератор (бир неча генераторлар) нинг қ. т. жойидаги токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори аниқланади ва $I_{п,о,г} / I'_{ном}$ нисбат топилади. Бир типдаги бир неча генераторлар мавжуд бўлса, (3.44) даги $P_{ном}$ ўрнига ҳамма генераторлар қувватларнинг йиғиндиси қўйилиши лозим.

2) аниқланган нисбат $I_{п,о,г} / I'_{ном}$ миқдорига тўғри келадиган $I_{п,т,г} / I_{п,о,г} = f(t)$ эгри чизиқ бўйича вақт t нинг керакли моменти учун тоқлар нисбати $I_{п,т,г} / I_{п,о,г}$ аниқланади.

3) 1 ва 2- пунктларда аниқланган $I_{п,о,г}$ ва $I_{п,т,г} / I_{п,о,г}$ қийматларига қараб t вақт моментидagi генератор ёки генераторлар группасининг қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи миқдори аниқланади.

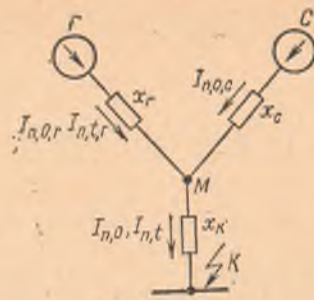
Типавий эгри чизиқлар методидан қ. т. нуқтаси генераторлар (синхрон компенсаторлар) чиққичларида ёки улардан унча узоқ бўлмаган, масалан, энергосистема билан электр станциянинг боғловчи трансформаторларидан кейин бўлганда фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Қ. т. нуқтасидан катта узоқликдаги ҳамма генераторлар (синхрон компенсаторлар) ҳамда энергосистеманинг қолган қисмини битта манбага алмаштириб, унинг шиналаридаги кучланиш амплитудаси бўйича ўзгармас деб ҳисоблансин. Агар бундай манба («система») қ. т. нуқтаси билан бевосита боғланган бўлса, яъни қ. т. жойига яқин жойлашган генераторлардан ҳоли бўлса, у ҳолда уч фазали қисқа туташувда энергосистема токининг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи миқдорини вақтнинг исталган моментида $I_{п,т} = I_{п,о} = \text{const}$ деб ҳисоблаш мумкин.

Генераторлар ва система қ. т. нуқтаси билан умумий қаршилиқ x_k орқали боғланган (3.28- расм) бўлса, типавий эгри чизиқлар ҳамда $I_{п,т,г} / I_{п,о,г} = f(I_{п,т} / I_{п,о})$ эгри чизиқларидан биргаликда фойдаланиб, вақт t нинг исталган моменти учун қ. т. жойидаги токнинг даврий ташкил этувчисини аниқлаш мумкин, бунда $I_{п,о}$ — қ. т. жойидаги токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори (генераторлар билан система қийматларининг йиғиндиси). $I_{п,т,г} / I_{п,о,г} = f(I_{п,т} / I_{п,о})$ эгри чизиқлар 3.27- расм, б да келтирилган. Улар $I_{п,о,г} / I_{п,о}$ нисбатнинг турли қийматлари учун қурилган.

Қўрилайтган ҳолларда қ. т. токининг даврий ташкил этувчисини вақтнинг исталган моментида ҳисоблашни қуйидаги тартибда олиб бориш мақсадга мувофиқдир:

1) тоқларнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдорини аниқлаш учун алмаштириш схемаси тузилсин ва уни ўз

гантириш йўли билан генераторлар (синхрон компенсаторлар) шохобчаларининг қаршиликлари x_r нинг йиғиндиси ва база нуқта M гача бўлган системанинг қаршилиги x_c (3.28-расм), шунингдек, умумий қаршилик x_k ни аниқлаш лозим;



3-28- расм. Боғланган занжирлардаги қ. т. токининг даврий ташкил этувчисини аниқлашга доир схема.

2) қ. т. жойидаги токларнинг даврий ташкил этувчиларининг бошланғич қийматлари: $I_{п,о}$ нинг йиғиндиси ва генератор шохобчасининг $I_{п,о,r}$ қиймати аниқлансин ҳамда у орқали (3.44) формуладан фойдаланиб $I_{п,о,r}/I_{ном}$ ва $I_{п,о,r}/I_{п,о}$ нисбатларни топиш лозим.

3) $I_{п,t,r}/I_{п,о,r} = f(t)$ эгри чизиқ орқали, 2- пунктда аниқланган $I_{п,о,r}/I_{ном}$ нинг тегишли қиймати бўйича вақт t нинг керакли моменти учун $I_{п,t,r}/I_{п,о,r}$ нисбатни топиб ва шу нисбат орқали аниқланган нисбатлар $I_{п,о,r}/I_{п,о}$ га тўғри келадиган $I_{п,t,r}/I_{п,о,r} = f(I_{п,t}/I_{п,о})$ эгри чизиқдан фойдаланиб, $I_{п,t}/I_{п,о}$ қиймати аниқлансин;

4) $I_{п,о}$ ва $I_{п,t}/I_{п,о}$ ларнинг маълум қийматларига қараб қ. т. нуқтасида вақтнинг t моментидаги токнинг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи қиймати аниқлансин.

3.4- мисол. Топшириқ. Қ. т. нинг ҳисоблаш токлари, 3.11- расмда келтирилган ТЭЦ схемасидаги юқори вольтли виключателларни танлаш учун аниқлансин. Берилган маълумотлар 3.1 ва 3.3- мисоллардан олинсин.

Ечиш. Генератор Г2 (Г1) нинг занжирига ўрнатиладиган МГГ типдаги виключателлар учун ҳисоблаш токлари

Ҳисоблаш вақти $t = 0,12 + 0,01 = 0,13$ с (МГГ типдаги виключатель учун $t_{сн} = 0,12$ с га тенг).

Қ. т. токнинг даврий ташкил этувчисининг икки қийматини вақт $t = \tau = 0,13$ с моменти учун аниқлаймиз. Чунки виключатель орқали энергосистема, генератор Г2 ёки генератор Г1 нинг қ. т. токи ўтиши мумкин.

Г2 дан келаётган токнинг даврий ташкил этувчиси типий эгри чизиқлар (3.27- расм, а) дан аниқланиши мумкин. Бунинг учун аввал генераторнинг номинал токи аниқланади.

$$I'_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{\text{ўр,к}} \cos \varphi_{ном}} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4,129 \text{ кА.}$$

Қ.т. К-2 (3.1-мисолга қаранг) нуқтада бўлганда генератор Г2 дан келаётган қ.т. токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматини номинал токга нисбати қуйидагича:

$$I_{п,о,r}/I'_{ном} = 28,2/4,129 = 6,83.$$

Шу нисбат 1 ва вақт $t = \tau = 0,13$ с орқали эгри чизиқлар /3.27- расм,а/ шариҳида қуйидаги нисбатини аниқлаймиз:

$$I_{п,t,r}/I_{п,о,r} \approx 0,7.$$

Шундай қилиб, I_2 генератордан келаётган токнинг даврий ташкил этувчиси τ моментда:

$$I_{п,г} = 0,7 I_{п,о,г} = 0,7 \cdot 28,2 = 19,74 \text{ кА. га тенг бўлади.}$$

I_2 генератордан келаётган қ.т. токнинг аperiодик қўшилувчиси $t = \tau = 0,13$ с вақт моментда қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$i_{a,t} = \sqrt{2} I_{п,о,г} e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 28,2 \cdot 0,6 = 24,03 \text{ кА}$$

формуладаги $e^{-t/T_a} - t = 0,13$ с ва $T_a = 0,245$ с (3.7-жадвал) учун эгри чизиқ (3.26-расм) дан аниқланиши мумкин.

Энергосистема ва I_1 генератордан келаётган токнинг даврий ташкил этувчиси ҳам юқоридаги эгри чизиқлар (3.27-расм) дан фойдаланиб аниқланиши мумкин, лекин бу ток қ.т. жойига иккала манба учун умумий иккита қаршилиқ секцион реактор ва боғловчи трансформаторларнинг қаршилиги орқали ўтишини ҳисобга олиш лозим.

Реактор орқали ўтадиган қ.т. токнинг ташкил этувчилари 3.1-мисолдан реактор орқали ўтадиган қ.т. токнинг даврий қўшилувчисининг бошланғич миқдори 14,99 кА га эга бўлиб, ундан 9,57 кА қисми I_1 генераторга тўғри келади.

$$\text{Нисбат } I_{п,о,г} / I_{п,о} = 9,57 / 14,99 = 0,64,$$

$$\text{нисбат } I_{п,о,г} / I'_{ном} = 9,57 / 4,129 = 2,32.$$

Эгри чизиқлар (3.27-расм, а, б,) дан фойдаланиб, аниқланган нисбатлар орқали қуйидагини оламиз:

$$I_{п,t} / I_{п,о} = 0,95.$$

Реактор орқали τ моментда ўтаётган токнинг даврий ташкил этувчиси қуйидагига тенг:

$$I_{п,t} = 0,95 I_{п,о} = 0,95 \cdot 14,99 = 14,24.$$

Қ.т. токнинг реактор орқали ўтаётган аperiодик ташкил этувчиси қуйидагига тенг:

$$i_{a,t} = \sqrt{2} \cdot 14,99 \cdot e^{0,13/0,23} = 12,68 \text{ кА,}$$

бунда $T_a = 0,23$ с /3.8-жадвал бўйича/.

Боғловчи трансформатор орқали ўтаётган қ.т. токнинг ташкил этувчилари.

Қ.т. токнинг даврий ташкил этувчиси.

3.1-мисол маълумотларидан фойдаланиб типавий эгри чизиқдан фойдаланиш учун зарур бўлган нисбатларни аниқлаймиз:

$$I_{п,о,г} / I_{п,о} = 1,1 / 17,37 = 0,06;$$

$$I_{п,о,г} / I'_{ном} = 1,1 / 4,129 = 0,266.$$

Боғловчи трансформатор орқали ўтаётган қ.т. токнинг даврий ташкил этувчисини олинган нисбатлардан фойдаланиб эгри чизиқлар (3.27-расм) бўйича аниқлаб, уни амалда ўзгармас сон эканини қайд этиш мумкин, яъни:

$$I_{п,t} = I_{п,о} = 17,37 \text{ кА.}$$

Қ.т. токнинг аperiодик ташкил этувчиси

$$i_{a,t} = \sqrt{2} \cdot 17,37 e^{0,13/0,06} = 2,83 \text{ кА,}$$

бунда $T_a = 0,06$ с бўлиб, у 40 МВ·А ли боғловчи трансформатор орқали қ.т. жойига токнинг оқиб ўтишини ҳисобга олиниб, 3.8-жадвалдан аниқланган.

Система ва $\Gamma 1$ генератордан келаётган умумий ҳисоблаш токи $t = \tau = 0,13$ вақт momenti учун қуйидагига тенг:

даврий ташкил этувчи

$$I_{п,t} = 14,24 + 17,37 = 31,61 \text{ кА};$$

апериодик ташкил этувчи

$$i_{a,t} = 12,68 + 2,83 = 15,51 \text{ кА}.$$

ТЭЦ нинг 110 кВ ли виқлочателлари учун ҳисоблаш тоқлари. 35 кВ ва ундан юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларининг виқлочателлари, одатда, берилган РУ нинг ҳамма занжирлари учун бир типда олиниб, қ.т. нинг энг оғир шартлари бўйича текширилади. Шундай қилиб, қурилаётган ҳолда шу типдаги виқлочателлар учун қ.т. нинг ҳисоблаш тоқларининг йиғиндисини аниқлаш лозим (3.9-§ га ҳам қаранг).

У-110 виқлочателлари учун $t_{с,в} = 0,06$ с бўлгани учун ҳисоблаш вақти $t_{с,в} = 0,06 + 0,01 = 0,07$ с бўлади.

Токнинг даврий ташкил этувчиси қ.т. *К-1* нуқтада бўлганда ҳисоблаш вақти $\tau = 0,07$ с учун генераторлар $\Gamma 1, \Gamma 2, \Gamma 3$ ва система шохобчаларидаги тоқларнинг даврий ташкил этувчилари йиғиндисидан аниқланади (берилган маълумотлар 3.1 мисолдаги сингари):

энергосистема шохобчаси

$$I_{п,\tau} = I_{п,0} = 9,67 \text{ кА} — \text{ток вақт бўйича ўзгармас};$$

$\Gamma 1, \Gamma 2$ генераторлар шохобчаси

$$I_{п,0,\Gamma} = 2,2 \text{ кА}; \quad I'_{\text{ном}} = \frac{2,60}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 0,8} = 0,754 \text{ кА};$$

$I_{п,0,\Gamma} / I'_{\text{ном}} = 2,2 / 0,754 = 2,92$ ва 3.27-расмдаги эгри чизиқлар бўйича

$I_{п,t,\Gamma} / I_{п,0,\Gamma} = 0,91$ га эга бўламиз, демак,

$$I_{п,t,\Gamma} = 0,91 \cdot 2,2 = 2,0 \text{ кА} \text{ бўлади};$$

$\Gamma 3$ генератор шохобчаси

$$I_{п,0,\Gamma} = 2,31 \text{ кА}; \quad I'_{\text{ном}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 0,85} = 0,59 \text{ кА};$$

$I_{п,0,\Gamma} / I'_{\text{ном}} = 2,31 / 0,59 = 3,91$ ва 3.27-расмдаги эгри чизиқлар бўйича

$I_{п,t,\Gamma} / I_{п,0,\Gamma} = 0,87$, демак, $I_{п,t,\Gamma} = 0,87 \cdot 2,31 = 2,0 \text{ кА}$.

Қ.т. тоқининг даврий ташкил этувчисининг $t = \tau = 0,07$ с вақт momenti учун натижаловчи қийматини аниқлаймиз;

$$I_{п,\tau} = 9,67 + 2 + 2 = 13,67 \text{ кА}.$$

Қ.т. тоқининг апериодик ташкил этувчиси:
энергосистема шохобчаси

$$I_{п,\tau} = \sqrt{2} I_{п,0} e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 9,67 e^{\frac{-0,07}{0,02}} = 0,69 \text{ кА};$$

$\Gamma 1, \Gamma 2$ генераторлар шохобчалари

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 2,2 e^{\frac{-0,07}{0,15}} = 1,94 \text{ кА};$$

$\Gamma 3$ генератор шохобчаси

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 2,31 e^{\frac{-0,07}{0,26}} = 2,49 \text{ кА}.$$

Вақт доимийси T_a ҳамма ҳоллар учун 3·8-жадвалдан олинди.

Қ.т. токининг аперидик ташкил этувчисининг натижаловчи қиймати $i = \tau = 0,07$ с вақт momenti учун:

$$i_{a,\tau} = 0,69 + 1,94 + 2,49 = 5,12 \text{ кА.}$$

3-4. НОСИММЕТРИК ҚИСҚА ТУТАШУВЛАР

а) Умумий қондалар

Уч фазали тармоқларда қуйидаги кўринишдаги носимметрик қ. т. пайдо бўлиши мумкин: икки фазали, бир фазали, икки фазали қ. т. нинг ерга туташуши, яъни фазалар орасидаги туташув билан бир вақтда шикастланган жой яна ер билан ҳам туташади.

Одатда, қисқа туташув кўриниши қ.т. нинг қандайдир параметрларини белгилайдиган символ устида қавс ичида кўрсатилади

(масалан, $I_{\text{по}}^{(3)}$, $I_{\text{по}}^{(2)}$, $I_{\text{по}}^{(1)}$ - тегишлича уч, икки ва бир фазали қ.т да токнинг даврий ташкил этувчилари бошланғич қийматларининг белгилари).

Носимметрик қ. т. да шикастланган фазалардаги тоқлар шикастланмаган фазалардаги тоқдан анча катта бўлиб, айрим ҳолларда уч фазали қ. т. токидан ҳам ортиқ бўлиши мумкин. Шу сабабли носимметрик қ. т. нинг параметрларини ҳисоблашга эҳтиёж туғилади ва бу, одатда, симметрик ташкил этувчилар методини қўллаш билан олиб борилади.

б) Носимметрик қисқа туташувларни ҳисоблашда симметрик ташкил этувчилар методини қўллаш

Бир ёки икки фазали қисқа туташувларда, уч фазали система носимметрик бўлганда, фазалар турли шароитларда бўлиб, уч фазали қ. т. ни ҳисоблашда бажарилгани каби фақат фазалардан бирини ҳисоблаш етарли эмас.

Носимметрик қ.т. ларда ўтаётган тоқларни аниқлаш учун курилайётган носимметрик уч фазали системада ҳосил бўладиган кўпгина контурлар ва узеллар учун Кирхгофнинг бир неча тенгламаларини тузиш лозим буларди. Фазалар орасидаги индуктив боғланишларни ҳисобга олиб, бу тенгламаларни нисбатан оддий схема учун ечиш ҳам анча мураккаб масала ҳисобланади. Уч фазали тармоқнинг носимметрик режимларини ҳисоблашни соддалаштириш мақсадида симметрик ташкил этувчилар методи таклиф этилиб, унинг моҳияти қуйидагилардан иборат: ҳар қандай носимметрик уч фазали система векторлари (тоқлари, кучланишларини) учта симметрик система кўринишида тасвирлаш мумкин. Улардан бири фазаларнинг тўғри алмашиниш кетма - кетлигига ($A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow C_1$), иккинчиси тескари кетма - кетликка ($A_2 \rightarrow C_2 \rightarrow B_2$) эга. Ноль кетма - кетлик деб аталадиган учинчи система, фазаси бўйича мос келадиган (A_0, B_0, C_0) учта тенг векторлардан иборат.

Шундай қилиб, ҳар бир фаза учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \dot{A} &= \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0; \\ \dot{B} &= \dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0; \\ \dot{C} &= \dot{C}_1 + \dot{C}_2 + \dot{C}_0. \end{aligned} \right\} \quad (3-45)$$

Туғри кетма - кетликдаги миқдорлар системаси:

$$\dot{A}_1; \dot{B}_1 = \dot{A}_1 a^2; \dot{C}_1 = \dot{A}_1 a. \quad (3-46 \text{ а})$$

Тескари кетма-кетликдаги миқдорлар системаси:

$$\dot{A}_2; \dot{B}_2 = \dot{A}_2 a; \dot{C}_2 = \dot{A}_2 a^2. \quad (3-46 \text{ б})$$

Ноль кетма-кетликдаги миқдорлар системаси:

$$\dot{A}_0 = \dot{B}_0 = \dot{C}_0. \quad (3-46 \text{ в})$$

Бу ерда a — оператор, $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ ёки комплекс шаклда

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Вектор a га кўпайтирилса, соат стрелкаси ҳаракатига қарши 120° га бурилганлигини билдиради. Векторни соат стрелкаси ҳаракатига қарши 240° га бурилишини ифодалаш учун, уни a^2 га кўпайтириш керак. Оператор учун қуйидаги нисбатлар характерли ҳисобланади:

$$\left. \begin{aligned} a^2 + a + 1 &= 0; \\ a^3 &= e^{j2\pi} = 1; \\ a^4 &= a^3 a = a \end{aligned} \right\} \quad (3-47)$$

ва ҳоказо.

(3-46) тенгламалардан қуйидаги хулоса келиб чиқади: симметрик ташкил этувчилар методидан фойдаланилганда, симметрик ташкил этувчиларнинг қийматларини фазалардан фақат биттаси учун, масалан, A учун ҳисоблаш етарли, чунки у орқали қолган иккита фаза учун симметрик ташкил этувчиларни аниқлаш ва тегишли фазалар миқдорларининг тулиқ қийматларини ҳисоблаш қийин эмас:

$$\left. \begin{aligned} \dot{A} &= \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0; \\ \dot{B} &= \dot{A}_1 a^2 + \dot{A}_2 a + \dot{A}_0; \\ \dot{C} &= \dot{A}_1 a + \dot{A}_2 a^2 + \dot{A}_0 \end{aligned} \right\} \quad (3-48)$$

Шундай қилиб, битта носимметрик схема ўрнига учтаси ҳисобланади, бироқ булар анча содда бўлиб, ҳисоблашни бирмунча осонлаштиради.

A фазанинг симметрик ташкил этувчиларини, масалан, фаза A миқдорларининг тулиқ қийматларини билиб аниқлаш мумкин. A_1 ташкил этувчини аниқлайдиган ифодани (3-48) системанинг иккинчи ва учинчи тенгламаларини тегишлича a^2 ва a га кўпайтириш ва кейинчалик шу система тенгламаларининг ҳаммасини қўшиш йўли билан олиш мумкин. Шундай ўзгартиришлар натижада қуйидагини оламиз:

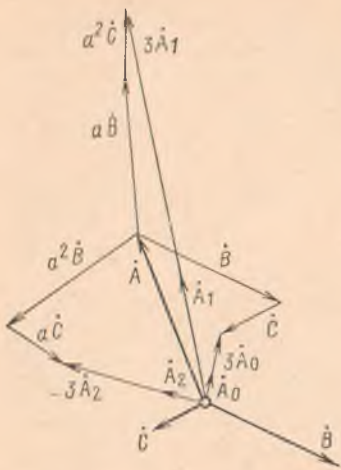
$$\dot{A}_1 = \frac{1}{3} (\dot{A} + a\dot{B} + a^2\dot{C}). \quad (3-49 \text{ а})$$

Ташкил этувчи A_2 ни аниқлаш учун (3-48) тенгламалар системасининг иккинчи ва учинчи тенгламаларини тегишлича a^2 ва a га кўпайтирилади ва сўнг

ра системанинг учала тенгласи ўзаро қўшилади. Натижада $A_2 = \frac{1}{3} (\dot{A} + a^2\dot{B} + a\dot{C})$.

A_0 ни аниқлайдиган ифода (3-48) системанинг ҳамма тенгламаларини қўшиш йўли билан олинади:

$$\dot{A}_0 = \frac{1}{3} (\dot{A} + \dot{B} + \dot{C}) \quad (3-49 \text{ в})$$



3-29- расм. Носимметрик режимларни анализ қилиш учун симметрик ташкил этувчиларни аниқлашнинг график методи.

Занжир фазаларидан ўтаётган носимметрик тоқлар, фазалар қаршилигида кучланишларнинг носимметрик пасайишини ҳосил қилади, уларни симметрик ташкил этувчиларга ажратиб мумкин. Масалан, икки фазали қ. т. да тоқлар ва кучланишлар тўғри ва тескари кетма-кетликнинг ташкил этувчиларига, ерга икки ва бир фазали қ. т. бўлса, тўғри, тескари ва ноль ташкил этувчиларига эга бўлади. Бунда тўғри кетма-кетлик кучланишининг пасайиши тўғри кетма-кетлик тоқидан, тескари кетма-кетлик кучланишининг пасайиши тескари кетма-кетлик тоқидан ҳосил бўлади ва ҳоказо, яъни ҳар қайси кетма-кетлик тоқи шу кетма-кетлик кучланишининг пасайишини ҳосил қилади.

Уч фазали занжир элементларининг қаршиликлари турли кетма-кетликликлар учун қиймати бўйича фарқ қилиши мумкин.

Қ. т. занжири элементининг тўғри, тескари ва нолли кетма-кетликларни қаршиликларини тегишлича x_1 , x_2 , x_0 орқали белгилаймиз. У ҳолда қ. т. занжири элементининг фазаларидаги кучланишининг симметрик ташкил этувчиларини қуйидаги ифодалардан аниқлаш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_1 &= I_1 j x_1, \\ \Delta U_2 &= I_2 j x_2; \\ \Delta U_0 &= I_0 x_0. \end{aligned} \right\} \quad (3-51)$$

Тўйинмаган магнит элементли симметрик уч фазали занжирларда, айрим ташкил этувчилар бир-бирдан мустақил равишда таъсир эгишини билдирувчи, устма-уст қўйиш принципини қўллаш мумкин бўлади. Бу ҳолат ҳар бир кетма-кетлик учун алоҳида аялашгириш схемасини тузиш имконини беради (3.30-расм).

Симметрик уч фазали қ. т. да шикастланган жойдаги кучланиш нолга тенг. Носимметрик қ. т. да тўғри кетма-кетликнинг шикастланган жойидаги кучланиши нолга тенг эмас. Қ. т. жойидаги кучланиш симметрик бўлмаганлиги учун, бунда тескари кетма-кетлик ташкил этувчиси ҳам бўлади, ерга қ. т. бўлганда эса, нолли кетма-кетлик ҳам бўлади. Шу билан бирга, генераторлар фақат тўғри кетма-кетлик ЭЮК ларнинг симметрик уч фазали системасини ҳосил қилади, яъни алмашгириш схемаларидаги тўғри ва тескари кетма-кетликларнинг ЭЮК лари нолга тенг.

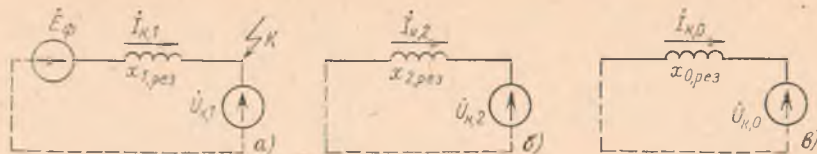
(3-49) ифодалардан фойдаланиб, берилган векторлар системасининг симметрик ташкил этувчиларини 3.29-расмда кўрсатилганидек, график йўл билан аниқлаш қийин эмас.

Тўғри ва тескари кетма-кетликдаги учта фаза векторларининг геометрик йиғиндиси, ҳар қандай мувозанатдаги системалар сингарии, полга тенг. Ноль кетма-кетликдаги система миқдорлари бунинг тескариси ҳисобланади, яъни (3-46) га асосан мувозанатда бўлмайди, яъни:

$$A_0 + B_0 + C_0 = 3A_0 \neq 0. \quad (3-50)$$

Юқорида келтирилган ҳалма ифодалар уч фазали электроустановакаларнинг носимметрик иш режимидаги тоқлари ва кучланишлари учун тўғри келади.

Носимметрик қ. т. ларни ҳисоблашда, симметрик уч фазали қ. т. лар каби, учала фазалардаги қаршиликлар бир хил деб фараз қилинади ва магнит системанинг тўйиниши ҳисобга олинмайди. Бундай электр занжирларда Кирхгоф ва Ом қонунларини ҳар қайси кетма-кетликка алоҳида ва мустақил бир-бирига боғламай қўллаш мумкин, бу ҳисоблашни анча осонлаштиради.



3-30- расм. Тўғри (а), тескари (б) ва ноль (в) кетма-кетликларнинг натижавий схемалари.

Шунинг учун, алмаштириш схемаларида фақат таъминловчи манбаларнинг тўғри кетма - кетлик ЭЮК билан қ. т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчилари кўрсатилади (3 · 30- расм). Юқоридагиларни ҳисобга олиб, Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан қ. т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчиларини аниқлаш учун қуйидаги ифодаларни ёзиш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{к,1} &= \dot{E}_\phi - \dot{I}_{1,рез}^x \\ \dot{U}_{к,2} &= 0 - \dot{I}_{к,2} j x_{2,рез} \\ \dot{U}_{к,0} &= 0 - \dot{I}_{к,0} j x_{0,рез} \end{aligned} \right\} (3-52)$$

бунда $\dot{U}_{к,1}$, $\dot{U}_{к,2}$ ва $\dot{U}_{к,0}$ — қ.т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчилари; $\dot{I}_{к,1}$, $\dot{I}_{к,2}$, $\dot{I}_{к,0}$ қ.т. жойидан ўтаётган токнинг симметрик ташкил этувчилари; $x_{1,рез}$, $x_{2,рез}$, $x_{0,рез}$ — таъминловчи манбани ҳам қўшгандаги қ. т. занжирининг тўғри, тескари ва нолли кетма - кетликларининг якунловчи қаршиликлари; E_ϕ — қ. т. занжирини таъминловчи манбаларнинг тўғри кетма-кетлигининг якунловчи ЭЮК (фаза қиймати). Тескари ва ноль кетма - кетлик тоқларининг ўтишини қ.т. жойида тегишли кетма - кетлик кучланишларининг ҳосил бўлишининг натижаси деб қараш мумкин. Қ.т. жойидан таъминловчи манбага қараб занжир бўйлаб борилса, тўғри кетма - кетликдаги кучланиш $\dot{U}_{к,1}$ дан \dot{E}_ϕ гача ортади, ноль ва тескари кетма - кетликдаги кучланишлар эса тегишлича $\dot{U}_{к,0}$ ва $\dot{U}_{к,2}$ дан нолгача камаяди.

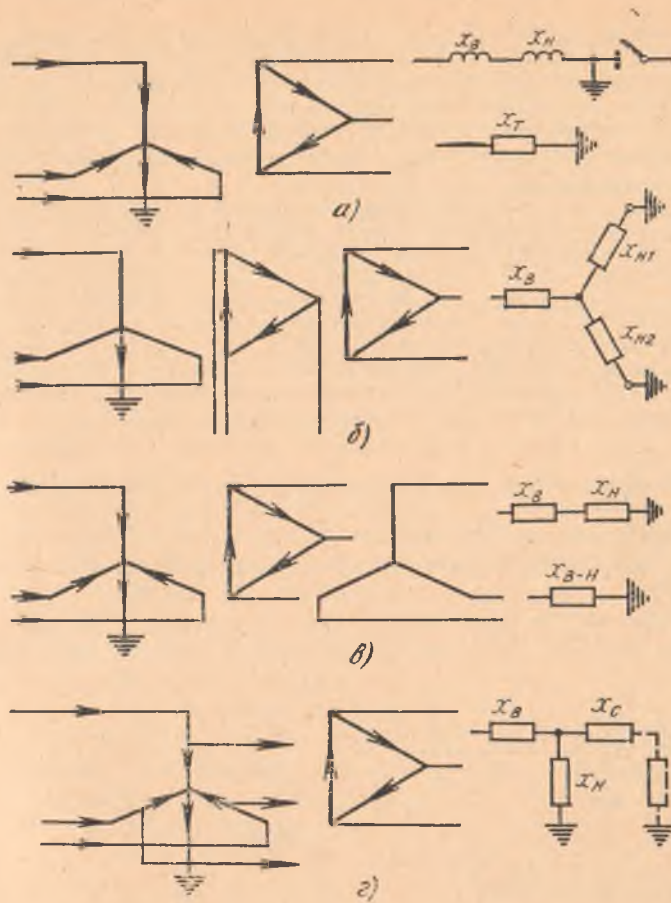
в) Турли кетма - кетликларнинг қаршиликлари

Занжир ҳар қандай элементининг *тўғри кетма-кетлигининг индуктив қаршилиги* бу фазаларнинг симметрик иш режимидаги унинг индуктив қаршилигидир, яъни уч фазали қ. т. нинг тоқларини ҳисоблашда қабул қилинган қаршилиқнинг ўзгинаси, чунки бу тоқлар тўғри кетма - кетлик тоқлари ҳисобланади. Шу сабаб тўғри кетма - кетлиқнинг тўлиқ ва актив қаршиликлари учун ҳам айтиш мумкин.

Тескари кетма - кетлик қаршилиги.

Фазалар орасидаги ўзаро индукция фаза алмашиши тартибига боғлиқ бўлмаган занжир элементлари учун тўғри ва тескари кетма - кетликнинг индуктив, актив ва тўлиқ қаршиликлари бир хил бўлади, яъни $x_1 = x_2$, $r_1 = r_2$ ва $Z_1 = Z_2$. Бундай элементларга, ҳаво ва кабель линиялари, реакторлар ва трансформаторлар киради.

Айланувчи машиналардаги тескари кетма-кетликдаги тоқлар роторнинг айлануши йўналишига қарши айланадиган статорнинг магнит оқимини ҳосил қилади, яъни машина роторига нисбатан икки марта кўп бурчак тезлигига эга. Бу магнит оқим ўз йўлида ротор билан синхрон айланувчи ва тўғри кетма - кетлик тоқлари ҳосил қилувчи, тўғри кетма - кетлик магнит оқимининг йўлидаги магнит қаршилиқдан фарқланувчи ва машинанинг конструкциясига боғлиқ бўлган ўзгарувчан магнит қаршилигига дуч келади. Шу сабабли, умумий ҳолда айланувчи машиналар учун $x_1 \neq x_2$.



3.32- расм. Ноль кетма-кетлик токлари учун трансформаторларнинг алмаштириш схемалари.

Ноль кетма - кетликдаги токларнинг циркуляцияланиши учун йўл фақат шикастланиш нейтрални ерга туташтирилган юлдуз кўринишида уланган чулғам томонида содир бўлган трансформаторлардагина бўлиши мумкин. Бу ҳолда трансформаторнинг қаршилиги ноль кетма - кетликдаги алмаштириш схемасида ҳисобга олинishi лозим.

3.32 - расмда энг кўп тарқалган икки ва уч чулғамли трансформаторлар тили учун, шунингдек, уч чулғамли автотрансформатор учун алмаштиришлар схемалари билан чулғамларнинг уланиш схемалари келтирилган.

Чулғамларининг бирикиш схемаси Y_0/Δ бўлган икки чулғамли ҳамма трансформаторлар учун (3.32 - расм, а) ноль кетма - кетлигининг индуктив қаршилиги қуйидагига тенг;

$$X_0 = X_B + X_H = X_1,$$

яъни тўғри кетма - кетликнинг индуктив қаршилигига тенг. Худди шу каби, икки чулғамли автотрансформаторнинг ноль кетма-кетлигининг алмаштириш схемаси тузилади (3.32 - расм, б).

Бу трансформаторларнинг иккиламчи чулғамларида ноль кетма - кетликдаги шикаст индукцияланади ва фазалар чулғамлари учбурчак кўринишида уланганлиги

учун, бу чулғамларда учбурчакдан ташқарига чиқмайдиган ноль кетма - кетликнинг токи ҳосил бўлади. Шундай қилиб, иккиламчи чулғамдаги ноль кетма - кетликдаги ҳамма индукцияланган ЭЮК иккиламчи чулғамнинг қаршилиги хн дан ноль кетма - кетликдаги токни ўтказиш учун сарфланади. Алмаштириш схемасига қаршилиқлар x_B ва x_H киритилган (3.32 - расм, а ва б). Учбурчак кўри-нишида уланган чулғамнинг ташқи занжири узилган ва x_H шохобчасининг учлари ерга туташтирилган.

3.32 - расм в ва г ларда тегишлича уч чулғамли трансформаторлар ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси кўрсатилган. Трансформаторнинг алмаштириш схемасида нейтрал изоляцияланган юлдузча кўринишида уланган чулғам қатнашмайди, чунки унда ноль кетма-кетликдаги тоқлар циркуляциялаши мумкин эмас. Автотрансформатор бўлганда эса, автотрансформатор орқали ноль кетма - кетликдаги тоқлар юқори кучланиш томоидан ўртага кучланиш томонига (ва аксинча) ўтиши мумкин бўлганлиги учун алмаштириш схемасида ҳамма чулғамлар қатнашади, чунки ВН ва СН чулғамлар умумий нейтралга эга.

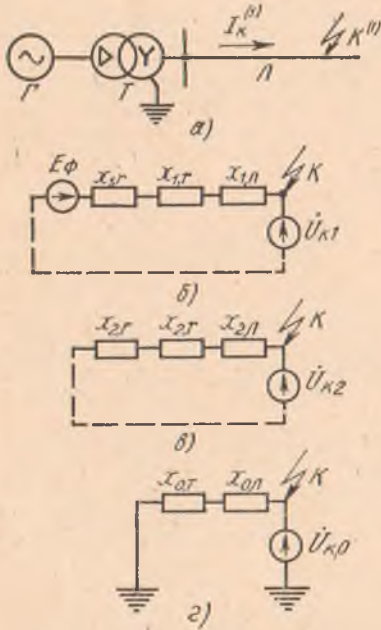
Алмаштириш схемасининг қаршилиқлари x_B , x_C ва x_H 3.2 - жадвалдаги уч фазали қ. т. ҳолати учун келтирилган формулалардан аниқланади.

г) Айрим кетма-кетликдаги алмаштириш схемаларини тузиш қоидаси

Алмаштириш схемаси, симметрик уч фазали қ. т. учун қилинганидек, ҳар бир кетма-кетлик учун алоҳида фақат бир фаза учун тузилади.

3.33- расмда мисол тариқасида K нуқтадаги бир фазали қ. т. да ҳисоблаш схемаси (3.33- расм, а) ва ҳамма кетма-кетликлар учун алмаштириш схемалари келтирилган.

Тўғри кетма-кетлик схемаси уч фазали қ. т. тоқларини ҳисоблашда тузиладиган алмаштириш схемасидан фарқ қилмайди (3.33- расм, б):



$$x_{1,pez} = x_{1,g} + x_{1,t} + x_{1,l}$$

Тўғри кетма - кетлик схемаси қандай элементлардан ташкил топган бўлса, тескари кетма-кетлик схемаси ҳам шулардан иборат, чунки тўғри ва тескари кетма - кетлик тоқларининг иккаласи ҳам бир йўлдан ўтади: $x_{pez2} = x_{2,g} + x_{2,t} + x_{2,l}$. Таъминлаш манбалари тескари кетма - кетлигининг ЭЮК лари нольга тенг деб олинади, шунинг учун тескари кетма - кетлик схемасининг бошланиши бўлиб ҳамма генератор тармоқларининг бошланишларини бирлаштирувчи нуқта, схеманинг охири бўлиб эса қис-

3.33- расм. Айрим кетма-кетликларнинг алмаштириш схемаларини тузиш намунаси.

қа туташувнинг носимметриклиги туфайли ҳосил бўлган тескари кетма-кетлик кучланиши қўйилган қ. т. нуқтаси ҳисобланади (3.33-расм, в).

Ноль кетма-кетлик схемаси тўғри ва тескари кетма-кетлик схемаларидан фарқ қилади, чунки ноль кетма-кетлик токлари уч фазали қ. т. нинг токлари оқадиган йўллардан фарқ қиладиган бошқа йўллардан оқади. Ноль кетма-кетлик токлари учта фазалар орқали оқади ва ер, ерга туташтирилган ҳаво линияларининг троллари ва шу кабилар орқали қайтади.

Ноль кетма-кетлик схемасини тузишга киришишдан олдин аввал ноль кетма-кетлик токининг мумкин бўлган оқиш контурларини аниқлаш лозим. Шундай контурларни тузиш учун қ. т. жойин билан электр боғланган занжирнинг нейтралли ерга уланган бўлиши керак. Ўзаро электр боғланган бир неча ерга уланган нейтраллар мавжудлигида ноль кетма-кетлик токлари улар орасида тақсимланади.

Ноль кетма-кетлик схемасини тузиш қ. т. нуқтасидан бошланади. Ноль кетма-кетлик токлари қайтадиган ноль кетма-кетлик схемаси элементларининг учлари ер потенциалига эга. Шунинг учун улар ноль кетма-кетлик схемасининг бошланиши ҳисобланган умумий нуқтага бирлаштирилади ва схеманинг охири бўлиб қ. т. нуқтаси ҳисобланади (3.33-расм, г)

$$x_{0, \text{рез}} = x_{0, \text{м}} + x_{0, \text{л}}$$

Агар нейтраль қаршилик орқали ерга уланган бўлса, у ҳолда уни уч марта катталаштириб ноль кетма-кетлик алмаштириш схемасига киритиш керак. Бунга сабаб шуки, ноль кетма-кетлик схемаси бир фаза учун тузилади, нейтралдаги қаршилик орқали эса ҳамма учала фазаларнинг ноль кетма-кетлик токи ўтади. Бу қаршиликдаги кучланишнинг ҳақиқий пасайишини ҳисобга олиш учун уни уч марта катталаштириш лозим.

Агар айланувчи машиналар учун $x_2 = x_1$ деб олинса, у ҳолда $x_{2, \text{рез}} = x_{1, \text{рез}}$ бўлади.

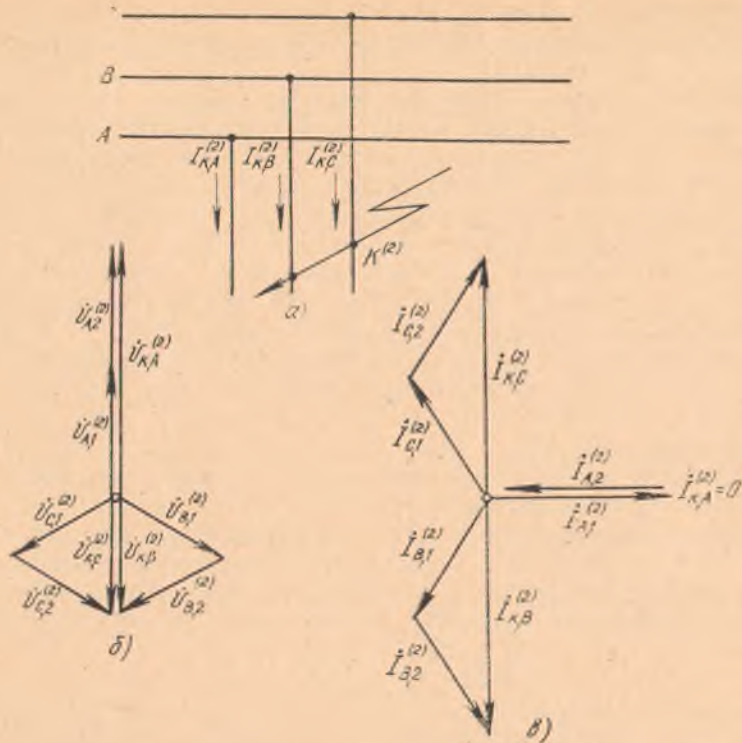
Айрим кетма-кетлик схемаларининг яқунловчи қаршиликлари алмаштириш схемасини ўзгартириш билан содда кўринишга келтириб, худди уч фазали қ. т. ни ҳисоблаш сингарини аниқланади.

д) Носимметрик қ. т. жойидаги тоklar ва кучланишлар

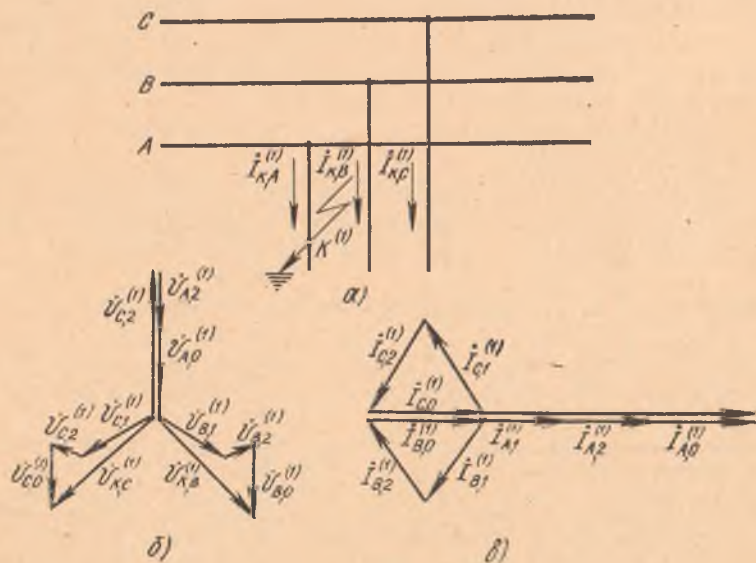
Қ. т. жойидаги ток ва кучланишларни ҳисоблаш учун аввал қ. т. нуқта-сига нисбатан ҳар бир кетма-кетликларнинг натижавий қаршиликлари $x_{1, \text{рез}}$, $x_{2, \text{рез}}$ ва $x_{0, \text{рез}}$ аниқланиши керак. Шунингдек, таъминловчи манба ЭЮК E_{ϕ} ҳам маълум бўлиши лозим.

Кейинчалик анализни соддалаштириш учун шикастланган жой, 3.34, а ва 3.35, а-расмларда кўрсатилганидек, фалт шохобчага қўшилади. Шохобчалар фазаларнинг қаршиликлари қ. т. нуқтасига нисбатан нолга тенг. У ҳолда шу шохобча фазаларидаги токлари қ. т. жойидаги тоklar деб ҳисоблаш мумкин. Қ. т. жойига қараб йўналган тоklarнинг йўналишини мусбаб деб оламиз.

Икки фазали қисқа туташув. Шохобчаларнинг В ва С фазалари орасида қисқа туташув бўлганда (3.34-расм, а) қўйидаги дастлабки шартларни ёзиш мумкин:



3-34- расм. Икки фазали қ. т. даги вектор диаграммалари.



3-35- расм. Бир фазали қ. т. даги вектор диаграммалар.

$$\dot{i}_{K,A}^{(2)} = 0; \quad \dot{i}_{K,B}^{(2)} = -I_{K,C}; \quad \dot{U}_{K,B}^{(2)} - \dot{U}_{K,C}^{(2)} = 0.$$

Икки фазали қ. т. да ноль кетма-кетликдаги ток бўлмайди, шунинг учун

$$\dot{i}_{K,O}^{(2)} = 0 \quad \text{ва} \quad \dot{U}_{K,O}^{(2)} = 0.$$

А фаза учун (3-45) га асосан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\dot{i}_{K,A}^{(2)} = \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} + \dot{i}_{K,A_2}^{(2)} = 0,$$

бундан

$$\dot{i}_{K,A_1} = -\dot{i}_{K,A_2}.$$

(3-49) формуладан фойдаланиб ва $\dot{U}_{K,B}^{(2)} = \dot{U}_{K,C}^{(2)}$ ни ҳисобга олиб, қ. т. жойидаги тўғри ва тескари кетма-кетликлар кучланишларининг симметрик ташкил этувчилари қуйидагига тенг:

$$\dot{i}_{K,A_1}^{(2)} = \dot{i}_{K,A_2}^{(2)}.$$

Бунга ва (3-52) формулаларга асосан ушбуни ёзиш мумкин:

$$\dot{E}_\phi - \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} jx_{1,\text{рез}} = -\dot{i}_{A,K_2}^{(2)} jx_{2,\text{рез}} = \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} jx_{2,\text{рез}}$$

бундан қуйидагини оламиз:

$$\dot{i}_{K,A_1}^{(2)} = \frac{\dot{E}_\phi}{j(x_{1,\text{рез}} + x_{2,\text{рез}})}. \quad (3-53)$$

Энди (3-48) формулалардан фойдаланиб, шикастланган фазалардаги қ. т. нинг тўлиқ тоқларини аниқлаш мумкин:

$$\dot{i}_{K,B}^{(2)} = a^2 \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} + a \dot{i}_{K,A_2}^{(2)} = (a^2 - a) \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} = -j\sqrt{3} \dot{i}_{K,A_1}^{(2)}$$

ва шунга ўхшаш

$$\dot{i}_{K,C} = j\sqrt{3} \dot{i}_{K,A_1}^{(2)}.$$

Бу ерда қўпайтувчи a комплекс сонда берилган.

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{ва} \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Шундай қилиб, шикастланган фазалардаги қ. т. нинг абсолют тоқи қуйидагига тенг.

$$I_K^{(2)} = \sqrt{3} I_{K,A_1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E_\phi}{x_{1,\text{рез}} + x_{2,\text{рез}}} \quad (3-54)$$

Қ. т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчисини (3-52) формуладан фойдаланиб топиш мумкин:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{K,A_1}^{(2)} &= \dot{E}_\phi - \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} jx_{1,\text{рез}} = \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} jx_{2,\text{рез}}, \\ \dot{U}_{K,A_2}^{(2)} &= -\dot{i}_{K,A_2}^{(2)} jx_{2,\text{рез}} = \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} jx_{2,\text{рез}} = \dot{U}_{K,A_1}^{(2)}. \end{aligned}$$

(3-48) формулалар орқали қ. т. жойидаги кучланишларнинг фаза миқдорини аниқлаймиз:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{K,A}^{(2)} &= 2 \dot{i}_{K,A_1}^{(2)} i_{x_2, \text{рез}} \\ \dot{U}_{K,B}^{(2)} &= \dot{U}_{K,C}^{(2)} = -\frac{1}{2} \dot{U}_{K,A}^{(2)} \end{aligned} \right\} \quad (3-55)$$

Олинган нисбатлардан фойдаланиб, қ. т. жойидаги ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаларини қуриш мумкин. Аввал $\dot{U}_{K,A_1}^{(2)}$ нинг аниқланган миқдори асосида тўғри кетма-кетлик кучланишларининг векторлар системаси танланган масштабда қурилади. Тўғри кетма-кетлик кучланиш векторининг охири тескари кетма-кетлик кучланиши векторининг бошланиши ҳисобланади ва унинг узунлиги, вектор диаграмма масштабини ҳисобга олиб, $\dot{U}_{K,A}^{(2)}$ нинг аниқ миқдори асосида топилди. Тескари кетма-кетлик кучланиши векторининг йўналиши, шу кетма-кетлик учун белгиланган тартибга асосан фазаларни тескари тартибда алмаштириб қабул қилинади. Ҳар бир кетма-кетлик кучланишлари векторларининг геометрик йиғиндиси фаза кучланишлари $\dot{U}_{K,A}^{(2)}$, $\dot{U}_{K,B}^{(2)}$ ва $\dot{U}_{K,C}^{(2)}$ нинг векторларини аниқлайди. Тўғри ва тескари кетма-кетлик векторлари системасини қуришда (3-46) нисбатларга асосланилади. 3.34-расм, б да икки фазали қ. т. даги кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилган.

Шунга ўхшаш, тоқлар $\dot{i}_{K,A_1}^{(2)}$ ва $\dot{i}_{K,A_2}^{(2)}$ маълум векторлари бўйича фазалардаги тоқларнинг вектор диаграммаси қурилади (3.34-расм, в). Фазалардаги тўғри ва тескари кетма-кетлик тоқларининг геометрик йиғиндиси фазалардаги $\dot{i}_{K,A}^{(2)} = 0$, $\dot{i}_{K,B}^{(2)} = -\dot{i}_{K,C}^{(2)}$ тоқларни аниқлайди.

Шу каби, ихтиёрий икки фазалар орасида қ. т. даги ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини қуриш мумкин.

Бир фазали қисқа туташув. А фазанинг ер билан қисқа туташуви (3.35-расм, а) қуйидаги шартлар билан характерланади:

$$\dot{i}_{K,B}^{(1)} = 0; \quad \dot{i}_{K,C}^{(1)} = 0; \quad \dot{i}_{K,A}^{(1)} = 0.$$

А фазани ҳисобланувчи деб қабул қилиб, (3-49) формуладан фойдаланиб қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\dot{i}_{K,A_1}^{(1)} = \dot{i}_{K,A_2}^{(1)} = \dot{i}_{K,A_0}^{(1)} = \frac{1}{3} \dot{i}_{K,A}^{(1)}.$$

Берилган маълумотлар ва (3-48) ифода асосида ҳам қуйидагини аниқлаш мумкин:

$$\dot{U}_{K,A}^{(1)} = \dot{U}_{K,A_1}^{(1)} + \dot{U}_{K,A_2}^{(1)} + \dot{U}_{K,A_0}^{(1)} = 0.$$

Охирги ифодага қ. т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчиларини (3-52) формула бўйича қўйиб ва ҳамма кетма-кетликлар тоқлари орқали алмаштириб қуйидагини оламиз:

$$\dot{E}_\Phi - \dot{i}_{K,A_1}^{(1)} j(x_{1, \text{рез}} + x_{2, \text{рез}} + x_{0, \text{рез}}) = 0,$$

бундан

$$\dot{i}_{K,A_1}^{(1)} = \frac{\dot{E}_\Phi}{j(x_{1, \text{рез}} + x_{2, \text{рез}} + x_{0, \text{рез}})}. \quad (3-56)$$

Шикастланган фазадаги қ. т. тоқининг абсолют қиймати

$$I_K^{(1)} = 3I_{K,A_1}^{(1)} = \frac{3E_\Phi}{x_{1, \text{рез}} + x_{2, \text{рез}} + x_{0, \text{рез}}}. \quad (3-57)$$

Қ. т. жойидаги кучланишнинг симметрик ташкил этувчилари қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{K,A1}^{(1)} &= \dot{E}_\Phi - \dot{I}_{K,A1}^{(1)} jx_{1,рез} = \dot{I}_{K,A1}^{(1)} j(x_{2,рез} + x_{0,рез}); \\ \dot{U}_{K,A2}^{(1)} &= -\dot{I}_{K,A2}^{(1)} jx_{2,рез} = -\dot{I}_{K,A1}^{(1)} jx_{2,рез}; \\ \dot{U}_{K,A0}^{(1)} &= -\dot{I}_{K,A0}^{(1)} jx_{0,рез} = -\dot{I}_{K,A1}^{(1)} jx_{0,рез}. \end{aligned} \right\} \quad (3-58)$$

Қ. т. жойидаги фаза кучланишларининг тўла қийматлари (3-48) формулалардан аниқланади.

Олинган муносабатлар асосида кучланишлар (3.35-расм, б) ва тоқларнинг (3.35-расм, в) вектор диаграммалари қурилиши мумкин.

Таркибига таъминлаш манбаларининг тўғри кетма-кетлиги ЭЮК нинг бир хил қиймати қирадиган ифодалар (3-39), (3-53) ва (3-56) ни бир-бирига таққослаб қуйидаги хулосага келиш мумкин: қ. т. нинг исталган қўринишидаги тўғри кетма-кетлик токи шикастланиш қўринишига мос узоқликдаги шикастланган жойнинг уч фазали қисқа туташув токи каби аниқланади:

уч фазали қ. т. да $x_{рез}^{(3)} = x_{1,рез}$;

икки фазали қ. т. да $x_{рез}^{(2)} = x_{1,рез} + x_{2,рез}$;

бир фазали қ. т. да $x_{рез}^{(1)} = x_{1,рез} + x_{2,рез} + x_{0,рез}$.

Шундай қилиб, тўғри кетма-кетликдаги ток умумий қўринишда қуйидаги ч бўлади:

$$\dot{I}_{K,1}^{(n)} = \frac{\dot{E}_\Phi}{jx_{рез}^{(n)}}, \quad (3-59)$$

Қ. т. жойидаги шикастланган фазанинг абсолют токи:

$$I_K^{(n)} = m^{(n)} I_{K1}^{(n)}, \quad (3-60)$$

буида n — қ. т. қўринишининг индекси; $m^{(n)}$ — пропорционаллик коэффициенти. Унинг миқдори (3-39), (3-54) ва (3-57) ифодалар асосида қуйидагича бўлади.

Уч фазали қ. т. да $m^3 = 1$;

икки фазали қ. т. да $m^{(2)} = \sqrt{3}$;

бир фазали қ. т. да $m^{(1)} = 3$.

Қ. т. тоқининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати:

пятижавий қаршилик ома ифодаланса:

$$I_{n,0}^{(n)} = m^{(n)} \frac{E''}{\sqrt{3} x_{рез}^{(n)}} = \frac{m^{(n)} E''}{x_{рез}^{(n)}}, \quad (3-61 \text{ а})$$

иятижавий қаршилик нисбий бирликларда ифодаланса

$$I_{n,0}^{(n)} = m^{(n)} \frac{E_*}{x_*^{(n)}_{рез}} I_0. \quad (3-61 \text{ б})$$

Зарбий ток (3-18) га ўхшаш қуйидаги формуладан аниқланади:

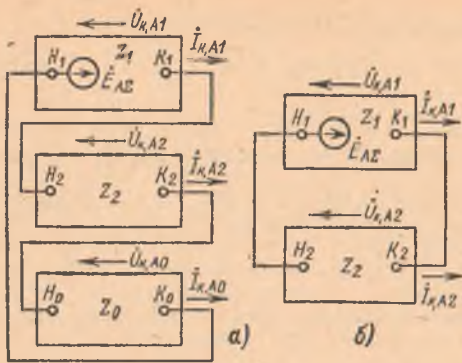
$$i_y^{(n)} = \sqrt{2} I_{n,0}^{(n)} k_y^{(n)}. \quad (3-62)$$

Шу билан бирга k_y икки ва уч фазали қ. т. лар учун ўзаро тенг ва 3.3-§ маълумотлари асосида аниқланиши мумкин.

Қ. т. тоқининг даврий ташкил этувчисини $t > 0$ вақтнинг исталган моментидаги қийматларини аниқлаш учун типавий эгри чизиқлар методи қўлланилди.

Қ. т. тоқнинг аперидик ташкил этувчиси одатдаги йўл билан аниқланади, яъни:

$$i_{a,t}^{(n)} = \sqrt{2} I_{n,0}^{(n)} e^{-t/T_a^{(n)}}, \quad (3-63)$$



3-36- расм. Бир фазали (а) ва икки фазали (б) қ. т. учун комплекс алмаштириш схемалари.

ва участкаси учун айрим кетма-кетликларнинг приборлар билан ўлчаш мумкин.

е) Турли кўринишдаги қисқа туташувларда тоқлар орасидаги нисбатлар

Уч ва икки фазали қ. т. лар тоқларининг даврий ташкил этувчиларининг бошланғич қийматлари орасидаги нисбатларни (3-61) формуладан фойдаланиб ва $x_{2,рез} = x_{1,рез}$ деб қабул қилиб олиш мумкин:

$$I_{n,0}^{(3)} / I_{n,0}^{(2)} = 2 / \sqrt{3} \text{ ёки } I_{n,0}^{(2)} = 0,87 I_{n,0}^{(3)}.$$

Чунки $i_y = I_{n,0}$, унда

$$i_y^{(3)} / i_y^{(2)} = 2 / \sqrt{3} = 1,15,$$

яъни зарбий ток уч фазали қ. т. да катта бўлади.

Икки ва уч фазали қ. т. лардаги мувозанатланган тоқларнинг катталиги ҳам турлича бўлади. Шикастланган жой генераторлардан унча узоқ бўлмаган ҳолларда икки ва уч фазали қ. т. лардаги мувозанатланган тоқларнинг фарқи асосан шу икки хилдаги шикастланишларда статор реакциясининг турли катталиклари билан аниқланади.

Қисқичлардаги қ. т. ларда мувозанатланган тоқлар нисбати:

турбогенераторларники $I_{\infty}^{(2)} / I_{\infty}^{(3)} \approx 1,5$;

гидрогенераторларники $I_{\infty}^{(2)} / I_{\infty}^{(3)} = 1,1$.

Узоқ нуқтадаги қ. т. да $I_{\infty} = I_{n,0}$, шунинг учун шу нуқтадаги икки ва уч фазали қ. т. ларда мувозанатланган тоқлар орасидаги нисбат қуйидагига тенг бўлади:

$$\frac{I_{\infty}^{(3)}}{I_{\infty}^{(2)}} = \frac{I_{n,0}^{(3)}}{I_{n,0}^{(2)}} = \frac{2}{\sqrt{3}}.$$

Шундай қилиб, генераторнинг қисқичларида ва тармоқнинг унча узоқ бўлмаган нуқталарида қ. т. бўлганда $I_{\infty}^{(2)} > I_{\infty}^{(3)}$, узоқ нуқталардаги қ. т. да эса $I_{\infty}^{(2)} < I_{\infty}^{(3)}$ бўлади.

Бунга сабаб, қ. т. нуқтаи узоқлашган сари ток катталигига статор реакциясининг ўзгариши камроқ ва ташқи занжирнинг индуктив қаршилиги кўпроқ таъсир этади. Узоқ нуқтада қ. т. бўлса, юқорида айтилганидек, генератор-

бундаги $T_a^{(n)}$ — қ. т. нинг тегишли кўринишига тўғри келадиган вақт доимийси (бунда $T_a^{(3)} = T_a^{(2)}$).

Нссимметрик қ. т. кучланишлари ва тоқларининг ташкил этувчиларини аниқлашда алмаштирувчи комплекс схемалардан фойдаланиш мумкин (3.36-расм).

Тўғри тўртбурчакликлар (3.36-расм) шартли равишда айрим кетма-кетликдаги алмаштирувчи схемаларни белгилайди (H — схемаларнинг бошланиши, K — охири).

Ҳисоблаш моделлари билан қурилмалардан фойдаланилганда айниқса комплекс схемалар қулай бўлиб, бунда кўрилаётган схеманинг исталган нуқтаси кучланишлари ва тоқларини

ларнинг қисқичларидаги кучланиш ўзгармай қолади ва қ. т. токнинг катталиги шикастланган жойгача бўлган занжир қаршилиги билан аниқланади, деб ҳисоблаш мумкин.

Фақат 110 кВ ва ундан юқори кучланишли тармоқларда, шунингдек, трансформаторлардан таъминланадиган кучланиши 1000 В гача бўлган тармоқлардагина ҳосил бўладиган бир фазали қ. т., одатда, электростанция генераторларидан анча узоқда бўлади. Қ. т. ларни анализ қилиш шуни кўрсатадики, x_0 , рез / x_1 , рез нисбатига қараб бир фазали ва уч фазали қ. т. ларда фазалардаги тоқларнинг қуйидаги нисбатлари бўлиши мумкин:

$$I_K^{(1)} / I_K^{(3)} \leq 1,5.$$

Бир фазали қ. т. токни чеклаш учун трансформаторлар нейтралларининг бир қисми ерга туташтирилмайди, бу нарса қаерда мумкин булса ўша жойда қўлла-нилади. Шунингдек, нейтралнинг бир қисмини махсус ток чекловчи қаршилик орқали ерга туташтириш ҳам мумкин.

3.5- мисол. Топшириқ. 3.1- мисол шarti учун носимметрик қ. т. ларнинг бошланғич тоқлари аниқлансин: ҳисоблаш схемаси ва нейтраллар режими 3.11- расмда кўрсатилган.

Ечиш. А. *Айрим кетма-кетликларнинг алмаштириш схемалари:*

Тўғри кетма-кетликнинг алмаштириш схемалари уч фазали қ. т. даги алмаштириш схемаларидан ҳеч қандай фарқ қилмайди ва 3.4- мисолнинг 3.19 — 3.23- расмларида кўрсатилган.

Тескари кетма-кетликнинг алмаштириш схемаларини ҳисоблашни соддалаштириш учун тўғри кетма-кетликнинг алмаштириш схемалари каби қабул қилиш мақсадга мувофиқ, бунда ЭЮК нольга тенг деб олинади.

Ноль кетма-кетликдаги алмаштириш схемаси. Бундай схемани нейтрални ерга туташтирилган тармоқдаги қ. т. учун, яъни $K-I$ нуқта учун тузиш керак / 110 кВ ли шиналар/.

3.11- расмдаги ҳисоблаш схемаси учун бундай схема 3.37- расм, а да келтирилган.

Ҳисоблаш схемасига қўшимча маълумотлар:

электр узатиш линиялари:

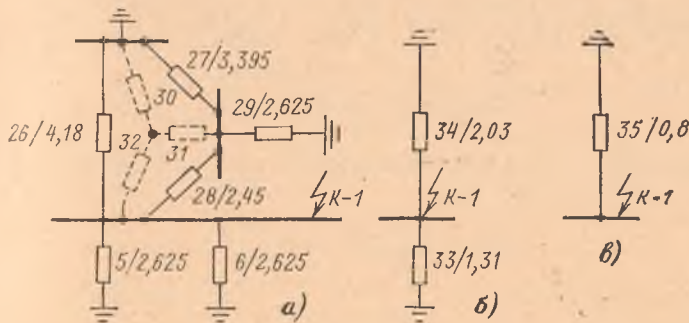
$L1$ — троссиз икки занжирли линия $x_{уд, 0} = 5,5 x_{уд, 1}$;

$L2$ ва $L3$ — троссиз якка линиялар $x_{уд, 0} = 3,5 x_{уд, 1}$.

$T4$ ва $T5$ трансформаторлар уч чулғамли бўлиб, фақат ноль кетма-кетлик схемасида ВН ва НН чулғамларга ишгирок этади. Бундан трансформаторларнинг индуктив қаршилиги и к.в. н = 10,5% қиймат бўйича ҳисобланади.

3.37- расм, а да келтирилган схема элементларининг қаршилигини аниқлаймиз. Қаршиликларни номерлашни 3.1- мисол бўйича давом эттирамиз /ҳисоб шибий бирликда олиб борилади/:

$x_5 = x_6 = 2,625$ — ТЭЦ даги нейтрални ерга туташтирилган $T1$ ва $T2$ трансформаторларнинг қаршиликлари;



3.37- расм. 3.5- мисолга. Ноль кетма-кетликнинг алмаштириш схемаси.

линияларнинг қаршиликлари.

$$Л1: x_{26} = 5,5x_8 = 5,5 \cdot 0,76 = 4,18;$$

$$Л2: x_{27} = 3,5x_9 = 3,5 \cdot 0,97 = 3,395;$$

$$Л3: x_{28} = 3,5 \cdot x_{10} = 3,5 \cdot 0,7 = 2,45,$$

уч чулгамли трансформатор подстанциясининг қаршилиги

$$x_{29} = \frac{ик, В=Н \cdot S_6}{100 S_{ном}} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 40} = 2,625.$$

Схемани *K-1* нуқтага келтираемиз.

Қаршиликлар учбурчаги x_{24} , x_{27} , x_{28} ларни юлдузча x_{30} , x_{31} , x_{32} га айлан-тираемиз:

$$x_{30} = \frac{x_{26} \cdot x_{27}}{x_{26} + x_{27} + x_{28}} = \frac{4,18 \cdot 3,395}{4,18 + 3,395 + 2,45} = 1,42;$$

$$x_{31} = \frac{x_{27} \cdot x_{28}}{x_{26} + x_{27} + x_{28}} = \frac{3,395 \cdot 2,45}{4,18 + 3,395 + 2,45} = 0,83;$$

$$x_{32} = \frac{x_{26} \cdot x_{28}}{x_{26} + x_{27} + x_{28}} = \frac{4,18 \cdot 2,45}{4,18 + 3,395 + 2,45} = 1,02.$$

Схемани 3,37-рasm, б даги кўғинишга келтираемиз:

$$x_{33} = x_5 \parallel x_6 = 2,625/2 = 1,31;$$

$$x_{34} = x_{32} + x_{30} \parallel (x_{29} + x_{31}) = 1,02 + \frac{1,42(2,625 + 0,83)}{1,42 + 2,625 + 0,83} = 2,03.$$

Натижада ноль кетма-кетликдаги алмаштириш схемасининг якунловчи қаршилигини оламиз (3,37-рasm, в).

$$x_{35} = x_{33} \parallel x_{34} = \frac{1,31 \cdot 2,03}{1,31 + 2,03} = 0,8.$$

Б. Носимметрик қ. т. тоқларини аниқлаш:

K-1 нуқтадаги қисқа туташув

Икки фазали қ. т.

Қуйидаги ифодадан схеманинг ҳар бир шоҳобчаси учун қ. т. тоқининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати аниқланади:

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E^*}{x_{*1,рез} + x_{*2,рез}} I_6.$$

$x_{*1,рез} = x_{*2,рез}$ бўлганлиги учун (туғри ва тескари кетма-кетликларнинг қаршиликлари ўзаро тенг) қуйидаги ифодани оламиз:

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E^*}{2x_{*1,рез}} I_6 = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{п,0}^{(3)}.$$

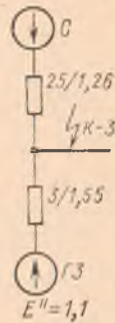
Шундай қилиб ($I_{п,0}^{(3)}$) тоқларнинг миқдори 3,1-мисолдан олинади):
G1 ва *G2* генераторнинг тоқи

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2,2 = 1,9 \text{ кА};$$

G3 генераторнинг тоқи

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2,31 = 2 \text{ кА};$$

3-38- расм. 3-5- мисолга. $K-1$ нуқтадаги бир фазали қ. т. тоқларини аниқлаш учун натижавий алмаштириш схемаси.



энергосистеманинг токи

$$I_{п,0} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9,67 = 8,36 \text{ кА.}$$

Тоқлар йиғиндиси

$$I_{п,0}^{(2)} = 1,9 + 2,0 + 8,36 = 12,26 \text{ кА}$$

ёки

$$I_{п,0,К-1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 14,18 = 12,26 \text{ кА.}$$

Бир фазали қ. т.

Қуйидаги ифодадан қ. т. жойидаги (3.38- расм) қ. т. токи даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати аниқланади:

$$I_{п,0} = \frac{3E_*''}{x_{1*} + x_{2*} + x_{0*}} I_G$$

формуладаги $x_{1*} + x_{2*} + x_{0*}$ — туғри, тескари ва ноль кетма-кетликларнинг якунловчи қаршиликлари.

Туғри кетма-кетликнинг якунловчи қаршилиги 3.1- мисолдаги уч фазали қ. т. ни ҳисоблашдаги маълумотларидан фойдаланиб аниқланади:

$$x_{1*} = x_{12} \parallel x_{13} \parallel x_{10} = \frac{2,29 \cdot 2,39 \cdot 0,52}{2,29 \cdot 2,39 + 2,29 \cdot 0,52 + 2,39 \cdot 0,52} = 0,36.$$

Тескари кетма-кетлик қаршилиги $x_{2*} = x_{1*} = 0,36$.

Ноль кетма-кетлик қаршилиги юқорда аниқланган эди:
 $x_{0*} = x_{35} = 0,8$

$K-1$ нуқтадаги бир фазали қ. т. токи йиғиндисининг қиймати:

$$I_{п,0,К-1}^{(1)} = \frac{3 \cdot 1,0}{0,36 + 0,36 + 0,8} \cdot 5,03 = 9,93 \text{ кА.}$$

Схема шохобчаларидаги тоқларнинг тақсимланишини ҳисобга олиб тоқларни ҳисоблашга зарурат туғилса, у ҳолда ҳар бир шохобча учун ҳамма кетма-кетликлар қаршилиги аниқланади ва уларни ҳисобга олиб тоқларни аниқлаш лозим бўлади /3.4 - § га қаранг/.

$K-2$ нуқтадаги қисқа туташув

Қ. т. нуқтаси нейтрални ерга туташтирилмаган тармоқда жойлашади, шу сабабли фақат икки фазали қ. т. кўриб чиқилади.

$K-1$ нуқта учун икки фазали қ. т. ни ҳисоблаганга ўхшаш, 3.1- мисол маълумотларидан фойдаланиб, тоқларни схема шохобчалари бўйича аниқлаймиз:

I_2 генератор шохобчаси

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad I_{п,0}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 28,2 = 24,39 \text{ кА;}$$

секцияли реактор шохобчаси

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 14,99 = 12,97 \text{ кА;}$$

боғловчи трансформатор шохобчаси

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 17,37 = 15,03 \text{ кА.}$$

К-2 нуқтадаги икки фазали қ. т. токининг йиғиндиси

$$I_{п,0,К-2}^{(2)} = 24,89 + 12,97 + 15,03 = 52,89 \text{ кА}$$

ёки уч фазали токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати орқали аниқлаш мумкин

$$I_{п,0,К-2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{п,0,К-2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 60,56 = 52,39 \text{ кА.}$$

К-3 нуқтадаги қисқа туташув

Фақат икки фазали қ. т. кўриб чиқилади.

Схема шохобчаларидаги тоқлар ($I_{п,0}^{(3)}$ олдинги ҳолатдаги каби, 3.1-мисолдан олинган):

ГЗ генератор шохобчаси

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{п,0}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 39,03 = 33,76 \text{ кА;}$$

энергосистема шохобчаси

$$I_{п,0}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 43,65 = 37,76 \text{ кА.}$$

Ток йиғиндиси

$$I_{п,0,К-3}^{(2)} = 33,76 + 37,76 = 71,52 \text{ кА.}$$

ёки

$$I_{п,0,К-3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{п,0,К-3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 82,68 = 71,52 \text{ кА.}$$

ж) Қ. т. тоқларини ҳисоблаш натижалари жадвали

Қ. т. тоқлари учун олинган маълумотлар махсус жадвалларга ёзилади. ТЭЦ схемаси учун (3.11-расм) қ. т. тоқларининг ҳисобланган натижалари ёзилган жадвалнинг мумкин бўлган варианти 3.9-жадвал мисолида кўрсатилган.

Яқунловчи жадвал қ. т. тоқларининг ҳисобланган натижаларидан фойдаланишни анча енгиллаштиради ва олинган натижаларни анализ қилиш йўли билан ҳисоблашдаги қўпол хатоларни аниқлаш имконини беради.

Масалан, зарбий ток $I_{п,0}$ нинг тегишли қийматидан 2—3 марта катта бўлиши керак, қ. т. нинг турли кўринишларидаги тоқларнинг нисбати эса 3.4- § кўрсатилган чегарадан четга чиқмаслиги лозим

Қ. т. тоқларининг ҳисоблаш натижалари тўпланган жадвал
(3.1, 3.3, 3.5- мисоллар маълумотлари асосида)

Қ. т. нуқтаси	Манба	$i_{п, о}^{(э)}$ кА	$i_{у, о}^{(э)}$ кА	$i_{п, о}^{(2)}$ кА	$i_{п, о}^{(1)}$ кА
К-1 (110 КВ ли шиналар)	Г1, Г2 генераторлар	2,2	6,04	1,9	—
	Г3 генератори	2,31	6,44	2,0	—
	Энергосистема	9,67	22,08	8,36	—
	Йиғинди қиймати	14,18	34,56	12,26	9,92
К-2 (10 КВ ли шиналар)	Г2 генератор	28,2	78,69	24,39	—
	Секцияли реакторнинг шоҳобчаси	14,99	41,63	12,97	—
	Боғловчи трансформатор шоҳобчаси	17,37	45,63	15,03	—
	Йиғинди қиймати	60,56	165,95	52,39	—
К-3	Г3 генератори	39,03	109,74	33,76	—
	Энергосистема	43,65	117,77	37,76	—
	Йиғинди қиймати	82,68	227,51	71,52	—

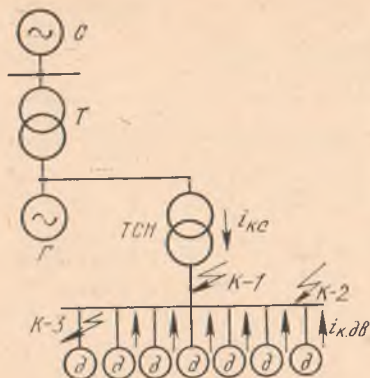
3.5. ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯЛАРНИНГ ЎЗ ЭҲТИЁЖИНИ ТАЪМИНЛАШ СИСТЕМАСИДАГИ ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОҚЛАРИНИ ҲИСОБЛАШНИНГ ЎЗИГА ХОСЛИГИ

Ўз эҳтиёжини таъминлаш системасида қ. т. бўлганда, шикастланган жойга яқин уланган электр двигателлар группаси процесс характерига ва токнинг катталигига кескин таъсир қилади. Бу таъсир йирик иссиқлик ва атом электростанцияларининг ўз эҳтиёжини таъминловчи 3—6 кВ ли тармоқларида кучлироқ намоён бўлади.

Ўз эҳтиёжининг механизмлари юритмаси учун асосан ротори қисқа туташган асинхрон двигателлар қўлланилади. Қ. т. жойи яқин бўлганда двигателлар қисқичларидаги кучланиш уларнинг электр юритувчи кучидан кичик бўлади. Двигателларнинг қисқичларида жойга ток юборувчи генератор режимига ўтади. Сил кучланишлар бўлса, улар ҳам қ. т. жойини ток билан таъминлаб туради.

Аппаратлар ва ўз эҳтиёжини таъминловчи тақсимлаш қурилмаларининг ўтказгичларини текширишда, шунингдек 3—6 кВ ли исоб-ускуналар реле муҳофазасининг уставкасини ҳисоблашда, двигателлардан келаётган қ. т. тоқининг ташкил этувчисини ҳисобга олиш керак. Қўрсатилган мақсадлар учун, одатда даврий ташкил этувчининг бошланғич қийматини зарбий токни, виключатель контактининг ажралиш моменти t даги қ. т. тоқининг даврий ва аperiодик ташкил этувчиларини билиш етарли.

Двигателлардан келаётган токнинг таъсири қ. т. жойига қараб намоён бўлади ва ҳисобга олинади.



3-39- расм. Ўз эҳтиёжи системасидаги қ. т. процессининг хусусиятлари.

К-1 нуқтадаги қ. т. да (3.39-расм) таъминловчи ток, фақат асбоб-ускуна танлаш пайтида аниқловчи аҳамиятга эга бўлади, бунда унинг таъсири ташқи манбалар (система генераторлари) токининг таъсиридан катта бўлади.

К-2 ва К-3 нуқталарда қ. т. бўлганида ташқи манба ва двигателлардан келаётган ток йиғиндиси таъсир этади.

Қ. т. токининг двигателдан келаётган даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати синхрон генераторларга ўхшаш қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$I_{п, о, д} = \dot{E}_\phi / x_d^*$$

бунда E_ϕ^* — ўта ўткинчи ЭЮК; x_d^* — двигателнинг ўта ўткинчи индуктив қаршилиги.

E_ϕ^* ва x_d^* катталиклар каталогларда берилмайди, бироқ уларда двигателнинг ишга тушириш токи $I_{туш}$ нинг унинг номинал токи $I_{ном}$ га нисбатига тенг бўлган двигателнинг ишга тушириш токининг қарралиги $I_{туш}$ кўрсатилади. Двигателни тармоққа тўғридан-тўғри улаиши электр машиналар назариясида x_d қаршиликдан кейинги қ. т. деб қаралади. Шу асосда амалий ҳисоблашларда

$$I_{п, о, д} = I_{туш} = I_{*туш} I_{ном} \quad (3.64)$$

деб қабул қилинади.

Генераторлардан фарқли равишда, двигателларнинг электромагнит ва кинетик энергия запаси кичик бўлиб, улар ҳосил қиладиган қ. т. токининг даврий ташкил этувчиси тез сўнади:

$$I_{п, т, д} = I_{п, о, д} e^{-t/T_d^*}, \quad (3.65)$$

бунда T_d^* — двигателларнинг қ. т. токи (даврий ташкил этувчиси) нинг доимий сўниш вақти.

Двигатель қ. т. токининг аперидик ташкил этувчиси қуйидагича ифодаланади:

$$i_{а, т, д} = \sqrt{2} I_{п, о, д} e^{-t/T_{а, д}}$$

бунда $T_{а, д}$ — электр двигатель занжири учун аперидик токнинг доимий сўниш вақти.

Двигателнинг зарбий токи

$$i_{у, д} = \sqrt{2} I_{п, о, д} k_{с, д}$$

бу ерда $k_{y,d}$ — зарбий коэффициент бўлиб, $T_{a,d}$ нинг аниқ миқдорига қараб оддий усул билан ҳисобланади.

Умумий ҳолда электр станцияларининг ўз-ўзини таъминловчи секцияларига турли тип ва қувватдаги кўп сонли двигателлар уланади. Шикастланган жойдаги қ. т. токига барча двигателларнинг умумий таъсирини баҳолашда барча двигателларни бир эквивалент двигатель билан алмаштириш мақсадга мувофиқ бўлади. Тажрибадан маълумки, бундай алмаштириш мумкин ва катта хатоликларга олиб келмайди. Қўлланиладиган нормативлар [3-7] эквивалент двигателнинг қуйидаги параметрларини тавсия этади:

Фойдали иш коэффициенти η_d0,94
Қувват коэффициенти $\cos \varphi_d$0,87
Токнинг даврий ташкил этувчисининг вақт доимийси T'_d	0,07 с
Токнинг аperiодик ташкил этувчисининг вақт доимийси $T_{a,d}$	0,04 с
Зарбий коэффициент $K_{y,d}$	1,65

Юқоридагиларга асосан, электростанциянинг ўз эҳтиёжи системасидаги қ. т. токларини ҳисоблашни қуйидаги тартибда олиб бориш мақсадга мувофиқ [3—7]:

1. Қ. т. жойи билан тўғридан - тўғри электр боғланишда бўлган двигателларнигина эътиборга олиб ҳисоблаш схемасини тузиш (масалан, 3.39- расмга қаранг).

2. Ташқи манбалар (системалар) дан келаётган қ. т. токени аниқлаш учун алмаштириш схемасини тузиш ва даврий ташкил этувчи $I_{п,о,с}$ нинг бошланғич қийматини оддий усулда ҳисоблаш (3.3-§ га қаранг). $I_{п,о,с}$ ни сўнмас деб қабул қиламиз (узоқдаги нуқта).

3. Қ. т. жойи билан электр боғланган ўз эҳтиёжи учун зарур ҳамма двигателлар номинал қувватининг йиғиндиси $\sum P_{ном}$ ни ва двигателлар токи даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматини аниқлаш:

$$I_{п,о,д} = I_{туш} \frac{\sum P_{ном}}{\eta_d \cos \varphi_d \sqrt{3} U_{ном}} = 4,0 \frac{\sum P_{ном}}{U_{ном}}, \quad (3.66)$$

бунда $I_{п,о,д}$, $\sum P_{ном}$ — тегишлича кА ва МВт ўлчов бирликларига эга: $U_{ном}$ — двигателларнинг фазалари орасидаги номинал кучланиш, кВ.

4. Қ. т. токи йиғиндисининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматини аниқлаш:

$$I_{п,о} = I_{п,о,с} + I_{п,о,д}. \quad (3.67)$$

5. t моментдаги қ. т. токининг даврий ташкил этувчисини ҳисоблаш:

$$I_{п,t} = I_{п,о,с} + I_{п,о,д} e^{-t/T'_d} = I_{п,о,с} + I_{п,о,д} e^{-t/0,07}, \quad (3.68)$$

бунда $e^{t/0,07}$ ни аниқлашда 3.26- расмдаги эгри чизиқлардан фойдаланиш мумкин (T_a ўрнига T'_d миқдор қўйилади).

6. τ моментдаги қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчисини аниқлаш:

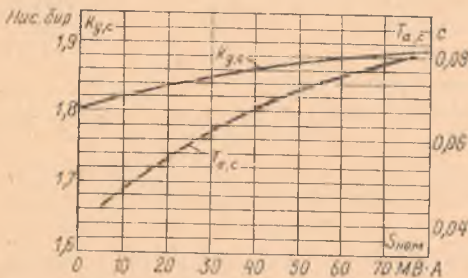
$$i_{a, \tau} = \sqrt{2} I_{п, о, с} e^{-\tau/T_{a, с}} + \sqrt{2} I_{п, о, д} e^{-\tau/T_{a, д}} = \\ = \sqrt{2} I_{п, о, с} e^{-\tau/T_{a, с}} + \sqrt{2} I_{п, о, д} e^{-\tau/0,04} \quad (3.69)$$

бунда $T_{a, с}$ ни ўз эҳтиёжи трансформатори таъминловчи чулгамининг қуввати $S_{ном}$ га қараб 3.40-расмдаги эгри чизиқдан аниқлаш мумкин. Ҳисоблашда, шунингдек, 3.26-расмдаги эгри чизиқлардан ҳам фойдаланиш мумкин.

7. Қ. т. нинг зарбий токини аниқлаш:

$$i_y = i_{y, с} + i_{y, д} = \sqrt{2} I_{п, о, с} k_{y, с} + \sqrt{2} I_{п, о, д} k_{y, д} \quad (3.70)$$

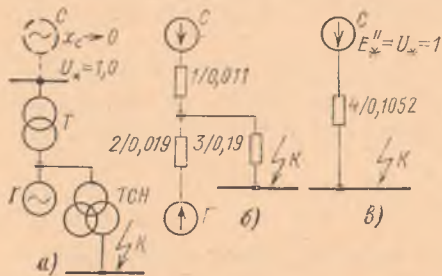
бунда $k_{y, с}$ 3.40-расмдаги эгри чизиқдан аниқланади; $k_{y, д} = 1,65$ (юқорига қаранг).



3-40- расм. Системанинг шохобчаси учун қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчисининг доимий сўниш вақти билан зарбий коэффициентларини аниқлаш эгри чизиқлари.

ни алмаштириш билан бир вақтнинг тушириш ёки тухтатиш режимида).

Агар ўз эҳтиёжини таъминловчи двигателлар таркиби аниқ бўл-



3-41- расм. 3-6- мисолга:

а — ҳисоблаш схемаси; б, в — алмаштириш схемалари; ҳисоблаш схемасини Γ параметрлари: Т-ЗДЦ-250000/220, $u_K = 11\%$; Г-ТВВ-200-2;

235 МВ·А, $x_{б*н, ном} = 0,181$; ГСН-ТрдН-25000/15,75, $u_K = 9,5\%$.

маса, у ҳолда қ. т. токини тахминан баҳолаш учун иш трансформаторидан таъминланганда $\sum P_{ном} \approx 1,0 S_{ном, ТСН}$ резервдаги трансформатордан таъминланганда эса $P_{ном} \approx 1,25 S_{ном, ПРТСН}$ деб қабул қилинади. Бунда $S_{ном, ТСН}$ ўз эҳтиёжини таъминловчи иш трансформаторининг номинал қуввати: $S_{ном, ПРТСН}$ — ўз эҳтиёжи ишга туширувчи резерв трансформаторининг номинал қуввати. Агар трансформаторлар паст кучлишли ажралган

чулгамга эга бўлса, юқоридаги ифода орқали олинган қувватлар 2 марта камайтирилиши керак, яъни НН чулгамга уланган двигателлар ҳисобга олиниши лозим.

3.6- мисол. Топшириқ. 200 МВт ли блокнинг ўз эҳтиёжини таъминлаш системасидаги қ. т. тоқлари, двигателлардан қўшимча таъминлашни ҳисобга олиб, аниқлансин. Ҳисоблаш схемаси ва унинг параметрлари 3.41- расмда келтирилган. Секция иш трансформаторидан таъминланади, электр двигателлар таркиби ва уларни секция бўйича тақсимлаш 3.10- жадвалда кўрсатилган. Кейинги ҳисоблашлар учун $\sum P_{\text{ном}} = 13680$ кВт деб қабул қиламиз (Б секция). Синхрон электр двигателлар йўқ.

$S_6 = 25$ МВ×А деб қабул қилиб, алмаштириш схемасининг қаршилигини (3.41- расм, б, в) базис шартларга келтирамиз:

3.10- ж а д в а л

Блокнинг 6 кВ ли РУСН секциялари бўйича электр двигателларнинг тақсимланиши

Харакатлантирилаётган механизм	Номинал		Уланган двигателлар сони ва секциялар бўйича номинал қувват			
	Қувват, кВт	ток, А	А		Б	
			дона	кВт	дона	кВт
Таъминловчи насос	5000	545	1	5000	1	5000
Конденсат насос	250	29	2	500	1	250
Циркуляцион насос	520	74	1	520	1	520
Ишга туширувчи мой насоси	200	24	1	200	—	—
Шарли тегирмон	2460	274	1	2460	1	2460
Тегирмон вентилятори	630	75	1	630	1	630
Несиқ пуфлаш вентилятори	320	42	1	320	1	320
Пуфловчи вентилятор	1000	123	1	1000	1	1000
Тутун сўргич	1250	154	1	1250	1	1250
Майдалагич	1000	135	1	1000	1	1000
Кислотани ювиш насоси	320	37	1	320	—	—
Резерв уйғотгич	1250	149	—	—	1	1250
Ж а ъ м и				13200		13680

$$x_1 = \frac{x_T \% S_6}{100 S_{\text{ном}^*}} = \frac{11 \cdot 25}{100 \cdot 250} = 0,01;$$

$$x_2 = x_{d, \text{ном}}^* \frac{S_6}{S_{\text{ном}}} = 0,181 \frac{25}{235} = 0,019;$$

$$x_3 = \frac{x_T \% S_6}{100 S_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 9,5}{100} = \frac{2 \cdot 9,5 \cdot 25}{100 \cdot 25} = 0,19.$$

Қаршилиқлар x_2 x_3 бўлганлиги учун генератор қ. т. жойидан катта электр уюқликда деб айтиш мумкин ва ҳисоблашни осонлаштириш учун уни энергосистема таркибига киритиш мақсадга мувофиқ бўлади. Шу ҳолатни ҳисобга олиб қ. т. жойидан энергосистемагача бўлган ораликдаги якуловчи қаршилиқни қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$x_4 = (x_1 \parallel x_2) + x_3 = \frac{0,011 \cdot 0,019}{0,011 + 0,019} + 0,19 = 0,1952.$$

$I_0 = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2,3$ кА бўлганда ташқи тармоқдан келаётган токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$I_{п, о, с} = \frac{I_0}{x_4} = \frac{1 \cdot 2,3}{0,1952} = 11,8 \text{ кА.}$$

Трансформаторнинг берилган қуввати учун зарбий коэффициент ва вақт доимийлиги қийматларини 3.40-расмдаги эгри чизиқлардан аниқлаймиз: $k_y = 1,82$; $T_a = 0,05$ с.

Б секциядаги эквивалент двигатель қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати:

$$I_{п, о, д} = 4 \frac{\sum P_{ном}}{U_{ном}} = 4 \frac{13,68}{6} = 9,2 \text{ кА.}$$

Қ. т. токи даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматининг йиғиндиси $I_{п, о} = I_{п, о, с} + I_{п, о, д} = 11,8 + 9,2 = 21$ кА.

Қ. т. нинг зарбий токи:

$$i_y = i_{y, с} + i_{y, д} = \sqrt{2} k_{y, с} I_{п, о, с} + \sqrt{2} k_{y, д} I_{п, о, д} = \sqrt{2} \cdot 1,82 \cdot 11,8 + \sqrt{2} \cdot 1,65 \cdot 9,2 = 52,0 \text{ кА.}$$

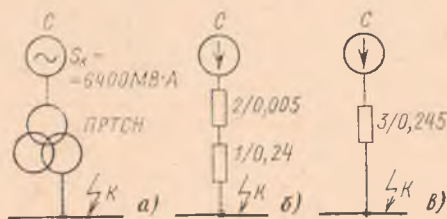
$t = \tau = 0,1$ с моментдаги қ. т. токининг даврий ташкил этувчиси вкключатель (ВМПЭ-10-31,5);

$$I_{п, \tau} + I_{п, о, с} + I_{п, о, д} e^{-\tau/0,07} = 11,8 + 9,2 e^{-0,1/0,07} = 11,8 + 2,2 = 14,0 \text{ кА.}$$

$t = \tau = 0,1$ с моментдаги қ. т. токининг аperiодик ташкил этувчиси:

$$i_{a, \tau} = i_{a, \tau, с} + i_{a, \tau, д} = \sqrt{2} I_{п, о, с} e^{-\tau/T_{a, с}} + \sqrt{2} I_{п, о, д} e^{-\tau/0,04} = \sqrt{2} \cdot 11,8 e^{-0,1/0,05} + \sqrt{2} \cdot 9,2 e^{-0,1/0,04} = 3,4 \text{ кА.}$$

3.7-мисол. Резервдаги трансформатор ТРДН-32000/220, $u_{к, в=н} = 12\%$ дан таъминланадиган двигателларнинг таъсирини ҳисобга олиб, 200 МВт ли блокнинг ўз эҳтиёжининг системасидаги қ. т. токи аниқлансин. Ҳисоблаш схемаси



3-42- расм. 3-7- мисолга. Резерв трансформатордан таъминлангандаги қ. т. тоklarини ҳисоблаш.

ва унинг параметрлари 3.42- расм, а да, алмаштириш схемаси эса 3.42- расм, б да келтирилган.

$S_0 = 32$ МВ·А даги қ. т. нинг системадан келаётган токи даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматини аниқлаймиз:

$$x_1 = \frac{x_T \%}{100} \frac{S_0}{S_{ном}} = \frac{2 \cdot 12}{100} \frac{32}{32} = 0,24;$$

$$x_2 = \frac{S_0}{S_k} = \frac{32}{6400} = 0,005;$$

$$x_3 = x_1 + x_2 = 0,245;$$

$$I_{п, о, с} = \frac{1}{x_3} I_0 = \frac{1}{0,245} 2,92 = 11,92 \text{ кА},$$

бунда

$$I_0 = \frac{32}{\sqrt{2} \cdot 6 \cdot 3} = 2,92 \text{ кА}.$$

Трансформаторнинг берилган қувватидан зарбий коэффициент ва вақт доимийси T_a нинг қийматини 3.40-расмдан аниқлаймиз:

$$k_y = 1,83; T_a = 0,053 \text{ с}.$$

Эквивалент двигатель токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати:

$$I_{п, о, д} = \frac{4 \cdot 1,25 S_{ном}}{2U_{ном}} = 4 \frac{1,25 \cdot 32}{2 \cdot 6} = 13,3 \text{ кА}.$$

Қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати йиғиндиси:

$$I_{п, о} = I_{п, о, с} + I_{п, о, д} = 11,92 + 13,3 = 25,22 \text{ кА}.$$

Қ. т. нинг зарбий токи:

$$I_y = I_{y, с} + I_{y, д} = \sqrt{2} \cdot 11,92 \cdot 1,83 + \sqrt{2} \cdot 13,3 \cdot 1,65 = 61,69 \text{ кА}.$$

$t = \tau = 0,1$ с моментдаги токнинг даврий ташкил этувчиси:]

$$I_{п, \tau} = I_{п, о, с} + I_{п, о, д} e^{-\frac{\tau}{0,07}} = 11,92 + 13,3 e^{-\frac{0,1}{0,07}} = 15,1 \text{ кА}.$$

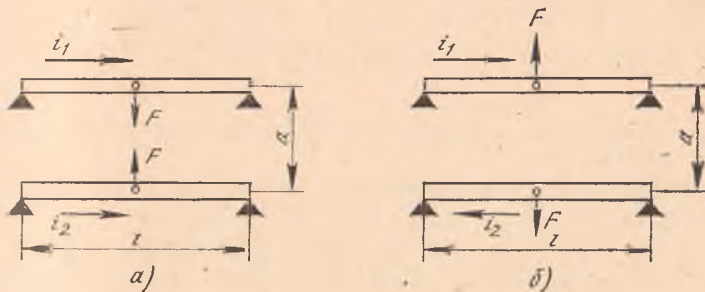
$t = \tau = 0,1$ с моментдаги токнинг апероидик ташкил этувчиси

$$I_{a, t} = I_{a, \tau, с} + I_{a, t, д} = \sqrt{2} \cdot 11,92 e^{-\frac{0,1}{0,053}} + \sqrt{2} \cdot 13,3 e^{-\frac{0,1}{0,04}} = 4,1 \text{ кА}.$$

3.4. ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКЛАРИНИНГ ЭЛЕКТРОДИНАМИК ТАЪСИРИ

«Электротехниканинг назарий асослари» курсидан маълумки, ўтказгичлар системаси улардан ток оқиб ўтишида катта механик қуввланишлар билан боғлиқ бўлган ўзаро электродинамик таъсир остида бўлади.

Токлар бир томонга йўналган бўлса, ўтказгичлар тортилади, токлар қарама-қарши томонга йўналган бўлса, бир-биридан итарилади (3.43- расм).



3.43- расм. Токлар йўналиши бир хил (а) ва қарама-қарши (б) бўлгандаги иккинчи ток юритувчи қисмлар орасидаги электродинамик ўзаро таъсир.

Ўзаро таъсир этувчи куч катталиги Био—Савар қонунидан келиб чиқадиган формулалар бўйича аниқланади. Узунлиги l , бир-биридан a масофада жойлашган икки параллел ўтказгичларучун бу куч қуйидаги ифодадан аниқланиши мумкин:

$$F = k k_{\phi} i_1 i_2 \frac{l}{a}. \quad (3.71)$$

Агар тоқлар амперда, куч F —ньютонда ифодаланса, у ҳолда k коэффициент $2 \cdot 10^{-7}$ га тенг; k_{ϕ} — ўтказгичнинг шаклини ҳисобга олувчи коэффициент. Ўтказгичлар орасидаги масофа қандай бўлишидан қатъи назар, кесими доира шаклида бўлган ўтказгичлар учун ҳамда ўтказгичлар орасидаги масофа ток ўтказувчининг кўндаланг кесими периметридан катта бўлган ҳар қандай шаклдаги ўтказгичлар учун бу коэффициент бир деб қабул қилиниши мумкин. Акс ҳолда коэффициент k_{ϕ} бирдан фарқ қилади ва кучларни ҳисоблашда у олдиндан махсус графиклардан аниқланиши керак (4-бобга қаранг).

Куч F параллел ўтказгичларнинг узунлиги бўйича бир хил тақсимланган. Ўтказгич узунлигининг бирлигига тўғри келадиган солиштирма куч 3.43-расмдаги шартлар учун қуйидагига тенг:

$$f = 2 \cdot 10^{-7} k_{\phi} \frac{i_1 i_2}{a}. \quad (3.72)$$

Ўзгарувчан тоқли уч фазали установкадаги электродинамик ўзаро таъсирлар қатор хусусиятларга эга. 3.44-расмда ўзгарувчан тоқнинг бир даври оралиғидаги вақтнинг турли моментларида, бир текисликда жойлашган айрим фазаларнинг ўтказгичлари орасидаги кучлар вектори тасвирланган. Кучлар вақтга нисбатан катталиги ҳамда йўналиши бўйича ўзгариб туради ва тебранувчан характерга эга.

Тоқли ўтказгичга таъсир этаётган куч бошқа икки фазалардаги тоқлар билан унинг ўзаро таъсири натижасида аниқланади, бунда ўрта фаза ўтказгичи энг оғир шароитда бўлади. Ўрта фазанинг ўтказгичига таъсир этаётган энг катта солиштирма куч қуйидаги ифодадан аниқланиши мумкин, Н/м:

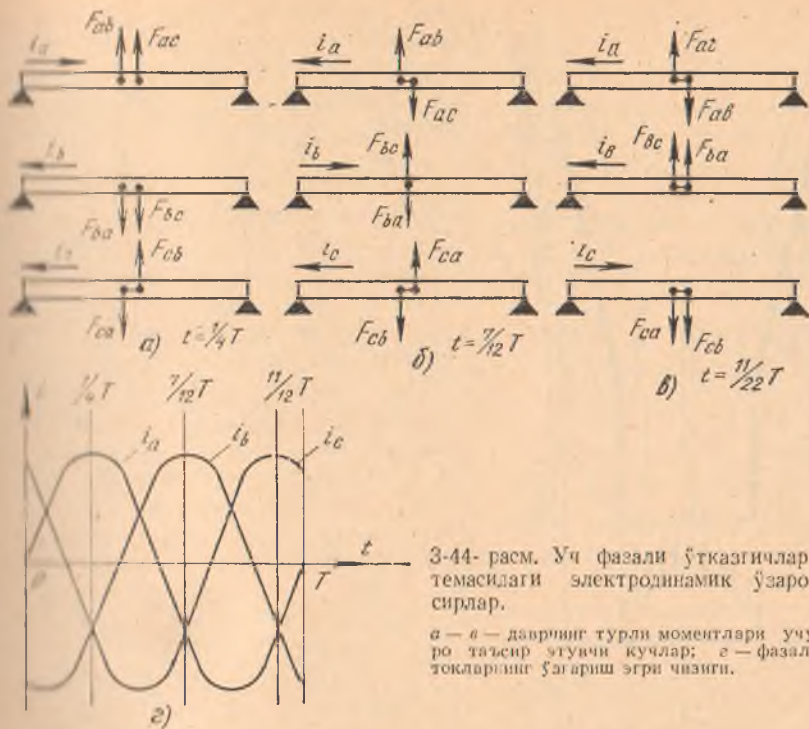
$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} k_{\phi} \frac{I_m^2}{a}, \quad (3.73)$$

бунда I_m — фазадаги ток амплитудаси, А; a — қўшни фазалар орасидаги масофа, м.

$\sqrt{3}$ коэффициент ўтказгичлардаги тоқнинг фазалар бўйлаб силишини ҳисобга олади.

Қ. т. нинг тўла тоқи ўзининг энг катта қиймати — зарбий қийматга етган режимда ўтказгичнинг ўзаро таъсири кескин ортади.

Фазалар орасидаги ўзаро таъсирни баҳолашга икки ва уч фазали қисқа туташувни кўриш керак.



3-44- расм. Уч фазали ўтказгичлар системасидаги электродинамик ўзаро таъсирлар.

a - в - даврийнинг турли моментлари учун ўзаро таъсир этувчи кучлар; з - фазалардаги тоқларнинг ўзгариш эгри чизиги.

Уч фазали қ. т. да 3-44-расмда кўрсатилган ўтказгичлар системасидagi солиштирма кучни аниқлаш учун $I_m = i_y^{(3)}$ бўлгандаги шартга асосан (3.73) ифодадан фойдаланилади, у ҳолда:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} k_{\Phi} \frac{i_y^{(3)2}}{a}, \quad (3.74)$$

$i_y^{(3)}$ — уч фазали қ. т. нинг зарбий токи, А.

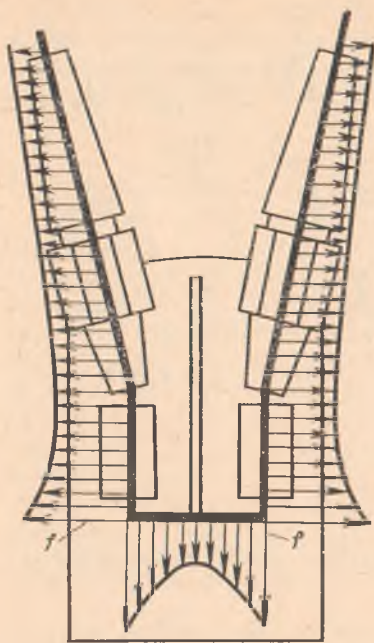
Икки фазали қ. т. да учинчи (шикастланмаган) фазанинг таъсири жуда кичик, шунинг учун солиштирма кучни аниқлаш учун $|i_1| = |i_2| = i_y^{(2)}$ нисбатлар назарда тутилиб, (3.72) ифодадан фойдаланилади. Демак,

$$f^{(2)} = 2 \cdot 10^{-7} k_{\Phi} \frac{i_y^{(2)2}}{a}, \quad (3.75)$$

булда $i_y^{(2)}$ — икки фазали қ. т. нинг зарбий токи, А.

$i_y^{(2)}/i_y^{(3)} = 0,87$ эканлигини ҳисобга олиб, уч фазали қ. т. да фазалар орасидаги куч, икки фазалидагига қараганда катта эканлигини кўрсатиши қийин эмас. Шунинг учун электродинамик кучларни баҳолашда уч фазали қ. т. ни ҳисоблаш етарли ҳисобланади.

Юқорида фазалар орасидаги кучлар кўриб чиқилди. Бироқ реал аппаратлар ва шина конструкцияларида бир фазанинг ўзи-



3-45- расм. Мойли виключателнинг бир фазаси чегарасидаги ўзаро электр таъсирларнинг эпюралари.

даги тоқларнинг ўзаро таъсирдан анча катта кучлар ҳосил бўлиши мумкин. Бу ҳол фазалар қатор параллел ўтказгичларга ажратилганда, шунингдек, симлар турри чизикли бўлмай, балки сиртмоқ ҳосил қилганда, бурчак остида эгилганда содир бўлади. 3.45-расмда мисол тариқасида мойли виключатель фазаларининг ток ўтказувчи контурлари чегарасида ҳосил бўладиган кучлар эпюраси кўрсатилган. Бундай куллар тегишли тадбирлар кўрилмаса виключателнинг ўз-ўзидан ўчишига олиб келиши мумкин. Масалан, ток $i_y = 50$ кА бўлганда викключатель МКП-35 контактларининг қўзғалувчан траверсасида тахминан 2000 Н га тенг куч таъсир этади. Шу каби кучлар ажраткич, реактор ва бошқа аппаратларда ҳам содир бўлади.

Ток ўтказгичлардан қ. т. тоқлари ўтаётганда ҳосил бўладиган кучлар таъсирида вужудга келадиган механик бузилишларни ол-

дини олиш учун, ток ўтказувчи конструкциянинг ҳамма элементлари етарли даражада электродинамик турғунликка эга бўлиши керак.

Электродинамик турғунлик деганда, одатда, аппарат ва ўтказгичларнинг нормал ишлашини давом эттиришига қаршилик кўрсатувчи деформациялар бўлмаганда қ. т. тоқларининг ўтишида ҳосил бўладиган механик кучларга уларнинг қаршилик курсата олиш хусусияти тушунилади.

Ишлаб чиқарувчи завод электр аппаратлар учун электродинамик турғунлик таъминлайдиган қ. т. тоқининг гарантиялайдиган миқдорини кўрсатади. Кўпинча асбоб-ускуналарнинг каталогларида электродинамик турғунлик тоқининг оний қиймати $i_{дин}$ (ёки $i_{мах}$, ёхуд $i_{пр, скв}$) берилади. Аппаратларни танлашда ишлаб чиқарувчи завод гарантиялайдиган ток қ. т. нинг ҳисобий зарбий тоқи билан таққосланади. Бунда қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

$$i_{дин(мах, пр, скв)} \geq i_y^{(3)}$$

Қаттиқ шиналарнинг электродинамик турғунлиги (комплект ток ўтказувчилар ва КРУ шиналаридан ташқари) қ. т. да ўтказгич материалидаги механик кучланишларни ҳисоблаб аниқланади. Турғунлик критерийси бўлиб қуйидаги шартнинг бажарилиши ҳисобланади:

$$\delta_{\text{рух. эт}} \geq \delta_{\text{хис}}$$

буида $\delta_{\text{рух. эт}}$ ва $\delta_{\text{хис}}$ — ўтказгич материалидаги механик кучланишларнинг тегишлича рухсат этилган ва ҳисобланган қийматлари.

Шина ва аппаратларнинг электродинамик турғунлигини аниқлаш бўйича ҳисоблаш методи ва мисоллари 4- бобда келтирилган.

ПУЭ га асосан, 60 А гача булган токка мўлжалланган эрувчан қўймали сақлагич билан муҳофазаланган ўтказгич ва аппаратлар шунингдек, алоҳида камерага жойлаштирилган куч трансформаторлари занжирининг шина ва аппаратлари электродинамик турғунликка текширилмайди.

Эластик ўтказгичларда ўзаро таъсир этувчи электродинамик кучлардан ҳосил бўлган механик кучланишлар ҳисобланмайди. Бироқ қ. т. нинг зарбий токи 50 кА дан юқори бўлган ўтказгичларни чаққашувга текшириш талаб этилади.

ПУЭ да, шунингдек, аппарат ва ўтказгичларни электродинамик турғунликка текширмасликка йўл қўйиладиган айрим хусусий ҳодлар айтиб ўтилган.

5.7. ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКЛАРИНИНГ ТЕРМИК ТАЪСИРИ

Қ. т. токи ўтганда ўтказгич қўшимча равишда, нормал иш температурасидан ўта қизийди. Қисқа туташув процессининг давомийлиги одатда қисқа бўлади (бир неча секунд орасида), шунинг учун ўтказгичда ажралаётган иссиқлик атроф-муҳитга ўтишга улгурмайди ва амалда бутунлай ўтказгични қиздиришга сарфланади.

Қ. т. токи иш режими токидан анча катта бўлганлиги учун, ўтказгичнинг қизиши изоляцияни эритиши ёки устини куйдириши, ток ўтказувчи ва бошқа қисмларни эритиши ёки деформацияланишига олиб келади хавфли миқдорига етиши мумкин.

Ўтказгич термик турғунлигининг критерийси бўлиб, уни қ. т. токи таъсирида қизишидаги рухсат этиладиган температураси ҳисобланади. Шунинг учун ўтказгич ёки аппаратни, агар қ. т. процессида унинг температураси рухсат этилган катталиқдан ошмаса, термик турғун деб ҳисоблаш мумкин.

3.11-жадвалда турли типдаги ўтказгичларнинг қизиш температурасини рухсат этилган миқдори келтирилган. Улар очиқ ўтказгичлар учун металлнинг механик мустаҳкамлигини ва изоляцияланган ўтказгичлар учун изоляциясининг қизишга турғунлигини етказиб мулоҳазасидан аниқланади.

Ўтказгичларнинг қ. т. процессидаги қизиш температурасини қуйидаги йўл билан аниқлаш мумкин.

Қ. т. да dt вақт ичида ўтказгичдан маълум иссиқлик миқдори ажралади:

$$dQ = I_{к, t}^2 r_0 dt, \quad (3-76)$$

буида $I_{к, t}$ — қ. т. нинг t моментидagi қ. т. тўлиқ токнинг таъсир этувчи қиймати; r_0 — ўтказгичнинг берилган температураси θ даги, унинг актив қаршилиги:

Рухсат этилган қиздириш температуралари

Ўтказгич	$v_{к, рух. эт, C^{\circ}}$
Мис шиналар	300
Алюминийли шиналар	200
Аппаратлар билан бевосита уланмаган пўлат шиналар	400
Шунинг ўзи, фақат аппаратлар билан бевосита уланган	300
Кучланиши 10 кВ гача мис ва алюминий томирли, шимдирилган қогоз изоляцияли кабеллар	200
Шунинг ўзи, фақат 20 — 220 кВ кучланишли	125
Мис ёки алюминий томирли поливинилхлорид ёки резина изоляцияли изоляцияланган ўтказгичлар ва кабеллар	150
Шунинг ўзи, фақат полиэтилен изоляцияли	120
Тортилиши 20 Н/мм ² дан кичик бўлган очиқ мис симлар	250
Шунинг ўзи, фақат тортилиши 20 Н/мм ² дан катта бўлган	200
Тортилиши 10 Н/мм ² дан кичик бўлган алюминий очиқ симлар	200
Шунинг ўзи, фақат 10 Н/мм ² дан катта бўлган тортилишда	160
Пўлат алюминийли ўтказгичларнинг алюминий қисми	200

$$r_v = \rho_0(1 + \alpha\theta)\frac{l}{q};$$

бунда $\rho_0 = 0^{\circ}\text{C}$ да ўтказгичнинг солиштирма актив қаршилиги; α — қаршилиқнинг температура коэффиценти; l — ўтказгич узунлиги; q — унинг кесими.

Амалда ҳамма иссиқлик ўтказгични қиздириш учун кетади:

$$dQ = Gc_0d\theta, \quad (3.77)$$

бунда G — ўтказгич массаси; c_v — ўтказгич материалининг температурадаги солиштирма иссиқлик сифими.

Маълумки, $G = \gamma lq$, бунда γ — ўтказгич материалининг зичлиги ва $c_{\theta} = c_0(1 + \beta\theta)$,

бунда $c_0 = 0 = 0^{\circ}\text{C}$ да ўтказгичнинг иссиқлик сифими; β — иссиқлик сифимининг температура коэффиценти. Шундай қилиб, қ. т. даги қиздириш процесси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$I_{к, t}^2 r_0 dt = Gc_0 d\theta. \quad (3.78)$$

r_0, G, c_0 катталиклари тенгламага қўйиб, ўзгартиришлардан сўнг қуйидагини оламиз:

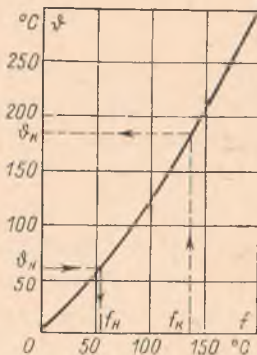
$$\frac{1}{q^2} I_{к, t}^2 dt = \frac{\gamma c_0 (1 + \beta\theta)}{\rho_0(1 + \alpha\theta)} d\theta.$$

Тенгламани тегишлича чап томонини 0 дан t_{y3} гача (узиш вақти) ва ўнг томонини v_6 дан v_0 гача бўлган (қ.т. да температуранинг бошланғич ва охириги қийматлари) ўзгарувчилар (функциялар) билан интеграллаймиз:

$$\frac{1}{q^2} \int_0^{t_{y3}} I_{к, t}^2 dt = \int_{v_6}^{v_0} \gamma \frac{c_0 (1 + \beta\theta)}{\rho_0 (1 + \alpha\theta)} d\theta. \quad (3.79)$$

$$B_{\kappa} = \int_0^{t y^3} I_{\kappa, t}^2 dt \text{ деб белгилаймиз — ўтказгичдаги қ.т. токи ажратадиган иссиқлик энергиясининг миқдорига катталиги пропорционал бўлган қисқа туташувнинг иссиқлик импульси. } B_{\kappa} \text{ ни ҳисоблаш методи қуйида баён этилган. Тенглама (3-79) нинг ўнг томонини } \theta_6 \text{ да } f_6/k \text{ деб ва } \theta_0 \text{ да } f_0/k \text{ деб белгилаймиз. Бу ерда } k \text{ — ўтказгичнинг солиштирма қаршилиги билан эффектив иссиқлик сиғимини ҳисобга олувчи коэффициент (3.12-жадвалга қаранг).}$$

(3-79) тенгламадан кўринадики, f катталик ўтказгич температурасининг мураккаб функцияси ва аксинча, агарда f мустақил функция деб қабул қилинса, y ҳолда $\theta = \varphi(t)$ деб ёзиш мумкин. $\theta [^{\circ}\text{C}] = \varphi(t)$ шунда справочникларда (масалан [3-7]) га хусусан у 3.46-расмда ҳам кўрсатилган.



3-46- расм. Ўтказгичларнинг қ. т. даги қизиш температураларини аниқлаш эгри чизиқлари.

қаранг) келтирилади,

3.12-жадвал

k коэффициентнинг қиймати

Ўтказгич	k коэффициентнинг қиймати, мм ⁴ ·°C/(A ² ·C)·10 ⁻²
1	2
Алюминийли шиналар, очиқ алюминийли симлар, алюминий томирли ва пластмасса изоляцияли кабеллар, иккит алюминий томирли ва шимдирилган қотгол изоляцияли кабеллар	1,054
Шунинг ўзи, фақат мис томирли	0,4570
Алюминий томирли кўп симли ва шимдирилган қотгол изоляцияли кабеллар	0,9350
Шунинг ўзи, фақат мис томирли	0,4186

Қабул қилинган белгиларни ҳисобга олганда (3-79) интеграл шундай қуйидаги кўринишни олади:

$$\frac{1}{q^2} B_{\kappa} = \frac{1}{k} (f_0 - f_6)$$

ёки

$$f_0 = f_6 + \frac{k B_{\kappa}}{q^2} \tag{3-80}$$

(3-80) тенглама ўтказгичнинг қисқа туташув охиридаги температураси θ_0 ни аниқлаш учун бошланғич формула ҳисобланади. f_6 ўтказгичнинг қисқа туташув бошланишидаги иссиқлик ҳолатини шундайловчи катталик бўлиб, ўтказгичнинг ундан олдинги иш режимидаги маълум температураси θ_6 орқали 3.46-расмдан аниқланиши мумкин.

θ_0 қуйидаги ифодадан фойдаланиб аниқланади:

$$\theta_0 = \theta_{\text{АТ.М}} + (\theta_{\text{рух.эт.узоқ}} - \theta_{\text{АТ.М.ном}}) \left(\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{рух.эт}}} \right)^2$$

бунда $\theta_{\text{АТ.М}}$ — атроф-муҳит температураси; $\theta_{\text{рух.эт.узоқ}}$ — ўтказгичнинг кўп муддатга рухсат этиладиган температураси; $\theta_{\text{АТ.М.ном}}$ атроф муҳитнинг номинал температураси (ПУЭ бўйича: ҳаво учун $\theta_{\text{АТ.М.ном}} = 25^\circ\text{C}$; сув ва ер учун 15°C); I_{max} — нагруканинг максимал токи; $I_{\text{рух.эт}}$ — ўтказгичнинг кўп муддатга рухсат этиладиган токи.

Агар қ.т. токининг маълум қийматлари асосида топиладиган ($B_{\text{к}}$) га, 3.12-жадвалдаги k коэффициентга ва текшириляётган ўтказгич кесими q га қараб аниқланадиган $k \frac{B_{\text{к}}}{q^2}$ катталикни f_0 га қўшсак, у ҳолда (3-80) дан f_0 нинг қийматини оламиз.

f_0 дан фойдаланиб 3.46-расмдаги эгри чизиқдан ўтказгичнинг қ.т. режими охиридаги температураси θ_0 ни аниқлаймиз.

Агар $\theta_0 \leq \theta_{0,\text{рух.эт}}$ бўлса, у ҳолда ўтказгич термик мустаҳкам ҳисобланади.

Термик мустаҳкамликни баҳолаш бўйича ҳисоблашларда $B_{\text{к}}$ нинг қийматини аниқлашда қ.т. токининг вақтга нисбатан боғлиқлиги мураккаб бўлганлиги учун тахминий усулдан фойдаланилади. Бунда тўлиқ иссиқлик импульси, тўлиқ қ.т. токининг структурасини ҳисобга олиб. (3-13) ифода бўйича иккита ташкил этувчига ажратилади:

$$B_{\text{к}} = \int_0^{t_{\text{уз}}} I_{\text{к},t}^2 dt = \int_0^{t_{\text{уз}}} (I_{\text{н},t}^2 + i_{\text{а},t}^2) dt = \int_0^{t_{\text{уз}}} I_{\text{н},t}^2 dt + \int_0^{t_{\text{уз}}} i_{\text{а},t}^2 dt = B_{\text{к},\text{п}} + B_{\text{к},\text{а}}; \quad (3-81)$$

бу ерда $B_{\text{к},\text{п}}$ — қ.т. токининг даврий ташкил этувчисининг иссиқлик импульси; $B_{\text{к},\text{а}}$ — қ.т. токининг апероидик ташкил этувчисининг иссиқлик импульси.

Иссиқлик импульси қ.т. нуқтасининг жойлашишига қараб турлича аниқланади. Учта характерли ҳолатларини кўрсатиш мумкин (қ.т. токи катталигини ҳисоблашга ўхшаш): узоқлашган қ.т., генераторлар ёки синхрон компенсаторлар яқинидаги қ.т., кучли электр двигателлар группаси яқинидаги қ.т.

Биринчи ҳолатда қ.т. токининг даврий ташкил этувчиси вақт бўйича сўнмас ҳисобланади, яъни:

$$B_{\text{к},\text{п}} = \int_0^{t_{\text{уз}}} I_{\text{н},t}^2 dt = I_{\text{н},0}^2 t_{\text{уз}}, \quad (3-82)$$

бунда $I_{\text{н},0}$ — ҳамма манбалардаги қ.т. токининг даврий ташкил этувчиси бошлангич қийматларининг йиғиндиси.

Қ.т. токининг апероидик ташкил этувчисининг ўзгариши қуйидагича ифодланади: $i_{\text{а},t} = \sqrt{2} I_{\text{н},0} e^{-\frac{t}{T_{\text{а}}}}$.

Токнинг аperiодик ташкил этувчисининг иссиқлик импульсини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$B_{к,а} = \int_0^{t_{y3}} i_{a,t}^2 dt = \int_0^{t_{y3}} 2I_{п,о}^2 e^{-\frac{2t}{T_a}} dt,$$

узгартиришлардан сўнг эса

$$B_{к,а} = I_{п,о}^2 T_a (1 - e^{-\frac{2t_{y3}}{T_a}}). \quad (3-83)$$

Агар t_{y3} вақт T_a га тенг ёки ундан катта бўлса (одатда бу ҳолат кўпроқ бўлади) қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$B_{к,а} = I_{п,о}^2 T_a \quad (3-84)$$

шундан қ.т. нинг тўлиқ иссиқлик импульси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$B_{к} = I_{п,о}^2 (t_{y3} + T_a). \quad (3-85)$$

Бу усул пасайтирувчи станцияларнинг ҳамма занжирларидаги (катта қувватли электр двигателлар ёки синхрон компенсаторлар уланган 3—10 кВ ли подстанция шиналаридаги қ. т. бундан мустасно) электр станцияларнинг юқори кучланишли занжирларидаги, агар қ. т. жойи реактордан кейин бўлса, электр станцияларнинг генератор кучланишли занжирларидаги иссиқлик импульсини ҳисоблашда тавсия этилади.

Генераторлар ёки синхрон компенсаторлар яқинидаги, шунингдек, ТЭЦ типидagi станцияларнинг генератор кучланиши занжирларидаги қ. т. даги иссиқлик импульсини аниқлаш ҳолати энг мураккаб ҳисобланади. Бу ҳолатни ечиш генераторлар қуввати ва уларнинг турига қараб турлича олиб борилади. Шу ҳолат учун $B_{к}$ ни баҳолаш методи [3-4, 3-7] да батафсил ёзилган.

Тахминий ҳисоблашлар учун (3-85) тенгламадан фойдаланиш мумкин. Бунда иссиқлик импульсининг ҳисобланган қиймати бирмунча каттароқ бўлади, чунки ҳақиқатда ток сўнади. $B_{к}$ нинг қийматига одатда аниқлик киритиш эса талаб этилмайди, чунки кучли уланмалар (генератор, боғловчи трансформатор ва бошқалар) да узоқ муддатли режим шартлари ва динамик мустаҳкамликка исосан (4.2, 4.6- § га қаранг) танланган ўтказгич ва аппаратлар термик мустаҳкамлиги бўйича катта запасга эга бўлади.

$B_{к}$ ни ҳисоблашда T_a доимийсини аниқлаш маълум қийинчиликлар туғдиради. Тахминий ҳисоблашларда T_a нинг қийматини 3.7, 3.8-жадваллардан олиш мумкин, электростанция шиналарида қ.т. бўлган ҳолда $B_{к}$ ни баҳолаш зарур бўлса, у ҳолда қ.т. токининг йиғиндиси бўйича тахминан T_a ни қуйидагича олиш мумкин:

30 — 60 мВт генераторли 6 — 10 кВ кучланишли	
электростанциялар шиналари	0,185 с
32 МВ·А ва ундан юқори трансформаторли электростанцияларнинг	
юқори кучланишли шиналари	0,115 с
100 МВ·А ва ундан юқори трансформаторли электростанциялар-	
нинг юқори кучланишли шиналари	0,14 с

Қ. т. двигателлар группасига яқин бўлса, масалан ТЭС нинг ўз эҳтиёжини қондириш системасида, уларнинг иссиқлик импульсига таъсирини ҳисобга олиш керак.

Двигателларни ҳисобга олиб қ. т. токининг иссиқлик импульси йиғиндисини аниқлаш учун (3-7) нинг тавсияси асосида қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$B_k = I_{п.о.с}^2 (t_{уз} + T_{а,сх}) + I_{п.о.д}^2 (0,5T'_д + T_{а,сх} + 2I_{п.о.д} I_{п.о.с} (T'_д + T_{а,сх})), \quad (3-86)$$

формулада

$$T_{а,сх} = \frac{T_{а,с} I_{п.о.с} + T_{а,д} I_{п.о.д}}{I_{п.о.с} + I_{п.о.д}}. \quad (3-87)$$

Бу ифодаларда $I_{п.о.с}$, $I_{п.о.д}$, $T_{а,с}$, $T_{а,д}$, $T'_д$ қ.т. режимнинг параметрлари бўлиб, улар 3.5-§ да кўрсатилганидек аниқланади.

B_k ни аниқлашда формулалардан фойдаланиш учун $t_{уз}$ ни етарлича аниқликда ҳисоблаш лозим.

ПУЭ га мувофиқ узиш вақти (қ.т. токининг таъсир этиш вақти) $t_{уз}$ берилган занжирнинг асосий реле муҳофазасининг таъсир этиш вақти $t_{р,м}$ (3.9-§ га қаранг) ва виключателнинг тўла узиш вақти $t_{уз,в}$ йиғиндисига тенг:

$$t_{уз} = t_{р,м} + t_{уз,в}. \quad (3-88)$$

(шунингдек, 3.9-§ га қаранг).

Амалдаги нормативлар [3-7] 60 МВт ва ундан юқори генераторларнинг занжирлари учун, уларни айниқса масъулиятли эканини ҳисобга олган ҳолда вақтни $t_{уз} = 4$ с деб қабул қилишни тавсия этади, (яъни резерв муҳофаза вақти бўйича).

Ўтказгичларнинг термик мустаҳкамлигини анализ қилишни осонлаштириш учун кўпинча ўтказгичнинг минимал кесими q_{min} тушунчасидан фойдаланилади.

Қисқа туташувдаги термик мустаҳкамлик талабига жавоб берадиган ўтказгичнинг минимал кесими (яъни берилган қ. т. токида ўтказгични қисқа вақт ичида рухсат этилган температурагача қиздиришни таъминлайдиган кесим) қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$q_{min} = \sqrt{\frac{k B_k}{I_{0,рух.эт} - I_0}} \quad (3-89)$$

$f_{0,рух.эт}$ ва f_0 нинг қийматларини 3.46-расмдаги эгри чизиқдан тегишли температура $v_{0,рух.эт}$ ва v_0 лар учун аниқлаш лозим.

Қ.т. даги термик мустаҳкамлик талабига жавоб берадиган ўтказгичнинг минимал кесимини тахминий ҳисоблашларда қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, \quad (3-90)$$

бунда C — функция бўлиб, унинг қиймати 3.13-жадвалда [3-7] келтирилган.

C функциянинг қиймати

3.13-жадвал

Кабель	Кабелнинг номинал кучланиши (кВ) даги C функциянинг миқдори $A \cdot c^4 / \text{мм}^2$	
	6	10
1	2	3
Яхлит томирли алюминийли ва қоғоз изоляцияли	92	94
Қўп томирли алюминий ва қоғоз изоляцияли	98	100
Яхлит томирли мисли ва қоғоз изоляцияли	140	143
Қўп томирли мисли ва қоғоз изоляцияли	147	150
Томирлари алюминийли ва поливинилхлорид изоляцияли	75	78
Томирлари мисли ва поливинилхлорид изоляцияли	114	118
Томирлари алюминийли ва полиэтилен изоляцияли	62	65
Томирлари мисли ва полиэтилен изоляцияли	94	98

$q \geq q_{min}$ шарт бажарилсагина g кесимли ўтказгич термик мустаҳкам бўлиши мумкин.

Одатда, электр аппаратлар танланганда ток ўтказувчи қисмларнинг температураларини аниқлаш талаб этилмайди, чунки ишлаб чиқарувчи завод махсус синов ва ҳисоблаш маълумотлари асосида термик мустаҳкамлик вақти ва токини гарантилайди. Бошқача айтганда, каталогларда аппаратларнинг нормал ишлашини давом эттиришга тўққинлик қилувчи бузилишлар содир бўлмай, улар бардош берадиган гарантиланган иссиқлик импульсининг қиймати келтирилади. Бу ҳолда термик мустаҳкамликни текшириш шарти қуйидагича:

$$B_k \leq I_T^2 t_T$$

бунда B_k — юқорида келтирилган методика асосида аниқланувчи қ.т. нинг ҳисобланган иссиқлик импульси; I_T ва t_T — тегишлича термик мустаҳкамлик токи ва вақти (номинал қийматлари).

ПУЭ ва қўлланма материалларда [3-7] қисқа туташувларда аппарат ва ўтказгичларни иссиқлик мустаҳкамликка текширмай, рухсат этилган қатор хусусий ҳоллар айтиб ўтилган.

Бу ҳол эрувчан сақлагич билан муҳофазаланган занжирларнинг ўтказгичлари, 35 кВ ва юқори кучланишли электр узатувчи ҳаво линияларининг симлари ҳамда тақсимлаш қурилмалари, куч трансформаторлар занжирларининг ўтказгичлари ва бошқа баъзи ҳолларга тегишли.

Юқорида ёритилмаган қ. т. нинг махсус ҳолларини кўрилганда, шунингдек жуда аниқ ҳисоблар қилиш керак бўлганда, махсус қўлланма материаллари [3-7] га мурожаат этишга тўғри келади.

3.8-мисол. **Топшириқ.** 3.1-мисол маълумотлари асосида ТЭЦ занжирларидаги қ.т. токи иссиқлик импульсининг ҳисобланган қийматлари аниқлансин.

Ечиш. Асбоб-ускуналар ва Г2 (Г1) генераторининг ток ўтказувчи қисмларининг термик мустаҳкамлигини баҳолаш учун иссиқлик импульси.

3.1-мисолдан Г2 генератордан келаётган қ.т. тоқининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати $I_{п,о} = 28,2$ кА, ва К-2 нуқтадаги қ.т. да системадан ва Г1 генератордан келаётган тоқнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати

$$I_{п,о} = 14,99 + 17,37 = 32,36 \text{ кА эканлиги маълум.}$$

Қ.т. нинг узиш вақти $t_{уз} = 4$ с (60 МВт ли генератор)

Г2 генератор томошидаги иссиқлик импульси

$$B_k = I_{п,о}^2 (t_{уз} + T_a) = 28,2^2 (4 + 0,245) = 3375 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

бунда $T_a = 0,245$ с 3.8-жадвалдан.

Ташқи манбалардан келаётган иссиқлик импульси

$$B_k = I_{п,о}^2 (t_{уз} + T_a) = 32,36^2 (4 + 0,185) = 4382 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

бунда $T_a = 0,185$ с (3.7-§ маълумотларидан).

10 кВ ли ТЭЦ шиналаридаги иссиқлик импульсининг йиғиндисини тахминан қуйидагича аниқлаш мумкин.

К-2 нуқтадаги қ.т. да тоқнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қийматининг йиғиндиси $I_{п,о,к=2} = 60,56$ кА 3.1-мисолдан маълум бўлиб, 3.7-§ дан $T_a = 0,185$ с га эгамиз. Тулиқ қ.т. вақтини 4 с деб қабул қиламиз.

Иссиқлик импульсини аниқлаймиз

$$B_k = I_{п,о}^2 (t_{уз} + T_a) = 60,56^2 (4 + 0,185) = 15348 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

110 кВ ли ТЭЦ шиналаридаги қ.т. тоқининг иссиқлик импульси (3.11-расмдаги К-1 нуқта). 3.1-мисолдан $I_{п,о,к=1} = 14,18$ кА га тенг. Узиш вақти $t_{уз} = t_{р,м} + t_{о,в} = 0,1 + 0,08 = 0,18$ с ($t_{о,в} = 0,08$ с га эга бўлган у = 110 вкљючатели). 3.7-§ маълумотлари асосида вақт доимийси T_a ни аниқлаймиз: $T_a = 0,14$ с. Бундан $B_k = 14,18^2 (0,18 + 0,14) = 64,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$

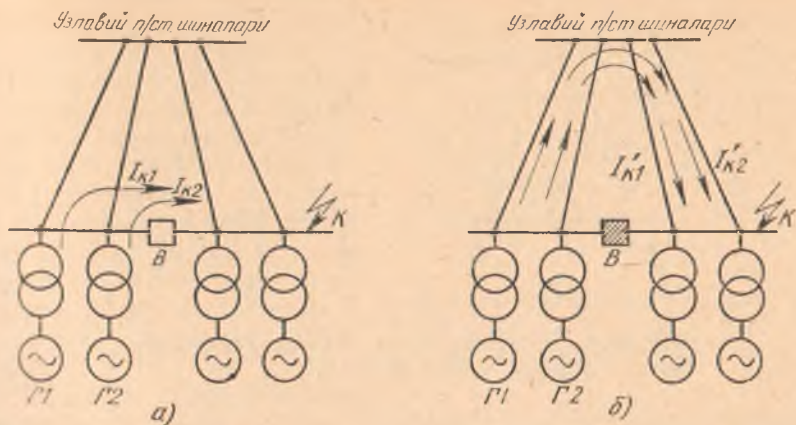
3-8. ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОҚЛАРИНИ ЧЕКЛАШ МЕТОДЛАРИ

а) Ҳозирги энергосистемаларда қ.т. тоқларини координациялаш

Ҳозирги энергосистемаларнинг генератор қувватини ошиши, йирик энергобирлашмаларни яратиш, нагрузка қувватининг ошуви бир томондан электрлаштириш ва иш унумининг ортишига, ишончли ҳамда турғун электр таъминотининг ўсишига олиб келса, иккинчи томондан қ.т. тоқлари даражасининг анча кўтарилишга олиб келади [3-11].

35 кВ ва ундан юқори тармоқлар учун қ.т. тоқларининг максимал даражаси вкљючателлар, трансформаторлар, ўтказгичлар ва бошқалар электр қурилмаларининг параметрлари, энергосистеманинг турғун таъминланиш шартлари билан, генератор кучланишли тармоқларда, ўз эҳтиёжи тармоқларида, 3—20 кВ ли тақсимлаш тармоқларида эса электр аппаратлар ва ток ўтказгичлар параметрлари билан, кабелларнинг термик мустаҳкамлиги, двигател нагрузкасининг турғунлиги билан чекланади.

Шундай қилиб, ҳозирги электроэнергетиканинг ривожланишига қараб ортиб борувчи қ.т. тоқининг даражаси қатор чекланишларга эга бўлиб, уларни ҳисобга олиш лозим. Албатта, аппаратурани ва электр тармоқларини қ.т. тоқининг янги даражасига мослаб ку-



3-47- расм. Қ. т. тоқларининг тақсимланиши:

а — секцияли виключатель уланган, б — секцияли виключатель узилган.

чайтириш, юқорироқ кучланишга ўтказиш мумкин, бироқ қатор ҳолларда бу ўзини оқламайдиган иқтисодий ва техник қийинчиликларга олиб келади.

Ҳозирги пайтда комплекс тадбирлар ишлаб чиқилган бўлиб, қ. т. тоқларининг даражасини бошқариш, электр қурилмалар ривожда уларни чеклаш имкониятини беради. Бироқ бундай воситаларни қўллаш асосий мақсад бўлмай, балки уларни махсус техник-иқтисодий ҳисоблаш асосида қўллаш ўзини оқлайди [3-11].

Қ. т. тоқларини чеклашнинг энг кўп тарқалган ва яхши натижа бераётган усуллари қуйидагилар: электр тармоқларини секциялаш, ток чекловчи реакторларни ўрнатиш, паст кучланишдаги ажралган чулгамли трансформаторларни кенг қўллаш.

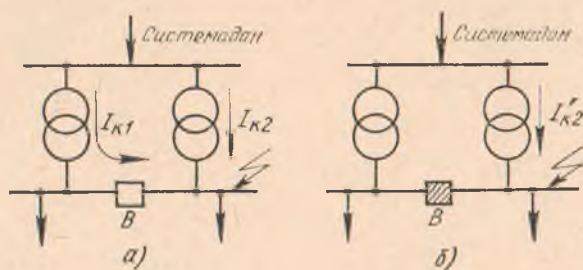
Биринчи усул самарали восита бўлиб, реал электр тармоқларидаги қ. т. тоқларининг даражасини 1,5—2 марта камайтириш имконини беради. 3.47- расмда қ. т. тоқларини чеклаш мақсадида электр установакаларни секциялаш мисоли келтирилган.

Виключатель *В* уланганда, қ. т. токи *Г1* ва *Г2* генераторлардан бемосита шикастланган жойга ўтади ва тегишли блокларнинг генераторлари ҳамда трансформаторлари қаршилиги билангина чекланган.

Агар виключатель *В* узилган бўлса, қ. т. занжирига қўшимча линия қаршилиги қўшилади. *Г1* ва *Г2* генераторлардан келаётган қ. т. токи, бунда, олдинги ҳолдагига нисбатан кескин камаяди.

Секциялаш ўрнида тармоқни ажратиш нуқтаси деб аталувчи нуқта пайдо бўлади. Кучли электросистемаларда қ. т. тоқлари катта бўлганда, бундай нуқталар бир нечта бўлиши мумкин.

Электр тармоқларини секциялаш, одатда нормал режимдаги электр узатувчи линияларда ва трансформаторларда электр энергияси йўқолишининг ортишига олиб келади, чунки бу ҳолда қув-



3-48- расм. Подстанцияларда трансформаторларнинг биргаликда ҳамда алоҳида ишлаши.

ват оқимнинг тақсимланиши оптимал бўлмаслиги мумкин. Шу сабабли секциялашни махсус техник-иқтисодий асослардан сўнг қабул қилиш лозим.

10 кВ ва ундан паст бўлган тақсимловчи электр тармоқларида подстанцияларнинг ҳар хил трансформаторларидан таъминланувчи шиналар секцияларининг ажралган ҳолда ишлаши кенг қўлланилади (3.48- расм). Бундай иш режимини аниқловчи асосий сабаб бўлиб, қ. т. тоқларини камайтириш ҳисобланади, ваҳоланки, бу ҳолда ҳам трансформаторларнинг бевосита параллел ишлашидан воз кечиш усули ўзининг айрим камчиликларига эга: секциялар бўйича кучланишнинг турли қийматлари, трансформаторлар бир хил нагрузкаланмайди ва шунга ўхшашлар. Пасайтирувчи трансформаторнинг қуввати 25 МВ. А ва ундан катта бўлса, паст кучланишли чулғамни иккига ажратиш усули қўлланилади (2- боб ва 3.3- § ларга ҳам қаранг), бу қ. т. режимида шу трансформаторнинг қаршилигини ажратилмаган чулғамли трансформаторга нисбатан тахминан 2 марта ошириш имконини беради.

Қ. т. тоқларини чекловчи махсус техник воситаларга биринчи навбатда токни чегараловчи реакторлар киради.

б) Реакторлар

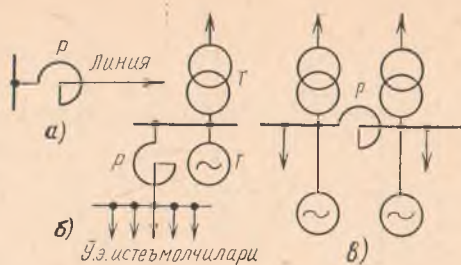
Реакторлар кучли электр установакалардаги қ. т. тоқини чеклаш учун хизмат қилади, шунингдек бузилиш реакторлардан кейин бўлганда шиналардаги кучланишни маълум даражада ушлаб туриш имконини беради.

Реакторларнинг асосий қўлланилиш соҳаси бўлиб 6—10 кВ кучланишли электр тармоқлар ҳисобланади. Айрим ҳолларда ток чекловчи реакторлар 35 кВ ва ундан юқори кучланишли установакаларда, шунингдек 1000 В дан кичик кучланишда ҳам қўлланилади.

Реактор — магнит материалидан тайёрланадиган ўзакка эга бўлмаган индуктив ғалтакдан иборат. Шу сабабли у ўтаётган ток катталигига боғлиқ бўлмаган доимий индуктив қаршиликка эга.

Реакторларни улашнинг схемалари 3.49- расмда кўрсатилган.

Катта қувватли ва маъсул линиялар учун индивидуал (ўзи учун) реактор улаш (3.49-расм, а) қўлланиши мумкин. Реактор орқали линиялар группаси таъминланса (масалан, ўз эҳтиёжини таъминлаш системасида), уни группавий деб юритилади (3.49-расм, б). Тақсимлаш қурилмаси секциялари орасига уландиган реактор секцияли реактор деб юритилади (3.49-расм, в).



3-49- расм. Реакторларнинг уланиш схемалари:

а — индивидуал реактор улаш; б — группавий реактор; в — секцияли реактор.

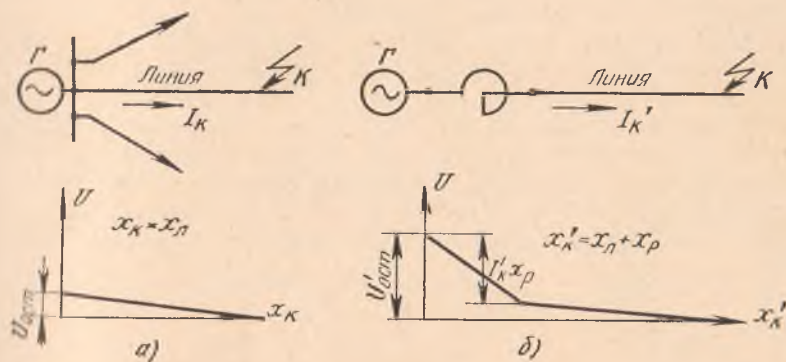
Реакторнинг асосий параметри бўлиб, унинг индуктив қаршилиги $x_p = \omega L$ ҳисобланади. Баъзи каталогларда қуйидаги ифода келтирилади:

$$x_p \% = \frac{x_p \sqrt{3} I_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} 100, \quad (3-91)$$

бунда $I_{\text{ном}}$ — реакторнинг номинал токи, А; $U_{\text{ном}}$ — реакторнинг номинал кучланиши, В.

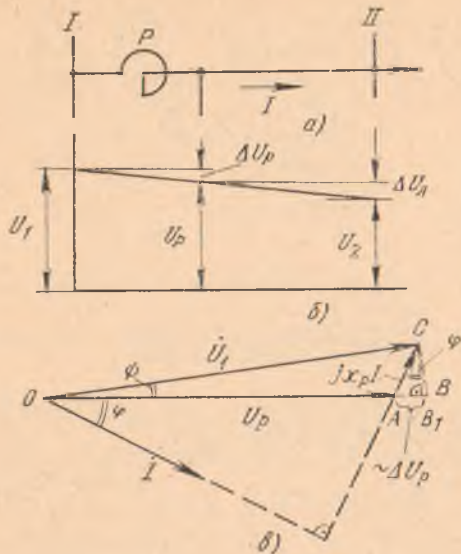
Реактордан сўнг ҳосил бўладиган қ. т. да шиналардаги токни чегаралаш эффекти ва қолдиқ кучланишни ушлаш 3.50-расмда кўрсатилган.

Қолдиқ кучланиш даражасини анча юқорироқ ушлаб туриш бузилган занжир каби манбадан таъминланаётган электр энергия истеъмолчилари учун қўл келади. Шунини ҳисобга олган ҳолда қ. т. режимида индуктив қаршилик x_p қийматини мумкин қадар катта бўлиши мақсадга мувофиқдир.



3-50- расм. Реакторлар ёрдамида шиналардаги кучланишни бир хил ушлаб туриш ва қ. т. токини чеклаш:

а — реактор бўлмаганда шиналардаги кучланиш; б — реактор бўлганда шиналардаги кучланиш.



3-51-расм. Занжирнинг реактор билан биргалликда нормал ишлаш режими:

а — занжир схемаси; б — кучланишлар диаграммаси; в — вектор диаграммаси.

Бироқ нормал режимда электроустановкакаларнинг ишлаш шarti буйича реактордан иш токининг оқиб ўтиши пайтида кучланиш йўқолишининг ортиши сабабли реакторнинг қаршилигини ҳаддан ташқари кўпайтириш мумкин эмас. Бу ҳол айниқса реакторлардан группавий ёки индивидуал равишда фойдаланилганда яққол сезилади.

Нормал иш шароитида кучланишнинг тақсимланишини характерловчи реактор улашнинг линия ва диаграмма схемалари 3.51-расмда келтирилган.

Вектор диаграммада реактордан олдинги фаза кучланиши — \dot{U}_1 , реактордан кейинги фаза кучланиши — \dot{U}_p ва занжирдан ўтаётган ток — \dot{I} тасвирланган.

φ бурчак реактордан кейинги кучланиш билан ток орасидаги фазалар силжишини кўрсатади. ψ бурчак реакторнинг индуктив қаршилиги таъсирида \dot{U}_1 ва \dot{U}_p векторлар орасидаги фазаларнинг қўшимча силжишини кўрсатади. Агар реакторнинг актив қаршилиги ҳисобга олинмаса, AC бўлак реакторнинг индуктив қаршилигидаги кучланишнинг пасайишини кўрсатади.

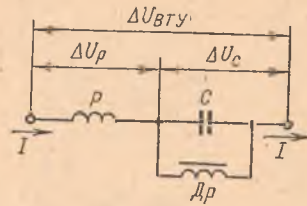
Реакторгача ва ундан кейинги кучланишларнинг алгебраик фарқи, яъни AB бўлак реактордаги кучланишнинг йўқотилишига тўғри келади. C нуқтадан OB векторга перпендикуляр тушириб, BB_1 бўлакни ҳисобга олмай, AB_1 бўлакни кучланишнинг йўқотилиши деб ҳисоблаш мумкин. ACB_1 учбурчакликдан реактордаги кучланишнинг йўқотилишини аниқлаш учун тахминий ифодани чиқариш қийин эмас. Ток \dot{I} ўтаётганда ва $\cos \varphi$ берилган бўлса, реактордаги кучланишнинг йўқотилиши қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta U_p = x_p \frac{\sqrt{3} I \sin \varphi}{U_{\text{ном}}} 100, \quad (3-92)$$

бунда $U_{\text{ном}}$ — реактор қўлланилаётган установканинг номинал кучланиши.

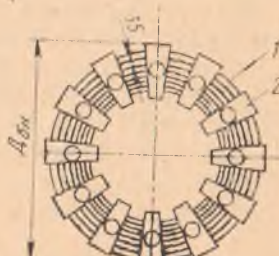
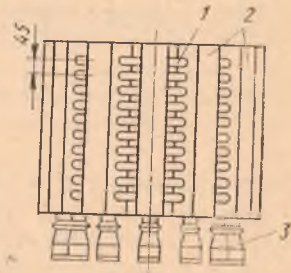
Реактордаги кучланишнинг рухсат этиладиган исроф бўлиши, одатда, 1,5—2% дан ошмайди.

Занжирнинг нормал иш режимидаги анчагина кучланишнинг йўқотилиши сабабли катта қаршиликли индивидуал ва группавий реакторларни ўрнатиб бўлмайди. Шунинг учун, қ. т. токини анча чеклаш талаб этиладиган ҳолларда инерциясиз ток чекловчи қурилмалар — БТУ* деб аталувчи мураккаброқ тузилишга эга бўлган махсус қурилмалар қўлланилади. 3.52-расмда оддий БТУ нинг схемаси келтирилиб, унинг таркибига катта индуктив қаршиликка эга бўлган реактор, у билан резонансга мос созланган сифим киради.



3-52-расм. Инерциясиз ток чекловчи қурқлма схемасининг варианты.

Бу ҳолат нормал режимда БТУ нинг натижаловчи қаршилигини, имкони борича минималга яқинлаштиради. Сифимга параллел қилиб нормал режимда тўйинмаган ферромагнит ўзакли индуктивлик уланган. Нормал режимда индуктивлик катта қаршиликка эга ва ундан ўтадиган ток кичик бўлади. Қ. т. да сифим орқали ўтадиган ток катталашиб, ундаги кучланишнинг пасайиши ортади, демак, индуктивликдаги кучланиш ҳэм кўпаяди. Индуктивлик тўйинган ўзак режимга ўтиб, ўз қаршилигини кескин камайтиради ва сифимни қисқа туташтиради. Бу ҳолатдаги қ. т. компенсацияланмаган реактор ёрдамида чекланади. Ҳозир турли типдаги БТУ ларни ишлаб чиқиш ишлари олиб борилмоқда. Секцион реакторлар қўлланилганда нормал иш режимида кучланишнинг йўқотилиши чекланмаган, шу сабабли унинг қаршилигини индивидуал ёки группавий реакторлар ҳолдагига қараганда анча катта олиш мумкин. Лекин нормал режимдан фарқ қилувчи бошқа ҳолларда, реакторни вақтинчалик шунтлаш қўлланилиши мумкин (5- бобга қаранг).



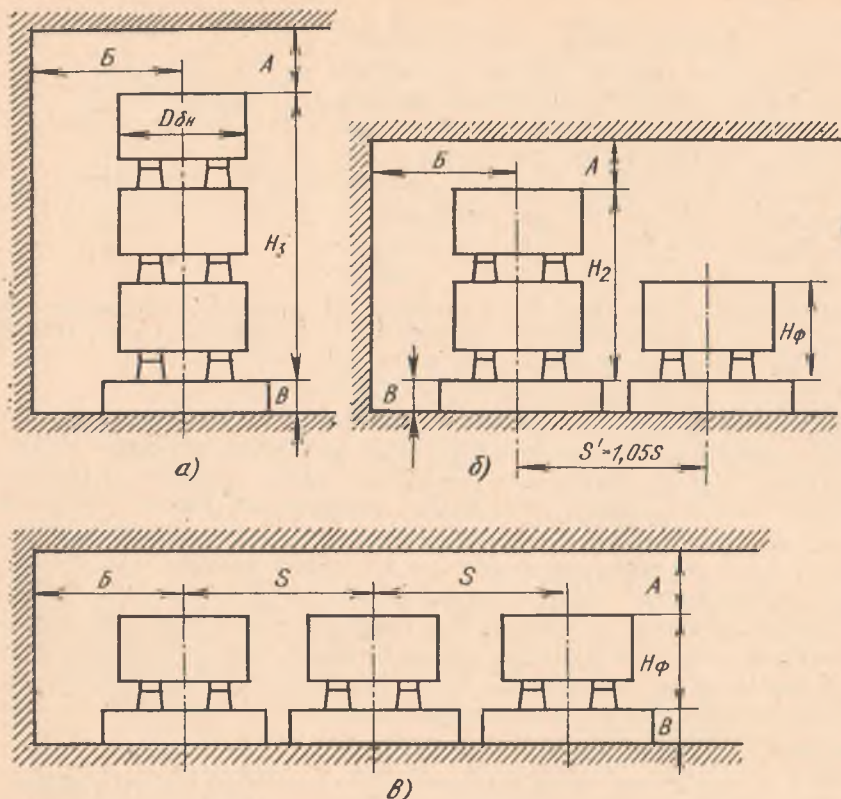
3-53- расм. РБ сериядаги реактор фазаси:

1 — реактор чулғами; 2 — бетон колонналар; 3 — таянч изоляторлар.

Ҳозирги пайтда РБ маркали алюмин чулғамли бетон реакторлар энг кенг тарқалган.

Реактор чулғамининг алюминий ўтказгичлари бир неча қатламли кабель қоғози ва ип газлама тўқимаси билан қопланади. Чулғам махсус каркасга ўралиб, сўнгра маълум жойлардан бетон қуйилади. Бетон чулғам ўрамини маҳкамловчи устунлар ҳосил қилиб, уларни ўз массаси таъсирида ва қ. т. тоқлари ўтишидан ҳосил бўладиган

* БТУ — безинерционные токоограничивающие устройства.



3-54- расм. Реакторларни монтаж қилиш усуллари:

а — вертикал монтаж; б — поғонали; в — фазаларни горизонтал ўрнатиш.

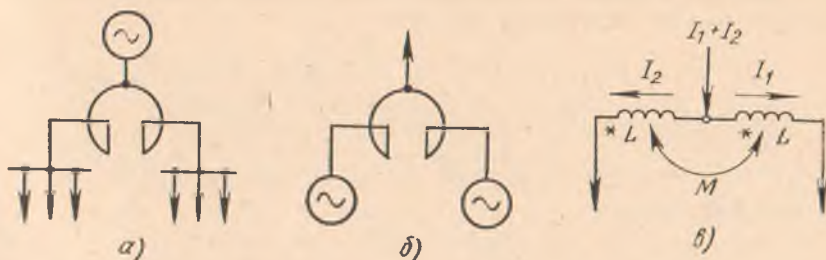
электродинамик кучлар таъсирида силжишидан сақлайди. Реакторни ерга уланган конструкциялардан, вертикал ўрнатишда эса қўшни фазалардан изоляциялаш чинни изолятор таянчлар ёрдамида амалга оширилади (3.53- расм).

Ватанимиз саноати номинал токи 4000 А гача бўлган бетонли реакторлар ишлаб чиқаради ва улар вертикал, горизонтал ҳамда поғонали ўрнатишга мўлжаллаб тайёрланади (3.54- расм).

Реакторнинг чулғамларидан, ток ўтганида, одатда ўтиш қувватининг 0,1—0,2% миқдорида актив қувват исроф бўлади. Номинал ток 1000 А дан ортиқ бўлганда бу исрофлар миқдори жуда кўпайиб кетади, шу сабабли реакторни сунъий равишда совитиш талаб этилади (камера вентиляция қилинади).

в) Иккиланган реакторлар

Юқорида кўрилган одатдаги конструкцияли реакторлар билан бир қаторда электр установкакаларда иккиланган реакторлар қўлланилмоқда. Конструкцияси жиҳатидан улар одатдаги реакторларга



3-55- расм. Қўш реактор.

а, б — уланishi схемалари; в — электр схемаси.

ўхшаш, лекин чулгамининг ўртасидаги нуқтадан қўшимча сим чиқарилган. Иккиланган реакторларни қўллаш ҳолларида манба ўртадаги нуқтага, истеъмолчилар эса икки четки томондаги нуқталарга уланиши мумкин ёки аксинча (3.55- расм).

Иккиланган реакторнинг афзаллиги шундаки, бунда уланиш схемаси ва чулгамлардаги токнинг йўналишига қараб, унинг индуктив қаршилиги кўпайиши ёки камайиши мумкин. Иккиланган реакторнинг бу хусусияти, одатда, нормал режимда кучланишнинг насайишини камайтириш ва қ. т. да токларни чеклаш учун фойдаланилади.

Реакторнинг шохобчаси бир хил номинал ток $I_{ном}$ га мўлжаллаб ишлаб чиқарилади, ўртадаги чиққич эса — шохобчанинг иккиланган номинал токи $2I_{ном}$ га мўлжалланади. Иккиланган реакторнинг номинал қаршилиги сифатида, бошқа шохобчада ток йўқлигида, (3-91) га ўхшаш чулгам шохобчасининг нисбий қаршилиги қабул қилинади:

$$\left. \begin{aligned} x_p &= x_B = \omega L \\ \text{ёки} \\ x_p \% &= x_B \% \frac{x_B \sqrt{3} I_{ном} \cdot 100}{U_{ном}} \end{aligned} \right\} \quad (3-93)$$

бунда L — реактор шохобчасининг индуктивлиги (одатда реактордаги шохобчаларнинг индуктивлиги ўзаро тенг).

Иккиланган реакторларнинг хусусияти ҳар бир фазалар шохобчалари орасида магнит боғланишнинг борлиги билан аниқланади (ўзаро индуктивлик M). Манба реакторнинг ўрта нуқтасига уланишда шохобчадаги кучланишнинг йўқолиши ўзаро индуктивликни ҳисобга олган ҳолда қуйидагича аниқланади:

$$\Delta U_p = I_1 \omega L \sin \varphi - I_2 \omega M \sin \varphi. \quad (3-94)$$

Бундан кўринадики, ўзаро индуктивлик ҳисобига иккиланган реактордаги кучланишнинг йўқолиши шундай индуктив қаршиликдаги одатдаги реакторникидан кам бўлади. Бу ҳолат, иккиланган реактордан группавий реактор сифатида самарали фойдаланиш имконини беради.

Эксплуатация процессида шохобчаларни бир хил нагрузкаш ($I_1 = I_2 = I$) мақсадга мувофиқ. Шунда уларнинг ҳар бири учун бир хил шароит яратилган бўлади:

$$\Delta U_p = (I \omega L - I \omega M) \sin \varphi = I \omega L(1 - k_{св}) \sin \varphi, \quad (3-95)$$

бунда $k_{св} = M/L$ — реактор чулғамларининг боғланиши коэффиценти. Одатда реактор $k_{св} = 0,4 \div 0,6$ қилиб ишлаб чиқарилади.

Агар $x_B = \omega L$ бўлса, унда (3-95) га мувофиқ қўйидаги нисбатни ёзиш мумкин:

$$x'_B = x_B(1 - k_{св}), \quad (3-96)$$

бунда x'_B — реактор шохобчасининг ўзаро индуктивликни ҳисобга олгандаги индуктив қаршилиги. $k_{св} = 0,5$ ва қаршилиқ $x'_B = 0,5x_B$ бўлганда иккиланган реактордаги кучланиш исрофи, юқоридаги шартлар асосида, одатдаги реактордагига қараганда икки марта кам бўлади.

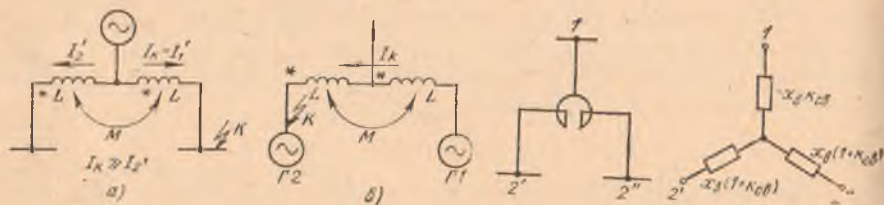
Реактор шохобчалари (3.56-расм) бирдан кейинги қ. т. да ток, шикастланмаган шохобчадагига қараганда анча катта бўлади. (3-94) га мувофиқ, ўзаро индуктивликнинг нисбий таъсири камаяди ва реактордаги кучланишнинг исрофи, шунингдек, токни чеклаш эффекти асосан фақат ўзининг индуктив қаршилиги $x_B = \omega L$ билан аниқланади. Шундай қилиб, қ. т. режимидаги реакторнинг қаршилиги $k_{св} = 0,5$ да нормал режимга қараганда тахминан 2 марта ортади.

3.56- расм, б даги схема асосида қурилган иккиланган реактордан фойдаланилганда унинг қўшимча хоссаси намоён бўлади. Генератор Г2 нинг қисқичларидаги қ. т. да генератор Г1 дан келаётган ток шохобчалар бўйлаб бир йўналишда ўтади. Шохобчаларнинг ўзаро индуктивлиги бу ерда чулғамларнинг хусусий индуктивлигига мувофиқ таъсир этади ва реакторнинг иккала шохобчаларининг қаршилиги қўйидагича бўлади:

$$x_{сқв} = 2 \omega L + 2 \omega M = 2 \omega L(1 + k_{св}) = 2x_B(1 + k_{св}). \quad (3-97)$$

$k \approx 0,5$ бўлганда $x_{сқв} = 3x_B$ бўлиб, токни чеклаш эффекти анча ортади.

Қ. т. тоқларини ҳисоблашда иккиланган реактор, 3.57- расмда кўрсатилганидек, уч нурли алмаштириш схемаси кўринишига келтирилади.



3-56- расм. Қўш реакторнинг қ.т. режимида ишлаши.

а — битта генераторда; б — иккита генераторда.

3-57- расм. Қ. т. тоқларини ҳисоблаш учун қўш реакторнинг алмаштириш схемаси.

Электроустановкаларда ёпиқ ва очиқ жойга ўрнатиш учун алюминий чулғамли иккиланган бетонли РБС типдаги реакторлар кенг қўлланилмоқда.

г) Реакторларни танлаш

Реакторлар номинал токи, номинал кучланиши ва номинал индуктив қаршилигига қараб танланади.

Номинал кучланиш установканинг номинал кучланиши асосида танланади. Бунда реакторлар эксплуатация процессида бўлиши мумкин бўлган максимал иш кучланишига узоқ муддат чидайди деб қаралади. Номинал кучланиши реакторларнинг номинал кучланишидан кичик бўлган электроустановкаларда реакторлардан фойдаланишга рухсат этилади.

Реакторнинг номинал токи (иккиланган реакторнинг шохобчалари) уланган занжир нагрукасининг узоқ таъсир этадиган максимал токидан кичик бўлмаслиги лозим:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{max}}$$

Шинали (секцияли) реакторларнинг номинал токи уларни улаш схемаси асосида олинади. Масалан, 3.11- расмда кўрсатилган ҳол учун реакторнинг токи қуйидаги нисбатдан аниқланади:

$$I_{\text{ном}} \geq 0,71 I_{\text{ном, г}}$$

бунда — $I_{\text{ном, г}}$ — генераторнинг номинал токи.

Реакторнинг индуктив қаршилиги қ. т. токини берилган миқдор даражасигача чеклаш шартидан аниқланади. Қўп ҳолларда қ. т. токини чеклаш даражаси қурилмаларга ўрнатиладиган ёки тармоқнинг белгиланган нуқтасига ўрнатилган вичкочателларнинг коммутацион хоссаси асосида аниқланади.

Одатда, аввал реактор ёрдамида керакли даражагача камайтириладиган, қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич миқдори $I_{\text{п, о}}$ маълум бўлади.

Индивидуал реакторнинг қаршилигини аниқлаш тартибини кўриб чиқайлик, Қ. т. токини шундай чеклаш талаб этиладигани, бунда шу занжирга номинал узиш токи $I_{\text{ном, уз}}$ (узиш токининг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи қиймати) бўлган вичкочател ўрнатиш мумкин бўлсин.

$I_{\text{ном, уз}}$ бўйича вичкочателнинг коммутацион хоссасини таъминлайдиган қ. т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати аниқланади. Соддалаштириш мақсадида $I_{\text{п, о, тал}} = I_{\text{ном, уз}}$ деб қабул қилинади.

Реакторни ўрнатишдан олдин қ. т. занжирининг яқунловчи қаршилигини (Ом) қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$x_{\text{рез}} = \frac{U_{\text{гр}}}{\sqrt{3} I_{\text{п, о}}} \quad (3-98)$$

$I_{п, о, тал}$ таъминлаш учун қ. т. занжирининг талаб этиладиган қаршилиги:

$$x_{рез}^{тал} = \frac{U_{\text{ЭР}}}{\sqrt{3} I_{п, о, тал}}. \quad (3-99)$$

Олинган қаршиликлар қийматларининг фарқи реакторнинг керакли қаршилигини беради

$$x_p^{тал} = x_{рез}^{тал} - x_{рез}. \quad (3-100)$$

Сўнгра каталог ва справочник материаллари (масалан, [3-8] га қаранг) бўйича энг яқин катта индуктив қаршиликли реактор тури танланади.

Реактордан кейинги қ. т. да токнинг ҳақиқий қиймати қуйдагича аниқланади.

Қ. т. занжирининг якунловчи қаршилигининг қиймати реакторни ҳисобга олган ҳолда қуйдагича ҳисобланади:

$$x_{рез}^* = x_{рез} + x_p, \quad (3-101)$$

сўнгра эса қ. т. токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати аниқланади:

$$I_{п, о} = \frac{U_{\text{ЭР}}}{\sqrt{3} x_{рез}^*}. \quad (3-102)$$

Группавий ва иккиланган реакторларнинг қаршилиги ҳам шунга ўхшаш аниқланади. Охириги ҳолатда иккиланган реактор шохобчасининг қаршилиги $x_p = x_b$ аниқланади.

Танланган реакторни ундан қ. т. токи ўтгандаги электродинамик ва термик мустаҳкамликка текшириш лозим.

Реакторнинг электродинамик мустаҳкамлиги қуйдаги шарт бажарилганда таъминланади:

$$I_{max} \geq i_y^{(3)}, \quad (3-103)$$

бунда $i_y^{(3)}$ — уч фазали қ. т. да реактордан кейинги зарбий ток; i_{max} — реакторнинг электродинамик мустаҳкамлигидаги ток, яъни чулғамда қолдиқ деформация ҳосил қилмайдиган максимал ток (амплитуда қиймати).

Реакторнинг термик мустаҳкамлиги термик мустаҳкамлик вақти t_T ва термик мустаҳкамлик токи $I_T = i_{max}$ билан ишлаб чиқарувчи завод томонидан характерланади. Шунинг учун реакторнинг термик мустаҳкамлик шarti қуйдагича бўлади:

$$B_{к, \text{чис}}^{\text{зав}} = I_T^2 t_T \geq B_{к, \text{чис}}, \quad (3-104)$$

бунда $B_{к, \text{чис}}$ — реактордан кейинги қ. т. да токнинг ҳисобланган иссиқлик импульси.

Кўрсатилган шарт бажарилса, реакторнинг чулғами қ. т. да рухсат этилган қийматидан ортиқ қизимайди.

Қатор ҳолларда бевосита реактордан кейинги қ. т. да шиналардаги қолдиқ кучланиш даражасини аниқлаш лозим бўлади. Шу

мақсадда (3-92) ифодадан фойдаланиш мумкин, бунда қ. т. режимида $\sin \varphi_n \approx 1$ эканлигини ҳисобга олиш керак. У ҳолда шиналардаги қолдиқ кучланишни аниқлайдиган ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$U_{\text{кол}} \% = x_p \frac{\sqrt{3} I_{\text{н.о}}}{U_{\text{ном}}} 100. \quad (3-105)$$

Истеъмолчиларнинг иш шaroитлари бўйича $U_{\text{кол}}$ нинг қиймати 65 — 70 % дан кам бўлмаслиги керак.

3. 9-мисол. Тспшириқ. ТЭЦ нинг генератор тақсимловчи қурилмасининг 10 кВ ли шинасига уланган олти та линия занжиридаги қ. т. токни чекловчи реакторлар группаси танлансин (3.58-расм). Ҳар қайси линия учун узоқ муддатли иш режимининг максимал токи $I_{\text{max}} = 310$ А.

10 кВ ли шиналардаги қ. т. токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати йигиндиси — $I_{\text{н.о.к}=2} = 60,56$ кА (3.1-мисолдаги $K = 2$ нуқта). Линияларга $I_{\text{ном, уз}} = 20$ кА ли ВМП = 10 К типдаги выключатель ўрнатиш кузда тутилади. Линиянинг асосий реле муҳофазаси максимал токли вақт бўйича индержкали (бирданига уланмайдиган) бўлиб қ. т. ни тўлиқ узиш вақти $t_{\text{уз}} = 1,2$ с га тенг.

Ечиш. Номиналь кучланиши 10 кВ ва шохобчасининг номинал токи 100-А ли РЕСГ серияли (фазалари горизонтал жойлаштирилган) иккиланган реактор танлаймиз. Реакторнинг ҳар бир шохобчасига учтадан линиялар тақсимланганлигини ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз:

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{max}} = 3 \cdot 310 = 930 \text{ А}.$$

Реакторни ҳисобга олмасдан қ. т. занжиридаги натижаловчи қаршиликни (3-98) ифода бўйича аниқлаймиз:

$$x_{\text{рез}} = \frac{10,5}{\sqrt{3 \cdot 60,56}} = 0,100 \text{ Ом}.$$

Выключателнинг номиналь узиш қсбилиятини татминлаш шартидан қ. т занжирининг керакли қаршилиги (3-99) бўйича аниқланади.

$$x_{\text{рез}}^{\text{тал}} = \frac{10,5}{\sqrt{3 \cdot 20}} = 0,303 \text{ Ом}.$$

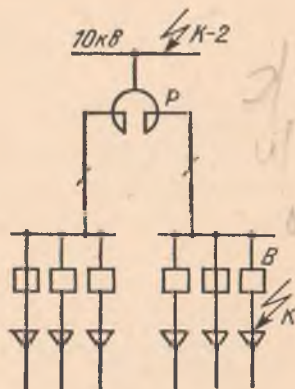
Қ. т. токни чеклаш учун реакторнинг зарур бўлган қаршилиги:

$$x_p^{\text{тал}} = 0,303 - 0,100 = 0,203 \text{ Ом}.$$

Параметрлари: $U_{\text{ном}} = 10$ кВ, $I_{\text{ном}} = 1000$ А ва $x_p = 0,22$ Ом, $i_{\text{max}} = 55$ кА ли РЕСГ - 10-2 × 1000-0,22 типли реакторни узил-кесил танлаймиз.

Реакторни ҳисобга олиб қ. т. занжиридаги натижаловчи қаршиликни аниқлаймиз:

$$x_{\text{рез}} = 0,100 + 0,22 = 0,32 \text{ Ом}.$$



3-58- расм. 3-19- мисолга.

Реактордан кейинги қ. т. токининг даярлй ташкил этувчисининг ҳақиқий қиймати:

$$I_{н,о} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,32} = 18,85 \text{ кА.}$$

Қ. т. режимда ишлаётган реакторнинг мустаҳкамлигини текшириш.

Электродинамик мустаҳкамлик. Қ. т. нинг зарбий токи:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} I_{н,о} k_y = \sqrt{2} \cdot 18,85 \cdot 1,956 = 52,35 \text{ кА,}$$

бунда $k_y = 1,956$ (3. 8- жадвалдан олинган).

Электродинамик мустаҳкамлик шарти:

$$i_{max} = 55 \text{ кА} > i_y^{(3)} = 52,35 \text{ кА}$$

бажарилади.

Термик мустаҳкамлик. Завод термик мустаҳкамлик вақти $t_T = 8$ с ва термик мустаҳкамлик токи $I_T = i_{max} / 2,54 = 55 / 2,54 = 21,65$ кА ни гарантиялайди.

Термик мустаҳкамлик шарти:

$B_{к}^{3ав} = 21,65^2 \cdot 8 > B_{к, хис} = I_{н,о}^2 (t_{уз} + T_a) = 18,85^2 \cdot (1,2 + 0,23) = 508,1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
бажарилади (3. 8- жадвалдан $T_a = 0,23$ с).

Қ. т. реактордан кейин кочидир бўлганда генератор тақсимлаш қурилмасининг шиналаридаги қолдиқ кучланишни толамиз:

$$U_{қол} \% = x_p \frac{\sqrt{3} I_{н,о} \cdot 100}{U_{ном}} = 0,22 \frac{\sqrt{3} \cdot 18,85 \cdot 100}{10} = 71,7 \%$$

Нормал иш режимда максимал токнинг ўтишидан кучланишнинг исроф бўлиши (3- 92) бўйича аниқланадч, аммо нормал режимда қаршилиқ камайишини ҳисобга олиб (3- 96) бўйича аниқлаймиз:

$$\Delta U_p \% = x_p (1 - k_{св}) \frac{\sqrt{3} I_{max} \cdot 100}{U_{ном}} \sin \varphi = 0,22(1 - 0,53) \frac{\sqrt{3} \cdot 0,93 \cdot 100}{100} \cdot 0,53 = 0,88 \%$$

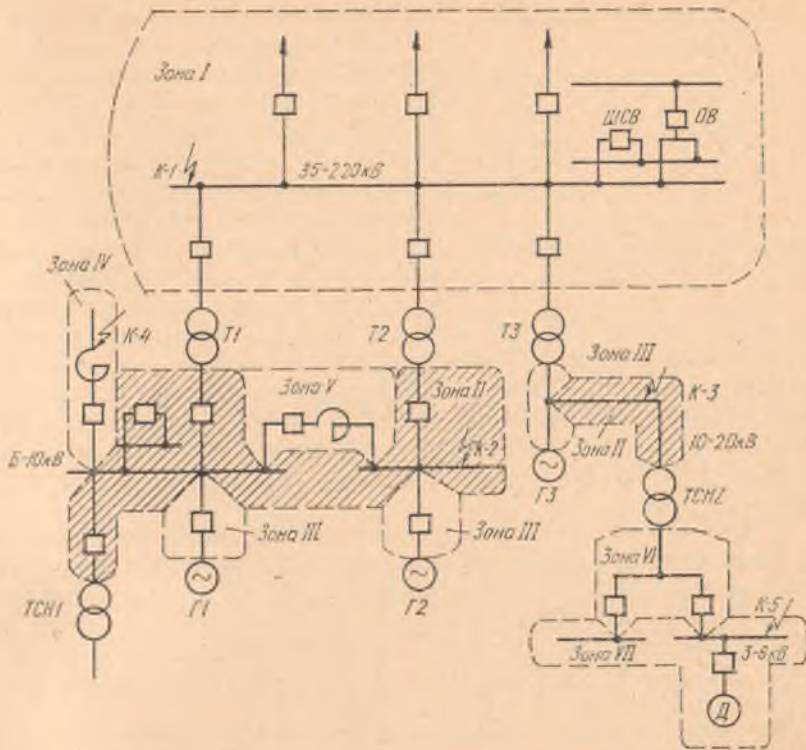
бу ерда $k_{св} = 0,53$ (шу реактор учун каталогдан олинди); нагруканинг қувват коэффициентини $\cos \varphi = 0,85$ деб олинди, яъни $\sin \varphi = 0,53$.

Танланган реактор қўйилган ҳамма талабларга жавоб беради.

3-9. ҚИСҚА ТУТАШУВ РЕЖИМИ БЎЙИЧА АППАРАТЛАР ВА ТОК ЎТКАЗУВЧИ ҚИСМЛАРНИ ТЕКШИРИШ УЧУН ҲИСОБЛАШ ШАРТЛАРИ

Ҳисоблаш шартлари (қ. т. токининг катталиги, унинг ўтиш давомийлиги) етарли даражада аниқлик билан ва берилган занжир ишлаётган реал шароитларни ҳисобга олиб аниқланиши лозим.

Ҳаттоки бир хил кучланишдаги шиналарга уланадиган турли уланмаларнинг ишини тахминий анализ қилиш қ. т. токлари бўйича ҳисоблаш шартлари улар учун кескин фарқланишини кўрсатади. Мисол тариқасида ТЭЦ нинг бир хил шиналарига уланган ўз эҳтиёжини қондириш трансформатори $TCH1$ ва генератор $Г1$ нинг занжирлари учун қ. т. токининг ҳисобланган катталикларини аниқ-

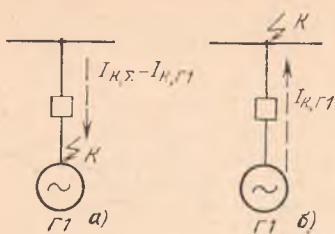


359- расм. ТЭЦ типидagi станцияларнинг қ. т. токлари бўйича ҳисоблаш зоналари.

лаш ҳолатини кўриб чиқамиз (3.59- расм). Генераторли тақсимлаш қурилмасининг йиғма шинасига уланган $TCH1$ нинг чиққичлари шикастланганда, унинг вилючатели орқали системанинг ҳамма генераторларининг қ. т. токи $I_{кз}$ ўтади. Генератор кучланишли йиғма шинада шикастланиш содир бўлганда, вилючател орқали катта ток ўтмайди, чунки унинг манбаи бўлиши мумкин бўлган ўз эҳтиёжининг двигателлари қ. т. жойидан трансформаторнинг катта қаршилиги билан ажралиб туради.

Генератор $Г1$ нинг уланиши бошқача шароитда туради. Чиққичлардаги қ. т. да (3.60-расм, а) унинг занжири орқали генераторнинг ўз токи $I_{к, Г1}$ дан ташқари, системанинг ҳамма манбалари токи $I_{к, \Sigma}$ ўтади. Генератор кучланишли йиғма шинадаги қ. т. да занжир бўйлаб фақат генератор токи $I_{к, Г1}$ оқиб ўтади (3-60 расм, б).

Ҳисоблаш шартлари қ. т. нуқтасининг ҳолатига қараб ҳатто бир бириктиришнинг ўзида ҳам ўзгариши мумкин. Айниқса бу линияга реактор улаш ҳолатида сезилади (3.59- расмга қаранг). Қ. т. токлари, шикастланиш реактордан олдин ёки ундан кейин содир бўлишига қараб, анча фарқланади.



3-60- расм. Генератор занжиридаги ҳисоблаш тоқлари.

Бир электроустановканинг ўзида ҳисоблаш шартларининг бундай ўзгариши уларни аниқлаш, асбоб-ускуналарни танлаш ва текширишни қийинлаштириши мумкин. Ҳисоблаш ишлари ҳажмини қисқартириш учун, одатда, электроустановкалардаги мавжуд занжирлар группаси қ. т. режимига нисбатан тахминан бир хил шароитларда бўлиши фактидан фойдаланилади. Бу ҳолат электроустановканинг бутун ҳамма схемасини

зоналарга бўлиш имкониятини беради, бу зоналарда у ёки бу умумий ҳисоблаш шартлари ўрнатилади.

3.59- расмда келтирилган ТЭЦ схемаси учун ҳисоблаш зоналари қандай ҳосил бўлишини кўриб чиқамиз. Станциянинг генераторлари Г1 ва Г2 генераторли тақсимлаш қурилмаси шинасига, генератор Г3 эса блок схемаси асосида ВН (35—220 кВ) шинасига уланган.

I зона юқори кучлинишли қурилманинг ҳамма занжирларини ўз ичига олади, бунга йиғма шиналар, трансформатор занжирлари (уларнинг чиққишларидан бошлаб то 35—220 кВ кучлинишли йиғма шиналаргача), 35—220 кВ кучлинишли электр узатиш линияларининг занжирлари, шунингдек, шиналарни бир иктирувчи виключатель, айланма виключател (ОВ) ли шиналарнинг айланма системаси (агар булар мавжуд бўлса) киради.

Бу зонанинг ҳамма занжирлари 35—220 кВ ли йиғма шиналардаги К-1 нуқта учун аниқланган қ. т. тоқларининг йиғиндиси бўйича ҳисобланади.

Шундай йўл билан аниқланган ҳисоблаш шартлари айрим занжирлар учун бирмунча оширилган бўлиши мумкин, масалан, трансформаторни бирлаштирувчи ва системани боғловчи линиялар учун I зонанинг шу занжирлари учун ҳисоблаш шартларини аниқ ҳисобга олиш, одатда, ўрнатиладиган асбоб-ускуналар турининг ўзгаришига олиб келмайди. Агар тақсимлаш қурилмасидаги виключателларни алмаштириш навбати масаласи қўйилса, у ҳолда ҳисоблаш шартларини аниқлаштириш талаб этилади.

Аппаратларнинг термик мустаҳкамлигини баҳолаш учун талаб этиладиган қ. т. нинг узиш вақти катталиги асосий реле муҳофазасининг таъсир вақти ва виключателларнинг тўлиқ узиш вақтидан аниқланади:

$$t_{уз} = t_{р,з} + t_{о, в}.$$

Бунда $t_{р,з} = 0,1$ с деб қабул қилиш мумкин. Виключателларнинг ҳақиқий характеристикаларини ҳисобга олганда қ. т. нинг узиш-вақти қуйидаги оралиқларда бўлади:

$$t_{уз} = 0.16 \dots 0.2 \text{ с.}$$

Генератор кучланишли тақсимлаш қурилмасида бир неча зона-ларни ажратиш мумкин.

II зонага бир қанча занжирлар киради: генератор кучланишли йиғма шиналар, шина уловчи виключателнинг занжири, боғловчи трансформатор ва ўз эҳтиёжи учун трансформаторларнинг занжир-лари, шунингдек генератор — трансформатор блокидан то ўз эҳ-тиёжи трансформаторигача бўлган тармоқ занжири.

Агар 6—10 кВ ли генератор кучланишли шинадан истеъмолчи-ларга реактор уланмаган линия ёки ўз эҳтиёжига линия кетган бўлса, у ҳолда бундай линиялар ҳам табиий равишда *II* зонага киради. Бу зонада ҳамма ток ўтказувчи қисмлар ва аппаратлар ТЭЦ нинг 6—10 кВ ли йиғма шиналаридаги қ. т. да аниқланган тоқлари бўйича, яъни $K-2$ нуқтаси бўйича ҳисобланади.

Генератор — трансформатор блокидан *II* зонага кирувчи ўз эҳтиёжи трансформаторига борадиган тармоқ учун қ. т. нинг ҳи-соблаш тоқлари шу тармоқда жойлашган $K = 3$ нуқтадан олинади.

Боғловчи трансформаторларнинг занжири учун бу ҳисоблаш шартлари бирмунча юқори бўлади, лекин улар одатда аниқлашти-рилмайди.

Шу зонанинг ҳамма занжирлари учун t_{y_3} катталиқ 6 — 10 кВ ли шиналар дифференциал муҳофазасининг, ёки блокдан ўз эҳтиёжи трансформаторига борадиган тармоқ учун блокнинг дифференциал муҳо-фазасининг таъсир этиш вақти билан аниқланади, булар учун $t_{p,3} = 0,1$ с деб олиш мумкин. Генератор кучланишли виключателлар-нинг тўлиқ узиш вақтини ҳисобга олганда $t_{y_3} = 0,3$ с бўлади.

III зона генераторнинг битта занжирини ўз ичига олади, бу ТЭЦ нинг 6—10 кВ ли шинасига уланган генератор, ёки бу кучай-тирувчи трансформаторли блокда ишловчи генератор бўлиши мум-кин.

Бу зона учун қ. т. тоқлари бўйича ҳисоблаш шартлари ҳар гал қисқа туташувнинг мумкин бўладиган иккита энг четки ҳолатлари-дан аниқланади (3.60- расм).

Биринчи ҳолат — қ. т. йиғма шиналарда содир бўлган дейлик (3.60- расм, *a*); бунда генераторнинг виключатели орқали шикаст-ланган жойга, фақат шу генератор *ГI* дан бораётган ток ўтади.

Демак, шу ҳолат учун $I_{к, хис} = I_{к, ГI}$ бўлади.

Иккинчи ҳолат — қ. т. генераторнинг чиққиқларида содир бўлган (3.60- расм, *b*).

Бу ҳолатда қ. т. жойига генераторнинг виключатели орқали шу генератор токидан ташқари бошқа ҳамма манбаларнинг токи ўтади, ва демак,

$$I_{к, хис} = I_{к, \Sigma} - I_{к, ГI}$$

Қ. т. тоқларининг ҳисобланган катталигини белгилаб, энг но-қулай ҳолат танланади.

Блок схема асосида ишловчи генераторнинг занжири учун ҳи-соблаш шартларини аниқлашда, шунга ўхшаш йўл тугилади. $K-3$

нуқта учун қ. т. токининг йиғиндиси аниқланади ва генератор занжиридаги шикастланган жойига қараб, ундан

$I_{к,гз}$ ёки $I_{к,з} - I_{к,з}$ ток оқиб ўтади.

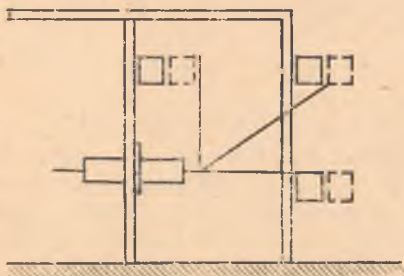
III зона учун узиш вақти генератор ёки блокнинг дифференциал муҳофазасини ҳисобга олган ҳолда, яъни:

$$t_{уз} = 0,3 \text{ с,}$$

генераторнинг қуввати 60 МВт ва ундан катта бўлганда эса резерв муҳофазанинг таъсир қилиш вақти $t_{уз} = 4$ с бўйича аниқланади (3-7-§ га қаранг)

IV зона ҳам фақат биргина занжирни, яъни 6—10 кВ ли реактор уланган кетувчи линияни ўз ичига олади. ПУЭ га мувофиқ, бундай линиянинг ток ўтказувчи қисмлари ва аппаратуралари реактордан кейин жойлашган К-4 даги қ. т. нуқтаси бўйича ҳисобланади. Бунга сабаб, йиғма шиналар билан реактор орасидаги участкада қ. т. кам учрайдиган ҳолат деб ҳисобланади, ваҳоланки,

реакторгача бўлган қ. т. тоқлари, яъни К-2 нуқтаси бўйича аппаратлар ва ошиновкани танлаш кучли виключателлар ва оширилган ошиновкалар бўлишини талаб этар эди, бу эса ўз навбатида 6—10 кВ ли линиялар ячейкасида асбоб-ускуналарга сарфланадиган капитал маблағларни кескин орттириб юборар эди. Шунга қарамай, ПУЭ бўйича йиғма шиналардан то биринчи ўтувчи изоляторларгача (3.61-расм) бўлган ошиновканинг кичик участка-



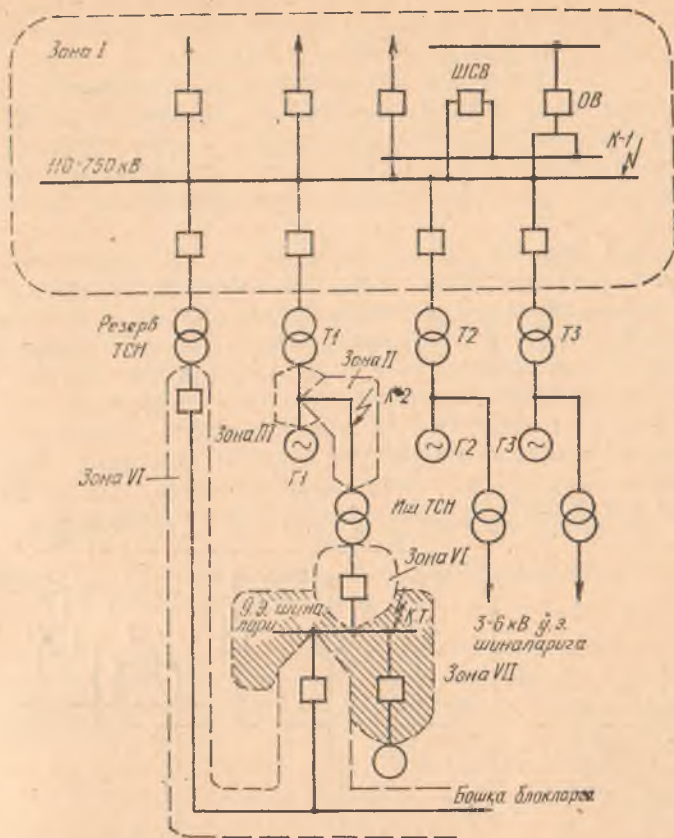
3-61- расм. Қ. Т. нинг тула токига текширилатган реакторнинг ошиновка участкаси.

сини К-2 нуқтадаги, яъни реакторгача бўлган нуқтадаги қ. т. тоқларини ҳисобга олиб танлашни талаб этади.

6—10 кВ ли линиялар максимал тоқли муҳофаза билан муҳофазаланганлиги сабабли $t_{р,з}$ катталиқ ҳақиқий ушлаб туриш вақтига қараб олинади. Виключателнинг узиш вақтини ҳисобга олганда қ. т. ни узиш вақти одатда 1,2—2,2 с га тенг бўлади.

V зонага секцияли боғланиш, яъни секцияли виключатель ва реактор, ток трансформаторлари ва тегишли ошиновка киради. Бу занжир учун ҳисоблаш шартларини аниқ белгилаш анча қийин Чунки қ. т. да секциялардан бирининг занжирини ишлаш шароити генератор зонаси сингари тахминан бир хил ҳисобланади, унда шу занжирнинг ток ўтказувчи қисмларини ва аппаратларини *III зона* учун аниқланган тоқларнинг энг катта қиймаглари бўйича ҳисоблаш тавсия этилади. $t_{уз}$ вақти 0,3 с га тенг деб олинади.

VI ва VII зоналар ўз эҳтиёжи занжирларини ўз ичига олади. Бунда *VII зонага* кирадиган асбоб-ускуналар К-5 нуқтада аниқланган қ. т. токининг йиғиндиси таъсирида бўлади, бунга ўз эҳтиёжи двигателларидан таъминланишни ҳам киритилади.



3-62- расм. Блокли электростанция учун қ. т. токлари бўйича ҳисоблаш зоналари.

VI зона занжирлари ўз хоссалари бўйича III зона генераторларининг занжирларига ўхшаш. Занжирнинг қ. т. нуқтасига нисбатан жойлашишига қараб, ундан ўз эҳтиёжи трансформатори $TCH2$ орқали ўтадиган система ва станцияларнинг генераторларидан ёки фақат двигателларидан келаётган ток ўтади. Бунда ўз эҳтиёжи двигателларидан келаётган таъминловчи ток қ. т. нинг фақат бошланғич momenti учун, масалан, асбоб-ускунанинг электродинamik мустақамлигини баҳолаш учун ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлиши мумкин. Термик мустақамлик, одатда, генераторлардан келаётган тоklar бўйича аниқланади.

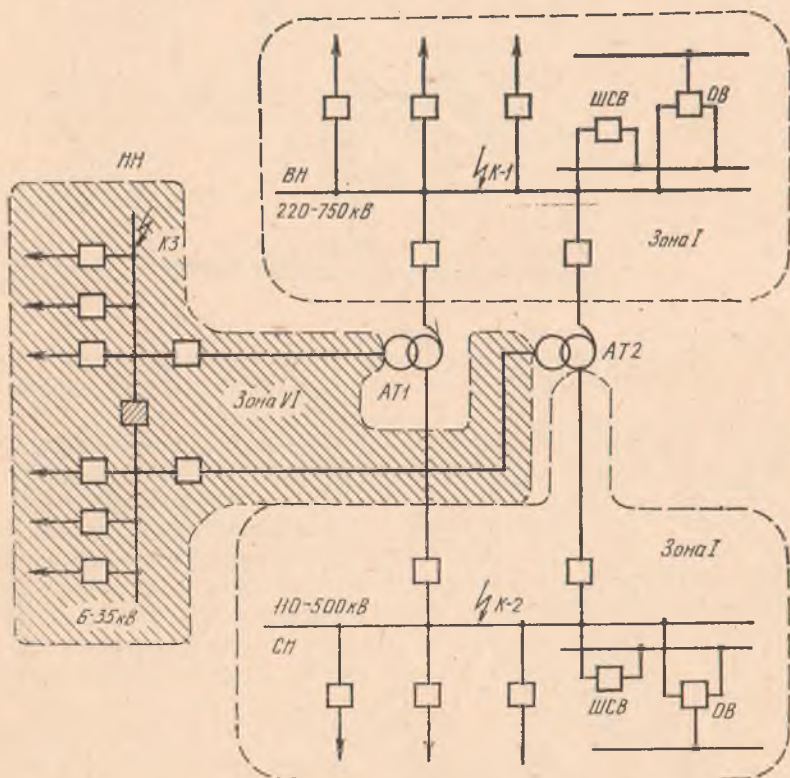
VI зона учун t_{uz} вақти TCH нинг асосий муҳофазаси (дифференциал ёки ток отсечкаси) ни ҳисобга олиб аниқланади ва тахминан 0,2—0,3 с деб қабул қилиш мумкин.

VII зона учун кўрсатилган вақт максимал ток муҳофазасининг таъсир этиш вақтини ҳисобга олиб аниқланади ва тахминан 0,6—1,2 с деб қабул қилиниши мумкин.

3.62- расмда, I, II, III, VI ва VII зоналарга бўлинган блокли электростанция учун характерли бўлган ҳисоблаш схемаси кўрсатилган. Бу ҳолатда IV ва V зоналар йўқ.

Юқорида ҳар бир зона учун ҳисоблаш қ. т. токлари ва узиш вақтига тегишли нима ифодаланган бўлса, шуларнинг ҳаммаси бу ҳолат учун ҳам тегишли бўлиши мумкин. Бироқ катта қувватли блокли станцияларнинг I зонаси учун вижючателли ҳар бир занжирга тегишли қ. т. тоklarининг аниқроқ қиймати аниқланиши лозим.

VI ва VII зоналар учун ўз эҳтиёжи электр двигателларининг токини, бир вақтнинг ўзида турли блоklarнинг бир неча секцияларини таъминлай оладиган резерв трансформаторни ишлатишдаги хусусиятини ҳисобга олиб аниқлаш лозим. Одатда, резерв трансформатордан таъминлангандаги қ. т. тоklarининг катталиги иш трансформаторларидан таъминлангандагига қараганда бирмунча катта бўлади, шу сабабли VII зонадаги асбоб-ускуналарни танлашда, фақат шулар ҳисоблаш учун қабул қилинади. Бироқ, ўз эҳтиёжининг иши учун резерв трансформатори ишлатилганда, қ. т. нинг ҳосил бўлиши жуда кам учраши мумкинлигини ҳисобга



3-63-расм. Пасайтирувчи подстанция учун қ. т. токлари бўйича ҳисоблаш зоналари

олиб, директив кўрсатмалар [3-10] кабель линияларни термик мустаҳкамликка ўз эҳтиёжининг иш трансформаторидан кейинги қ. т. токи бўйича текширишни тавсия этади.

3.63-расмда икки автотрансформаторли подстанция схемаси келтирилган. Бу ерда, асосан, фақат иккита ҳисоблаш зоналари I ва VI мавжуд. Биринчи зона иккита — юқори кучланиш занжири (ВН) учун ва ўртача кучланиш занжири (СН) учун. Агар подстанциянинг пасайтирилган кучланишли томонида группавий ёки линия реакторлари ишлатилса, у ҳолда подстанция схемасида IV ҳисоблаш зонаси пайдо бўлиши мумкин.

Ҳамма тайёрлов ҳисоблашлари бажарилгандан сўнг тоқлар қийматлари аппаратуралар ва ток ўтказувчи қисмлар танлаш жадвалига ёзилади (4-бобга қаранг).

Тўртинчи боб

ЭЛЕКТР АППАРАТЛАР ВА ТОҚ ЎТҚАЗУВЧИ ҚИСМЛАР

4-1. АППАРАТ ВА ЎТҚАЗГИЧЛАРНИ ДАВОМЛИ ИШ РЕЖИМЛАРИ БЎЙИЧА ТАНЛАШ УЧУН ҲИСОБЛАШ ШАРТЛАРИ

Электротехника қурилмаларининг давомли иш режими деганда, совитувчи муҳит температураси ўзгармаганда унинг қисмлари белгилангандан ошмайдиган температурагача қизиши учун зарур иш режими тушунилади.

Электротехника қурилмасининг давомли иш режими энергосистема ёки электроустановка қуйидаги: нормал, ремонт, авариядан кейинги режимлардан бирида бўлиши мумкин.

Н о р м а л р е ж и м — электротехника қурилма параметрларининг қийматлари берилган эксплуатация шартларида белгиланган чегаралардан четга чиқмайдиган иш режими ҳисобланади.

Нормал режимда мазкур электр қурилмасининг ҳамма элементлари мажбурий узилмай ва ўта нагрузкаланмай ишлайди. Бу режимда нагрузка токи нагрузка графигига қараб ўзгариши мумкин. Аппарат ва ток ўтказувчи қисмларни танлаш учун нормал режимдаги энг катта ток миқдорини қабул қилиш лозим.

Р е м о н т р е ж и м и — планли профилактик ва капитал ремонт ўтказиладиган режим ҳисобланади. Ремонт режимида электр қурилмаларининг айрим элементлари узилгани учун ишлаб турган элементларга катта нагрузка тушади. Аппарат ва ток ўтказувчи қисмларни танлашда $I_{\text{рем, max}}$ гача ортиб борувчи шу нагрузкани ҳисобга олиш лозим.

А в а р и я д а н к е й и н г и р е ж и м — электр қурилмаларининг айрим элементлари ишдан чиққан ёки авария (плансиз) сабабли узилиб ремонт қилиш учун ўчирилгандаги режим ҳисобланади. Бу режимда электроустановканинг ишлаб турган элементлари $I_{\text{нав, max}}$ токи таъсирида ўта нагрузкаланиши мумкин.

Охирги иккита режимлардан энг огири танланади, бунда кўрилаётган электроустановканинг элементидан энг катта ток I_{max} ўтиши назарда тутилади.

Шундай қилиб, давомли режимнинг ҳисоблаш токлари қуйидагилар ҳисобланади: $I_{ном}$ — нормал режимнинг энг катта токи; I_{max} авариядан кейинги ёки ремонт режимидаги энг катта ток.

Ҳисоблаш тоқларининг баъзи аниқ ҳоллар учун топилишини кўриб чиқамиз

Генератор занжири. Номинал кучланиш ва $\cos \varphi_{ном}$ да генераторни номинал қувват $P_{ном}$ гача нагрузкалаб нормал режимнинг энг катта токига эришилади;

$$I_{ном} = I_{ном,г} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \cos \varphi_{ном}} \quad (4-1)$$

Авариядан кейинги ёки ремонт режимидаги энг катта ток кучланиш 5% га камайганда генераторнинг иш шароитидан аниқланади:

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \cdot 0,95 \cos \varphi_{ном}} \quad (4-2)$$

Конкрет шароитларда I_{max} совитиш системасини яхшилаш (водород босимини кўпайтириш ва бошқалар) ҳисобига орттирилган ток нагрузкасида ишлаётган генератор ишидан аниқланиши мумкин.

Икки чулғамли трансформатор занжири. ВН ва НН томонлардан қуйидагича олинади:

$$I_{ном} = I_{ном,г} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном}}, \quad (4-3)$$

бунда $S_{ном}$ трансформаторнинг номинал қуввати.

Ремонт ёки авариядан кейинги режимнинг энг катта токи, параллел ишлаётган трансформаторлардан бирини узиб, ишлаётган трансформатор авария қоидалари бўйича узоқ муддатли ёки систематик ўта нагрузка билан нагрузкаланиши шароитидан олинади. 2.2- §, е да кўрсатилганидек, ГОСТ 14209—69 бўйича трансформаторлар учун узоқ муддатли аварияли ўта нагрузкаланиш 40% га ва систематик ўта нагрузкаланиш совитиш шароитлари, трансформатор тури ва нагрузка графигига қараб 50% гача рухсат этилади. Агар мумкин бўладиган ҳақиқий ўта нагрузкаланиш маълум бўлмаса, у ҳолда ўқув лойиҳалашда қуйидагича олиш мумкин:

$$I_{max} = 1,5 I_{ном,г}. \quad (4-4)$$

Подстанциядаги уч чулғамли трансформатор ёки автотрансформатор занжири. ВН томондаги ҳисоблаш токлари икки чулғамли трансформатор занжиридаги сингари аниқланади.

Ишлаётган иккита трансформатор (автотрансформатор) ларнинг СН ва НН томонидаги токни аниқлаймиз:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{2\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \quad (4-5)$$

бунда $S_{\text{нагр}}$ — СН ёки НН томондаги энг катта перспектив нагрузка
Трансформаторлардан бири узилганда қуйидагича бўлади;

$$I_{\text{max}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = 2I_{\text{норм}} \quad (4-6)$$

Электростанциядаги уч чулғамли трансформатор ёки автотрансформатор занжири. Уч чулғамли трансформаторлар ТЭЦ да боғловчи трансформаторлар сифатида кенг қўлланилади. Бу ҳолда улар ВН ва СН тармоқларга генераторларнинг ортиқча қувватини узатиб, оширувчи сифатида ишлайди. ВН, СН ва НН занжирларнинг нагрузкаланиши қуйидаги шароитларга: НН, СН даги нагрузка графиги ва электр қурилмаларни НН га улаш схемаларига боғлиқ бўлади. Генератор трансформатор билан блок бўйича уланса НН томондаги (5.18- расм) $I_{\text{норм}}$, I_{max} лар генератор занжиридаги сингари аниқланади.

Генераторлар ўзаро кўндаланг боғланса, у ҳолда НН ва ВН томондаги ҳисоблаш шартлари трансформаторнинг ўта нагрузкаланишини ҳисобга олиб, унинг қуввати бўйича аниқланади, яъни

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном,т}}, \quad I_{\text{max}} = 1,5 I_{\text{ном,т}}$$

Агар СН томон энергосистема билан боғланмаган бўлса, у ҳолда ҳисоблаш шартлари подстанциядаги каби олинади. Агар СН шиналарга энергосистема уланиб, ВН ва СН орасида ўта ток ўтиш ҳадими бўлса, у ҳолда

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном,т}}, \quad I_{\text{max}} = 1,5 I_{\text{ном,т}}$$

Автотрансформаторлар электростанцияларда ВН ва СН қурилмаларини боғлаш учун қўлланилади. Бу ҳолда ВН ва СН томондаги ҳисоблаш шартлари рухсат этиладиган ўта нагрузкаланишни ҳисобга олиб автотрансформатор қуввати бўйича олинади.

Л и н и я з а н ж и р и. Агар линия якка, радиал бўлса, унда $I_{\text{норм}} = I_{\text{max}}$ линиянинг энг катта нагрузкаси бўйича аниқланади.

Иккита параллел ишлаётган линиялар учун;

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{2\sqrt{3}U_{\text{ном}}}; \quad I_{\text{max}} = 2I_{\text{норм}}$$

бунда $S_{\text{нагр}}$ — линияларга уланган истеъмолчиларнинг энг катта қуввати.

n та параллел линиялар учун:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{n\sqrt{3}U_{\text{ном}}}; \quad (4-7)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{n}{n-1} I_{\text{норм}} \quad (4-8)$$

Секцияли шина уловчи виключателларнинг занжирлари, йиғма шиналар. Нормал режим токини аниқлашда токнинг шиналар бўйича энг ноқулай эксплуатацион режимда тақсимланиши ҳисобга олинади. Генераторлардан бир қисмини узиб қўйиш кетаётган линияларни битта шиналар системасига ўтказиш, таъминловчи манбаларни эса бошқасига ўтказиш шундай режимлардан ҳисобланади. Одатда, йиғма шиналардан секцияли ва шина уловчи викключателлардан ўтаётган ток шу шиналарга уланган энг кучли генератор ёки трансформаторнинг I_{max} токидан ошмайди.

Группали қўш реакторнинг занжири. Нормал режимда реакторнинг шохобчалари бир меъёردа нагрукаланган. Нормал режимнинг энг катта токи истеъмолчилар шахобчасига уланган нагрукка бўйича аниқланади:

$$I_{норм} = \frac{S_{нагр}}{\sqrt{3} U_{ном}}. \quad (4-9)$$

Авариядан кейинги ёки ремонт режимида реактор шохобчасига уланган истеъмолчиларнинг линияларидан бири узилганда бошқа шохобчанинг нагруккаси тегишлича ортади, шунинг учун

$$I_{max} = \frac{n}{n-1} I_{норм}, \quad (4-10)$$

бунда n — реактор шохобчаларидан бирига уланган линиялар сони.

Реактор тўғри танланса I_{max} ток реактор шохобчасининг номинал токидан ошмайди

Хулоса қилиб шуни эслатиб ўтамиз, аппарат ҳамда ток ўтказувчи қисмларни авария режими (қисқа туташув) бўйича танлаш шартлари 3.9- § да кўриб ўтилган.

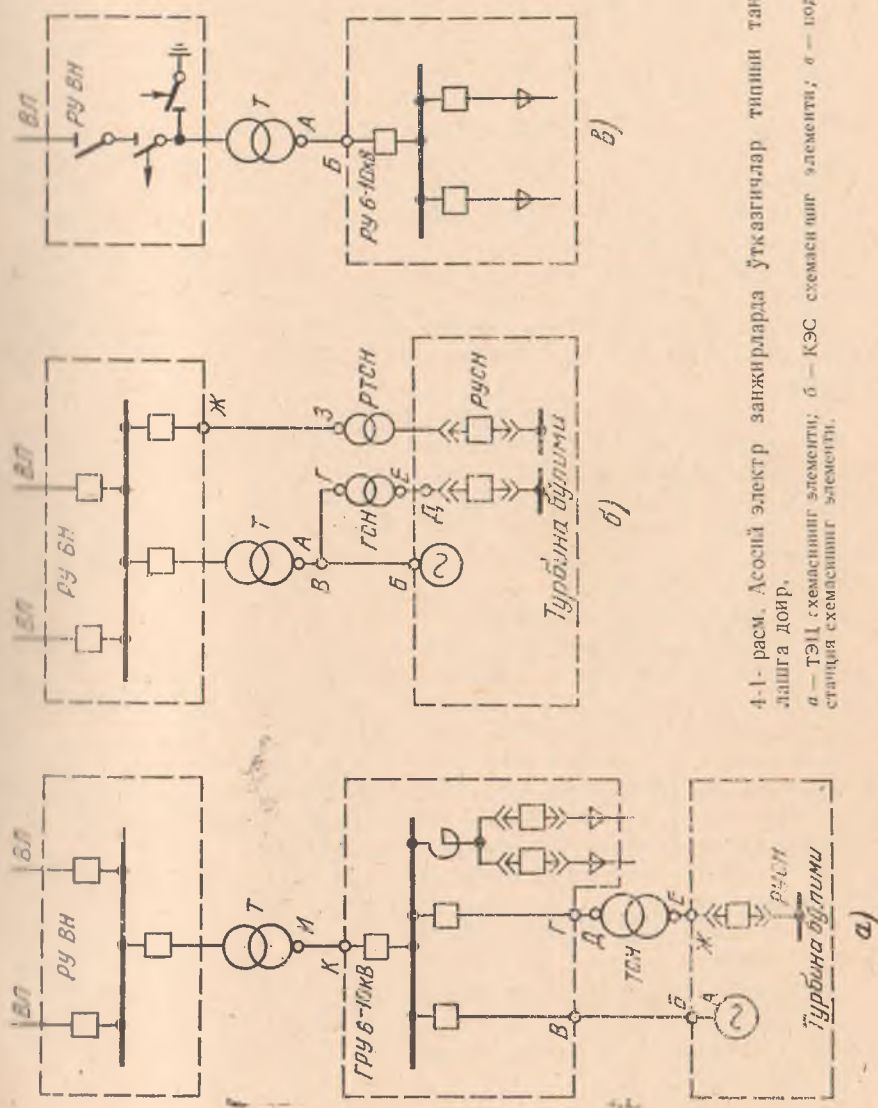
4.2 ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ШИНАЛАРИ ВА ҚУЧ КАБЕЛЛАРИ

а) Асосий электр занжирларида қўлланиладиган ўтказгичлар типлари

Электростанция ва подстанцияларнинг асосий электр ускуналари (генераторлар, трансформаторлар, синхрон компенсаторлар) ва шу занжирлардаги аппаратлар (викключателлар, ажраткичлар ва бошқалар) ўзаро турли типдаги ўтказгичлар ёрдамида уланиб, улар электроустановканинг ток ўтказувчи қисмларини ҳосил қилади.

Электр станция ва подстанцияларда қўлланиладиган ўтказгичлар типларини кўриб чиқамиз. 4.1- расмда ТЭЦ, КЭС ва подстанциялар схемаларининг элементлари ажраткичларсиз, содда ҳолда кўрсатилган.

ТЭЦ даги генераторнинг занжири (4.1- расм, а). Турбина бўлими чегарасида генераторнинг қисқичларидан олд тўмон девори (АВ бўлак) гача бўлган ток ўтказувчи қисмлар ши-



4-1- расм. Асосий электр занжирларда ўтказкичлар тилиши тан-
лашга доир,
а — ТЭЦ схемасининг элементи; б — КЭС схемаси шиг элементи; в — под-
станция схемасининг элементи.

нали кўприк кўринишида, қаттиқ очиқ алюминий шиналардан ёки фазалари бир- биридан ўтказувчилар комплектидан (қуввати 60 МВт ли ва ундан ортиқ генераторларнинг занжирларида) тайёрланади. *БВ* участкада турбина бўлими билан бош тақсимлагич қурилмаси (ГРУ*) ўртасида шинали кўприк ёки эгилувчан осма ток ўтказувчи қисм билан бириктирилади. Бу уланишлар конструкциялари 6.6- § да кўрилган (6.29—6.31- расмларга қаранг). Йиғма шиналарни ҳам қўшганда ёпиқ 6—10 кВ ли РУ нинг ичидаги ҳамма уланишлар тўғри тўртбурчак ёки қутича кесимига эга бўлган қаттиқ очиқ алюминий шиналардан тайёрланади. ГРУ дан боғловчи трансформаторнинг чиққичларигача (*ИК* участка) уланиш, шинали кўприк ёки эгилувчан осма ток ўтказувчи билан амалга оширилади.

35 кВ ва ундан юқори кучланишли РУ нинг ток ўтказувчи қисмлари одатда АС ёки АСО типдаги пўлат алюминий симлардан тайёрланади. ОРУ нинг айрим конструкцияларида ошиновкалашнинг бир қисми ёки ҳаммаси алюминий трубаларидан тайёрланиши мумкин.

Ўз эҳтиёжи трансформаторининг занжири (4.1- расм, *а*). ГРУ деворидан ГРУ яқинига ўрнатилган ТСН нинг чиққичларигача уланишлар қаттиқ алюминий шиналардан тайёрланади. Агар ўз эҳтиёжи трансформатори бош корпуснинг олд томондаги деворига ўрнатилган бўлса, у ҳолда *ГД* участка эгилувчан ток ўтказувчидан бажарилади. Трансформатордан ўз эҳтиёжининг тақсимлаш қурилмасигача (*ЕЖ* участка) кабель билан уланиш қўлланилади.

6—10 кВ ли линияларнинг занжирларида реакторгача ва ундан кейинги, шунингдек, ҚРУ шкафларидаги ҳамма ошиновка тўғри бурчакли алюминий шиналаридан тайёрланган. Истеъмолчига бевосита кабель линиялари кетади.

КЭС даги генератор — трансформатор блокидаги *АВ* бўлак ва ўз эҳтиёжи трансформаторига пайвандланган бўлак *ВГ* (4.1- расм, *б*) фазалари алоҳида тўсилган ток ўтказувчилар комплектидан тайёрланади (6.31- расм).

ТСН дан ўз эҳтиёжининг тақсимлагич қурилмасигача бўлган *ЕД* бўлак учун 6 кВ ли ёпиқ ток ўтказувчи қўлланилади.

Ўз эҳтиёжининг резерв трансформатори занжиридаги *ЖЗ* бўлак кабелдан ёки эгилувчан симдан тайёрланиши мумкин. У ёки бу турдаги бириктириш усулини танлаш ОРУ, бош корпус ва резерв ТСН нинг ўзаро жойлашувига боғлиқ. ТЭЦ даги каби 35 кВ ли ва ундан юқори РУ ларда ҳамма ошиновкалаш АС ёки АСО симлари билан бажарилади.

Подстанцияларнинг очиқ жойида АС симдан ёки қаттиқ алюминий трубалардан тайёрланган ошиновкалаш қўлланилиши мумкин. Трансформатор ёпиқ 6—10 кВ ли РУ ёки 6—10 кВ ли ҚРУ билан эгилувчан осма ток ўтказувчи, шина кўприги ёки ёпиқ ток ўтказувчилар комплекти билан бирлаштирилади. 6—10 кВ ли РУ да қаттиқ ошиновкалаш қўлланилади.

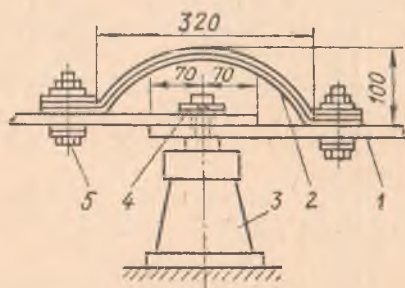
* ГРУ — главное распределительное устройство

б) Қаттиқ шиналарни танлаш

Юқорида айтилганидек, 6—10 кВ ли ёпиқ РУ ларда ошиновка ва пайма шиналар қаттиқ алюминий шиналар билан амалга оширилади. Мис шиналар қиммат бўлганлиги учун ҳатто катта ток нағрузкаларида ҳам қўлланилмайди. 3000 А гача бўлган тоқларда бир ва икки йўлли (полосали) шиналар ишлатилади. Катта қийматли тоқларда кесими қутича кўринишидаги шиналар тавсия этилади, чунки улар яқинлик эффекти ва сирт эффекти туфайли қувват йўқотишини камайтириш, шунингдек, совитиш шароитларини яхшилаш имконини беради. Масалан, 2650 А ли тоқда 60×10 мм ўлчамдаги уч йўлли алюминий шиналар ёки рухсат этиладиган токи 2670 А бўлганда 2×695 мм ли қутича кўринишидаги шиналар керак бўлади. Биринчи ҳолда шиналарнинг умумий кесими 1800 мм^2 ни, иккинчи ҳолда 1390 мм^2 ни ташкил этади. Бу мисолдан қутича кўринишидаги шиналарда токнинг рухсат этиладиган зичлиги янча юқори ($1,47 \text{ А/мм}^2$ ўрнига $1,92 \text{ А/мм}^2$) эканлиги кўринади.

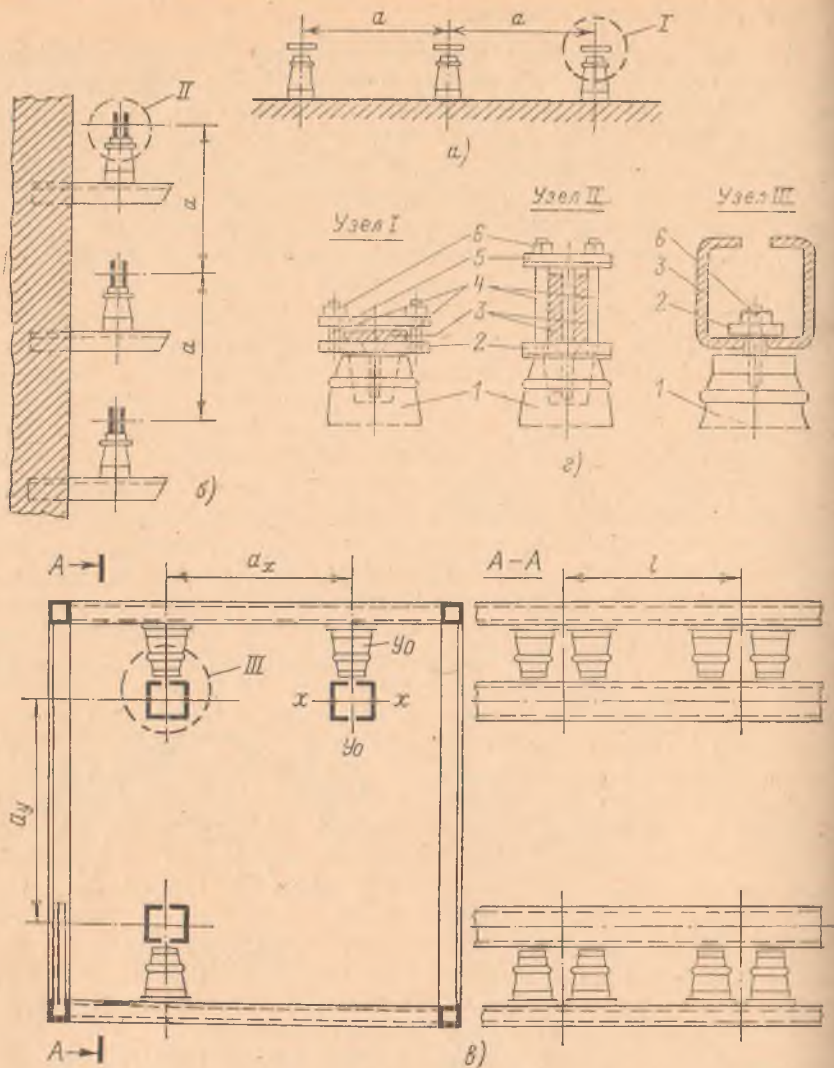
Пайма шиналар ва улардан 6—10 кВ ли электр аппаратларига борадиган тармоқлар (ошиновка) тўғри бурчакли ёки қутича профлидаги ўтказгичлардан бажарилиб, чиннидан тайёрланган таянч изоляторларга маҳкамланади. Шиналарни изоляторларда маҳкамлаш учун хизмат қиладиган шина тутқичлар шиналар қизигандаги чузиллишида уларни бўйлама силжишига йўл қўяди. Шиналарнинг узунлиги катта бўлганда, шина материал каби юққа полосадан тайёрланган компенсатор ўрнатилади (4.2- расм). Шиналарнинг учлари изоляторда бўйлама овал тешик орқали шпилька ва пружиналовчи шайба билан маҳкамланиб, сирпаниш имкониятига эга. Аппаратларга бирлаштирилган жойларда шиналар букилади ёки компенсаторлар ўрнатилади, чунки иссиқлик таъсирида шиналарнинг узайишидан ҳосил бўладиган кучлар аппаратга таъсир этмаслиги керак. 4.3- расмда шиналарни изоляторларда жойлаштиришнинг турли усулларининг эскизлари келтирилган. Шиналарни узунлиги бўйича бирлаштириш одатда пайвандлаш орқали амалга оширилади. Алюминий шиналарни аппаратларнинг мис (жез) қисмаларига бирлаштириш мис — алюминий электролит жуфтнинг ҳосил бўлишини олдини оладиган ўтувчи қисмалар ёрдамида амалга оширилади.

Иссиқлик узатишни яхшилаш ва эксплуатацияда қулайлик туғдириш учун шиналар: ўзгарувчан тоқда А фаза — сариқ, В фаза — яшил, ва С фаза — қизил рангга бўялади; ўзгармас тоқда мусбат шина — қизил, манфий фаза эса ҳаво рангга бўялади.



4.2- расм. Бир йўлли шиналар учун компенсатор.

1 — шина; 2 — компенсатор; 3 — таянч изолятор; 4 — пружиналанадиган шайба; 5 — болт.



4-3- расм. Шиналарнинг жойлашиш эскизлари:

a — горизонтал; b — вертикал; a — узибурчаклик учлари буйлаб; a — шиналари I, II, III узелларда маҳкамлаш; 1 — таянч изолятор; 2 — пулат планка; 3 — шина; 4 — пулат тиргак трубка; 5 — алюминий планка; 6 — шпилька.

Токнинг тежамли зичлигига қараб ошиновка кесими танланади:

$$q_b = \frac{I_{\text{норм}}}{i_b}, \quad (4-11)$$

бунда $I_{\text{норм}}$ — нормал режимдаги ток (ўта нагруккасиэ); токнинг тежамли нормалаштирилган зичлиги $A/\text{мм}^2$ (4.1- жадвал). Келти-

ридан ҳисобий харажатларнинг энг кичик қийматлари таъмин-
ланидиган кесимлар ўтказгичларнинг тежамли кесими деб ата-
лади [2-15.]

4.1-жадвал

Токнинг тежамли зичлиги, А/мм²

Ўтказгич	T_{max} соатда		
	1000—3000	3000—5000	5000 дан юқори
Изоляцияланмаган сим ва шиналар:			
эбо	2,5	2,1	1,8
алюминий	1,3 (1,5)	1,1 (1,4)	1,0 (1,3)
Қавс изоляцияли кабеллар ва ре- зина изоляцияли симлар:			
эбо томирли	3,0	2,5	2,0
алюминий томирли	1,6 (1,8)	1,4 (1,6)	1,2 (1,5)
Резина ва пластмасса изоляцияли кабеллар:			
эбо томирли	3,5	3,1	2,7
алюминий томирли	1,9 (2,2)	1,7 (2,0)	1,6 (1,9)

Эбо эластик; Қавсиз рақамлар алюминий томирли алюминий симлар, шиналар
ва кабеллар—Иттифоқнинг Европа қисми, Закавказье, Забайкал ва Узоқ Шарқ
қисми, давлатчилари эса Марказий Сибирь, Қозоғистон ва Ўрта Осиё учун.

(4-1) бўйича аниқланган кесим бутун сонга яхлитланади. Агар
адиётда олинадиган миқдор ҳисобланган тежамли қийматга нис-
батан 15% дан ортиқ бўлмаса, у ҳолда энг яқин кичик стандарт
кесим қабул қилинади. Акс ҳолда энг яқин катта стандарт кесим қабул
қилинади.

*Шунинг ҳисобга олиш керакки, токнинг тежамли зичлиги бўйича
ўйлаб-чиқар танланмайди:*

ҳамма кучланишдаги йиғма шиналар, чунки шиналарнинг узун-
лиги бўйича нагрукадан бир хил эмас ва унинг кўп участкаларида
шо токидан кичик;

резерв линиялар ва ўз эҳтиёжи резерв трансформаторларининг
кабеллари ва ошиновкаси, чунки улар аҳён-аҳёнда уланади;

ҳамма вақтинча ишлайдиган қурилмаларнинг ток ўтказувчи
қисмлари;

1000 В гача бўлган установакалардаги кабеллар ва ошиновка,
фақат $T_{max} < 4500$ соат бўлсагина, чунки бунда энергиянинг исроф
бўлиши юқори бўлмайди.

Юқорида кўрсатилган ток ўтказувчи қисмлар фақат [4-12]
шартлар бўйича танланади.

Токнинг тежамли зичлиги бўйича танланган шиналар қуйидаги-
ларга текширилади:

қилиш шароитида рухсат этиладиган токка;

қ. т. токлари таъсир этганда термик мустаҳкамликка;

қ. т. да динамик мустаҳкамликка (механик ҳисоблаш).

Рухсат этиладиган токка текшириш. (4-11-
бўйича танланган шиналар ремонт ёки авариядан кейинги режим)

нинг максимал нагрузкалар қизиш шартларига жавоб бериши керак:

$$I_{max} \leq I_{рух.э\tau} \quad (4-12)$$

бунда $I_{рух.э\tau}$ — танланган кесимли шиналарга рухсат этиладиган ток, бу ток шиналарни катта юзаси бўйича қўйилганлигини ёки совитувчи атропо муҳит температурасининг жадвалдан олинган температураси ($\theta_{0,ном} = 25^\circ\text{C}$) дан фарқ қилишини кўрсатувчи тузатишни ҳисобга олади. Охирги ҳолда

$$I_{рух.э\tau} = I_{рух.э\tau, ном} \sqrt{\frac{\theta_{дл.рух.э\tau} - \theta_0}{\theta_{дл.рух.э\tau} - \theta_{0,ном}}} \quad (4-13)$$

$\theta_{дл.рух.э\tau} = 70^\circ\text{C}$, $\theta_{0,ном} = 25^\circ\text{C}$ бўлганда шиналар учун

$$I_{рух.э\tau} = I_{рух.э\tau, ном} \sqrt{\frac{70 - \theta_0}{45}}$$

бунда $I_{рух.э\tau, ном}$ — совитувчи муҳит температураси $\theta_{0,ном} = 25^\circ\text{C}$ даги жадвалдан олинган рухсат этиладиган ток; θ_0 — совитувчи атропо муҳитнинг ҳақиқий температураси.

Қ. т. да термик мустаҳкамликка текшириш қуйидаги шарт асосида олиб борилади:

$$\theta_k \leq \theta_{к, рух.э\tau} \quad (4-14)$$

бунда θ_k — қ. т. токи билан қизигандаги шиналар температураси (3.7-§ га қаранг); $\theta_{к, рух.э\tau}$ — қ. т. да шиналарнинг рухсат этиладиган қизиш температураси (3.11-жадвалга қаранг).

Шиналарни электродинамик мустаҳкамликка текшириш. Изоляторларга ўрнатилган қаттиқ шиналар электродинамик кучлар таъсирида бўлган динамик тебранма системасидан иборат. Бундай системада тебраниш ҳосил бўлиб, унинг частотаси конструкциялар массаси ва қаттиқлигига боғлиқ. Қ. т. да ҳосил бўладиган электродинамик кучларнинг 50 ва 100 Гц частота билан ўзгарувчи ташкил этувчилари бўлади. Агар шина — изоляторлар тебранма системасининг хусусий частоталари юқоридаги миқдорларга мос келса, у ҳолда изолятор ва шиналарга тушадиган нагрузка ортади. Агар хусусий частоталар 30 Гц дан кичик ва 200 Гц дан катта бўлса, у ҳолда механик резонанс ҳосил бўлмайди. Амалда қўлланиладиган кўпчилик шиналарнинг конструкцияларида бу шартларга амал қилинади, шунинг учун ПУЭ механик тебранишни ҳисобга олиб электродинамик мустаҳкамликка текширишни талаб этмайди. Хусусий ҳолларда, масалан, қаттиқ шинали РУнинг янги конструкцияларини лойиҳалашда алюминий шиналар учун хусусий тебранишлар частотаси аниқланади [1-14];

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}}; \quad (4-15)$$

мис шиналар учун

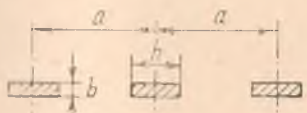






$$f_0 = \frac{125,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}}; \quad (4-16)$$

бунда l — изоляторлар орасидаги таянч узунлиги, м; J — эгувчи куч йўналишига перпендикуляр (тик) бўлган ўққа нисбатан шинанинг кўндаланг кесим юзасининг инерция моменти, см⁴; q — шинанинг кўндаланг кесими, см².

Таянчлар оралиги билан шиналар кесимининг шаклини ўзгартириб, механик резонансни йўқотишга эришилади, яъни $f_0 > 200$ Гц бўлади. Бу ҳолда шиналарни электродинамик мустаҳкамликка тек-

4.2- жадвал

Қаршилик ва инерция моментлари

Шиналарнинг жойлашуви	Инерция моменти	Қаршилик моменти
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{hb^2}{6}$
	$\frac{bh^3}{6}$	$\frac{bh^2}{3}$
	$\frac{hb^3}{6}$	$\frac{hb^2}{3}$
	$0,72b^3h$	$1,44b^2h$
	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi b^3}{32}$
	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$

ширишда шина ва изоляторлар қ. т. да ҳосил бўладиган максимал электродинамик кучга тенг нағрузка билан статик система деб фараз қилинади (3.6- § га қаранг). Агар $f_0 < 200$ Гц бўлса, у ҳолда шина конструкциясининг механик тебранишларидан келиб чиқадиган қўшимча динамик кучлар ҳисобга олиниб, шиналар махсус ҳисоблаб чиқилади [3-7], [4-17].

Бир полосали шиналарни механик ҳисоблаш. Шиналарнинг уч фазали қ. т. даги энг катта солиштирма кучи (3-74) формуладан аниқланади [Н/м].

Фазалар орасидаги масофа шиналар периметридан анча катта $a \gg 2(b + h)$ бўлгани учун шакл коэффициенти $k_{\phi} = 1$ бўлади.

3.6- § да кўрсатилганидек, уч фазали шикастланишда энг катта электродинамик кучлар ҳосил бўлади, шунинг учун кейинги ҳисоблашларда уч фазали қ. т. нинг зарбий токи ҳисобга олинади. Соддалаштириш мақсадида (3) индекслар тушириб қолдирилади.

Бир хил тақсимланган куч f эғувчи момент $H \cdot m$ ҳосил қилади (шина таянчларда эркин ётувчи кўп пролётли тўсин деб қаралади)

$$M = \frac{f l^2}{10},$$

бунда l — шина конструкциясининг таянч изоляторлари орасидаги масофа узунлиги, м!

Эғувчи момент таъсирида ҳосил бўладиган шина материалининг кучланиши, МПа,

$$\sigma_{\text{ҳис}} = \frac{M}{W} = \frac{f l^3}{10W} = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \frac{f y l^2}{W a}, \quad (4-17)$$

бунда W — куч таъсирига перпендикуляр йўналган ўққа нисбатан шинанинг қаршилик моменти, см³ (4.2- жадвал).

Шиналар механик мустаҳкам ҳисобланади, агар $\sigma_{\text{ҳис}} \leq \sigma_{\text{рух.эт}}$ бўлса, бунда $\sigma_{\text{рух.эт}}$ — шиналар материалдаги рухсат этиладиган механик кучланиш (4.3- жадвал)

4.3- ж а д в а л

Шиналар материалдаги рухсат этиладиган механик кучланиш

Материал	Маркаси	$\sigma_{\text{рух.эт}}$, МПа	Эластиклик модули, E , 10^{10} Па
Алюминий	АО, А1	82,3	7
	АДО	41,2—48	—
Алюминий қотинмаси	АД31Т	89,2	—
	АД31Т1	137,2	—
	МГМ	171,5—178,4	10
Пўлат	МГТ	171,5—205,8	10
	Ст. 3	260,7—322,4	20

Икки полосали шиналарни механик ҳисоблаш. Агар ҳар қайси фаза икки полосадан иборат бўлса (4.4- расм) у ҳолда фазалар ва полосалар орасида механик кучлар ҳосил бўлади. Полосалар ора-

сидаги куч таъсирида улар бир-бирига тегмаслиги керак. Шу кучни камайтириш мақсадида пролётдаги полосалар орасига қистирмалар ўриатилади. Қистирмалар оралиғи l_n қ. т. да ҳосил бўладиган электродинамик кучлар таъсирида полосалар бир-бирига тегмайдиган қилиб олинади [3-7]:

$$l_n < 0,216 \sqrt{\frac{a_n}{i_y^{(3)}}} \sqrt[4]{\frac{EJ_n}{K_\Phi}} \quad (4-18)$$

Механик система: икки полосалар изоляторларнинг механик резонанс натижасида куч кескин ортмаслиги учун хусусий тебраниш частотаси 200 Гц дан катта бўлиши керак. Шунга асосан катталик яна бир шарт асосида олинади:

$$l_n < 0,133 \cdot 10^{-2} \sqrt[4]{\frac{EJ_n}{m_n}}, \quad (4-19)$$

бунда a_n — полосалар ўқларининг орасидаги масофа см; J — полосанинг инерция моменти, см⁴; k_Φ — шакл коэффициенти (4.5-расм); m_n — узунлик бирлигига тўғри келадиган полоса массаси кг/м; E — шиналар материалининг эластиклик модули (4.2-жадвал).

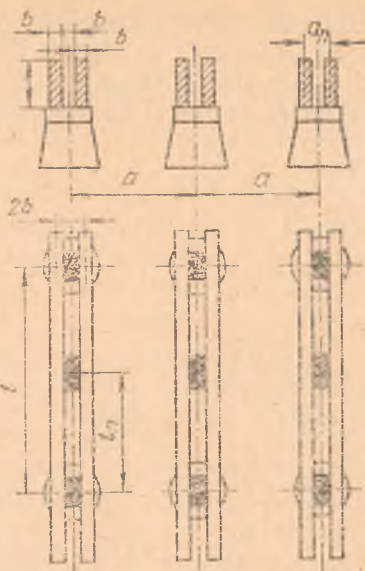
(4.18) ва (4.19) ифодалар бўйича аниқланган икки катталиклар ошда кичиги олинади.

Икки полосали пакетдаги полосалар орасидаги ўзаро таъсир кучни (3-72) га $i_1 = i_2 = i_y/2$; $a = a_n = 2b$ ларни қўйиб аниқлаш мумкин:

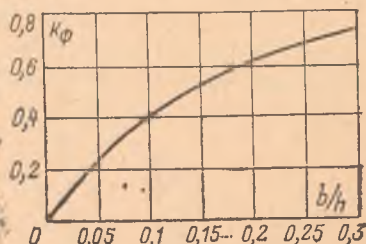
$$f_n = 2 \cdot 10^{-7} k_\Phi \left(\frac{i_y}{2}\right)^2 \frac{1}{2b} = \frac{k_\Phi}{4} \cdot \frac{i_y^2}{b} \cdot 10^{-7}. \quad (4-20)$$

Полосаларнинг ўзаро таъсирдан шиналар материалдаги кучланиш (шиналар учлари маҳкамланган, нагруккаси текис тақсимланган балка деб қаралади) ни аниқлаймиз, МПа,

$$\sigma_n = \frac{f_n l_n^2}{12W_n}, \quad (4-21)$$



4-4- расм. Икки йўлли шиналарнинг жойлашиш эскизи.



4-5- расм. $a_n = 2b$ бўлганда икки йўлли шиналар учун k_Φ коэффициенти аниқлаш эгри чизиқлари.

бунда W_n — битта полосанинг қаршилиқ momenti, см³; l_n — қистир-малар орасидаги масофа, м.

Фазаларнинг ўзаро таъсиридан материалда ҳосил бўладиган кучланишни (4-17) дан аниқлаймиз:

$$\sigma_\phi = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \frac{l_\phi^2}{aW_\phi} i_y^2,$$

бунда l_ϕ — изоляторлар орасидаги пролёт узунлиги; W_ϕ — шиналар пакетининг қаршилиқ momenti (4.2-жадвал)

Шиналар механик мустаҳкам ҳисобланади, агар $\sigma_{\text{хис}} = \sigma_\phi + \sigma_n \leq \sigma_{\text{рух.эт}}$ бўлса.

Қутисимон кесимли шиналарни механик ҳисоблаш (4.6-расм). Қутисимон кесимли шиналарнинг инерция momenti тўғри бурчак кесимли шиналарникига қараганда анча катта бўлади. Масалан, (100 × 10) мм² ли шина «қовургаси» (ён томони) да жойлашган бўлса, $J = \frac{hb^3}{12} = \frac{10 \cdot 1^3}{12} = 0,83$ см⁴ бўлади, кесими 1010 мм² ли швеллер профилли битта шина учун эса $J_{y-y} = 18,5$ см⁴ бўлади, тўғри бурчакли шина юз томони билан жойлашса:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{10^3 \cdot 1}{12} = 83 \text{ см}^4,$$

швеллердан ясалган шина учун эса $J_{x-x} = 135$ см⁴ бўлади.

Демак, кесими |қутича |қуринишидаги шиналарнинг хусусий тебраниш частотаси f_{01} (4-15), (4-16) га қаранг, кесими тўғри бурчакли шиналарникига қараганда анча катта бўлади. Бу механик тебранишни ҳисобга олмай ҳисоблаш ишларини бажариш имконини беради.

Фазаларнинг ўзаро таъсиридан шина материалларида ҳосил бўладиган кучланиш шиналарни жойлаштиришни ҳисобга олиб, (4-17) бўйича аниқланади. Агар шиналар горизонтал текисликда жойлашиб (4.6-расм, а), швеллерлар ўзаро қаттиқ бириктирилган бўлса, у ҳолда

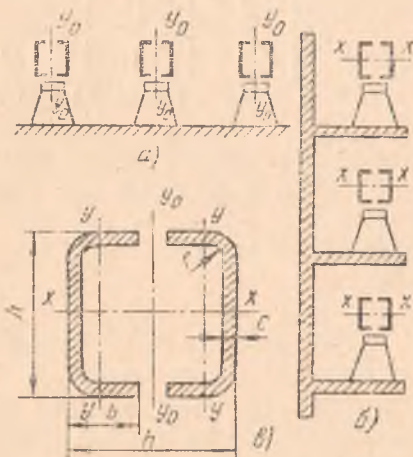
$$W = W_{y_0-y_0}$$

Қаттиқ бириктирилмаса

$$W = 2W_{y-y}$$

Агар шиналар вертикал текисликда жойлашган бўлса (4.6-расм, б) унда

$$W = 2W_{x-x}$$



4.6- расм. Қутисимон кесимли шиналарни механик ҳисоблашга доир:

а — горизонтал жойлашши; б — вертикал жойлашши; в — қутисимон шина кесими.

Қутисимон шиналардан ташкил қилинган швеллерлар орасидаги ўзаро таъсир кучини (3-72) дан $k_{\phi} = 1$; $a = h$; $i_1 = i_2 = i_y/2$ деб қабул қилиб аниқланади:

$$f_n = 0,5 \frac{i_y^2}{n} 10^{-7}. \quad (4-22)$$

f_n куч таъсирида шина материалидаги кучланиш (4-21) дан аниқланади:

$$\sigma_n = \frac{f_n l_n^2}{12W_n},$$

бунда $W_n = W_{y-p}$.

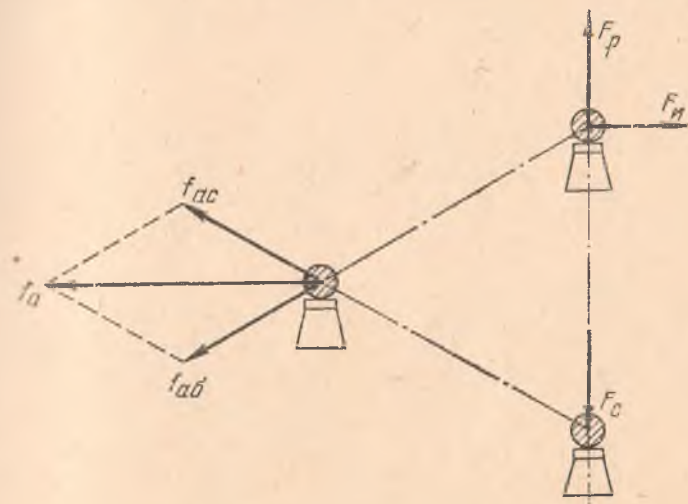
Агар $\sigma_{\text{хис}} = \sigma_{\phi} + \sigma_n \leq \sigma_{\text{рух.эт}}$ бўлса, шиналар механик мустаҳкам ҳисобланади.

Агар бу шарт бажарилмаса, у ҳолда σ_{ϕ} ёки σ_n ни камайтириш лозим, бунга l_{ϕ} ёки l_n ни камайтириш йўли билан эришилади. Таянчлар оралиғи l_{ϕ} тақсимлаш қурилмасининг конструкциясидан аниқланади, l_n катталигини, агар швеллерлар бўйи бўйича қаттиқ маҳкамланмаган бўлса, таянчлар оралиғидаги қистирмалар сонини ортириб ўзгартириш мумкин.

Қистирмалар орасидаги рухсат этилган максимал оралиқ:

$$l_{n,max} = \sqrt{\frac{12(\sigma_{\text{рух.эт}} - \sigma_{\phi})W_n}{f_n}}. \quad (4-23)$$

Тенг томонли учбурчаклик учларига жойлашган шиналарни механик ҳисоблаш (4.7-расм). Ҳамма фазаларнинг шиналари бир хил широкликларда бўлади. Фаза А нинг шинасига (3-72) формула бўйи-



4-7- расм. Учбурчаклик учларида жойлашган шиналарни ҳисоблашга доир.

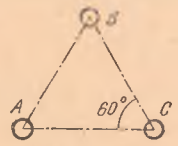
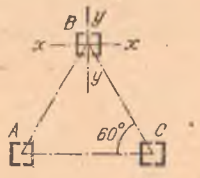
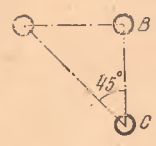

ча аниқланадиган f_{ac} ва f_{ab} кучлар таъсир этади, бироқ горизонтал жойлашган шиналарга нисбатан бу ҳолда кучларнинг векторлари фазада 60° бурчакка силжиган бўлади. Тенг таъсир этувчи куч f_a фақат миқдори бўйича $2\omega t$ частота билан ўзгармай, балки изоляторларга чўзувчи F_p , эгувчи F_n ва сиқувчи F_c кучлар билан таъсир этадиган кучлар ҳосил қилиб йўналиши бўйича ҳам ўзгаради (f_a векторнинг охири айлана бўйича сурилади).

Бу ерда исботни келтирмасдан, шуни айтиш керакки, ўзаро таъсир этувчи кучнинг максимал қиймати шиналар горизонтал жойлашганда фаза B га таъсир этувчи кучга тенг бўлади, Н/м:

$$f_\phi = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \frac{i_y^2}{a}$$

4.4-жадвал

Ўчбурчаклик учларида жойлашган шиналарни механик ҳисоблаш формуллари

Шиналарнинг жойлашиш эскизи	Фазалар ўртасидаги ўзаро таъсирдан шина материалида ҳосил буладиган кучланиш, МПа	Изоляторларга таъсир этувчи кучлар, Н
	$\sigma_{\phi, \max} = \sqrt{3} \frac{i_y^2 l^2}{aW} \cdot 10^{-8}$	$F_p = \sqrt{3} \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$
	$\sigma_{\phi, \max} = 2,5 \frac{i_y^2 l^2}{aW y_0 - y_0} \cdot 10^{-8}$	$F_n = 1,62 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$ $F_c = 1,3 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$
	$\sigma_{\phi, \max} = 1,64 \frac{i_y^2 l}{aW} \cdot 10^{-8}$	$F_p = 1,5 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$ $F_n = 1,62 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$ $F_c = 1,62 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7}$
	$\sigma_{\phi, \max} = 2,2 \frac{i_y^2 l}{aW y_0 - y_0} \cdot 10^{-8}$	

Эслатма. Ҳисоблаш формулларида i_y — ампердг, l ва a — метрда, W — сантиметр кубда қўйилади.

Агар шиналар тўғри бурчакли уч-бурчаклик учларига жойлашган бўлса, у ҳолда улар орасида ҳосил бўладиган кучларни аниқлаш мураккаблашади, чунки фазалар турли шароитларда бўлади. 4.4-жадвалда учбурчакликлар учларида жойлашган қутисимон ва труба-симон кесимли шиналар учун изоляторларга таъсир этадиган кучлар ва $d_{\text{ном}}$ ни аниқлаш учун ҳисоблаш формуллари келтирилган.

Қутисимон кесимли шиналарда σ_n ёки $I_{\text{н, ном}}$ ни аниқлаш ҳам худди горизонтал ёки вертикал жойлашган шиналар синга-ри амалга оширилади.

Изоляторларни танлаш. Тақсимлаш қурилмаларида шина лар та-нич, ўтувчи ва озма изоляторларга маҳкамланади. Қаттиқ шиналар та-нич изоляторларга маҳкамланиб, улар қуйидаги шарҳлар бўйича танланади:

номинал кучланиш бўйича $U_{\text{бел}} \leq U_{\text{ном}}$;
рухсат этиладиган нагрузка бўйича $F_{\text{хис}} \leq F_{\text{рух.эт}}$,
бунда $F_{\text{хис}}$ — изоляторга таъсир этадиган куч; $F_{\text{рух.эт}}$ — изоля-тор қалмагидаги рухсат этиладиган нагрузка.

$$F_{\text{рух.эт}} = 0,6 F_{\text{буз}},$$

бунда $F_{\text{буз}}$ — эгишга таъсир этаётган бузувчи нагрузка.

Ҳамма фазаларнинг изоляторларини горизонтал ёки вертикал жойлашгиргандаги ҳисоблаш кучи қуйидагига тенг, Н:

$$F_{\text{хис}} = \sqrt{3} \frac{l^2}{a} l k_h \cdot 10^{-7} = f_{\phi} l k_h,$$

бунда k_h — шина қирраси билан жойлашган бўлса унинг баландли-гига киритилган тузатиш коэффиценти (4.8-расм):

$$k_h = \frac{H}{H_{\text{из}}}; H_k^2 = H_{\text{из}} + b + \frac{h}{2},$$

бунда $H_{\text{из}}$ — изолятор баландлиги.

Шиналар учбурчакликнинг учларида жойлашганда $F_{\text{хис}} = k_h F_{\text{из}}$ (4.4-жадвалга қаранг) бўлади.

Ўтувчи изоляторлар қуйидагича танланади:

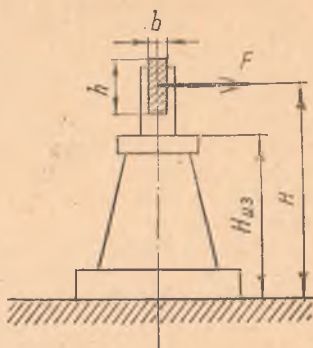
кучланиш бўйича $U_{\text{бел}} \leq U_{\text{ном}}$;

номинал ток бўйича $I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$;

рухсат этиладиган нагрузка бўйича $F_{\text{хис}} \leq F_{\text{рух.эт}}$.

Ўтувчи изоляторлар учун ҳисоблаш кучи

$$F_{\text{хис}} = 0,5 f_{\phi} I.$$



4-8-расм. Изолятордаги ҳисоблаш нагрукасини аниқлашга доир.

4.1-мисол. **Топшириқ.** ГРУ нинг 10,5 кВ ли йиғма шиналар, йиғма шиналаридан то генератор Г2 нинг чиққичларигача бўлган ток ўтказувчи қисмлари ва изоляторлари танлансин. Шу электр станциянинг схемаси ва параметрлари 3.1, 3-3-мисолларда келтирилган. Қ. т. тоқларининг ҳисоблаш натижалари 3.9-жадвалда берилган. $I_{max} = 6000$ соат, энг иссиқ ойнинг ўртача ойлик температураси $+30^{\circ}\text{C}$ деб қабул қилинсин.

Е чи ш. Йиғма шиналарни танлаш. Йиғма шиналар тўғри бурчакли учбурчаклининг учларида 4.3-расм, в да кўрсатилган фазалар орасидаги масофа $a_x = a_y = 0,8$ м ва пролёт узунлиги $l = 2$ м билан жойлашади деб фараз қилайлик.

Шиналар бўйича нагурузанинг тақсимланиши номъалум бўлганлиги учун, шинанинг энг кучли уланмаси ТВФ-60-2 генераторнинг токи бўйича танлаймиз. Нормал режим токи (4.1-§ га қаранг)

$$I_{\text{норм}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos\varphi} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4120 \text{ А.}$$

Авария ёки ремонт режимидан кейинги максимал ток (4.1-§ га қаранг):

$$I_{max} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cos\varphi} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4350 \text{ А.}$$

Йиғма шиналар токнинг тежамли зичлиги бўйича танланмайди, шунинг учун шиналар кесимини рухсат этиладиган ток бўйича танлаймиз. Қутисимон кесимли алюминийли 2(125×55×6,5) мм шиналар танлаймиз; баландлиги $h = 125$ мм; токча эни $b = 55$ мм; шина қалинлиги $c = 6,5$ мм; кесими (2×1370) мм²; $W_{y_0-y_0} = 100$ см³; $W_{y-y} = 9,5$ см³; $I_{\text{рух.эт}} = 4640$ А [1-9], 7.5-жадвал; $I_{max} = 4350 \text{ А} < I_{\text{рух.эт}} = 4640 \text{ А} \cdot 0,94$, бунда 0,94 — температура учун [1-9] тузатиш коэффициенти.

Шиналарни термик мустаҳкамликка текшириш. 3.8-мисол маълумотлари асосида 10 кВ ли шиналарда уч фазали қ. т да иссиқлик импульси $B_K = 15348 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$ бўлади.

Шиналарнинг қ. т. бўлмасдан олиндиги температурасини аниқлаймиз:

$$\theta_0 = \theta_0 + (\theta_{\text{рух.эт}} - \theta_{0,\text{ном}}) \left(\frac{I_{max}}{I_{\text{рух.эт}}} \right)^2 = 30 + (70 - 25) \left(\frac{4350}{4640} \right)^2 = 69,5^{\circ}\text{C.}$$

3.46-расмдаги эгри чизиқдан $f_0 = 57^{\circ}\text{C}$ ни аниқлаймиз:

$$f_{\text{ох}} = f_0 + k \frac{B_K}{q^2} = 57 + 1,054 \times 10^{-2} \frac{15348 \cdot 10^6}{2740^2} = 78,54^{\circ},$$

бунда $k = 1,054 \cdot 10^{-2}$ (3.12-жадвалдан олинди).

3.46-расмдаги эгри чизиқдан $\theta_0 = 108^{\circ}\text{C}$ ни топамиз, бу алюминийли шиналар учун рухсат этилган 200°C температурадан жуда кичик.

Механик мустаҳкамликка текшириш. Горизонтал текисликда шина конструкцияларининг ўзаро таъсирдан (4-15) бўйича конструкциялар тебранишларининг хусусий частотасини аниқлаймиз:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{J_{y_0-y_0}}{b}} = \frac{173,2}{2^2} \sqrt{\frac{625}{2 \cdot 13,7}} = 206,5 \text{ Гц,}$$

бунда $J_{y_0-y_0}$ — 7.5-жадвалдан олинган шинанинг инерция моменти [1-9].

$f_0 > 200$ Гц бўлганлиги учун, шина конструкциясидаги тебрана процессни эътиборга олмай ҳисоблашни олиб бориш мумкин.

σ_{ϕ} ни аниқлаш учун ҳисоблаш формуласини 4.4-жадвалдан оламиз, (3.9-жадвалдан шиналардаги зарбий токни 10,5 кВ да (К-2 нуқта) аниқлаймиз (3.9-§, II ҳисоблаш зонаси).

$$i_{y,\Sigma} = 78,69 + 41,63 + 45,63 = 165,95 \text{ кА.}$$

Иккита уланган шиналар кесимининг қаршилик momenti

$$W_{y_0-y_0} = 100 \text{ см}^3 \text{ бўлса, у ҳолда}$$

$$n_{\text{ф. max}} = 2,2 \frac{i_y^2 l^2}{a W_{y_0-y_0}} \cdot 10^{-8} = 2,2 \frac{165 \cdot 950^2 \cdot 2^2 \cdot 10^{-8}}{0,8 \cdot 100} = 30,293 \text{ МПа.}$$

(4-22) бўйича швеллерлар орасидаги ўзаро таъсир кучи

$$f_{\text{II}} = 0,5 \frac{i_y^2}{h} \cdot 10^{-7} = 0,5 \frac{165 \cdot 950^2}{0,125} \cdot 10^{-7} = 11015 \text{ Н/м.}$$

$$W_{\text{II}} = W_{y-y} = 9,5 \text{ см}^3 \text{ ва } \sigma_{\text{рух.эт}} = 82,3 \text{ МПа деб олиб,}$$

4.3-жадвалдан швеллерларнинг пайвандланган жойи орасидаги максимал оралиқни аниқлаймиз:

$$l_{\text{II. max}} = \sqrt{\frac{12(\sigma_{\text{рух.эт}} - \sigma_{\text{ф}}) W_{\text{II}}}{f_{\text{II}}}} = \sqrt{\frac{12(82,3 - 30,295/9,5)}{11015}} = 0,76 \text{ м.}$$

$l_{\text{II}} = 0,67 \text{ м}$ деб қабул қиламиз, яъни қутисимон кесимли шиналарнинг швеллернинг изоляторларда маҳкамлаш жойларида ва пролётда ҳар $0,67 \text{ м}$ да пайвандланган бўлиши керак.

Изоляторларни танлаш. ОФ = 10 = 2000 кВ ли таянч изоляторлар танлаймиз [1-9; 5.7-жадвал]. Уларни рухсат этиладиган нагрузкага текшираимиз. 4.4-жадвалдан эгишга таъсир этаётган максимал кучни аниқлаймиз:

$$F_{\text{II}} = 1,62 \frac{i_y^2 l}{a} \cdot 10^{-7} = \frac{1,62(165950)^2 \cdot 2}{0,8} \cdot 10^{-7} = 11153 \text{ Н.}$$

Қутисимон кесимли шиналар баландлигига тузатиш киритиш

$$k_h = \frac{H}{H_{\text{из}}} = \frac{H_{\text{из}} + c + \frac{h}{2}}{H_{\text{из}}} = \frac{235 + 6,5 + \frac{125}{2}}{235} = 1,29;$$

$$F_{\text{хис}} = k_h \cdot F_{\text{II}} = 1,29 \cdot 11153 = 14387 \text{ Н.}$$

5.7-жадвалдан [1-9] бўйича $F_{\text{буз}} = 20000 \text{ Н}$; шундай қилиб, $F_{\text{хис}} = 14387 < 0,6 F_{\text{буз}} = 12000 \text{ Н}$.

Изолятор ОФ-10-2000 механик мустаҳкамлиги бўйича ўтмайди. ОФ-10-2000 тип изоляторни танлаймиз, $F_{\text{буз}} = 30000 \text{ Н}$, у ҳолда $F_{\text{хис}} = 14387 < 0,6 \cdot 30000 \text{ Н}$.

И-10/5000=4250 тип ўтувчи изолятор танлаймиз:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 5000 \text{ А} > I_{\text{max}} = 4350 \text{ А}; F_{\text{буз}} = 42500 \text{ Н.}$$

Изоляторни механик мустаҳкамликка текшираимиз

$F_{\text{хис}} = 0,5 F_{\text{II}} = 0,5 \cdot 11153 = 55765 < 0,6 F_{\text{буз}}$, яъни олинган изолятор тилибга жавоб беради.

Генератор занжиридаги ток ўтказувчи қисмларни танлаш. Пинга шинадан то ажраткичларгача, ажраткичлардан то выключателларгача ҳамда выключателлардан то ГРУ деворигача ошиновкалаш қаттиқ шиналар ўрдамида амалга оширилади (4.2-§). Фазалари горизонтал жойлашган (4.6-рәсм, а), улар орасидаги масофа $a = 0,8 \text{ м}$, пролети $l = 2 \text{ м}$ бўлган қутисимон кесимли шиналар танлаймиз.

Шинанинг кесимини токнинг тежамли зичлигидан 4.1-жадвал бўйича қабул қилиб танлаймиз:

$$j_s = 1 \text{ А/мм}^2 (T_{\text{max}} = 6000 \text{ соат});$$

$$q_s = \frac{I_{\text{ном}}}{j_s} = \frac{4129}{1,0} = 4129 \text{ мм}^2.$$

Қутисимон кесимдаги $2(150 \times 65 \times 7)$, 2×1785 мм² кесимли шиналар қабул қиламиз. Умумий кесими $2 \times 1785 = 3570$ мм² бўлиб, ҳисоблангандан $\frac{4125 - 3570}{4125} \cdot 100 = 13,5\%$ га кичик, бу рухсат этилади.

7.6-жадвал [1-9] дан $I_{\text{рух.эт}} = 5650$ А; $I_{\text{max}} = 4350 \text{ А} < 5450 \text{ А} \cdot 0,94$.

Кейинги ҳисоблашлар юқоридагиларга ўхшаш олиб борилади. Танланган шиналар система ва $I1$, $I3$ лардан чиқаётган зарбий ток $87,26$ кА бўйича механик мустаҳкамликка текширилган (3.3-мисолга қаранг). Пролётга қўстирма қўйилмаганда:

$$\sigma_{\text{ҳис}} = \sigma_{\text{ф}} + \sigma_{\text{п}} = 61,44 \text{ МПа} < \sigma_{\text{рух.эт}} = 82,3 \text{ МПа}.$$

Комплект ток ўтказувчини танлаш. Генератор қисқичлари-дан бош корпуснинг олд деворигача ток ўтказувчи қисмлар комплект ток ўтказувчидан тайёрланади. 7.8-жадвалдан [1-9] бўйича номинал кучланиши 20 кВ, бош занжирнинг электродинамик турғунлиги 250 кА ва бош занжирнинг номинал токи 6800 А ли ТЭҚН = $20/7800$ ни танлаймиз.

Ток ўтказувчини текширамыз:

$$\begin{aligned} I_{\text{max}} &\leq I_{\text{ном}}, & 4350 \text{ А} < 6800 \text{ А}; \\ i_{\text{у}} &\leq i_{\text{дин}}, & 87,26 \text{ кА} < 250 \text{ кА}. \end{aligned}$$

4.2-мисол. **Топшириқ.** ТРДН-32 000 трансформаторининг $6,3$ кВ томонидаги шина танлансин. Трансформатор $110/6,3$ кВ ли подстанцияга ўрнатилган. Қ. т. нинг ҳисоблаш тоқлари: $I_{\text{п.о}} = 11,5$ кА; $i_{\text{у}} = 30$ кА, $B_{\text{к}} = 26 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$. Трансформаторнинг рухсат этилган ўта нағрузкаси 35% , $\theta_0 = 25^\circ\text{С}$.

Ечиш. Узоқ ишлаш режимларининг ҳисоблаш тоқларини аниқлаймиз (4.1-§ га қаранг):

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном,т}} = \frac{S_{\text{ном, т}}}{2\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{32000}{2\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1465 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = 1,351_{\text{норм}} = 1,35 \cdot 1465 = 1980 \text{ А}.$$

Токнинг тежамли зичлигига қараб алюмин шиналар кесимини танлаймиз:

$$q_{\text{э}} = \frac{I_{\text{норм}}}{I_{\text{э}}} = \frac{1465}{1,1} = 1330 \text{ мм}^2.$$

Икки полосали $2(60 \times 10)$ шиналарни оламыз: $I_{\text{рух.эт}} = 2010 \text{ А}$ [1-9], 7.3-жадвал.

Олинган 1200 мм² кесим ҳисоблангандан $\frac{1330 - 1200}{1330} \cdot 100 = 9,8\%$ га кам, бу рухсат этилади.

Шинанинг узоқ ишлаш режимида қизиш шартига кўра $I_{\text{max}} = 1980 \text{ А} < I_{\text{рух.эт}} = 2010 \text{ А}$ бўлганлиги учун ўтади.

Шинани термик мустаҳкамлик бўйича текширамыз:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{с}} &= \theta_0 + (\theta_{\text{рух.эт, дл}} - \theta_{\text{о, ном}}) \left(\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{рух.эт}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \left(\frac{1980}{2010} \right)^2 = \\ &= 68,1^\circ\text{С}; \end{aligned}$$

3.46-расмдаги эгри чизиқдан $f_{\text{с}} = 60^\circ\text{С}$ ни аниқлаймиз. [У ҳолда

$$f_{\text{о}} = f_{\text{с}} + k \frac{B_{\text{к}}}{q^2} = 60 + 1,054 \cdot 10^{-2} \frac{26 \cdot 10^6}{1200^2} = 61,28^\circ.$$

3.46-расмдаги эгри чизиқдан $\theta_{\text{ох}} = 75^\circ\text{С} < \theta_{\text{ох, рух.эт}} = 200^\circ\text{С}$ ни аниқлаймиз.

(4-15) формуладан таянчлар оралиғи l ни, унинг хусусий тебраниш частотиси 200 Гц дан катта бўлган шартдан аниқлаймиз:

$$200 \geq \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{i}{q}}$$

$$\text{бўлган } l^2 < \frac{173,2}{200} \sqrt{\frac{i}{q}}.$$

Агар шиналар «қирраси» га ўрнатилиб, полосалар ўзаро қаттиқ маҳкамланган бўлса, у ҳолда 4.2-жадвалдан

$$J = 0,72 b^3 h = 0,72 \cdot 1^3 \cdot 6 = 4,32 \text{ см}^4,$$

ушунда

$$l^2 < \frac{173,2}{200} \sqrt{\frac{4,32}{6}} = 0,73 \text{ м}^2; \quad l < \sqrt{0,73} = 0,85 \text{ м}.$$

Шиналар изоляторга катта юзаси билан ўрнатиlsa,

$$J = \frac{bh^3}{6} = \frac{1 \cdot 6^3}{6} = 36 \text{ см}^4;$$

$$l^2 < \frac{173,2}{200} \sqrt{\frac{36}{6}} = 2,12 \text{ м}^2; \quad l = 2,12 = 1,46 \text{ м}.$$

Шиналарни изоляторга ўрнатишнинг иккинчи варианты таянч оралиғини 1,46 м га узайтириш имкониятини беради, яъни изоляторларни тежашга олиб қилиш мумкин. Шина пакетлари катта юзаси билан жойлашган деб қабул қиламиз, таянч оралиғи 1,4 м; фазалар орасидаги масофа $a = 0,8$ м.

(4-18), (4-19) лар бўйича қистирмалар орасидаги масофани аниқлаймиз:

$$l_{II} \leq 0,216 \sqrt{\frac{a_{II}}{i_{(3)}^{(3)}}} \sqrt[4]{\frac{EJ_{II}}{k_{\Phi}}} = 0,216 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{30000}} \sqrt[4]{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 0,5}{0,55}} = 0,88 \text{ м};$$

$$l_{II} \leq 0,133 \sqrt[4]{\frac{EJ_{II}}{m_{II}}} \cdot 10^{-2} = 0,133 \sqrt[4]{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 0,5}{1,62}} \cdot 10^{-2} = 0,51 \text{ м},$$

бунда $E = 7 \cdot 10^{10}$ Па (4.3-жадвалдан); $J = \frac{hb^3}{12} = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0,5 \text{ см}^4$;

$k_{\Phi} = 0,55$ 4.5-расмдан; $a_{II} = 2b = 2$ см; $m_{II} = 1,62$ кг/м ([1-9], 7.2-жадвал).

1 м полоса массаси m_{II} ни кесим q , шиналар материали зичлиги (алюминий учун $2,7 \cdot 10^{-3}$ кг/см³) ни билган ҳолда топиш мумкин. Шина узунлигини 100 см деб қабул қиламиз: l_{II}

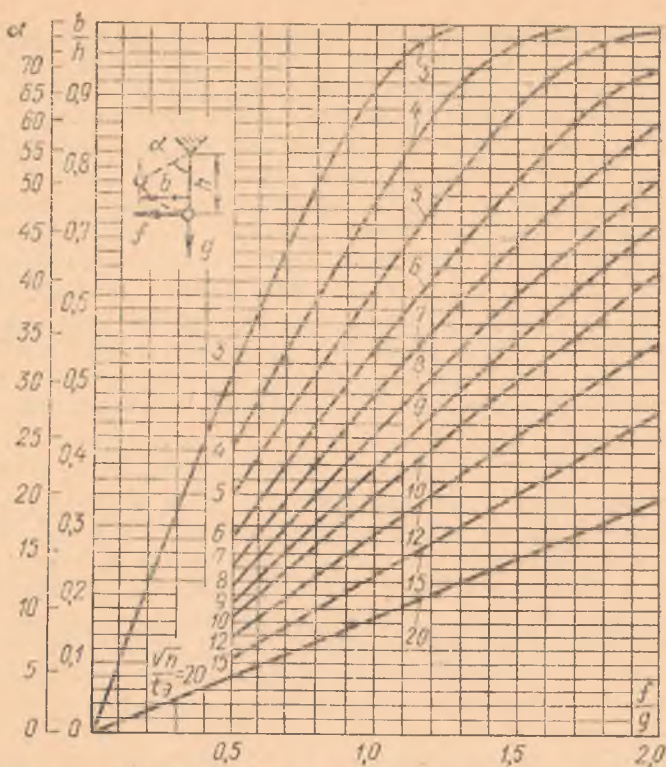
$$m_{II} = 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 1 \cdot 100 = 1,62 \text{ кг/м}.$$

$l_{II} = 0,51$ м дан кичик қийматини қабул қиламиз, унда таянчлар орасидаги қистирмалар сони қуйидагича аниқланади:

$$n = \frac{l_{\Phi}}{l_{II}} = \frac{1,4}{0,51} = 2,74 \approx 3.$$

Таянчлар орасидаги қистирмалар 3 та бўлса:

$$l_{II} = \frac{l}{n} = \frac{1,4}{3} = 0,47 \text{ м}.$$



4-9- расм. Фазалари горизонтал жойлашган эластик осма ток ўтказувчининг қ. т. тоқлари таъсирида четга чиқишини аниқлаш диаграммаси (Н. Г. Гейнин томонидан тузилган).

бунда t_3 — қ. т. тоқларидан муҳофазанинг ҳақиқий ушлаб туриш вақти; 0,05 — аperiодик ташкил этувчининг таъсирини ҳисобга олади.

Максимал солқиланиш h пролётга, симларнинг таранглигига, ергача бўлган минимал рухсат этилган ораликқа, монтаж қилиш шароитларига ва бошқа факторларга боғлиқ. ОРУ лар учун h одатда 2 — 2,5 м дан ошмайди.

4. 9-расмдаги диаграмма бўйича f/d ва $\sqrt{h}/t_{3к}$ га қараб симнинг оғиши b (м) ва бурчак α аниқланади.

b нинг аниқланган қийматини максимал рухсат этилган қиймат билан таққосланади:

$$b_{\text{рух.эт}} = \frac{D - d - a_{\text{рух.эт}}}{2}$$

бунда d — ток ўтказувчининг диаметри; $d_{\text{рух.эт}}$ — қўшни фазаларнинг энг катта яқинлашган моментидagi энг кичик рухсат этиладиган оралик. Генератор кучланишли ток ўтказувчилар учун $a_{\text{рух.эт}} = 0,2$ м,

ПУЭ га мувофиқ ОРУ лар учун: 110 кВ да—0,45 м; 150 кВ да — 0,6 м; 220 кВ да — 0,95 м; 330 кВ да 1,4 м; 500 кВ да — 2 м.

Агар $b > b_{\text{рухсат}}$ эт. бўлса, у ҳолда солқиланишни камайтириш ёки фазалар орасини узоқлаштириш лозим. Эгилувчан осма ток ўтказувчилардаги солқиланишни камайтириш ўтказувчидаги механик кучланишнинг анча ортишига олиб келиши мумкин, фазалар орасидаги масофани орттириш эса ОРУ ўлчамларининг ортишига олиб келади. Шунинг учун, айрим ҳолларда фазаларга изоляторлар орқали уланадиган кўндаланг тиргаклар ўрнатилади, бу ҳол фазалар орасини кўпайтирмасдан солқиланиш катталигини камайтирмаслик имконини беради. Солқиланишни камайтириш керак бўлган ҳолларда эса, қўшимча таянчлар ўрнатилади, яъни симлардаги механик кучланишларни рухсат этилган чегарада сақлаб қолдириш учун пролёт камайтирилади (симларни механик ҳисоблаш «Электр тармоқлар» курсида кўрилади).

Т о ж л а н и ш ш а р о и т л а р и б ў й и ч а т е к ш и р и ш 35 кВ ва ундан юқори кучланишларда эгилувчан ўтказгичлар учун керак бўлади. «Тож» кўринишидаги разряд электр майдоннинг юқори кучланганлигида ўтказгич олдида ҳосил бўлиб, чарсиллаш ва ёритиш билан содир бўлади. Ўтказгич атрофидаги ҳавонинг ионланиш процесслари энергиянинг қўшимча исрофига, радио ҳалақитлар ҳосил қиладиган электромагнит тебранишларнинг ҳосил бўлишига ва контакт бирикмалар юзасига зарарли таъсир этувчи озон ҳосил бўлишига олиб келади. Ўтказгичларни тўғри танлаш тож таъсирини рухсат этилган миқдорга камайтиришга олиб келиши лозим. Тож разряди ҳодисаси «Юқори кучланиш техникаси» курсида батафсил ўрганилади. Тож шароити бўйича ўтказгич кесимини танлаш учун ҳисоблаш тартибини кўриб чиқамиз.

Тож кўринишидаги разряд электр майдон кучланганлигининг максимал бошланғич критик қийматида ҳосил бўлади, кВ/см:

$$E_0 = 30,3 m \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right) \quad (4-24)$$

бунда m — сим сиртининг ғадир-будирлигини ҳисобга олувчи коэффициент (кўп симли ўтказгичлар учун $m = 0,82$); r_0 — сим радиуси, см.

Ажратилмаган сим сирти олдидаги электр майдон кучланганлиги қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$E = \frac{0,354 U}{r_0 \lg \frac{D_{\text{ўр}}}{r_0}} \quad (4-25)$$

бунда U — линия кучланиши, кВ; $D_{\text{ўр}}$ — фазалар симлари орасидаги ўртача геометрик масофа, см.

Фазалар горизонтал жойлашганда

$$D_{\text{ўр}} = 1,26 D,$$

бунда D — қўшни фазалар орасидаги масофа, см.

330 кВ ва ундан юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларида тожланишни камайтириш учун ҳар бир фаза икки, уч ёки тўртта симдан тайёрланади, яъни ажратилган симлар қўлланилади (4.10-расм). Айрим ҳолларда, ажратилган симлар 220 кВ ли линияларда ҳам қўлланилади. Ажратилган симлар атрофидаги электр майдонининг кучланганлиги (максимал қиймати), кВ/см:



4.10- расм. Ажратилган ўтказгичларнинг жойлашуви.

$$E = k \frac{0,354U}{nr_0 l g \frac{D_{\text{ур}}}{r_{\text{ЭК}}}} \quad (4.26)$$

бунда k — фазадаги симлар сони n ни ҳисобга олувчи коэффициент; $r_{\text{ЭК}}$ — ажратилган симларнинг эквивалент радиуси (4.5- жадвал).

4.5- жадвал

n ва $r_{\text{ЭК}}$ катталикларнинг қийматлари

Фазадаги симлар сони			
Коэффициент k	$1 + 2 \frac{r_0}{a}$	$1 + 2\sqrt{3} \frac{r_0}{a}$	$1 + 3\sqrt{2} \frac{r_0}{a}$
Эквивалент радиус $r_{\text{ЭК}}$, см	$\sqrt{r_0 a}$	$\sqrt[3]{r_0 a^2}$	$\sqrt[4]{\sqrt{2} r_0 a^3}$

Ажратилган фазадаги симлар орасидаги масофа a 220 кВ ли установкаларда 20—30 см га, 330—750 кВ ли установкаларда 40 см га тенг деб олинади.

Симлар горизонтал жойлашганда ўртада жойлашган симдаги кучланганлик (4-24) ва (4-25) бўйича аниқланган миқдордан тахминан 7% га ортиқ бўлади.

Агар исталган сим сиртидаги майдоннинг энг катта кучланганлиги $0,9 E_0$ дан катта бўлмаса симлар тожланмайди. Шундай қилиб, тожланишга текшириш шартини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

4.3- мисол. Топшириқ. 110 кВ ли йиғма шиналар ва ГЗ блокдаги йиғма шинадан то генераторнинг чиққичларигача ток ўтказувчиларнинг қисмлари 3.1- мисол шarti бўйича танлансин. ГЗ генератори ТВФ-100-2 типда, трансформатор ТДЦ - 125000/110, $T_{\text{мах}} = 6000$ соат. Қ. т. токнинг қийматлари 3.9- жадвалдан олинсин.

Ечиш. 110 кВ ли йиғма шиналарни танлаш. Йиғма шиналар токнинг тежамкорлик зичлиги бўйича танланмаганлиги учун, энг кучли уланманинг токига тенг шиналардаги нагрузка максимал бўлгандаги рухсат этилган ток бўйича кесим танлаймиз, бу ҳолат генератор — трансформатор блокдан борат:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном,г}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{118000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 620 \text{ А.}$$

Блокли трансформатор 118 МВ·А ли генераторнинг қувватидан кўра катта қувват билан нагрузкаланиши мумкин эмас, шунинг учун:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{норм}} = 620 \text{ А.}$$

7.2- жадвалдан [1-9] АС-300/48. $q = 300 \text{ мм}^2$, $d = 24,4 \text{ мм}$, $I_{\text{рух.эт}} = 690 \text{ А}$ ни оламиз. Симнинг радиуси $12,2 \text{ мм} = 1,22 \text{ см}$. Фазалар орасидаги масофа $G = 300 \text{ см}$, фазалар горизонтал жойлашган.

Шиналар чалкашишга текширилмайди, чунки $S_{\text{п,о}} = 2821 \text{ мВ} \cdot \text{А} < 4000 \text{ мВ} \cdot \text{А}$.

Термик таъсирга текшириш. Очiq симлардан тайёрланган очiq қанотидаги шиналар [3-7] га асосан термик таъсирга текширилмайди. §

Бу ҳолда, тожланиш шартлари бўйича текширишни ўтказмаса ҳам буларди, чунки ПУЭ га мувофиқ 110 кВ ли ҳаво линиялари учун минимал рухсат этилаётган кесим АС-70. ОРУ-110 да симлар орасидаги масофа ҳаво линияларидагига қараганда кичиклигини ҳисобга олиб, шунингдек, ҳисоблаш методикасини тунунтириш учун текшириш ҳисоблашини бажарамиз.

Бошланғич критик кучланганлик (4.24) бўйича

$$E_0 = 30,3 \text{ м} \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right) = 30,3 \cdot 0,82 \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,22}} \right) = 31,6 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$$

Сим атрофидаги кучланганлик (4.25) бўйича

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \lg \frac{D_{\text{сп}}}{r_0}} = \frac{0,354 \cdot 121}{1,22 \lg \frac{1,26 \cdot 300}{1,22}} = 14,1 \text{ кВ/см.}$$

Бу ерда $U = 121 \text{ кВ}$ деб қабул қилинди, чунки электростанциянинг шиналарида $1,1 U_{\text{ном}}$ кучланиш ушлаб турилади.

(4.26) бўйича текшириш шarti:

$$1,07E < 0,9E_0; \\ 1,07 \cdot 14,1 = 15,1 < 0,9 \cdot 31,6 = 28,4.$$

Шундай қилиб, сим АС-300/48 тожланиш шarti бўйича ўтади.

Блокли трансформаторнинг 110 кВ ли қисқичидан то йиғма шинагача бўлган ток ўтказувчи қисмлар эгиловчан симлардан тайёрланади. Токнинг $j = 1 \text{ А/мм}^2$ (4.1- жадвал) тежамкорлик зичлиги бўйича кесим танлаймиз:

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{j_3} = \frac{620}{1} = 620 \text{ мм}^2.$$

Фазада иккита АС-300/48 симини оламиз, ташқи диаметри 24,4 мм, рухсат этилаётган токи $2 \cdot 690 = 1380 \text{ А}$.

Симларни рухсат этиладиган ток бўйича текшираемиз:

$$I_{\text{max}} = 620 \text{ А} < I_{\text{рух.эт}} = 1380 \text{ А.}$$

[3-7] га асосан термик таъсирга текширмаймиз,

Тожланишга ҳам текширмаймиз, чунки олдинги ҳисоблашларда АС-300/48 сим тожланмаслиги кўрсатилган эди.

4.4- мисол. Тоншириқ. 10 кВ ли тақсимлаш қўрилмасини ТВФ-60 генератори билан улаш эгиловчан ток ўтказувчидаги симлар сони ва маркаси танлансин, шунда $I_{\text{max}} = 6000 \text{ соат}$, $I_{\text{п,о}} = 50 \text{ кА}$, бўлса ва габарит-монтаж шартлари бўйича рухсат этиладиган солқиланиш $h = 2,5 \text{ м}$. Қисқа туташувда ток ўтказувчи чалкашиш шартлари бўйича текширилсин.

Ечиш. Токнинг тежамкорлик зичлиги $j_3 = 1 \text{ А/мм}^2$ бўйича кесим танлаймиз (4.1- жадвал):

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{I_3} = \frac{4129}{1} = 4129 \text{ мм}^2.$$

Иккита АС-500/64 оғирлик кутарувчи сим оламиз, у ҳолда алюминий симларнинг кесилиш қуйидагига тенг бўлиши керак:

$$q_a = q_3 - q_{AC} = 4129 - 2 \cdot 500 = 3129 \text{ мм}^2.$$

А-500 симлар сони:

$$n = \frac{3129}{500} = 6,26$$

Диаметри $d = 160$ мм бўлган $2 \times AC-500/64 + 6 \times A-500$ ток ўтказувчини оламиз, фазалар орасидаги масофа $D = 3$ м.
Рухсат этиладиган ток буйича текширамиз:

$$I_{\text{рух.эт}} = 2 \cdot 945 + 6 \cdot 980 = 7770 \text{ А} > i_{\text{max}} = 4350 \text{ А}.$$

Очиқ эластик симлар боғламининг совниш сирти анча катта бўлганлиги учун улар термик турғунликка текширилмайди [3-7].

Ток ўтказувчини чалкашиш шартлари буйича текширамиз. Фазалар орасидаги ўзаро таъсир кучи:

$$f = \frac{1,5 I_{\text{п.о}}^{(3)2}}{D} \cdot 10^{-7} = \frac{1,5 \cdot 50\,000^2}{3} \cdot 10^{-7} = 125 \text{ Н/м}.$$

Халқалар массаси 1,6 кг, 1 м АС-500/64 симнинг массаси 1,85 кг, 1 м А-500 симнинг массаси 1,38 кг ни ҳисобга олиб 1 м ток ўтказувчининг оғирлик кучи қуйидаги формуладан аниқланади 7.29, 7.30-жадваллар, [1-9]

$$g = 9,8(2 \cdot 1,85 + 6 \cdot 1,38 + 1,6) = 133 \text{ Н/м}.$$

Реле муҳофазасининг (дифференциал) таъсир вақтини $t_3 = 0,1$ с деб қабу қилиб, қуйидагини аниқлаймиз:

$$t_{\text{эк}} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ с};$$

$$\frac{\sqrt{h}}{t_{\text{эк}}} = \frac{\sqrt{2,5}}{0,15} = 10,5.$$

Диаграмма (4.9-расм) дан $f/g = \frac{125}{133} = 0,94$ қиймат учун $b/f = 0,24$ ни топамиз, бундан $b = 0,24 \cdot 2,5 = 0,6$ м бўлади.
Фазаларнинг рухсат этилган оғиши

$$b_{\text{рух.эт}} = \frac{D - d - a_{\text{рух.эт}}}{2} = \frac{3 - 0,16 - 0,2}{2} = 1,32 \text{ м}$$

$b < b_{\text{рух.эт}}$ бўлганлиги учун чалкашиш содир бўлмайди.

г) Кабеллари танлаш

Кабеллар электроустановкаларда кенг қўлланилади. Одатда, 6—10 кВ ли истеъмолчилар кабель линиялар орқали таъминланади, кабеллар тақсимлаш қурилмаларида кабель туннелларига, ерга ва траншеяларга қўйилган бўлади. Электростанция ва подстанцияларнинг ўз эҳтиёжи истеъмолчиларини улаш учун тегишли шиналардан ташқари яна 6 ва 0,4 кВ ли кабеллар қўлланилади. Бу

кабеллар кабелли ярим этажларда, туннелларга, деворларга ва иморат конструкцияларига ёки очиқ тақсимлаш қурилмаларига маҳкамланган турли металл тарновларга ўрнатилади. ТЭС ва АЭС ларнинг ишлаб чиқариш хоналарида ёнғин хавфсизлигини таъминлаш учун кабель изоляцияси, қобиғи ва қопламаси ёнмайдиган материаллардан, масалан, ўзи ўчадиган полиэтилен ёки поливинилхлорид пластикатидан тайёрланади.

Кабелга таъсир этувчи ўрнатилган жойи, муҳит хоссалари, механик кучларга қараб кабелларнинг турли маркалари тавсия этилади [4-13]. 4.6- жадвалда шу тавсиялардан бир нечтаси келтирилган.

4.6.- ж а д в а л

Ерга ётқизиш ва ҳаводан ўтказиш учун қўлланиладиган кабелларнинг тавсия этиладиган маркалари

Қўлланилиш соҳаси	Шимдирилган қоғоз изоляцияли	Пластмасса ва резина изоляцияли
Ўртача коррозия активлигига эриб бўлган ерда (траншеяларда): дайдди тоқлар бўлмаганда дайдди тоқлар мавжудлигида	ААШв, ААШп, ААПл ААШп, ААБ2л, ААП2л	АПвБ6Шв, АВБ6Шв. АПАШв, АПАШп, АВАШв.
Туннеллар, каналлар, кабель ярим этажларида ишлаб чиқариш хоналарига ётқирилганда: қуруқ нам юқори коррозия активликдаги нам жой Ешнингга хавфли хоналарга ётқирилганда	ААГ, ААШв, ААБлГ ААШв, ААБлГ, ААБв ААШв, ААБвГ, ААБ2лШв ААГ, ААШв, ААБвГ	А ВВГ, АВРГ А ВВЕГ, АВРБГ А ВБ6Шв, АПАШв А ВВГ, АВРГ, АПСВГ, А ВВЕГ, АВВБ6Г, А ВБ6Шв

Э с л а т м а; Кабеллар маркаси ГОСТ 7006 — 72 бўйича келтирилган.

6, 10 ва 35 ли пластмасса изоляцияли кабелларнинг рухсат этиладиган тоқлари, қоғоз изоляцияли кабелларники сингари олинади. 0,5 ва 1 кВ ли кабелларнинг нагрукмаси резина изоляцияли кабелларнинг рухсат этилган нагрукмасига мос бўлади.

Кабеллар қуйидагиларга қараб танланади:

Установканинг кучланиши бўйича $U_{\text{бел}} \leq U_{\text{ном}}$;

конструкцияси бўйича (4.6- жадвалга қаранг);

тоқнинг тежамкорлик зичлиги бўйича

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{I_3};$$

рухсат этиладиган тоқ бўйича

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{рух. эт}}$$

бунда $I_{\text{рух. эт}}$ — ерга қўйилган қўшни кабеллар қаторининг сонини тузатувчи k_1 ва атроф муҳит температурасини тузатувчи k_2 тузатиш

коэффициентларини ҳисобга олингандаги узоқ рухсат этилган ток:

$$I_{\text{рух.эт}} = k_1 \cdot k_2 I_{\text{рух.эт, ном}}$$

k_1 ва k_2 тузатиш коэффициентлари, рухсат этиладиган ток катталиги справочниклардан ёки ПУЭ дан олинади.

Нормал иш режими бўйича олинган кабеллар $\theta_{\text{ох}} \leq \theta_{\text{ох, рух.эт}}$ ёки $q_{\text{min}} < q$ шарт бўйича термик турғунликка текширилади.

Бунда узун бўлмаган кабеллар кабелнинг бошланишида қ. т. токи бўйича текширилади; кесимининг узунлиги бўйича поғонали якка кабеллар эса ҳар бир участка бошида қ. т. токи бўйича текширилади. Икки ва ундан ортиқ параллел кабеллар қ. т. токи бўйича бевосита кабель боғламадан сўнг, яъни қ. т. токининг тармоқланишини ҳисобга олиб текширилади.

4.5- мисол. **Топшириқ.** Қуввати 520 кВт, $U_{\text{ном}} = 6,0$ кВ, $I_{\text{ном}} = 74$ А бўлган ўз эҳтиёжининг электр двигателига кабель танлансин. Қ. т. тоқларининг катталиги 3.7- мисолнинг ҳисобланган натижалари бўйича олинсин. Кабель нам хона ичидаги каналга жойлаштирилади, $\theta_0 = 35^\circ\text{C}$, $T_{\text{max}} = 3500$ соат.

Ечиш. $U_{\text{ном}} = 6$ кВ уч томирли АВВБГ маркали кабель оламыз. Тежамли кесимини аниқлаймиз:

$$q_3 = \frac{I_{\text{норм}}}{I_3} = \frac{74}{1,7} = 43 \text{ мм}^2.$$

Уч томирли 3×50 мм² кабель танлаймиз, $I_{\text{рух.эт, ном}} = 110$ А, ҳаво температурасига тузатиш коэффициенти $k_2 = 0,87$ ни киритиб, қуйдагини оламыз

$$I_{\text{рух.эт}} = k_2 I_{\text{рух.эт, ном}} = 0,87 \cdot 110 = 97, 5 \text{ А} > 74 \text{ А}.$$

Кабелнинг термик мустаҳкамлигини текшириш учун қ. т. токининг иссиқлик импультсини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} B_{\text{к}} = & I_{\text{п.о,с}}^2 (t_{\text{уз}} + T_{\text{а,сх}}) + I_{\text{п.о,д}}^2 (0,5T_{\text{д}}' + T_{\text{а,сх}}) + \\ & + 2I_{\text{п.о,д}} I_{\text{п.о,с}} (T_{\text{д}}' + T_{\text{а,сх}}) = 11,8^2(0,12 + 0,046) + \\ & + 9,2^2(0,5 \cdot 0,07 + 0,046) + 2 \cdot 9,2 \cdot 11,8(0,07 + 0,046) = 55,13 \cdot 10^4 \text{ А}^2 \cdot \text{с}; \end{aligned}$$

бунда $t_{\text{уз}} = t_{\text{з}} + t_{\text{в}} = 0,1 + 0,12 = 0,22$ с; $T_{\text{д}}' = 0,07$ с [3-7]; $I_{\text{п.о,с}} = 11,8$ кА $I_{\text{п.о,д}} = 9,2$ кА (3.5- мисол);

$$T_{\text{а,сх}} = \frac{T_{\text{а,с}} I_{\text{п.о,с}} + I_{\text{п.о,д}}}{I_{\text{п.о,с}} + I_{\text{п.о,д}}} = \frac{0,05 \cdot 11,8 + 0,04 \cdot 9,2}{11,8 + 9,2} = 0,046 \text{ с};$$

бунда $T_{\text{а,с}} = 0,05$ с; $T_{\text{а,д}} = 0,04$ с (3.5- мисолга қаранг).

Термик мустаҳкамлик бўйича минимал кесимни (3.90) дан аниқлаймиз.

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{55,13 \cdot 10^4}}{75} = 99 \text{ мм}^2;$$

бунда поливинилхлорид изоляцияли ва алюминий томирли кабеллар учун 3.13- жадвалдан С-75 ни оламыз.

$q_{\text{min}} > q$ бўлганлиги учун, қабул қилинган кесим термик мустаҳкамлик бўйича ўтмайди, шу сабабли АВВБГЗ $\times 95$ кабели танлаймиз, бироқ уни нормал режимда тўлиқ нагрузкаланмаганлигини ҳисобга олиб, қ. т. даги температура-сини текширамыз:

$$\theta_{\text{с}} = \theta_0 + (\theta_{\text{рух.эт}} - \theta_0) \left(\frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{рух.эт}}} \right)^2 = 35 + (65 - 35) \left(\frac{74}{0,87 \cdot 167} \right)^2 = 45^\circ\text{C}$$

3.46-расмдаги эгри чизиқдан $f_{\sigma} = 40^\circ$ ни оламыз, унда

$$f_{\text{ох}} = f_{\sigma} + \kappa \frac{B_{\kappa}}{q^2} = 40 + 1,054 \cdot 10^{-2} \frac{55,13 \cdot 10^6}{95^2} = 104,4^\circ,$$

3.46-расмдаги эгри чизиқдан шунга тўғри келадиган $\theta_{\text{ох}} 131^\circ < \theta_{\text{ох,рух.эт}} = 150^\circ$ ни оламыз. Шундай қилиб, кабель $3 \times 95 \text{ мм}^2$ термик мустақкамлик бўлиши утди.

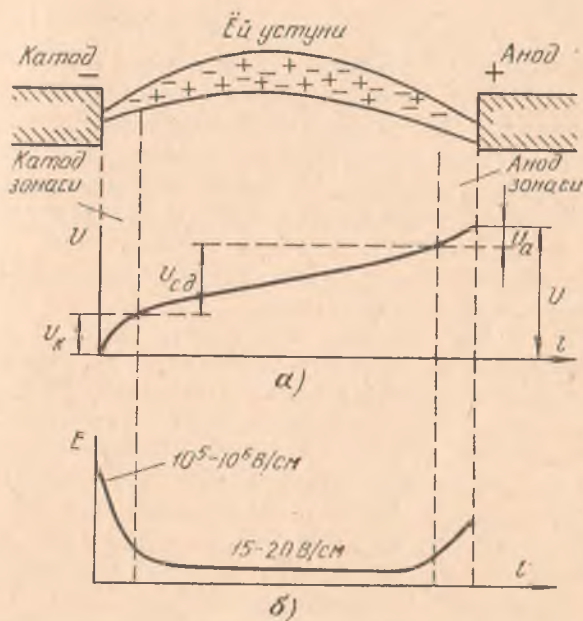
3.47-расмда. Кичик кесимли $3 \times 70 \text{ мм}^2$ кабель қ. т. да рухсат этилмайди-ган температура 250°С гача қизийди.

4.4. ЭЛЕКТР ЁЙНИ СЎНДИРИШ

а) Ёйнинг ҳосил бўлиш ва ёйиш шартлари

Коммутацион аппаратларнинг конструкциясини қўриб чиқишдан аввал электр ёйида ҳосил бўладиган асосий процесслар билан танишиши лозим. Газлардаги разряд, шунингдек, ёй разряди ҳодисаси «Юқори кучланишлар техникаси» курсида батафсил ўрганилади.

Юқори кучланишли занжирдаги контактлар ажралганда ёй кўринишидаги электр разряд ҳосил бўлади. Ёй катод олди бўшлиқ, ёй стволы ва анод олди бўшлиқларига бўлинади (4.11-расм). Ҳамма кучланиш шу соҳалар ўртасида тақсимланади U_{κ} , $U_{\text{с.д}}$, $U_{\text{а}}$. Ўзгармас ток ёйидаги кучланишнинг катоддаги пасайиши $10\text{--}20 \text{ В}$ бўлиб, шу участканинг узунлиги эса $10^{-4} \text{--} 10^{-5} \text{ см}$ ни ташкил



4-11-расм. Ўзгармас токнинг турғун ёйидаги кучланиши ва кучланганлиги E (б) нинг тақсимланиши.

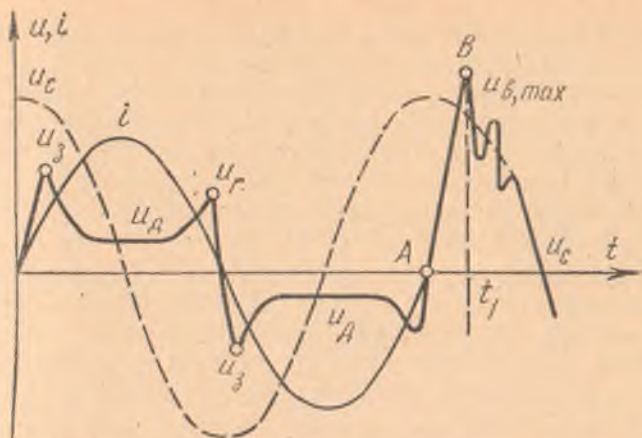
этади. Шундай қилиб, катод олдида юқори электр майдон кучланганлиги кузатилади (10^5 — 10^6 В/см). Бундай юқори кучланганликда зарбий ионизация содир бўлади. Бунинг маъноси қуйидагича: катоддан электр майдон (автоэлектрон эмиссия) кучи билан ёки катоднинг қизиши (термоэлектрон эмиссия) ҳисобига ажралган электронлар электр майдонда катта тезликда ҳаракатланади ва нейтрал атомга урилганда унга ўзининг кинетик энергиясини беради. Агар шу энергия нейтрал атомнинг қобидан битта электронни ажратишга етарли бўлса ионизация содир бўлади. Ҳосил бўлган эркин электронлар ва ионлар ёй стволи плазмасини ташкил этади. Плазманинг ўтказувчанлиги металлларнинг ўтказувчанлигига яқинлашади [$\gamma = 2500$ 1/(Ом · см)]. Ёйнинг стволдан катта ток ўтади ва юқори температура ҳосил бўлади. Токнинг зичлиги 10000 А/см² ва ундан ортиқ бўлиши мумкин, температура эса атмосфера босимида 6000 К дан то 18000 К гача ва босим ошганда ундан ҳам юқори бўлади.

Ёй стволдаги юқори температуралар интенсив термоионизацияга олиб келади, у ўз навбатида плазманинг катта ўтказувчанлигини сақлаб туради. Термоионизация — молекула ва атомларнинг юқори тезликда ҳаракатланишида катта кинетик энергияга эга бўлган молекула ва атомларнинг бир-бирига урилишидан ионлар ҳосил бўлиш процессидир. Ёйда ток қанча катта бўлса, унинг қаршилиги шунча кичик бўлади, шу сабабли ёйнинг ёниши учун кичик кучланиш етарли бўлади, яъни катта токли ёйни сўндириш анча қийин бўлади.

Ўзгарувчан токда таъминловчи манба кучланиши U_c синусоида бўйича ўзгаради, шунингдек, занжирдаги ток i ҳам ўзгаради (4.12) расм), бунда ток кучланишдан тахминан 90° га орқада қолади. Виключатель контактлари орасида ёнаётган ёйдаги кучланиш U_d ўзгарувчан. Кичик тоқларда кучланиш U_z миқдоргача кўпаяди (ёндириш кучланиши), сўнгра токнинг ёйда ортиб бориши билан, термик ионизациянинг ортиши натижасида кучланиш пасаяди. Ток нолга яқинлашган ярим давр охирида сўндириш кучланиши U_r да ёй сўнади. Кейинги ярим даврда, агар, ораликда деионизация учун тадбирлар кўрилмаса шу ҳодиса такрорланади.

Агар ёй у ёки бу усуллар билан сўндирилса, у ҳолда виключатель контактлари орасидаги кучланиш таъминловчи тармоқ кучланиши миқдорига қадар тикланиши лозим. Бироқ, занжирда индуктив, актив ва сирим қаршилиқлар бўлганлиги учун ўтиш процесси ҳосил бўлади ва кучланишнинг тебраниши пайдо бўлади, буларнинг $u_{B, max}$ амплитудаси нормал кучланишдан анча юқори бўлади (4.12- расм). Ўчирувчи аппаратуралар учун АВ участкадаги кучланиш қандай тезликда тикланиши муҳим аҳамиятга эга.

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, ёй разряди зарбий ионизация ва катоднинг электронлар эмиссияси ҳисобига бошланади, ёнгандан сўнг эса ёй, ёй устунида (стволда) термоионизация ҳисобига давом этиб туради.

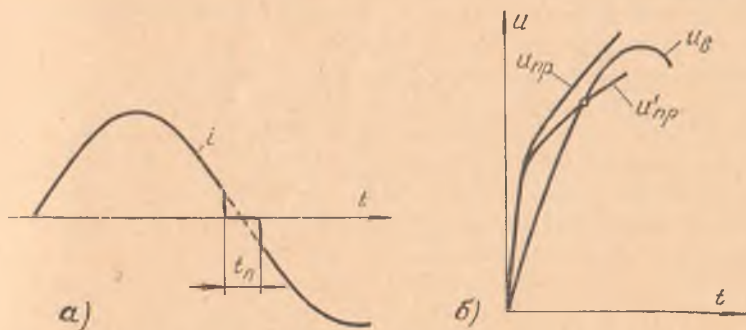


4-12- расм. Индуктив нагруккали занжирдаги ўзгарувчан ток ёйининг сўнишида кучланиш билан токнинг узгариши.

б) Ёйни сўндириш

Ўчирувчи аппаратларда контактларни бир-биридан ажратишдан ташқари, улар орасида ҳосил бўлган ёйни сўндириш ҳам зарур.

Ўзгарувчан ток занжирларида ёйдаги ток ҳар бир давр ярмида нолдан ўтади (4.12- расм,), бу моментларда ёй ўз-ўзидан ўчади, лекин даврнинг кейинги ярмида яна ҳосил бўлиши мумкин. Осциллограммаларнинг кўрсатишича, ёйдаги ток нолдан табиий ҳолда ўтишидан анча олдин нолга яқин бўлади (4.13- расм, а). Бунга сабаб шуки, ёйга келаётган энергия ток камайиши билан камаяди, демак ёй температураси ҳам камаяди ва термоионизация тугайди. Токсиз пауза давомлиги t_n катта эмас (ундан то бир неча юз микро-секундларгача), лекин ёйни сўнишида катта роль ўйнайди. Агар контактлар токсиз паузада ажратилса ва улар етарлича тезликда



4-13- расм. Ўзгарувчан ток ёйининг сўниш шартлари:

а — ток нолдан табиий ўтгандаги ёйининг сўниши; б — ток нолдан ўтгандаги ёй оралиғи электр мустаҳкамлигининг ортиши.

электр пробой содир бўлмайдиган шундай оралиққа узоқлаштирилса, шундагина занжир жуда тез ўчирилади.

Токсиз пауза вақтида ионизация интенсивлиги кескин пасаяди, чунки термоионизация содир бўлмайди. Коммутацион аппаратларда, бундан ташқари, ёй оралиғини совитиш ва зарядланган заррачалар сонини камайтиришга қаратилган сунъий тадбирлар қўлланилади. Деионизациянинг бу процесслари оралиқнинг электр мустаҳкамлиги $u_{пр}$ нинг аста-секин ортишига олиб келади (4.13- расм, б).

Ток ноль орқали ўтгандан сўнг оралиқнинг электр мустаҳкамлигининг кескин ортиши, азосан, катод олдидаги бушлиқ (150—250 В ли ўзгарувчан ток занжирида) мустаҳкамлигининг ортиши ҳисобига бўлади. Бир вақтнинг ўзида тикланувчи кучланиш u_v ортади. Агар исталган вақтда $u_{пр} > u_v$ оралиқдан заррачалар ўтмаса, ток холдан ўтгандан сўнг ҳам ёй қайта ёнмайди. Агар қандайдир моментда $u'_{пр} = u_v$ бўлса, оралиқда ёйнинг қайта ёниши содир бўлади.

Шундай қилиб, ёйни сўндириш учун контактлар орасидаги бушлиқнинг электр мустаҳкамлиги $u_{пр}$ улар орасидаги кучланиш u_v дан катта бўладиган шароитлар яратиш лозим.

Ўчирувчи аппаратнинг контактлари орасидаги кучланишнинг ўсиш процесси коммутацияланадиган (узиб-уланадиган) занжирнинг параметрларига қараб ҳар хил характерда бўлиши мумкин. Агар узиладиган занжирнинг актив қаршилиги катта бўлса, у ҳолда кучланиш аperiодик қонун бўйича тикланади, агар занжирнинг индуктив қаршилиги катта бўлса, у ҳолда тебранишлар пайдо бўлиб, уларнинг частотаси занжирнинг индуктивлиги ва сизимининг нисбатига боғлиқ бўлади. Тебранама процесс кучланишнинг жуда катта тезликда тикланишига олиб келади, тезлик du_v/dt қанча катта бўлса, оралиқнинг тешилиши (пробой) ва ёйнинг қайта ёниши эҳтимоли шунча кўп бўлади. Ёйни ўчириш шароитларини енгиллаштириш учун узиладиган ток занжирига актив қаршиликлар киритилади ва бунда кучланишнинг тикланиш характери аperiодик бўлади (4.13- расм, б).

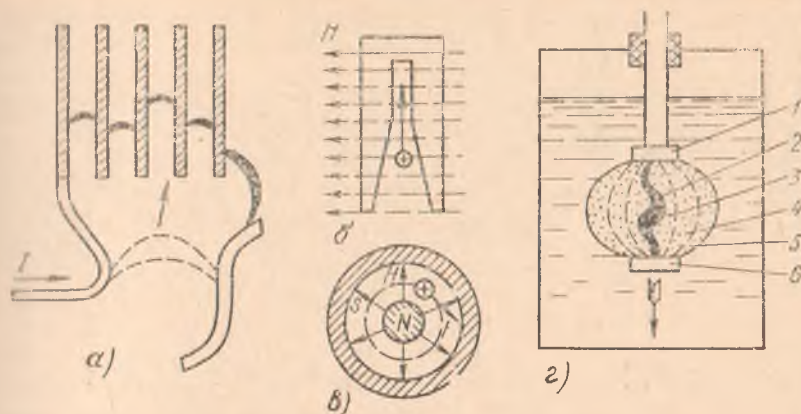
1000 В гача бўлган ўчирувчи аппаратларда ёйни сўндиришнинг қуйидаги усуллари кенг қўлланилади:

Контактларни тез ажратиб ёйни узайтириш: ёй қанча узун бўлса, унинг ёниб туриши учун шунча катта кучланиш керак бўлади. Агар манба кучланиши кичик бўлса, у ҳолда ёй сўнади.

Узун ёйни қатор қисқа ёйларга бўлиш (4.14- расм, а), 4.11- расмда кўрсатилганидек, ёйдаги кучланиш катод U_k ва анод U_a кучланишларининг пасайиши ҳамда ёй устун кучланиши $U_{с, д}$ йиғиндисидан иборат:

$$U_{д} = U_k + U_a + U_{с, д} = U_{э} + U_{с, д}$$

Агар контактларни ажратишда ҳосил бўлган узун ёйни, металл пластинкалардан тайёрланган ёй сўндирувчи панжара орасига тортилса, бунда у n та қисқа ёйларга бўлинади. Ҳар бир қисқа ёй ўзининг анод ва катод кучланиш пасайиши $U_{э}$ га эга бўлади. Агар



4.14- расм. Ёйни сўндириш усуллари:

а — улуғ ёйни қисқа ёйларга бўлиш; б — ёй сўндирувчи камеранинг тор тирқишига ёйни тортиш; в — магнит майдонда ёйни айлантириш; г — ёйни мойда сўндириш; 1 — қузғалмас контур; 2 — ёй устуни; 3 — водород қобиқ; 4 — газ зонаси; 5 — мой буглари зонаси; 6 — қўнгалувчан контакт.

$U < nU_0$ бўлса ёй сўнади, бунда U — тармоқ кучланиши: U_0 — анод ва катод кучланишлар пасайишининг йиғиндиси (ўзгармас ток ёйида 20 — 25 В).

Ўзгарувчан ток ёйини ҳам n та қисқа ёйларга бўлиш мумкин. Токнинг ноль орқали ўтиш momentiда катод олди бўшлиғи шу онда 150 — 250 В ли электр мустаҳкамликка эга бўлади. Агар $U < (150 \dots 250)n$ бўлса ёй сўнади.

Тирқишларда ёйни сўндириш. Агар ёй, ёйга чидамли материалдан ҳосил қилинган тирқишда ёнса, у ҳолда совуқ юзаларга тегиши сабабли интенсив равишда совиши ва атроф-муҳитга зарядланган заррачаларнинг диффузияланиши содир бўлади. Бу деионизациянинг тезлашишига ва ёйнинг сўнишига олиб қолади.

Магнит майдонда ёйнинг ҳаракати. Электр ёйи токли ўтказгич сифатида қаралиши мумкин. Агар ёй магнит майдонда бўлса, у ҳолда унга чап қўл қويدаси бўйича аниқланадиган куч таъсир этади. Агар ёй ўқига перпендикуляр йўналган магнит майдон ҳосил қилинса, у ҳолда ёй илгарилама ҳаракат олади ва ёй сўндирувчи камеранинг тирқиши ичига тортилади (4.14- расм, б).

Радиал магнит майдонда ёй айланма ҳаракат олади (4.14- расм, в). Магнит майдон ўзгармас магнитлар билан, махсус ғалтаклар ёки ток ўтказувчи қисмнинг ўз контури билан ҳосил қилиниши мумкин. Ёйни тез айлантириш ва ҳаракатлантириш унинг совишига ва деионизацияланишига ёрдам беради.

Ёйни сўндиришининг охириги икки усули (тирқишларда ва магнит майдонда), шунингдек, кучланиши 1000 В дан юқори бўлган ўчирувчи аппаратларда ҳам қўлланилади.

Кучланиши 1000 В дан юқори бўлган аппаратларда ёйни сўндиришнинг асосий методлари.



4-15- расм. Газ-ҳаволи пуфлаш:
а — бўйлама; б — кўндаланг.

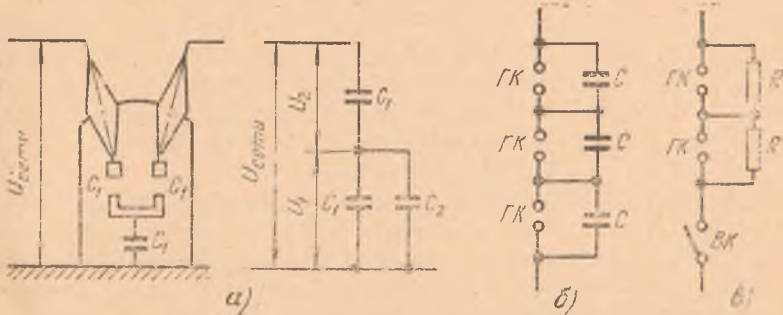
Ёйни ёғда сўндириш. Агар ўчирувчи аппаратнинг контактлари ёғга жойлаштирилса, у ҳолда ажраш пайтида ҳосил бўладиган ёй жадал суръатда газ ҳосил бўлиши билан ёғни буғланишига олиб келади (4.14- расм, а). Ёй атрофида, асосан водороддан (70—80%) ташкил топган газ пуфаги ҳосил бўлади; ёғнинг тез парчаланиши пуфакдаги босимнинг орттишига олиб келади, бу эса ёғнинг яхши совишига ва деионизацияланишига ёрдам беради. Водород юқори ёй сўндириш хос-

саларига эга; ёй устунига бевосита тегиб, водород ёйнинг деионизациялашига ёрдам беради. Газ пуфаги ичида газ ва ёғ буғларининг узлуксиз ҳаракати содир бўлади.

Ёйни ёғда сўндириш виключателларда кенг қўлланилади.

Газ - ҳ а в о п у ф л а ш. Агар газлар ҳаракати — пуфлаш маълум йўналишда ҳосил қилинса, ёйнинг совиши яхшиланади. Ёй бўйламасига ёки унга кўндаланг йўналишда пуфланса (4.15-расм), бу ҳол ёйнинг устунига газ заррачаларининг ўтиши, жадал диффузияланиши ва ёйнинг совишига ёрдам беради. Газ ёй билан ёғни парчалашда (ёғли виключателлар) ёки қаттиқ газ- генерациялайдиган материаллар (авто-газли пуфлаш) дан ҳосил бўлади. Махсус баллонлардан чиқаётган сиқилган ҳаво билан (ҳаво виключателлари) кирадиган совуқ ионизацияланмаган ҳаво билан пуфлаш анча самарали ҳисобланади.

Ток занжирини қайта - қайта узиш. Юқори кучланишларда катта токни узиш анча қийин. Бунга сабаб келтириляётган энергия ва тикланадиган кучланиш миқдори катта бўлганда ёй оралиғининг деионизацияланиши мураккаблашади. Шунинг учун юқори кучланишли виключателларда ҳар бир фазадаги



4-16- расм. Виключателнинг узгичлари бўйича кучланишнинг тақсимланиши:

а — мойли виключателнинг узгичлари бўйича кучланишнинг тақсимланиши; б — сифмли кучланиш бўлгичлар; в — актив кучлаиш бўлгичлар.

ёй қайта-қайта узилади (4.16- расм). Бундай виключателлар номи-
 нал кучланишнинг бир қисмига мўлжалланган бир неча ўчирувчи
 қурилмаларига эга. Фазани узиш сони виключателлар тури билан
 унинг кучланишига боғлиқ. 500—750 кВ ли виключателларда
 12 ва ундан ортиқ узиш бўлиши мумкин. Ёйнинг сўнишини осонлаш-
 тириш учун, тикланаётган кучланиш узгичлар орасида бир хил тақ-
 симланиш лозим. 4.16- расмда фазага иккита узилиш тўғри кела-
 диган мойли виключатель схемаси кўрсатилган. Бир фазали қ. т.
 уюлганда тикланаётган кучланиш узгичлар орасида қуйидагича
 тақсимланади:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1},$$

бунда U_1 ва U_2 — биринчи ва иккинчи узгичга қўйилган кучла-
 ниш; C_1 — шу узгичлар контактлари орасидаги сифим; C_2 — ерга
 нисбатан контакт системанинг сифими.

C_1 га нисбатан C_2 анча катта бўлганлиги учун кучланиш $U_1 > U_2$
 бўлади ва, демак, ўчирувчи қурилмалар турли шароитларда иш-
 лайди. Виключателнинг бош контакти (ГК) га кучланишни тенг-
 лаш учун параллел ҳолда сифим ёки актив қаршилиқлар уланади
 (4.16- расм, б, в). Сифимлар ва актив шунтловчи қаршилиқларнинг
 қийматини танлашда узгичлардаги кучланишнинг бир хил тақсим-
 ланишига эътибор берилади. Шунтловчи қаршилиқли виключател-
 ларда бош контактлар (ГК) орасидаги ёй сўнганидан кейин қарши-
 ликлар катталиги бўйича чекланган ҳолда давом этувчи ток
 ерданчи контактлар ВК билан узилади.

Шунтловчи қаршилиқлар тикланаётган кучланишнинг ўсиш
 темпини камайтиради, бу ҳол ёйнинг сўнишини енгиллаштиради.

Ёйни вакуумда сўндириш. Босими анча пасай-
 ган газ (10^{-6} — 10^{-8} Н/см²) атмосфера босимидаги газга нисбатан
 бир неча ўнлаб марта катта электр мустаҳкамликка эга. Агар кон-
 тактлар вакуумда ажратилса, у ҳолда ёйдаги токнинг ноль орқали
 биринчи ўтишидан кейиноқ оралиқнинг мустаҳкамлиги тикланади ва
 ил ёй қайта ёнмайди. Вакуумнинг бу хоссалари виключателларнинг
 айрим турларида қўлланилади.

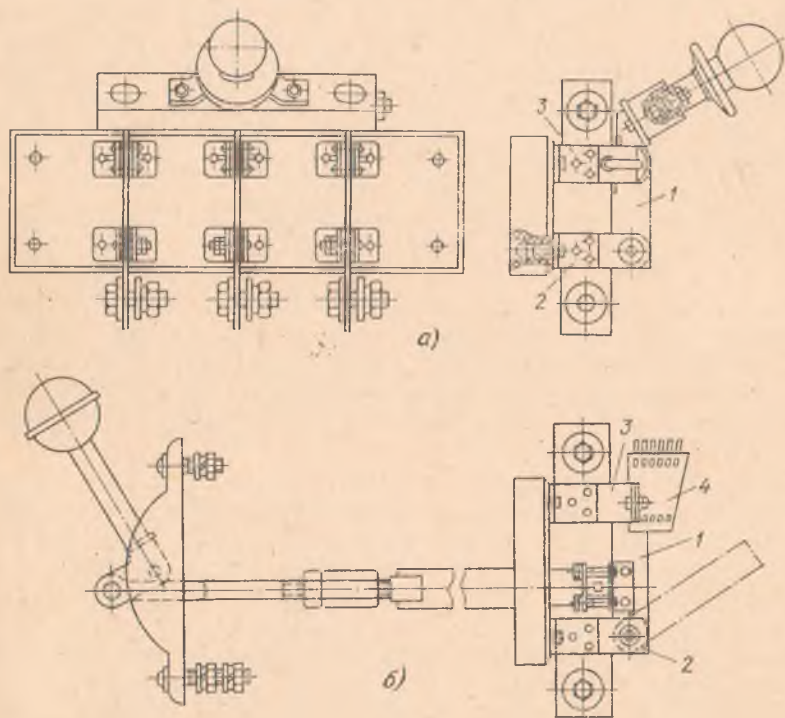
Ёйни юқори босимли газларда сўндириш.
 2 МПа ва ундан юқори босимдаги ҳаво ҳам юқори электр мустаҳ-
 камликка эга. Бу ҳол сиқилган ҳаво муҳитида ёйни сўндириш учун
 анча ихчам қурилмалар яратиш имконини беради. Мустаҳкамлиги
 юқори бўлган газлар, масалан, олтингугурт (VI) фторид SF_6 (эле-
 газ) дан фойдаланиш яна ҳам самаралироқдир. Элегазнинг,
 ҳаво ва водородга нисбатан электр мустаҳкамлиги катта бўлибгина
 қолмай, ҳатто атмосфера босимида ҳам ёй сўндириш қобилияти ях-
 широқдир. Элегаз виключателлар, ажраткичлар, қисқа туташтир-
 гичлар ва бошқа юқори кучланишли аппаратларда қўлланилади.

а) Рубильниклар ва переключателлар

Икки (уланган, узилган) ҳолатга қўлда ҳаракатлантирилади-ган ноавтоматик виключатель рубильник деб аталади (4.17- расм, а). Иккита турли занжирларга навбати билан улаш учун хизмат қиладиган рубильник переключатель деб юритилади.

Рубильник ва переключателлар 500 В гача бўлган номинал куч-ланишга бир, икки ва уч қутбли қилиб ишлаб чиқарилади. Ёй сўн-дирувчи қурилмаси бўлмаган рубильниклар токсиз занжирларни узиш ва очиқ узилишлар ҳосил қилишга мўлжалланган. Ёй сўн-дирувчи қурилмали рубильниклар $I_{\text{НОМ}}$ гача бўлган токни узиш им-конига эга.

Р ва П (уч қутбли) ёки РО, ПО (бир қутбли) типдаги марказий дастаки рубильник ва переключателлар 100—600 А тоқлар учун ишлаб чиқарилади. Рубильникнинг ҳамма деталлари изоляцион плитага ўрнатилади. Ўтказгичлар олди ёки орқа томонидан уланиши мумкин. Бундай рубильник ва переключателлар билан токни



4.17- расм. Рубильниклар:

а — марказий дастаки (Р типдаги); б — рычаг юритмали (РПЦ типдаги); 1 — пичок; 2 — қўзғалмас контактларнинг шарнирли стойкалари; 3 — контакт стойка; 4 — ёй сўндирувчи камера.

узишга рухсат этилмайди, чунки ҳосил бўладиган ёй қисқа туташувга олиб бориши ёки ишлаётган ходимни куйдириши мумкин.

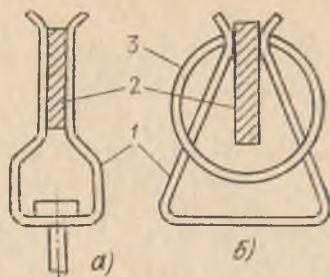
Ричаг билан ҳаракатлантириладиган рубильник ва переключателлар (4.17-расм, б) икки томондан адрасат кўрсатиладиган шчитларда қонг қўлланилади. Бундай рубильниклар ёй сўндирувчи панжарали камерага I га эга. Юритма марказий (РПБ, ШПБ) бўлиши мумкин. Номинал тоқлар катта бўлганда рубильниклар бир неча параллел пичоқларга эга бўлади.

Рубильникнинг ҳаракатчан пичоғи билан контактли стойкаси орасида яхши контактни таъминлаш муҳим аҳамиятга эга (4.18-расм, а). Ҳозирги пайтда кичик ўтиш қаршилигини таъминловчи чизикли контакт (4.18-расм, б) қўлланилади. Деталларнинг ўзи пружиналиниш хоссаи ва махсус пулат пружиналар 3 ҳисобига контактда сиқши таъминланади. Рубильниклар ёй сўндирувчи контактлар ёки бир онда кесадиган пичоқлар билан таъминланган бўлиши мумкин. Бундай рубильникларни узганда аввал бош контактлар ажрайди, лекин улар орасида ёй ҳосил бўлмайди, чунки таъй сўндирувчи контакт орқали ўтади. Сўнгра ёй сўндирувчи контактлар ёки бир онда кесадиган пичоқлар ажратилади. Бир онда узиш қуйидагича бажарилади: бош пичоқ билан параллел ҳолда иккинчи бош пружина билан боғланган бир онда кесадиган пичоқ уланади. Узишда аввал контакт стойкадан бош пичоқ чиқади, у пружинани тортади, пружина ўз навбатида бир онда кесадиган пичоқни узади.

Ёй сўндирувчи камера билан жиҳозланган ўзгармас токнинг 220 В ва ўзгарувчан токнинг 380 В га мўлжалланган рубильниклари $I_{ном}$ гача бўлган тоқларни уза олади, камерасизлари тегишлича 0,2 ва 0,3 $I_{ном}$ ни узади.

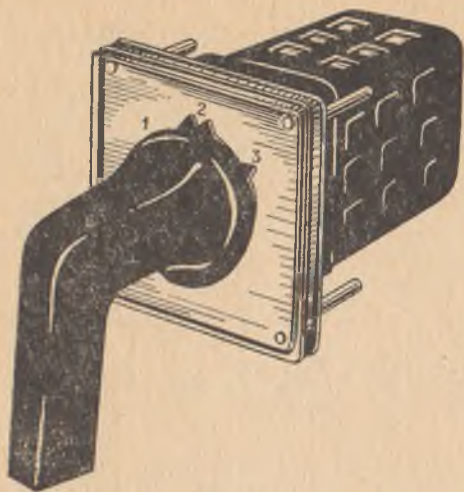
Ўзгармас токнинг 440 В ва ўзгарувчан токнинг 500 В га мўлжалланган камерали рубильниклари 0,5 $I_{ном}$ токни уза олади, камерасиз нағрузка токини узиш рухсат этилмайди.

Пакетли ва кулачокли переключателлар бир вақтнинг ўзида бир неча электр занжирларида мураккаб қайта улашлар учун, масалан, бошқариш, ўлчаш ва шунга ўхшаш занжирларда хизмат қилади. 4.19-расмда 10 А га ва ўзгарувчан токнинг 500 В га ҳамда ўзгармас токнинг 220 В га мўлжалланган кулачокли переключатели кўрсатилган. Дастакни 45° га буриб занжирлар қайта уланади. Ноль ҳолатига ўзи қайтадиган бир ёки бир неча ҳолатларни ушлаб турадиган конструкциялар мавжуд. Бундай переключателдаги контактлар сони 2 дан 32 гача бўлиши мумкин.



4-18- расм. Рубильниклардаги контактлар типлари:

а — текес; б — чизикли; 1 — контакт жағлар; 2 — пичоқ; 3 — пулат пружина.



4-19- расм. Кулачокли переключателъ ПКУЗ.

Рубильниклар қуйидаги ларга қараб танланади:

Установканинг кучланиши буйича $U_{уст} \leq U_{ном}$;

нагрузка токи буйича

$I_{ном} \leq I_{ном}$; $I_{тах} \leq I_{ном}$;

конструктив тузилишига қараб;

электродинамик мустақамлиги буйича $i_y \leq i_{пр. с}$;

термик мустақамлиги буйича $B_k \leq I_T^2 t_T$;

Номинал ток $I_{ном}$ поррон чегара ток $i_{пр. с}$ термик мустақамлик ва токи t_T , I_T каталог ва справочникларда келтирилади. $I_{ном}$ билан $I_{тах}$ ни аниқлаш 4-1-§ да кўриб утилган.

б) Автоматик ҳаво виключателлари

Автоматик ҳаво виключателлари нормал бўлмаган режимда ишлаётган электр занжирларни автоматик ажратиши ва нормал иш режимларида, кам ҳолларда оператив қайта улаш учун хизмат қилади.

Автоматик ҳаво виключателларида ёйни сундириш учун махсус муҳит қўлланилмайди, у ҳавода ўчирилади, шунинг учун улар ҳаво виключателлари деб юритилади.

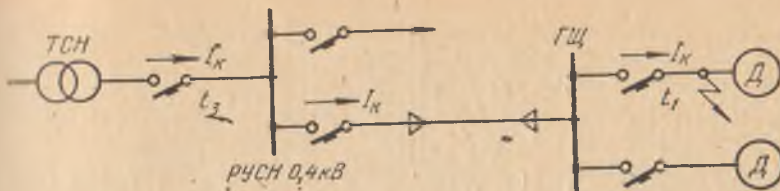
Қутблар сонига қараб автоматлар бир, икки ва уч қутбли бўлади.

Ишлаб кетиш вақти $t_{ср}$ буйича, яъни текшириладиган параметр (ток, кучланиш, температура) белгиланган қиймат (автоматнинг уставкаси) дан ортиш momentiдаги вақтдан контактларнинг ажраш momentiгача бўлган вақтга қараб қуйидагиларга бўлинади: нормал автоматлар $t_{ср} = 0,02 \div 0,1$ с; ушлаш вақтини 1 с гача ростловчи селектив автоматлар; тез таъсир қилувчи автоматлар $t_{ср} \leq 0,005$ с.

Автоматларни турли ушлаш вақти $t_1 < t_2 < t_3$ га (4.20- расм) ўрнатиш йўли билан, селектив автоматлар тармоқларни селектив муҳофазалаш имконини беради.

Тез таъсир қилувчи автоматлар тармоқдаги тоқларни чеклаш имконини беради, чунки улар занжирни тармоқдаги қ. т. токи i_y миқдорга етмасдан олдинроқ узади.

Автоматлар кучланиши ўзгарувчан токда 660 В гача ва ўзгармас токда 440 В гача бўлганда 6000 А гача тоқлар учун мўлжаллаб



4-20- расм. Автоматлар билан селектив ҳимоялаш схемаси.

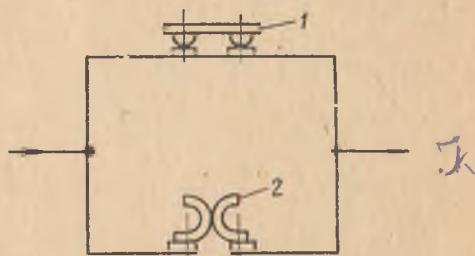
иншлаб чиқарилади. Автоматларнинг узиш қобилияти 200—300 кА гача етади.

Ҳар қандай автоматда қуйидаги асосий элементларни ажратиш курсатиш мумкин: ёй сўндирувчи системали контактлар; юритма; эркин ажратиш механизми; ажраткичлар; ёрдамчи контактлар.

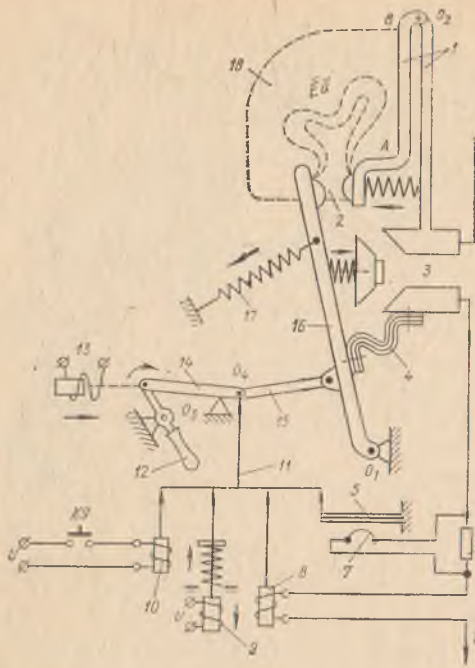
Автоматларнинг контактлари узоқ вақт қизимасдан номинал тоқларни ўтказиши ва қ. т. тоқларини узишда ёй таъсирига чидаани керак. Биринчи шартга мувофиқ, контактларни ўтиш қаршилиги унча катта бўлмаган солиштирма қаршилиги кичик материалдан, иккинчи шарт бўйича эса ёй таъсирига чидайдиган материалдан тайёрлаш керак. Иккала талабни бир вақтнинг ўзида бажариш мумкин бўлмаганлиги учун икки жуфт — бош 1 ва ёй сўндирувчи 2 контактлар қўлланилади (4.21- расм). Нормал режимда тоқнинг асосий қисми мис, кумуш ёки уларнинг қотишмасидан тайёрланган бош контактдан ўтади. Узилганда аввал асосий контактлар ажрайди, лекин занжир узилмайди, чунки тоқнинг ҳаммаси ёй сўндирувчи контактлар занжирига ўтади, сўнгра ёй сўндирувчи контактлар ажрайди ва уларда электр ёй ҳам сўнади. Узиладиган тоқлар 30 кА дан ошмаса ёй сўндирувчи контактлар мисдан, катта тоқларда эса вольфрамдан, унинг қотишмасидан ёки металлокерамикадан тайёрланади. Бу контактлар конструкцияси бўйича осон алмаштириладиган қилиб тайёрланади.

Унча катта бўлмаган тоқларга мўлжалланган автоматларда бир жуфт контакт бўлади. Ўтиш қаршилигини камайтириш учун контактларни сиқиш пружина орқали амалга оширилади. Қ. т. тоқлари ўтганда контактлар орасидан контактларни ажратиш учун ҳаракат қиладиган электродинamik куч ҳосил бўлади. Бу кучни компенсациялаш учун шинкалар 1 сиртмоқ кўринишида букилган, шунинг учун шинкадаги тоқларнинг йўналиши турлича бўлади, бу ҳол контактлар 2 ни бир-бирига сиқувчи электродинamik куч ҳосил қилади (4.22- расм).

Автоматнинг ёй сўндирувчи системаси автомат-



4-21- расм. Автоматларнинг контакт системаси схемаси.



4-22- расм. Автоматнинг асосий узеллари:

1 — шиначалар; 2 — ёй сўндирувчи контактлар; 3 — бош контактлар; 4 — эластик боғланиш; 5 — биметалл ажратгич; 6 — қўшимча қаршилик; 7 — қиздиригич; 8 — максимал ажратгич; 9 — минимал ажратгич; 10 — мустақил ажратгич; 11 — ажратгичлар билан механик боғланиш; 12 — қўлда улаш дастаги; 13 — электромагнит юритма; 14, 15 — эркин ажратиш механизмининг ричаги; 16 — контакт ричаг; 17 — узувчи пружина; 18 — ёй сўндирувчи камера.

мадан фойдаланиш ҳам мумкин. Автоматларни узиш, эркин ажратиш механизми ишга тушганда узувчи пружиналар 17 (4.22- расмда) таъсирида амалга оширилади.

Эркин ажратиш механизми (4.22- расм) автоматни вақтнинг исталган momentiда ўчиришни таъминлайди, шунингдек, ёқиш процессида ҳам ўчириш лозим бўлса, уни амалга оширади. У шарнирли боғланган ричаглар 14 ва 15 ҳамда таянчлардан иборат. Улаш пайтида ҳаракат даста 12 дан ричаглар 14 ва 15 орқали контактли ричаг 16 га узатилади, бу ричаг аввал ёй сўндирувчи 2 ни, сўнгра эса бош контактлар 3 ни туташтиради. Автомат уланганда, 14 ва 15 ричаглар «ўлик» ҳолатга ўтади, таянч уларнинг пастга ҳаракатланишига йўл қўймайди. Агар улаш вақтида қисқа туташув мавжуд бўлса, унда ажраткич 8 таъсирида механик боғланиш 11 ричаглар 14 ва 15 ни шарнирли бирикма O_4 бўйича «синдиради» ва узувчи пружина 17 таъсирида контакт система чапга сурилади, даста 12 орқали уланишга куч берилишига қарамай, бу системада ўчирилиш амалга ошади.

ни ўчиришда ҳосил бўладиган ёйни сўндириш учун хизмат қилади. Пулат пластинкали (узун ёйни қисқа ёйларга бўлиш эффекти) ёй сўндирувчи камералар кенг қўлланилади. Узиладиган ток катта бўлганида ёйни тор тирқишда сўндириш эффектидан фойдаланишга асосланган буйлама-тирқишли ва лабиринт-тирқишли камералар ишлатилади. Ёйни камерага тортиш магнитли пуфлаш (4.3- §) билан амалга оширилади. Камера материали юқори ёй турғунлигига эга бўлиши керак.

Автоматларнинг юритмалари қўл билан ёки узоқдан бошқарилувчи бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда улаш даста 12 ни бураш билан амалга оширилади. Иккинчи ҳолда электромагнит 13 ёки махсус электр двигатель ёрдамида юритмага таъсир этилади. Пневматик юрит-

Ажраткичлар — бу электромагнит ёки биметалл механизмлар бўлиб, улар занжирнинг берилган параметрини назорат қилади ва параметр белгиланган қийматидан ошиб кетганда автоматни ўчиради. Биметалл (иссиқлик) ажраткич 5 тармоққа шунт ёки ёриқли уланган қиздиргич 7 дан иссиқлик олади. Турли чизиқли ва ёриқли коэффициентларига эга бўлган икки металлдан ташкил топган биметалл пластинка қизиганда эгилиб, эркин ажратиш механизми ричагини синдирувчи тортқи 11 га куч беради. Иссиқлик ажраткич ёрдамида ўтаюкланишдан муҳофаза қилинади. Ишлаб кетиш вақти ўтаюкланиш токига боғлиқ: ток қанча катта бўлса, биметалл пластинка шунча тез қизийди ва узиш тезроқ амалга олади. Иссиқлик инерцияси катта бўлганлиги сабабли иссиқлик ажраткичлар электр двигателларнинг ишга туширувчи токлари таъсирини сезмайди.

Максимал ажраткич 8 галтак ва ўзакдан иборат. Галтакдан катта токи ўтганда ўзак ричаглар 14 ва 15 ни синдирувчи куч ҳосил қилади, бу ҳол автоматнинг ўчишига олиб келади. Максимал ажраткичнинг ишлаб кетиш токини ростлаш (бошқариш) мумкин.

Максимал ажраткич токка боғлиқ бўлган ёки унга боғлиқ бўлган вақтни ушлаб туриш (вақт видержкаси) механизми билан таъминланган бўлиши мумкин. Бундай ажраткичлар селектив муҳофазаланиш имкониятини беради.

Кучланиш ҳаддан ташқари пасайганда автоматни ўчирадиган минимал ажраткич 9, шунингдек, автоматни масофадан кнопка КУ билан ўчириш учун мустақил ажраткич 10 қўлланилиши мумкин.

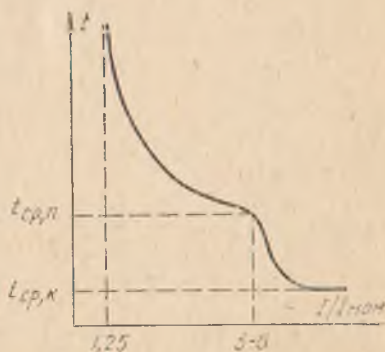
Автомат бир ёки бир неча ажраткичларга эга бўлиши мумкин.

Ёрдамчи контактлар (блок-контактлар) бош контактлар билан механик боғланган бўлиб, бошқариш, сигнализация ва блокировкалаш занжирларида қўлланилади.

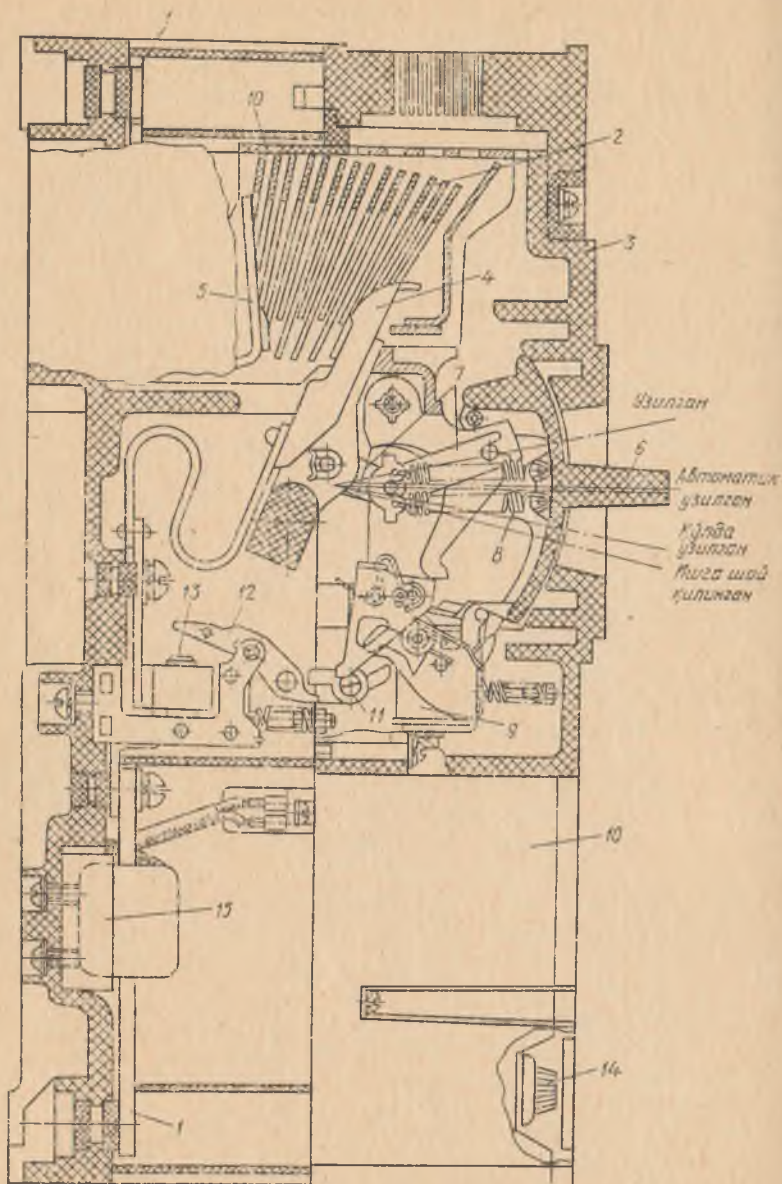
Электростанция, подстанция, саноат установкалари ва турмушда турли конструкциядаги автоматлар ишлатилади.

Қуйида электростанция ва подстанцияларда кўп қўлланиладиган автоматларнинг конструкциялари кўрилади.

А3700 серияли автоматлар
100—630 А тоқларга ва кучланиши ўзгарувчан тоқда 660 В гача, ўзгармас тоқда 440 В гача мўлжалланиб пластмасса корпусда А3700 автоматлар ўрнига ишлаб чиқарилади ҳамда яхши муҳофазаловчи характеристикаларга ва катта узувчи тоқка эга. А3700 серияли автоматлар икки хилда ишлаб чиқарилади — оний таъсир этувчи максимал тоқка мўлжалланган (автоматнинг ишлаб кетиш вақти 0,001—0,0015 с) электромагнит ажратувчиси бўлган ток



4-23- расм. А3700 автоматининг вақт-тоқли (тахминий) характеристикаси.



4-24- расм. 160А ли А3710 типдаги автомат:

1 — бош занжир қисмалари; 2 — ёй сўндирувчи камера; 3 — пластмасса қопқоқ; 4 — қўзғалувчан контакт; 5 — қўзғалмас контакт; 6 — бошқариш дастаги; 7 — эркин ажратиш механизми; 8 — оний улаш ва узиш пружиналари; 9 — мустақил ажратиш галтаги; 10 — ярим ўтказгичли бошқариш блоки; 11 — узувчи рейка; 12 — якорь; 13 — оний таъсир этувчи максимал ток ажраткичнинг магнит ўтказгичи; 14 — уставкани бошқариш шкаласи ва туткичи; 15 — ток трансформаторлари.

чекловчилар ва ушлаб туриш вақти бошқариладиган селектив автоматлар.

Бундай автоматларнинг $t = f(J)$ характеристикаси (4.23- расм) эҳсос ва эркин қисмларга эга. Ўтаюкланиш $1,25 I_{ном}$ дан ошганда автомат узишга ишлайди, бунда ўтаюкланиш токи ортганда узишга сарфланадиган вақт камаяди. $t_{ср. п}$ вақтни бошқариш мумкин. Ток $0,5 - 6 I_{ном}$ дан ошганда, яъни қ. т. автомат токка боғлиқ бўлмаган ҳолда тутиб туриш вақти $t_{ср. к} = 0,001 \div 0,004$ с дан сўнг, ишга тушади. Характеристиканинг бу қисми отсечка деб юритилади.

Автоматнинг яхши муҳофазаловчи характеристикалари ўлчов орғанидан сигнал оладиган, ярим ўтказгичли приборларда ишлайдиган бошқаришнинг махсус блокдан фойдаланиб таъминланади. Узиш учун импульс блокдан мустақил ажраткичга берилади.

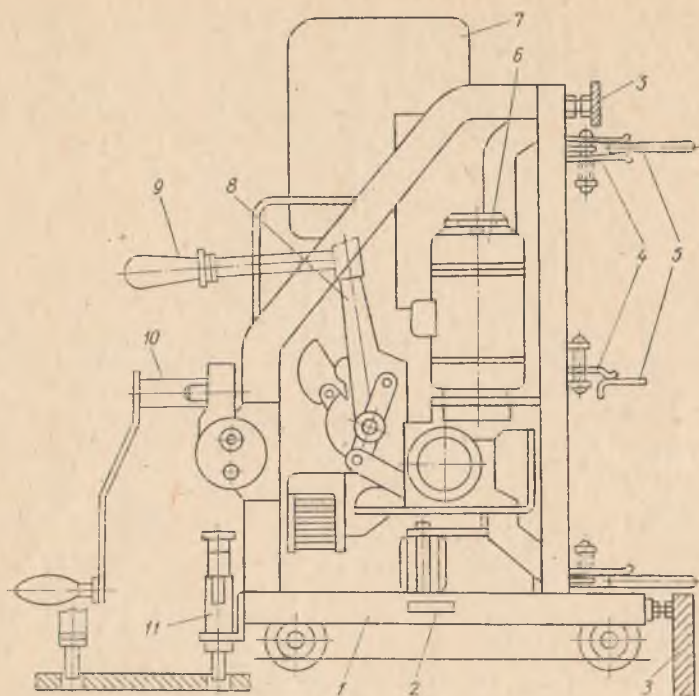
A3710 сериядаги автомат қутб (5, 4) га қўйилган металлокерамик панелдаки бир жуфт контактларга эга (4.24- расм). Даста 6 орқали қўлда ёки электромеханик юритма (расмда кўрсатилмаган) ёрдамида улашни амалга ошириш мумкин. Узиш максимал токнинг ажраткичи 13 ёки мустақил ажраткич 9 ишга тушганда, уларнинг чеклари узадиган рейка 11 га таъсир этганда автоматик ҳолда бошқарилади. Рейка эркин ажратиш механизми 7 нинг зашчёлкаси билан бунатади ва пружиналар 8 таъсирида контакт ричаг ўнгга сурилиб, контактлар ажрайди. Ҳосил бўлган ёй камера 2 да сўнади. Негиз газлар ёй сўндирувчи камерадан, унинг устига жойлашган, металл пластинкали аланга сўндирувчи панжарага киради. Қ. т. узилганда автоматдан газларни ташқарига чиқариш деярли содир бўлмайди. Автомат ўлчамлари унча катта эмас ($112 \times 320 \times 181$ мм дан $225 \times 500 \times 299$ мм гача); бу эса уларни 0,4 кВ ли комплект тақсимлаш қурилмаларида кенг ишлатиш имконини беради.

Ярим ўтказгичли бошқариш блоки 10 олинадиган бўлиб, пластмасса қобиққа жойлаштирилган, ҳамма ярим ўтказгичли приборлар ва босадиган монтаж эпоксид смола билан муҳофазаланган. Мустақил ажраткич 14 нинг уставкасини бошқариш учун даста ва шкала шаффоф қопқоқ билан беркитилган.

АВМ серияли автоматлар 400—2000А номинал токларга ҳамда ўгарувчан ток кучланиши 500 В га ва ўзгармас ток кучланиши 110 В га мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Автомат қутбга уч жуфт — бош, дастлабки ва ёй сўндирувчи контактларга эга. Ёйни сўндириш ёй сўндирувчи панжарали камерада амалга оширилади.

Автоматлар отсечка ишга тушганда ва характеристиканинг боғлиқлик қисмида бошқариладиган тутиб туриш вақти бўлган максимал ажраткичларга эга, бу эса селектив муҳофазани таъминлайди. Автоматларнинг юритмаси қўлда, ричаг орқали ёки электр двигател орқали бошқарилиши мумкин.

АВМ автоматлари стационар установка учун ишлаб чиқарилади, комплект тақсимлаш қурилмалари учун эса — суриладиган аравага ўрнатиладиган, тиқиладиган, контактли қилиб ишлаб чиқарилади (4.25- расм).

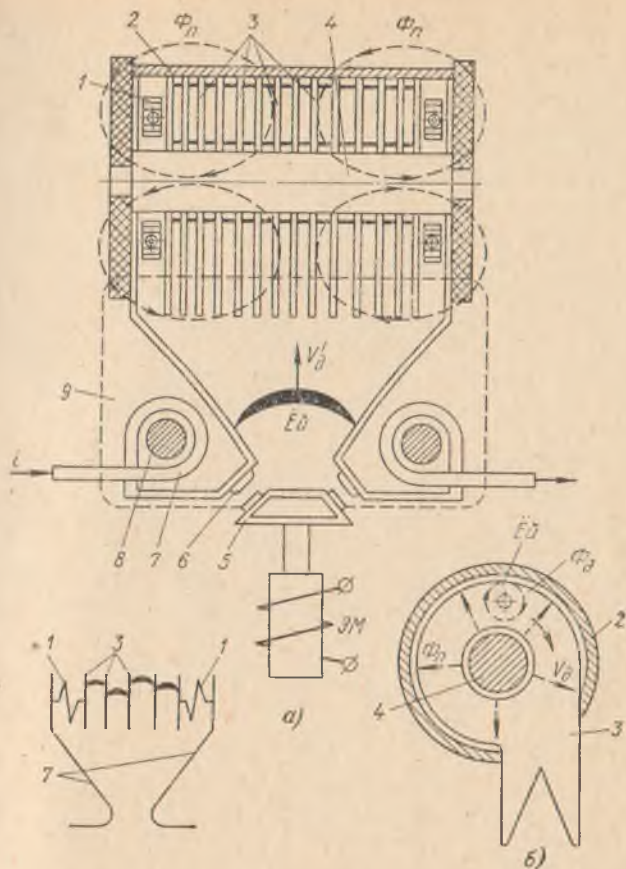


4-25- расм. Суриладиган қилиб ишланган 1500 А ли АВМ-15 автомати:

1 — аравача; 2 — ерга туташтириш учун сирпанувчан контакт; 3 — аравачанинг тақсимлаш қурилмасидаги таянчлари; 4 — автоматдаги штепсель контактлар; 5 — тақсимлаш қурилмасига монтаж қилинган контакт пичоқлар; 6 — электр двигатель юритмаси; 7 — ёй сундирувчи камера; 8 — эркин ажратиш механизми; 9 — ремонт ишларида таяниш учун хизмат қиладиган олинмайдиган дастак; 10 — ғилдирашиб олиб кириладиган қурилманинг олинмайдиган дастаги; 11 — автомат ҳолатини қайд қилувчи фиксатор.

АМ серияли автоматлар 800, 1500, 3000 ва 5000 А номинал токларга, ўзгармас токнинг 230—660 В ва ўзгарувчан токнинг 400 В кучланишига мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Ёйни яхши сундириш учун автоматда тор зигзагсимон (эгри-бугри) тирқишли камера бўлади. Автоматга оний таъсир этадиган ажраткичлар ёки ўтаюкланиш зонасида 10 с вақтгача ушлаб турадиган максимал ажраткичлар; қ. т. зонасида 0,6 с вақтгача тутиб туришга шароит яратиш учун селектив қурилма; узувчи ёки минимал ажраткич ўрнатилиши мумкин. Автомат юритмаси қўл билан ёки пружина-моторли бўлиши мумкин.

«Электрон» (Э) серияли автоматлар 630—4000 А токларга, ўзгарувчан токнинг 660 В ва ўзгармас токнинг 440 В кучланишига мўлжаллаб икки ва уч қутбли конструкцияда ишлаб чиқарилади. Максимал токнинг ажраткичлари ўтаюкланиш ва қ. т. ларда ишлаш вақтини ҳамда токнинг ростлашни таъминловчи ярим ўтказгичли бошқариш блокига эга бўлади. Бундан ташқари, минимал кучланиш ёки мустақил ажраткичларига эга. Э типидagi автоматлар қўл, электромагнит ва электр двигатель юритмаларига эга бўлиши мумкин.



4.26- расм. Майдонни сўндирувчи автомат (АГП):

а — магнит пуфлаш ғалтакларини улаш схемаси; б — ёй сўндирувчи ланжара бўйича боқилар.

Автоматлар стационар установкалар учун ёки суриладиган ағдарилувчи рельсли механик блокировкали ва автоматни иш, назорат ва ремонт қилиш ҳолатларида қўзғалишига йўл қўймайдиган қилиб ишлаб чиқарилади.

Юқорида баён этилган конструкциялардан ташқари 50000 А токкача мўлжалланган контакт системаси сув билан совитиладиган (ВВШ) махсус турдаги автоматлар, шунингдек, тўғрилагич қурилмаларини муҳофазалаш учун ВАБ, АБЭ ва бошқа типдаги тез таъсир этувчи автоматлар қўлланиши мумкин.

Майдон сўндирувчи автоматлар (АГП) махсус гурпуага киради (4.26- расм). 2.1- § да кўрсатилганидек, улар генераторларнинг уйғотини чулғамидаги токни узиш учун хизмат қилади. Автомат охиқ жойлашган (расмда кўрсатилмаган) бош контактларга ва ёйни сўндириш камерасидаги ёй сўндирувчи контактлар (5, 6) га эга. Автомат уланган ҳолатда зашчёлка ёрдамида ушлаб турилади.

Узганда контактлар 5 пастга сурилади ва контактлар 5 ва 6 орасида ёйлар ҳосил бўлиб, улар ғалтаклар 7, ўзақлар 8 ва пўлат қутблар 9 ҳосил қилган магнит майдон кучи таъсирида юқорига пуфланади. Битта узун ёй ҳосил бўлади. У ҳалқасимон ёй сўндирувчи камерага ҳайдалиб, у ерда мис пластинкалар 3 орасида қисқа ёйларга бўлинади. Бир вақтда занжирга ғалтак 1 уланади ва у радиал магнит майдон ҳосил қилади. Магнит майдон пўлат ўзак 4 орқали пўлатдан тайёрланган ташқи қоплама 2 билан туташади. Магнит майдон билан ўзаро таъсирлашиб қисқа ёйлар катта тезликда айланма ҳаракат олади ва шу сабабли пластинкаларни эритмайди (4.26- расм, б). Ёйда ажралаётган ҳамма энергия пластинкаларнинг сиртида тақсимланиб, ютилади. Пластинкаларнинг температураси 200°C дан ошмаслиги керак, шунга қараб пластинка ўлчамлари таъланади. Пластинкаларга параллел ҳолда шунтловчи қаршиликлар секцияси уланган (4.26- расмда кўрсатилмаган). Бу ҳолда ёй тўрда дарҳол ўчмайди, балки секциялар бўйича поғоналаб, нолга яқинлашиб ўчади. Биринчи бўлиб кичик қаршилик билан шунтланган секциядаги ёй сўнади. Токнинг бир меъёрада камайиши ўзгармас ток занжирини узишда ҳосил бўладиган ўта кучланишни камайтиради. АГП ни ўзининг узилиш вақти 0,15 с дан ошмайди, майдоннинг тўла сўниш вақти эса генераторлар параметрларига боғлиқ.

Автоматлар қуйидагиларга қараб танланади:
установканинг кучланишига қараб

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}};$$

ток тури ва унинг катталигига қараб

$$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}, I_{\text{тах}} \leq I_{\text{ном}};$$

конструкциясига қараб;

узиладиган ток чегарасига қараб. Қисқа туташувда кутиш вақтига эга бўлган селектив автоматлар қуйидаги шарт бўйича текширилади:

$$I_{\text{п,о}} \leq I_{\text{уз}},$$

бунда $I_{\text{п,о}}$ — уч фазали қ. т. нинг бошланғич моментидаги токнинг даврий ташкил этувчисининг таъсир этувчи миқдори; $I_{\text{уз}}$ — автоматик виключателнинг узадиган токининг таъсир этувчи чегара миқдори.

Токни чекловчи (тез таъсир этувчи) автоматлар қуйидаги шарт бўйича текширилади:

$$I_{\text{у}}^{(3)} \leq I_{\text{уз}}^*;$$

электродинамик турғунлик бўйича:

$$i_{\text{у}} \leq i_{\text{пр,с}}.$$

Тез таъсир этувчи автоматлар токни чеклаш эффекти сабабли динамик турғунликка текширилмайди.

Термик турғунликка фақат селектив автоматлар текширилади

$$B_x \leq I_T^2 t_T;$$

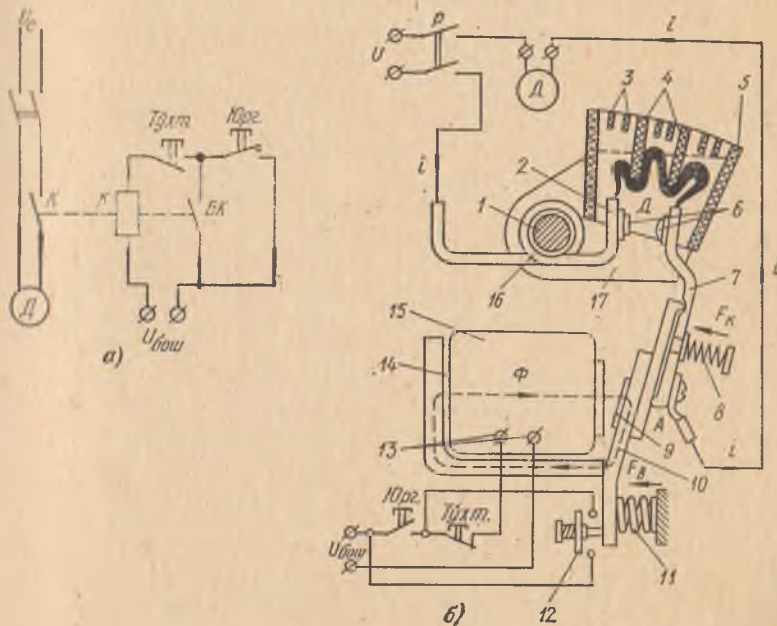
буида $i_{пр.с}$ — қ.т. чегара токининг амплитуда қиймати; I_T — термик турғунликнинг чегара токи; t_T — термик турғунлик токининг ўттиш давомлиги.

п) Контактторлар ва магнитли ишга туширгичлар

Контактторлар — бу узоқдан таъсир этадиган аппаратлар бўлиб, нормал иш режимидаги электр занжирларни кўп улаш ва илши учун хизмат қилади. Контактторлар 3—4000 А токка қучланишининг ўзгармас токида 220, 440, 650, 750 В ва ўзгарувчан токида 380, 500 ва 660 В га мўлжаллаб ишлаб чиқарилади ва соатига 600—1500 марта улаш имконини беради. Контактторларнинг айрим махсус сериялари соатига 14000 мартагача улаш имкониятини беради.

Контакт системаси электромагнит ёрдамида уланадиган электромагнит контактторлар энг кўп қўлланилади.

Контактторлар бош контактлар системаси, ёй сўндирувчи қурилма электромагнит система ва ёрдамчи контактлардан ташкил топган. Контактторнинг ишлаш принципини шартли схемаси бўйича кўриб чиқамиз (4.27- расм). Электр схемасидан кўринадики (4.27- расм, а), контактторнинг бош контактлари К двигатель Д занжирига



4-27- расм. Контактторнинг шартли схемаси:

а — бир қутбли контактторнинг электр схемаси; б — шартли конструктив схемаси.

уланган, ғалтак эса ёрдамчи контактлар *БК* ва бошқариш кнопкаларининг ишга тушириш *Пуск* тўхтатиш *Стоп* орқали бошқариш занжирига кетма-кет уланган.

Контакторнинг конструктив схемада (4.27- расм, б) ўзак 14 га ўрнатилган ғалтак 15 даги кучланиш узилган ва ҳаракатланувчи система пружина 11 таъсирида нормал ҳолатга келган моменти тасвирланган. Контактлар 2 ва 7 орасида ҳосил бўладиган ёй изоляцион тўсиқлар 4 билан камера 5 да сўнади. Ёй камерага магнит система ҳосил қилган магнит майдон ҳисобига тортилади ва у бош занжирга кетма-кет уланган ғалтак 16 дан, пулат ўзак 1 ва қутб учликлар 17 дан ташкил топган. Камеранинг чиқишида, камера ташқарисига ионлашган газларнинг чиқишига тўсқинлик қилади-ган ёй сўндирувчи панжара 3 ўрнатилган.

Контакторни улаш учун ғалтак қисмасига ишга тушириш кнопкаси *Пуск* ни босиш йўли билан кучланиш берилади. Ғалтакда магнит оқим Φ ҳосил бўлади ва у якорь 10 ни ўзакка тортади. Якорда ҳаракатланувчи контакт 7 маҳкамланган бўлиб, у қўзғалмас контакт 2 га теккандан кейин, унинг устида сирпанади ва контактлар сиртидаги оксид плёнкани бузади. Контактларда босиш пружина 8 ёрдамида ҳосил бўлади. Кумушдан тайёрланган контакт устқўймалар 6 ўтиш қаршилигининг минимал бўлишини таъминлайди. Айрим ҳолларда устқўймалар ёйга чидамли металлокерамикадан тайёрланади. Контактор уланган вазиятда ўзининг ғалтаги уланган ҳолда ушлаб турилади. Контактор улангандан сўнг ёрдамчи контактлар 12 (*БК*) ишга тушириш кнопкаси *Пуск* ни шунтлайди, шунинг учун ишга тушириш кнопкасининг ажралиши ғалтак 15 (*К*) занжирини узмайди.

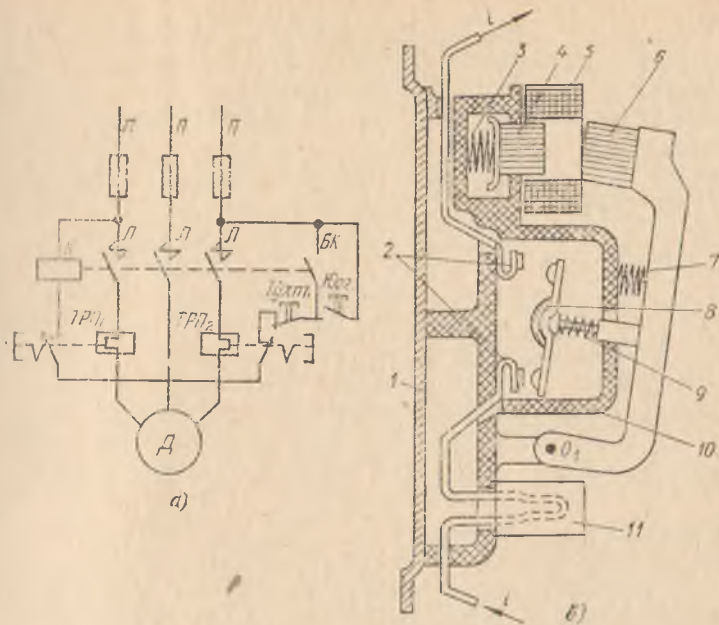
Якорь 10 да жездан тайёрланган номагнит қистирма 9 бўлиб, у ўзакдаги қолдиқ индукциядан ҳосил бўладиган тортиш кучини камайтиради. Шундай қилиб, ғалтак 15 дан кучланиш олинганда якорь «ёпишиб қолмайди». Бошқариш занжиридаги кучланиш анча камайганда, шунингдек, у йўқолганда контактор автоматик равишда узилади.

Ўзгармас ток занжирларида кучланиши 600 В гача ва 300 А гача бўлган тоқлар учун КПД-100, 630 А тоқлар учун ҚПВ-600, шунингдек 300 А тоқлар учун ҚМ-2000 серияли контакторлар қўлланилади.

Ўзгарувчан ток занжирларида кучланиши 500 В ва 600 А гача бўлган тоқлар учун КТВ, оғир режимлар учун кучланиши 380 В ва 600 А токка мўлжалланган, соатига 1200 марта уланиш имконини берадиган КТ-6000 серияли контакторлар қўлланилади.

Замонавий контакторлар ёпиқ пластмасса корпусда (КТУ серияси) ишлаб чиқарилади.

Контакторлар қурилмани нормал бўлмаган режимлар (ўтаюк-ланиш, қ. т. тоқлари) дан муҳофазалай олмайди, шунинг учун улар автоматик бошқариш схемасида нормал бўлмаган режимни сезадиган ва электромагнит ғалтакнинг занжирини узадиган махсус реле билан биргаликда қўлланилади.



4-28- расм. ПА серияли магнит ишга туширгич:
 а — электр схемаси; б — конструктив схема.

Магнитли ишга туширгичлар — бу одатда, уч қутбли контактордан, ўрнатилган иссиқлик релеларидан ва ёрдамчи контактлардан ташкил топган қурилмадир. Улар қуввати 75 кВт гача бўлган уч фазали электр двигателларни бошқариш учун хизмат қилади. Ишга туширгич ПА нинг конструктив ва электр схемаси 4-28-расмда кўрсатилган. Ишга тушириш кнопаси *Пуск* босилганда, тўхтатиш *Стоп* кнопаси ва иссиқлик релеларининг $ТРП_1$, $ТРП_2$ ажраладиган контактлари орқали, контактор $К$ (5) нинг галтагига ток берилади. Электромагнитнинг якори ўқ O_1 атрофида айланиб, ўзак 4 га тортилади. Бунда қўзғалмас контактлар 2 қўзғалувчан контакт кўприги 8 билан туташади. Контактлардаги босилиш пружина 9 ёрдамида амалга оширилади. Бир вақтда ёрдамчи контактлар $БК$ (4-28- расм, а) тутшиб, улар ишга тушириш *Пуск* кнопасини шунтлайди. Электродвигатель нагрузка ортганда иссиқлик релелари 11 нинг иккаласи ёки биттаси ишга тушади, ғалтак занжири $ТРП_1$ ва $ТРП_2$ контактлари орқали узилади. Бунда якорь 6 ўзак орқали бошқа ушлаб турилмайди ва ўзининг хусусий массаси ҳамда пружина 7 таъсирида қўзғалувчан система контактларни ажратиб, узилган ҳолатга ўтади. Ҳар бир фазада икки марта (икки жойда) узиш ва ёпиқ камера 10 махсус қурилмасиз ёйнинг сўнишини таъминлайди. Тўхтатиш *Стоп* кнопаси босилганда ҳам ишга туширгич худди контактор каби узилади.

Амортизациялайдиган пружина Z улаш вақтида қўзғалувчан қисмини кескин зарблардан сақлайди. Ишга туширгичнинг ҳамма деталлари металл асос I га маҳкамланади.

Двигателни қ. т. дан муҳофаза қилиш учун занжирга сақлагич (предохранитель) лар уланган.

Контактторлар ва магнитли ишга туширгичлар қуйидагилар бўйича танланади:

установканинг кучланишига қараб

$$U_{уст} \leq U_{ном};$$

токнинг тури ва катталигига қараб

$$I_{норм} \leq I_{ном}, I_{тах} \leq I_{ном};$$

уланадиган электр двигателларнинг қувватига қараб

$$P_{ул} \leq P_{рух.эт.}$$

4-5. САҚЛАГИЧЛАР

а) Умумий маълумотлар

Электр занжирда қисқа туташув ёки ўта юкланиш бўлса уни автоматик равишда бир марта узиш учун хизмат қиладиган аппарат сақлагич деб аталади. Занжирни сақлагич воситасида узиш эрувчан қўйманинг эриши орқали амалга ошади, бу эрувчан қўйма ўзидан муҳофазаланмаган занжирнинг токи ўтганда қизиб эрийди. Занжир узилгандан сўнг эрувчан қўйма қўлда алмаштирилиши лозим.

Конструкциясининг содалиги ва арзонлиги сабабли эрувчан сақлагичлар саноат электроустановкаларида, электростанциялар ва подстанцияларда, турмушда кенг қўлланилади. Сақлагичлар турли конструкцияларга эга бўлиши мумкин ва миллиампердан минглаб амперларгача тоқларга мўлжалланади. Ҳамма сақлагичларда асосий элементлар бўлиб: корпус, эрувчан қўйма, контакт қисм, ёй сўндирувчи қурилма ёки ёй сўндирувчи муҳит ҳисобланади.

Сақлагичлар эрувчан қўйманинг номинал токи билан, яъни эрувчан қўйма узоқ ишлаши учун ҳисобланган ток билан характерланади. Сақлагичнинг биргина корпусига турли номинал тоқларга мўлжалланган эрувчан қўймалар ўрнатилиши мумкин, шунинг учун айни сақлагич сақлагичнинг номинал токи билан характерланиб, у мана шу конструкциядаги сақлагич учун мўлжалланган эрувчан қўймаларнинг номинал тоқлари ичида энг каттасига тенг. Нормал режимда нағрузка токи таъсирида эрувчан қўймадан ажраётган иссиқлик атрофмуҳитга тарқалади ва сақлагичнинг ҳамма қисмларининг температураси руҳсат этилгандан ошмайди. Ўта юкланиш ва қисқа туташувларда қўйма температураси ортиб, унинг эришига олиб келади. Демак, ток қанча катта бўлса, қўйманинг эриш вақти шунча кичик

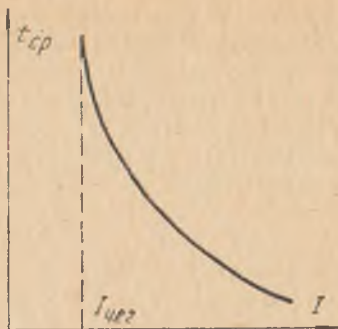
бўлади. Эриш (ишлай бошлаш) вақтининг токка боғлиқлиги сақлагичнинг вақт-ток характеристикаси деб юритилади (4.29- расм).

Сақлагич ишлай бошлашидаги минимал ток — чегара ток — $I_{\text{чег}}$ деб юритилади. Текширишларда сақлагич қўймасининг эриш вақти t соатдан ошгандаги ток — чегара ток деб қабул қилинади. Эрувчан қўймасининг номинал токи шундай танланадики, бунда нормал режимда ва қисқа рухсат этиладиган ўта юкланишларда узиш содир бўлмай, балки узоқ ўта юкланишларда ва қ. т. да занжир мумкин қадар тез узилиши лозим. Бу масала «Электр тармоқлар» курсида батафсил кўрилади.

Сақлагичлар ишининг селективлигини таъминлаш муҳим аҳамиятга эга. Селективлик принципи аввалроқ (4.20- расм) кўриб чиқилган эди. Агар автоматлар ўрнига сақлагичлар ўрнатилган бўлса, у ҳолда двигателда шикастланиш бўлганда қ. т. токи учта сақлагич орқали кетма-кет ўтади, лекин ҳаммадан олдин шикастланган жойга яқин бўлган сақлагич қўймаси эриб кетиши керак. Узиш вақти t_1, t_2, t_3 автоматнинг муҳофаза характеристикасига ўхшаш, сақлагич характеристикаси бўйича аниқланади. Характеристика эрувчан қўймасининг материали, унинг кесими, совиш шароитлари ва бошқа факторларга боғлиқ.

Эрувчан қўйма — сақлагичнинг асосий элементи бўлиб, мис, рух, қўрғошин ва кумушдан тайёрланиши мумкин. Рух ва қўрғошиннинг эриш температураси кичик (тегишлича 419 ва 27° С). Рух коррозияга чидамли, шунинг учун эрувчан қўймасининг кесими ишлатиш вақтида ўзгармайди, характеристикаси доимий қолади. Бироқ мустаҳкам оксид плёнка туфайли қўйма эриганда бузилмайдди, суяқ металл плёнка ичида сақланади. Бу эса $I_{\text{чег}}$ нинг кенг чегараларда ўзгаришига олиб келади. Рух ва қўрғошиннинг солиштирма қаршилиги катта, шунинг учун улардан тайёрланган эрувчан қўймалар катта кесимга эга. Бундай қўймаларни сақлагичларда тўлдиргичларсиз ишлатиш мумкин. Рух ва қўрғошиндан қилинган қўймали сақлагичлар ўта юкланишда катта тутиб туриш вақтига эга.

Мис ва кумуш кичик солиштирма қаршиликка эга бўлиб, қўймасининг кесими катта эмас, бу уларнинг тез ишлаб кетишини таъминлайди. Бундай қўймалар эрийдиган металлнинг ҳажмини камайтириш муҳим бўлган тўлдиргичли сақлагичларда қўлланилади. Ишлатиш жараёнида оксидланишни камайтириш учун, одатда, устига қалай суви юритилган мис қўймалар қўлланилади. Кумуш қўймалар оксидланмайди ва уларнинг характеристикалари турғун, ле-



4.29- расм. Сақлагичнинг вақт-токли характеристикаси.

кин қиммат бўлганлиги учун, бундай қўймалар фақат айрим муҳим ҳоллардагина қўлланилади. Миснинг эриш температураси 1080°C бўлгани учун чегара тоқларида сақлагичнинг ҳамма элементларининг температураси анча катта бўлади. Юқори температуралар ҳосил бўлишига йўл қўймасдан сақлагичнинг тез ишлаб кетишини таъминлаш учун металлургия эффекти деб аталадиган усулдан фойдаланилади. Бу осон эрийдиган суяқ металлда қийин эрийдиган металлни эритиш ҳодисасидир. Агар, масалан, диаметри $0,25\text{ мм}$ ли мис симга эриш температураси 182°C бўлган қалай-қўрғошни қотишмадан тайёрланган шарчалар кавшарланса, бу ҳолда сим температураси 650°C га етганда у 4 минут ичида эрийди, 350°C да эса 40 минут ичида эрийди. Худди шу сим эритувчисиз 1000°C дан паст бўлмаган температурада эрийди. Одатда, мис ва кумуш қўймаларида металлургия эффектни ҳосил қилиш учун анча турғун хоссаларга эга бўлган тоза қалай қўлланилади. Нормал иш режимида қалайли шарча сақлагич ишига таъсир этмайди.

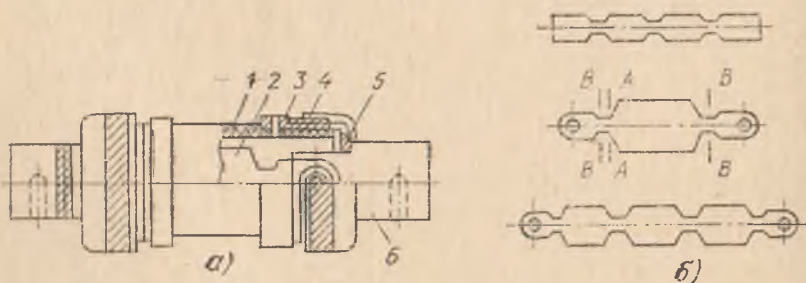
Қўйма эригандан сўнг электр ёй ҳосил бўлиб, уни мумкин қадар тез ўчириш лозим. Сақлагичларда ёйни сўндириш учун тор тирқиш, газларнинг юқори босими, пуфлаш эффектидан фойдаланилади. Ҳеч қандай шикастланиш ёки деформация содир бўлмасдан сақлагич узиши мумкин бўлган энг катта ток у з и ш н и н г ч е г а р а т о к и деб юритилади.

Электр установкакаларда энг кенг тарқалган сақлагичларнинг конструкцияларини кўриб чиқамиз.

б) 1000 В гача мўлжалланган сақлагичлар

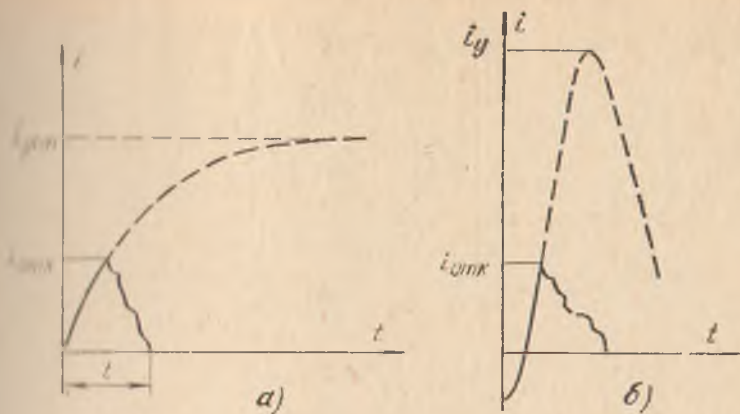
Ёйиқ қисмларга ажрайдиган тўлдиргичсиз патронли ПР-2 тип сақлагичлар 220 ва 500 В га ва 15—1000 А патронларнинг токига мўлжаллаб ишлаб чиқарилади (4.30- расм). Узишнинг чегара токи номинал токка боғлиқ, бўлади ва 1200—2000 А оралиқларда бўлади.

100 А ва ундан юқори токка мўлжалланган сақлагич ПР-2 нинг патрони (4.30- расм, а) қалин деворли фибрали трубка 1 дан иборат бу трубкага унинг ёрилишини олдини олувчи жез втулкалар 3 кий-



4-30- расм. ПР-2 типдаги сақлагич:

а — 100 — 1000 А номинал тоқлар учун патрон; б — эривчан куйилмаларнинг шакллари.



4.31- расм. Эрувчан сақлагичларнинг ток чекловчи эффекти:

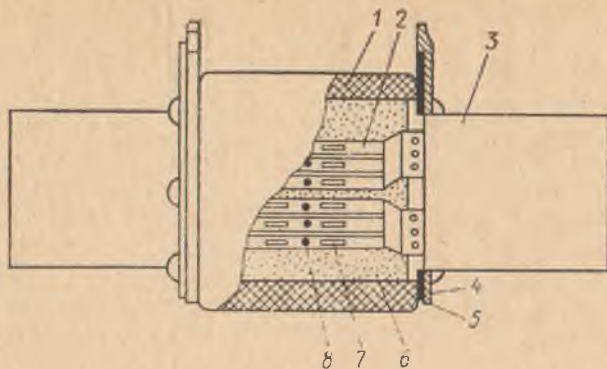
a — ўзгармас токда; *b* — ўзгарувчан токда.

дирилган. Втулкаларга қалпоқчалар 4 бураб ўрнатилади, улар пичоқлар 6 га буралган эрувчан қўйма 2 ни патронга ўрнатишдан олдин маҳкамланади. Пичоқларни буралиб кетишидан сақлаш учун, пичоқ учун паз қилинган шайба 5 ўрнатилади.

Патрон изоляцион плитага маҳкамланган қўзғалмас контактлар устунларига қўйилади. Контакт учун керакли босим ҳалқасимон сии пластинкали пружина билан таъминланади.

Эрувчан қўймалар ўйилма пластинка кўринишида рухдан тиберланади. Қисқарган участкаларда кенг томонларга қараганда кўп иссиқлик ажралиб чиқади. Номинал токда ортиқча иссиқлик рухнинг иссиқлик ўтказиши ҳисобига кенг жойларга ўтади, шунинг учун қўйманинг ҳамма қисми бир хил температурага эга бўлади. Ушбу кўйланишда тор участкалар тез қизийди, чунки иссиқликнинг фақат бир қисмигина кенг қисмларга ўтади. Қўйма энг қизиган жойда эрийди (4.30- расм, *б*, *A—A* кесим). Қ. т. тоқларида тор участкалар шунчалик тез қизийдики, бунда деярли иссиқлик уштилмайди. Қўйма бир вақтда ҳамма ёки бир неча тор жойларда куйди (4.30- расм, *б*, *B—B* кесим). Қўйма куйгандан сўнг ёй ҳосил бўлиб, у газлар ҳосил қилади (50% CO , 40% H_2 , 10% H_2O буглари). Ушбу кўйланишдан токка қараб босим 10 МПа ва ундан кўп бўлиши мумкин. Юқори босим ёйнинг совиши, ионсизланиши ва сўнишига ёрдам беради.

Қисқа туташувда қўйманинг тор қисми қ. т. токи ўзгарувчан ток занжиридаги зарбий токка ёки ўзгармас ток занжиридаги ўзининг турғун миқдорига етмасдан олдин эрий бошлайди (4.31- расм). Бунда занжирдаги қ. т. токи $I_{\text{отк}}$ қийматгача чекланади. Бундай сақлагичлар ток чекловчи деб юритилади. Ток чекловчи сақлагичлар билан муҳофазаланган занжирлар қ. т. тоқларининг термик ва динамик таъсирига текширилмайди. Қўйма куйган вақтда занжирдаги индуктив қаршилик туфайли ўтакучланиш ҳосил



4-32- расм. ПН-2 типдаги сақлагич.

бўлади. Утақуҷланишнинг катта амплитудаси изоляцияни қоплаши мумкин, шунинг учун эрувчан қўймада бир неча тор жойлар кўзда тутилади. Уларнинг навбати билан эриши пайтида ёй оралигининг тўла узунлиги занжирга дарҳол киритилмасдан, балки поғоналаб киритилади. Тор участкалар куйганда қўйманинг кенг қисми, эримай ва трубка ҳажмини металл буғлари билан ифлосламай пастга тушади. Бу ёйни сўндириш шароитини яхшилайди. Узиш қобилиятининг катталиги патрондаги рухсат этилган босим, яъни унинг механик мустаҳкамлиги билан аниқланади.

ПН-2 сақлагичларининг афзаллиги бўлиб, уларни осон қайта зарядлаш ҳисобланади, камчилиги эса тўлдирилган сақлагичларга қараганда ўлчамларининг бирмунча катталигидир.

ПН-2 ТИП тўлдирилган сақлагичлар (4.32-расм) ўзгарувчан токнинг 500 В гача ва ўзгармас токнинг 440 В гача бўлган куч занжирларини муҳофаза қилиш учун қўлланилади ва 100—600 А номинал тоқларга мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Чиннидан ташқи кўриниши квадрат ва ичи айлана шаклида ишланган трубка 1 винтлар учун тўртта резьбали тешикка эга бўлиб, улар ёрдамида зичловчи қистирма 5 билан қопқоқ 4 маҳкамланади. Эрувчан қўйма 2 кесилган контакт пичоқлар 3 нинг шайбасига электроконтакт нуқтали пайвандлаш йўли билан бириктирилган. Асбест қистирмали қопқоқ трубкани герметик беркитади. Трубка қуруқ кварц қуми 6 билан тўлдирилган. Эрувчан қўйма қалинлиги 0,15—0,35 мм ва эни 4 мм гача бўлган бир ёки бир неча мис лентачалардан тайёрланган. Қўймада унинг кесимини 2 марта камайтирадиган кесиклар 7 қилинган. Қўйманинг эриш температурасини камайтириш учун металлургия эффектидан фойдаланилади — мис лентанинг бутун жойига қалай шарчалар 8 кавшарланган. Бу ҳолда эриш температураси 475° С дан ошмайди. Ёй бир неча параллел каналларда (қўймалар сонига қараб) ҳосил бўлади, бу ҳол каналдаги кварц доналари орасида металл буғларининг миқдорини энг кам бўлишини таъминлайди ва тор тир-

қинида ёйнинг сўниш шароитларини яхшилайди. Тўлдирилган сақлагичлар, ПР сақлагичлар каби, токни чеклаш хоссасига эга.

Ҳосил бўладиган ўта кучланишларни камайтириш учун эрувчан қўймалар узунлиги бўйича кесикларга эга бўлади, бунда уларнинг узунлиги бўйича сони сақлагичнинг номинал кучланишига боғлиқ бўлади (кесиклар орасидаги участкага 100 — 150 В ҳисобида). Қўйма тор жойидан куйганлиги сабабли, узун ёй бир қанча қисқа ёйларга бўлиниб, улардаги кучланиш йиғиндисидан ошмаслиги керак (4-3-§). ПН сақлагичларида тўлдиргич сифатида тоза кварц қуми (99% SiO_2) ишлатилади. Кварц ўрнида бўр (CaCO_3) қўлланилиши мумкин, баъзан эса уни асбест толаси билан аралаштирилади. Ёйни сўндиришда бўр парчаланиб карбонат ангидрид газидан CO_2 ва қийин эрувчан материал CaO га ажралади. Реакция энергияни ютиш билан бориб, бу ёйни сўндиришга ёрдам беради. Айрим ҳолларда тўлдиргич сифатида гипс (CaSO_4) ва бор кислота ишлатилади.

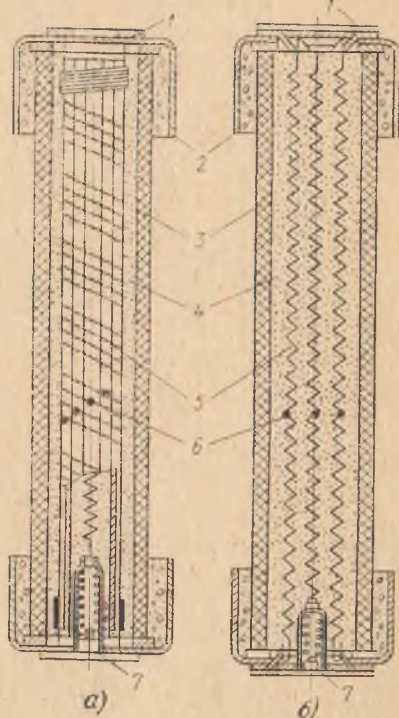
Тўлдирилган сақлагичларда чинни трубка ўрнига иссиққа чидамли лок шимдирилган шина материал, стеатит ёки қўйма пластмасса ёхуд изоляция-смодаларидан тайёрланган трубкалар қўлланилиши мумкин.

ПН сақлагичлар ПН сақлагичларга ўхшаш, бироқ қисмларга ажралмайдиган контактли ничоқсиз патронга эга ва 60 А гача тоқларга мўлжалланади. ПН-2 сақлагичларнинг узувчи токнинг чегараси 50 кА га етади. Саноат установакаларида ва турмушда эрувчан сақлагичларнинг бошқа конструкциялари ҳам қўлланилади.

в) 1000 В дан юқорига мўлжалланган сақлагичлар

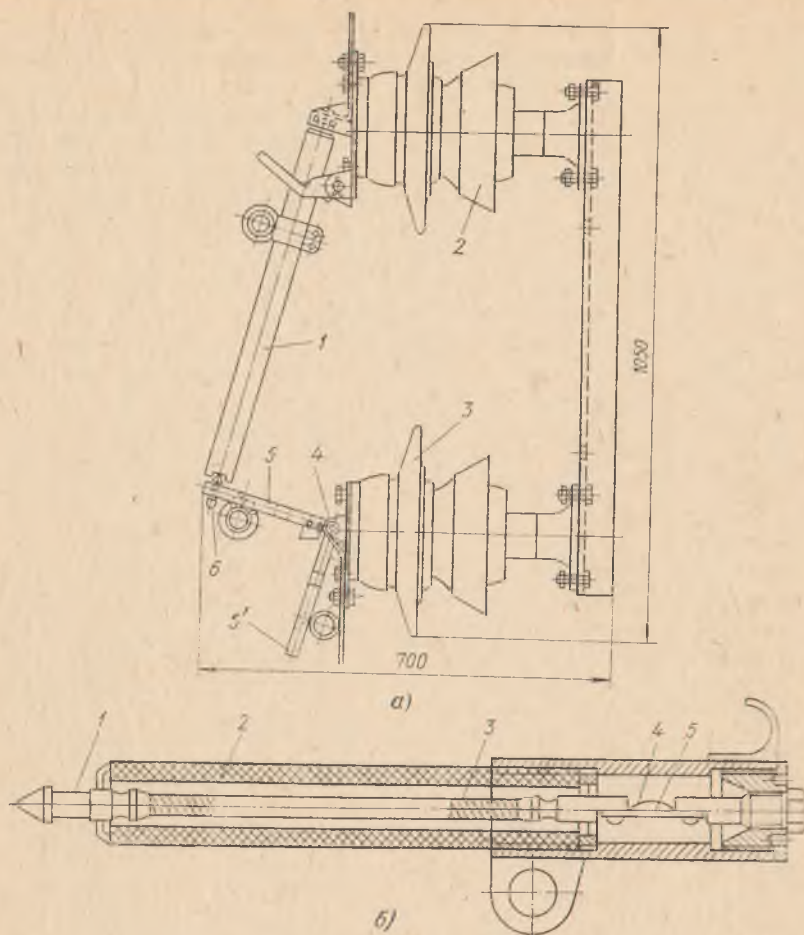
Юқори вольтли сақлагичлар ҳам 1000 В гача мўлжалланган сақлагичлар сингари вазифани бажаради ва улар каби ишлаш принциpigа эга.

Майда донли тўлдиргичли ПҚ тип сақлагичлар 3, 6, 10, 35 кВ кучланишга ва тегишлича 400, 300, 200 ва 40 А



4-33- расм. ПҚ типдаги сақлагич.

а — 7,5 А гача ток учун; б — 7,5 А дан катта тоқлар учун; 1 — асосдаги четки қопқоқ; 2 — жез қалпоқ; 3 — чинни трубкача; 4 — кварц қуми; 5 — эрувчан қўйма; 6 — қалайдан ясалган шарчалар; 7 — ишга тушиш кўрсаткичи.



4-34- расм. ПСН типдаги сақлагич:
a — умумий куралиши; *b* — сақлагич патрони.

номинал тоқларга мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Бу сақлагичлар ток чеклаш эффектига эга бўлиб, қ. т. даги тулиқ узиш вақти 0,005—0,007 с ни ташкил этади.

Сақлагич патрони (4.33- расм) жез қопқоқлар билан икки томони мустаҳкамланган чинни трубкadan иборат. Патрон ичига мис ёки кумуш эрувчан қўймалар ўрнатилган. Ёй сундиришга нормал шароитлар яратиш учун эрувчан қўймалар анча узун ва кичик кесимга эга бўлиши керак. Бунга қовурғали керамика ўзакка ўралган бир неча параллел қўймалар 5 ни (4.34- расм, *a*), ёки катта тоқларда бир неча спираль қўймаларни ишлатиш билан эришилади (4.34- расм, *b*). Трубка кварц қум билан тўлдирилгандан сўнг, икки томондаги тешиклар қопқоқлар 1 билан беркитилиб, яхшилаб

кавшарланади. Герметикликнинг бузилиши, қумнинг намланиши ёй сўндириш хоссасининг йўқолишига олиб келиши мумкин. Эрувчан қўйманинг эриш температурасини камайтириш учун металлургия эффекти қўлланилади. Сақлагичнинг ишга тушганлиги пружинани нормал ҳолда тортилган ҳолда ушлаб турган пўлат қўйма куйгандан сўнг, трубкадан пружина ёрдамида ташқарига улоқтирилладиган кўрсаткич 7 орқали аниқланади. Пўлат қўйма ундан ҳамма ток ўтганда иш қўймалардан кейин куяди. Кварц довлари орасидаги тор каналларда ёйнинг тез сўниши установка изоляцияси учун хавфли бўлган ўтакучланишларга олиб келади. Ўтакучланишни камайтириш учун, узунлиги бўйича турли кесимда бўлган эрувчан қўймалар ёки асосий иш қўймаларга параллел уланган учқун оралиқли эрувчан қўймалардан фойдаланиш билан ёйнинг сўнишини сунъий равишда чўзилади. Охириги конструкциядаги сақлагичларда аввал иш қўймаси эрийди, бунда ўтакучланиш ҳосил бўлганда ёрдамчи қўйманинг учқун оралиғи тешилиб, у ҳам куяди. Кўп марта такрорланадиган катта токларда сақлагичнинг ишга тушиш вақтининг йиғиндиси 0,008 с дан ошмайди.

Сақлагичларнинг бошқа кўринишлари ҳам бор: ПКУ (кучайтирилган); ПҚН (ташқи); ПҚЭ (экскаваторлар учун).

Сақлагич ПҚ нинг патрони таянч изоляторларга маҳкамланган контактларга ўрнатилади. Номинал токка қараб сақлагичда бир, икки ёки тўртта патрон бўлиши мумкин.

ПТК сериядаги сақлагичлар кучланиш трансформаторларини муҳофазалаш учун ишлатилади, ПҚ сақлагичларга нисбатан керамик ўзакка ўралган константан қўймаси борлиги билан фарқланади. Уларда ишга тушганлигини кўрсатувчи кўрсаткич бўлмай, уларнинг куйганлигини кучланиш трансформаторларининг иккиламчи занжирига уланган приборларнинг кўрсатиши бўйича аниқланади.

Эрувчан қўйма кесимининг кичиклиги сабабли ПҚТ сақлагичлар катта ток чегаралаш эффектини ҳосил қилади. Улар қуввати 1000 МВ · А га етадиган тармоқларга қўйилиши мумкин, айрим турлари (ПҚТУ) учун эса узиладиган қувват чегараланмайди.

Ёйни автогаз билан сўндирувчи сақлагичлар 10 кВ ва ундан юқори кучланишга мўлжаллаб тайёрланади.

Очиқ тақсимлаш қурилмаларида ПСН типдаги (4.34-расм) отувчи сақлагичлар кенг тарқалган.

Сақлагичнинг асосий қисми бўлиб, газ генерацияловчи трубка 2 ҳисобланади, унинг ичига контактли учлик 1 ҳамда эрувчан қўйма 4 билан туташтирилган эгилувчан ўтказгич 3 жойлаштирилган (4.34-расм, б). Мисдан тайёрланган эрувчан қўймага параллел ҳолда пўлат қўйма 5 жойлаштирилган, у эгилувчан ўтказгични чиқариб юборишга ҳаракат қилувчи пружина кучини қабул қилади.

Сақлагич 1 нинг патрон каллаги изолятор 2 даги махсус тутқич билан сиқилган (4.34 расм, а). Пастки изолятордаги ўқ 4 да спираль пружинали контакт пичоқ 5 маҳкамланган бўлиб, у пичоқни 5' ҳо-

латга буришга ҳаракат қилади. Пичоқ контактли учлик 6 нинг бўйнини қамраб олади.

Қ. т. да аввал мис, кейин пўлат қўйма эрийди. Пружина таъсирида пичоқ 5 бурилиб, эгилувчан ўтказгични чиқариб ташлайди. Қўйма эригандан сўнг ҳосил бўладиган ёй трубкага тортилади, у ерда жадал равишда газ ажралиб чиқади. Трубкада босим 10—20 МПа га етади, жадал равишда бўйлама автоматик пуфлаш ҳосил бўлади ва ёйни сундиради. Сўниш қизиган газларнинг ташқарига чиқиши ҳамда кучли товуш эффекти — отиш билан кузатилади. Шу сабабли ПСН сақлагичлар очик РУ ларда шундай ўрнатилдики, бунда газ чиқиш зонасида электр аппаратлар бўлмаслиги керак.

Узиш жараёнида эгилувчан боғламни улоқтиришига қараб ёй узунлиги ортиб боради, шунинг учун ўта кучланиш ҳосил бўлмайди.

Эрувчан қўйма нормал режимда юқори температурагача қизийди. Газ ҳосил бўлмаслиги учун қўйма трубкага эмас, балки трубканинг бир томонини бекитувчи металл қалпоққа жойлаштирилган.

ПСН сақлагичлар комплект трансформаторли подстанцияларида ишлатилади. Улар куч трансформаторларини қ. т. тоқларидан муҳофазалайди, лекин бошқа тур шикастланишлардан муҳсфаза қилмайди.

Ҳозирги пайтда бошқарилувчи сақлагичлар УПСН-35 ва УПСН-110 ишлаб чиқилган (Ульяновск политехника институти). Бу сақлагичларда эрувчан қўймадан ташқари контактлар ҳам бўлиб, улар пичоқ 5 га юритма билан таъсир этиб узилиши мумкин (4.34- расм, а). Юритмани ишга тушириш учун импульс реле муҳофазаси ёки автоматика ёрдамида берилади. Эрувчан қўйма куйгандан сўнг узиш амалга оширилади, шунинг учун патронни кейинчалик қайта зарядлаш лозим.

Бу сақлагичларнинг кейинги такомиллашуви автогаз виключателларининг яратилишига олиб келди (4.7- §, е га қаранг).

г) Зарбий тоқларни чеклагичлар

Зарбий токни чеклагичлар (ОУТ*) портлаш таъсирида ўта тез таъсир қилувчи коммутацион аппарат бўлиб, катта номинал тоқларда ишлайдиган 6—30 кВ ли установкаларга мўлжалланган.

Зарбий токни чеклагич (4.35- расм, а) номинал ток (1000—4500 А) нинг узоқ ўтишига мўлжалланган ўтказгичи бўлган коммутацион қурилма 2 га эга. Ток элтувчи ўтказгичга капсула детонаторли пиропатрон ўрнатилган. Қ. т. содир бўлганида, электрон қурилма (бошқариш блоки БУ) токнинг ўзгариш тезлиги di/dt ни сезади (4.35- расм, б), сўнгра ажратувчи трансформатор ИТ орқали зарядсизлаш қурилмаси капсула детонаторга таъсир этади, пиропатрон портлайди ва асосий занжир 0,1 мс вақт ичида узилади. Шундан сўнг ток сақлагич 4 орқали ёрдамчи занжирдан ўта бошлайди, бу сақлагич 4 занжирни бутунлай узади. Зарбий ток чеклагич-

* ОУТ — ограничители ударного тока.

нинг тўлиқ ишлаш вақти 5 мс дан ошмайди (даврининг 1/4 қисми) шу сабабдан занжирнинг қ. т. токи $i_{н}$ қийматини тиклай олмайди. Шундай қилиб, бу ерда ҳам айрим конструкциялардаги сақлагичлар (4.31- расм, б га қаранг) каби токни чекловчи эффект қўлланилади, бироқ сақлагичларга нисбатан фарқли равишда зарбий токни чеклагич номинал токлари катта бўлган, юқори кучланишли занжирларга ўрнатилади.

ОУТ ишлаб кетганидан сўнг ток элтувчи ўтказгич ва сақлагич алмаштирилиши лозим. ОУТдан фойдаланиш қ. т. тоklarини чеклаш ва демак, аппаратуралар ҳамда электроустановкаларнинг ток ўтказувчи қисmlарини енгиллаштириш имконини беради. ОУТнинг айрим уланиш схемалари 4.35- расм, в да кўрсатилган.

Сақлагичлар қуйидагилар бўйича танланади:

установканинг кучланиши бўйича $U_{уст} \leq U_{ном}$;

ток бўйича $I_{норм} \leq I_{ном}$, $I_{тах} \leq I_{ном}$;

конструкцияси ва установка турига қараб;

узиш токи бўйича $I_{п. о} \leq I_{уз. п}$, бунда $I_{уз. п}$ — узиладиган чегара токи (симметрик ташкил этувчи).

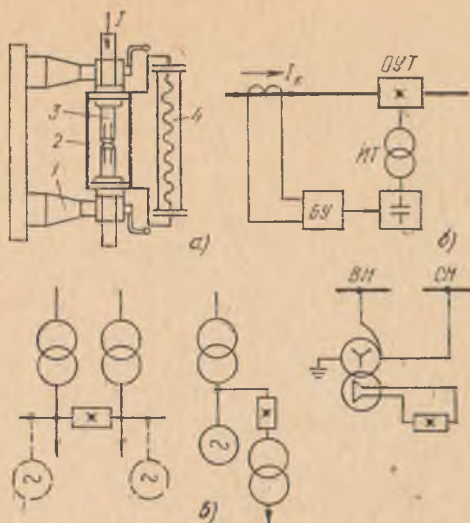
1000 В гача бўлган установкаларда сақлагич эрувчан қўймасининг номинал токи тармоқни муҳофазалаш шартлари бўйича («Электр тармоқлар» курсида батафсил кўрилган), шунингдек селективлик шартлари бўйича олинади.

4.4. АЖРАТКИЧЛАР. ҚИСҚА ТУТАШТИРГИЧЛАР, УЗГИЧЛАР

а) Умумий маълумотлар

Ажраткичлар бу контактли коммутацион аппарат бўлиб, у токсиз ва кичик токли электр занжирларни улаш ёки узиш учун хизмат қилади. Ажраткич хавфсизликни таъминлаш мақсадида ишлаган ҳолатда контактлари орасида изоляция оралигига эга бўлади.

Ремонт ишлари пайтида ремонт учун чиқарилган аппаратнинг ток ўтказувчиси ва кучланиш остида қолган ток ўтказувчи қисmlар



4.35- расм. Зарбий ток чеклагичи:

а — конструктив схемаси; 1 — изолятор; 2 — коммутацион элемент; 3 — пиротронли ток ўтказувчи; 4 — сақлагич; б — ботқаришнинг структура схемаси; в — уланиш схемалари.

орасидаги ажратгич томонидан кўринадиган узилиш ҳосил қилинади.

Ажраткичлар ёрдамида нагрузка тоқларини узиш мумкин эмас, чунки ажраткичларнинг контакт системаси ёй сўндирувчи қурилмага эга эмас, шунинг учун нагрузка тоқларини нотўғри узиш ҳолларида турғун ёй ҳосил бўлиб, бу ҳол фазалараро қ. т. га ва ишлаётган шахснинг бахтсиз ҳодисага учрашига олиб келиши мумкин. Ажраткични ишлатишдан олдин занжир виключатель ёрдамида узилган бўлиши керак.

Бироқ электроустановкаларнинг схемаларини соддалаштириш учун қуйидаги операцияларни *бажаришда ажраткичларни ишлатиш рухсат этилади* [1-13]:

электр тармоғида ерга тутатиш бўлмаса, трансформаторларнинг нейтралли ва ёй сўндирувчи ғалтакларини узиш ва улаш;

шиналарнинг заряд тоқини ва ҳамма кучланишлардаги асбоб-ускуналарни (конденсаторларнинг батареяларидан ташқари) узиш ва улаш;

10 кВ ва ундан кичик кучланишдаги 15А гача бўлган нагрузка тоқини очиқ жойга ўрнатилган уч қутбли ажраткич билан узиш ва улаш;

агар ажраткич паст омли параллел занжир (шина улагич ёки айланиб ўтувчи виключатель билан, 5.2- §, в га қаранг) билан ишончли шунтланган бўлса, у билан операцияларни бажаришга рухсат этилади);

ажраткич ва узгичлар ёрдамида куч трансформаторларининг кичик магнитловчи тоқини ҳамда ҳаво ва кабель линияларининг зарядловчи тоқини узиш ва улаш мумкин.

Ажраткич узадиган ток унинг конструкцияси (пичоқларининг горизонтал, вертикал жойлашуви) га, қутблари орасидаги оралиққа, установканинг номинал кучланишига боғлиқ бўлганлиги учун, бундай операцияларга инструкция ва директив кўрсатмалар орқали рухсат берилади. Трансформаторнинг магнитловчи тоқини узиш операциясининг таркиби ҳам катта роль ўйнайди. Масалан, РПН ли трансформаторларни тўла ўйғонмаган режимга ўтказиш лозим, чунки берилаётган кучланишга боғлиқ бўлган магнитли ўтказгичдаги индукциянинг камайиши билан магнитловчи ток кескин камаяди. Бундан ташқари, тўла нагрузкаланмаган трансформаторни узишдан олдин, трансформатор нормал режимда ерга туташтирилмаган нейтрал билан ишлаган бўлса, дарҳол нейтраллини ерга эффектив улаш лозим. Агар трансформаторнинг нейтраллига ерга туташтирувчи реактор уланган бўлса, даставвал уни узиш лозим.

Агар занжирда ажраткич ва узгич бўлса, у ҳолда магнитловчи ток ва заряд тоқларини узиш ва улашда, шу операцияларни тез бажарадиган пружинали юритмага эга бўлган узгичдан фойдаланиш лозим.

Ажраткичлар электроустановкаларнинг схемаларида муҳим роль ўйнайди, уларнинг ишончли ишлашига қараб бутун электроустановка ҳам ишончли ишлайди, шу сабабли уларга қуйидаги талаблар қўйилади:

ҳавода кўринадиган узилиш ҳосил қилиши, бу ҳолнинг электр мустаҳкамлиги максимал импульс кучланишига мос келиши керак; қ. т. токлари оқиб ўтганида электродинamik ва термик турғун бўлиши;

ўз-ўзидан узилиб (ўчиб) қолмаслиги;

энг ноқулай иш шароитларида (яхлаш, қор, шамол ва шу каби-лар) аниқ узиш ва улаш имконини бериши лозим.

Ажраткичлар қутбларининг сонига қараб бир ва уч қутб-ли, установка турига қараб — ички ва ташқи установка-лар учун, конструкцияси бўйича — кесувчи, айлан-ма, ғилдировчи, пантографик ва осма тип-ларда бўлади. Ўрнатилиш усулига қараб пичоқлар вер-тикал ва горизонтал жойлашган ажраткичларга бўлинади.

Ўзгич ва қисқа туташтиргичларнинг конструкцияси ва ишлати-лиши ҳақида қуйида айтилган.

б) Ички установкалар учун ажраткичлар

Ички установкалар учун бир қутб-ли (РВО) ёки уч қутб-ли (РВ, РВК, РВРЗ ва шу каби) ажраткичлар қўлланилади. Уч қутб-ли ажраткичлар умумий рамада ёки ҳар бир қутб учун алоҳида рамада (4.36- расм) тайёрланиши мумкин. Ҳар бир қутб ажраткичнинг юритмаси билан уланган умумий вал орқали бирлаштирилади. 1000 А гача бўлган тоқларга ажраткичнинг пичоғи иккита мис полосадан, катта тоқлар учун пичоқ уч-тўрт полосадан тайёрла-нади. Шина конструкцияларидаги каби, катта тоқларда материалдан яхши фойдаланиш учун, қўзғалмас контактлар қутисимон кесимда, аж-раткич пичоғи эса — тоғора шаклда тайёрланиши керак.

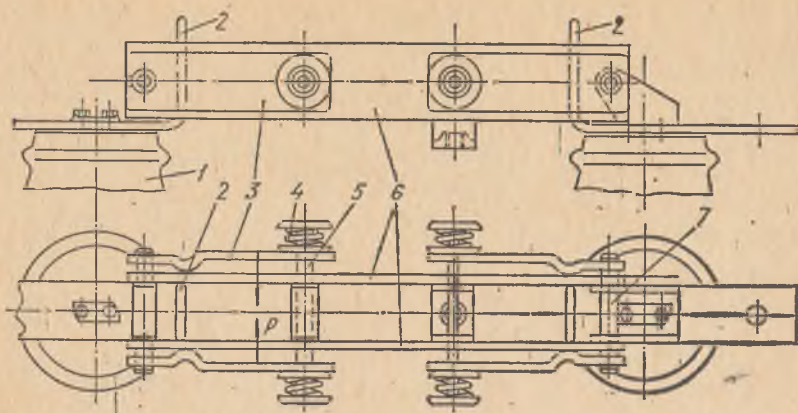
Кесувчи типдаги аж-раткичларда пичоқ қўзғалмас контактлардан бирининг атрофида айланади, пичоққа ҳаракат чинни тортқи орқали валдан узатилади. Контактлардаги керакли босим пружиналар орқали ҳосил қилинади.

Кесувчи типдаги ажраткичлар-нинг контакт системасининг тузили-шини кўриб чиқамиз (4.37- расм). Изолятор 1 да туғри бурчак остида букилган мис шина маҳкамланган бўлиб, у қўзғалмас контакт 2 ҳисоб-ланади. Контакт 2 нинг ён томон-лари цилиндрик сирт кўринишида ишланган, шунинг учун пичоқ 6 пластиналари билан чизиқли кон-



4.36- расм. Қирқувчи типдаги ички қурилма учун РВК-20/6000 ажраткичи.

1 — рама; 2 — таянч изолятор; 3 — қўзғалмас контакт; 4 — пичоқ; 5 — чинни тортқи; 6 — вал.



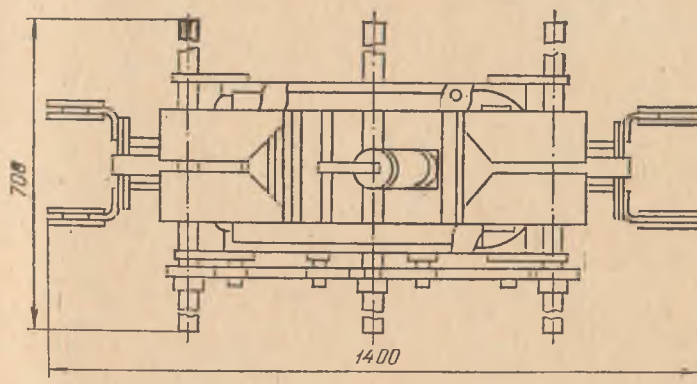
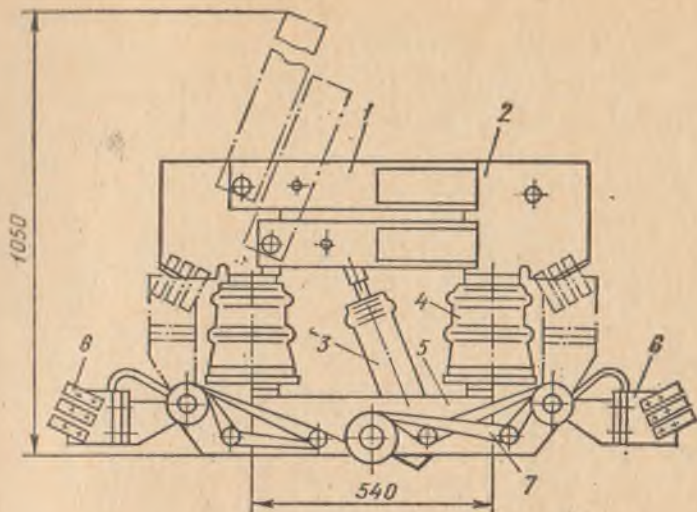
4-37- расм. Қирқувчи типдаги ажраткичларнинг контакт системаси.

такт ҳосил қилади. Стержень 5 га ўрнатилган пружиналар 4 пулат пластиналар 3 ни босади, пластиналар чиққан жойлари билан пичоқларни қўзғалмас контактга сиқади. Контактда босим қанча катта бўлса, ўтиш қаршилиги шунга кичик бўлади, лекин узишлар ва улашлардаги ишқаланиш ҳисобига контактлар ейилиши катта ва ажраткични операциялардаги ҳаракатлантириш учун қўйиладиган куч шунча катта бўлади.

Қ. т. тоқларининг ўтиши пайтида тоқнинг пичоқ пластиналаридан контактларга ўтиш жойларида электродинамик кучлар ҳосил бўлади, улар контактдан пичоқларни итаришга ҳаракат қилади. Бошқа томондан, пичоқ пластиналари бир томонга йўналган тоқларнинг ўзаро таъсири сабабли бир-бирига тортилади. Қ. т. тоқлари катта бўлганда итариш кучлари пластиналар пичоқларининг тортиш кучидан катта бўлиши мумкин, бу пластиналар пичоқларини контактдан отилиб чиқишига, ёйнинг пайдо бўлишига, яъни аварияга олиб келади. Бунинг олдини олиш учун, ажраткичларда магнит қулф қурилмаси кўзда тутилади. У пичоқ ташқарисига жойлашган иккита пулат пластиналар 3 дан иборат бўлиб, биринчидан, пружиналар босимини узатиш учун хизмат қилса, иккинчидан, қ. т. тоқларидан магнитланиб, бир-бирига тортилади ва контактда қўшимча босим ҳосил қилади.

Иккинчи изолятордаги ажраткичнинг контакт системаси ҳам шундай конструкцияга эга, фақат контактлар сирпанувчи, шарнирли, лекин ажралмайдиган бўлади, чунки пичоқ ўқ 7 атрофида айланади.

Кучланиши 20 кВ, номинал токи 8000 А ли РВРЗ типдаги ажраткич 4.38- расмда кўрсатилган бўлиб, у қ. т. нинг тўғридан-тўғри ўтувчи охири чегара токи 300 кА га ҳамда термик турғунлик тоқининг охири чегараси 112 кА га тенг деб ҳисобланган (қутблар ораси 700 мм бўлганда).



4-38- расм. Иккита ерга туташтирувчи пичоқли РВРЗ-2-20/8000 (бир қутб) ички қурилма учун қирқувчи типдаги ажратгич:

1 — қўзғалувчан бош пичоқлар; 2 — қўзғалмас контакт; 3 — чинни тортқи; 4 — таянч изолятор; 5 — рама; 6 — ерга туташтирувчи пичоқлар; 7 — асосий ва ерга туташтирувчи пичоқларнинг механик блокировкаси.

Қутбнинг контакт системаси вертикал-қирқувчи типда. Динамик тургунликни ошириш мақсадида ҳар бир контакт пичоқ 1 магнит қулфлар билан таъминланган. Қутбнинг контакт системаси тўртта таянч изоляторларга маҳкамланади. Пичоқлар изоляцияловчи чинни тортқи 3 орқали ҳаракатга келади. Узиш ва улашдаги кучни камайтириш мақсадида контакт босимни йўқотувчи механизм қўлланилади. Ерга туташтирувчи пичоқлар 6 шарнирли ёки ажровчи контактлар томонидан ёки иккала томонда жойлашиши мумкин. Уч қутбли установкакаларда, улар умумий мис шиналар билан қисқа туташтирилади.

Ерга туташтирувчи пичоқлар, бош пичоқлар уланган ҳолатда, уларни уланишига йўл қўймайдиган механик блокировкага эга. Ерга туташтирувчи пичоқларни бошқариш учун, дастадан валга ҳаракат берувчи ричаглар (ПР) системасидан ёки червякли юритмадан (ПЧ) ташкил топган оддий қўл юритмасидан фойдаланилади. Бош пичоқларни улаш ёки узиш бу операцияларни масофадан амалга ошириш имконини берадиган электр двигатель юритмаси (ПДВ) томонидан амалга оширилади.

Ўз-ўзидан узилиши ёки уланишни йўқотиш учун юритманинг ричаглар системаси ёрдамида ажраткич уланган ёки узилган ҳолатда ишончли тутиб турилади.

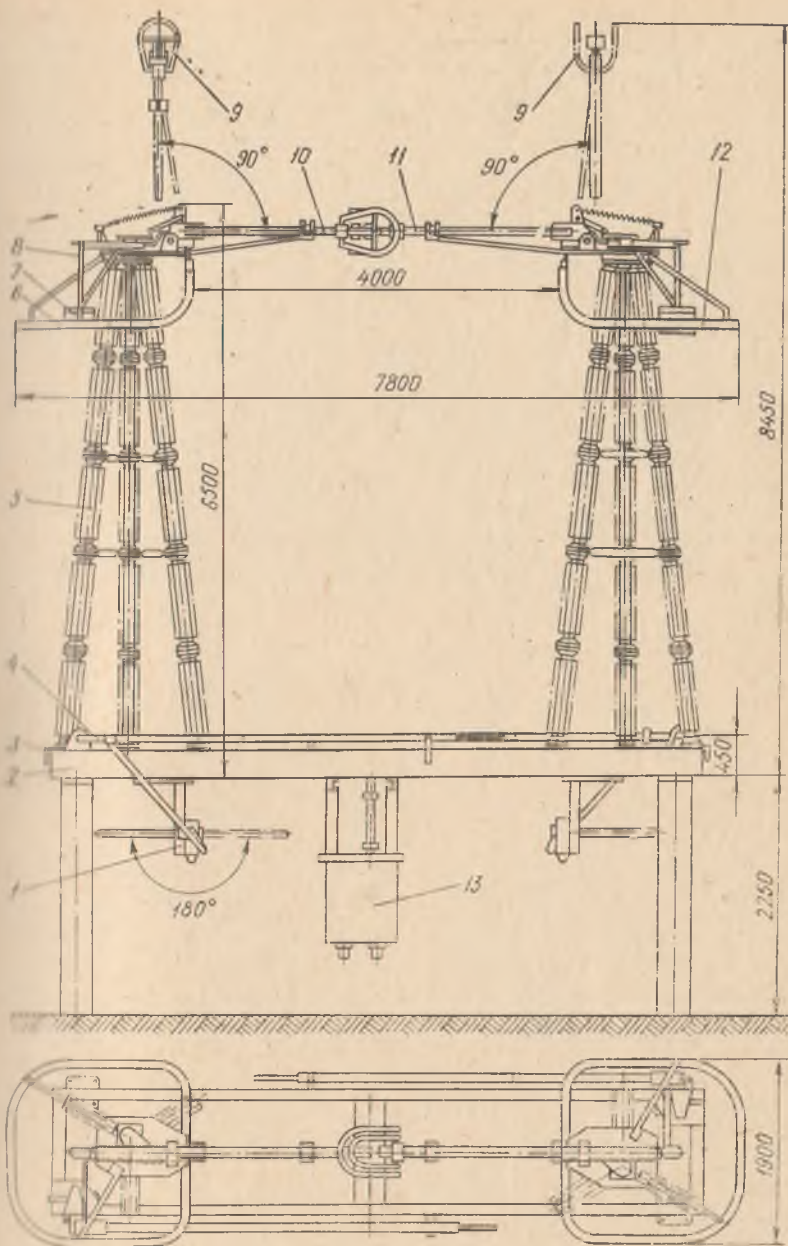
Комплект экранланган ток ўтказувчи установкакалар учун пичоғи илгариларга ҳаракат қилладиган айланувчи типдаги ажраткичлар; червякли юритма билан бошқариладиган қирқувчи типдаги; ЗР типдаги ерга туташтирувчи ажраткичлар қўлланилади.

в) Ташқи установка учун ажраткичлар

Очиқ тақсимлаш қурилмаларига ўрнатиладиган ажраткичлар тегишли изоляцияга эга бўлиши ва ўз вазифасини атроф-муҳит шароитлари ноқулай бўлганда ҳам ишончли бажаришлари шарт.

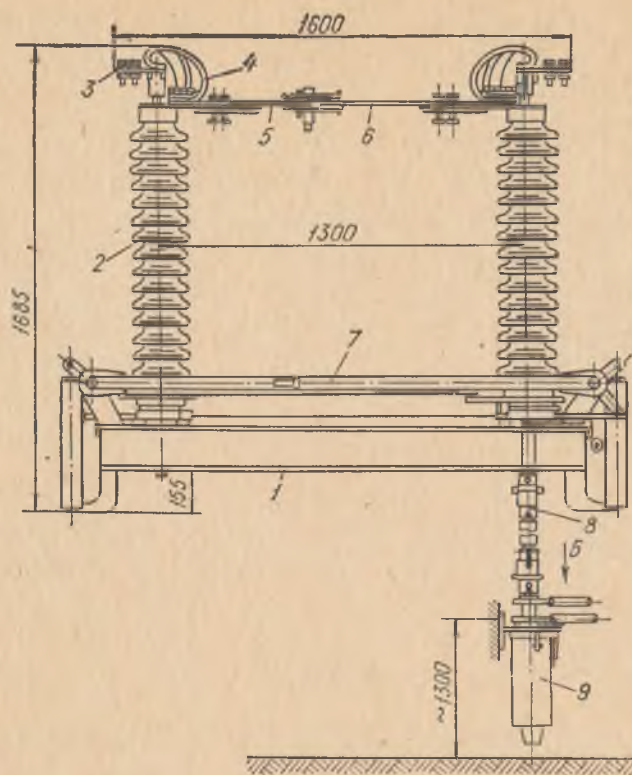
Ўз вақтида кесувчи типдаги ажраткичлар кенг қўлланилар эди. Уларнинг камчилиги бўлиб пичоқни узган ҳолатидаги габаритининг катталиги ҳисобланади. Масалан, РОН (З)-500/2000 ажраткичнинг пичоғи кўтарилганда баландлиги 9,8 м га етади. Пичоқни кўтаришда сарфланадиган кучни камайтириш учун, шунингдек, баландлиги бўйича габаритларини кичрайтириш учун ажраткичнинг пичоғи икки қисмдан иборат қилиб ясалади. Иккита ярим пичоқлари вертикал ҳаракатланадиган шундай (РНВ-500) ажраткич 4.39-расмда кўрсатилган. Унинг узилган ҳолатдаги баландлиги 8,45 м. Ажраткич иккита ерга туташтирувчи пичоққа эга бўлиб, бош пичоқлар юритмаси — электр двигательли (ПДН), ерга туташтирувчи пичоқлар қўлда ҳаракатлантирилади.

Горизонтал бурилма типдаги ажраткичлар 10—750 кВ кучланишга мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Бу ажраткичларнинг кенг қўлланилишига сабаб, улар габаритининг анча кичиклиги ва бошқариш механизмининг соддалигидир. Бу ажраткичларда бош пичоқ РНВ ажраткичларга ўхшаш икки қисмдан иборат, бироқ улар изоляторлар колонкаларига ўрнатиладиган бўлиб, колонкалар бурилганда горизонтал текисликда ҳаракатланади (4.40-расм). Қўтблардан бири етакловчи бўлиб, унга юритма уланган. Бошқа иккита қўтблар (етакланувчи) га тортқичлар орқали ҳаракат берилади. Ажраткичлар бир ёки иккита ерга туташтирувчи пичоққа эга бўлиши мумкин. Ажраткичнинг контакт қисми, пичоқлардан бирининг учига маҳкамланган ламеллар ва бошқа пичоқнинг охиридаги контакт сиртдан иборат. Уланганда пичоқ ламеллар орасига киради. Контактда босим пружиналар орқали



439-рasm. Вертикал-айланувчи РНВ-500 типдаги ташқи қурилма учун ажраткич.

1 — ерга туташтирувчи пичоқларнинг юритиш механизми; 2 — рама; 3 — ерга туташтирувчи шина; 4 — ерга туташтириш пичоғи; 5 — изолятор; 6, 9, 12 — экранлар (тўсиқлар); 7 — контакт; 8 — бириктирувчи шина; 10 — ламелли бош пичоқ; 11 — куракчали бош пичоқ; 13 — ПДЦ юритмаси.



4-40- расм. Горизонтал-айланувчи РНД 3-2-110/2000 типдаги ажратгич:

a — ажратгич уланган ҳолатда; 1 — рама; 2 — таянч изолятор; 3 — шиналарни уловчи учлик; 4 — эластик боғлама; 5 — ламелли бош личоқ; 7 — ерга туташтирувчи пичоқлар; 8 — юритмага келадиган тортиқ; 9 — юритма; 6 — 110 кВ ли ОРУ га ўратилган ажратгичнинг узилган ҳолати.

ҳосил қилинади. Шунга ўхшаш конструкцияли ажралувчи контакт (РНВ-500 ажраткичи учун) 4.41- расмда кўрсатилган.

Горизонтал бурилма ажраткичларда пичоқ узилгандан сўнг у икки қисмга «сингандек» бўлади, шунинг учун контактлар яхлаган ҳолатда юритманинг иши анча осонлашади. Кесувчи типдаги ажраткичларда ях қатламини бузиш учун пичоққа илгарилама-айланма ҳаракат берилиб, юритма кинематикаси мураккаб-лашар эди.

Кенг қўлланилган РЛНД типдаги горизонтал бурилма ажраткичлар ҳозирги пайтда конструкцияси такомиллашган РНД ва РНД (3) (икки колонкали ерга туташтирувчи пичоқлари бўлган, ташқи установка учун мўлжалланган ажраткичлар) билан алмаштирилмоқда. 330—750 кВ ли ажраткичларда контактларни тўсиб турувчи яхдан сақловчи қоплама бор.

500—750 кВ ли установкаларда пантографик ва осма ажраткичлар кенг қўлланилмоқда. Йиғиладиган пичоқли пан-

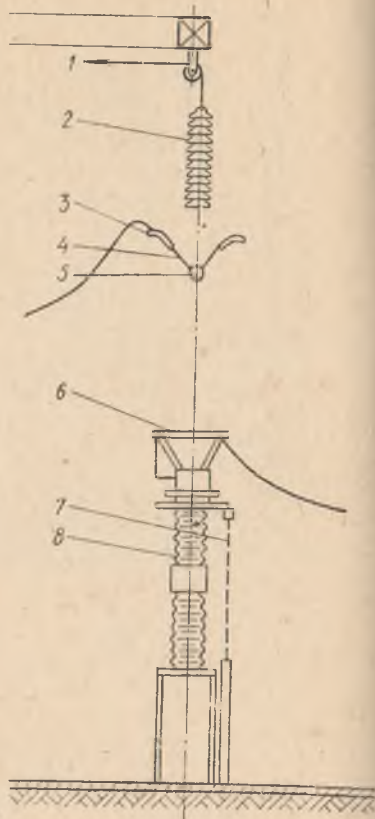
юритмаси устидаги экранловчи тўр кўринади. Телескопик ерга туташтиргич дастаки червякли юритмага эга.

Ажраткичнинг юритмаси ҳам узилган, ҳам уланган ҳолатда ишончли қўлланувчи тросли электр лебедкадан иборат. Юритма ажраткичнинг ўз-ўзидан улашиб қолишидан сақловчи тормозга эга.

Осма ажраткич (инженер М. Л. Зеликин конструкцияси) яхлаган пайтларда ҳам ишончли улайди ва узоди, металл конструкциялар, изоляторлар, ошиновкани анча тежаш имконини беради. ОРУ нинг улчамларини камайиши ҳисобига, осма ажраткичли ОРУ ни қуришдаги капитал сарфлар тахминан 20% га камаяди. Бундай ажраткичлар 330—500 кВ ли ОРУ ларда кенг қўлланилмоқда (6.3- §, в га қаранг).

1150 кВ ли электроустановкalar учун улашда бир-бирига нисбатан горизонтал текисликда ҳаракатланувчи икки телескопик пичоқли, икки колонкали ажраткичлар ишлаб чиқилган.

4.43- расмда шундай ажраткичнинг узилган ҳолатидаги бир қўтби кўрсатилган.



4-42- расм. Осма (РПН) типдаги ажраткич:

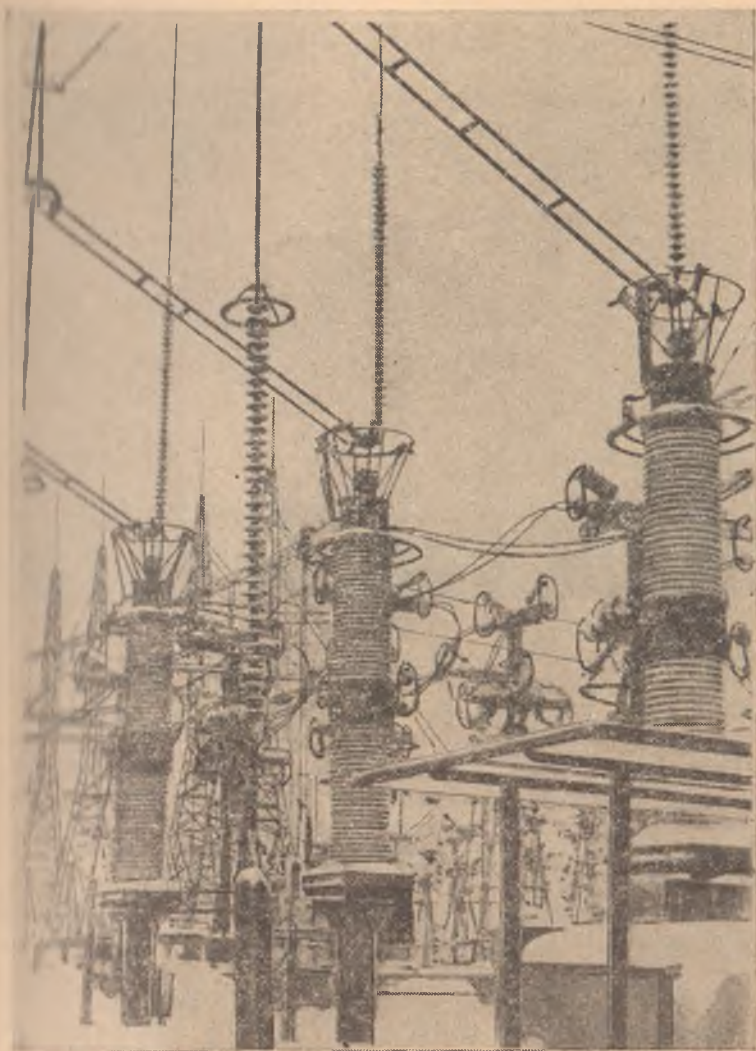
а — узилган ҳолат; б — 500 кВ ли ток трансформаторларига ўрнатилган РПН ажраткичнинг улашган ҳолати.

г) Қисқа туташтиргичлар ва узгичлар

Қисқа туташтиргич — бу коммутацион аппарат бўлиб, электр занжирда сунъий қ. т. ни ҳосил қилиши учун хизмат қилади.

Қисқа туташтиргичлар таъминловчи линиянинг релели ҳимояси таъсирида сунъий қ. т. ҳосил қилингандан сўнг шикастланган трансформаторни узиш учун подстанцияларнинг содалаштирилган схемалари (5.3, 5.7- § га қаранг) да қўлланилади.

35 кВ ли установкаларда қисқа туташтиргичнинг икки қўтби қўлланилиб, улар ишга тушганда сунъий равишда икки фазали қ. т. ҳосил бўлади. Нейтрал ерга туташтирилган установка (110 кВ ва ундан юқори) қисқа туташтиргичнинг бир қўтби қўлланилади (4.44- расм). ҚЗ-35 типли қисқа туташтиргичнинг конструкцияси 4.45- расмда кўрсатилган. Қисқа туташтиргичлар юритмаси, куч-



б)

дониш остида бўлган қўзғалмас контактга ерга туташтирилган пичоқнинг уланишини таъминлайдиган пружинага эга. Юритма-нинг ишлаши учун реле муҳофазасидан импульс берилади. Узиш қўлда бажарилади. Қисқа туташтиргични улашда ёй ҳосил бўли-шини ва аппаратнинг бузилишининг олдини олиш учун, пичоқнинг катта тезликда ҳаракатланишини таъминлаш керак. Ҳозирги кон-струкцияларда қисқа туташтиргични улаш вақти 0,4—0,5 с ни ташкил этади. Улашни тезлатиш учун пичоққа ҳаракатнинг порох-ли заряднинг портлаш кучини берадиган конструкцияли қисқа туташтиргичлар ҳам мавжуд.

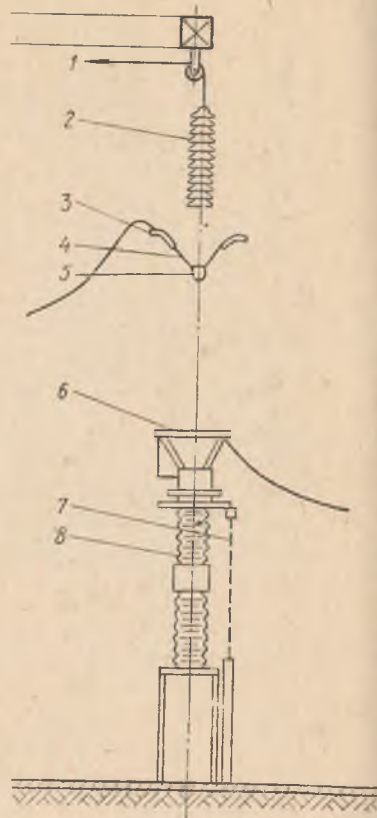
юритмаси устидаги экранловчи тўр кўринади. Телескопик ерга туташтиргич дастаки червяккли юритмага эга.

Ажраткичнинг юритмаси ҳам узилган, ҳам уланган ҳолатда ишончли қўлфланувчи тросли электр лебедкадан иборат. Юритма ажраткичнинг ўз-ўзидан ула-ниб қолишидан сақловчи тормозга эга.

Осма ажраткич (инженер М. Л. Зеликин конструкцияси) яхлаган пайтларда ҳам ишончли улайди ва узади, металл конструкциялар, изоляторлар, ошиновкани анча тежаш имконини беради. ОРУ нинг ўлчамларини камайиши ҳисобига, осма ажраткичли ОРУ ни қуришдаги капитал сарфлар тахминан 20% га камаяди. Бундай ажраткичлар 330—500 кВ ли ОРУ ларда кенг қўлланилмоқда (6.3- §, в га қаранг).

1150 кВ ли электроустановкалар учун улашда бир-бирига нисбатан горизонтал текисликда ҳаракатланувчи икки телескопик пичоқли, икки колонкали ажраткичлар ишлаб чиқилган. а)

4.43- расмда шундай ажраткичнинг узилган ҳолатидаги бир қутби кўрсатилган.



4-42- расм. Осма (РПН) типдаги ажраткич:

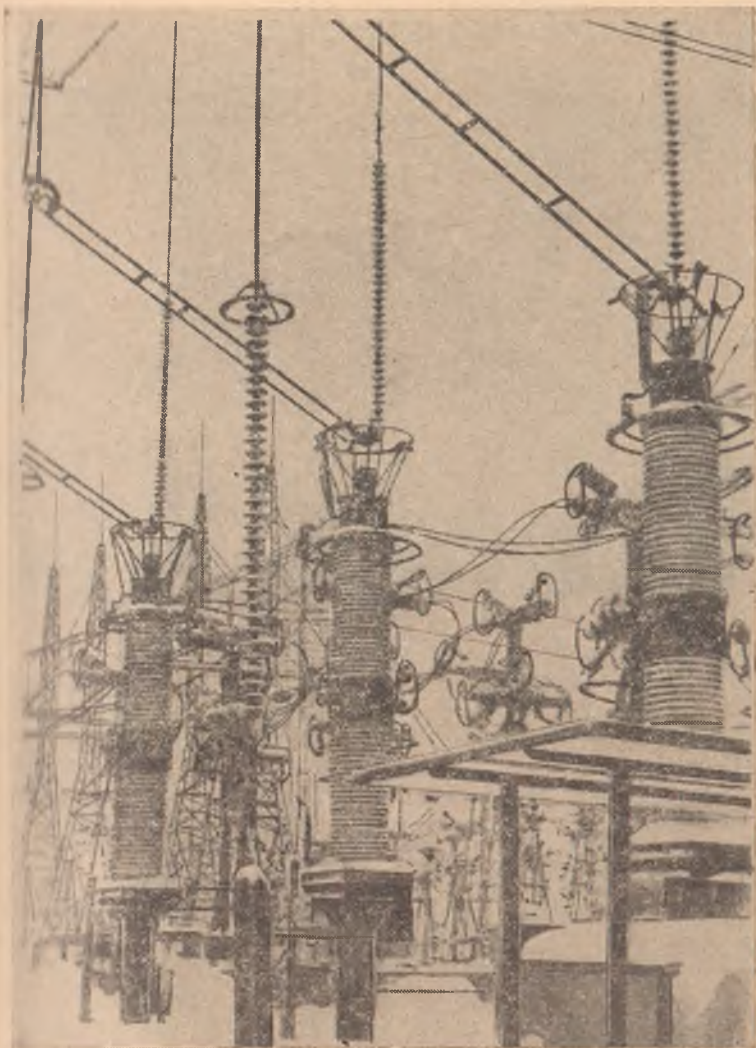
а — узилган ҳолат; б — 500 кВ ли ток трансформаторларига ўрнатилган РПН ажраткичнинг уланган ҳолати.

г) Қисқа туташтиргичлар ва узгичлар

Қисқа туташтиргич — бу коммутацион аппарат бўлиб, электр занжирда сунъий қ. т. ни ҳосил қилиш учун хизмат қилади.

Қисқа туташтиргичлар таъминловчи линиянинг релели ҳимояси таъсирида сунъий қ. т. ҳосил қилингандан сўнг шикастланган трансформаторни узиш учун подстанцияларнинг содалаштирилган схемалари (5.3, 5.7- § га қаранг) да қўлланилади.

35 кВ ли установкаларда қисқа туташтиргичнинг икки қутби қўлланилиб, улар ишга тушганда сунъий равишда икки фазали қ. т. ҳосил бўлади. Нейтралли ерга туташтирилган установка (110 кВ ва ундан юқори) қисқа туташтиргичнинг бир қутби қўлланилади (4.44- расм). ҚЗ-35 типли қисқа туташтиргичнинг конструкцияси 4.45- расмда кўрсатилган. Қисқа туташтиргичлар юритмаси, куч-



б)

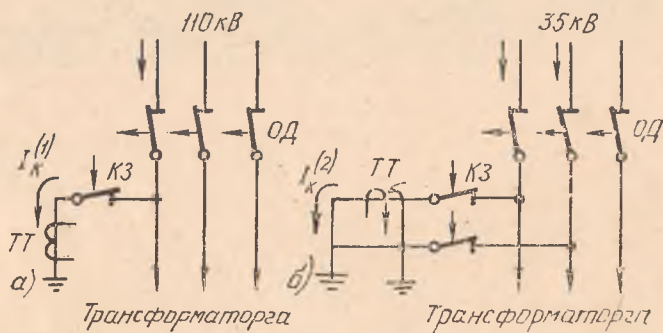
лашти остида бўлган қўзғалмас контактга ерга туташтирилган пичоқнинг уланишини таъминлайдиган пружинага эга. Юритманинг ишлаши учун реле муҳофазасидан импульс берилади. Узиш қўлда бажарилади. Қисқа туташтиргични улашда ёй ҳосил бўлишини ва аппаратнинг бузилишининг олдини олиш учун, пичоқнинг қатти тезликда ҳаракатланишини таъминлаш керак. Ҳозирги конструкцияларда қисқа туташтиргични улаш вақти 0,4—0,5 с ни ташкил этади. Улашни тезлатиш учун пичоққа ҳаракатнинг порохли заряднинг портлаш кучини берадиган конструкцияли қисқа туташтиргичлар ҳам мавжуд.



4-43- расм. РТЗ-1150/4000-VI типдаги ажраткич.

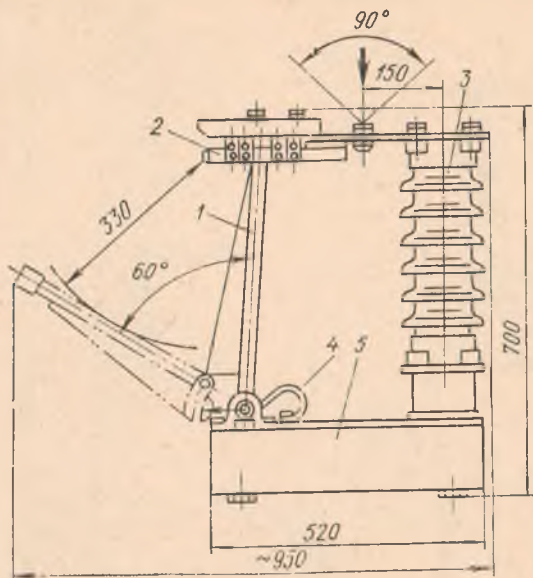
Узгич ташқи кўриниши жиҳатидан ажраткичдан фарқ қилмайди, лекин унда узиш учун пружинали юритмаси бор. Узгични улаш қўлда бажарилади. Узгичлар, ажраткичлар сингари, бир ёки икки томондан ерга туташтирувчи пичоқларга эга бўлиши мумкин. Мавжуд ОД конструкцияларнинг камчилиги бўлиб, уларни узиш вақтининг жуда катталиги ҳисобланади (0,5—1 с).

Узгичлар токсизланган занжирни ёки трансформаторнинг магнитловчи токини узиши мумкин, бироқ қисқа туташтиргичнинг ишга тушишидан ҳосил бўлган қ. т. токини узгичлар узиши мумкин



4-44- расм. Узгич ва қисқа туташтиргичларнинг уланиш схемалари:
 а) — 110 кВ ва ундан юқори установкаларда; б) — 35 кВ ли установкаларда.

Ток келтирувчи сим
жойлашган зона



4-45- расм. КЗ-35 қисқа туташтиргичи:

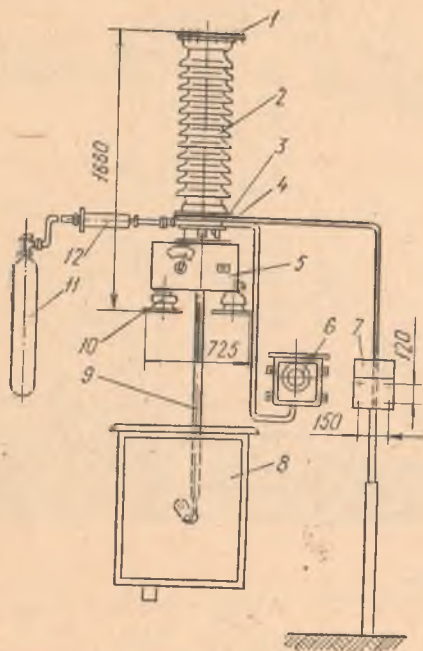
1 — шпчок; 2 — қузғалмас контакт; 3 — изолятор; 4 — ерга туташтириш шинаси; 5 — рама

мас, шу сабабли ОД ва КЗ бошқариш схемаларида блокировка мавжуд бўлиб, у қисқа туташтиргич занжири (4.44- расм) га ўрнатилган ток трансформатори *ТТ* орқали ток ўтганда (7.2- § га қараи) узгични узишига имкон бермайди.

Очиқ конструкцияли узгич ва қисқа туташтиргичлар ноқулай об-ҳаво шароитларида (совуқ, яхлаш) етарли даражада ишончли ишламайди. Эксплуатация вақтида ишламай қолган ҳоллари ҳам кузатилади. Бу конструкциялар ўрнига элегаз билан тўлдирилган, ёниқ камерада жойлашган контакт системали узгич ва қисқа туташтиргичлар ишлаб чиқарилган.

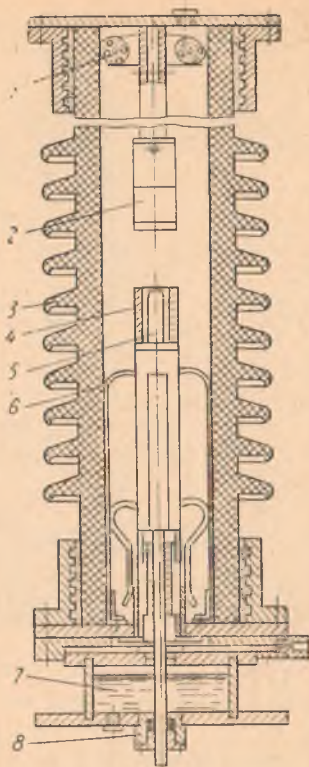
Қисқа туташтиргичлар КЭ-110 ва КЭ-220 бир қутб кўринишида тайёрланади. КЭ-110 нинг қутби (4.46- расм) асос 5 ва контакт камера 2 дан иборат. Ердан изоляцияланган асосда пружинали улаш механизми ва мойли буфер жойлашган. Сизиб чиқаётган элегаз контакт камеранинг ички бўшлиғи билан фильтр орқали боғланган баллондан компенсацияланади. Босим мановакуумметр билан назорат қилинади. Пружинали юритма *ППК* қисқа, туташтиргични узоқдан улаш ва узишни таъминлайди. Ерга туташтирилган шина 4 га ток трансформатори 7 ўрнатилган.

Қисқа туташтиргичнинг контакт камераси (4.47- расм) 90 мм ли битта бўшлиққа эга ва чинни корпус билан иккита вертикал жойлашган электродлардан ташкил топган. Қузғалмас контакт 2 ток



4-46- расм. КЭ-110 типдаги элегаз тўлдирилган ёпиқ қисқа туташтиргич:

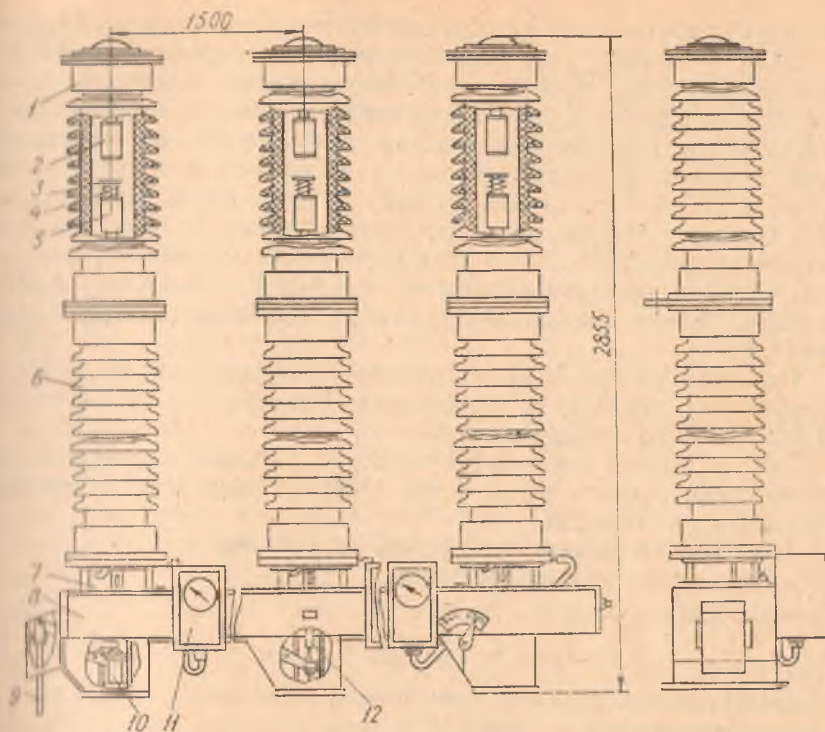
1 — контакт чиққич; 2 — контакт камераси; 3 — гидравлик затвор; 4 — шинани ерга туташтирувчи уланма; 5 — асос; 6 — мановакуумметр; 7 — ТШЛ-0,5 типдаги ток трансформатори; 8 — юритма; 9 — тортқи; 10 — изолятор; 11 — элегазли баллон; 12 — фильтр.



4-47- расм. КЭ-110 қисқа туташтиргичнинг контакт камераси:

1 — силикагелли халтача; 2 — қўзғалмас контакт; 3 — чинни корпус; 4 — экран; 5 — қўзғалувчан контакт; 6 — эластик боғлама; 7 — мойли гидрозатвор; 8 — сальникли зичлагич.

Ўтказувчи шинани улаш учун чиққичга эга. Қўзғалувчи контакт ерга туташтирувчи шина билан эгилувчан боғламалар орқали бириктирилган. Контакт камеранинг бўшлиғи ортиқча 0,3 МПа босимли элегаз (SF_6) билан тўлдирилган. Юқорида айтилганидек, элегаз юқори электр мустаҳкамликка эга. Атмосфера босимида унинг мустаҳкамлиги ҳавоникига қараганда 2—3 марта юқори, 0,3 МПа босимда эса элегазнинг мустаҳкамлиги тоза трансформатор мойининг мустаҳкамлиги билан тенг. Элегаз ёнмайди, ёнишга қўмаклашмайди, шунинг учун элегазли аппаратлар портлаш билан ёнғинга хавfli эмас. Камера ичидаги босим атмосфера босимигача камайганда контактлар орасидаги бўшлиқ шикастланмасдан энг катта иш кучланишни ушлаб туриши мумкин. Камеранинг герметиклиги чинни корпуслар ва металл фланецлар орасига қўйилган



4.48- расм. Элегаз тўлдирилган ОЭ-110/1000 типдаги ёпиқ узгич:

1 — ёқориги фланец; 2 — қўзғалмас контакт; 3 — экран; 4 — контакт пружина; 5 — қўзғалувчан контакт; 6 — изоляцияловчи устун; 7 — мойли гидрозатвор; 8 — асос; 9 — юритма тортиқиси; 10; — буфер; 11 — маноқакуумметр; 12 — қўзғалувчан контакт тортиқиси.

режина ҳалқали қистирмалар (расмда кўрсатилмаган) ва қўзғалувчан тортиқи ўтадиган жойдаги гидравлик затвор билан таъминланади.

Пастки контакт цилиндр билан экранланган стержендан иборат. Қўзғалмас контакт розетка кўринишида тайёрланган. Контактнинг ламеллари ёнишдан экран билан муҳофазаланган.

220 кВ ли ҚЭ-220 қисқа туташтиргичидаги иккита контакт камера ҳам шу конструкцияга эга.

Элегаз билан тўлдирилган ёпиқ ишланган узгич (4.48- расм) ич трансформаторларининг магнитловчи тоқларини ҳамда линияларининг заряд тоқларини улаш ва узиш учун хизмат қилади. Узгич ОЭ-110 автоматик улаш ва узишни таъминлайди.

Учга қутблар умумий асос 9 да ўрнатилган. Ток ўтказувчи симлар контакт чиққичларга юқори ва ўрта фланецларда уланади. Контакт камеранинг ичида розетка кўринишидаги қўзғалмас контакт ва экранли ичи бўш қўзғалувчан контакт мавжуд. Улаш ППО сиритма пружиналарининг кучи ҳисобига бажарилади. Контактлардаги босим сиқилган пружина 4 ва пружиналадиган розеткасимон контакт ҳисобига ҳосил қилинади. Узиш узгич асосида жойлаш-

ган узувчи пружиналар ҳисобига автоматик равишда содир бўлади.

Эйни сўндириш учун махсус қурилмалар кўзда тутилмаган (мўлжалланмаган), чунки элегаз юқори электр мустаҳкамликка эга, узгич эса 20 А дан ошмайдиган тоқларни узиш учун мўлжалланган. Узилган ҳолатдаги контактлар орасидаги бўшлиқ 90 мм ни ташкил этади. Контакт камерадаги элегазнинг ортиқча босими 0,3 МПа бўлиб, элегаз сизиб ташқарига чиққанида ва босим атмосфера босимига тенглашганда ҳам контактлар ораси бузилмай энг катта иш кучланиши 120 кВ га чидаш бериши мумкин. Қўзғалувчан тортқини герметик зичлаш учун камерадан чиқишда, қисқа туташтиргичдаги сингари конструкцияли, мойли гидрозатвор 7 қўлланилади.

110 кВ ли узгичнинг контакт камераси жуда юқори кучланишли аппаратлар учун модуль ҳисобланади. Масалан, 220 кВ ли узгичда иккита камера бўлиши керак.

Ёпиқ ишланган қисқа туташтиргич ва узгичларнинг афзаллиги бўлиб, аниқ ишлаши ҳамда улаш (КЭ) ва узиш (ОЭ) вақтининг кичиклиги ҳисобланади.

Ажратгич ва узгичлар қуйидагича танланади:

установканинг кучланиши бўйича $U_{уст} \leq U_{ном}$;
ток бўйича

$$I_{ном} \leq I_{ном}, I_{max} \leq I_{нот};$$

конструкцияси, ўрнатиш тури бўйича;
электродинамик турғунлиги бўйича

$$i_y \leq i_{пр, с}; I_{п, о} \leq I_{пр, с},$$

бунда $i_{пр, с}$, $I_{пр, с}$ — қ. т. нинг шаррон ўтувчи чегара токи (амплитуда ва таъсир этувчи қийматлари); термик турғунлиги бўйича

$$B_k \leq I_T^2 t_T,$$

бунда B_k — ҳисоб бўйича иссиқлик [импульси, $кА^2 \cdot с$; I_T — термик турғунликнинг чегара токи; t_T — термик турғунлик чегара тоқининг ўтиш давомийлиги.

Қисқа туташтиргичлар ҳам ўша шартлар асосида танланади, фақат нагрузка токига текширилмайди.

4-7. ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ ВИКЛЮЧАТЕЛЛАР]

а) Умумий маълумотлар

Виключатель бу коммутацион аппарат бўлиб, токни улаш ва узиш учун хизмат қилади.

Виключатель электроустановкада асосий коммутацион аппарат ҳисобланиб, у инсталланган режимларда: узоқ муддатли нагрузкада, ўта юкланишда, қисқа туташувда, салт ишлашда, асинхрон ишлашда занжирларни улаш ва узиш учун хизмат қилади. Қисқа туташув тоқларини узиш ва мавжуд қ. т. га улаш энг оғир масъулиятли операция ҳисобланади.

Юқори кучланишли виключателларга қўйидаги талаблар қўйилади: исталган катталиқдаги токларни ишончли узиш (ўнларча ампердан номинал узиладиган токкача);

тез таъсир этиш, яъни узиш вақтининг энг кичик бўлиши;

автоматик қайта улаш учун яроқлилиги, яъни виключателлар узилган заҳоти қайта тез улаш;

110 кВ ва ундан юқори виключателлар учун фаза (қутб) бўйича бошқариш имконияти;

контактларини қараш ва ревизия қилиш қўлайлиги;

ёнғин ва портлашга хавфсизлиги;

транспортировка қилиш ва уни ишлатиш қўлайлиги.

Юқори кучланишли виключателлар узоқ вақт номинал ток $I_{\text{ном}}$ га ва номинал кучланиш $U_{\text{ном}}$ га чидаши керак.

Виключателлар ГОСТ 687—70 бўйича қўйидаги параметрлар билан характерланади:

1. Номинал узиш токи $I_{\text{уз. ном}}$ — операцияларнинг берилган цикли ва берилган шартларда тикланаётган кучланишнинг энг катта иш кучланишига тенг бўлган кучланишида, виключателнинг узиш қобилиятига эга бўлган пайтидаги қ. т. нинг энг катта токи (таъсир этувчи қиймати). 3- бобда кўрсатилганидек, қ. т. токи даврий ва аперидик ташкил этувчилардан иборат. Узилувчи номинал ток контактларнинг ажраш momentiдаги даврий ташкил этувчининг таъсир этаётган қиймати билан аниқланади.

2. Узиш токидаги аперидик токнинг ташкил этувчисининг рухсат этилган нисбий миқдори $\beta_{\text{ном}}$ 4.49-расмдаги эгри чизиқдан аниқланади:

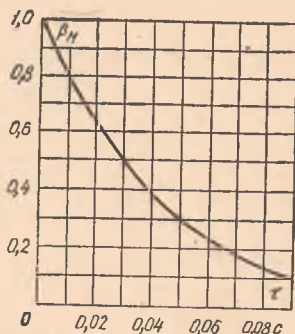
$$\beta_{\text{ном}} = \frac{i_{\text{в. ном}}}{\sqrt{2} i_{\text{уз. ном}}}$$

$\beta_{\text{ном}}$ нинг нормаланган миқдори контактларнинг ажраш momenti учун қўйидагича аниқланади (3.3-§ га қаранг):

$$\tau = t_{\text{з. мин}} + t_{\text{с. в}} = 0,01 + t_{\text{с. в}}$$

3. Эксплуатацияда виключатель мавжуд қ. т. га бир неча марта улашиб кейин узиши мумкин, шу сабабли виключателлар учун аниқ операциялар цикли берилади. Агар виключателлар автоматик қайта улаш (АПВ) учун мўлжалланган бўлса, у ҳолда қўйидаги цикллар таъминланиши керак:

$$0 - t_{\text{с}} - \text{ВО} - 15 \text{ мин} - 0 - t_{\text{с}} - \text{ВО};$$



4-49- расм. Аперидик ташкил этувчининг нормаланган нисбий миқдори.

О — t_6 — ВО — 180 — ВО.

АПВ сиз виключателлар қуйидаги циклга бардош бериши лозим:

О — 180 — ВО — 180 — ВО,

бунда О — узиш операцияси; ВО — улаш ва тезда узиш операцияси; 180 — секундлардаги вақт оралиғи; t_6 — АПВ ли виключателлар учун гарантияланган минимал токсиз пауза вақти (ёй сўнишидан то кейинги улашдаги ток келгунча бўлган вақт). АПВ ли викключателлар учун.

0,4—1,2 с; БАПВ ли викключателлар учун 0,25—0,4 с оралиғида бўлиши керак.

Қ. т. нинг паррон ўтувчи тоқларидаги турғунлик — термик турғунлик тоқи I_T ва паррон ўтувчи ток чегараси $I_{пр, с}$ — таъсир этувчи қиймати, $I_{пр, с}$ — амплитуда қиймати билан характерланади, бу тоқларга викключатель уланган ҳолатда, кейинги ишлашига халақит қилувчи бузилишларсиз, бардош беради.

5. Номинал улаш тоқи — қ. т. тоқи бўлиб, унда тегишли юритмага эга бўлган викключатель контактларни пайвандланмай ва $U_{ном}$ да бошқа бузилишларсиз ҳамда берилган циклда улаш имкониятига эга бўлади.

Каталогларда шу токнинг таъсир этувчи қиймати $I_{ул, ном}$ ва амплитуда қиймати $i_{ул, ном}$ берилган бўлади.

Викключателларни лойиҳалашда қуйидаги шартларга амал қилинади:

$$I_{ул, ном} \geq I_{уз, ном}; i_{ул, ном} \geq 1,8\sqrt{2} I_{уз, ном}$$

6. Узишнинг ўз вақти $t_{с, в}$ — узишга берилган команда вақтидан бошлаб то ёй сўндирувчи контактларнинг ажрашигача бўлган вақт.

Узиш вақти $t_{о, в}$ — узишга берилган команда вақтидан бошлаб то ҳамма қутбларда ёй сўнгунча бўлган вақт.

Улаш вақти $t_{в, в}$ — улашга берилган команда вақтидан бошлаб то завжирда ток пайдо бўлгунча кетган вақт.

7. Номинал узиш тоқидаги тикланувчи кучланиш параметрлари тикланувчи кучланиш тезлиги, нормаланган эгри чизиқ, амплитудадан ошиб кетувчи ҳамда тикланувчи кучланиш коэффициенти.

Номинал кучланиши 110 кВ ва ундан юқори бўлган викключателлар номинал узиш тоқидан катта бўлмаган қ. т. тоқида узоқ бўлмаган (викключатель ўрнатилган жойдан 0,5—5 км бўлган) қ. т. ни узиши керак.

Ёй сўндирувчи қурилмали контакт система, ток ўтказувчи қисмлар, корпус изоляцион конструкция ва юритма механизми викключатель ҳисобланади.

Конструктив хусусияти ва ёй сўндириш усулига қараб қуйидаги викключателлар бўлади: м о й л и б а к л и (катта ҳажмдаги мой-

ли), кам мойли (кичик ҳажмдаги мойли), ҳаво, элегаз электромагнит, автогаз, вакуумли виключателлар нормал режимдаги тоқларни узиш учун мўлжалланган нарузка виключателлари махсус гурпуага киритилади.

Виключателлар ўрнатилишига қараб ёпиқ жойга, очиққа ўрнатиладиган ҳамда комплект тақсимлаш қурилмаларига ўрнатиладиган бўлади. Узишдаги ($t_{c, в}$) тез ишлаш даражасига қараб: ўта тез таъсир этувчи $t_{c, в} = 0,06 \div 0,08$ с; таъсири тезлашган $t_{c, в} = 0,08 \div 0,12$ с; тез таъсир этмайдиган $t_{c, в} = 0,12 \div 0,25$ с виключателларга бўлинади.

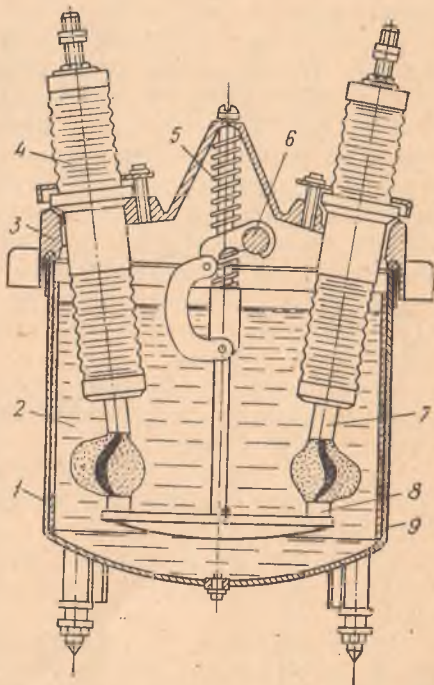
Қуйида СССРда ишлаб чиқариладиган виключателларнинг айрим типлари кўриб чиқилади.

б) Мойли бакли виключателлар

Мойли бакли виключателлардаги мой ёйни сўндириш ва ток ўтказувчи қисмларни изоляциялаш учун хизмат қилади.

10 кВ гача бўлган кучланишларда (35 кВ гача бўлган айрим виключателларнинг турларида) виключатель битта бакка эга бўлиб, унда учала фазанинг ҳамма контактлари бўлади, кучланиш катта бўлганда ҳар қайси фаза учун ўзининг баки бўлади.

4-50- расмда ёйни сўндириш учун махсус қурилмага эга бўлмаган бакли виключатель схемаси кўрсатилган. Виключателнинг пўлат баки 1 болтлар ёрдамида қуйма чўян қопқоқ 3 га маҳкамлаб осиб қўйилган. Қопқоқ орқали олти тачинни изолятор 4 ўтган бўлиб, уларнинг ток ўтказувчи стерженларининг учига қўзғалмас контактлар 7 маҳкамланган. Қўзғалувчан контактлар 8 контакт кўприк ёки траверсада туради. Уларга ҳаракат виключатель қопқоғи остига жойлашган юритма механизмидан изоляцияланган тортқи ёрдамида берилади. Уланганда траверса кўтарилган бўлади ва контакт кўприк қўзғалмас контактлар орасидаги занжирни туташтиради. Бунда узувчи пружина 5



4-50- расм. Мойли-бакли виключателнинг схематик кесими.

1 — пўлат бак; 2 — мой; 3 — қопқоқ; 4 — ўтувчи изолятор; 5 — узувчи пружина; 6 — виключатель вали; 7 — қўзғалмас контактлар; 8 — қўзғалувчан контактлар (траверса); 9 — бак деворларининг изоляцияси.

сиқилган бўлади. Выключатель уланган ҳолатда юритманинг зашчёлкаси ёрдамида ушлаб турилиб, у вал 6 билан боғланган бўлади.

Автоматик равишда ёки қўлда узганда зашчёлка бўшайди ва пружина таъсирида траверса пастга тез тушади (ҳаракат тезлиги 1,5—2,7 м/с га етади). Бунда выключателнинг ҳар бир қутбидаги иккала нуқтада занжир узилади. Ҳосил бўлган ёйлар мой 2 ни парчалаб, уни буғлантиради, 70% гача водороди бўлган газ-буғли пуфак ҳосил бўлади. Пуфак ичидаги босим 0,5—1 МПа га етади, бу газларнинг ионсизлаш қобилиятини оширади. Ёй 0,08—0,1 с вақт ўтгач сўнади. Бакнинг деворларида муҳофазаловчи изоляцион қопламлар 9 бор.

4.50-расмда кўрсатилганидек, выключателнинг бакига ёғ тўла қуйилмай, балки қопқоқ тагида ҳаво ёстиғи қолдирилади. Бу ёйни сўндириш жараёнида ҳосил бўладиган, юқори босимдан келиб чиқадиган выключатель қопқоғига бериладиган кучли зарбни камай-тириш учун керак.

Агар мой сатҳи керагидан анча паст бўлса, у ҳолда газлар қопқоқ тагига кучли қизиган ҳолда келади, бу водород билан ҳаво аралашмасининг портлашига олиб келади.

Кўриб чиқилган выключателда ёйни сўндириш учун махсус қурилма бўлмаганлиги учун, унинг узиш қобилияти юқори эмас. Бу конструкциядаги выключателлар 6—10 кВ ли (ВМБ-10, ВМЭ-6, ВМЭ-10, ВС-10) қурилмаларда қўлланилади, бироқ ҳозирги пайтда улар кам мойли выключателлар томонидан сиқиб чиқарилмоқда. 35 кВ ва ундан юқори кучланишли ташқи установкалар учун бакли мойли выключателлар конструкциясининг соддалиги сабабли ҳозирги пайтда ҳам етарли даражада кенг қўлланилмоқда. Кўриб чиқилган оддий выключателларга нисбатан улар махсус қурилмалар — ўчириш камераларига эга.

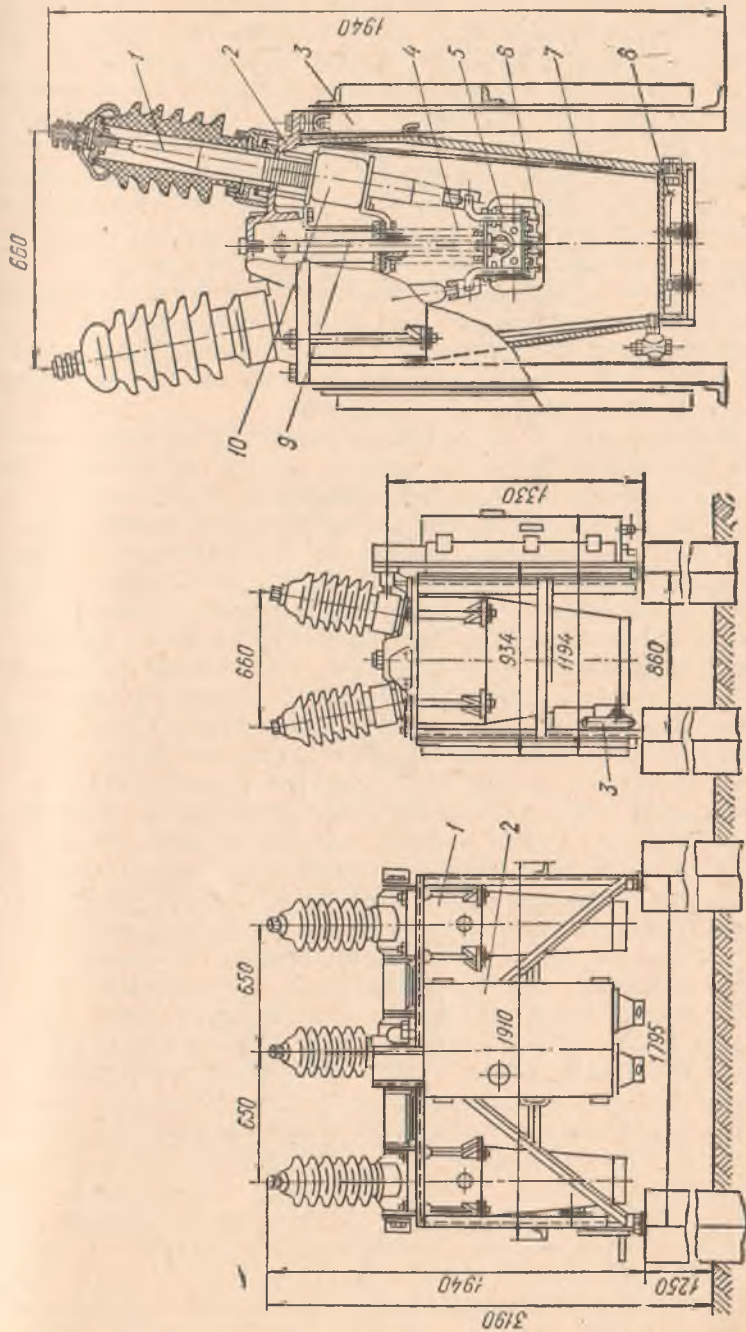
Ишлаш принципи бўйича ёй сўндирувчи қурилмаларни уч гурпупага бўлиш мумкин:

автопуфлагичли, буларда ёй зонасида газнинг катта тезликда ҳаракатланиши ва юқори босим ҳосил бўлишига ёйда ажраладиган энергия сабаб бўлади;

мойни мажбурий пуфлаш йўли билан — буларда ажраш жойига мой махсус гидравлик механизмлар ёрдамида юборилади;

магнит ёрдамида мойда сўндириш, буларда ёй магнит майдон таъсирида тор канал ва тирқишларга йўналтирилади.

Автопуфлагичли ёй сўндирувчи қурилмалар энг самарали ва оддий ҳисобланади. Шуни айтиб ўтиш керакки, автопуфлаш қурилмаси ёйдаги ток қанча катта бўлса, шунча самаралироқ ишлайди. Кичик тоқларни узишда газларнинг босими унча катта бўлмаслиги мумкин, шу сабабли пуфлаш етарли бўлмай, ёйни сўндириш чўзилади. Шунга кўра автопуфлашли баъзи сўндирувчи қурилмалар кичик тоқларнинг сўнишини таъминлайдиган қўшимча мойни мажбурий пуфлаш билан тўлдирилган.



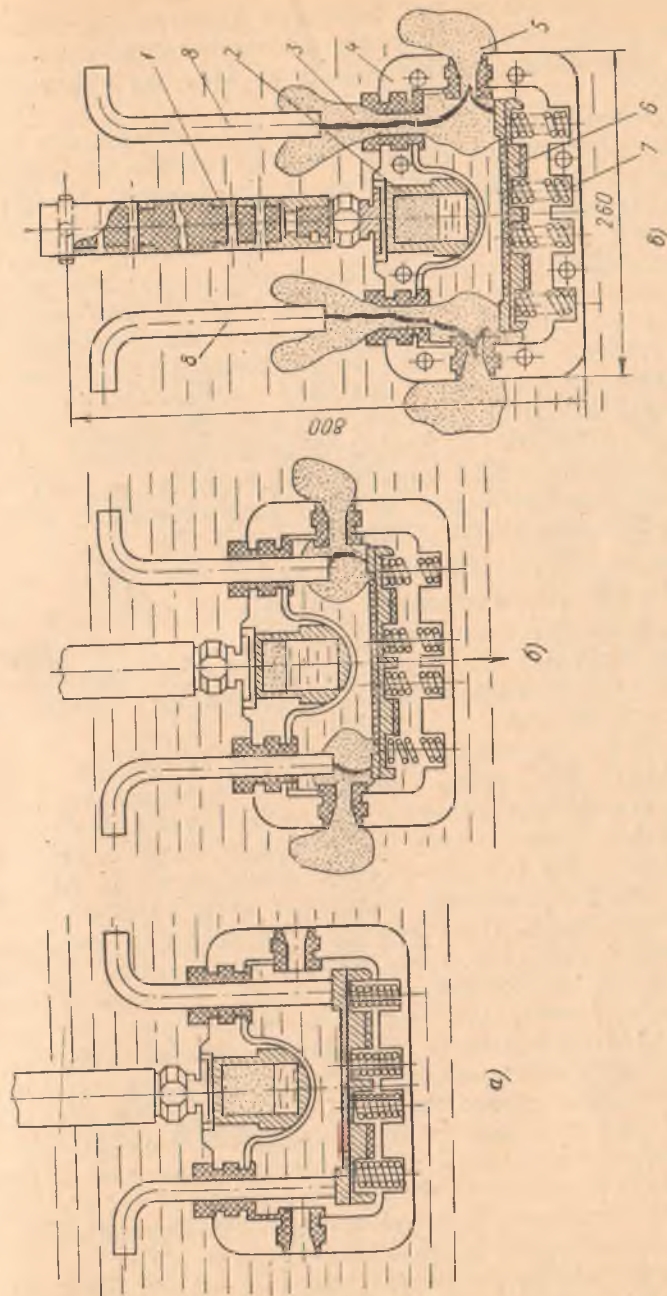
4-51 - расм. С-35-630-10 типдаги мойли-бакли выключатель:

а) умумий кўриниши: 1 — выключатель кутби; 2 — юржтка; 3 — лебедка; 6 — кутб кесими; б) — кутб кесими; 1 — киргич; 2 — колпак; 3 — корпус; 4 — ёмалт-рувчи курлма; 5 — қўрағалмас контакт; 6 — қўрағалмас камераси; 7 — бак; 8 — бакли қилдираш курлмаси; 9 — штанга; 10 — ТВ-35/10 типдаги ток трансформатори.

Қаттиқ камералар кўринишидаги ёй сўндирувчи қурилмалар, одатда, юқори кучланиш киришининг ток ўтказувчи стерженининг пастки учига маҳкамланади (4.53- расм). Айрим виключателларда ёй сўндирувчи камера штанганинг пастки қисмига маҳкамланади (4.51- расм). Камерада виключателнинг номинал кучланишига қараб бир ёки бир нечта узилишлар бўлиши мумкин. Кучланиш қанча юқори бўлса, узилиш шунча кўп талаб этилади. Асосий узилишлар орасидаги кучланишни бир хил тақсимлаш учун уларга параллел шунтловчи қаршилиқлар уланади. Асосий узилишларда ёй сўнгандан сўнг, шунтловчи қаршилиқлардан ўтаётган ток, одатда, камерадан ташқарида ёрдамчи узилишда сўндирилади.

Ёй сўндирувчи қурилмаларда изоляцияловчи пластинкалар ва чиқиш тешиклари ёрдамида иш каналлари ҳосил қилиниб, улар орқали мой ва газлар ҳаракатланади (пуфлаш). Каналларнинг жойлашувига қараб камералар кўндаланг, бўйлама ва қарама-қарши кўндаланг пуфловчи камераларга бўлинади.

С-35-630-10 типдаги 35 кВ га мўлжалланган бакли виключателларда ҳар бир қутбга битта икки узилишли қўзғалувчан камера тўғри келади. Ҳар бир қутб массив чўян қопқоқ 2 асосида йиғилган (4.51- расм, б). Қопқоққа ички деворлари электрокартон билан изоляцияланган бак осилади. Қопқоқ тагига штанганинг тўғри чизиқли ҳаракатини таъминловчи, ричаглар системасига эга бўлган юритма механизми ўрнатилган. Учала қутбларнинг механизмлари ўзаро тортқи билан ва виключателнинг юритмаси билан уланган. Қопқоқлардаги тешиклар орқали киргичлар ўтказилган, уларнинг учига металлокерамик кавшарли қўзғалмас Г-симон контактлар ўрнатилган. Қопқоқ тагидаги ҳар бир киргичда ичкарида ток трансформатори ўрнатилган. Штанганинг пастки қисмига изоляциялайдиган материал орқали ёй сўндирувчи камера маҳкамланган, у тарангловчи болтлар билан бириктирилган иккита корпусдан иборат. 4.52- расм, а да ёй сўндирувчи камеранинг корпуси кўрсатилган. Камеранинг ички бўшлиғи ёйга чидамли изоляцион материал билан қопланган. Камерада тўртта контакт пружина 7 га таянадиган, улагич кўринишидаги қўзғалувчан контакт 6 ўрнатилган. Қўзғалмас контакт 8 билан туташадиган жойига металлокерамик пластиналар кавшарланган. Узилганда штанга 1 камера 4 билан бирга пастга тушади, натижада иккита узилиш ҳосил бўлиб, камерада ёй ёнади (4.52- расм, б). Камерада босим кескин ортади ва чиқиш тешиги 5 очилиши билан кўндаланг пуфлаш ҳосил бўлади. Катта тоқлар узилганда пуфлаш энергияси катта бўлиб, ёй сўнади. Агар кичик тоқлар узилса, у ҳолда қўзғалмас контактлар камерадан чиққандан сўнг (4.52- расм, в) чиқиш тешиги 3 орқали бўйлама пуфлаш ҳосил бўлиб, ёйнинг сўнишини таъминлайди. Ёй сўндирувчи қурилмада, ҳаво билан тўлдирилган ёй сўндирувчи камеранинг асосий ҳажми билан бириктирилган ва мой билан тўлдирилган унча катта бўлмаган ҳаво ёстиғи металл камера 2 бор. Камерани бўйлама кесимида шу боғланишни амалга оширадиган каналлар кўринмайди. Ёйнинг дастлабки ёниш momentiда (босим кескин ортганда) мойнинг бир қисми ҳавони сиқади, бу камера



4-52- расм. С-35-630-10 виключателнинг ёй сўндириш камераси.
а — уланган; б, в — уани процесслари.

деворига бериладиган зарбни бирмунча камайтиради, ёйдаги ток ноль орқали ўтганда ва ёй соҳасидаги босим пасайган моментда эса, сиқилган ҳаво мойни сиқиб чиқаради ва қўшимча пуфлаш ҳосил бўлади.

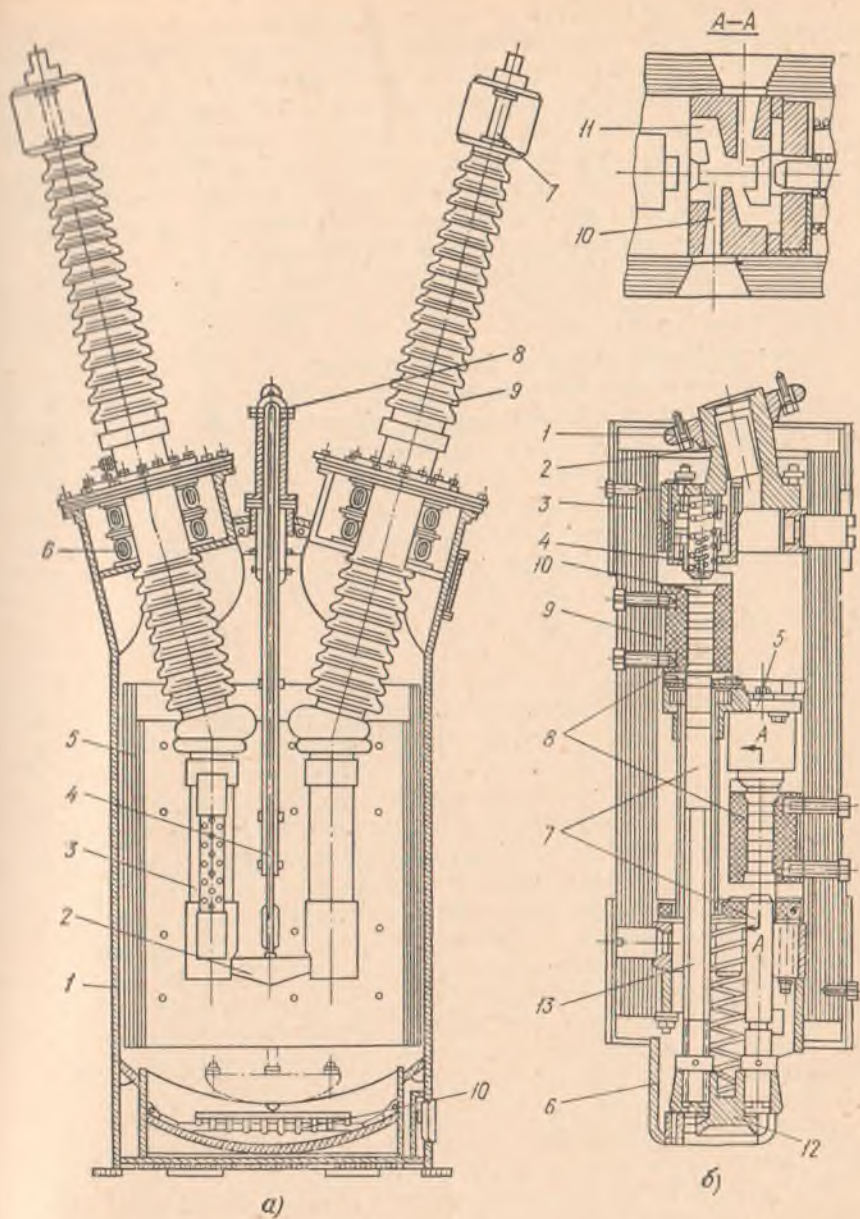
Ёй сўнгандан сўнг мойнинг парчаланган маҳсулотлари камерадан чиқади, бакдаги мой қатламидан ўтиб совийди ва қопқоқдаги махсус газ чиқаргичлар орқали ташқарига чиқади. Камера мой билан тўлдирилади ва виключатель кейинги операция цикли учун тайёр бўлади.

С-35 сериядаги виключателлардан ташқари, «Уралэлектротяжмаш» заводида «Урал» сериясидаги У-35, У-110, У-220 бакли мойли виключателлар тайёрланади. Бу сериядаги виключателлар 2000 ва 3200 А номинал токларга ҳамда узиш токлари 50 кА га мўлжалланган. Виключателларнинг габаритлари замонавий материаллар ва пластмассалар ишлатиш ҳисобига анча кичрайтирилган. Масалан, узиш қуввати 7000 МВ · А бўлган МҚП-220 серияли эски виключателнинг баландлиги 8295 мм ва бак диаметри 2500 мм эди, У-220 серияли янги виключателнинг эса узиш қуввати 25 000 МВ · А, баландлиги 7015 мм ва бак диаметри 1800 мм.

4.53-расмда У-110-2000-40 ($U_{\text{ном}} = 110$ кВ; $I_{\text{ном}} = 2000$ А; $I_{\text{уз, ном}} = 40$ кА) виключателнинг қўтбларининг кесими ва шу виключателда қўлланиладиган газли кўндаланг автопуфлаш камераси кўрсатилган. Виключателда ўчириш камераси ичида иккита узилиш бўлиб битта ташқиси бакда, яъни қўтбга—камераларда тўртта узилиш ва бакда иккита бўлади.

Узганда, виключателнинг траверсаси пастга ҳаракатланганда, у билан бирга қўзғалувчан контактлар 7 ҳаракатланади (4.53-расм, б). Қўзғалмас контактлар 4 ва 5 билан қўзғалувчан контактлар 7 орасида иккита узилиш ҳосил бўлади. Мой парчаланаяди, камера ҳажми кичик бўлгани учун, секунднинг юздан бири улушида босим ҳар бир сантиметр квадратда бир неча юзлаб ньютонга ортади. Қўзғалувчан контакт пуфлаш тирқиши 10 ни очганда чиқаётган газлар билан ёйни жадал пуфлаш бошланади. Ёй тирқиш очилгандан сўнг ток биринчи марта нолдан ўтишидаёқ сўнади. Ёй сўндирувчи панжарадаги иккинчи тирқиш унча катта бўлмаган қ. т. тоқларини узишда мойнинг тўсилишини таъминлайди. Узилишлар бўйича кучланишларни тенглаш ва сиғим токлари ёйларининг сўнишини осонлатиш учун, камералар 750 Ом актив қаршилиқ билан шунтланган бўлади. Асосий узилишларда ёй сўнгандан кейин камераларда ташқи қўзғалувчан контакт 12 билан виключателнинг қўзғалувчан траверсаси орасида ёй ҳосил бўлади. Бу ёйдаги ток катта эмас, чунки занжирга шунтловчи қаршилиқлар уланган. Ёй мойдаги оддий узилишда сўнади.

Бакли виключателларда қиздирувчи қурилма 10 бўлиб (4.53-расм, а), у ҳаво температуралари паст бўлганда (— 15°С ва ундан паст) уланади, Мойнинг қовушоқлиги ортганда виключателнинг қўзғалувчан қисмларининг сурилиш тезлигини камайтирмаслик мақсадида шундай қилинади.



4-53- расм. У серияли мойли-бакли вкључатель:

а — У-110-2000-40 вкључатели кутбининг кесими; 1 — бак; 2 — қўғалувчан контактли трансверса; 3 — ей сундириш қурилмаси; 4 — йувалтирувчи қурилма; 5 — бак изоляцияси; 6 — ток трансформатори; 7 — киргич тинг мой қўрсаткичи; 8 — вкључатель механизми; 9 — мой тулдирилган киргич; 10 — мойчи қиздириш қурилмаси; 6 — газли қўندаланг автопуфловчи ва мойчи панжаларга босувчи камера; 1 — утказувчи тутқич; 3 — камера корпуси; 4 — юқориги қўғалмас контакт; 5 — оралиқ контакт; 6 — экран; 7 — қўғалувчан контактлар; 8 — ёл сундирувчи панжаларлар; 9 — резина қистирмалар; 10, 11 — буфлав тирқишлари, 12 — ташқи қўғалувчан контакт; 13 — иккинчи қўғалувчан контактининг изоляцияланган қисми.

Бакли виключателларнинг асосий камчилиги, мой ҳажмининг катта бўлишидир. Ҳажми камайтириш мақсадида чечевица дони шаклидаги баклар ва конденсатор типдаги юқори вольтли киргичлар қўлланилади, уларнинг диаметри мой тўсувчилар диаметрига қараганда анча кичик бўлади. Бак ўлчамларини камайтириш учун киргичлар бакка пайвандланган махсус цилиндрларга жойлаштирилади. Бакли виключателларнинг улаш вақтини камайтириш учун пневматик ва пневмогидравлик юритмалар қўлланилади.

Бакли виключателларнинг асосий афзалликлари:

Конструкцияси содда, юқори узиш қобилиятига эга; ташқи установкалар учун ҳам яроқли; жойлаштирилган ток трансформаторларини ўрнатиш мумкин.

Бакли виключателларнинг камчиликлари:

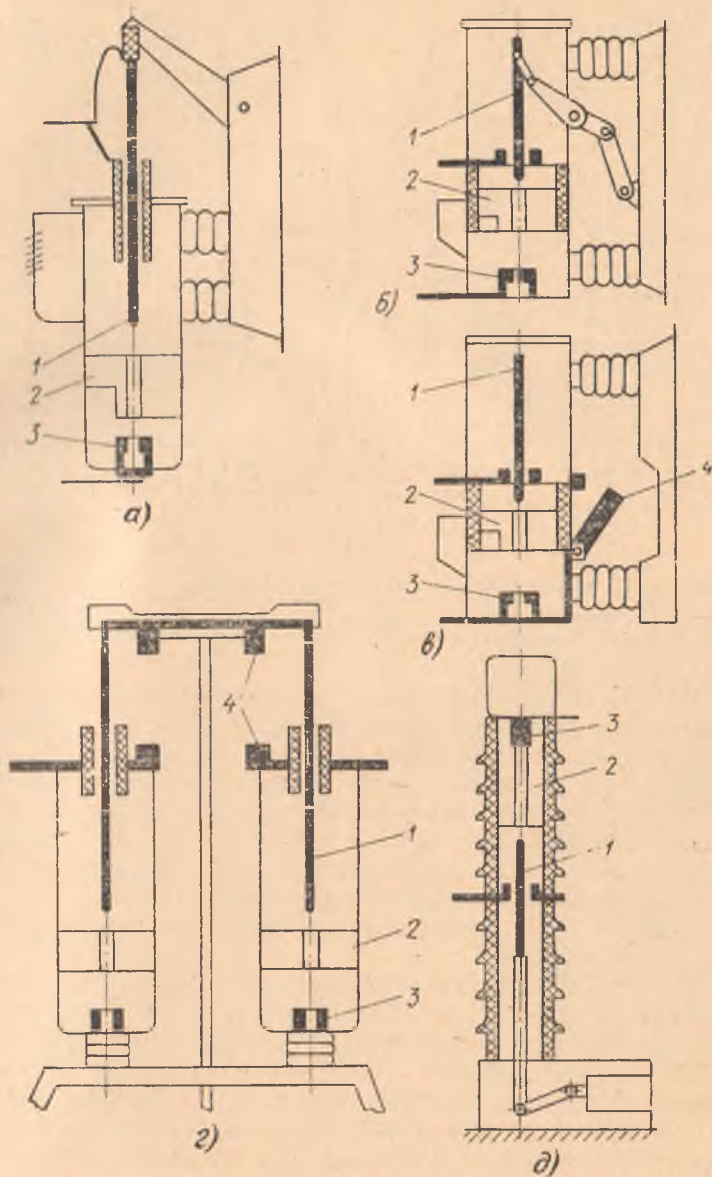
портлаш ва ёнғин жиҳатидан хавфли; бакдаги ва киргичлардаги мой ҳолати ва сатҳини даврий назорат қилиб туриш керак; кўп ҳажмда мой талаб этиши сабабли, уни алмаштириш учун кўп вақт сарфланади ва катта миқдорда мойни эҳтиёт тутиш керак; хона ичига ўрнатиш мумкин эмас; тез таъсир этувчи АПВ ни ишлатиш мумкин эмас; металл кўп сарфланади, массаси катта, бир ердан иккинчи ерга олиб бориш, монтаж ва созлаш ноқулай.

в) Кам мойли виключателлар

Кам мойли (тувакчали) виключатель ҳамма кучланишдаги ёпиқ ва очиқ тақсимлаш қурилмаларида кенг қўлланилади. Бу виключателлардаги мой асосан ёйни сўндирувчи сифатида ишлатилиб, фақат ажратилган контактлар орасида қисман изоляция муҳити бўлиб хизмат қилади. Ток ўтказувчи қисмлар бир-биридан ва ерга туташтирилган конструкциялардан чинни ёки бошқа қаттиқ изоляцияловчи материаллар ёрдамида изоляцияланади. Хона ичига ўрнатиш учун викключателларнинг контактлари пўлат бочкада (тувакчада) жойлашади, викключателларнинг «тувакчали» номи ҳам шу ердан келиб чиққан. 35 кВ ва ундан юқори кучланишли кам мойли викключателлар чинни корпусга эга, 6—10 кВ ли осма типдаги викключателлар (4.55- расм *а, б*) энг кенг тарқалган. Бу викключателларда учала қутблар учун корпус чинни изоляторларда умий рамага маҳкамланади. Ҳар бир қутбда контактларнинг битта узилиши ва ёй сўндирувчи камера тугида тугилган.

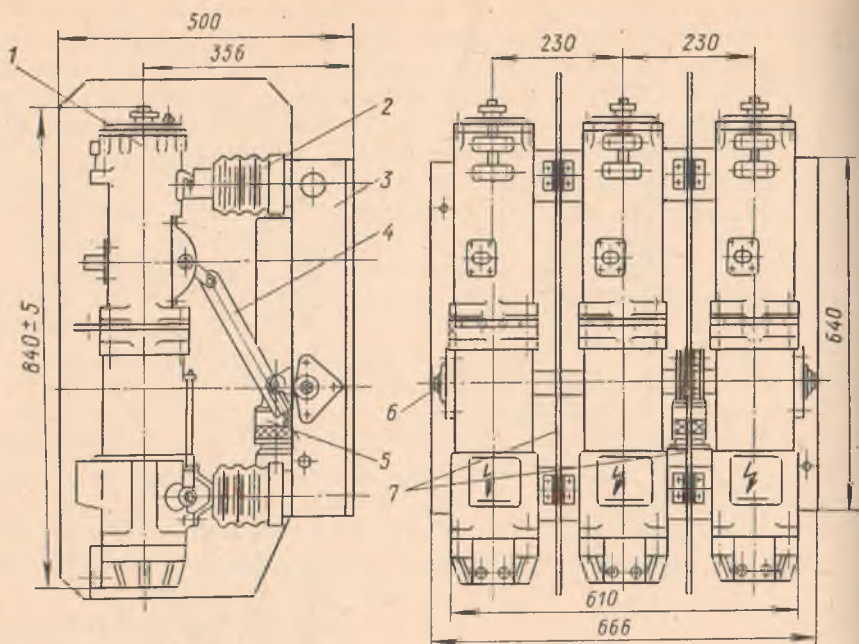
4.54- расм, *а* да кўрсатилган тип бўйича ВМГ-10 викключателлар (тувакчали мойли викключатель) ишлаб чиқарилмоқда, илгари эса ВМГ—133 викключателлари ишлаб чиқарилар эди.

4.54- расм, *б* да келтирилган конструктив схема бўйича ВМП сериядаги викключателлар (кам мойли осма викключатель) ишлаб чиқарилмоқда. Катта номинал тоқларда бир жуфт контактлар (улар иш ва ёй сўндирувчи вазифасини бажаради) билан кифояланиш қийин, шунинг учун викключателнинг ташқарисига иш контактлари, металл бак ичига эса ёй сўндирувчи контактлар ўрнатилади (4.54- расм, *в*). Узиладиган ток катта бўлганда ҳар бир қутбга иккитадан ёй сўндирувчи узилиш бўлади (4.54- расм, *г*). Шу схема асо-



4-54- расм. Кам мойли виключателларнинг конструктив схемалари.

1 — қўзғалувчан контакт; 2 — ёй сўндирувчи камера; 3 — қўзғалмас контакт; 4 — иш кон-
тактлари.



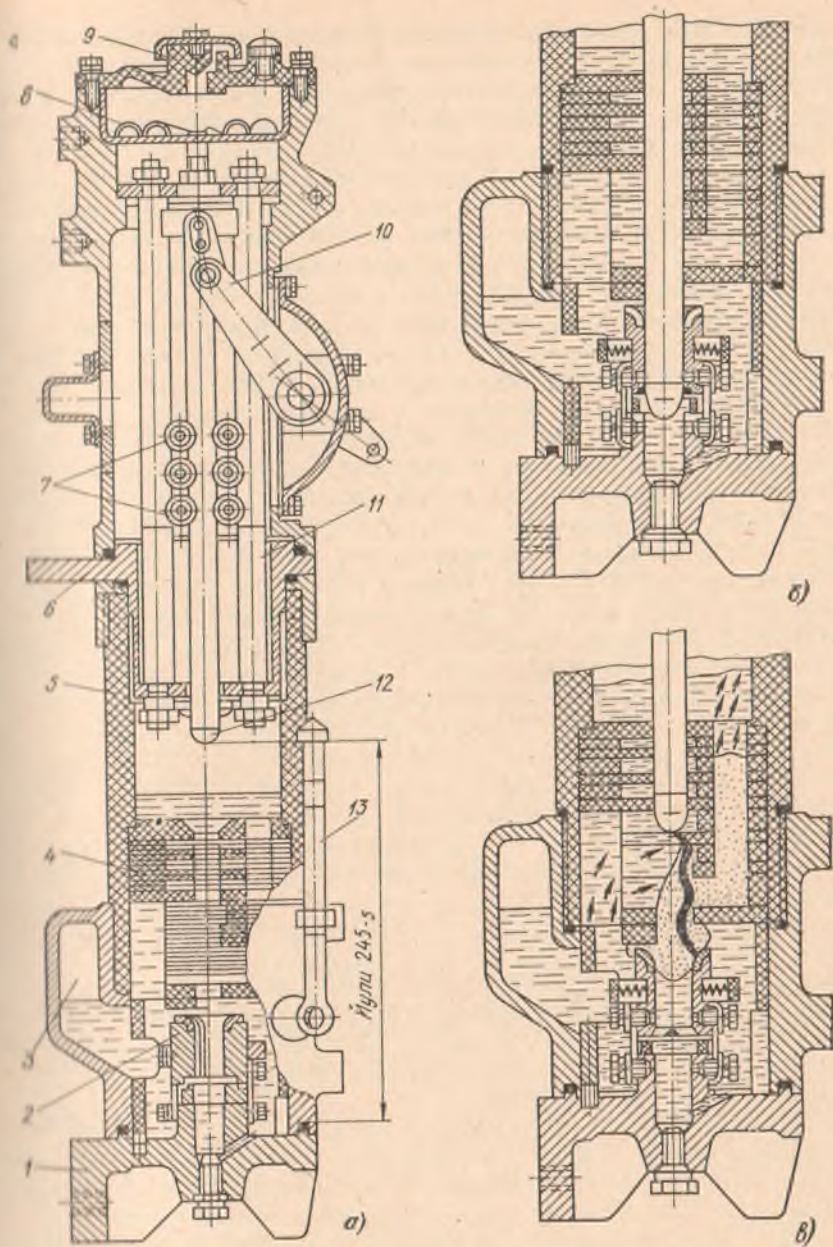
4-55- расм. ВМП-10 виключателининг умумий кўриниши:

1 — виключатель корпуси; 2 — таянч изолятор; 3 — лўлат рама; 4 — изслъисис тсртки; 5 — мойли буфер; 6 — виключатель вали; 7 — қутблар орасидаги изоляцисн тўсиқлар.

сида МГГ ва МГ сериядаги 20 кВ ва ундан кичик кучланишли виключателлар ишлаб чиқарилади. Ташқи массив иш контактлари 4 виключателни катта номинал тоқларга ҳисоблаш имконини беради (9500 А гача). 35 кВ ва ундан юқори кучланишлардаги виключателларнинг корпуси чиннидан тайёрланади (4.54- расм, д, ВМК серияси — кам мойли колонкали виключатель). 35, 110 кВ ли виключателларда ҳар қутбга битта узилиш бўлиб, катта кучланишларда икки ва ундан ортиқ узилиш бўлади.

Кам мойли айрим виключателларнинг конструкцияларини ба- тафсил кўриб чиқамиз.

ВМП серияли виключателлар комплект ва ёпиқ 6—10 кВ ли тақсимлаш қурилмаларида кенг қўлланилади (4.55- расм). Бу виключателлар қўлланилишига қараб турли хилда ишлаб чиқарилади. ВМП-10к типдаги биринчи ишлаб чиқарилганлари ҚРУ учун мўлжалланиб, уларга юритма алоҳида қўйилар эди. Кейинроқ ВМПП ва ВМПЭ типдаги ўзига жойлаштирилган пружина ёки электромагнит юритмали виключателлар пайдо бўлди. Бу виключателлар серияси 3200 А гача номинал тоқларга ҳисобланган, узиш тоқлари эса 31,2 кА гача. 3200 А ли виключателлар иккита параллел — иш ва ёй сўндирувчи ток контурига эга (4.54- расм, в) Ёй сўндирувчи контур изоляцион цилиндрда мой билан жойлаштирилган бўлиб, кичик тоқлар учун ВМП-10 сингари қурилмага



4-50- расм. ВМП-10 виқлючатели қутбининг кесими:

а) «Уланган» ҳолат; 1 — ластки чиққич ва виқлючатель қопқоғи; 2 — қўзғалмас контакт; 3 — ҳатто ёстиғи; 4 — сўндирувчи камера; 5 — изолляция цилиндр; 6 — юққарги чиққич; 7 — роқилли ток олувчи контакт; 8 — мой ажратувчи қурилма; 9 — қопқоқ; 10 — юритмали ўзгарилави механизми; 11 — йўналтирувчи стержень; 12 — қўзғалувчан контакт; 13 — мой вурғоғи; б) — сўндирувчи камера «Уланган» ҳолатда; в) — сўндирувчи камера учуриш процессида.

эга. Иш контурининг контактлари ташқарида жойлашган. Қутбнинг ички тузилиши ҳамма серия виключателлар учун бир хил (4.56- расм). Виключателнинг қутби намга яхши чидамли изоляцион цилиндр 5 дан (шиша эпоксид пластик) иборат бўлиб, унинг чеккалари металл фланец билан арматураланади.

Изоляцион цилиндрнинг юқориги фланецида алюминий қотишмасидан тайёрланган корпус маҳкамланган бўлиб, унинг ичига: юритувчи тўғрилагич механизм, қўзғалувчан контакт стержень, роликли ток олувчи қурилма ва мой ажратгич жойлашган. Силуминдан тайёрланган пастки фланец қопқоқ билан ёпилиб, унинг ичига розеткали контакт жойлаштирилган, ташқарисида эса мойни тушириш учун пробка бор. Розеткали контакт устидаги цилиндр ичида шаклдор тешикли изоляцион пластинкалардан йиғилган сўндирувчи камера жойлашган.

Пластинкаларни йиғиш билан учта кўндаланг каналлар ва мой чўнтаклари ҳосил қилинади. Контактли стержень уланган ҳолатда розеткали контактда бўлади (4.56- расм, б). Узилганда юритма виключателнинг рамасида турган узувчи пружинани бўшатади ва унинг кучи таъсирида виключателнинг вали 6 буралади, ҳаракат изоляцион тортқи 4 га (4.55- расм) узатилади, ундан эса юритма механизми 10 га (4.56- расм) ва юқорига ҳаракатланувчи контакт стерженга берилади. Контактлар узилганда мойни буғлантирувчи ва парчаловчи ёй ҳосил бўлади. Дастлабки моментларда контакт стержень ёй сўндирувчи камеранинг кўндаланг каналларини тўсади, шунинг учун босим кескин ортади, мойнинг бир қисми буфер ҳажмини тўлдиреди ва ундаги ҳавони сиқади. Стержень биринчи кўндаланг канални очиши билан мойнинг газлари ва буғлари ёрдамида кўндаланг пуфлаш содир бўлади. Токнинг нолдан ўтишида газ-буғ пуфагидаги босим пасаяди ва буфер ҳажмидаги сиқилган ҳаво поршень сингари ҳаракатланиб, ёй областига мойни сиқиб чиқаради (4.56- расм, в).

Катта тоқларни узганда кучли кўндаланг пуфлаш содир бўлади ва ёй камеранинг пастки қисмида сўнади. Кичик тоқлар узилганда ёй стержень кетидан тортилади ва камеранинг юқори қисмидаги чўнтакларда мой буғланиб, қарши-радиал пуфлашни, сўнгра стержень камерадан чиқишида эса буйлама пуфлашни ҳосил қилади. Катта ва кичик тоқларни узгандаги ёйнинг сўниш вақти 0,015—0,025 с дан ошмайди.

Электр ёй таъсирига контактларнинг турғунлигини ошириш ва уларнинг ишлаш вақтини ошириш учун қўзғалувчан контактнинг олинадиган учлиги ва қўзғалмас контактнинг юқори чеккасидаги ламеллари ёйга чидамли металлокерамика билан қопланган.

Ёй сўнгандан сўнг буғ ва газлар корпуснинг юқориги қисмига йиғилиб, у ерда мой буғлари конденсацияланади, газ эса қопқоқдаги тешик орқали ташқарига чиқади. Камера мойга тўлиши билан, виключатель кейинги операция циклини бажаришга тайёр бўлади. Бу виключателлар учун АПВ даги токсиз танаффус (пауза) анча катта — 0,5 с бўлади.

ВМП-10 виключателида ҳаммаси бўлиб 4,5 кг мой бор. Цилиндрдаги мой сатҳи мой кўрсаткич орқали назорат қилинади. Мойнинг сифати изоляцион мойга қўйиладиган умумий талабларга жавоб бериши керак. Агар мой жуда ифлосланган, камера каналлари эса қорайган бўлса, у ҳолда виключателнинг узилган ҳолатида контактлар орасидан ток ўтиш имкони туғилади.

Виключателни улашдаги зарбни юмшатиш учун рамада мойли буфер 5 бор (4.55- расм). Ўша жойнинг ўзида узгандаги зарбни юмшатиш учун пружинали буфер жойлашган.

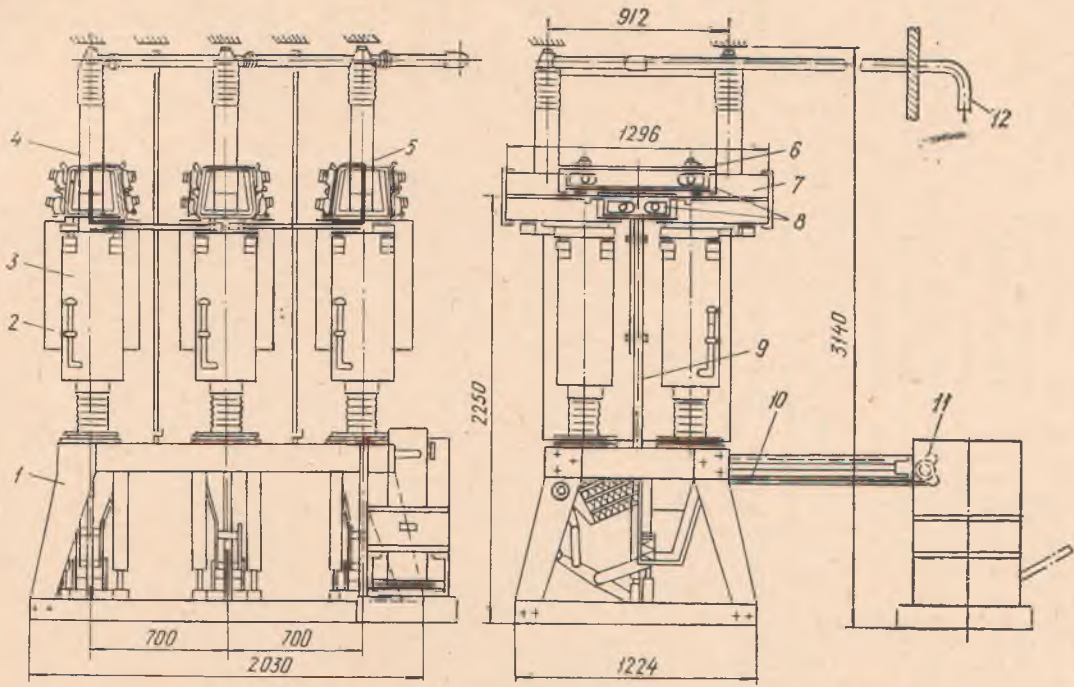
МГГ, МГ ва ВГМ серияли викключателлар 4.54- расм, 2 да кўрсатилган конструктив схема асосида катта номинал тоқларга тайёрланади. Шу сериядаги викключателларнинг ҳар бир қутби иккитадан пўлат бак ҳамда икки жуфтдан иш ва ёй сўндирувчи контактларга эга. Кучли иш контактлари шу викключателларнинг номинал токни кўпайтириш имконини беради, токни икки марта узиш ҳамда махсус ўчириш камераси ҳисобига эса узиш қобилияти ошади.

ВГМ-20 викключатели 4.57- расмда кўрсатилган. Шу турдаги викключателнинг олти бакчалари изоляторда металл пайвандланган рама 1 га маҳкамланади, раманинг ичига ричагли юритма механизми, узадиган пружиналар, мойли ва пружинали буфер жойлашган. Ҳар бир бакчада ёй сўндирувчи контактлар ва қаршиқўндаланг пуфлаш камераси бор (4.59- расмга қаранг). Ёйни сўндиришда ҳосил бўладиган газлар ва мой буғлари чинни шарчалар билан тўлдирилган мой ажраткич 4 га ўтади. Мой конденсацияланиб, қайта бакчага тушади, газлар эса газ чиқаргич 12 нинг чиқариш тешиги (учи) орқали ташқарига юборилади. Тақсимлаш қурилмасининг ошиновкаси эластик компенсаторлар орқали қути 7 профилини қисқичларга уланади. Чекка фазаларга электротехник пўлатдан тайёрланган магнит ўтказгичлар 5 ўрнатилган бўлиб, улар контакт системалари бўйича токни бир текис тақсимлайди. Бош контакт (пичоқлар) ташқаридаги траверса 6 да жойлашган бўлиб, юритиш механизми орқали изоляцион тортқи 9 билан боғланган.

Шу сериядаги викключателларда токнинг иккита: бош ва ёй сўндирувчи контури бор (4.58- расм). Бош контурнинг токи контакти 1 дан цилиндрлар қопқоқлари, биринчи ва иккинчи бакчаларнинг асосий иш контактлари 2 ва траверса 3 бўйлаб ўтади. Ёй сўндирувчи контурнинг токи қопқоқ 3 қопқоқни бак билан, бак девори, розеткали контакт 7 га туташтирувчи мис скобалар, биринчи бакнинг ёй сўндирувчи стержени 6 траверса орқали иккинчи бакнинг ёй сўндирувчи стержени ва шу бакнинг деворлари бўйлаб қопқоққа ўтади.

Викключатель уланган пайтда токнинг кўп қисми занжирнинг қаршилиги кам бўлганлиги сабабли бош контур бўйича ўтади.

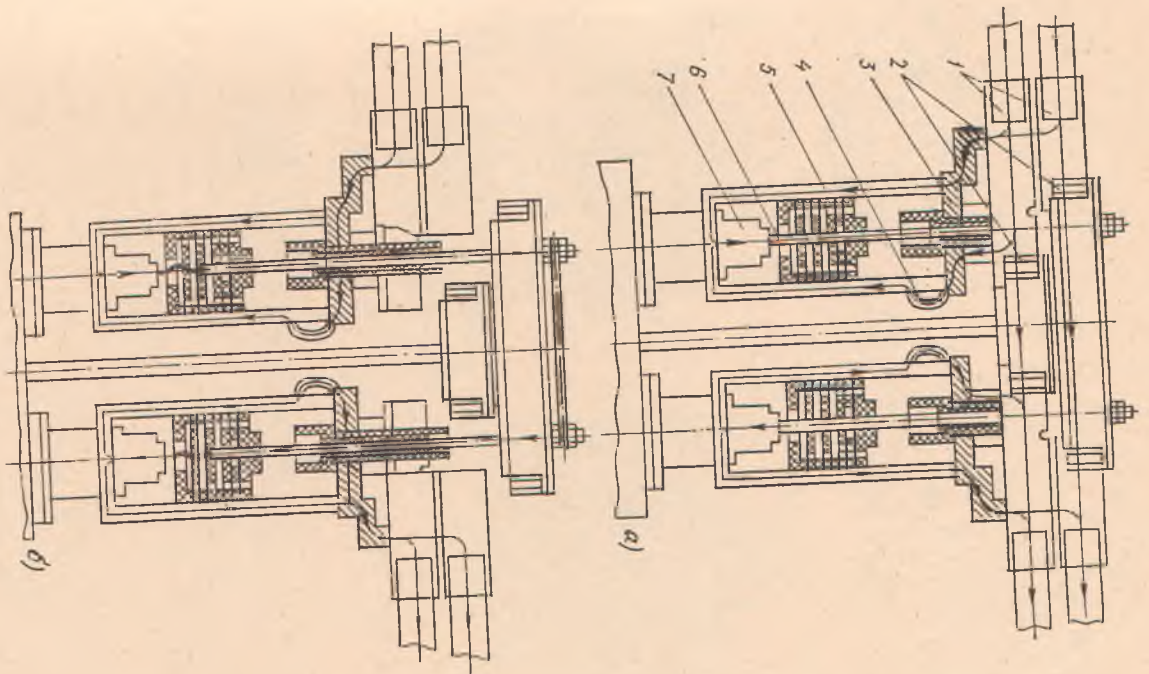
МГ-10 ва МГ-20 викключателлари 5000 ва 6000 А тоқларни ўтказиши, вентилятор билан мажбурий пуфлаш қўлланса тегишлича 9000 ва 9500 А ни ўтказиши. ВГМ викключатели юпқа деворли қути профили ток ўтказувчи контур қўлланилиши ҳисобига сунъий совитишсиз 11200 А номинал тоққа мўлжалланади.

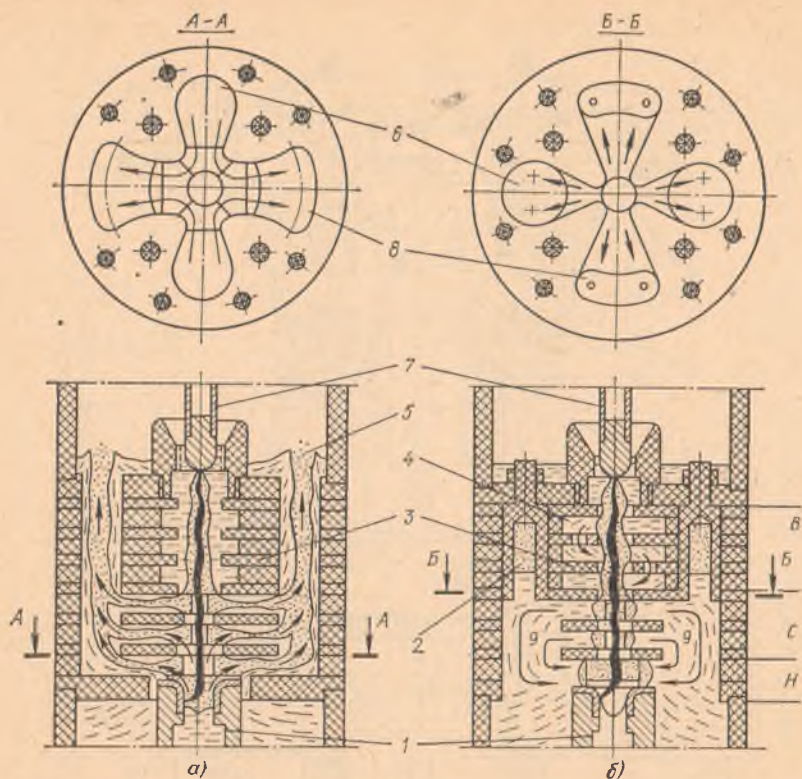


4-57- расм. ВГМ-20/11200УЗ типдаги кам мойли генераторли виключатель:

1 — асос; 2 — қутблар орасидаги тўсиқ; 3 — бак; 4 — мой ажраткич; 5 — магнит ўтказгич; 6 — траверса; 7 — шиналарни улаш учун контакт; 8 — бош контактлар пичоқлари; 9 — штанга; 10 — юритма торқиси; 11 — юритма; 12 — газ чиқаргич охири.

4-58. расм. ВГМ виключатегиининг функционал электр схемаси:
 а — узинган Холлат; б — узинган Холлат; 1 — контактлар; 2 — бош контактлар пичоқлари;
 3 — контакт; 4 — мис скоба; 5 — бак; 6 — ёл сўчирувчи стержень; 7 — розеткали контакт.

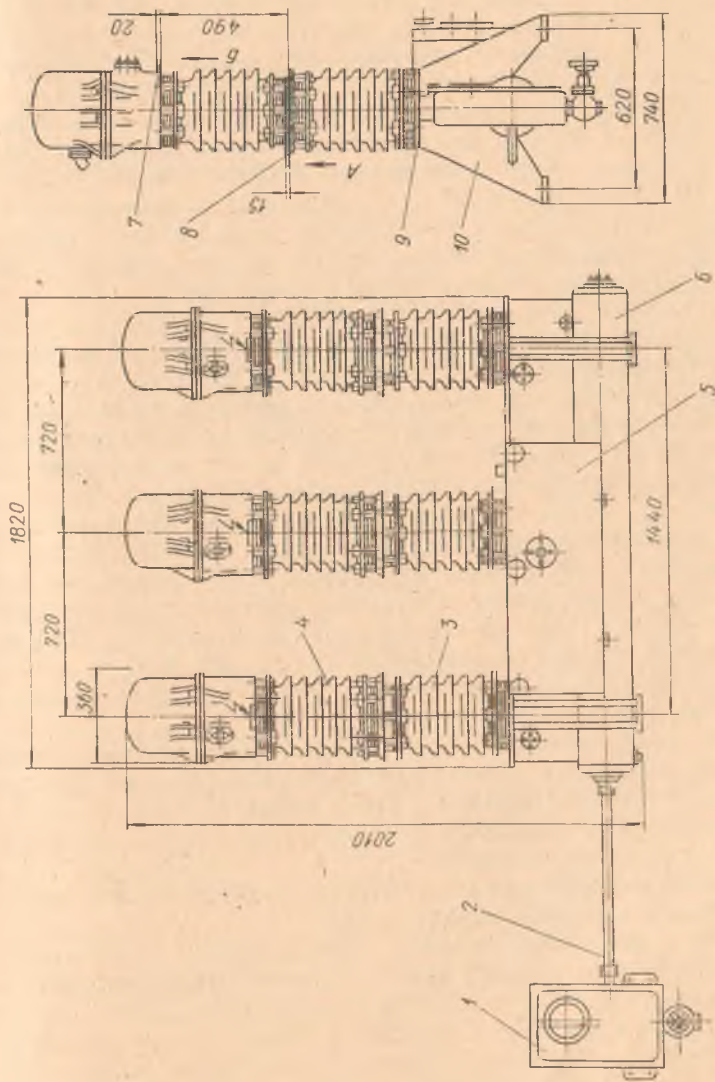




4-59- расм. МГ-20, ВМГ-20 виключателининг ёй сўндирувчи камераси.

Виключатель узилганда аввал иш контактлари узилади, бироқ улар орасида ёй ҳосил бўлмайди, чунки ёй сўндирувчи контурдан ток ўтиши давом этади. Уланганда биринчи бўлиб ёй сўндирувчи контактлар, сўнгра эса иш контактлари туташади.

Ёй сўндирувчи қурилма штифт ва шпилькалар билан бириктирилган шаклдор ўймали қатор изоляцион дисклар 3 дан тайёрланган уч бўлимдан иборат. 4.59- расмда икки ўзаро перпендикуляр текисликлар бўйича камера кесими кўрсатилган. Пастки бўлим 4 сопло шаклдаги иккита пуфловчи ва чиқарувчи тешикли дисклардан йиғилган (4.59- расмдаги А—А кесим). Юқориги бўлим В мойнинг анчагина қисми йиғиладиган чўнтаклар 4 ни ҳосил қилувчи ўйиқли дисклардан ташкил топган. Шу дисклар орқали буфер ҳажми 2 ва пуфловчи каналлар ҳосил қилинади. Ҳамма дисклар ва улар орасидаги тўсиқлар йиғилгандан сўнг, иккита вертикал чиқариш канали 5 ва пуфлаш каналлари 6 ҳосил бўлади (4.59- расм, б даги кесимда кўрсатилган). Узганда кучи траверсага изоляцияловчи тортқи орқали узатиладиган кучли пружиналар таъсирида контакт стержень 7 қўзғалмас контакт 1 нинг розеткасида чиқади ва юқорига ҳаракатланади. Узилганда пастки бўлимда,



4-60. расм. ВМК-35В виқлоштелас:

1 — превактик болқарыш блокі; 2 — трузъа; 3 — ташы қисм; 4 — ёй сўздорузгы қисм; 5 — асок; 6 — ҳаёо резервуары; 7 — юдориғы чикқич; 8 — палты чикқич; 9 — палта; 10 — ташы стойка.

сўнгра ўрта бўлимда ёй ҳосил бўлади. Ёй атрофидаги газ-буғ аралашмасининг босими ўртадаги бўлимда юқори, чунки чиқариш каналларининг кесими кичик, шунинг учун ўртадаги бўлимдан каналлар 9 орқали пастдагига мойни пуфлаш ҳосил бўлади (4.59-расм, б). Бир вақтнинг ўзида пастки бўлимнинг газ-буғ аралашмаси чиқариш канали 8 га пуфлаш ҳосил қилади (4.59- расм, а). Шундай қилиб, пуфлаш ёйга қарши ва кўндаланг бўлади. Ёйнинг ёниш ўрнида 8 МПа гача босим ҳосил бўлиб, бу жадал пуфлашга ёрдам беради. Катта тоқлар узилганда босимни камайотириш учун юқориги бўлимда буфер ҳажм 2 бор. Узиладиган тоқлар қиймати катта ва ўртача бўлганда ёйни сўндириш пастки ва ўртадаги бўлимларда амалга оширилади. Кичик тоқларда ёйни ўчириш юқориги бўлимнинг мойли чўнтақларида содир бўлади. Бундай виключателларда ёйнинг ёниш вақти 0,02—0,05 с. Қарши — кўндаланг пуфлашни камера 105 кА гача бўлган қ. т. тоқларини узиш имконини беради.

Бу сериядаги виключателларни бошқариш учун электромагнит ПС—31 ёй пневматик ПВ юритмалар қўлланилади.

ВЭИ да ишлаб чиқилган ВМК сериядаги колонкали мойли виключателлар 35 ва 110 кВ ли установакаларда ишлатилади. ВМК—35В виключатели асосга ўрнатилган ёй сўндирувчи қисмлар ва таянчлардан ташкил топган учта колонкага эга (4.60- расм). Асосга пневматик юритма, ундан қўзғалувчан контактларга ҳаракат узатадиган механизм, буфер қурилма ва иситкичлар ўрнатилган. Таянч изоляторларнинг ичидан контакт стерженларга изоляцион тортқилар ўтади. Юқориги изоляторларда шиша эпоксид цилиндрда қўзғалмас контактлар ва механик нагрукани қабул қилувчи ёй сўндирувчи камера жойлашган. Қутб силумин қопқоқ билан ёпилган бўлиб, унинг ичида мой ажраткич, ташқарисида эса мой кўрсатувчи шиша ва контакт чиққич жойлашган. ВМК-35 викключателнинг учала колонкаларида 100 кг мой бор.

Викключатель (0,7 МПа босимли) сиқилган ҳавода ишлайдиган пневматик юритма ёрдамида уланади.

35 кВ ва ундан катта кучланишли кам мойли викключателларнинг конструкциясини, номинал тоқлари ва узиш қобилиятини ошириш мақсадида такомиллаштириш давом этмоқда. Дунё практикасида қўлланиладиган кам мойли викключателлар 420 кВ кучланишгача мўлжаллаб ишлаб чиқарилади.

4.61- расмда кам мойли викключателнинг ёй сўндирувчи камераси ёйни сўндириш процессида кўрсатилган.

Кам мойли викключателларнинг афзалликлари қуйидагилар: мой миқдори кўп эмас; массаси нисбатан кичик, бакли викключателларга қараганда ёй ўчирувчи контактларга бориш анча қулай; унификацияланган узелларни ишлатиш билан турли кучланишларга викключателларнинг турли серияларини яратиш имкони бор.

Кам мойли викключателларнинг камчилиги: портлаш ва ёнғин жиҳатдан хавфли (бакли викключателларга қараганда анча кам бўлишига қарамай); тез таъсир этувчи АПВ ни амалга ошириш мумкин эмас; вақт-вақти билан мойни назорат қилиш, камини қуйиб тўлдириш ва ёй сўндирувчи баклардаги мойни нисбатан тез-тез алмашти-

риш керак, ичкаридаги ток трансформаторларини ўрнатиш қийин, нисбатан узиш қобилияти кичик.

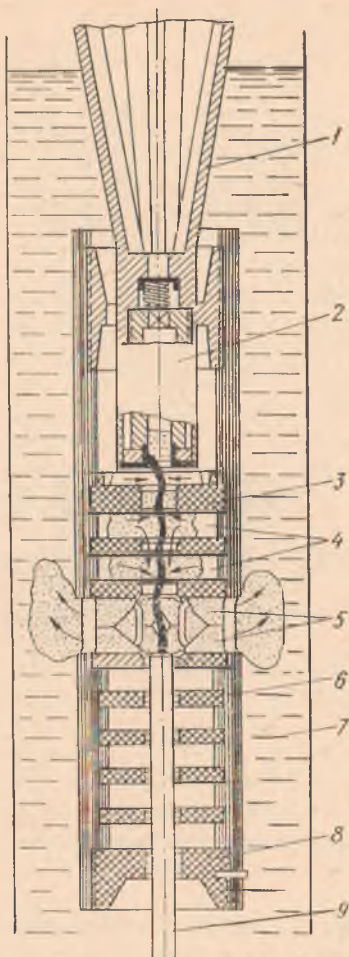
Қам мойли виключателларнинг қўлланилиш соҳалари — 6, 10, 20, 35 ва 110 кВ ли станция ва подстанцияларнинг ёпиқ тақсимлаш қурилмалари, 6, 10 ва 35 кВ ли комплект тақсимлаш қурилмалари ҳамда 35 ва 110 кВ ли очик тақсимлаш қурилмалари.

г) Ҳаво виключателлари

Ҳаво виключателларида ёй сиқилган ҳаво билан сўндирилади, ток ўтказувчи қисмлар билан ёй сўндирувчи қурилма эса, чинни ёки бошқа қаттиқ изоляцияловчи материаллар билан изоляцияланади.

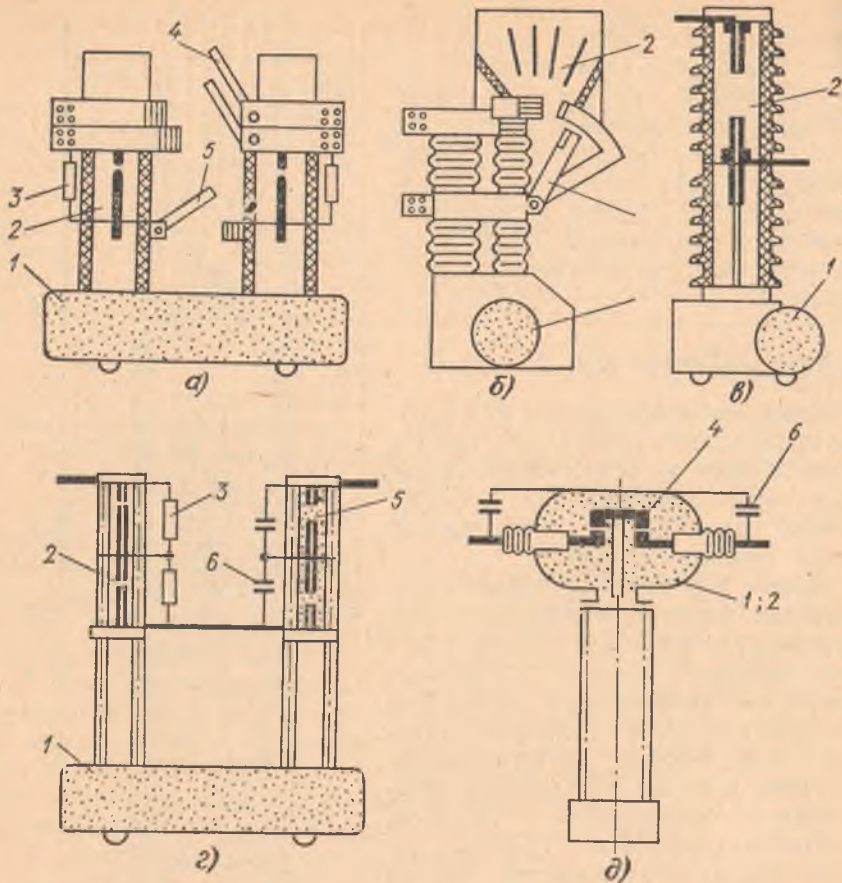
Ҳаво виключателларининг конструктив схемалари турлича бўлиб, уларнинг номинал кучланиши, узилган ҳолатдаги контактлар орасида изоляция оралиқ ҳосил қилиш усули, ёй сўндирувчи қурилмага сиқилган ҳавони юбориш усулига боғлиқ.

Қатта номинал тоқларга мўлжалланган виключателларда (4.62-расм, а, б) қам мойли МГ ва МГГ ларига ўхшаш бош ва ёй сўндирувчи контур мавжуд. Виключатель уланган ҳолатда токнинг асосий қисми очик жойлашган бош контактлар 4 бўйича ўтади. Виключателлар узилганда бош контактлар биринчи бўлиб узилади, бундан сўнг ток камера 2 га жойлашган ёй сўндирувчи контактлардан ўтади. Бу контактларнинг узилиш моментидан камерага идиш (резервуар) 1 дан сиқилган ҳаво берилади, ёйни сўндирувчи кучли пуфлаш ҳосил бўлади. Пуфлаш бўйлама (4.62-расм, б) бўлиши мумкин. Узилган ҳолатда контактлар орасида керакли изоляция оралиқ ёй сўндирувчи камерада контактларни керакли оралиққача ажратиш йўли билан (4.62-расм, б) ёки очик жойлашган махсус ажратгич 5 (4.62-расм, а) билан ҳосил қилинади. Ажратгич 5 узилгандан сўнг камерага сиқилган ҳаво ҳайдаш тўхтатилиб, ёй сўндирувчи контактлар туташади. Бу



4-61- расм. Қам мойли ВМК-110 виключателнинг ёй сўндирувчи камераси:

1 — контакт каллак; 2 — розеткали қўзғалмас контакт; 3 — текстолит диск; 4 — мой чунтаклари; 5 — пуфлаш дисклари; 6 — гетинаксдан қилинган дисклар; 7 — шиша эпексиддан қилинган цилиндр; 8 — текстолит гайка; 9 — қўзғалувчан контакт.



4-62- расм. Ҳаво виқлочателларининг конструктив схемалари:

1 — сиқилган ҳаволи резервуар; 2 — ёй сўндирувчи камера; 3 — шунтловчи резистор; 4 — бош контактлар; 5 — узгич; 6 — сиғимли кучланиш булғич.

конструктив схема асосида тайёрланган виқлочателлар ички установкалар учун 15 ва 20 кВ ли кучланиш ва 20000 А гача бўлган тоқлар (ВВГ серияси) га мўлжаллаб ишлаб чиқарилади.

Очиқ установкадаги виқлочателларда ёй сўндирувчи камера чинни изолятор ичига жойлашиб, 35 кВ ли кучланишга ҳар бир фаза учун битта узилиш бўлиши етарли ҳисобланади (4.62- расм, в), 110 кВ га эса ҳар фазага иккита узилиш лозим бўлади (4.62- расм, г). Бу конструкциялар орасидаги фарқ шундаки, 35 кВ ли виқлочателда изоляциян оралиқ ёй сўндирувчи камера 2 да ҳосил қилинади, 110 кВ ли ва ундан юқори кучланишли виқлочателларда эса ёй сўндирилгандан кейин ажратгич 5 контактлари узилади ва ажратгич камераси узилган ҳолатдаги бутун вақт ичида сиқилган ҳаво билан тула бўлади. Бунда сиқилган ҳаво ёй сўндирувчи камерага берилмайди ва ундаги контактлар туташади. 4.62- расм, г даги кон-

структив схема бўйича 500 кВ гача кучланишга мўлжалланган ВВ сериядаги виключателлар яратилган. Номинал кучланиш қанча юқори ва узиладиган қувват қанча катта бўлса, ёй сўндирувчи камерада ва ажратгичда шунча кўп узилишларга эга бўлиши керак (330 кВ га — саккизта; 500 кВ га — ўнта).

Қўрилган конструкцияларда виключателнинг асоси олдида жойлашган идишдан ҳаво ёй сўндирувчи камерага берилади. Агар контакт система ердан изоляцияланган сиқилган ҳаво идишига жойлаштирилса, у ҳолда ёйни сўндириш тезлиги анча ортади. Шундай принцип ВВБ серияли виключателларга асос қилиб олинган (4.62-расм, д). Бу виключателларда ажратгич йўқ. Викключатель узилганда бир вақтнинг ўзида сиқилган ҳаво идиши ҳисобланган ёй сўндирувчи камера 2, пуфлаш клапанлари орқали атмосфера билан туташади, бунда ёйни сўндирувчи пуфлаш ҳосил бўлади. Узилган ҳолатда контактлар сиқилган ҳаво муҳитида бўлади. Бундай конструкция схема асосида 750 кВ гача мўлжалланган викключателлар яратилган. Ёй сўндирувчи камералар (модуллар) нинг сони кучланишга боғлиқ (110 кВ га — битта; 220 кВ га — иккита; 330 кВ га — тўртта; 500 кВ га — олти; 750 кВ га — саккизта).

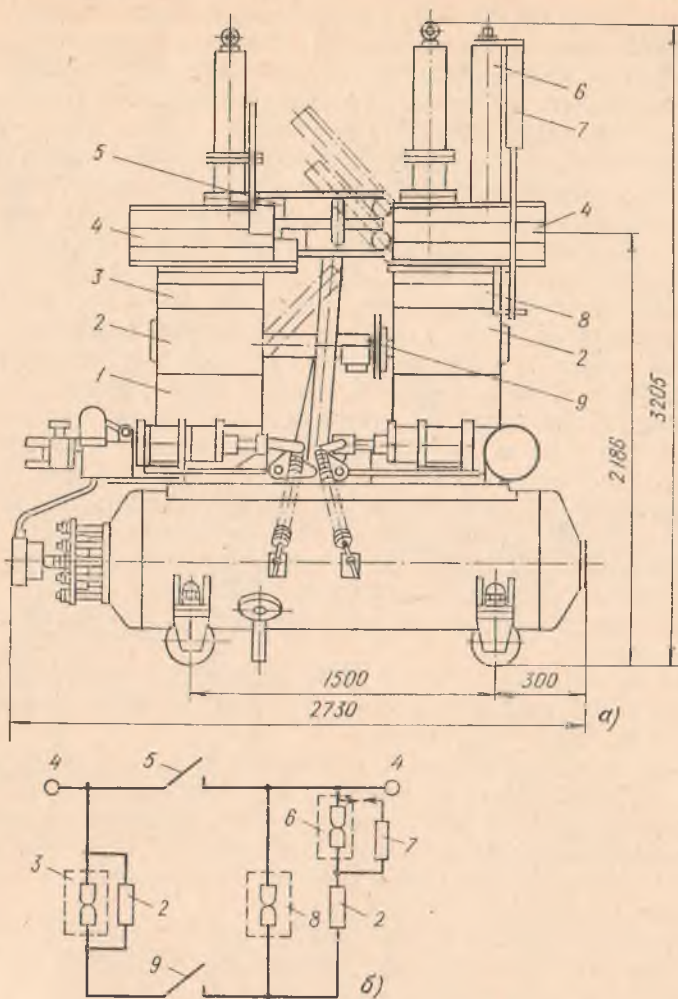
Узилишлар бўйича кучланишни бир хил тақсимлаш учун омли 3 ва сиғимли 6 кучланиш бўлгичлари ишлатилади.

Айрим ҳаво викключателларининг конструкцияларини батафсил кўриб чиқамиз.

Ҳаво ви к л ю ч а т е л и ВВГ-20 кучли генераторларнинг занжирларига ўрнатиш учун мўлжалланган ва 20000 А гача номинал токка ҳисобланган (4.63-расм).

Ток ўтказувчининг бош контури контакт чиққичлар 4 ва ажратгич 5 дан иборат. Ёй сўндирувчи контур иккита камера 3 ва 8, резисторлар 2, узгич 9 дан ташкил топган. Иккинчи камеранинг резистори 2 билан кетма-кет ҳолда ўз резистори 7 ва учқун оралигига эга бўлган ёрдамчи камера 6 уланган. Уланган ҳолатда токнинг асосий қисми бош контур бўйича ўтади.

Викключатель қуйидаги тартибда узилади: ажратгич 5 нинг контактлари узилади ва токнинг ҳаммаси ёй сўндирувчи контурга ўтади, сўнгра бу ерда 3 ва 8 камералардаги ёй сўндирувчи контактлар узилади. Шу моментда камерага бўйлама пуфлаш ҳосил қилувчи сиқилган ҳаво (2 МПа босим остида) берилади, натижада ёй 0,01с дан сўнг сўнади. Резистор 2 қаршиликлар орқали ўтаётган ток ёрдамчи камера 6 нинг контактлари томонидан узилади. Бунда иккита ҳолат бўлиши мумкин. Агар викключатель қ. т. нинг катта токини узса, занжирнинг реактив қаршилиги эса шунтловчи резисторлар 2 нинг актив қаршилигидан анча кичик бўлса, у ҳолда тикланаётган кучланиш тезлиги кичик ва узиш жараёни ёйни ёрдамчи камеранинг контактларида сўндириш билан тугалланади. Агар викключатель занжирдаги индуктив қаршилиги катта бўлган токни узса (унинг миқдори резисторларнинг актив қаршиликлари билан солиштирилиши мумкин ёки ундан катта), у ҳолда ёрдамчи камеранинг контактларидаги тикланаётган кучланиш тезлиги катта бўлади. Бунда ёй сўнгандан кейин камера 6 нинг контактла-



4-63- расм. ВВГ-20 ҳаво виключатели:

a — умумий кўриниши; *b* — функционал электр схемаси; 1 — таяг'ч изолятор; 2 — резисторлар; 3 — ёй сўндирувчи асосий биринчи камера; 4 — контакт чиққичлари; 5 — ажраткич пичоқлари; 6 — ёрдамчи камера; 7 — резистор; 8 — ёй сўндирувчи асосий иккинчи камера; 9 — узгич.

ридаги оралиқда учқун ҳосил бўлади ва контактларга параллел равишда шунтловчи резистор 7 уланади. Токнинг кейинги нолдан ўтишида учқун оралиғидаги ёй ҳаво оқими билан сўндирилади. Энг охирида, занжирнинг буткул узилишини ҳосил қилувчи ажраткичнинг пичоғи узилади.

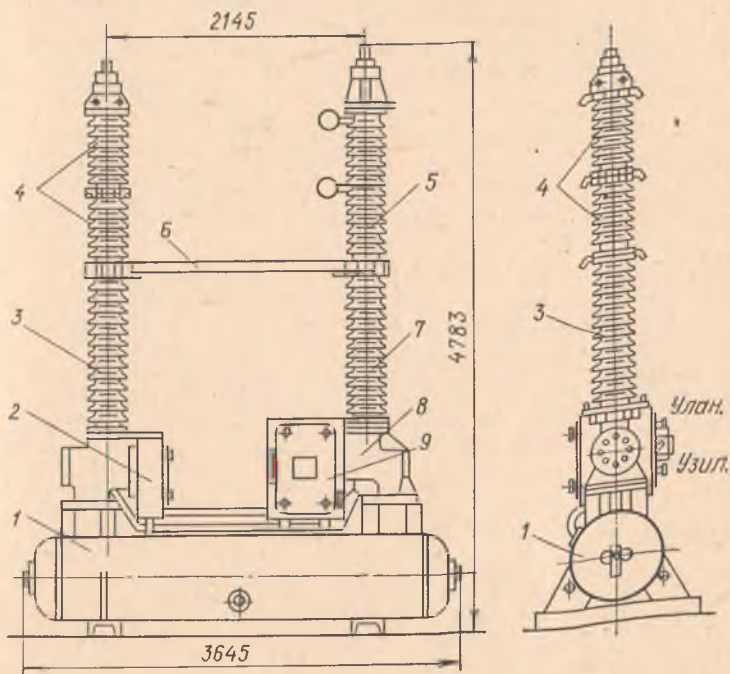
Узгич узилгандан сўнг 3 ва 8 камераларга ҳаво ҳайдаш тўхтатилади ва қўзғалувчан контактлар пружиналар таъсирида уланган ҳолатга қайтади. Бу виключателнинг тўлиқ узиш вақти 0,17 с.

Уланганда аввал узгич 9 нинг пичоғи туташиб, сўнгра ажратгич 5 нинг пичоғи туташади.

Улаш ва узиш операцияларини бажариш, айрим узелларнинг ишлаш тартибини қутбнинг пневматик системаси таъминлайди. Қўрилган виключатель АВП учун мўлжалланмаган.

Генераторларнинг занжирларида қ. т. нинг юқори паррон ўтиш токи ($i_{пр.с} = 480 \text{ кА}$) га чидайдиган, ўз-ўзини синхронловчи ($i_{вкл} = 115 \text{ кА}$), генераторларни улашга мўлжалланган $U_{ном} = 15 \text{ кВ}$ ли махсус виключателлар (ВНСГ) қўлланилмоқда. Бундай виключатель ёрдамида генераторни нағрузка остида ($I_{ном} = 12000 \text{ А}$) улаш ва узиш, шунингдек, 31,5 кА гача бўлган қ. т. тоқларини узиш мумкин. Виключатель ВНСГ комплект ток ўтказувчига ихчам жойлашади. Ёй босими 0,6 МПа ли сиқилган ҳаво билан сўндирилади.

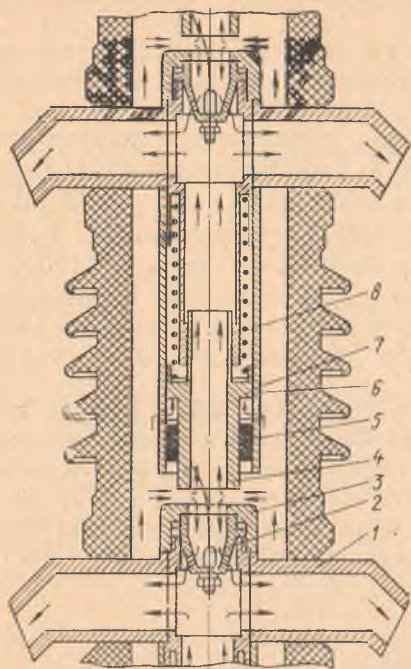
Ҳаво виключателлари ВВ 110—500 кВ кучланишга мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. Бу сериядаги ҳамма виключателлар таянч изоляторларда вертикал ўрнатилган ёй сўндирувчи камера ва ҳаво тўлдирилган типдаги узгичларга эга. У ёки бу камераларнинг сони виключателнинг кучланиши билан номинал узиш токига боғлиқ. 4.64- расмда номинал узиш қуввати 6000 МВ · А



4-64- расм. ВВН-110-6 ҳаво виключатели:

1 — сиқилган ҳаволи идиш; 2 — камеранинг пуфлаш клапани; 3 — сўндирувчи камера; 4 — узгич; 5 — улайдиган ток ўтказувчи; 6 — узгичнинг пуфлаш клапани; 7 — қутбни бошқариш шкафи.

3 — таянч изолятор; 4 — ёй труба; 7 — таянч изолятор;



4-65- расм. Ёй сундирувчи камера элементининг копструктив схемаси.

лувчан контакт поршенли механизм ёрдамида сиқилган ҳаво билан корпус ичида ҳаракатланиши мумкин. Пружина 8 қўзғалувчан контактни пастга суришга интилади. Токнинг қўзғалувчан контактдан жез корпусга ўтиши сирпанувчан контактлар 5 орқали амалга ошади. Сундирувчи камера контактларининг ички бўшлиғи изоляторларнинг фланецлари 1 ичига жойлашган чиқариш каналлари орқали атмосфера билан боғланади.

Виключатель узилганда сиқилган ҳаво камерага киради ва ундаги босим ортади, чунки атмосфера билан туташиб йўқ. Ҳаво қўзғалувчан контакт механизми 7 нинг корпусидаги махсус тешик орқали поршень тагига киради. Поршень 6 га таъсир этаётган босим пружина 8 кучидан ортганда қўзғалувчан контакт юқорига 35—40 мм га силжийди. Контактлар орасида ёй ҳосил бўлади, сиқилган ҳаво учун ичи бўш контактлар орқали ҳавога йўл очилади; ёйни чўзувчи ва уни контактлар ичидаги ишда қатнашмайдиган сиртгача чўзувчи кучли бўйлама пуфлаш ҳосил бўлади. Ток нолдан ўтаётганда ёй сўнади. Ёйнинг сўниш вақти 0,02 с дан ошмайди.

Ёй сўнганидан кейин ёй сундирувчи камерада виключателни пневматик бошқарувчи система узгичнинг пуфлаш клапанини очади ва узгич камерасига сиқилган ҳаво юборади. Шунтловчи резистордан ўтаётган ток узгич контактлари ёрдамида узилади. Узгичнинг

бўлган 110 кВ виключатель кўрсатилган. Виключателнинг ҳар бир қутби сиқилган ҳаволи (2 МПа) идишга жойлашган. Идишда қутбнинг бошқариш шкафи жойлашган. Ҳар бир қутб мустақил равишда уланиши ва ўчиши мумкин, шунинг учун ҳаво викключателлари бир фазали АПВ да ишлай олади.

220 кВ ва ундан юқори кучланишли викключателлар омли (ёй сундирувчи камералар орасидаги кучланишни бир хил тақсимлаш учун) ва сизимли (ажраткич контактлари орасидаги кучланишни бир хил тақсимлаш учун) бўлгичларга эга.

Турли кучланишларга мўлжалланган ВВ викключателлари бир хил типдаги ёй сундирувчи камераларга эга (4. 65- расм). Ҳар бир элемент чинни изолятордан ташкил топган бўлиб, унинг ичида ёй олувчи 2 ли қўзғалмас контакт 3 ва қўзғалувчан контакт 4 бор. Қўзғал-

камерасидаги босим, унинг контактлари узилганда 2 МПа. Узгич узилиши билан ёй сундирувчи камерага ҳаво ҳайдаш тўхтайтиди ва унинг контактлари туташади.

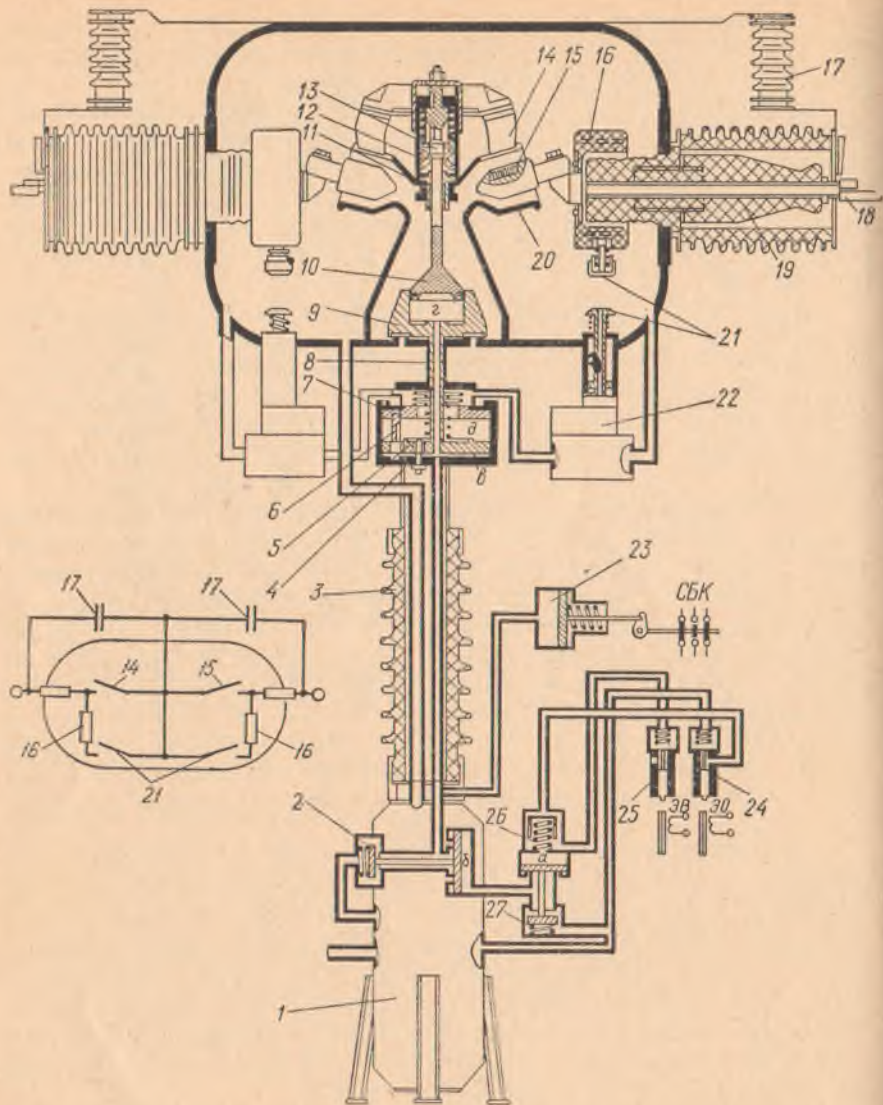
Виключатель узгич камерасидан ҳаво атмосферага чиқиш пайтида, узгичнинг пуфлаш клапани ёпиқ бўлганда уланади. Босим тахминан 1 МПа гача пасайганда қўзғалувчан контакт пружиналар таъсирида юқорига ҳаракатланиб, занжирни улайди. Уланган ҳолатда узгич корпусидаги босим атмосфера босимига тенг. Бу сериядаги ҳаво виключателлари 0,3 с токсиз паузали АПВ га муъжалланган.

Қўриб чиқилган сериядаги виключателларда 330 кВ кучланишда ҳар бир қутб учун иккита сиқилган ҳаво идиши ва ҳар бирида тўртта узилиш бўлган иккита ёй сундирувчи камералар жойлашган тўртта изоляцияловчи колонкалар, ҳамда ҳар бирида учта узилиш бўлган иккита ажратгич бўлади. 500 кВ ли виключателлар ҳам худди шундай тузилган бўлиб, узилиш сони тегишлича беш ва тўртта.

Қўриб чиқилган ҳамма виключателларда ерга туташтирилган идишдан сиқилган ҳаво ёй сундирувчи камерага изоляцияланган ҳаво ўтказгич орқали ёки узунлиги виключателнинг номинал кучланишига боғлиқ бўлган изоляторнинг ички бўшлиғи орқали юборилади. Камерани сиқилган ҳаво билан тўлдириш вақти идишдаги ҳаво босими ва ҳаво ўтказгич узунлигига боғлиқ. 35 ва 110 кВ ли виключателларда бу вақт 0,003—0,005 с ни, 150—220 кВ ли виключателларда 0,007—0,01 с ни, 330—500 кВ ли викключателларда 0,013—0,014 с ни ташкил этади. Камеранинг сиқилган ҳаво билан тўлиш вақтининг ортиши, викключателнинг хусусий узилиш вақтини кўпайтиради, бунда ҳаво викключателининг асосий кўрсаткичи — тез таъсир этиши ёмонлашади.

ВВБ сериядаги викключателлар (4.62- расм, *д* га қаранг) ердан изоляцияланган, ичида контакт система бўлган сиқилган ҳаво идишига эга. Шунинг учун, ўта юқори кучланишли бундай викключателларнинг хусусий узилиш вақти ВВ сериядагиларга қараганда кичик бўлади. ВВ викключателларида ҳаво секин берилганлиги учун, ёйни сундириш momentiдаги ёй сундирувчи камерадаги босим, тахминан, номинал босимнинг ярмига тенг. ВВБ викключателларида сўниш momentiдаги ҳаво босими номиналга тенг, шунинг учун бу викключателлар катта узиш қувватига эга.

ВВБ сериядаги викключателларнинг асосий элементи бўлиб сиқилган ҳаволи (2 МПа) металл идишдаги иккита узилиши бўлган ёй сундирувчи модуль ҳисобланади. 110 кВ ли номинал кучланишда ҳар бир қутбга битта модуль тўғри келади (4. 66- расм). Викключателнинг асоси сифатида сиқилган ҳаволи вертикал идиш 1 хизмат қилиб, унинг ён томониغا электр ва пневматик бошқариш элементлари бўлган бошқариш шкафи 2 маҳкамланган. Ёй сундирувчи модулининг 1500 л ҳажмдаги ҳаво запаси икки марта узиш учун етарли. Сўнгги конструкциядаги ВВБ-110 ларда қўзда тутилган 2300 л ҳажмли қўшимча вертикал идиш билан магистралдан сиқилган ҳаво таъминланмай, $O-t$ —ВО цикли таъминлайди.



4-66- расм. ВВБ-110 виключателининг электропневматик ва электр функционал схемаси.

Ўй сўндирувчи камера қўшимча идиш билан изоляция материалдан тайёрланган труба билан бириктирилган бўлиб, у орқали узлуксиз ҳаво билан тўлдириб турилади. Бундан ташқари, изолятордан кичик диаметрли иккинчи труба ўтиб, у орқали улаш ёки узиш процессида ҳаво берилади ёки чиқарилади. Бу труба импульсли труба деб юритилади.

ВВБ-110 виключателининг электропневматик схемасида (4.66-

расм) ёй сундирувчи камеранинг горизонтал кесими шартли равишда кўрсатилган (ёрдамчи контактлардан ташқари). Сигимли бўлгич 17 нинг жойлашуви ҳам шартли кўрсатилган. Таянч изолятор 3 да металл идиш — ёй сундирувчи модуль маҳкамланган бўлиб, унинг ичида траверсага маҳкамланган пичоқ 14 кўринишидаги кўзгалувчан контактлар ва пичоқларнинг кириши учун ўйиқлари бўлган металл стаканлар ичига қўзғалмас контактлар 15 жойлашган. Қўзғалмас контактлар, узилган ҳолатда пичоқларни экранловчи ва узилганда йўналтирилган ҳаво оқими ҳосил қилувчи металл конфузорлар 20 ичида бўлади.

Эпоксид втулкалар 19 ва чинни ғилоф билан изоляцияланган камера ичидаги киргич 18 да шунтловчи қаршилиқ 16 ва ёрдамчи контактлар 21 жойлашган.

4.66- расмда выключатель узилган ҳолатда кўрсатилган. Улаш учун улаш электромагнети ЭВ га команда импульси берилиб, у ишга туширувчи клапан 25 ни очади. Ҳаво тескари клапан 26 бўшлиқдан ҳамда оралиқ клапан 27 нинг ҳажми *a* дан атмосферага чиқарилади. Оралиқ клапан юқорига ҳаракатланади ва идиш 1 дан сиқилган ҳаво келишини тўсувчи бошқариш клапанининг *b* ҳажмидан ҳавонинг чиқишини таъминлайди ва пуфлаш клапанининг поршени тагидаги *b* ҳажмдан ҳамда ичи бўш шток 8 орқали *z* бўшлиқдан ҳавонинг чиқишини таъминлайди. Бунда поршень 10 тагидаги босим билан унинг устидаги босим орасидаги фарқ ҳисобига контакт система уланади. Фиксатор 12 нинг роликлари шток 13 нинг чиққан жойлари орқали ўтади. Контакт пичоқлар 14 бармоқли қўзғалмас контакт 15 га киради. Бир вақтнинг ўзида золотниклар 6 орқали сиқилган ҳаво бўшлиқдан чиқарилади ва ёпувчи шайба 7 ўз пружинаси таъсирида поршень 5 га қараб ҳаракатланади.

Клапан 2 ёпилганида СБК 23 юритманинг поршени тагида ҳавонинг чиқиши таъминланади. Ёрдамчи контактлар уланган (Включено) ҳолатга ўтади.

Ёрдамчи контактлар 21 бош контактларга қараганда бирмунча кечикиб клапан 22 ёрдамида уланади.

Уланган ҳолатда ток қўзғалмас контакт 15, пичоқ 14, траверса, пичоқ ва иккинчи киргичнинг иккинчи узилиш контакти орқали киргичнинг ток ўтказувчи стержени бўйлаб ўтади.

Выключателни узиш учун узиш электромагнети ЭО га команда импульси берилиб, у ишга тушириш клапани 24 ни очади. Сиқилган ҳаво идишдан тескари клапан 26 орқали *a* ҳажмни тўлдиради. Клапан 27 очилади ва у сиқилган ҳавонинг *b* ҳажмга киришига имкон яратади, бунда клапан 2 импульс трубани идиш 1 билан боғлайди. Сиқилган ҳаво *b* бўшлиққа киради, поршень 5 шайба 7 билан бирга юқорига сурилади. Поршеннинг ичи бўш шток 8 орқали ҳаракатланиши пуфлаш клапани 9 нинг тарелкасига, траверса 10 механизмининг поршенига ва шток 13 орқали контакт пичоқлар билан траверсага узатилади. Пуфлаш клапани очилади, контактлар узилади ва ёй ҳосил бўлади. Ҳавонинг кучли оқими таъсирида ёй иш контактларидан қарши электрод 11 га ва қўзғалма



4-67- расм. ВВБ-750 қутбининг умумий кўриниши.

контакт 15 нинг стакаллари учига ўтади. Ёйнинг сўниш вақти 0,02 с дан ошмайди.

Поршень 5 юришининг охирида шайба 7 бўшлиқдан атмосферага чиқиш йўлини ёпади. Игна 4 билан тўсилган поршендаги бошқариладиган тешик орқали 6 бўшлиқдан 8 бўшлиққа ҳавонинг ўтиши бошланади. 8 бўшлиқдаги босим ортганда, поршень узининг пружинаси таъсирида дастлабки ҳолатига қайтади, шайба эса юқориги ҳолатда сиқилганича қолади. Поршень билан бирга тарелка 9 пастга тушади ва пуфлаш клапани ёпилади.

Токни шунтловчи қаршилиқлар орқали ўтишини узувчи ёрдамчи контактларнинг ўчиши бош контактларга нисбатан, шайба 7 атмосферага чиқишни ёпгандан кейингина клапан 22 га ҳаво бериш ҳисобига, кечикиб амалга ошади. Контактлар орасида ҳосил бўлган ёй қўзғалувчан ичи бўш контакт орқали ўтувчи ҳаво оқими билан сўндирилади.

Импульс трубага узиш пайтида ҳаво берилганда ҳавонинг бир қисми юритма 23 поршени тагига киради ва ёрдамчи контактлар виключателнинг узилган ҳолатига тўғри келадиган ҳолатга ўтади.

ВВБ сериядаги виключателлар 35—750 кВ кучланишларга мўлжаллаб ишлаб чиқарилади. ВВБ-220 викключателнинг қутби умумий изоляцияловчи асосда бир-бирининг устида жойлашган иккита ёй сўндирувчи модулга эга, ВВБ-330 нинг қутби иккита изоляцияловчи асосда тўртта модулга эга, ВВБ-500 қутби учта таянч устунларда (уч оёқдаги) олтига модулдан ташкил топган, ВВБ-750 қутби тўртта таянч устунларда саккизта ёй сўндирувчи модулларга эга (4.67- расм).

220 кВ ва ундан юқори кучланишли викключателлар қутбларининг пневматик бошқариш системаси 4.66- расмда кўрсатилгандан ёй сўндирувчи камераларидаги тезлатувчи ва тақсимловчи клапанларининг борлиги ҳамда ёрдамчи контактларнинг йўқлиги билан фарқланади.

Бу сериялар ичида модулидаги босими оширилган викключателлар ҳам бор (3,2 МПа). Бундай викключатель (ВВД) лар ёйни сўндириш шароити яхши бўлганлиги учун 40 кА гача бўлган қ. т. тоқларини узади.

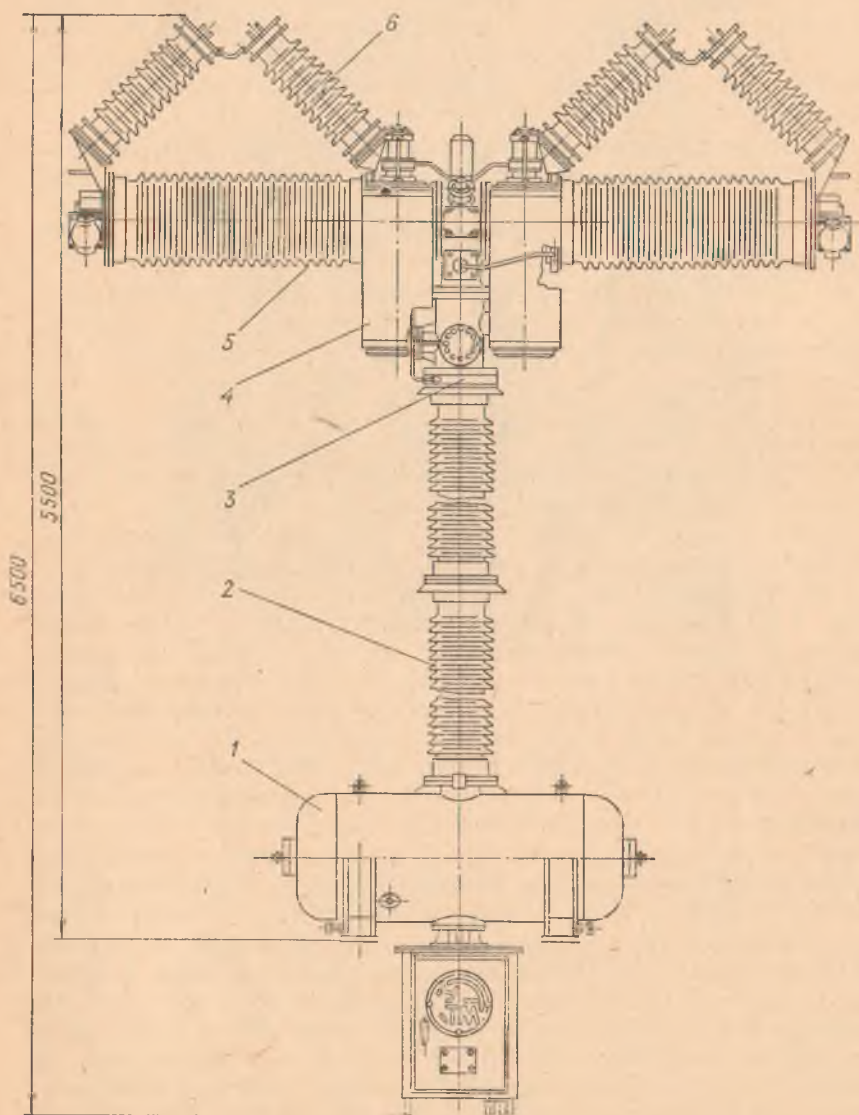
Кўриб ўтилган сериянинг модулли принципи ишдан чиққан модулни зарурат туғилса, янгисига тез алмаштириш имконини беради. Бунда ремонт вақти сезиларли камаяди, бу ҳолат эса бутун электроустановканинг ишончли ишлашини оширади.

ВНВ серияли викключателлар 220—250 кВ кучланишга мўлжалланган йириклаштирилган икки узилишли ёй сўндирувчи модулга эга. Бу сериядаги 110—1150 кВ кучланишли барча викключателлар бошқариш шкафи бўлган идишдан ва ёй сўндирувчи модуль монтаж қилинган таянч изоляция колонкаларидан йиғилади. 220 кВ ли викключателнинг қутби битта икки узилишли модулли битта таянч устунга эга (4.68- расм). 500 кВ кучланишли — иккита таянч устун ва иккита модулга, 750 кВ лиси учта устун ва учта модулга, 1150 кВ лиси эса — бешта устун ва бешта модулларга эга. 110 кВ ли викключателнинг қутби битта узилишли модулга эга.

Ёй сўндирувчи модуль — бу икки узилишли ёй сўндирувчи камера бўлиб, унинг контакт системаси уланганда ҳам, узилганда ҳам доим сиқилган ҳаво (4 МПа) муҳитида бўлади. Контактлари сиқилган ҳавога тўлдирилган металл идиш (резервуар) га монтаж қилиниб, унинг устига механизмларини коммутацияловчи ва шунтовчи резисторли контейнерлар ўрнатилган. Тоқ ўтказувчи қисмлар контакт системага изоляцияловчи киргичлар орқали уланган. Контактларнинг ички бўшлиқлари ва чиқариш клапанлари орқали атмосферага ҳайдалаётган сиқилган ҳавонинг икки томонлама пуфланиши натижасида камерадаги ёй сўнади. Контактлар икки тактли ҳаракат қилади: ёйни сўндириш жараёнида контактлар минимал оралиққа эга бўлиб, пуфлашнинг интенсивлиги ортади. Ёй сўнга-

нидан кейин қўзғалувчан контакт максимал оралиққа сурилиб, керакли электр мустаҳкамликни таъминлайди.

4.69- расм, а да 500 кВ кучланишга мўлжалланган ВАВ виключатели ёй сундирувчи модулининг битта узилиши схематик равишда уланган ҳолатда кўрсатилган [4-9]. Узиш электромагнети 3 ишга тушганда, узилиш содир бўлади. Клапан 5 идишдаги сиқилган



4-68- расм. ВВН-220 ҳаво виключателининг қутби:

1 — идиш; 2 — изолятор; 3 — камера юритмасининг механизми; 4 — шунтловчи резисторлар блоки; 5 — изоляцияловчи киргич; 6 — сундирувчи камера; 7 — бошқариш шкафи.

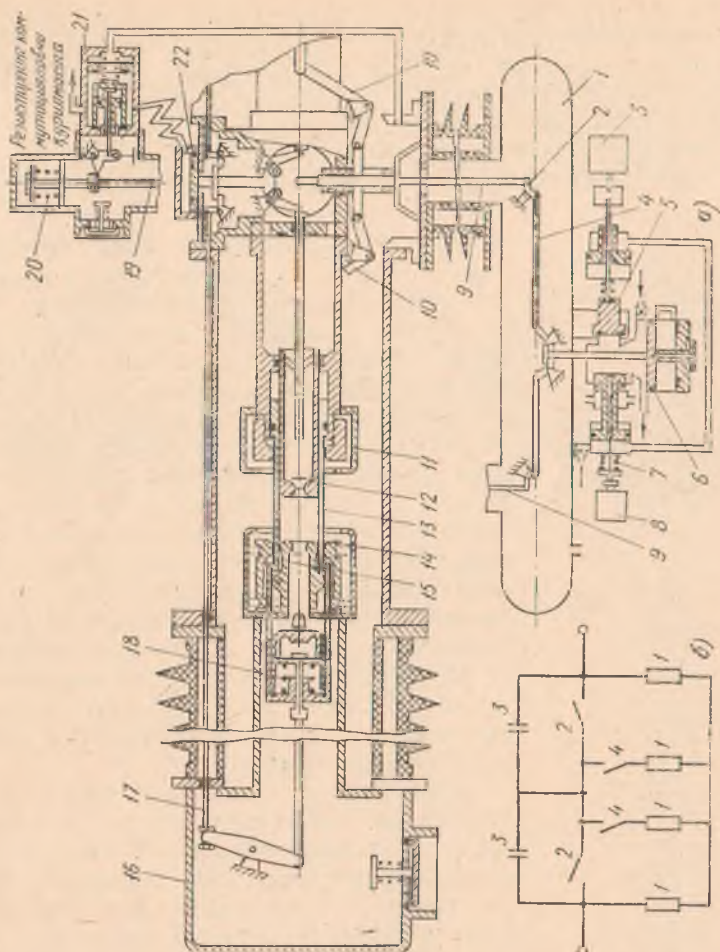
ҳавонинг поршенга ўтиш йўлини очади, поршень ўз навбатида ричаг ва тортқилар системасини суради, натижада қўзғалувчан контактлар 13 модулнинг горизонтал ўқи бўйича бир-бирига қараб ҳаракатланади. Аввал бош иш контактлари 14 узилади, сўнгра эса ёй сўндирувчилари 15 узилади. Ёй қўзғалувчан контакт 13 нинг ёйга чидамли ички сиртлари билан ёй сўндирувчи контакт ламеллари орасида ҳосил бўлади ҳамда камерадан чиқаётган сиқилган ҳаво оқими ёрдамида ҳаракатланувчан сопло 12 га пуфланади. Контактнинг ички бўшлиқлари ички чиқариш бўшлиғи 16 ва у орқали атмосфера билан боғланганлиги учун, кучли пуфлаш ҳосил бўлади ва ёй сўнади. Ёйни сўндириш тугаллангандан сўнг қўзғалувчан контакт максимал оралиққа сурилади ва электростатик экран 11 орқасига ўтади. Бир вақтнинг ўзида тортқи 9 нинг ҳаракатланишида шток 19 пастга сурилади ва туртиб чиққан жойи билан ричагга таъсир этиб, оператив клапан 21 ни очади. Поршень 22 устидаги ҳаво атмосферага чиқарилади, поршеннинг ўзи эса сурилади ва ҳаракатланувчи сопло 12 унга қадалгунча сурилиб, ҳавонинг атмосферага чиқишини тўхтатади. Чиқариш клапани 18 контакт 15 нинг тешлигини беркитганлиги учун қўзғалмас контактдан ҳавонинг чиқиши тухтайди.



Уланганда улаш электромагнети ишга тушади ва ишга тушириш клапани 7 ни очади, натижада поршень 6 нинг устки бўшлиғи атмосфера билан боғланади. Ишга тушириш пружинаси 20 таъсирида шток 19 юқорига сурилиб, поршень 6 ни дастлабки ҳолатига қайтаради, ричаглар 10 таъсирида қўзғалувчан контактлар қўзғалмас контактлар билан туташади.

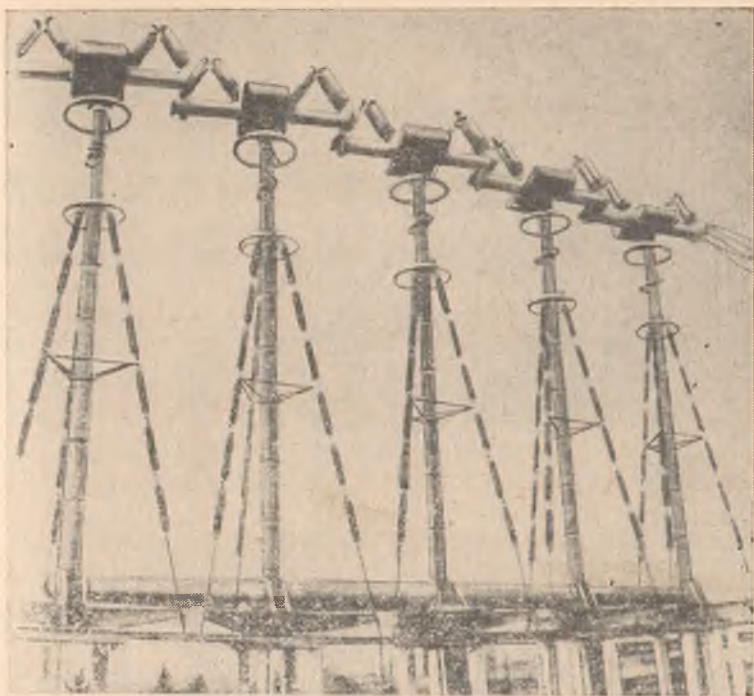
ВНВ виключателида пневмомеханик қурилманинг қўлланиши сабабли, хусусий ўчиш вақти 0,02—0,025 с гача камаяди.

Параллел уланган конденсаторлар 3 ёй сўндирувчи узилишлар орасидаги кучланишини тақсимлайди (4.69- расм, б). Зарур бўлганда (тикланувчи кучланишнинг тезлиги катта бўлганда) виключателлар шунтловчи резисторлар 1 билан таъминланади. Бу ҳолда ёй сўнганидан кейин бош занжирдаги контактлар 2 да ёрдамчи контактлар 4 сиқилган ҳаво муҳитида ўчиб, катта бўлмаган токни узади.



4-69. рasm. ВHV вклочителниvг ей сундируvчи модули:

а — шевматик cхема; 1 — ҳаволи илчи; 2 — бурчакли ричаклар; 3 — узни элек-трома шити; 4 — металл тортирлар; 5 — ушн клапан; 6 — поршень; 7 — ишга тушириш клапани; 8 — ёкиш электро-магнети; 9 — изоляцион тортиклар; 10 — қузгалувчан контактлар билан боғли-ган бурчакли ричаклар; 11 — электро-статик экран; 12 — қузгалувчан соноло; 13 — қузгалувчан контакт; 14 — бош иш контакти; 15 — ёки сундируvчи контакт; 16 — чикариш бундани; 17 — изоляцион тортик; 18 — ичкариш клапани; 19 — ишток; 20 — ишга тушируvчи пружина; 21 — эертив клапан; 22 — чикариш клапани ери тортмасини торлеи; б — электр функционал cхема; 1 — резистор-лар; 2 — бош контактлар; 3 — конде-нcаторлар; 4 — ёрдамчи контактлар.



4-70- расм. ВНВ-1150 ви́клюдатели қутбининг умумий кўриниши.

Барча чинни покришкалар сиқилган ҳаво ҳамда динамик на-
грузка таъсирдан шиша эпоксидли цилиндрлар билан озод қилин-
ган.

1150 кВ ли ВНВ ви́клюдателининг битта қутби 4-70- расмда
кўрсатилган.

Таянч изоляторларга ўрнатилган ви́клюдателлардан ташқари
модулли ВНВ сериядаги осма ви́клюдателлар ишлаб чиқилган
бўлиб, улар ОРУ майдонини анча камайтиради.

ВНВ сериядаги ви́клюдателлар 40—63 кА тоқларни узишга
мўлжалланган. Бу ви́клюдателларнинг ВВВ ви́клюдателларига
қараганда массаси ва ўлчами анча кичик.

Ҳаво ви́клюдателлари қуйидаги афзалликларга эга:

портлаш ва ёнғинга хавфсиз;
тез таъсир этиши ва тез таъсир этувчи АПВ лар ишлатиш мум-
кин;

узиш қобилияти юқори;

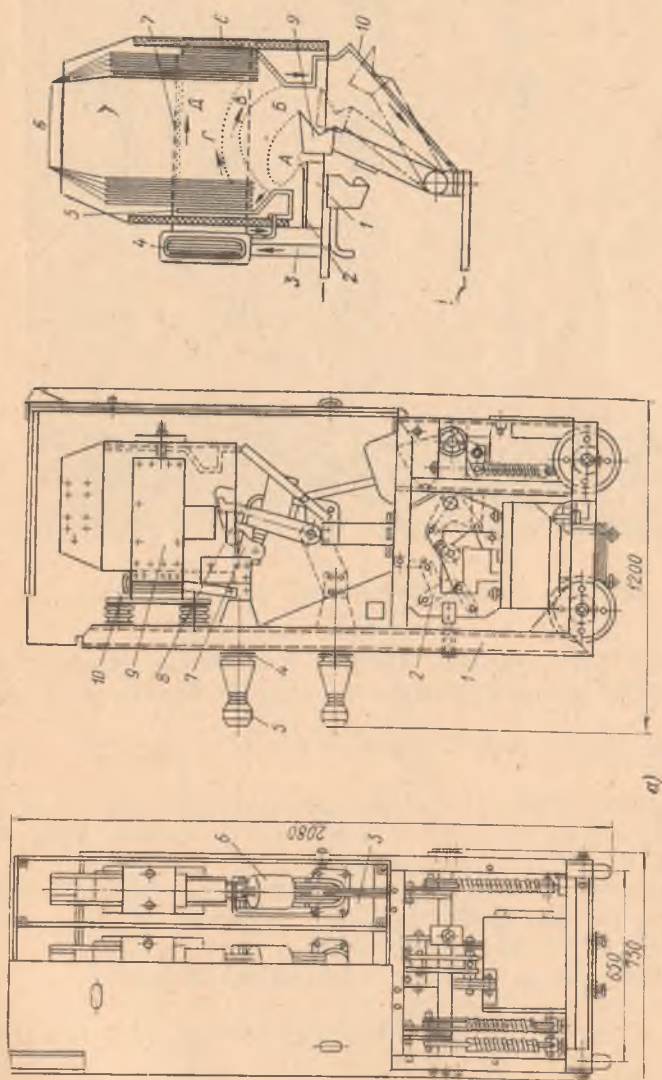
линияларнинг сигим тоқларини ишончли узиш;

ёй сўндирувчи контактларнинг кам ёйилиши;

ёй сўндирувчи камераларга қўлнинг осонгина етиши;

йирик узеллардан сериялар ҳосил қилиш мумкин;

ташқи ва ички установкалар учун яроқли.



4-71. расм. ВЭМ-6 виклоначатели:

а — умумий кўриниши; 1 — арачама рамаси; 2 — юртича; 3 — плита; 4 — фтуви изоляторлар; 5 — росткади кон-
 тактлар; 6 — поршени курияма; 7 — бош музгалмас контакт; 8 — музгалмас контакт; 9 — ёй сундирувчи камера;
 10 — магнитди пуффали галтаги; б — ёй сундирувчи курияма; 1 — музгалмас ёй сундирувчи контакт; 2 — фторопласт
 пластина; 3 — музгалмас контакта улашач галтаги; 4 — магнитди пуффали галтаги; 5 — олдиги шох; 6 — кера-
 мик пластичалар; 7 — бутб улаги; 8 — орка шох; 9 — музгалмас ёй сундирувчи контакт; 10 — орка шох и ластки
 утувчи втулка билан бириктирувчи шичача; А, Б, В, Г, Д — улаш процессида ёй-чиң қозилти.

Ҳаво виключателларининг камчиликларига қуйидагилар киреди:
компрессор установка талаб этилади;
қатор деталь ва узелларнинг конструкцияси мураккаб;
нисбатан юқори таннархга эга;
ойлашувчи ток трансформаторларини ўрнатиш қийин.

д) Электромагнит, вакуум ва синхрон виключателлар

Электромагнит виключателларида ёйни сўндириш учун мой ҳам сиқилган ҳаво ҳам ишлатилмайди, бу уларнинг бошқа типдаги виключателларга нисбатан катта афзаллиги ҳисобланади.

Бу типдаги виключателлар 6—10 кВ ли кучланишга, 3200 А гача номинал токка ва 40 кА гача узиш токига мўлжаллаб ишлаб чиқарилади.

4-71-расмда аравачага ўрнатилган ва КРУ ячейкасига мўлжалланган ВЭМ-6 виключатели кўрсатилган. Виключатель очиқ ҳавода жойлашган иш ва ёй сўндирувчи контактларга эга. Узишда номинал иш, сўнгра эса ёй сўндирувчи контактлар ажраб, улар орасида ёй ҳосил бўлади. Контурнинг электродинamik кучи ва поршенли қурилма ҳосил қилган ҳаво оқимининг таъсири остида, ёй олдиндаги ёй сўндирувчи шохга ўтади ва занжирга магнит пуфлаш ғалтагини улайди. Магнит майдон ҳосил бўлиб, у ёй токи билан ўзаро таъсирлашади ва ёй сўндирувчи камера ичида ёйни 30 м/с тезликда ҳаракатлантиради. Камера ёйга ўчидамли юқори иссиқлик ўтказувчи керамикадан тайёрланган. Юқорига ҳаракатланганда ёй чўлишиб, камеранинг айланма (лабидинт) тирқишларига тушади. Камеранинг деворларига тегиб ёй совийди ва 0,01—0,02 с дан сўнг сўнади.

Бундай виключателларнинг афзалликлари қуйидагилар:
портлаш ва ёнғинга тўла хавфсиз;

ёй сўндирувчи контактларнинг ёйилиши кичик (тажрибалар узинининг номинал токи 40 кА ли ВЭМ-6 камералари ва контактлари катталиги 34 кА гача бўлган токларни ревизиясиз ва ремонтсиз 40 мартагача узишга бардош бера олишини кўрсатди);

тез такрорланадиган улаш ва узиш шароитида ишлаш учун яроқли (ток нагрузкасини кўп марта узишга синаш шуни кўрсатдики, 100 А токни 1000 марта узгандан сўнг ёй сўндирувчи камера ва контактларда деярли ёйилиш излари сезилмайди ва ревизия ҳамда ремонт қилишни талаб этмайди;

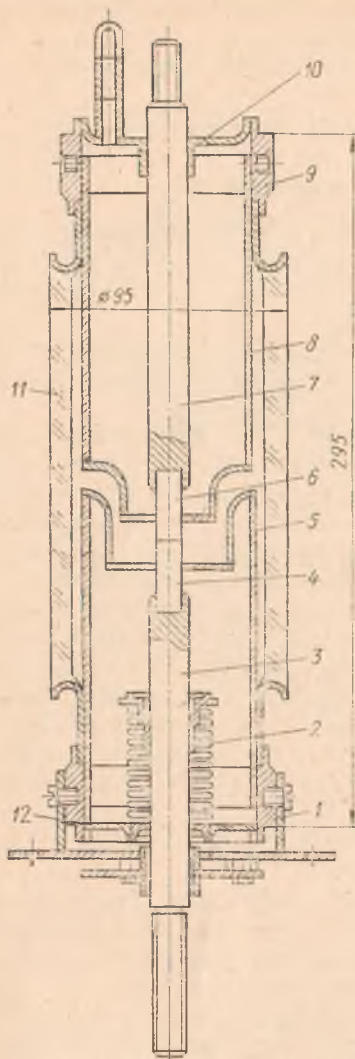
нисбатан юқори узиш қобилиятига эга.

Электромагнит виключателларининг камчилиги;
магнитли пуфлаш системаси бўлган ёй сўндиргич конструкциясининг мураккаблиги;

номинал кучланишнинг юқориги чегарасининг чекланганлиги (15—20 кВ дан ортқ эмас);

ташқи установкалар учун қўлланиши чекланган.

Ва к у м в и к л ю ч а т е л л а р. Маълумки, вакуум оралиқнинг электр мустаҳкамлиги атмосфера босимидаги ҳаво оралиқ



4-72- расм. Вакуум виключатели-
нинг ёй сўндириш қурилмаси:

1, 9 — пўлат втулкалар; 2 — сиффон;
3 — қўзғалувчан контакт; 4, 6 — вольф-
рам учликлар; 8 — металл тусиқ (эк-
ран) лар; 7 — қўзғалмас контакт; 10, 12 —
пўлат фланецлар; 11 — шиша баллон.

фига нисбатан бир неча марта катта. Бу хусусиятдан вакуум ёй сўндирувчи камералар КДВ да (4-72- расм) фойдаланилади. Контактлар бир-бирдан ажраганда уларнинг контакт юзалари тез камаяди, шунинг учун тегиб турган нуқтада ундан ўтаётган ток ҳисобига температура кескин кўтарилиб, эриган металлдан кўприкча ҳосил бўлади. Бу кўприкча жуда қисқа вақт ичида қизийди ва буғланади. Металл буғлари муҳитида ёй ёнади. Кучли вакуум остида зарядланган заррачалар атрофдаги бўшлиққа тез диффузияланади. Ток холдан ўтишида ёй сўнади. Тахминан 10 мкс дан сўнг контактлар орасидаги вакуумнинг мустаҳкамлиги тикланади. Металл буғлари камеранинг шиша корпусини ифлосланишдан сақловчи пўлат экранлар 5 ва 8 га ўтиради. Контактларнинг буғланишини камайтириш учун қийин эрийдиган металлдан тайёрланган контакт учликлар қўлланилади. КДВ-5 камераси (4-72- расм) цилиндрик шиша корпусга эга бўлиб, унинг ичига юқориги фланец 10 орқали қўзғалмас контакт киради, пастки фланец билан сиффон зичлагич орқали эса қўзғалувчан контакт киради. Қўзғалувчан контакт 4 мм гача сўрилади. Камерадан ҳаво юқориги фланецга пайвандланган ниппель орқали чиқарилади. Камерадаги босим 10^{-4} Па. Камеранинг ҳамма қисмларини вакуумли — зич чоклар билан бириктирилади. Узишдаги контактларнинг буғланиши ҳисобига вакуум пасаяди, бироқ контактлар қийин эрувчи металлдан

тайёрланса, у ҳолда камера катта узиш миқдорларига чидайти. 10 кВ кучлишили кўриляётган камера 600 А ли токни 500 мартадан кўп узади, 200 А ли токни эса 30000 мартагача узади. Ток бўлмаганда камера вакуумни бузмасдан 100 000 операцияга чидайти. Камеранинг энг катта узиш токи 1000 А, синаладиган кучлиши

42 кВ. Узиладиган ток нисбатан кичик бўлганлиги учун вакуум виключателларни қисқа туташув токини узиш учун ишлатиб бўлмайди. Улар сиғим тоқларини узиш учун қўлланилади, (юқори кучланишли юксиз линиялар, конденсаторлар батареялари). Юқори кучланишли виключателлар яратиш учун бир неча ёй сўндирувчи камералар кетма-кет уланади. Узиладиган токни кўпайтириш учун ҳам магнитли пуфлаш қўлланилиб, у ёйнинг контактлар сирти бўйича тез айланишига олиб келади.

Вакуум ёй сўндирувчи камералар КДВ-12 ва КДВ-21 асосида ёй печларини коммутациялаш учун РМВАК-10 320 нагрузка виключателлари ва 10 кВ га ҳамда 320 А га мўлжалланган конденсатор батареяларини улаш ва узиш учун ВНВ-10 320 нагрузка виключателлари яратилган.

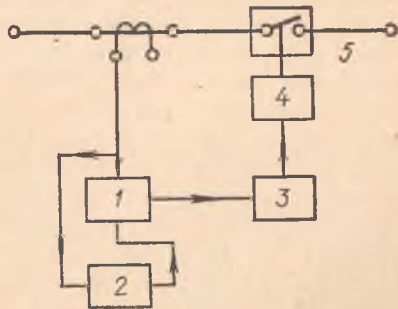
ВНВ-10/320 виключатели комплект тақсимлаш қурилмасининг ячейкаларида қўлланилади ва у юрадиган аравачага монтаж қилинади. Бундай виключатель 2000 А ли узиш токига мўлжалланган. Ёй сўндирувчи камерани иш токи ўтадиган бош контактлар билан шунтлаш, вакуум виключателлардаги номинал токни кўпайтириш имконини беради. Бу ҳолда ёй сўндирувчи камера занжирга фақат улаш ва узиш операцияларидагина уланади.

Дунё практикасида нагрузканинг вакуум виключателлари 500 кВ ва ундан кичик кучланишли установакаларида қўлланилади.

Вакуум виключателларининг камчилиги бўлиб, унча катта бўлмаган тоқларни узиши ва кичик индуктив тоқларни узишда коммутацион ўта кучланиш ҳосил бўлишининг имконлиги (бунда камерада ёйнинг ўчиши ток табиий холдан ўтганида шундай бўлади).

Синхрон виключателлар токни ноль орқали бевосита ўтиш олдидан контактларни узишга асосланган. Юқорида кўрсатилганидек, бу ҳолда ёйни сўндириш анча осонлашади, чунки ёйда ажрайдиган энергия анча камаяди. Бундай виключателларни яратишнинг асосий мураккаблиги жуда аниқ синхронловчи қурилманинг талаб этилишидир, у контактларни ажратиш учун ток ноль орқали ўтишидан 0,0001—0,0002 с олдин импульс бериши керак.

Синхрон виключателнинг блок-схемаси 4-73- расмда кўрсатилган. Синхронловчи қурилма 1 реле муҳофазаси 2 ишга тушганидан сўнг, узиш учун блок 3 га импульс беради. Узувчи импульс виключател 5 нинг қўзғалувчан контакти билан бевосита боғланган юритма 4 га узатилади. Юритманинг бевосита кочтаклар билан боғлиқлиги контактларнинг тез ажраш имкониятини беради, бироқ, юритмани изоляциялашни талаб этади, чунки у юқори потенциал остида бўлади.



4-73- расм. Синхрон виключателнинг функционал схемаси.

Айрим конструкцияларда контактларнинг тез ажраши порохли патроннинг портлаши билан таъминланади, бошқаларида синхронловчи қурилма вакуум виключатель билан биргаликда қўлланилади.

Токнинг ноль орқали биринчи марта ўтишигача занжирни узиш, энергосистемаларнинг динамик турғунлигини оширади, чунки қисқа туташув тоқларининг ўтиш вақти кичик бўлиб, тез узиш ҳисобига шикастлаш камаяди. Синхрон виключатели контактларининг ишлаш вақти ортади, чунки улар катта тоқларни узмайди. Бу виключателларнинг узиш қобилияти анча катта бўлиши мумкин.

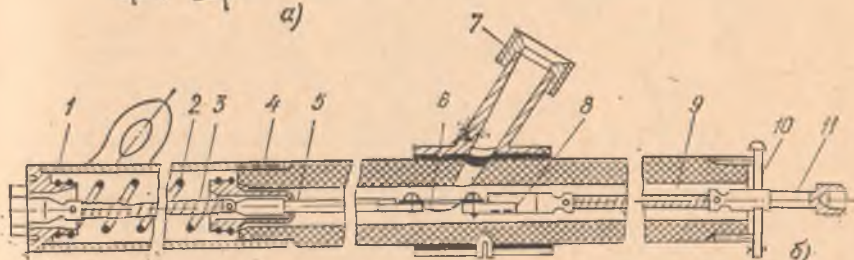
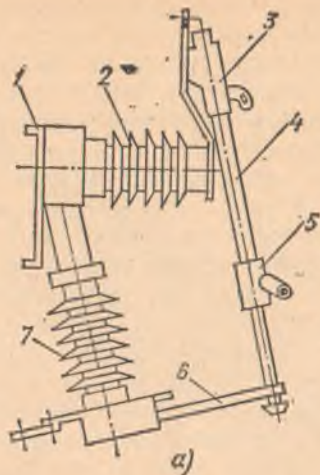
Дунё практикасида 500 кВ кучланишгача ва узиш қуввати 25000 МВ · А ли ҳаво синхрон виключателлари мавжуд.

е) Автоматик газ (автогаз) виключателлари

Автогаз виключателларида ёйни сўндириш учун ёй сўндирувчи камеранинг газ ишлаб чиқарувчи қаттиқ материалдан ажраётган газ қўлланилади. Шаҳар ва саноат корхоналарини электр билан таъминлаш системаларида, органик шишадан тайёрланган вкладиш (қўйилма) га эга бўлган оддий ёй сўндирувчи камерали 6—10 кВ га мўлжалланган ВН-16, ВН-17 нағрузка виключателлари кенг қўлланилади. Бироқ бу виключателлар динамик турғунлик тоқига тенг қ. т. тоқига уланиши мумкин эмас ва номинал токни нисбатан кам марта узишга йўл қўяди. Уларнинг ўрнига 80 кА ли қ. т. тоқи (амплитуда миқдори) ни улаш имконига эга бўлган, $\varphi = 0,7$ бўлганда чегара тоқи 1000А, кучланиши 6—10 кВ, ток кучи 630 А ли ВНТЭМ-10-630 виключатели ишлаб чиқилган. Бу виключатель магнит пуфловчи тирқишли камерага эга. Ток узилганда фибрадан тайёрланган қистирмалар ҳосил қилган тирқишли камерага ёй тортилади. Фибрадан чиқаётган газ юқори босим ҳосил қилади ва ёй сўнади. Бундай виключатель ремонтсиз ва алмаштирилмасдан 500 та ВО операциясини бажаради.

ПСН-35 сақлагичи асосида УПС-35У1 автогаз виключател [4-10] яратилган. 4-74- расм, а да қутблардан бирининг умумий кўриниши кўрсатилган. Таянч изолятори 2 ичига контакт система ва эрувчан қўйма жойлаштирилган газ генерацияловчи (газ чиқарувчи) трубкали патрон маҳкамланган. Узиш сигнали берилиши билан пружинали юритма ишга тушиб, учала қутб учун умумий бўлган вал изолятор — турткилар 50—60 мм пастга суради. Бунда куч пичоқ 6 орқали патрон 9 нинг ток ўтказувчи боғламлари ва контакт система 8 га узатилади (4-74- расм, б). Контакт система энгил алюминий парчин мих (заклёпка) ларга эга, булар контактларни ёқилган ҳолатда ушлаб туради. Пичоқ 6 ҳаракатидан ҳосил бўлган куч парчин михларни қирқиш учун етарли. Эластик боғламлар озод бўлади ҳамда пичоқлар 6 таянчга тақалгунча бурилади ва бу билан боғламларни ташқарига чиқаради. Ҳосил бўладиган электр ёй бўйлама-кўндаланг газли пуфлаш билан сўндирилади.

Эрувчан қўйма эриганда виключатель ПСН сақлагичи (4.5- §, в га қаранг) сингари ишлайди.



4-74- расм. УПС-34VI автогазлы виключатель.

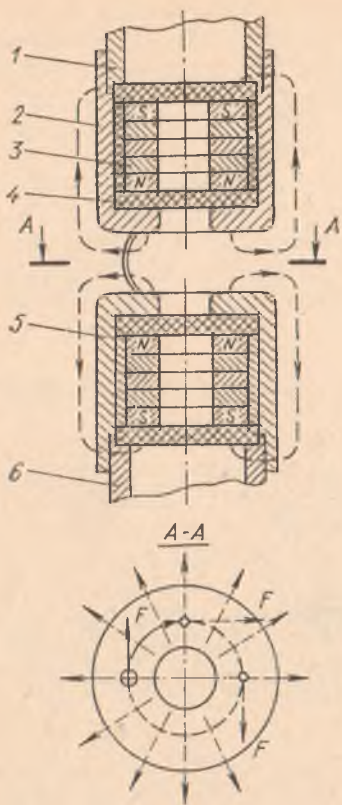
а — умумий кўриниши: 1 — кавшарланган рама; 2 — таянч изолятор; 3 — металл труба; 4 — газ генерацияловчи винилпласт труба; 5 — кўндаланг пуфлаш патрубкали корпус; 6 — контакт гилчок; 7 — изолятор-турткич; б — «латрон — эрувчан қуйма» кўринишида тайёрланган УПС-35VI патрони: 1 — металл труба; 2 — тортувчи пружина; 3 — эластик трос; 4 — газ генерацияловчи трубка; 5 — стержень; 6 — эрувчан қуйма; 7 — пуфлаш патрубка-си; 8 — контакт система; 9 — эластик ток утказувчи боғлама; 10 — стопор винт; 11 — ёй-симон учлик.

Виключателни ишга тушириш учун эрувчан қуйма ва контакт системани алмаштириш зарур.

Кўриб ўтилган виключатель қуввати 6300 кВ · А ва ундан кичик бўлган 35/6 = 10 трансформаторли КТПнинг очиқ қисмига ўрнатиш учун қўлланилади. У 50—130 А номинал токка ҳисобланган, узиш токи 1,6—2 кА.

ж) Элегазлы виключателлар

Элегаз (SF_6) юқори ёй сўндириш хоссаларига эга бўлиб, улар юқори кучланишли турли аппаратларда қўлланилади. 4.6- §, 2 да элегазлы узгич ва қисқа туташтиргичнинг конструкциялари кўрилган эди. Э л е г а з л и н а г р у з к а в и к л ю ч а т е л л а р и конструкцияси бўйича кўпроқ узгични эслатади. Бироқ, уларда токни муваффақиятли узиш учун ёйни элегазда айланттирувчи қурилма кўзда тутилган (4-75- расм). Қўзғалувчан ва қўзғалмас контактларга ферритдан тайёрланган ўзгармас магнитлар ўрна-



4-75- расм. Элегазли нагрузка виключателининг контакт системаси:

1 — қўзғалмас контактниң трубасимон ток ўтказувчиси; 2 — қўзғалмас контакт корпуси; 3 — доимий магнитлар; 4 — ёй таъсирига чидамли изоляцион шайба; 5 — қўзғалувчан контакт корпуси; 6 — қўзғалувчан контактниң трубасимон ток ўтказувчиси.

ралар 1 таянч изолятор 4 га ўрнатилган механизм 2 корпусига бириктирилади. Ички бўшлиғи орқали тегишли камераниң қўзғалувчан контактини бошқарувчи ричағли механизмлари 3 билан боғланган учта изоляцион тортқилар 5 ўтади. Штанга 5 нинг пастки учи сильфон зичлагич 6 ичидан ўтадиган шток ёрдамида тегишли йўналишдаги ричағли механизм 7 билан боғланган.

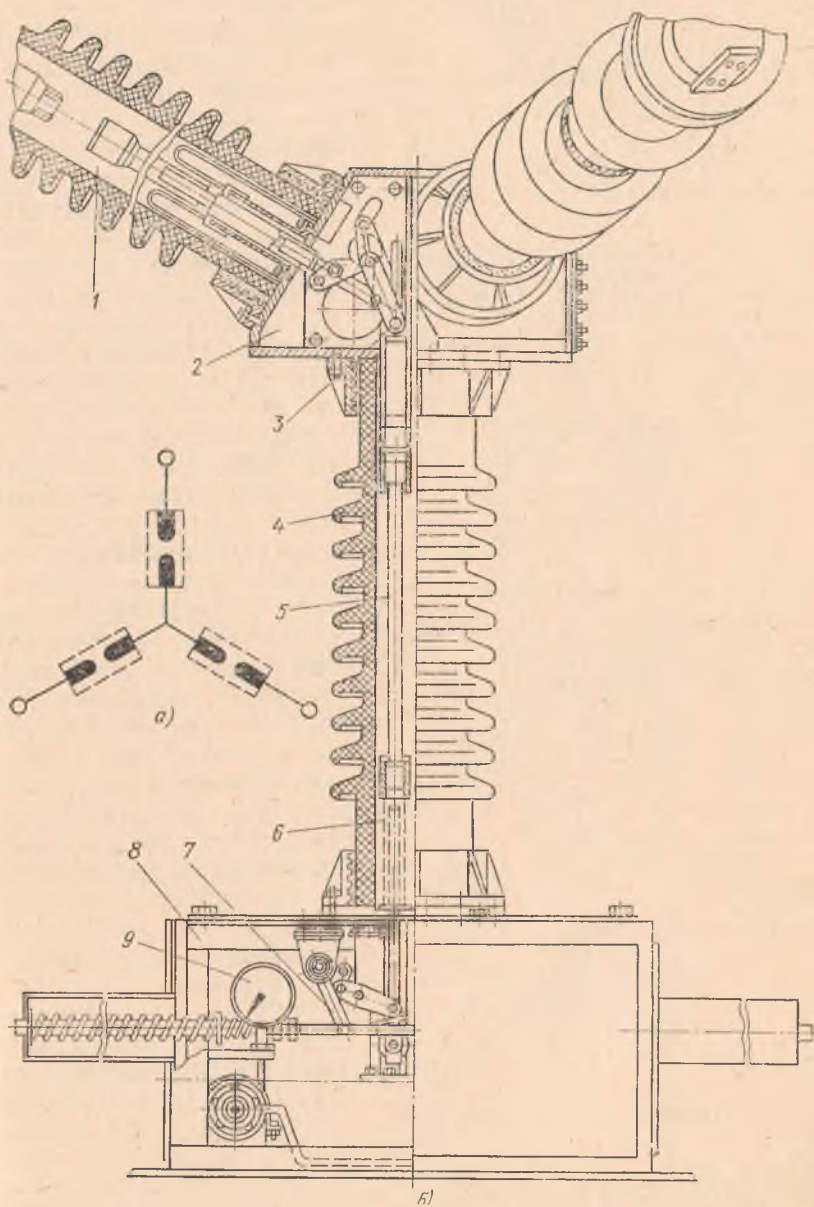
Ҳамма йўналишдаги юритманиң механизмлари қути 8 да туради ва юритма билан пўлат трубалар орқали уланган. Элегаз босими электроконтакт манометр 9 билан контрол қилинади.

Элегазли виключателлар фақат нагрузка токини узибгина қолмай, балки қ. т. токини ҳам узади, ёй автогазли пуфлаш камера-

тилган, булар қарама-қарши йўналган магнит майдони ҳосил қилади. Контактлар узилганда ёй ҳосил бўлиб, унинг токи радиал магнит майдон билан ўзаро таъсирлашади ва натижада ёйни айлана электродлар бўйича ҳаракатлантурувчи F куч ҳосил бўлади. Ёйнинг элегазга айланиши унинг тез сўнишига ёрдам беради. Узиладиган ток қанча катта бўлса, ёйнинг айланиш тезлиги ҳам шунча катта бўлади, бу контактларни куйишдан сақлайди. Баён этилган конструкциянинг контакт системаси элегаз билан тўлдирилиб, герметик ёпилган чинни корпус ичига жойланади. Камера ичидаги босим 0,3 МПа. Мумкин бўлган силқишлар содир бўлганда сиқилган элегаз баллонидан тўлдириб турилади.

СССРда элегазли нагрузка виключателлариниң 35, 110, 220 кВ га мўлжалланган конструкциялари ишлаб чиқилган. 35 ва 110 кВ ли виключателлар ҳар қутбига биттадан камерага, 220 кВ ли виключателлар эса иккитадан камерага эга. Бундан ташқари, икки ва уч йўналишга мўлжалланган виключателлар конструкцияси ишлаб чиқилган. Бундай аппарат икки ёки уч виключателниң ўрнини босади, бу уларни подстанцияларга ўрнатганда анча тежамкорликка олиб келади.

Уч йўналишга мўлжалланган нагрузка виключателиниң (ВНЭШ-110) конструкцияси 4-76- расмда кўрсатилган. Ёй сўндирувчи камера

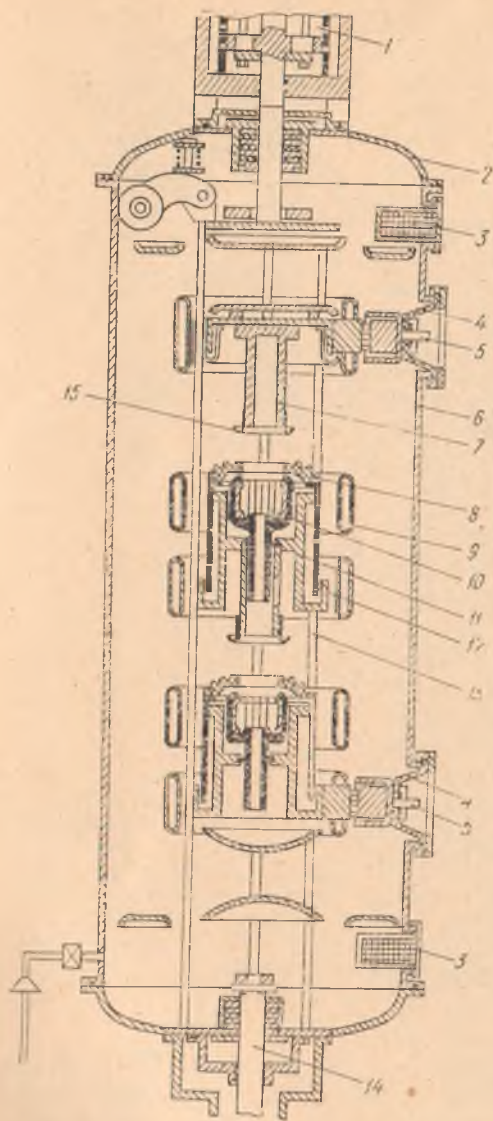


4-76- расм. Уч йўналишдаги элегазли нагрузка виключатели.

сида ўчирилади. Бундай виключателларда элегаз босими 0,5—2 МПа бўлиши керак.

4-77- расмда КРУЭ-110 да қўлланиладиган 110 кВ га мўлжалланган элегазли виключатель қутбини кесими кўрсатилган (6-2- § га қаранг). Виключательнинг қутби 800 л сифимли, магнит хоссасига эга бўлмаган пўлатдан тайёрланган герметик идиш 6 дан иборат бўлиб, унда иккита ажрашли автопневматик ёй сундирувчи қурилма жойлашган. Корпусдаги элегазнинг энг катта босими 0,5 МПа га тенг. Қўзғалмас қисмлар (расмда штрих-лаб кўрсатилган) изоляцион штанга 13 га, қўзғалувчан қисмлар (расмда қорага бўялган) пневматик юритма 14 штоги билан боғланган изоляцион тортқига маҳкамланган. Виключательнинг киргичлари эпоксидли ўтувчи изоляторлар 4 дан қилинган. Ток ўтказувчи стержень 5 бир томондан виключательнинг контактлари билан тутшиб, иккинчи томондан эса КРУЭнинг ячейкаси элементлари билан бирикади.

4-77- расмда виключатель узилган ҳолатда кўрсатилган. Уланганда шток 14 ва изоляцион тортқи цилиндрлар 12 ва у билан электр ҳамда механик боғланган розеткали контактлар 10, шунингдек, фторопласт сопо 8 ни юқорига суради. Розеткали контакт трубасимон кон-



4-77- расм. 110 кВ ли элегазли виключатель қутби:

1 — буфер; 2 — туби; 3 — филтр; 4 — эпоксид изолятор; 5 — киргич контакти; 6 — идиш; 7 — қўзғалмас контакт; 8 — сопо; 9 — экран (тўсиқ); 10 — розеткали (қўзғалувчан) контакт; 11 — поршень (қўзғалмас); 12 — қўзғалувчан цилиндр; 13 — изоляцион штанга; 14 — пневматик юритма штоги; 15 — қўзғалмас контакт экрани.

такт 7га кийилиб, занжир токини улайди. Қўзғалмас контакт экрани 15 камеранинг қўзғалувчан элементлари билан боғланган ва уланганда юқорига сурилиб контакт 7 ни бўшатади.

Узганда юритма қўзғалувчан системани пастга суриб, қўзғалмас поршень 11 ва сопло 8 орасида элегаз сиқилади. Контактлар узилиши билан трубасимон контактлар орқали пуфлаш содир бўлади, қўзғалувчан системанинг сурилиши давом этганда эса сопло 8 дан трубасимон контактлар чиққанда ҳосил бўладиган элегазнинг кучли оқими ёйни сундиради.

Ёйни сундиришда элегазнинг парчаланишидан оз миқдорда ҳосил бўлган маҳсулотлар махсус фильтрлар 3 орқали ютилади (ҳар қутбада 4 дона).

Бундай виключатель 1250 А номинал токка ҳисобланган узиш токи 31,5 кА, хусусий узиш вақти 0,06 с ни ташкил этади.

Ҳаво виключателлари сингари юқорироқ кучланишга мўлжалланган элегазли виключателларни модуль принципида ҳосил қилиш мумкин.

Элегазли виключателларнинг афзаллиги бўлиб, ёнғин ва портлашга хавфсизлиги, тез ишга тушиши ҳамда узиш қобилиятининг юқорилиги ҳисобланади. Элегазли виключателлар ва бошқа аппаратлар катта истиқболга эга.

з) Виключателларни танлаш

Виключателлар ҳақидаги умумий маълумотларда уларни ГОСТ 687-70 бўйича характерловчи параметрлари кўриб ўтилган. Виключателларни танлашда уларнинг 12 та параметрларини ҳисобга олиш лозим, бироқ ишлаб чиқарувчи заводлар томонидан параметрларнинг айрим боғланиши гарантияланганлиги сабабли, масалан,

$$I_{ул, ном} \geq I_{уз, ном}; i_{ул, ном} \geq 1,8 \sqrt{2} I_{уз, ном}$$

виключателларни муҳим параметрлари бўйича танлашга руҳсат этилади:

установканинг кучланиши бўйича:

$$U_{уст} \leq U_{ном};$$

узоқ таъсир этувчи ток бўйича:

$$I_{норм} \leq I_{ном}; I_{тах} \leq I_{ном};$$

узиш қобилияти бўйича.

Биринчи навбатда қуйидаги шартга асосан симметрик узиш токи бўйича текширилади:

$$I_{п,т} \leq I_{уз, ном}$$

Сўнгра қ.т. аperiодик ташкил этувчисининг узилиш эҳтимоли текширилади

$$i_{а,т} \leq i_{а, ном} = \sqrt{2} \beta_{ном} I_{уз, ном}$$

бунда $i_{a, \text{ном}}$ узилаётган токнинг τ вақтдаги аперидик ташкил этувчисининг рухсат этилган номинал қиймати; $\beta_{\text{юм}}$ — узилаётган токдаги аперидик ташкил этувчининг нисбий қисми номинал қиймати (каталогдан ёки 4-49-расмдан); $i_{a, \tau}$ — контактларнинг ажраш моменти τ даги қ.т. токнинг аперидик ташкил этувчиси; τ қ.т. бошланишидан ёй сўндирувчи контактларнинг ажраш моментигача бўлган энг қисқа вақт:

$$\tau = t_{a, \text{min}} + t_{c, \text{в}},$$

бунда $t_{a, \text{min}} = 0,01$ с — релели муҳофазанинг минимал таъсир этиш вақти; $t_{c, \text{в}}$ — виключателнинг хусусий узиш вақти.

Агар $I_{п, \tau} \leq I_{уз, \text{ном}}$ шарт бажарилиб, $i_{a, \tau} > i_{a, \text{ном}}$ бўлса, у ҳолда қ.т. нинг тўлиқ токи бўйича узиш қобилиятини текшириш мумкин:

$$(\sqrt{2}I_{п, \tau} + i_{a, \tau}) \leq \sqrt{2}I_{уз, \text{ном}} (1 + \beta_{\text{юм}}).$$

Виключатель э л е к т р о д и н а м и к т у р г у н л и к к а қ. т. нинг чегара паррон ўтиш токи бўйича текширилади:

$$I_{п, o} \leq I_{пр, c}, \quad i_y \leq i_{пр, c},$$

бунда $I_{пр, c}$ — қ.т. нинг чегара паррон ўтиш токнинг таъсир этувчи қиймати (каталог бўйича олинади); $i_{пр, c}$ — қ.т. нинг чегара паррон ўтиш токнинг амплитуда қиймати (каталог бўйича олинади); $I_{п, o}$ — виключатель занжиридаги қ.т. токнинг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати; i_y — виключатель занжиридаги қ.т. нинг зарбий токи.

Виключатель термик турғунликка иссиқлик импульси бўйича текширилади:

$$B_k \leq I_T^2 t_T,$$

бунда B_k — ҳисоб бўйича иссиқлик импульси; I_T — термик турғунликнинг каталог бўйича чегара токи; t_T — термик турғунлик токининг ўтиш давомийлиги, с.

Виключателларни одатда тикланувчи кучланиш параметрлари бўйича текширилмайди, чунки кўпчилик энергосистемаларда виключатель контактларидаги кучланишнинг реал тикланиш шароитлари виключателни синаш шароитларига мос келади. Бундан ташқари, ГОСТ 687—70 га мос келувчи 110 кВ ва ундан юқори кучланишли виключателлар узоқ бўлмаган масофадаги қ. т. ни (номинал узиш токидан ортмайдиган ток билан) узиш имконини беради, бу вақтда тикланувчи кучланиш қийин бўлган шароитлар кузатилади.

Агар виключателни тикланувчи кучланишнинг тезлигига текшириш лозим бўлса, у ҳолда электроустановканинг параметрлари: линияларнинг тўлқин қаршилиги, трансформаторлар, шиналар, аппаратлар ва ҳоказоларнинг сигимини билган ҳолда тегишли

ҳисоблашларни бажариш ҳамда виключателни қуйидаги шарт бўйича текшириш лозим [3-4, 495-бет]:

$$v = \frac{du_{\text{ТНК}}}{dt} < v_{\text{рух.эт.}}$$

бунда v — тикланувчи кучланишнинг тезлиги; $v_{\text{рух.эт}}$ — каталог бўйича рухсат этилган тезлик.

4.6-мисол. **Топшириқ.** 10,5 кВ ли шинада ишловчи ТВФ-60-2 генераторнинг занжиридаги виключатель $B1$ ва ажраткич $P1$; ТВФ-100-2 генераторли блокнинг занжиридаги виключатель $B2$ ва ажраткич $P2$ (4-78-расм) танлансин. Қисқа туташув тоқларининг ҳисобланган натижалари 3.1,3.3 ва 3.4-мисоллардан олинсин.

Ечиш. $B1$ ва $P1$ ни танлаш. Генератор занжиридаги давомий режимнинг ҳисобланган тоқини (4.1), (4.2) бўйича аниқлаймиз:

$$i_{\text{норм}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos\varphi_{\text{ном}}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 4129 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cos\varphi_{\text{ном}}} = \frac{60 \cdot 10^3}{3 \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 4350 \text{ А}.$$

Қисқа туташув тоқларини ҳисоблашда, генераторнинг занжири III ҳисоблаш зонасига тегишли эканини назарда тутиб (3.9- § га қараи), 3-1, 3-3, 3-4- мисолларда ҳисобланган маълумотлардаги тоқларни оламиз:

$$I_{\text{н.о}} = 32,35 \text{ кА}; \quad i_y = 87,26 \text{ кА}; \quad I_{\text{н.т}} = 31,61 \text{ кА}; \quad i_{\text{а.т}} = 15,51 \text{ кА}.$$

02.01.02-76 каталогдан МГГ-10-5000-45УЗ типдаги кам мойли виключатель (мойли, генераторли тувакчали, 10 кВ, 5000 А, номинал узиш тоқи 45 кА, ўртача иқлим ва ёпиқ установка учун) танлаймиз. РВК-10-5000, $i_{\text{пр.с}} = 200$ кА; $I_{\text{т}} = 70$ кА, $t_{\text{т}} = 10$ с ли ажраткич тандаймиз.

Каталогдан олинган маълумотлар 4.7- жадвалда келтирилган.

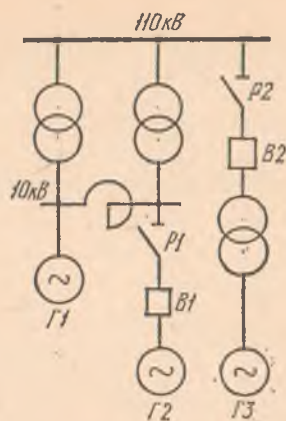
$B2$ $P2$ ни танлаш. Генератор-трансформатор блокнинг занжиридаги давомий режимнинг ҳисобланган тоқи ТВФ-100=2 (118 МВ.А) генераторнинг энг катта электр қувватидан аниқланади:

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{max}} = \frac{118 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 620 \text{ А}.$$

Қ. т. нинг ҳисобланган тоқлари, ВН томонидаги ҳамма занжирлар I ҳисоблаш зонасига тегишли эканини назарда тутиб, 3-1, 3-3, 3-4- мисолларда ҳисобланган маълумотлардан олинади, яъни ВН шиналардаги қ. т. тоқининг йиғиндиси бўйича олинади:

$$I_{\text{н.о}} = 14,18 \text{ кА}; \quad i_y = 34,56 \text{ кА}; \quad I_{\text{н.т}} = 13,67 \text{ кА}; \quad i_{\text{а.т}} = 5,11 \text{ кА};$$

$$B_k = 64,34 \text{ кА}^2 \text{ с}.$$



4-78- расм. 4-6- мисолга оид содалаштирилган схема.

Ҳисоблаш ва каталог маълумотлари

Ҳисоблаш маълумотлари	Каталог маълумотлари	
	МГГ - 10=5000 - 15УЗ виқлючатели	РВК - 10 - 5000 ажраткичи
$U_{уст} = 10,5 \text{ кВ}$ $I_{норм} = 4129 \text{ А}$ $I_{max} = 4350 \text{ А}$ $I_{п,т} = 31,63 \text{ кА}$ $i_{a,т} = 15,51 \text{ кА}$ $\sqrt{2} I_{п,т} + i_{a,т} = \sqrt{2} \cdot 31,63 + 15,51 = 60,1 \text{ кА}$ $I_{п,о} = 32,36 \text{ кА}$ $i_y = 87,26 \text{ кА}$ $B_k = 4382 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 5000 \text{ А}$ $I_{уз,ном} = 45 \text{ кА}$ $i_{a,ном} = \sqrt{2} \beta_{ном} I_{уз,ном} = \sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 45 = 6,34 \text{ кА}$ $\sqrt{2} I_{уз,ном} (1 + \beta_{ном}) = \sqrt{2} \cdot 45(1 + 0,1) = 69,8 \text{ кА}$ $I_{пр,с} = 45 \text{ кА}$ $i_{пр,с} = 120 \text{ кА}$ $I_T^2 t_T = 45^2 \cdot 4 = 8100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 5000 \text{ А}$ $i_{пр,с} = 200 \text{ кА}$ $I_T t_T = 70^2 \cdot 10 = 49000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Э с л а т м а: 1. Виключатель аperiodик токни узиш шарти бўйича ярамайди, бунда й холда ГОСТ 687 - 70 га мувофиқ қ. т. нинг тўла токи бўйича текширишга рухсат берилади.
 2. $\beta_{ном}$ катталиқ 4-49- расмдаги эгри чизиқдан $\tau = 0,01 + 0,12 = 0,13$ с учун аниқланган.
 3. Виключательга ПЭ - 21 АУЗ типдаги юритма олинган.
 4. Ажраткичга ПЧ - 50 типдаги юритма олинган.

4-8- жадвал

Ҳисоблаш ва каталог маълумотлари

Ҳисоблаш маълумотлари	Каталог маълумотлари	
	У - 110 - 2000 - 4034 виқлючатели	РНДЗ - 1 - 110 1000 У1 ажраткичи
$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$ $I_{max} = 620 \text{ А}$ $I_{п,т} = 13,67 \text{ кА}$ $i_{a,т} = 5,12 \text{ кА}$ $I_{п,о} = 14,18 \text{ кА}$ $i_y = 34,56 \text{ кА}$ $B_k = 4382 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 2000 \text{ А}$ $I_{уз,ном} = 40 \text{ кА}$ $i_{a,ном} = \sqrt{2} \beta_{ном} I_{уз,ном} = \sqrt{2} \cdot 0,20 \cdot 40 = 11,3 \text{ кА}$ $I_{пр,с} = 40 \text{ кА}$ $i_{пр,с} = 102 \text{ кА}$ $I_T^2 t_T = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ $i_{пр,с} = 80 \text{ кА}$ $I_T t_T = 31,5^2 \cdot 3 = 3000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Э с л а т м а: $\beta_{ном}$ катталиқ 4-19- расмдаги эгри чизиқдан $\tau = 0,01 + 0,05 = 0,07$ с уч ун аниқланган.

Каталог 02.01.38 = 76 бўйича мойли бакли виқлючатель У - 110 - 2000 - 40 - VI (серияси «Урал», 110 кВ, 2000 А, узиш токи 40

кА, ўртача иқлим, ташқи установка учун) ни танлаймиз. Виключатель юритмаси пневматик ШПВ-46П. Ҳамма ҳисоблаш ва каталог маълумотлари 4.8- жадвалда келтирилган.

Каталог 02.06.35 = 75 бўйича РНД(З) = 110/1000 = VI типдаги ажраткич (ташқи установка учун, ерга туташтирувчи пичоқли икки колонкали 110 кВ, 1000 А ли ажраткич) ни танлаймиз. Юритма тип ПД-1 (ёки ПРН-220 М).

и) Виключателларнинг юритмалари

Виключателнинг юритмаси улаш операциясини бажариши, уланган ҳолатда тутиб туриши ва виключателни узиши учун хизмат қилади.

Юритма — бу махсус қурилма бўлиб, юқорида келтирилган операцияларни амалга ошириш учун керакли куч ҳосил қилади. Айрим викключателларда юритма конструктив равишда унинг контакт системаси билан бир бутун боғланган бўлади (ҳаво викключателларида).

Юритманинг асосий қисмлари қуйидагилар: уловчи механизм, викключателни уланган ҳолатда ушлаб турувчи, қулфловчи механизм (зашчёлка, собачка), узилганда зашчёлкани озод қилувчи ажратувчи механизм.

Мавжуд викключателлар конструкцияларидаги юритма улаш пайтида энг кўп иш бажаради, чунки бу операцияда қўзғалувчан контактларнинг ўз массаси, узувчи пружиналар қаршилиги, ҳаракатланувчи қисмлардаги инерция кучи ва ишқаланиш енгиледи. Юритма механизми бундан ташқари, улашда қ. т. мавжуд бўлса контактларни бир-биридан итарувчи электродинамик кучларни ҳам енгиши керак.

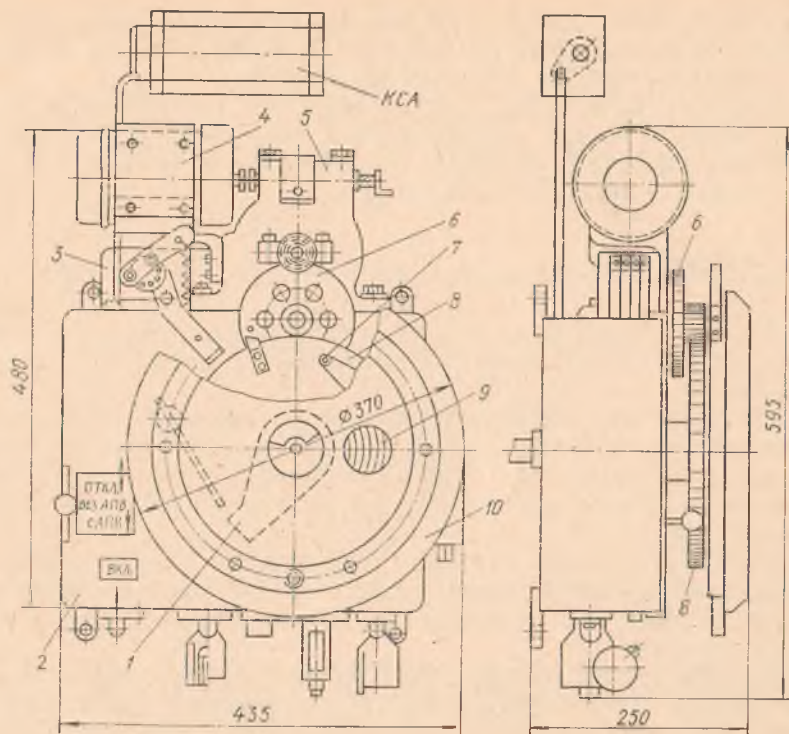
Викключателнинг контактлари пайвандланиб қолмаслиги учун улаш операцияси тез амалга оширилиши лозим. Улаш вақти қанча кичик бўлса, АПВ даги пауза шунча кичик бўлади.

Юритманинг узишдаги иши механизмни уланган ҳолатда тутиб турувчи зашчёлкани озод қилишдан иборат. Узилишнинг ўзи сиқилган ёки чўзилган узувчи пружиналарнинг кучи ҳисобига содир бўлади.

Улаш ва узишга сарфланадиган энергия манбаига қараб дастаки, пружинали, юкли, электромагнит, пневматик юритмалар бўлади.

Д а с т а к и ю р и т м а л а р операторнинг мушак кучлари улаш ишини амалга ошириш учун етарли бўлган, кам қувватли викключателлар учун қўлланилади. Узиш юритмага ўрнатилган реле ёрдамида автоматик бўлиши мумкин.

Мавжуд установкаларда ВМП нагрузка викключателлари билан эски типдаги ВМГ-133, ВМБ-10 викключателлар учун ушбу ПРБА (блинкерли автоматик дастаки юритма), ПРА (автоматик дастаки юритма) типдаги юритмалар учрайди. Бу юритмалар ўзгармас ва ўзгарувчан токда ишлай олади. Уларни ишлатиш чекланган, чунки улар викключатель масофадан улаш имконини бермайди.



4-79- расм. ППМ-10 мотор редукторли пружинали юритма:

1 — бураш (ишга тушириш) ричаги; 2 — корпус; 3 — охириги вилючатель; 4 — мотор; 5 — редуктор; 6 — тишли узатманинг катта шестерняси; 7 — етакловчи собачка ролиги; 8 — бураш шестерняси; 9 — спирал пружина; 10 — штурвал.

П р у ж и н а л и ю р и т м а билвосита таъсир этувчи юритма ҳисобланади. Уни улаш учун керак бўладиган энергия, қўлда ёки қуввати катта бўлмаган двигател ёрдамида бураладиган кучли пружинада йиғилади. Ҳар бир улашдан сўнг пружинани яна қайта бураш керак бўлади.

Одатда, юритма пружинани буровчи махсус двигател билан жиҳозланади. Бундай юритма АПВ ни амалга ошириш имконини беради.

Пружинали юритманинг камчилиги бўлиб, пружинанинг эластик деформацияланишининг камайиши ҳисобига улаш охирида тортиш кучининг камайиши ҳисобланади. Бу камчиликни йўқотиш учун пружинали юритмалар улаш бошидаги ортиқча энергияни ютувчи ва улаш охирида йиғилган энергияни берувчи маховик билан тўлдирилади. Шу типдаги ППМ-10 юритмалар ВМГ-10 ва ВМП-10 вилючателлари учун қўлланилади. ППМ-10 юритмасининг асосий қисми бўлиб қутича ичига ўрнатилган спирал пружина ва штурвал гардиши 10 (4-79- расм) ҳисобланади. Пружина,

редуктор 5 орқали 350 ВА қувватли двигатель 4 ёрдамида буралади. Ҳаракат редуктордан олдинги подшипникда эркин айланувчи, буровчи шестерня 8 га узатилади. Етакловчи собачка ричаг 1 нинг тишига ролик 7 билан тиралади, ҳамда спираль пружина 9 ни буррайди. Юритманинг беркитиш ишга тушириш механизми пружинани буралган ҳолатда ушлаб туради. Автоматик улаш учун буровчи ричаг бўшатилади, сўнгра виключателни улаш учун сиқилган спираль пружинанинг энергияси вални буррайди.

Виключателни масофадан ва автоматик узиш, юритманинг пастки қисмига ўрнатилган реле ёрдамида амалга оширилиб, узиш таёқчаси орқали эркин ажратувчи механизмга таъсир этади. Юритма механик АПВ га рухсат этади. Бундай АПВ нинг ишлаши учун импульс, узилганда юритманинг ишга тушириш механизми озод бўлгани сабабли берилади. Агар қайта улаш қ. т. содир бўлганда амалга ошса, у ҳолда виключатель яна узилади, бироқ қайта АПВ содир бўлмайди, чунки уловчи пружина буралишга улгира олмайди. Механик АПВ ни қўлда ёки масофадан узиш билан иш ҳолатидан чиқариш мумкин, бунинг учун юритмада махсус қурилма бор.

Пружинали юритмалар керакли вақтгача тутиб турувчи АПВ нинг электр схемалари билан таъминланиши мумкин. ППМ-10 юритмасидан ташқари, пружинасининг тури билан фарқланадиган ПП-67 ва ПП-74 юритмалари ҳам қўлланилади.

Пружинали юритмалар учун бошқаришга доимий ток манбаи талаб этилмайди, бу уларнинг бошқа юритмаларга қараганда муҳим афзаллиги ҳисобланади. Юритманинг камчилиги бўлиб, қувватининг кичиклиги ҳисобланади, шунинг учун у асосан 6—10 кВ ли кам мойли виключателларда қўлланилади.

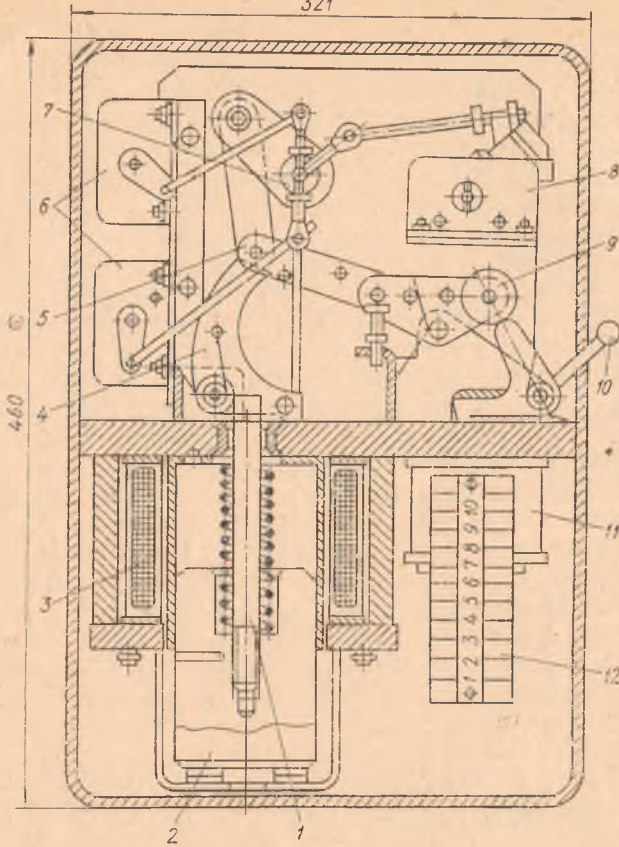
Э л е к т р о м а г н и т ю р и т м а л а р тўғридан-тўғри таъсир этувчи юритмаларга киради, яъни улаш учун керак бўладиган энергия юритмага улаш процессининг ўзида катга қувватли манбадан берилади.

Виключателни улаш учун керак бўладиган куч, электромагнит ғалтак 3 дан ток ўтиш пайтида унга тортиладиган пўлат ўзак 2 томонидан ҳосил қилинади (4-80- расм).

Ўзак 1 нинг штоки ричагли механизмнинг ролиги 5 га тиралиб, у билан бирга иккита шарнирли боғланган ричагларни юқорига кўтаради. Ричаглар ҳаракатлантирувчи ричаг орқали викключатель 7 нинг валига ҳаракат узатади. Ролик кўтарилишида зашчёлка 4 чапга сурилади, викключатель уланиб ўзакнинг сурилиши тугаганда эса зашчёлканинг кесик жойи ролик тагига киради ва механизмни уланган ҳолатда ушлаб туради.

Улаш охирида сигнал берувчи ёрдамчи контактлар 6 улаш электромагнитининг занжирини узади ва ўзак пастга тушади. 4-80-расмда юритма викключателнинг уланган ҳолатида кўрсатилган.

Узишда ток узиш электромагнители 11 га берилади, унинг болғачаси эркин ажратувчи механизм 9 нинг ричагига зарб бериши сабабли, эркин ажратувчи механизмнинг ричаглари «букилади» ва ролик 5 зашчёлкадан ажрайди. Викключателнинг вали узувчи пружинанинг таъсирида соат стрелкаси йўналишига қарши томонга



4-80- расм. ПЭ-11 электромагнит юритма.

буралади — узиш содир бўлади. Юритмада бошқарувчи ёрдамчи контактлар 8 кўзда тутилган.

Улаш ва узиш электромагнитлари қисқичлар тўплами 12 орқали аккумуляторлар батареясида таъминланади.

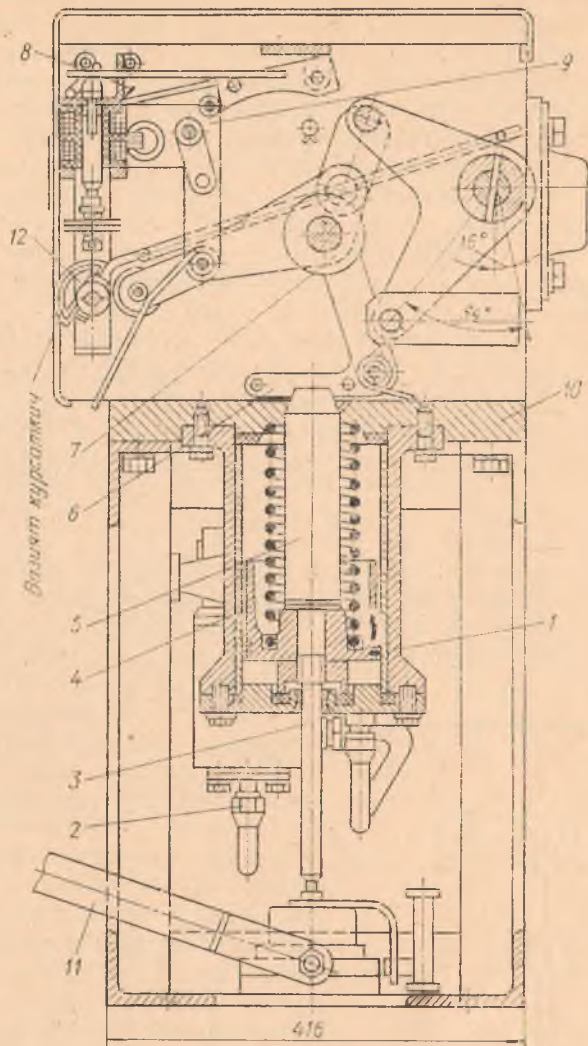
ПЭ-11 юритманинг улаш электромагнители 220 В кучланишда 58 А ток истеъмол қилса, узиш электромагнители 1,25 А ток истеъмол қилади.

Юритмада дастаки узиш ричаги 10 бор.

ПЭ-11 юритма ВМП-10 ВМГ-10 виключателларида қўлланилади.

Ички установкакаларнинг каттароқ қувватли виключателлари учун ПЭ-2, ПЭ-21, ПС-31 электромагнит юритмалари, ташқи установкакалар учун эса ШПЭ-44, ШПЭ-38 ва бошқалар қўлланилади.

Электромагнит юритмаларнинг афзаллиги бўлиб, конструкциясининг соддалиги ва ноқулай иқлим шароитларида ишончли ишлаши ҳисобланади.



4-81- расм. ПВ-30 пневматик юритма:

1 — пневматик цилиндр; 2 — ҳаво йўли фланеци; 3 — дәмпер штоги; 4 — поршень; 5 — шток; 6 — ушлаб турувчи зашчёлка; 7 — кўтарма ролик; 8 — узлш электромагнети; 9 — эркин ажратиш ричаглар системаси; 10 — юритма корпуси; 11 — қолда улаш учун домкрат; 12 — ҳолат, кўрсаткичи.

Камчилиги — катта ток истеъмол қилиши ва шу сабабли кучли аккумуляторлар батареяси талаб этилиши ҳисобланади МГГ-10-750 виқлючателини улаш учун 220 В кучланишида 145 А ток талаб этилади. V-110-8 виқлючателнини улашда эса 360 А ток талаб этилади, бундан ташқари, улаш учун кўп (1 с гача) вақт сарфланади.

Пневматик юритма сиқилган ҳаво энергияси ҳисобига виқлючателни тез улашни таъминлайди. Унинг кинетик схе-

маси электромагнит юритманикага ўхшаш, бироқ электромагнит ўрнига поршенли пневматик цилиндр қўлланилади (4-81- расм).

Виключатель уланганда иш цилиндри 1 га идишдан сиқилган ҳаво берувчи клапан очилади. Поршень 4 шток 5 билан бирга юқорига кўтарилади ва қўзғалувчан ролик ҳамда ричаглар система-сига таъсир этиб, виключателни улайди. Бунда поршень устидаги пружина, улашдаги зарбни камайтириб сиқилади.

Узишда узиш электромагнитига импульс берилиб, у эркин ажратувчи механизмга таъсир этади.

Сиқилган ҳаво (2 МПа) ҳаво виключателларига хизмат қилувчи умумий компрессор установкадан юборилади ёки ҳар бир юритмага беш-олти операцияни қўшимча ҳаво талаб этмасдан таъминловчи сиқилган ҳаво баллонлари ўрнатилади. Баллонларни ҳаво билан тўлдириш учун қуввати 1 кВт гача бўлган электр двигателли унча катта бўлмаган компрессорлар ишлатилади.

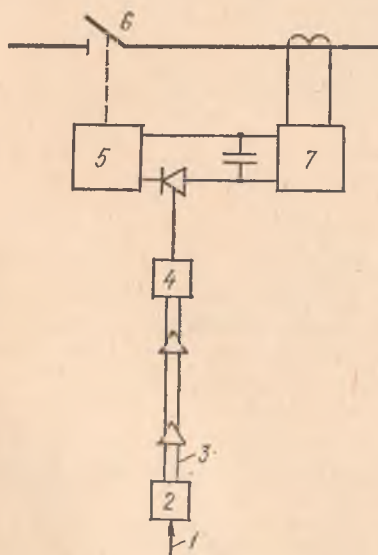
ПВ-30 пневматик юритмалар МГ-10, МГ-20 виключателлари учун қўлланилади. «Урал» сериядаги бакли виключателлар ШПВ пневматик юритмалар билан таъминланади. ВМК виключателла-рида пневматик юритма виключателнинг хусусий конструктивъ элементи ҳисобланади.

Пневматик юритмалар кучли аккумуляторлар батареясини талаб этмайди, чунки электромагнит улаш клапани истеъмол қиладиган ток бир неча ампердан ошмайди. Узоқдан бошқариш схемасидан то юритмагача ўтказилган симларнинг кесими электромагнит юрит-мадагига қараганда анча кичик.

Пневматик юритмаларнинг кейинчалик такомиллашган тури пневмогидравлик юритмалар бўлиб, улардаги виключателнинг қўзғалувчан системасига ҳаракат поршенли гидроцилиндрдан берилади. Поршень сиқилган суюқлик, одатда, мой билан ҳаракатга келтирилади. Суюқликнинг юқори бо-сими (12 МПа) юритманинг энергия аккумуляторида сиқилган газ ҳисобига ҳосил қилинади. Бу энергия олти марта улаш учун этади. ППГ—1 тип бундай юритмалар билан V-200-3200-40 типдаги бакли виключателлар таъминланади.

Пневмогидравлик юритмалар-нинг улаш вақти 0,25 с.

Ўта юқори кучланишли вик-лючателлар учун юритмадан аж-ровчи контактларга узиш импуль-сини узатиш тезлиги катта аҳами-ятга эга. Бу ҳолда пневмомеханик қурилмалар (4-69- расмнинг ту-



4-82- расм. Вик­лю­ча­те­ли бош­қ­а­ри­ши­ни­нг струк­ту­ра схемаси:

1 — узатиш им­пуль­се­ла­ри ман­ба­и; 2 — с­ру­лик им­пуль­се­ла­ри ман­ба­и; 3 — с­ру­лик ўт­каз­гич; 4 — фото­дек­тор; 5 — элек­т­ро­маг­нит аж­рат­кич; 6 — ви­к­лю­ча­те­ли кон­такт­ла­ри; 7 — заряд­лаш қу­рил­маси.

шунтириш текстига қаранг) қўлланилиб, улардаги контактлар тортқи системаси ва сиқилган ҳаво орқали ҳаракатга келтирилади.

Тез таъсир этишни янада ошириш учун бошқариш сигналини ер потенциалидан ёруғлик ўтказувчи бўйича юқори потенциалга узатиш мумкин (4-82- расм). Конденсатор разряди таъсирида ишга тушириладиган электромагнит ажратиш ёрдамида контактлар узилади. Конденсатор тўйинадиган трансформатор орқали юқори кучланишли линиядан зарядланади.

4-8. ТОК ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

а) Умумий қоидалар

Ток трансформатори бирламчи токнинг катталигини ўлчов приборлари ва реле учун энг қулай катталиқкача камайтириш, шунингдек, ўлчов занжирларини бирламчи юқори кучланиш занжирларидан ажратиш ва ҳимоя қилиш учун хизмат қилади.

Ток трансформатори ёпиқ магнит ўтказгич 2 (4.83- расм) ҳамда иккита бирламчи 1 ва иккиламчи 3 чулғамларга эга. Бирламчи чулғам ўлчанаётган ток I_1 занжирига кетма-кет уланади, иккиламчи чулғамга I_2 ток ўтадиган ўлчов приборлари уланади.

Ток трансформатори номинал трансформация коэффициенти билан характерланади:

$$K_1 = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}$$

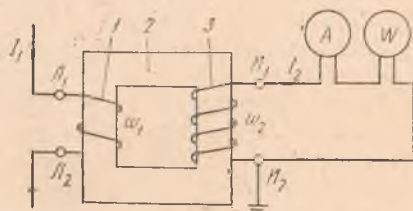
бунда $I_{1ном}$ —бирламчи номинал ток, $I_{2ном}$ —иккиламчи номинал ток.

Ток трансформаторларининг иккиламчи номинал токи қиймати 5 ва 1 А деб қабул қилинган.

Ток трансформаторининг трансформация коэффициенти қатъий ўзгармас миқдор бўлмай, балки магнитловчи токнинг мавжудлигидан келиб чиқадиган хатолик сабабли номинал миқдордан фарқ қилиши мумкин. Трансформаторнинг токни трансформациялаш хатосининг қиймати қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta I \% = \frac{K_1 I_2 - I_1}{I_1} 100.$$

Ток трансформаторининг хатоси унинг конструктив хусусиятлари; магнит ўтказгич кесими, магнит ўтказгич материалининг магнит сингдирувчанлиги, магнит йўлининг ўртача узунлиги, $I_1 \omega_1$ миқдорга боғлиқ. Ток трансформаторлари уларга қандай талаб қўйилишига қараб 0,2; 0,5; 1; 3; 10 класс аниқликларида ишлаб



4-83- расм. Ток трансформаторининг уланиш схемаси.

чиқарилади. Кўрсатилган рақамлар бирламчи чулғам 100—120% ток билан нагрукаланганда (олдинги учта класс учун) ва 50—120% ток билан нагрукаланганда (охирги иккита класс учун) номинал токка нисбатан процентда ифодаланган ток трансформаторининг хатосини ифодалайди. 0,2; 0,5 ва 1 классдаги ток трансформаторлари учун ҳам бурчак хатоси нормаланади.

Ток трансформаторининг хатоси иккиламчи нагрук (приборлари, ўтказгич, контактларнинг қаршиликлари) ва бирламчи токнинг номинал токка карралигига боғлиқ. Нагрук билан ток карраллигининг ортиши хатонинг ортишига олиб келади.

Номинал токдан анча кичик бўлган бирламчи токларда ҳам ток трансформаторининг хатоси ортади.

0,2 классдаги ток трансформаторлари аниқ лаборатория приборларини улашда, 0,5 классдагилари эса — пул ҳисоблайдиган сўтчикларда; 1 классдагилари — ҳамма техник ўлчов приборлари учун; 3 ва 10 классдагилари реле муҳофазаси учун ишлатилади.

Кўриб чиқилган класслардан ташқари, яна иккиламчи чулғамлари D (дифференциал муҳофаза учун), З (ерга улаб муҳофаза қилиш учун), Р (бошқа реле муҳофазалари учун) типдаги ток трансформаторлари ишлаб чиқарилади.

Ўлчов приборлари ва реленинг ток занжирлари кичик қаршиликка эга бўлганлиги учун, ток трансформатори қ. т. режимига яқин режимда нормал ишлайди. Агар иккиламчи чулғам узилса, магнит ўтказгичдаги магнит оқим кескин ортади, чунки унинг катталиги энди бирламчи чулғамнинг магнит юритувчи кучи (м. ю. к.) билан аниқланади. Бу режимда магнит ўтказгич ҳаддан ташқари юқори температурагача қизийди, узилган иккиламчи чулғамда эса, айрим ҳолларда, бир неча ўн киловольтларга етадиган юқори кучланиш ҳосил бўлади.

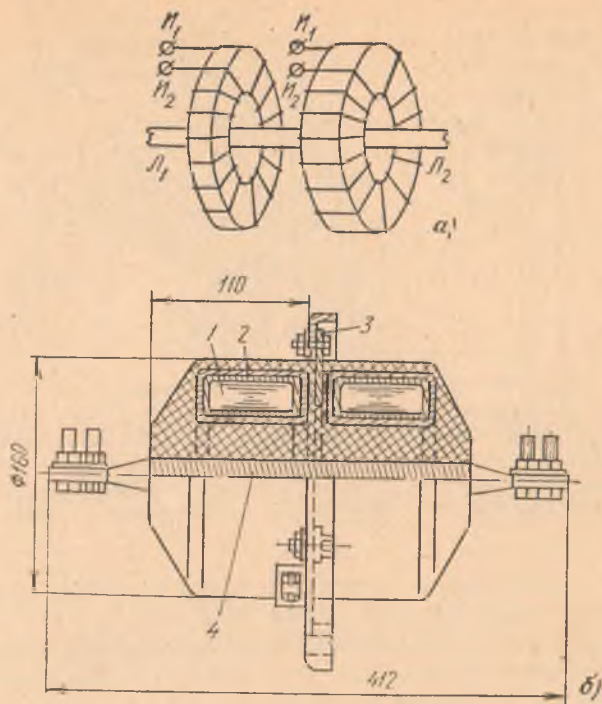
Айтиб ўтилган ҳодиса сабабли бирламчи чулғамдан ток ўтаётганда ток трансформаторининг иккиламчи чулғамини узишга руҳсат этилмайди. Ўлчов прибори ёки релени ўзгартириш зарурати туғилса, ток трансформаторининг иккиламчи чулғами аввал қисқа туташтирилади (ёки реле, приборнинг чулғами шунтланади).

б) Ток трансформаторларининг конструкцияси

35 кВ ли ички установкалар учун ток трансформаторлари қўйма эпексид изоляцияга эга.

Бирламчи чулғам турига кўра ғалтакли (3 кВ ва ундан кичик кучланишлар учун), бир ўрамли (4-84- расм) ва кўп ўрамли трансформаторлар бўлади.

4-84- расм, а да схематик равишда ўзак ва ўрамларнинг тайёрланиши, 4-84- расм, б да эса ток трансформатори ТПОЛ-10 нинг (ўтувчи, бир ўрамли қўйма изоляцияли 10 кВ га мўлжалланган) конструкцияси кўрсатилган. Бу трансформаторларда ўзаклардан ўтувчи ток ўтказувчи стержень бирламчи чулғамнинг бир ўрами ҳисобланади. Бир ўрамли трансформаторлар 600 А ва ундан юқори



4-84- расм. ТПОЛ-10 ток трансформатори:

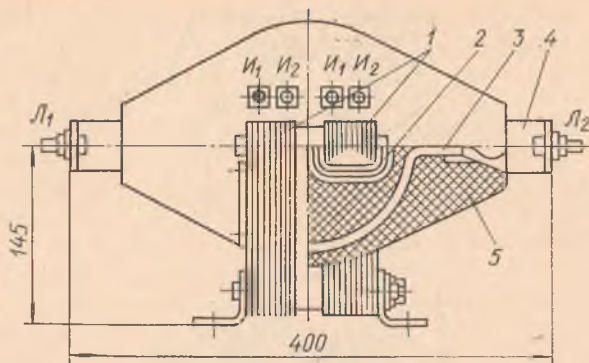
a — чулғамли магнит ўтказгичларнинг жойлашуви; *b* — конструкция; 1 — магнит ўтказгич; 2 — иккиламчи чулғам; 3 — маҳкамловчи ҳалқа; 4 — бирламчи чулғам стержени.

бирламчи токка мўлжаллаб тайёрланади; кичик токларда бирламчи чулғамнинг магнит юритувчи кучи $I_1 \omega_1$ талаб этиладиган класс аниқлигида ишлаш учун етарли бўлмайди. ТПОЛ-10 трансформатори иккита магнит ўтказгичга эга бўлиб, уларнинг ҳар бирига ўзининг иккиламчи чулғами ўралган. Бу ток трансформаторларининг аниқлик классси: 0,5; 3 ва Р. магнит ўтказгичлар чулғамлар билан биргаликда эпоксид смола асосида компаунд билан тўлдирилиб, у қотгандан сўнг монолит масса ҳосил қилади. Бундай ток трансформаторлари олдин ишлаб чиқарилган чинни изоляцияли трансформаторларга қараганда анча кичик ўлчамга ва юқори динамик турғунликка эга.

Қўрилайтган ток трансформатори тақсимлаш қурилмада бир вақтнинг ўзида ўтувчи изолятор ролини бажаради.

600 А дан кичик токларда ТПЛ типидagi кўп ўрамли трансформаторлар қўлланилиб, уларнинг бирламчи чулғами 3 нинг сони керакли магнит юритувчи кучга қараб, аниқландиган бир неча ўрамлардан иборат (4-85- расм).

Комплект тақсимлаш қурилмаларида таянч — ўтувчи ток трансформаторлари ТЛМ-10 қўлланилади, улар КРУ ячейкаси



4-85- расм. Иккита магнит ўтказгичли ТПШЛ-10 ток трансформатори:

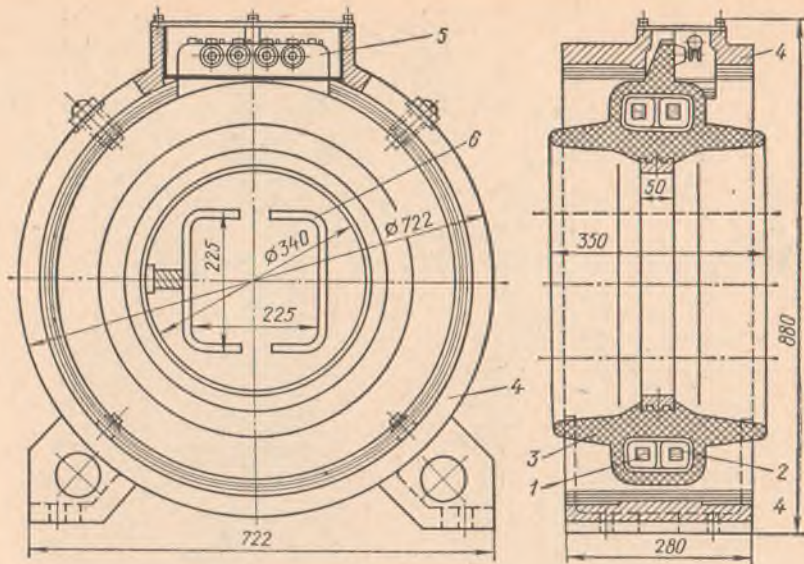
1 — магнит ўтказгич; 2 — иккиламчи чулғам; 3 — бирламчи чулғам; 4 — бирламчи чулғам чиққичи; 5 — қўйма эпоксид корпус.

бирламчи занжирининг штепселли разъёмларидан бири билан конструктив жиҳатдан биргалиқда тайёрланган.

Катта номинал бирламчи тоқлар учун бирламчи чулғам вазифасини трансформатор ичидан ўтувчи шина бажарадиган ток трансформаторлари қўлланилади. 4-86- расмда ток трансформатори ТПШЛ-20 (20 кВ ва 6000—18000 А токка мўлжалланган қўйма изоляцияли шинали) кўрсатилган. Бу трансформаторлар магнит ўтказгич билан иккиламчи чулғамлари устига қўйилган халқасимон эпоксидли блокдан иборат. Ток ўтказувчи шина бирламчи чулғам ҳисобланади. Изоляцияловчи блокка экранловчи силумин халқа қўйилган бўлиб, пружина ёрдамида шинага электр жиҳатдан уланган. Бундай ток трансформаторларининг электродинамик турғунлиги шина конструкциясининг чидамлилиги билан аниқланади.

Номинал токи 2000—5000 А бўлган 10 кВ ли установкаларда ўтувчи шинали ток трансформаторлари ТПШЛ қўлланилади.

Ташқи установкалар учун ТФН типдаги қоғоз — мой изоляцияли, чинни корпусда таянч типдаги ток трансформаторлари ишлаб чиқарилади (4-87- расм). Мой билан тўлдирилган ичи бўш чинни изоляторларда трансформаторнинг магнит ўтказгичи билан чулғамлари жойлаштирилган. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлар конструкцияси бўйича занжирнинг икки звеносини эслатади. Бирламчи чулғам икки секциядан иборат бўлиб, улар переключатель 2 ёрдамида кетма-кет (*I* ҳолат) ёки параллел (*II* ҳолат) уланиши мумкин, бу билан номинал трансформация коэффициентини 1 : 2 нисбатда ўзгартириш мумкин. Чинни покришкада мой сатҳининг ўзгаришига йўл қўювчи металл мой кенгайтиргич 1 ўрнатилган. Селикагелли нам шимгич 5 ҳаво намини шимишга мўлжалланган, чунки мой кенгайтиргичнинг ички бўшлиғи ташқи ҳаво билан туташган. Чулғамлар билан чинни покришка пулат цоколь 13 да маҳкамланади. Иккиламчи чиққичлар 12 нинг қутиси герметик ёпил-



4-86- расм. ТШЛ-20 ток трансформатори:

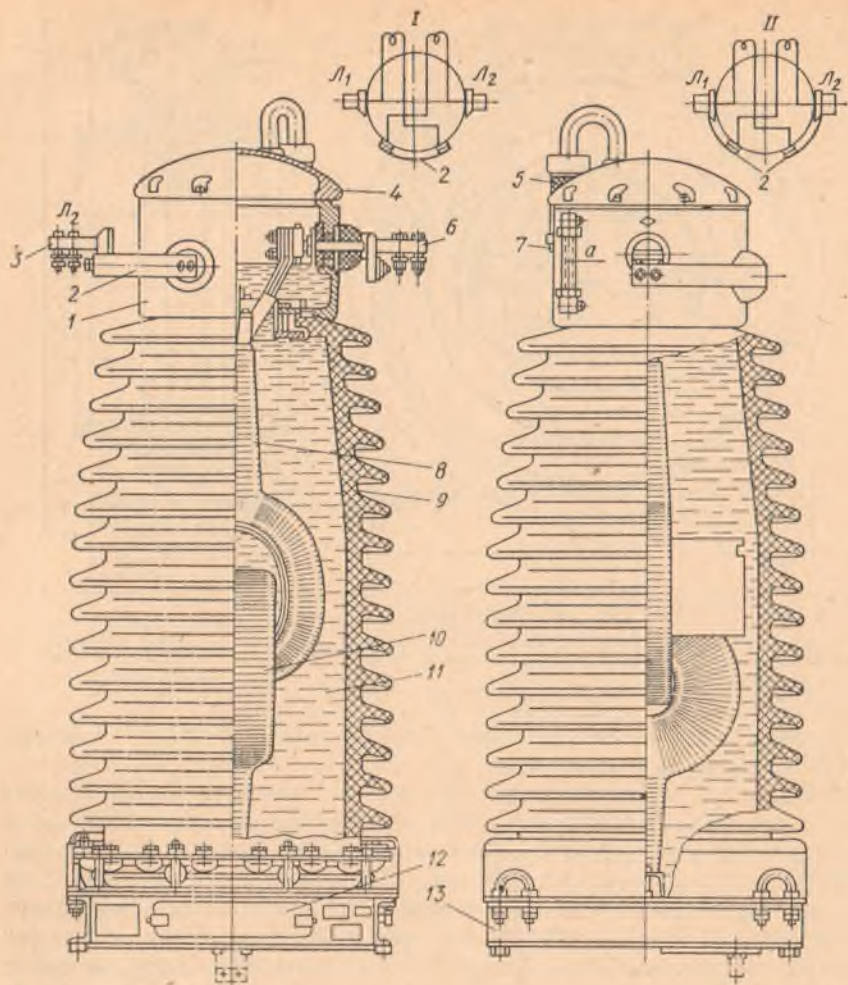
1 — 0,5 класс магнит ўтказгичи; 2 — Р класс магнит ўтказгичи; 3 — қўйма эпексид блок;
4 — корпус; 5 — иккиламчи чулғамлар чиққиқларининг қўтиси; 6 — ток ўтказувчи шина.

ган. Унга пастдан иккиламчи занжирларнинг кабелни уланган кабел муфта маҳкамланади.

ТФН трансформаторлари 0,5 класс чулғамли битта магнит ўтказгич реле муҳофазаси учун мўлжалланган чулғамли икки учта магнит ўтказгичга эга. Кучланиш қанча юқори бўлса, бирламчи чулғамни изоляциялаш шунча қийин, шунинг учун 330кВ ва ундан юқори кучланишларга каскад типдаги ток трансформаторлари ишлаб чиқарилади. Трансформациянинг икки каскадининг бўлиши (чулғамли иккита ўзаклар) ҳар бир поғона чулғамларининг изоляциясини тўла кучланишга ҳисобламай, балки унинг ярмига тенг қилиб тайёрлаш имконини беради. 4.88- расмда чулғамлар схемаси ва каскадли ток трансформатори ТРН-750 нинг ташқи кўриниши кўрсатилган. Трансформаторнинг ҳар бир поғонаси мустақил конструкцияга эга. Юқори поғонанинг бирламчи чулғами трансформация коэффициентини ўзгартириш учун икки секциядан иборат. Иккиламчи чулғамлар тўртта: улардан бири 0,5 классдаги ўлчашлар учун қолган учтаси реле муҳофазаси учун.

Қўш трансформация ток трансформаторларининг конструкциясини мураккаблаштириб, хатосини оширади.

35 кВ ва ундан юқори кучланишли установкаларда бакли виключателлар ёки куч трансформаторларининг ўтувчи втулкаларига жойлашадиган ток трансформаторлари кенг қўлланилади. Бундай трансформаторларнинг бирламчи чулғами бўлиб втулка стержени ҳисобланади. Унча катта бўлмаган бирламчи токларда ток транс-



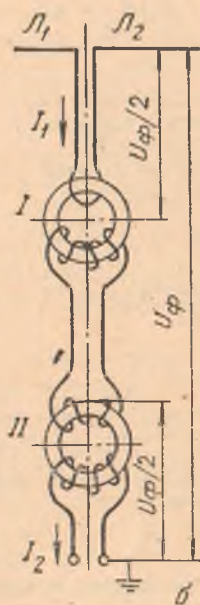
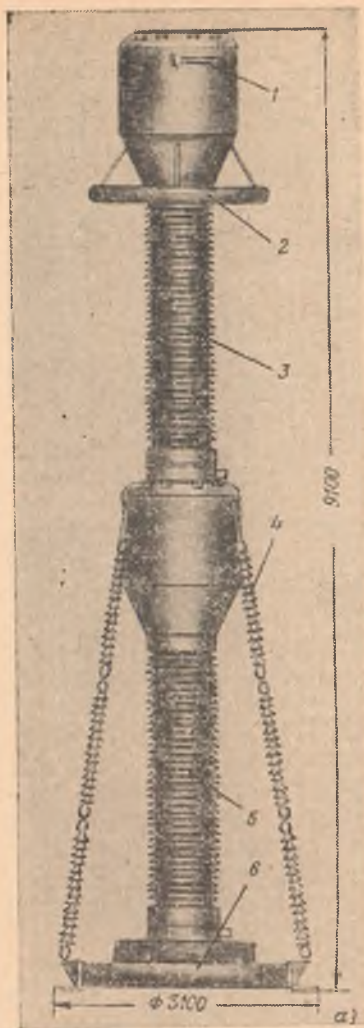
4-87- расм. ТФН ток трансформатори:

1 — мой кенгайтиргич; 2 — бирламчи чулғам переключатели; 3 — L_2 нинг киргичи; 4 — қоғоқ; 5 — нам юткич; 6 — L_1 нинг киргичи; 7 — мой курсаткич; 8 — бирламчи чулғам; 9 — чинни гилоф; 10 — иккиламчи чулғачли магнит ўтказгич; 11 — мой; 12 — иккиламчи чулғамлар чиққичларининг қўғиси; 13 — цоқола; I — чулғамлар кетма-кет улангандаги переключателнинг ҳолати; II — чулғамлар параллел улангандаги ҳолат.

форматорларининг аниқлик классси 3 ёки 10 бўлади. 1000—2000 А ли бирламчи тоқларда 0,5 классида ишлаш ҳам мумкин.

Ток трансформаторларининг иккиламчи чулғами бирламчи ҳисобланган токка мувофиқ трансформация коэффициентини ўзгартириш имконини берувчи отпайкага эга.

Кўриб ўтилган ток трансформаторларидан ташқари реле муҳофазаси учун махсус конструкцияли: ноль кетма-кетликдаги ТНП, ТНПШ, ТЗ, ТЗЛ ток трансформаторлари, тез тўйинувчи



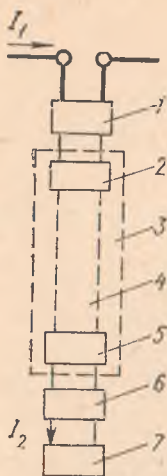
4-88- расм. ТРН-750 ток трансформатори:

a — қонструкцияси; 1 — бирламчи чулғам переключатели; 2 — экран; 3 — каскаднинг юқориги погонаси; 4 — тортиб тара нглагич; 5 — каскаднинг пастки погонаси; 6 — рама; б — чулғамларнинг улаиш схемаси.

ТКБ трансформаторлари; генераторларнинг кўндаланг дифмуҳо-
фазаси учун ТШЛО трансформаторлари ишлаб чиқарилади.

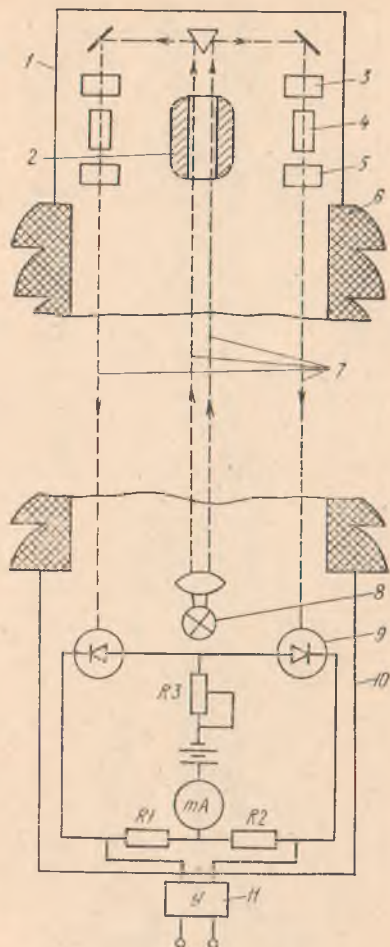
в) Оптик - электрон ўлчаш трансформаторлари

Қуclаниш қанча юқори бўлса, ВН нинг бирламчи чулғамини трансформаторларнинг иккиламчи ўлчаш чулғамидан изоляциялаш шунча қийин бўлади. 500, 750 ва 1150 кВ га мўлжалланган каскадли



4-89- расм. Оптик-электрон ток трансформаторининг структура схемаси:

1 — бирламчи ўзгартиргич; 2 — ёруғлик диоди; 3 — оптик система; 4 — ёруғлик ўтказгич; 5 — фото сезгир прибор; 6 — кучайтиргич; 7 — ўлчов прибори.



4-90- расм. ОЭТФ оптик-электрон ток трансформаторининг функционал схемаси.

Ўлчаш трансформаторларни тайёрлаш анча қийин ва қимматга тушади, шунинг учун уларнинг ўрнига принципиал янги оптик — электрон трансформаторлар (ОЭТ) ишлаб чиқилган. Бу трансформаторларда ўлчанаётган сигнал (ток, кучланиш) маълум қонун асосида ўзгарадиган ёруғлик оқимиغا айлантирилади ва у ерга уланган элементга жойлашган қабул қилувчи қурилмага узатилади. Сўнгра ёруғлик оқими ўлчаш приборлари қабул қиладиган электр сигналга айлантирилади (4.89- расм). Шундай қилиб, юқори кучланиш остида бўлган узатувчи қурилма ва ерга уланган қабул қилувчи қурилма бир-бири билан фақат ёруғлик боғлами билан боғланади.

Ёруғлик оқими деворлари ойнадан иборат ичи бўш изолятордан труба орқали ёки диэлектрик стерженли ва толали ёруғлик ўтказувчи орқали узатилади. Булардан охиргиси изоляцияловчи

қобиқли махсус оптик шишадан тайёрланади. ОЭТ нинг узатувчи қурилмаси турли принципларга асосланган бўлиши мумкин. Айрим ток трансформаторлари (ОЭТТФ) да Фарадей эффекти қўлланилади. (4.90- расм). Ер потенциалидаги асос 10 да ёруғлик манбаи 8, кучайтиргич занжири 11 га дифференциал схема бўйича уланган иккита фотоприёмник 9 ўрнатилган бўлиб, кучайтиргичга ўлчаш приборлари уланади. ВН каллаги 1 да иккита Фарадей ячейкаси ва ўлчанаётган ток 2 нинг ток ўтказувчиси жойлашган. Фарадей ячейкаси қутблагичлар 3 дан, оптик актив модда (қум, оғир шиша) 4 ҳамда анализаторлар 5 дан иборат. Қутбланган магнитланган ёруғлик боғлами оптик актив модда 4 дан ўтиб, қутбланиш текислигини магнит майдон кучланганлигига, яъни ўлчанаётган токка боғлиқ бўлган бурчакка буради. Қутбланиш текислигининг анализатор 5 дан кейинги бурилишини фотоприёмникка тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигининг ўзгаришидан билиш мумкин. Ёруғлик оқими изоляцияловчи колонка 6 ичидан ёруғлик ўтказувчи 7 бўйича узатилади. Фотоприёмниклар ёруғлик сигналени электр сигналга айлантириб, у кучайтиргич 11 да кучайтирилади ва ўлчаш приборларига узатилади. Бундай ток трансформаторлари универсал бўлиб, улар юқори ва ўта юқори кучланишли установка-лардаги ўзгармас, ўзгарувчан ҳамда импульс тоқларини ўлчаш учун мўлжалланган. Ўлчанаётган импульс фотоприёмникка деярли бир онда узатилади.

Ток трансформаторларининг узатувчи қурилмаси модулятор ва ёруғлик диодидан ташкил топган конструкциялари ҳам бор. Ярим ўтказгичли ёруғлик диодининг ёруғлик оқими ўлчанаётган ток 1 билан унинг фазасига боғлиқ.

750 кВ ва 2000 А ли частота модуляцияли оптик электрон (ОЭТТ4) ток трансформаторида тўртта оптик каналлар бўлиб, улардан бири ўлчаш ва учтаси ҳимоя учун. Ҳар қайси канал ўзининг бирламчи ўзгартиргичи билан боғланган. Ўлчаш канали $1,2 I_{\text{ном}}$ тоқларда нормал ишлаш учун мўлжалланган бўлиб, бунда хатолик $\pm 1\%$ дан ошмайди. Муҳофаза каналлари $20 I_{\text{ном}}$ тоқларда ҳам импульсларни ўзгартирмай узата оладиган қилиб ҳисобланган.

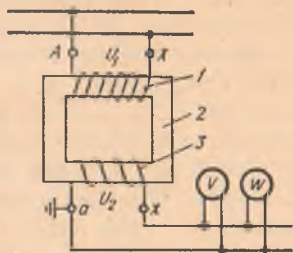
Оптик-электрон ўлчаш трансформаторлари ток билан кучланиш контрол қилибгина қолмай, балки установканинг қувватини (тўла, актив ва реактив), унинг қисқичларидаги қаршилигини, шунингдек, ток билан кучланиш оний қийматларининг нолдан ўтиш моментини ҳам контрол қилиш имконини беради.

ОЭТ ларни 750 кВ ва ундан юқори кучланишли установкаларда, шунингдек, кучланиши 10—24 кВ ли катта тоқларни (20—50 кА), ўтиш режимларнинг параметрларини ва импульс тоқларини ўлчашда ишлатиш мақсадга мувофиқ.

4-9 КУЧЛАНИШ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ

а) Умумий маълумотлар ва улаш схемалари

Кучланиш трансформатори юқори кучланишни стандарт миқдор 100 ёки $100/\sqrt{3}$ В гача камайтириш ҳамда ўлчаш занжири билан реле муҳофазасини юқори кучланишли бирламчи занжирдан ажра-



4-91- расм. Кучланиш трансформаторининг уланиш схемаси.

1 — бирламчи чулғам; 2 — магнит ўтказгич; 3 — иккиламчи чулғам.

Трансформациянинг номинал коэффициентлари қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$K_U = \frac{U_{1\text{ном}}}{U_{2\text{ном}}}$$

бунда $U_{1\text{ном}}$ — номинал бирламчи кучланиш; $U_{2\text{ном}}$ — номинал иккиламчи кучланиш.

Ўзакдаги магнит оқимининг сочилиши ва қувватнинг йўқотилиши ўлчашда хатоликка олиб келади:

$$\Delta U \% = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_1} 100.$$

Ток трансформаторларидаги сингари, иккиламчи кучланиш вектори бирламчи кучланиш векторига нисбатан аниқ 180° бурчакка сурилмаган. Бу бурчакли хатоликни аниқлайди.

Номинал хатолик катталигига қараб 0,2; 0,5; 1; 3 аниқлик класслари бўлади.

Хатолик магнит ўтказгичнинг конструкцияси, пўлатнинг магнит сингдирувчанлиги, иккиламчи нагрузка катталиги ва $\cos \varphi$ га боғлиқ. Кучланиш трансформаторларининг конструкциясида кучланиш бўйича хатоликни бирламчи чулғамнинг ўрамалари сонини бироз камайтириш йўли билан компенсациялаш кўзда тутилган, шунингдек, бурчакли хатолик махсус компенсациялаш чулғами ҳисобига компенсацияланади.

Кучланиш трансформаторининг иккиламчи чулғамига уланган реле ва ўлчаш приборлари чулғамларининг умумий истеъмоли кучланиш трансформаторининг номинал қувватидан ошмаслиги керак, чунки акс ҳолда бу хатоликнинг ортишига олиб келади.

Кучланиш трансформаторлари вазифасига кўра чулғамларининг турли схемаларда уланиши қўлланилади. Учта фазалараро кучланишни ўлчаш учун очиқ учбурчаклик схемаси асосида уланган, иккита бир фазали икки чулғамли трансформаторлар НОМ, НОС, НОЛ ишлатиш мумкин (4.92- расм, а), шунингдек, чулғамлари юлдуз шаклида уланган уч фазали икки чулғамли трансформатор

НТМК қўлланилади (4.92-расм, б). Ерга nisbatan кучланишни ўлчаш учун Y_0/Y_0 схема асосида уланган учта бир фазаги трансформаторлар, ёки уч фазаги уч чулғамли трансформатор НТМИ (4.92-расм, в) ишлатилиши мумкин. Охирги ҳолда юлдуз шаклида уланган чулғам ўлчаш приборларини улаш учун қўлланилади, очик учбурчаклик асосида уланган чулғамга ерга туташидан сақлайдиган муҳофазаловчи реле уланади. Худди шундай қилиб уч фазаги группага ЗНОМ типидagi бир фазаги уч чулғамли трансформаторлар ва НКФ каскадли трансформаторлар уланади.

б) Кучланиш трансформаторларининг конструкцияси

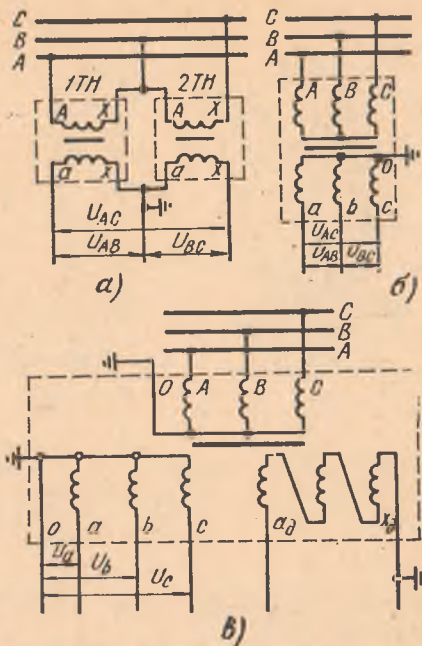
Конструкцияси бўйича уч фазаги ва бир фазаги трансформаторлар бўлади. Уч фазаги кучланиш трансформаторлари 18 кВ гача бўлган кучланишларда, бир фазаги трансформаторлар эса исталган кучланишларда қўлланилади. Трансформаторлар изоляциясининг типига кўра қуруқ, мойли ҳамда қуйма изоляцияли бўлиши мумкин.

Қуруқ трансформаторларнинг чулғамлари ПЭЛсимидан тайёрланади, чулғамлар орасидаги изоляция вазифасини эса картон ўтайди. Бундай трансформаторлар 1000 В гача бўлган установакаларда қўлланилади (НОС-0,5 бир фазаги, қуруқ, 0,5 кВ ли кучланиш трансформатори).

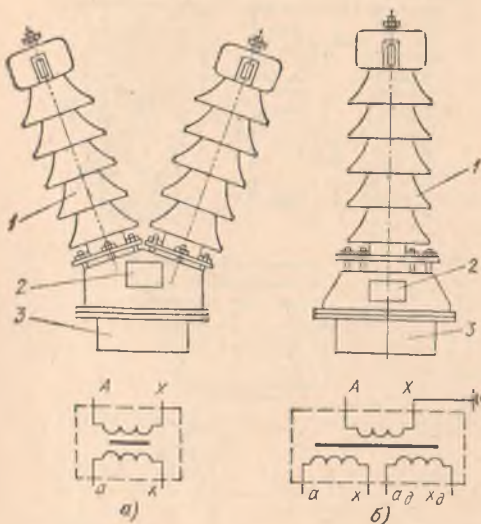
Мой изоляцияли кучланиш трансформаторлари очик ва ёпиқ тақсимлаш қурилмаларида 6—1150 кВ кучланишларга қўлланилади. Бу трансформаторларда чулғамлар ва магнит ўтказгич мой ичида туради ва у изоляция ҳамда совитиш учун хизмат қилади.

Бир фазаги икки чулғамли НОМ-6, НОМ-10, НОМ-15, НОМ-35, трансформаторларини бир фазаги уч чулғамли ЗНОМ-15, ЗНОМ-20, ЗНОМ-35 трансформаторларидан фарқ қилиш лозим.

Биринчи типдаги трансформаторлар чулғамларининг схемаси 4-93-расм, а да кўрсатилган. Бундай трансформаторлар иккита киритгич ВН га ва иккита киритгич НН га эга, уларни очик учбурчаклик юлдузча, учбурчаклик схемаси бўйича улаш мумкин. Иккинчи типда-

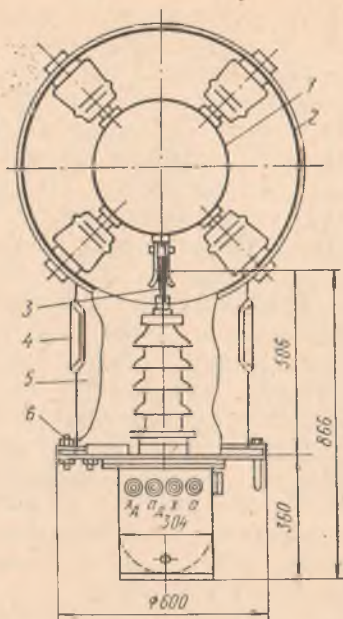


4-92- расм. Кучланиш трансформаторлари чулғамларининг улаиш схемалари.



4-93- расм. Бир фазали мойли кучланиш трансформаторлари:

а — НОМ-35 типдаги; б — ЗНОМ-35 типдаги; 1 — юкори кучланиш киргичи; 2 — НН киргичлари кутиси; 3 — бак.



4-94- расм. ЗНОМ-20 кучланиш трансформаторларини комплекс ток ўтказувчига ўрнатиш.

ги трансформаторларда ВН чулғамининг (4.93- расм, б) бир учи ерга туташтирилган, ВН нинг якка киритгичи қопқоқ устида жойлашган, НН нинг киритгичлари эса бакнинг ён томонига чиқарилган. ВН чулғам фаза кучланишига, НН нинг асосий чулғами 100 В га, қўшимча чулғами $100/\sqrt{3}$ В га ҳисобланган. Бундай трансформаторлар ерга уланадиган деб аталади ва 4-92- расм, в да кўрсатилган схема асосида уланади.

ЗНОМ-15, ЗНОМ-20, ЗНОМ-24 типдаги трансформаторлар кучли генераторларнинг комплект шина ўтказгичларига ўрнатилади. Магнитланишдаги исрофларни камайтириш учун уларнинг баки магнитланмайдиган пўлатдан тайёрланади.

Шундай трансформаторнинг ток ўтказувчига ўрнатилиши 4.94- расмда кўрсатилган. Трансформатор ВН нинг киритгичида жойлашган пичоқли контакт 3 ёрдамида пружиналанадиган контактга уланган, бу контакт ток ўтказгич 1 га маҳкамланган ва экран 2 билан тўсилган бўлади. Қараладиган люклари 4 бўлган патрубкка 5 га трансформаторнинг қопқоғи болтлар 6 ёрдамида маҳкамланган. Шундай қилиб, трансформаторнинг ВН киритгичи ток ўтказгич экранининг ёпиқ бутоғида бўлади. НН чулғамнинг қисқичлари бакнинг ён деворига чиқарилиб, махсус тўсиқ билан ёпилади.

НТМИ типдаги уч фазали мойли трансформаторлар беш стерженли магнит ўтказгич ва 4.92- расм, в даги

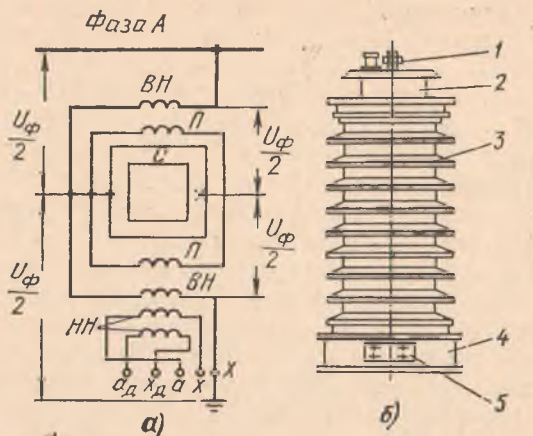
схема бўйича уланган учта чулғамга эга. Бундай трансформаторлар изоляцияни контрол қилувчи приборларни улашга мўлжалланган.

110 кВ ва ундан юқори кучланишли установакаларда НКФ типдаги каскадли кучланиш трансформаторлари қўлланилади. Бу трансформаторларда ВН чулғам бир неча магнит ўтказгичлар бўйича бир текис тақсимлангани учун, уни изоляциялаш осонлашади. НКФ-110 трансформатори (4.95-

расм) икки стерженли магнит ўтказгичга эга бўлиб, унинг ҳар бир стерженида $U_{\phi}/2$ га ҳисобланган ВН чулғам жойлашган. ВН чулғамининг умумий нуқтаси магнит ўтказгич билан уланганлиги учун ерга нисбатан $U_{\phi}/2$ потенциал остида бўлади. ВН чулғам, шунингдек, магнит ўтказгичдан $U_{\phi}/2$ га изоляцияланади. НН нинг чулғамлари (асосий ва қўшимча) магнит ўтказгичнинг пастки стерженига ўралган. ВН чулғамлар бўйича нагрукани бир хил тақсимлаш учун алоқа чулғами П хизмат қилади. Магнит ўтказгич ҳамда чулғамдан ташкил топган бундай блок чинни ғилофга жойлаштирилиб, устидан мой қўйилади.

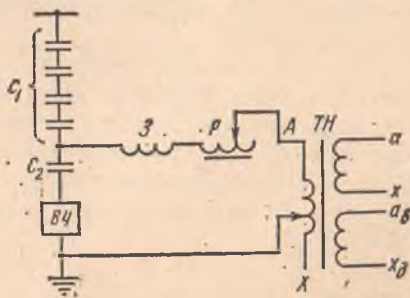
220 кВ ли кучланиш трансформаторлари (ТН) устма-уст жойлаштирилган иккита блокдан иборат, яъни иккита магнит ўтказгич билан $U_{\phi}/4$ га изоляцияланган ВН нинг тўрт поғона каскадли чулғамига эга. НКФ-330 ва НКФ-500 кучланиш трансформаторлари тегишлича уч ва тўртта блокларга, яъни ВН чулғамининг олти ва саккизта поғонасига эга.

Чулғам каскадлари қанча кўп бўлса, уларнинг актив ва реактив қаршиликлари шунча кўп бўлиб, хато ортиб боради ва шу сабабли НКФ-330, НКФ-500 трансформаторлари фақат 1 ва 3 аниқлик классларида ишлаб чиқарилади. Бундан ташқари, кучланиш қанча юқори бўлса, кучланиш трансформаторининг конструкцияси шунча мураккаб ва шунинг учун, 500 кВ ва ундан юқори кучланишли ус-



4-95- расм. НКФ-110 кучланиш трансформатори:

а — схемаси; б — конструкцияси: 1 — ВН киргичи; 2 — мой кенгайтиргич; 3 — чинни ғилоф; 4 — асос; 5 — НН киргичлар қутиси.



4-96- расм. Симли кучланиш трансформатори схемаси.

тановкаларда юқори частотали боғлаш конденсаторлари C_1 га қувват ажратадиган конденсатор C_2 (4.96- расм) ёрдамида уланган сифимли қувват ажратадиган трансформатор қурилмалар қўлланилади. C_2 дан олинаётган кучланиш (10—15 кВ) иккита иккиламчи чулғамга эга бўлган трансформатор ТН га узатилади. Бу трансформатор ҳам НКФ ёки ЗНОМ трансформатор схемаси асосида уланади. Трансформатор ТН нинг бирламчи чулғамида ва реактор P нинг чулғамида ўрамлар сонини поғонали ростлаш кўзда тутилган, бу ҳол реактор индуктивлигини танлаш ва U_2 миқдорига аниқлик киритиш учун хизмат қилади. Реактор P ва трансформатор ТН умумий бақка жойлаштирилади ва мой билан тўлдирилади. Трансформаторнинг ишлаш аниқлигини ошириш учун унинг бирламчи чулғам занжирига кучланиш бўлувчининг сифим қаршилигини компенсацияловчи реактор P уланган. Тўсиқ 3 реактор билан кучланиш трансформаторига юқори частотали тоқларни ўтказмайди.

Бундай қурилма сифим кучланишни трансформатори деб аталади (НДБ).

Барча элементлар тўғри танланиб, схема тўғри созланса НДЕ қурилма 0,5 ва ундан юқори аниқлик классида тайёрланиши мумкин. 500 ва 750 кВ ли установкалар учун НДЕ-500, НДЕ-750 қурилмалар қўлланилади.

Қўйма изоляцияли кучланиш трансформаторлари янада кенг қўлланилмоқда. ЗНОЛ.06 сериядаги ерга уланадиган кучланиш трансформаторлари номинал кучланиш бўйича беш хил тайёрланади: 6, 10, 15, 20 ва 24 кВ. Уларда магнит ўтказгич лентали қирқилган, С-симон бўлиб, бу ҳол аниқлик классини 0,2 гача ошириш имконини беради. Бундай трансформаторларнинг массаси катта бўлмай, истаган ҳолатда ўрнатилиши мумкин, ёнгина хавфсиз. ЗНОЛ.06 трансформаторлари КРУ ҳамда комплект ток ўтказувчилардаги НТМИ ва ЗНОМ мойли трансформаторлар ўрнига, НОЛ.08 сериядаги трансформаторлар эса НОМ-6 ва НОМ-10 лар ўрнига алмаштиришга мўлжалланган.

4.10. ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРДАГИ ЎЛЧАШ СИСТЕМАЛАРИ

Электростанция ва подстанциялардаги асосий ва ёрдамчи асбоб-ускуналарининг иш режимлари ўлчов приборлари воситасида контрол қилинади.

Объект характери ҳамда уни бошқариш структурасига қараб, контрол қилиш ҳажми ва контрол ўлчов аппаратларининг ўрнатилиш жойи турлича бўлиши мумкин. Приборлар генератор — трансформатор блокли электростанциялардаги ҳамда маҳаллий шчитлардаги бош бошқарув шчити (ГЩУ*) блокли бошқариш шчити (БЩУ**) ва марказий бошқариш шчит (ЦЩУ***) ларига ўрнатилади.

* ГЩУ—главное шит управления.

** БЩУ—блочный шит управления.

*** ЦЩУ—центральный шит управления.

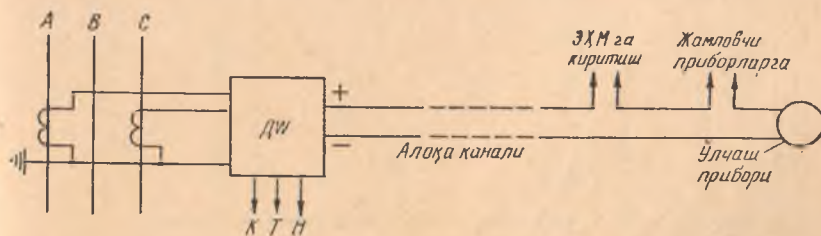
Иш режимининг хусусиятларига кўра ҳатто бир хил уланмаларда ҳам, контрол ўлчов приборларининг сони турлича бўлиши мумкин. 4.9-жадвалда контрол ўлчов приборларининг тавсия этиладиган рўйхати келтирилган [4-11, 4-12].

Энг кўп ўлчов приборлари кучли генераторларнинг занжирида керак бўлиб, уларда ҳамма фазаларнинг нагрукаси, актив ва реактив қувват катталиги контрол қилинади, ишлаб чиқарилган электр энергияси ҳисобга олинади, шунингдек, ротор билан уйғотгичнинг занжиридаги ток ва кучланиш контрол қилинади. Кўрсатувчи приборлардан ташқари яна қайд қилувчи (ўзиёзар) приборлар: генераторнинг статор занжирида актив ва реактив қувватни контрол қилувчи ваттметрлар ва варметрлар; ротор занжирида амперметрлар ва вольтметрлар ўрнатилади. Бундан ташқари, ҳар бир генератор занжирига актив ва реактив қувват датчиклари ўрнатиш кўзда тутилиб, улар ЦЩУ ёки ГЩУ даги варметр ва йиғувчи ваттметрга, телемеханика қурилмаларига ўлчанаётган параметр қийматини узатади.

330—500 кВ ли системалараро линиялардаги ҳар бир фазанинг токи контрол қилинади, чунки 330—350 кВ ли вилючателлар фаза бўйича бошқарилади. Актив ва реактив қувват тоқларининг устунлиги ҳам контрол қилинади. Бундан ташқари, подстанцияга учта фаза кучланиши ва токни, ноль кетма-кетлилик кучланиши билан токи ва ҳоказоларни ёзиб борувчи осциллограф ўрнатилади. Бу ёзишлар авария режимларининг ҳосил бўлиш сабаблари ва уларнинг боришини аниқлашга ёрдам беради.

Юқори кучланишли линияларда бузилган жойни аниқлаш учун керак бўладиган параметрларни қайд қилувчи приборлар ўрнатилади.

Занжирлардаги ток, қувват ёки бошқа миқдорларини контрол қилиш талаб этиладиган объект бошқариш шчитидан узоқда жойлашган бўлса (бир неча юздан минглаб метргача), у ҳолда приборлардан то ўлчаш трансформаторларигача бўлган сим қаршилиги шунча катта миқдорга етадики, бунда хатолик ҳаддан ташқари катталашиб кетади. Бу ҳолда ток, актив ва реактив қувватни ўлчаш ўзгартиргичлари қўлланилади. Ўлчаш ўзгартиргич (датчик) ўлчанаётган параметр занжирига ток ва кучланиш трансформаторлари орқали уланиб, чиқишида ўлчанаётган параметр билан тўғри чиқиқли боғланган ўзгармас токни беради. Датчикдан чиқаётган ўзгармас ток 5 мА дан ортмаганлиги учун, датчикни ўлчов прибори



4-97- расм. Теле ўлчигич қурилмасининг структура схемаси.

Электростанция ва подстанциялардаги контрол ўлчов приборлари

№	Занжир	Приборларни ўрнатиш жойи	Приборлар рўйхати	Эслатма
1	2	3	4	5
А. Электростанциялар				
1.	Турбогенератор	Статор Ротор	Ҳар фазадаги амперметр, вольтметр, ваттметр, варметр, актив энергия сўтчиги, актив ва реактив қувват датчиклари Қайд этувчи приборлар: ваттметр, амперметр ва вольтметр (60 МВт ва ундан юқори қувватли генераторларда) Амперметр, вольтметр. Асосий ва резерв уйғотгичнинг занжиридаги вольтметр. Қайд этувчи амперметр (60 МВт ва ундан юқори қувватли генераторларда)	1. Айтиб ўтилган приборлар бошқаришнинг асосий шчитлари (БЦУ ёки ЦЦУ) га ўрнатилади. 2. 12 МВт гача бўлган генераторлар статорининг занжирига битта амперметр ўрнатилади. 3. Турбинанинг группа шчитига ваттметр, статорнинг занжирига частотомер (агар БЦУ бўлса) ва уйғотиш занжирига вольтметр ўрнатилади. 4. БЦУ мавжудлигида ЦЦУ га ваттметр ва варметр ўрнатилади. 5. ЦЦУ га частотомер, йиғувчи ваттметр ва варметр ўрнатилади.
2.	Гидрогенератор	Статор Ротор	Турбогенератордаги приборларнинг ўзи Амперметр, вольтметр	— —

4.9-жадвал (давоми)

1	2	3	4	5	
3.	Генератор трансформатор блоки	Генератор	1-пунктдаги приборлар	1. Генератор занжирига осциллограф ва синхронловчи приборлар ўрнатилади.	
		Трансформатор блоки	НН СН ВН	Амперметр, ваттметр ва икки томонда шкалали варметр Амперметр	—
4.	Энергосистема ёки турли кучланишли РУ билан боғловчи трансформатор	Икки чулғамли	ВН НН	— Амперметр, ваттметр ва икки томонда шкалали варметр	Трансформатор—линия блокада ишлайдиган трансформаторларда амперметрлар ҳамма фазаларга ўрнатилади.
		Уч чулғамли ва автотрансформатор	НН СН ВН	Шунинг ўзи Шунинг ўзи Амперметр	—
5.	Линия ёки ўз эҳтиёжи трансформатори	Битта секцияга	Таъминлаш томонидан: амперметр, ваттметр, актив энергия сўтчиги	Блокли ТЭС да приборлар 6,3 кВ киргичда ўрнатилади	
		Иккита секцияга	6,3 кВ секцияларнинг киргичида: амперметр, ваттметр, актив энергия сўтчиги, актив қувват датчиги	—	
6.	Истеъмолчиларга борадиган 6—10 кВ линия		Амперметр, истеъмолчиларга тегишли линиялар учун актив ва реактив энергиялар сўтчиклари		

№	Занжир	Приборларни ўрнатиш жойи	Приборлар рўйхати	Эслатма
1	2	3	4	5
				Агар сўтчиклар бўйича пул ҳисоби олиб борилмаса, у ҳолда реактив энергия сўтчиги ўрнатишмайди.
7.	35 кВ ли линия		Амперметр, берк истеъмолчилар линияларида актив ва реактив энергиялар сўтчиклари	6- пунктнинг эслатмасига қаранг
8.	110—220 кВ ли линия		Амперметр, ваттметр, варметр, қ. т. жойини аниқлаш учун фойдаланиладиган қайд этувчи прибор, берк истеъмолчилар линияларида актив ва реактив энергия сўтчиклари	1. Фазалар бўйича бошқариладиган линиялар учун урта амперметр ўрнатилади. 2. Икки томонлама таъминлайдиган линияларда ваттметр ва варметр икки томонида шкалалари бўлади. Стопорли иккита актив энергия сўтчиклари.
9.	330—750 кВ ли линиялар		Ҳар бир фаза учун амперметр икки томонида шкалалари ваттметр ва варметр, осциллограф, қисқа туташув жойини аниқлаш учун қайд этувчи прибор, актив ва реактив қувват датчиги	Системалараро боғловчи линияларга стопорли актив энергия сўтчиклари ўрнатилади.

4.9- жадвал (давоми)

1	2	3	4	5
10.	Йиғма шиналар	Ҳар бир секцияга ёки шиналар системасига	Фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун вольтметр, учта фаза кучланишни ўлчаш учун қайта улагичли вольтметр, частотамер иккита вольтметр ва синхроскоп	Синхронизациялаш приборлари синхронизациялаш керак бўлгандагина ўрнатилади.
		Исталган секция ёки шиналар системасига қайта улагичли умумий приборлар	Фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун иккита қайд этувчи вольтметр ва иккита частотомер	— —
11.	Ўз эҳтиёжининг 6 кВ ли шиналари		Фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун вольтметр, учта фаза кучланишни ўлчаш учун қайта улагичли вольтметр	—
12.	Электр двигателлар	Статор	Амперметр	Икки тезликли электродвигателларнинг ҳар қайси чулғамига амперметрлар ўрнатилади
13.	Электростанциянинг юқори кучланишли йиғма шиналари	Ҳар бир секцияга ёки шиналар системасига	Учта фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун қайта улагичли вольтметр қайд этувчи приборлар: частотомер, вольтметр ва йиғувчи ваттметр (200 МВт ва ундан юқори қувватли электростанцияларда); синхронизациялаш приборлари: иккита частотомер, иккита вольтметр, синхроскоп, осциллограф.	1. 35 кВ ли шиналарга фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун битта вольтметр ва учта фаза кучланишларини ўлчаш учун битта қайта улагичли вольтметр ўрнатилади. 2. 110 кВ ли шиналардаги секцияга биттадан осциллограф, 150—220 кВ ли шиналарга иккитадан осциллограф ўрнатилади.

№	Занжир	Приборларни ўрнатиш жойи	Приборлар рўяхати	Эслатма
1	2	3	4	5
14.	Шина улагич ва секцион выключатель		Амперметр	—
15.	Айланиб ўтувчи выключатель		Амперметр, ваттметр, икки томонида шкалали варметр, ҳисоблаш счётчиги ва қайд қилувчи прибор	—
16.	Шунтловчи реактор		Амперметр, варметр	—
17.	Шунтловчи сизим		Ҳар бир фазада амперметр, варметр	—
Б. Подстанциялар				
18.	Пасайтирувчи икки чулғамли трансформатор	ВН НН	— Амперметр, ваттметр, варметр, актив ва реактив энергия счётчиги	1. Ваттметр фақат 110 кВ ва ундан ортиқ трансформаторлар учун. 2. Варметр—фақат 220 кВ ва ундан ортиқ трансформаторлар учун.
19.	Уч чулғамли трансформатор ёки авто-трансформатор	ВН СН	Амперметр Амперметр, ваттметр, варметр актив ва реактив энергия счётчиглари	3. Агар трансформатор орқали ўтувчи қувват оқимининг йўналиши ўзгарса, бунда икки томонида шкалали ваттметрлар ва варметрлар ҳамда иккита стопорли счётчиглар ўрнатилади.

1	2	3	4	5
		НН	Худди СН даги каби	4. 6—10 кВ ли шиналарга қўш реактор орқали бириктирилган НН чулғами ажралган трансформаторларда, приборлар ҳар бир НН занжирига ўрнатилади
20.	Синхрон компенсатор	Статор Ротор	Амперметр, вольтметр икки томонида шкалали варметр стопорли реактив энергия счётчиглари Амперметр, вольтметр	
21.	6, 10, 35 кВ ли йиғма шиналар	Ҳар бир секцияда ёки шиналар системасида	Фазалар орасидаги кучланишни ўлчаш учун вольтметр ва учта фаза кучланишини ўлчаш учун қайта улагичли вольтметр	Транзит подстанциядаги 35 кВ ли шиналарда, агар подстанция шиналари системада кучланиш бўйича текшириладиган нуқтадан иборат бўлса, қайд қилувчи вольтметр ўрнатилади.
22.	110—220 кВ ли йиғма шиналар	Ҳар бир секцияда ёки шиналар системасида	Фазалар орасидаги учта кучланишни ўлчаш учун қайта улагичли вольтметр ва қайд этувчи вольтметр, транзит подстанцияларда осциллограф қайд қилувчи прибор (U_0)	21-пунктдаги эслатмага қаранг.
23.	330 кВ ва ундан юқори йиғма шиналар	Ҳар бир секцияда ёки шиналар системасида	22-пунктдагининг ўзи ва қайд этувчи частотомер	Энергосистеманинг ишлаш шароитлари бўйича подстанцияда қўл билан аниқ синхронлаш талаб этилса, бу ҳолда синхронлаш колонкаси ўрнатилади.

№	Занжир	Приборларни ўрнатил жойи	Приборлар рўйхати	Эслатма
1	2	3	4	5
24.	Секцион шина улагич ва айланиб ўтулчи выключатель		14, 15- пунктдагиларнинг ўзи	—
25.	6—500 кВ ли линиялар		6, 7, 8, 9- пунктдагиларнинг ўзи	—
26.	Ўз эҳтиёжи трансформатори	ВН НН	— Амперметр, актив энергиянинг ҳисоблаш саноқчиси	
27.	Ёй сўндирувчи ғалтак		Қайд қилувчи амперметр	—

рига улайдиган симлар кичик кесимли қилиб олиниши мумкин. 4.-97- расмда актив қувватнинг ўлчаш ўзгартиргичи билан ўлчов приборининг уланиш функционал схемаси кўрсатилган.

Ток ва кучланиш трансформаторларига ўлчов приборларини анъанавий улашга қараганда ўлчаш ўзгарткичларини ишлатиш қуйидаги афзалликларга эга:

Ток ва кучланиш трансформаторларининг нагрузкаси камаяди, чунки ўзгарткич истеъмол қиладиган қувват ток занжирлари бўйича $1 \text{ В} \cdot \text{А}$ ва кучланиш занжирлари бўйича $10 \text{ В} \cdot \text{А}$ дан ошмайди;

ЭВМ га узлуксиз маълумот бериш имконияти туғилади;
контрол қилинадиган кабелларининг кесими кичраяди;
чақирув бўйича ўлчаш осонлашади, чунки ўзгарткичлар узук занжир билан ҳам ишлаши мумкин;

ҳамма ўлчашлар учун оддий прибор — миллиамперметр қўлланилади.

Агар узатувчи (датчик) ва қабул қилувчи (прибор) қурилмалар бир-биридан бир неча километр узоқликда жойлашса, у ҳолда телеўлчашнинг симли системаси (яқиндан таъсир этувчи) қўлланилади.

Агар контрол қилинувчи объект бошқариш пунктдан бир неча ўн ва юз километр масофада жойлашса, у ҳолда телеўлчашларни узатиш учун юқори частотали алоқа каналлари бўйича ишлайдиган телемеханиканинг махсус қурилмалари қўлланилади.

4.11- ўлчаш трансформаторларини танлаш

а) Ток трансформаторларини танлаш

Ток трансформаторлари қуйидагича танланади:
кучланиш бўйича

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

ток бўйича

$$I_{\text{ном}} \leq I_{1 \text{ ном}}, I_{\text{мах}} \leq I_{1 \text{ ном}}$$

Номинал ток установканинг иш токига мумкин қадар яқин бўлиши лозим, чунки бирламчи чулғамни тўла юкламаслик ҳатонинг ортишига олиб келади;

Электродинамик турғунлиги бўйича:

$$i_y \leq k_{\text{эд}} \sqrt{2} I_{1 \text{ ном}}$$

бунда i_y — ҳисобланган қ. т. нинг зарбий токи; $k_{\text{эд}}$ — электродинамик турғунликнинг каталог бўйича карралиги; $I_{1 \text{ ном}}$ ток трансформаторларининг номинал бирламчи токи.

Шинали ток трансформаторларининг электродинамик турғунлиги тақсимлаш қурилмалари шинасининг турғунлиги бўйича аниқланадиганлиги учун, бундай трансформаторлар бу шарт бўйича текширилмайди;

термик турғунлиги бўйича:

$$B_k \leq (k_T I_{1 \text{ ном}})^2 t_T,$$

бунда B_k — ҳисоб бўйича иссиқлик импулси; k_T — каталог бўйича термик турғунлик карралиги; t_T — каталог бўйича термик турғунлик вақти;

иккиламчи нагрузка бўйича:

$$z_2 \leq z_{2 \text{ ном}},$$

бунда z_2 — ток трансформаторининг иккиламчи нагрузкаси; $z_{2 \text{ ном}}$ — танланган аниқлик классисидаги ток трансформаторининг рухсат этилган номинал нагрузкаси.

Иккиламчи нагрузка бўйича ток трансформаторларини танлашни батафсил кўриб чиқамиз. Ток занжирларининг индуктив қаршилиги унча катта бўлмаганлиги учун $z_2 \approx r_2$. Иккиламчи нагрузка r_2 приборлар $r_{\text{приб}}$ ва улайдиган симлар $r_{\text{пр}}$ қаршилиги ҳамда контактларнинг ўткинчи қаршилиги r_k дан ташкил топган:

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_k.$$

Приборларнинг қаршилиги қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2},$$

бунда $S_{\text{приб}}$ — приборлар истеъмол қиладиган қувват; I_2 — приборнинг иккиламчи номинал токи.

Контактларнинг қаршилиги икки — учта приборлар учун 0,05 Ом ва кўп сондаги приборлар учун 0,1 Ом деб олинади. Уланадиган симларнинг қаршилиги уларнинг узунлиги ва кўндаланг кесимига боғлиқ. Ток трансформатори танланган класс аниқлигида ишлаши учун қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

$$r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_k \leq z_{2 \text{ ном}},$$

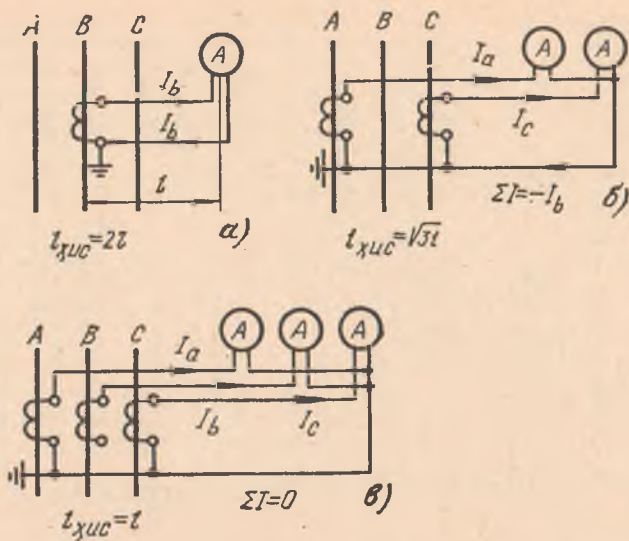
бундан

$$r_{\text{пр}} = z_{2 \text{ ном}} - r_{\text{приб}} - r_k.$$

$r_{\text{пр}}$ нинг қийматини билган ҳолда уланадиган симлар кесимини аниқлаш мумкин:

$$q = \frac{\rho l_{\text{хис}}}{r_{\text{пр}}},$$

бунда ρ — сим материалининг солиштира қаршилиги. Мис томирли симлар ($\rho = 0,0175$) 100 МВт ва ундан юқори агрегатли кучли электростанцияларнинг асосий ва ёрдамчи асбоб-ускуналарининг иккиламчи занжирида, шунингдек, юқори кучланиши 220 кВ ва ундан юқори подстанцияларда қўлланилади. Қолган ҳолларда иккиламчи занжирларда алюминий томирли симлар ($\rho = 0,283$) қўлланилади; $l_{\text{хис}}$ — ток трансформаторларининг бириктириш схемасига боғлиқ бўлган ҳисобланган узунлик (4.98-расм).



4-98- расм. Ток трансформаторлари ва ўлчов приборларининг уланиш схемалари:

a — бир фазага уланиши; *б* — приборларнинг тўлиқ бўлмаган юлдузчага уланиши; *в* — приборларнинг тўлиқ юлдузчага уланиши.

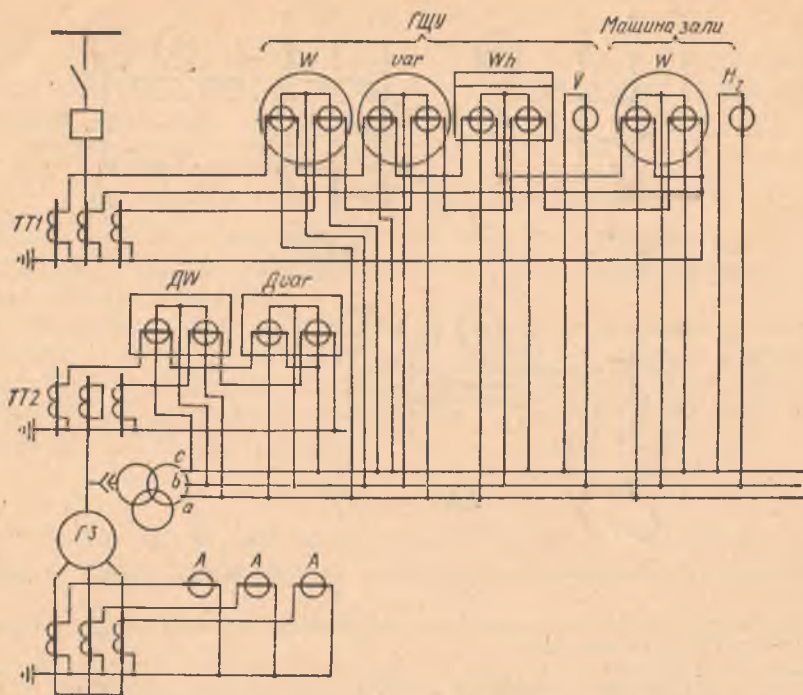
Ток трансформаторларидан приборларгача ҳар хил улайдиган симлар узунлигини тахминан қуйидагича олиш мумкин (бир томонга), м:

Истеъмолчиларга борадиган линиялардан ташқари, 6- 10 кВ ли ГРУ занжирларининг ҳаммаси	40 — 60
Блокли электростанцияларнинг генератор кучланиш занжирлари	20 — 40
Истеъмолчиларга борадиган 6- 10 кВ ли линиялар	4 — 6
РУнинг ҳамма занжири учун:	60 — 75
35 кВ ли	
110 кВ ли	75 — 100
220 кВ ли	100 — 150
330 — 500 кВ ли	150 — 175
Синхрон компенсаторлар	25 — 40

Бириктирувчи симлар сифатида қоғоз, резина, полихлорвинил ёки полиэтилен билан изоляцияланган, қўрғошинли, резинали, полихлорвинилли ёки махсус иссиққа чидамли қобиққа ўралган куп томирли контрол кабеллар қўлланилади. Мустақкамлик шартига асосан алюминий томирлар кесими 2,5 мм дан, мис томирларники 1,5 мм² дан кичик бўлмаслиги лозим. Одатда, 6 мм² дан катта кесимли томирлар ишлатилмайди.

4.7- мисол. Топшириқ, 10 кВ ли йиғма шиналарга уланган ТВФ — 60 — 2т генераторининг занжиридаги ўлчаш приборларини улаш учун ток трансформаторлари танлансин. Генератор занжиридаги қ. т. тоқларининг қийматлари 4.6- мисолда келтирилган.

Ечиш. Керакли ўлчов приборлари рўйхати 4.9- жадвалдан олинади, уларнинг уланиш схемаси 499- расмда кўрсатилган. Генератор чиққичларидан турбина бўлимининг деворигача бўлган бўлак комплект ток ўтказувчи ТЭКН- 20



4-99- расм. Генератор ўлчов приборларининг уланиш схемаси.

7800 дан тайёрланганлиги сабабли (4.1-ўмисолга қаранг), ўрнатиладиган ток трансформатори ТЩЛ — 10К = 5000 0,5 р танлаймиз (каталог 02.13.16-71)

Ҳисобланган ва каталог маълумотларини солиштириш 4.10-жадвалда келтирилган.

4.10-жадвал

Маълумотларни солиштириш

Ҳисобланган маълумотлар	Каталог маълумотлари
$U_{уст} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 4350 \text{ А}$	$I_{ном} = 5000 \text{ А}$
$i_y = 92,39 \text{ кА}$	Текширилмайди
$B_k = 4912 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$(k_T I_{ном})^2 t_T = (70 \cdot 5)^2 \cdot 1 = 24500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Ток трансформаторини иккиламчи нагрузка бўйича текшириш учун приборларнинг уланиш схемаси (4.99-расм) ва каталог маълумотларидан фойдаланиб энг кўп юкланган ток трансформатори ТТ1 нинг фазалар бўйича нагрузкасини аниқлаймиз (4.11-жадвал).

Ток трансформаторининг иккиламчи нагрукаси (4.6- мисол учун)

Прибор	Тип	Фаза нагр узка, В·А		
		А	В	С
Ваттметр	Д- 335	0,5	—	0,5
Варметр	Д- 335	0,5	—	0,5
Актив энергия счетчиги	И- 680	2,5	—	2,5
Ваттметр (машина зали)	Д- 305	0,5	—	0,5
Ж а м и		4,0		4,0

4.11- жадвалдан кўринадики, А ва С фазаларнинг ток трансформаторлари энг кўп нагрукаланган.

Приборларнинг умумий қаршилиги

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{4,0}{25} = 0,16 \text{ Ом.}$$

0,5 класс аниқлигидаги ток трансформаторининг иккиламчи номинал нагрукаси 0,8 Ом ни ташкил этади. Контактларнинг қаршилигини 0,1 Ом деб қабул қилсак, у ҳолда симларнинг қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$r_{\text{пр}} = z_2 \text{ ном} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} = 0,8 - 0,16 - 0,1 = 0,54 \text{ Ом.}$$

Алюминий томирли улаш симларининг узунлигини 40 м деб қабул қилиб, қундаланг кесимни аниқлаймиз:

$$q = \frac{\rho I_{\text{хис}}}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 40}{0,54} = 3,64 \text{ мм}^2.$$

Кесими 4 мм² томирли АКВРГ контрол кабелини оламиз.

6) Кучланиш трансформаторларини танлаш

Кучланиш трансформаторлари қуйидагича танланади:

Установканинг кучланиши бўйича $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;

чулғамларнинг конструкцияси ва уланиш схемаси бўйича;
аниқлик классификацияси бўйича;

иккиламчи нагрукаси бўйича $S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$,

бунда $S_{\text{ном}}$ — танланган аниқлик классификациясидаги номинал қувват, бунда шуни ҳисобга олиш керакки, юлдузча кўринишида уланган бир фазали трансформаторлар учун учала фазанинг қувватлар йиғиндисини, очиқ учбурчаклик схемаси бўйича уланган трансформаторлар учун эса битта трансформаторнинг иккиланган қувватини олиш лозим; $S_{2\Sigma}$ — кучланиш трансформаторига уланган ҳамма реле ва ўлчов приборларининг нагрукаси, В·А.

Ҳисоблашни соддалаштириш учун приборларнинг нагрукасини фазалар бўйича бўлиш шарт эмас, у ҳолда:

$$\begin{aligned} S_{2\Sigma} &= \sqrt{(\sum S_{\text{приб}} \cos \varphi_{\text{приб}})^2 + (\sum S_{\text{приб}} \sin \varphi_{\text{приб}})^2} = \\ &= \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}. \end{aligned}$$

Агар иккиламчи нагрузка танланган аниқлик классигаги номинал қувватдан катта бўлса, у ҳолда иккинчи кучланиш трансформатори ўрнатилади ва приборларнинг бир қисми унга уланади.

Кучланиш трансформаторларининг занжирларидаги симларнинг кесими кучланишнинг рухсат этилган йўқотилган қиймати бўйича аниқланади. ПУЭ га асосан номинал нагрузкада, кучланиш трансформаторларидан ҳисоблаш сўтчикларигача бўлган кучланиш йўқотилиши 0,5% дан ортмаслиги, шчитдаги ўлчов приборларигача йўқотилиш эса 1,5% дан ортмаслиги лозим.

Ўқитишда лойиҳалаш ҳисобини осонлаштириш учун механик мустаҳкамлиги шарти бўйича симларнинг кесимини мис томирлари учун 1,5² мм ва алюминий томирлилар учун 2,5² мм дан олиш мумкин.

4.8- мисол. Топшириқ. Генератор занжиридаги ўлчов приборларини улаш учун кучланиш трансформатори танлансин (4.99- расм билан 4.7- мисол шартига қаранг).

Ечиш. Қомплект ток ўтказувчи занжирига ЗНОЛ.06-10 типдаги кучланиш трансформатори ўрнатиб, унга ўлчов приборлари ҳамда генераторнинг занжиридаги изоляцияни контрол қилиш приборлари уланади.

Асосий чулғам нагрузкасини ҳисоблаш 4.12- жадвалда келтирилган.

Иккиламчи нагрузка

$$S_{2,\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{39^2 + 9,7^2} = 40,1 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Танланган ЗНОЛ.06—10 УЗ трансформатори 0,5 аниқлик классига 75В.А ли сўтчикларни улар учун керакли номинал қувватга эга. Шундай қилиб, $S_{2,\Sigma} = 40,1 < S_{\text{ном}} = 75 \text{ В} \cdot \text{А}$, трансформатор танланган аниқлик классига ишлайди.

4.12- жадвал

Кучланиш трансформаторининг иккиламчи нагрузкаси (4.8- мисолга)

Прибор	Тип	Битта ғалтак-нинг истеъмол қуввати В.А.	Ғалтаклар сони	cos φ	sin φ	Приборлар сони	Умумий истеъмол қуввати	
							P, Вт	Q В.А
Вольтметр	Э-335	2,0	1	1	0	1	2,0	—
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3,0	—
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3,0	—
Актив қувват датчиги	829	10	1	1	0	1	10,0	—
Реактив қувват датчиги	830	10	—	1	0	1	10,0	—
Актив энергия сўтчиги	И-680	2,0 Вт	2	0,38	0,925	1	4,0	9,7
Ваттметр	Д-305	2,0	2	1	0	1	4,0	—
Частотомер	Э-571	3,0	1	1	0	1	3,0	—
Ж а ъ ми							39,0	9,7

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

5.1. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАЛАРНИНГ СХЕМАЛАРИ ҲАҚИДА ЎЗГАРТИРИШ МАЪЛУМОТЛАРИ

а) Схемаларнинг турлари ва уларнинг вазифаси

Электростанция (подстанция)лар электрик улашилариининг бош схемаси — бир-бири билан ўзаро уланган натурал кўринишдаги асосий электр жиҳозлари (генератор, трансформатор, линиялар), йиғма шиналар, коммутацион ва бошқа бирламчи аппаратуралар билан улар орасида натурал кўринишда бажарилган барча улашиллар мажмуидир.

Бош схемани танлаш электр станция (подстанция) электр қисмини лойиҳалашда асосий мезон ҳисобланади, чунки у элементларнинг тўлиқ таркибини ва улар орасидаги боғланишни аниқлайди. Танланган бош схема электрик улашилларнинг принципал схемаси, ўз эҳтиёжи схемаси, иккиламчи улашилларнинг схемаси, монтаж ва бошқа схемаларни тузишда бошланғич маълумот ҳисобланади.

Бош схемалар чизмада бир чизиқли қилиб тасвирланиб, бунда установканинг ҳамма элементлари узилган ҳолатда бўлади. Айрим ҳолларда схеманинг айрим элементларини иш ҳолатида кўрсатишга йўл қўйилади.

Схеманинг ҳамма элементлари билан улар орасидаги боғланишлар конструкторлик ҳужжатларининг ягона системаси (ЕСКД) стандартларига мувофиқ кўрсатилади. Схема асосий элементларининг шартли график белгилари 1.2-жадвалда кўрсатилган.

Эксплуатация шароитларида схемани тўлиқ тасвирлаш билан бир қаторда соддалаштирилган *о п е р а т и в с х е м а л а р* қўлланилиб, уларда фақат асосий жиҳозлар кўрсатилади. Смена навбатчиси оператив схемани тўлдиради ва унга виключателлар ҳамда ажраткичларнинг ҳолатида навбатчилик даврида юз берган зарур ўзгаришларни киритади.

Электр установкаларни лойиҳалашда бош схемани тузишдан олдин электр энергия (қувват) ни беришнинг *с т р у к т у р а с х е м а с и* тузилиб, унда электроустановканинг асосий функционал қисми (тақсимлагич қурилма, трансформаторлар, генераторлар) ва улар орасидаги боғланиш кўрсатилади. Структура схемалар кейинчалик принципал схемаларни янада тўлароқ ва батафсилроқ ишлаб чиқиш, шунингдек электроустановканинг иши билан умумий танишиб чиқиш учун хизмат қилади.

Бу схемаларнинг чизмаларида функционал қисмлар тўғри бурчаклар ёки шартли график тасвирлар кўринишида (5.1-расм, а) тасвирланади. Схемада аппаратлар (виключатель, ажратгич, ток трансформатори ва ҳоказолар) дан ҳеч қайсиси кўрсатилмайди.

5.1-расм, б да шу подстанциянинг бош схемаси айрим аппаратларсиз — ток, кучланиш трансформаторларисиз, разрядникларсиз

Агар иккиламчи нагрузка танланган аниқлик классидаги номинал қувватдан катта бўлса, у ҳолда иккинчи кучланиш трансформатори ўрнатилади ва приборларнинг бир қисми унга уланади.

Кучланиш трансформаторларининг занжирларидаги симларнинг кесими кучланишнинг рухсат этилган йўқотилган қиймати бўйича аниқланади. ПУЭ га асосан номинал нагрузкада, кучланиш трансформаторларидан ҳисоблаш счётчикларигача бўлган кучланиш йўқотилиши 0,5% дан ортмаслиги, шчитдаги ўлчов приборларигача йўқотилиш эса 1,5% дан ортмаслиги лозим.

Ўқитишда лойиҳалаш ҳисобини осонлаштириш учун механик мустаҳкамлиги шарти бўйича симларнинг кесимини мис томирлари учун 1,5² мм ва алюминий томирлилар учун 2,5² мм дан олиш мумкин.

4.8- мисол. **Топшириқ.** Генератор занжиридаги ўлчов приборларини улаш учун кучланиш трансформатори танлансин (4.99- расм билан 4.7- мисол шартига қаранг).

Ечиш. Комплект ток ўтказувчи занжирига ЗНОЛ.06-10 типидagi кучланиш трансформатори ўрнатиб, унга ўлчов приборлари ҳамда генераторнинг занжиридagi изоляцияни контрол қилиш приборлари уланади.

Асосий чулғам нагрузкасини ҳисоблаш 4.12- жадвалда келтирилган.

Иккиламчи нагрузка

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{39^2 + 9,7^2} = 40,1 \text{ В}\cdot\text{А}.$$

Танланган ЗНОЛ.0.6—10 УЗ трансформатори 0,5 аниқлик классида 75В.А ли счётчиклари улар учун керакли номинал қувватга эга. Шундай қилиб, $S_{2\Sigma} = 40,1 < S_{\text{ном}} = 75 \text{ В}\cdot\text{А}$, трансформатор танланган аниқлик классида ишлайди.

4.12- ж а д в а л

Кучланиш трансформаторининг иккиламчи нагрузкаси (4.8- мисолга)

Прибор	Тип	Битта ғалтак-нинг истеъмол қуввати В.А.	Ғалтаклар сони	cos φ	sin φ	Приборлар сони	Умумий истеъмол қуввати	
							P, Вт	Q, В.А
Вольтметр	Э-335	2,0	1	1	0	1	2,0	—
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3,0	—
Варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3,0	—
Актив қувват датчиги	829	10	—	1	0	1	10,0	—
Реактив қувват датчиги	830	10	—	1	0	1	10,0	—
Актив энергия счётчиги	И-680	2,0 Вт	2	0,38	0,925	1	4,0	9,7
Ваттметр	Д-305	2,0	2	1	0	1	4,0	—
Частотомер	Э-371	3,0	1	1	0	1	3,0	—
Ж а ъ м и							39,0	9,7

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

5-1. ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАЛАРНИНГ СХЕМАЛАРИ ҲАҚИДА УМУМий МАЪЛУМОТЛАР

а) Схемаларнинг турлари ва уларнинг вазифаси

Электростанция (подстанция)лар электрик уланишларининг бош схемаси — бир-бири билан ўзаро уланган натурал кўринишдаги асосий электр жиҳозлари (генератор, трансформатор, линиялар), йиғма шиналар, коммутацион ва бошқа бирламчи аппаратуралар билан улар орасида натурал кўринишда бажарилган барча уланишлар мажмуидир.

Бош схемани танлаш электр станция (подстанция) электр қисмини лойиҳалашда асосий мезон ҳисобланади, чунки у элементларнинг тўлиқ таркибини ва улар орасидаги боғланишни аниқлайди. Танланган бош схема электрик уланишларнинг принциал схемаси, ўз эҳтиёжи схемаси, иккиламчи уланишларнинг схемаси, монтаж ва бошқа схемаларни тузишда бошланғич маълумот ҳисобланади.

Бош схемалар чизмада бир чизиқли қилиб тасвирланиб, бунда установканинг ҳамма элементлари узилган ҳолатда бўлади. Айрим ҳолларда схеманинг айрим элементларини иш ҳолатида кўрсатишга йўл қўйилади.

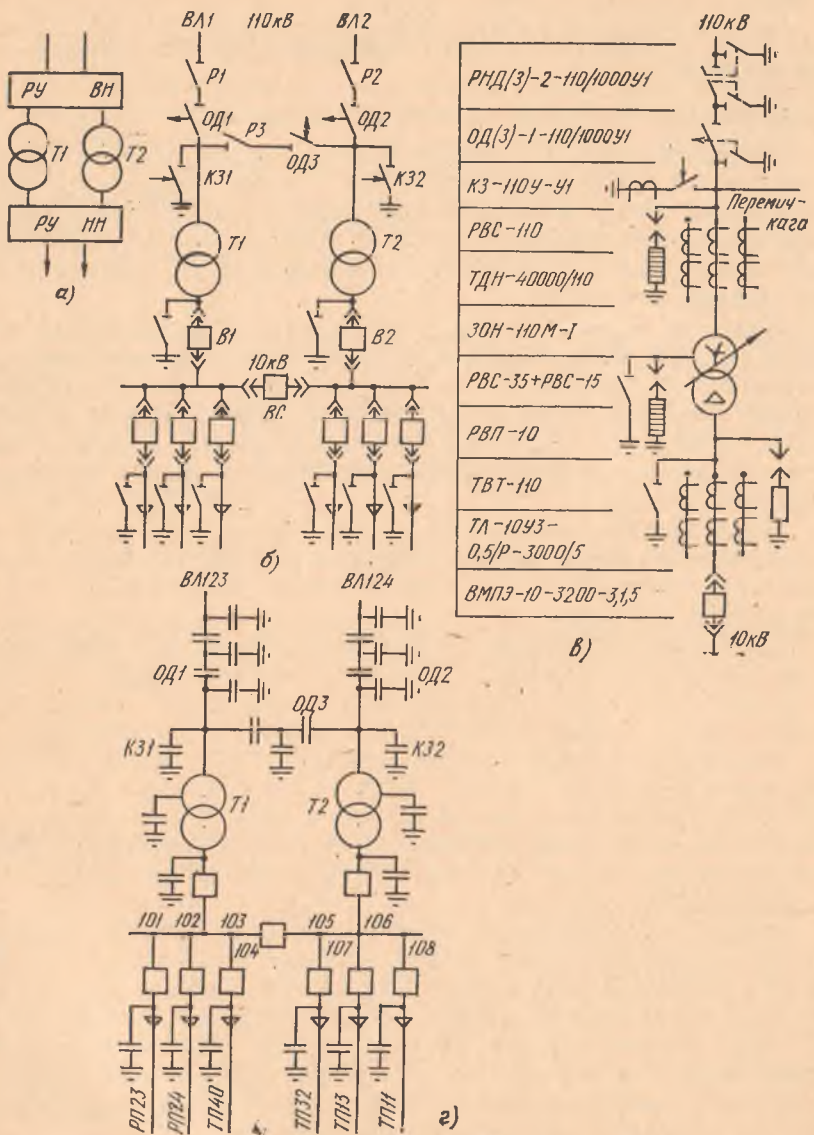
Схеманинг ҳамма элементлари билан улар орасидаги боғланишлар конструкторлик ҳужжатларининг ягона системаси (ЕСҚД) стандартларига мувофиқ кўрсатилади. Схема асосий элементларининг шартли график белгилари 1.2-жадвалда кўрсатилган.

Эксплуатация шароитларида схемани тўлиқ тасвирлаш билан бир қаторда соддалаштирилган **о п е р а т и в с х е м а л а р** қўлланилиб, уларда фақат асосий жиҳозлар кўрсатилади. Смена навбатчиси оператив схемани тўлдиради ва унга виключателлар ҳамда ажраткичларнинг ҳолатида навбатчилик даврида юз берган зарур ўзгаришларни киритади.

Электр установкаларни лойиҳалашда бош схемани тузишдан олдин электр энергия (қувват) ни беришнинг **с т р у к т у р а с х е м а с и** тузилиб, унда электроустановканинг асосий функционал қисми (тақсимлагич қурилма, трансформаторлар, генераторлар) ва улар орасидаги боғланиш кўрсатилади. Структура схемалар кейинчалик принципал схемаларни янада тулароқ ва батафсилроқ ишлаб чиқиш, шунингдек электроустановканинг иши билан умумий танишиб чиқиш учун хизмат қилади.

Бу схемаларнинг чизмаларида функционал қисмлар тўғри бурчаклар ёки шартли график тасвирлар кўринишида (5.1-расм, а) тасвирланади. Схемада аппаратлар (виключатель, ажратгич, ток трансформатори ва ҳоказолар) дан ҳеч қайсиси кўрсатилмайди.

5.1-расм, б да шу подстанциянинг бош схемаси айрим аппаратларсиз — ток, кучланиш трансформаторларсиз, разрядникларсиз



5-|- расм. Схемалар турлари (110/10 кВ ли подстанция мисолида):
 а — структур; б — бош содаллаштирилган; в — тўлиқ принципиал; г — оператив.

кўрсатилган. Бундай схема электрик уланишларнинг содда-лаштирилган принципиал схемаси бўлади. Тўлиқ принципиал схемада (5.1-рasm, в) бирламчи занжирнинг ҳамма аппаратлари, ажраткич ва узгичларнинг ерга уловчи пичоқлари, шунингдек, қўлланиладиган аппаратларнинг типлари кўрсатилади. Оператив схемада (5.1-рasm, з) шартли равишда ажраткич ва ерга уловчи пичоқлар кўрсатилган. Ҳар бир сменада навбатчилик қиладиган ходим томонидан шу аппаратларнинг ҳақиқий ҳолати (уланган, узилган) схемада кўрсатилади.

б) Электроустановкларнинг бош схемаларига қўйиладиган асосий талаблар

Электроустановкларнинг схемаларини танлашда қуйидаги факторлар ҳисобга олинади:

Электростанция ёки подстанцияларнинг энергосистемадаги роли ҳамда аҳамияти. Энергосистемада параллел ишлаётган электростанциялар бажарадиган вазифасига қараб кескин фарқланади. Улардан бири базисли бўлиб асосий нагрузкада ишласа, бошқалари — пиковий бўлиб, фақат максимал нагрузка вақтида суткада тўлиқ ишламайди, учинчиси уларнинг иссиқлик истеъмолчилари (ТЭЦ) талаб этадиган электрик нагрузкада ишлайди. Электростанцияларнинг турли вазифаси, ҳатто улардаги уланишлар сони бир хил бўлишига қарамай электр уланишларнинг турли схемаларини қўллаш мақсадга мувофиқ эканлигини кўрсатади.

Подстанциялар айрим истеъмолчиларни ёки бутун бир районни таъминлаш учун, энергосистеманинг бир қисмини ёки турли энергосистемаларни боғлаш учун хизмат қилиши мумкин. Подстанциянинг роли унинг схемасини аниқлайди.

Энергосистемада электростанция ёки подстанциянинг тутган ўрни, ёндош тармоқларнинг схемалари ва кучланишлари. Электростанция ёки подстанцияларнинг юқори кучланишли шиналари энергосистеманинг тугун (узловой) нуқтаси бўлиб, унда бир нечта электростанцияларни параллел ишлашга бириктирилади. Бу ҳолда шиналар орқали энергосистеманинг бир қисмидан бошқасига доимо қувватни ўтказиб туриш — қувватни транзитлаш мумкин. Бундай электроустановкларнинг схемасини танлашда, биринчи навбатда, қувватни транзитлаш масаласини ҳисобга олиш лозим.

Подстанциялар боши берк (тупикли), ўтиладиган (проходной), ажраган (отпаечный) бўлиши мумкин; бундай подстанцияларнинг уланиш схемалари ҳатто бир хил сонли ва қувватли трансформаторларда ҳам турлича бўлади.

6—10 кВ ли тақсимлаш қурилмаларининг схемалари истеъмолчиларнинг электр билан таъминланиш схемасига: якка ёки параллел линиялар билан таъминлаш, истеъмолчиларда ишга солинадиган резервларнинг мавжудлиги ва ҳоказога боғлиқ бўлади.

Электр билан таъминлаш ишончилиги даражасига қараб истеъмолчилар (тоифаси) категорияси. Электр билан таъминлаш ишончилиги нуқтаи назаридан ҳамма истеъмолчилар категорияга бўлинади.

Биринчи категория электр истеъмолчилари (приёмниклари) бу шундай электр истеъмолчиларики, уларнинг электр билан таъминланилиши узилса, кишилар ҳаёти хавф остида қолиши, қиммат баҳо асосий асбоб-ускуналар ишдан чиқиши, маҳсулот куплаб брак бўлиши, мураккаб технологик процесс бузилиши, халқ хўжалигига катта зарар егиши, коммунал хўжалигининг катта аҳамиятли элементларнинг бузилишига олиб келиши мумкин.

Биринчи категория электростановкаларининг ичидан истеъмолчиларининг алоҳида группаси ажратилиб, уларнинг тўхтовсиз ишлаши кишилар ҳаётини хавфдан сақлаш—портлаш, ёнғин ва қиммат баҳо асосий асбоб-ускуналарнинг бузилишига йўл қўймаслик мақсадида ишлаб чиқаришни авариясиз тўхтатишдан иборат.

Биринчи категория истеъмолчилари бир-бирига боғлиқ бўлмаган иккита манбадан таъминланиши керак бўлиб, танаффус фақат автоматик уланишга сарфланадиган вақтга рухсат этилади.

Биринчи категория электр истеъмолчиларининг алоҳида группасини электр билан таъминлаш учун учинчи мустақил манба кўзда тутилади. Мустақил манбалар деганда маҳаллий электростанция, энергосистеманинг электростанцияси, узлуksиз таъминловчи махсус агрегатлар, аккумуляторли батареялар ва ҳоказолар тушунилади.

Иккинчи категория электр истеъмолчилари шундай электр истеъмолчиларики, уларни электр билан таъминлаш узилса, маҳсулотларни оммавий бера олмаслик, ишчилар, механизмлар ва саноат транспортининг оммавий туриб қолишига, шаҳар ва қишлоқ аҳолиси анчагина қисмининг нормал фаолияти бузилишига олиб келади. Бу электр истеъмолчиларини иккита мустақил манбадан таъминлаш тавсия этилади.

Иккинчи категориядаги электр истеъмолчиларини электр билан таъминлашдаги узилиш вақти навбатчи ходим ёки келадиган оператив бригада резервдаги манбани улаши учун кетадиган вақтча бўлишига рухсат этилади.

Иккинчи категориядаги электр истеъмолчиларини битта ҳаво линияси ёки битта виключателга уланган камда иккита кабелдан тайёрланган бир кабелли линия орқали таъминлашга рухсат этилади.

Трансформаторларнинг марказлашган резерви мавжуд бўлса ҳамда бузилган трансформаторни алмаштириш имконияти бир сутка давомида бажарилса, иккинчи категория электр истеъмолчиларини битта трансформатордан таъминлашга рухсат этилади.

Учинчи категория электр истеъмолчиларига биринчи ва иккинчи категорияларнинг таърифларига тўғри келмайдиган ҳамма қолган электр истеъмолчилари киради. Бу электр истеъмолчилари битта ток манбадан таъминланиб, бунда электр билан таъминлаш системасининг элементини алмаштириш ёки ремонт қилиш учун керакли танаффус—бир суткадан ошмаслик шарти билан бажарилши керак.

Электростанция, подстанция ва тармоқнинг ёндашган участкасини кенгайтириши истиқболи ҳамда тараққий эттиришининг оралиқ босқичлари. Тақсимлаш қурилмаларининг схемаси ҳамда жойлашишини энергосистеманинг тараққий этишида уланишлар сонининг ортиш имкониятини ҳисобга олиб танлаш лозим бўлади. Йирик электростанциялар навбати билан қурилганлиги учун улаш схемасини танлашда биринчи, иккинчи, учинчи навбатда ва уни тугал ривожлантиришда ишга тушириладиган агрегат ва линиялар сони ҳисобга олинади.

Подстанция схемасини танлашда юқори ва ўрта кучлилишли линиялар сони билан уларнинг масъулият даражасини ҳисобга олиш лозим, шунинг учун турли ривожланиш босқичида подстанция схемаси турлича бўлиши мумкин.

Станция ва подстанция тақсимлаш қурилмалари схемасининг босқичли ривожланиши катта ўзгартиришларга олиб келмаслиги

керак. Бунга схемани танлашда унинг ривожланиш истиқболини ҳисобга олгандагина эришиш мумкин.

Электроустановкаларнинг схемаларини танлашда қ. т. тоқларининг йўл қўйилган даражаси ҳисобга олинади. Эҳтиёж туғилса, тармоқларни секциялаш, электроустановкани мустақил ишловчи қисмларга бўлиш ва махсус ток чегараловчи қурилмаларни ўрнаш каби масалалар ҳал қилинади.

Электроустановканинг бош схемасини танлашга таъсир этадиган комплекс шартлардан схемаларга қўйиладиган қуйидаги асосий талабларни кўрсатиш мумкин:

истеъмолчиларни электр билан таъминлашнинг ишончлилиги;
ремонт ишларининг бажарилишига мосланганлиги;
электрик схеманинг оператив ихчамлилиги;
иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқлиги.

И ш о џ ч л и л и к — бу электроустановканинг электр тармоғи участкасининг ёки энергосистеманинг истеъмолчиларини белгиланган сифатдаги электр энергияси билан узлуксиз, тўла таъминлаш хусусиятидир. Схеманинг истаган жойидаги асбоб-ускунанинг бузилиши, электр билан таъминлашни, системага энергия беришни, шина оғқали қувватни транзитлашни мумкин қадар бузмаслиги керак. Схеманинг ишончлилиги шу электроустановкадан таъминланаётган истеъмолчининг характери категориясига тўғри келиши керак.

Ишончлиликни истеъмолчиларни электр билан таъминлашнинг бузилиш давомийлиги ҳамда частотаси ва энергосистема билан унинг айрим тугунлари (узеллари) ни етарли даражада авариясиз ишлашни таъминлаш учун керак бўладиган авария резервининг нисбий катталиги билан баҳолан мумкин.

Электроустановкаларининг ремонт ишларига мосланганлиги истеъмолчиларни электр билан таъминлашни чекламасдан ёки бузмасдан туриб, ремонт ишларини олиб бориш имкониятига эга бўлиши билан баҳоланади. Шундай схемалар борки, виключателни ремонт қилиш учун уни ремонт тамом бўлгунча узиб туриш керак бўлади, бошқа схемаларда уланганлардан айримини махсус ремонт схемасини тузиш учун вақтинча узиб туриш талаб этилади; учинчиларда — виключателларни ремонт қилишда электр билан таъминлаш ҳатто қисқа вақтга ҳам узилмай амалга оширилади. Шундай қилиб, кўрилаётган схеманинг ремонт ишларини амалга ошириш учун мосланганлигини сон жиҳатидан қуйидагича: асбоб-ускуналарни ремонт қилиш ва истеъмолчиларни узиш частотаси ҳамда ўртача давомийлиги билан баҳолан мумкин.

Электр схеманинг оператив ихчамлилиги керакли эксплуатацион режимларни ҳосил қилиш ва оператив қайта уланишга мосланганлиги билан аниқланади.

Схеманинг энг катта оператив ихчамлилиги оператив қайта улашлар узоқдан (дистанцион) бошқарувчи юритмага эга бўлган виключатель ёки бошқа коммутацион аппаратлар томонидан амалга оширилгандагина таъминланади. Агар ҳамма қайта улашлар

узоқдан, автоматика воситаси ёрдамида амалга оширилса, яна ҳам яхшироқ бўларди, у ҳолда аварияни йўқотиш анча тезлашар эди.

Оператив ихчамлилик оператив қайта уланишлар сони, мураккаблиги ва давомийлиги билан баҳоланади.

Схеманинг иқтисодий мақсадга мувофиқлиги установакани қуриш учун сарфланган капитал маблағ, уни эксплуатация қилиш ва электр билан таъминлаш бузилганда қурилган зарарларни ўз ичига оладиган умумий сарф миқдори билан баҳоланади.

Қилинган харажатларни ҳисоблаш методикаси қуйида батафсил баён этилган.

в) Электростанция ва станциялардаги электр энергияни узатиш (бериш) схемаси

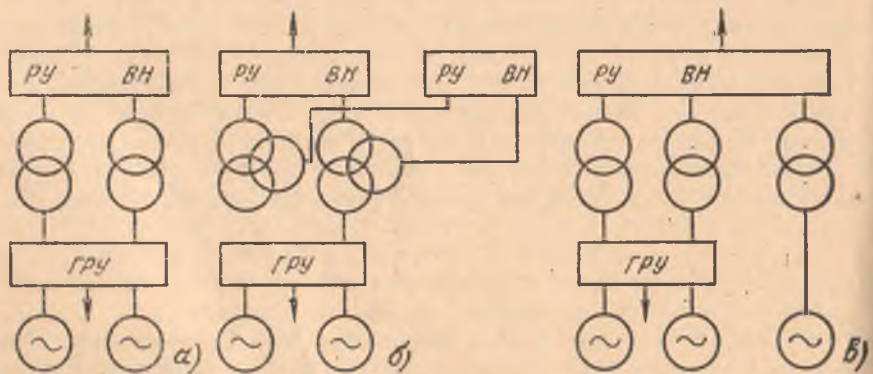
Электр энергияни узатиш схемаси асбоб-ускуналар таркибидан (генератор, трансформаторлар сони) ва турли кучланишдаги тақсимлаш қурилмалари (РУ) ўртасида нагрузканинг тақсимланишига боғлиқ.

ТЭЦ да электр энергияни узатишнинг структура схемаси 5.2-расмда кўрсатилган. Одатда бундай станциялар 6—10 кВ ли генератор кучланишидаги истеъмолчиларга эга бўлиб, бош тақсимлаш қурилмаси (ГРУ) қуришни тақозо этади.

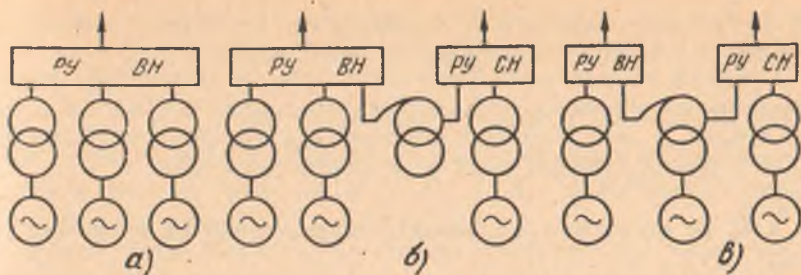
Энергосистема билан боғланиш 110, 220 кВ ли юқори кучланиш линиялари орқали амалга оширилади, шунинг учун ТЭЦ да ГРУ дан ташқари юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаси (РУ ВН) қурилади.

Агар ТЭЦ яқинида энергия кўп сарф қиладиган корхона мавжуд бўлса, у ҳолда уларни 35 ва ундан юқори кВ ли линиялар орқали таъминлаш мумкин. Бу ҳолда ТЭЦ да ўрта кучланишли тақсимлаш қурилмаси (РУ СН) назарда тутилади (5.2-расм, б).

ТЭЦга 100, 250 МВт ли кучли генераторлар ўрнатилганда, уларни ГРУ га улаш мақсадга мувофиқ бўлмайди. Бу қ. т. тоқлари-



5-2- расм. ТЭЦ нинг электр энергия бериш структур схемалари.



5.3- расм. Кучли электр станция (КЭС, ГЭС, АЭС) ларнинг электр энергия бериш структур схемалари.

нинг анча ортишига, бинобарин, ГРУнинг ҳамма аппаратурасининг оғирлиги билан таннархининг ошишига олиб келган бўларди. Бундан ташқари, маълумки, кучли генераторлар 13,8—20 кВ ли номинал кучланишга эга бўлиб, истеъмолчилар эса ГРУдан, одатда, 6—10 кВ ли кучланиш билан таъминланади. Буларнинг ҳаммаси ТЭЦнинг кучли генераторларини юқори кучланишли РУ га генератор — трансформатор блоки схемаси бўйича бевосита улашни мақсадга мувофиқ қилади (5.2- расм, в).

Турли кучланишдаги тақсимлаш қурилмалари бир-бири билан икки чулғамли ёки уч чулғамли трансформаторлар (автотрансформаторлар) орқали боғланади.

5.3- расмда электростанция (КЭС, ГЭС, АЭС) ларнинг электр энергияни асосан оширилган кучланишда беришининг схемаси берилган.

Бундай электростанцияларнинг яқинида истеъмолчиларнинг бўлмаслиги, генератор кучланишидаги тақсимлаш қурилмалари қурмасликка имкон беради. Ҳар бир генератор, кўпинча, генератор кучланишидаги виключатель ўрнатмай, бевосита оширувчи трансформатор билан бириктирилади. Бундай улаш блокли улаш деб юритилади. Генератор — трансформатор блоklarининг параллел ишлаши юқори кучланишда амалга оширилиб, бунда тақсимлаш қурилмаси кўзда тутилади (5.3- расм, а). Агар электр энергия юқори ва ўрта кучланишда узатилса, у ҳолда улар орасидаги боғланиш алоқа трансформатори (автотрансформатори) (5.3- расм, б) ёки генератор блокига уланган автотрансформатор (5.3- расм, в) орқали бўлади.

Икки чулғамли трансформаторлари бўлган подстанцияда электр энергияни қабул қилиш ва уни истеъмолчиларга узатиш схемаси 5.1- расм, а да кўрсатилган. Электр энергия энергосистемадан подстанциянинг юқори кучланишли РУга келиб, трансформацияланади ва истеъмолчилар орасида паст кучланишли РУ да тақсимланади.

Узелли подстанциялар истеъмолчиларни таъминлабгина қолмай, балки энергосистеманинг айрим қисmlарини бир-бирига улайди. Бундай ҳолларда подстанцияда РУ НН дан ташқари, юқо-

ри ва ўрта кучланишдаги РУ қурилади ва уч чулғамли трансформаторлар ёки автотрансформаторлар ўрнатилади.

Станция ва подстанцияларнинг у ёки бу схемалари икки-уч вариантнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини қиёслаш асосида танланади, бунинг учун биринчи навбатда трансформаторлар (автотрансформаторлар)нинг сони ва қуввати танланади.

г) ТЭЦ да боғловчи трансформаторларнинг сони ва қувватини танлаш

Генераторли кучланиш шиналарига эга бўлган электростанцияларда шу шиналарни юқори кучланишли шиналар билан боғлаш учун трансформаторлар ўрнатиш кўзда тутилади. Бундай боғланиш ҳамма генераторлар ишлаганда нормал режимдаги энергосистемага ортиқча қувватни бериш учун ҳамда генераторлардан бирини планли ёки аварияли узишда 6—10 кВ ли кучланишда истеъмолчи (нагрузка) ларнинг таъминотини резервлаш учун зарур бўлади.

Боғловчи трансформаторларнинг сони одатда иккитадан ошмайди ва қуйидаги мулоҳазалар асосида танланади:

ГРУнинг йиғма шиналарининг секцияси уч ва ундан ортиқ бўлганда, иккита боғловчи трансформатор ўрнатилади. Бу симметрик схема тузишга ҳамда генераторлардан бири узилганда, секциялар орасидан қувват ўтишини камайтиришга имкон беради.

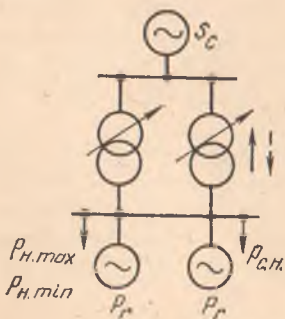
Энергосистемага ТЭЦ дан энергосистеманинг айланувчи резерв қуввати (энергосистеманинг умумий белгиланган қувватининг 10—12%) билан таққосласа бўладиган миқдордаги катта қувват берилганда, иккита трансформатор ўрнатиш лозим. Бу ҳолатда ортиқча қувватни энергосистемага ишончли узатилади.

ГРУ бир-икки секциядан ташқил топганда, энергосистемага берилаётган қувват эса катта бўлмаган бошқа ҳолларда, битта боғловчи трансформатор ўрнатиш етарли.

Боғловчи трансформаторлар энергосистемага генераторларнинг ҳамма актив ва реактив қувватидан, минимум нагрузка даврида, ҳатто дам олиш кунларини қўшиб, генератор кучланишидаги тақсимлагич қурилма ва ўз эҳтиёжи нагрузкаларини олиб ташлагандаги қувватни узатишни таъминлаши лозим.

5.4- расмда ТЭЦ нинг электр энергиясини узатиш схемаси келтирилган бўлиб, унда генератор ва юқори кучланишдаги йиғма шиналар шартли кўрсатилган.

Трансформаторлар орқали узатиладиган қувват генераторларнинг, нагрузкаларнинг ва ўз эҳтиёжидаги истеъмолчиларнинг $\cos \varphi$ қийматлари турлича бўлишини ҳисобга олиниб аниқланади:



5.4- расм. Боғловчи трансформаторлар танлашга доир.

$$S = \sqrt{(\sum P_r - P_n - P_{c, n})^2 + (\sum Q_r - Q_n - Q_{c, n})^2}, \quad (5-1)$$

бунда $\sum P_r$, $\sum Q_r$ — йиғма шиналарга уланган генераторларнинг умумий актив ва реактив қуввати; P_n , Q_n — генератор кучланишдаги актив ва реактив нарузка; $P_{c, n}$, $Q_{c, n}$ — ўз эҳтиёжининг актив ва реактив нарузкаси.

Боғловчи трансформаторлар орқали узатиладиган қувват генераторларнинг ишлаш режими билан истеъмолчиларнинг нарузка графиги асосида ўзгаради. Шу қувватнинг катталигини генераторларнинг ишлаб чиқарадиган қувватининг суткали графиги ва истеъмолчилар билан ТЭЦнинг ўз эҳтиёжи учун нарузка графиклари асосида аниқлаш мумкин. Бундай графиклар бўлмаса, трансформатор орқали узатилаётган қувватни уч режимда аниқланади:

минимал нарузкалар режимида, $P_{n, min}$, $Q_{n, min}$ ларни (5-1) га қўйиб, S_1 аниқланади; максимал нарузкалар режимида ($P_{n, max}$, $Q_{n, max}$) S_2 аниқланади; авария режимида, энг катта қувватли генератор узилганда ($\sum P_r$, $\sum Q_r$ катталиги ўзгаради) S_3 аниқланади. Танланган трансформаторларнинг қуввати ҳисобланган катталик S_1 , S_2 , S_3 ларнинг ҳар бирдан катта бўлиши керак.

Нормал режимида боғловчи трансформаторлар ўта нарузкаланмаслиги лозим.

Трансформаторлардан бири ишдан чиқса, иккинчиси тегишлича рухсат этиладиган ўта нарузкада қисқа муддат ичида аварияли нарузкаланиши мумкин (2-2- §, e).

Юқорида айтиб ўтилганидек, боғловчи трансформаторлар энергосистемага қувват берувчи режимда кучайтирувчи ҳамда энергосистемадан қувватни узатишда пасайтирувчи бўлиб ишлаши мумкин. Реверсив иш кучланиши нарузка остида бошқариладиган трансформаторларни қўллашни талаб этади.

Трансформаторлар, агар ТЭЦ да 6—10 кВ нарузкадан ташқари, трансформаторнинг умумий нарузкасини камида 15% ни ташкил этувчи 35 кВ ли кучланишдаги нарузка бўлиб (5.2-б расм), энергосистема билан боғланиш 110 кВ кучланишда амалга оширилса, уч чулғамли бўлиши мумкин.

Умумий нарузканинг 15% идан кичик бўлган 35 кВ ли нарузкада 35/6—10 кВ ли икки чулғамли трансформаторлар ўрнатилади.

Уч чулғамли трансформаторлар юқорида кўрсатилган учта режимда (5-1) бўйича аниқланадиган кичик кучланишли чулғамнинг нарузкасига қараб аниқланади.

д) КЭС, ГЭС ва АЭС даги боғловчи трансформаторларининг сони ва қувватини танлаш

Қувватли КЭС, ГЭС ва АЭС ларда энергосистемага электр энергияни бериш иккита, айрим ҳолда эса учта кучайтирилган кучланишларда амалга оширилади (5.3- расм, б, в).

Турли кучланишдаги тақсимлаш қурилмалари орасидаги боғ-

ланиш, одатда, автотрансформаторлар ёрдамида амалга оширилиб, уларнинг қўлланилиши юқорида кўриб чиқилган қатор афзалликларга асосланган (2-2- §).

Автотрансформаторларнинг қуввати юқори ва ўрта кучланишдаги тақсимлаш қурилмалари орасида ўтадиган қувватнинг максимал катталиги асосида танланиб, у оғирроқ режим асосида аниқланади. Ўрта кучланишли РУ дан энергосистема билан боғланган юқори кучланишли РУга қувват бериш ҳисобланадиган хусусий режим бўлиши мумкин. Бунда СН шиналаридаги минимал нагрукани ҳисобга олиш лозим. СН шиналаридаги нагрукма максимал бўлганда ҳамда шу шиналарга уланган блоклардан бири узилганда, қувватни юқори кучланишли РУ дан ўрта кучланишли РУ га узатиш энг оғир режим бўлиши мумкин.

Боғловчи трансформаторининг сони энергосистеманинг туганган райони схемасидан аниқланади. Энергосистемада юқори ва ўрта кучланишли линиялар ўртасида қўшимча алоқалар мавжудлигида, станцияда битта автотрансформатор ўрнатилиши мумкин. Агар энергосистемада бундай боғланиш бўлмаса, у ҳолда ишончлиликни ошириш учун иккита автотрансформатор ўрнатилади.

Автотрансформаторларни генератор билан бир блокда ўрнатиш ҳам мумкин (5.3- расм, в). Бу ҳолда автотрансформаторларнинг қуввати қулайлик коэффициенти ни ҳисобга олиб танланади. Маълумки, паст кучланишли чулғам автотрансформаторнинг типвий қувватига қараб ҳисобланади:

$$S_{\text{НН}} = S_{\text{тип}} = k_{\text{фой}} S_{\text{ном}}$$

бунда $S_{\text{ном}}$ — автотрансформаторнинг каталог бўйича номинал қуввати; $k_{\text{фой}}$ — фойдали коэффициент (2-2- § га қаранг).

Паст кучланишли чулғамнинг қуввати генераторнинг тўлиқ қувватига қараб ҳисобланганлиги учун, у қуйидагича аниқланади:

$$S_{\text{г}} = S_{\text{НН}} = k_{\text{фой}} S_{\text{ном}}$$

бундан

$$S_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{г}}}{k_{\text{фой}}} \quad (5-2)$$

$k_{\text{фой}}$ коэффициенти автотрансформаторнинг трансформация коэффициенти $n_{\text{вс}}$ (2-17) га боғлиқ бўлиб, у 0,33 — 0,667 оралигида бўлади.

Генератор билан бир блокда ишлаётган автотрансформаторнинг қуввати тегишлича қуйидагини ташкил этади:

$$S_{\text{ном}} = 3 \dots 1,5 S_{\text{г}}$$

Генератор билан бир блокда ишлаётган автотрансформатор қуввати оширилса, 5.3- расм, в да кўрсатилган боғланиш схемасидан фойдаланиш эффекти камаяди. Бу схемада автотрансформатор комбинацияланган режимда ишлайди, яъни электр энергияни паст кучланишли томондан ё юқори кучланишли ёки ўрта куч

таъминлаш томонга узатади ҳамда ўрта ва юқори кучланишли РУ расидаги қувватнинг биридан иккинчисига ўтишини таъминлайди. Комбинацияланган режимлар (2-2- § га қаранг) чулғамларнинг патружаланишини қаттиқ контрол қилишни талаб этади.

Автотрансформаторларнинг уланишдаги у ёки бу усулини узиш-восил таллаш техник-иқтисодий жиҳатдан ҳисобланиб асосланган бўлиши лозим.

vi) Подстанциядаги трансформаторларнинг сони ва қувватини таллаш

Подстанцияларда кўпинча иккита трансформатор ёки автотрансформатор ўрнатилади. Бу ҳолда трансформаторларнинг қуввати тўғри талланса, трансформаторлардан бири авария пайтида узишда ҳам истеъмолчиларни электр билан ишончли таъминлаш мумкин.

Қўш трансформаторли подстанцияларда нагрузка ҳисобланган катталиқка етмай эксплуатация қилинаётган дастлабки йилларида битта трансформатор ўрнатиш мумкин. Бу даврда истеъмолчиларни ўрта ёки паст кучланишли тармоқлар бўйича электр билан таъминлашни резервлашга эришиш лозим. Кейинчалик нагрузка ҳисобланган катталиқка етганда, иккинчи трансформатор ўрнатилади. Агар трансформаторлардан фақат биттаси ўрнатишда СН ва НН тармоқлари бўйича резервлашни таъминлаш мумкин бўлмаса ёки подстанциянинг ҳисобланган тўлиқ нагрузкасига эксплуатацияга туширилганига уч йил тўлмасдан эришиш эҳтимоли бўлса, бу ҳолда подстанция охириги схема асосида, яъни иккита трансформатор билан қурилади.

Учинчи категориядаги муҳим бўлмаган истеъмолчиларни таъминлаш учун, агар ишдан чиққан трансформаторни янгисига алмаштириш ёки ўзини ремонт қилиш учун бир суткадан ортиқ вақт сарфланмаса, якка трансформаторли подстанциялар қурилиши мумкин.

Иккинчи категориядаги истеъмолчиларни таъминлаш учун дорақаллашган кўчма резерв трансформатор мавжуд бўлса ёки кўзда ёхуд автоматик уланидиган, СН ёки НН тармоғидан таъминланадиган бошқа резерв манба мавжуд бўлса, якка трансформаторли подстанциялар қуришга рухсат этилади.

Марказлашган резерв трансформатори саноат корхоналарини электр билан таъминлаш схемаларида кенг қўлланилади. Бу ҳолда цехларда якка трансформаторли подстанциялар қурилади ва битта резерв трансформатор кўзда тутилади, у керак бўлганда цехларнинг биридаги исталган подстанцияга ўрнатилади. Булар тармоқ райони учун ҳам кўзда тутилиши мумкин бўлиб, унга йилнинг тўқнаган вақтида истаган подстанцияга резерв трансформаторни олиб ўтиш имкоиятини берадиган ер ости йўллари билан уланган бир неча ярим станциялар қиради.

Умумий нагрузкада, ҳатто қуввати катта бўлмаган биринчи категориядаги истеъмолчилар бўлса, якка трансформаторли под-

станциядан фойдаланиш мумкин, агар НН томонида автоматик ула-надиган резерв таъминлаш манбаи (кўчма ва стационар электр станциялар, аккумулятор батарея ва бошқалар) мавжуд бўлса.

Якка трансформаторли подстанцияларни қуриш капитал маб-лағларни анча тежайди, бироқ электр билан таъминлашда узилиш бўлиши мумкин, шунинг учун бундай подстанцияларнинг тавсия этиладиган чегара қуввати, агар кўчма трансформаторли резерв бўлса — 100 кВ ли қучланишда 16—25 МВ · А; 35кВ да, 6,3 МВ · А гача, агар кўчма резерв бўлмаса — 110 кВ да 2,5—6,3 МВ · А; 35 кВ да 2,5—4,0 МВ · А гача бўлади [5-3].

Агар шароит ҳам икки трансформаторли, ҳам бир трансформа-торли подстанцияни қўллашга йўл қўйса, у ҳолда битта трансфор-матор ўрнатилиши натижасида истеъмолчига электр энергияни тўлиқ етказиб бермасликдан келиб чиқадиган зарарнинг техник-иқтисодий ҳисобларини таққослаб кўрилгандан сўнг қайси ва-риантни қабул қилиш масаласи ҳал қилинади.

Саноат корхоналарининг подстанцияларида уч ва ундан ортиқ трансформаторларни ўрнатиш баъзи трансформаторни туртки на-грузкаси режимида ишлаш учун ажратиш талаб этилгандагина мумкин. Йирик узлавий подстанцияларда, агар икки трансформа-торнинг мавжуд шкала бўйича қуввати етарли бўлмаса, уч-тўртта трансформатор (автотрансформатор) ўрнатиш мумкин. Бунда айрим ҳолларда БН тармоғига умумий виключатель орқали уланган жуфт трансформатор (автотрансформатор) ни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлади.

Қувватли узлавий подстанцияларда икки трансформатор (авто-трансформатор) ўрнига уч-тўрттасини қўллаш, айрим ҳолларда умумий белгиланган қувватнинг кичик бўлиши ва капитал маблағ сарфлашнинг турли вақтларда бўлиши сабабли, иқтисодий жиҳат-дан ўзини оқлаши мумкин. Эксплуатациянинг биринчи йили ҳали нагрузка ҳисобдаги максимумга етмаганда, иккита трансформа-тор (автотрансформатор) ўрнатилиб, кейинги йилларда эса учинчиси ва тўртинчиси ўрнатилади. Бироқ шуни эсда тутиш керакки, бунда уч-тўртта трансформатор (автотрансформатор) ли подстанциялар-нинг схемаси анча мураккаблашади, шунинг учун эса бундай под-станцияларни қўллаш иқтисодий жиҳатдан асосланиши лозим.

Трансформаторларнинг қуввати, биринчи трансформаторнинг ишга тушишидан бошлаб, подстанцияни эксплуатация қилишнинг бешинчи йилига ҳисобланган нагрузкаси бўйича танланади. *Якка трансформаторли подстанциядаги трансформаторнинг қуввати куйидаги шарт асосида танланади.*

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_{\text{max}}}{\cos \varphi} \quad (5-3)$$

бунда P_{max} — подстанциянинг ҳисобланган 5 йиллик даврига мўл-жалланган умумий актив нагрузкаси, $\cos \varphi$ — нагрузканинг қувват коэффициенти.

Трансформаторнинг номинал қувватини танлашда, нагрузка графиги билан совитувчи муҳитнинг температурасига қараб, унинг

систематик ўта нагрукаланиши мумкинлигини ҳисобга олиш лозим (2-2- §, з). Агар трансформатор фақат (5-3) шарт бўйича танланган бўлса, у ҳолда қисқа муддатли (0,5—1 соат) пик нагрукка графигида трансформатор узоқ вақт давомида тўлиқ нагруккаланмайди. Бундай режимда ишлаш тежамли бўлмайди, подстанциянинг белгиланган қуввати эса керагидан ортиқ бўлади.

Трансформаторларнинг сони $n > 1$ бўлганда ҳар бирининг қуввати қуйидаги шартдан олинади:

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_{\text{max}} k_{1-2}}{k_{\text{аб}}(n-1) \cos \varphi}, \quad (5-4)$$

бу ерда P_{max} — юқоридагининг ўзи; k_{1-2} — биринчи ва иккинчи категориядаги истеъмолчиларнинг нагруккада қатнашиш коэффициенти; $k_{\text{аб}}$ — трансформаторнинг рухсат этиладиган авария ўта нагруккаланиш коэффициенти.

Бу формулага $\cos \varphi$ билан коэффициент k_{1-2} нинг ўртача қийматини қўйиб, шунингдек, трансформаторларнинг авария ва систематик рухсат этилган ўта нагруккаланишини ҳисобга олиб, икки трансформаторли подстанциялар учун қуйидагини оламиз:

$$S = 0,65 \dots 0,7 S_{\text{max}}. \quad (5-5)$$

(5-5) шарт асосида олинган трансформаторлар нормал режимда трансформаторларнинг оптимал нагруккаланиши (0,6—0,7) $S_{\text{ном}}$ да ҳамма истеъмолчиларни энергия билан таъминлайди, авария режимида ишлаётган якка трансформатор эса истеъмолчиларни, рухсат этиладиган авария ва систематик ўта нагруккаланишини ҳисобга олиб, энергия билан таъминлайди.

ИИ чулғамига синхрон компенсаторлар уланган автотрансформаторларнинг қувватини танлашда, автотрансформатор умумий чулғамининг нагруккасини (2-16) бўйича текшириш лозим.

$$S_0 = \sqrt{(k_{\text{фол}} P_{\text{В}} + P_{\text{ИИ}})^2 + (k_{\text{фол}} Q_{\text{В}} + Q_{\text{ИИ}})^2}.$$

500 кВ гача ва унга тенг ВН чулғамли трансформатор ва автотрансформаторлар мумкин қадар уч фазали қилиб олинади.

Тегишли қувватдаги уч фазали трансформаторлар бўлмагандагина бир фазали трансформаторлар группаси ўрнатилади. Битта группа бир фазали трансформаторларни ўрнатишда битта резерв фаза кўзда тутилади. Қатор ҳолларда жуфт уч фазали трансформатор (автотрансформатор) ларни қўллаш иқтисодий жиҳатдан фойдали бўлиши мумкин.

ж) Электр энергия бериш схемасини танлашда техник-иқтисодий таққослаш

Схеманинг иқтисодий мақсадга мувофиқлиги минимал келтирилган сарфлар билан аниқланади:

$$Z = \rho_{\text{н}} K + И + У, \quad (5-6)$$

бунда K — электр установкани қуриш учун сарфланган капитал маблағ, минг сўм ҳисобида; p — иқтисодий самарадорликнинг норматив коэффиценти — 0,12 га тенг; H — йиллик эксплуатацион харажат, минг сўм/йил; $У$ — электр энергияни тўлиқ берилмаганлиги сабабли қўрилган зарар, минг сўм/йил.

Электр энергияни беришнинг оптимал уланиш схемаси ва трансформаторларни танлашдаги капитал маблағ K схема элементлари таннархининг йириклаштирилган кўрсаткичи бўйича аниқланади.

Ҳисобланган харажатларнинг иккинчи ташкил этувчиси — йиллик эксплуатация харажати қуйидаги ифодадан аниқланади;

$$H = \frac{p_a + p_0}{100} K + \beta \Delta W \cdot 10^{-5}, \quad (5-7)$$

бу ерда p_a, p_0 — амортизация ва хизмат кўрсатиш учун ажратмалар, %; ΔW — электр энергия исрофи, кВт · соат; β — 1 кВт · соат электр энергия исрофининг нархи, тийин / (кВт · соат).

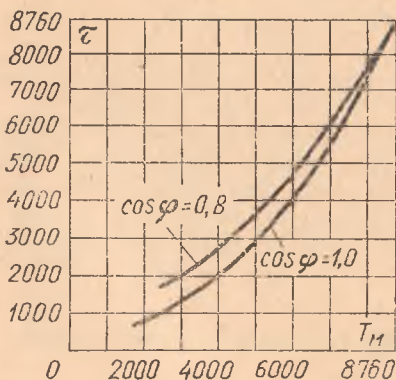
Эслатма. Лойиҳалаш практикасида электр энергияга сарфланган харажати аниқлаш учун аниқроқ методдан фойдаланилади, яъни нарузкага боғлиқ бўлган исрофлар $\Delta W'$ ва нарузкага боғлиқ бўлмаган исрофлар $\Delta W''$ (масалан, трансформаторларнинг миси билан пулатидаги исрофлар) ҳисобланади. Қувват билан электр энергиянинг исроф бўлишини тўлдириш учун сарфланган харажат қуйидагича аниқланади:

$$З_{\text{д}} = \beta' \Delta W' + \beta'' \Delta W'', \quad (5-8)$$

бу ерда β', β'' — иш режими (T_{max}, τ) ва объектни қуриш жойига [2-13] боғлиқ ҳолда аниқланадиган электр энергия 1 кВт · соат исрофининг таннархи.

Икки чулғамли трансформатордаги электр энергиянинг исрофи қуйидаги формуладан аниқланади, кВт · соат:

$$\Delta W = \Delta P_x T + \Delta P_k \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном}}} \right)^2 \tau, \quad (5-9)$$



5-5-расм. Максимальные потери в трансформаторе от максимальной нагрузки при максимальной нагрузке. Показаны две кривые для $\cos \varphi = 0,8$ и $\cos \varphi = 1,0$.

бу ерда ΔP_x — салт юришдаги қувват исрофи, кВт; ΔP_k — қисқа туташувдаги қувват исрофи, кВт; S_{max} — трансформаторнинг ҳисобланган (максимал) нарузкаси, МВ · А; $S_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал қуввати, МВ · А; T — трансформаторнинг ишлаш давомийлиги (одатда, $T = 8760$ соат деб қабул қилинади); τ — максимал исрофининг давомийлиги бўлиб, 5-5-расмдаги эгри чизиқдан максимал нарузкадан фойдаланганлик давомийлиги T_{max} га қараб олинади.

T_{max} миқдори подстанциянинг НН шинасидаги нарузка графиги

ёки боғловчи трансформатор орқали энергосистемага қувват узатиш графигидан аниқланади. Агар графикларни қуриш амалга оширил-маса, у ҳолда подстанцияга ўрнатилган трансформаторлар учун T_{max} нинг миқдори истеъмолчиларнинг НН шинасидаги T_{max} га тенг қилиб олинади.

Уч чулғамли трансформатор (автотрансформатор) даги электр энергия исрофи қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\begin{aligned} \Delta W = \Delta P_x T + \Delta P_{к, в} \left(\frac{S_{max, в}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{в} + \\ + \Delta P_{к, с} \left(\frac{S_{max, с}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{с} + \Delta P_{к, н} \left(\frac{S_{max, н}}{S_{ном}} \right)^2 \tau_{н}, \end{aligned} \quad (5-10)$$

бу ерда В, С, Н индекслар билан тегишлича юқори, ўртача ва паст кучланишли чулғамлар (ВН, СН, НН) га тегишли миқдорлар белгиланган. $\tau_{в}$, $\tau_{с}$, $\tau_{н}$ миқдорлар тегишли T_{max} дан юқорида айтилганга ўхшаб аниқланади. Айрим ҳолларда соддалаштириш мақсадида $\tau_{в} = \tau_{с} = \tau_{н}$ деб олинади.

Уч чулғамли трансформаторлар учун, одатда, каталогларда жуфт чулғам ВН ва НН лар учун қисқа туташувдан қувват исрофи келтирилади: $\Delta P_{к, в-н}$.

Агар учала чулғам қуввати тенг бўлса, у ҳолда $\Delta P_{к, в} = \Delta P_{к, с} = \Delta P_{к, н} = 0,5 \Delta P_{к, в-н}$ деб олинади.

Агар чулғамлардан бирининг номинал қуввати $0,67 S_{ном}$ бўлса, у ҳолда шу чулғамдаги қувват исрофи $\Delta P_{к}$ ни $0,67$ марта камайтирилади. Масалан, агар НН чулғами $S_{ном, н} = 0,67 S_{ном}$ га ҳисобланган бўлса, у ҳолда

$$\Delta P_{к, н} = 0,67 \cdot 0,5 \Delta P_{к, в-н}$$

бўлади.

Бунда (5-10) формулага НН чулғами ўзгарувчан исрофининг қўшилувчи ҳадига $S_{ном}$ қўйилмай, балки чулғамнинг $0,67 \cdot S_{ном}$ қувват қўйилади.

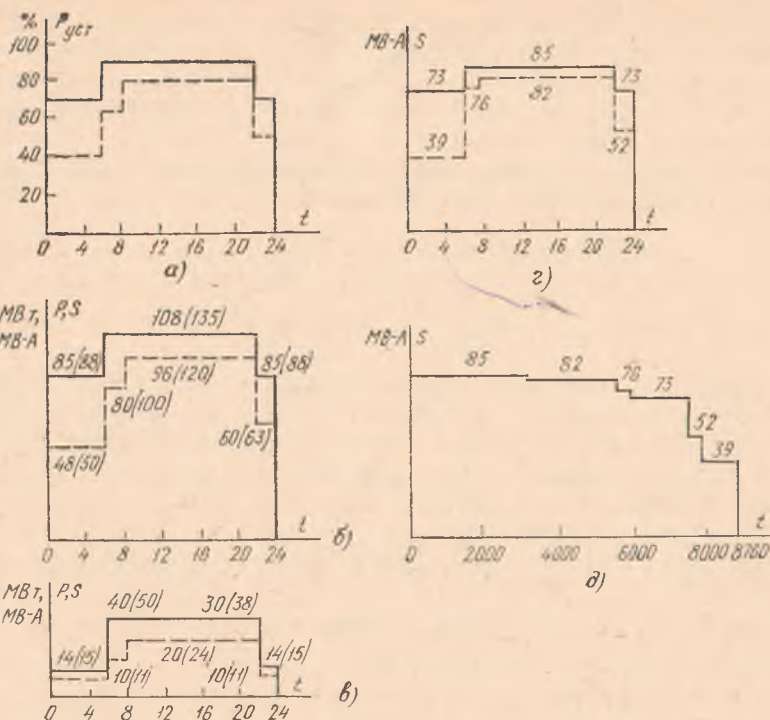
Уч фазали автотрансформаторлардаги электр энергия исрофи, НН чулғамининг қуввати $S_{ном, н} = k_{фой} S_{ном}$ га тенг шarti бўйича, (5-10) формуладан аниқланади, бунда ВН, СН, НН чулғамларидаги исроф автотрансформаторнинг номинал қувватига келтирилган деб олинади.

$$\Delta P_{к, в} = 0,5 \left(\Delta P_{к, в-с} + \frac{\Delta P_{к, в-н}}{k_{фой}^2} - \frac{\Delta P_{к, с-н}}{k_{фой}^2} \right); \quad (5-11)$$

$$\Delta P_{к, с} = 0,5 \left(\Delta P_{к, в-с} + \frac{\Delta P_{к, с-н}}{k_{фой}^2} - \frac{\Delta P_{к, в-н}}{k_{фой}^2} \right); \quad (5-12)$$

$$\Delta P_{к, н} = 0,5 \left(\frac{\Delta P_{к, в-н}}{k_{фой}^2} + \frac{\Delta P_{к, с-н}}{k_{фой}^2} - \Delta P_{к, в-с} \right). \quad (5-13)$$

Агар НН чулғамининг номинал қуввати $S_{ном, н} \neq k_{фой} S_{ном}$ бўлса, у ҳолда (5-11) — (5-13) формулалардаги $k_{фой}$ ўрнига $S_{ном, н} / S_{ном}$ ни қўйиш лозим.



5-6- расм. 5-1- мисолга оид нарузкалар графиклари:

a — ЭТЦ нинг ҳамма генераторлари ишлаб чиқарадиган қувват графиклари; *б* — иккита генератор ишлаб чиқарадиган қувват графиклари; *в* — 10 кВ ли истеъмолларнинг нарузка графиклари; *г* — иккита генераторнинг энергосистемага қувват бериш графиклари; *д* — нарузка давомийлигининг йиллик графиги: ——— қишки график; - - - - - ёзги график.

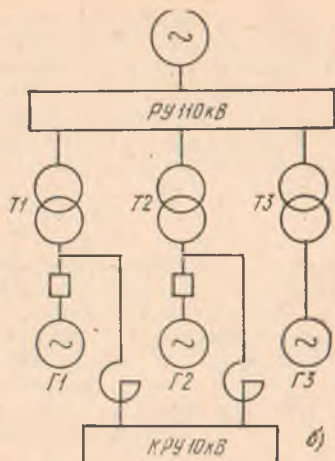
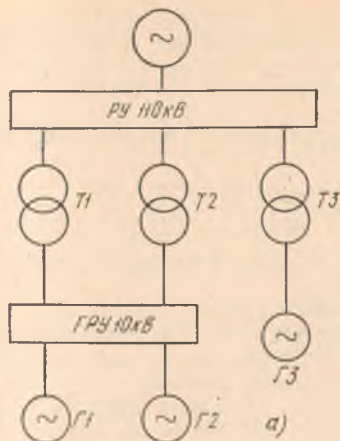
Бир типдаги параллел ишлаётган бир неча трансформаторлардаги исроф миқдори қуйидагича бўлади:

$$\Delta W = n\Delta W,$$

бу ерда ΔW (5-9) ёки (5-10) орқали аниқланади.

Қиёсланаётган вариантлар ишончли таъминлаши бўйича кескин фарқланган ҳолдагина, электроэнергияни тўлиқ бермасликдан кўрилган зарар аниқланади. Бу катталикини ҳисобга олиш учун аварияли узилишлар эҳтимоллиги билан давомийлиги, ишлаб чиқариш характери ва махсус адабиётларда батафсил кўриладиган қатор бошқа факторларни билиш лозим бўлади. Уқув жараёнидаги лойиҳалашда, одатда, вариантлар электр энергияни тўлиқ бермасликдан кўрилган зарарни ҳисобга олмай қиёсланади.

5.1- мисол. ТВФ-60 типдаги ($P_{ном} = 60$ МВт, $\cos \varphi = 0,8$) учта турбогенератор ўрнатишни кўзда тутиб, ТЭЦ нинг қувват бериш схемаси танлансин. Қишки ва ёзги суткаларда истеъмолчиларнинг нарузкаланиш графиги билан ўз эҳтиёжига сарфни ҳисобга олиб, генераторлар ҳосил қиладиган қувват графиги 5.6- расмда келтирилган. Ҳисоблашда қишдаги суткаларни — 200, ёздаги



5-7- расм. 5-1- мисолга оид ТЭЦ нинг қувват бериш схемаси:

а — биринчи вариант; б — иккинчи вариант.

сини — 165 кун деб олиш лозим. ТЭЦ 10% ли аварияли резервга эга бўлган 700 МВ·А қувватли энергосистема билан боғланган.

Ечиш. ТЭЦ нинг қувват бериш вариантларини белгилаймиз. Чунки график (5.6- расм, а) бўйича генераторларнинг максимал қуввати 90% $P_{\text{бел}}$ га тенг, бу ҳолда

$$P_{\text{max}} = \frac{90}{100} \cdot 3 \cdot 60 = 162 \text{ МВт.}$$

10 кВ ли истеъмолчиларнинг қишки суткалардаги максимал нагрузкаланиши 40 МВт га тенг бўлиб, буни битта генератор бемалол таъминлайди, бироқ генераторнинг авария туфайли узилишини ҳисобга олиб, биринчи вариантда Г1, Г2 генераторлари ҳамда 10 кВ ли истеъмолчилар линияси уланадиган, генератор кучланишидаги РУ қурилмали ТЭЦ схемасини қабул қиламиз. Г3 генератори 110 кВ ли РУ га генератор — трансформатор блоки схемаси бўйича уланади (5.7- расм, а).

Иккинчи вариантда ҳамма генераторлар блокли уланади деб қабул қиламиз (5.7- расм, б). 10 кВ ли истеъмолчилар Г1, Г2 генераторларидан реактор уланган шохобча орқали таъминланади.

1- вариант. Боғловчи трансформаторларнинг қувватини танлаш учун иккита генератор ҳосил қиладиган қувват графигини тузамиз (5.6- расм, б). Тула қувват S ни ҳисоблашда корхоналарнинг ишлаш соатларида (6 дан 22 соат гача) $\cos \varphi = 0,8$, бошқа вақтларда 0,96 деб қабул қиламиз. График 5.6- расм, в да келтирилган 10 кВ ли истеъмолчиларнинг тегишли нагрузкасини юқорида олинган қишки ва ёзги суткалар графигидан айириб, Г1, Г2 генераторлар орқали энергосистемага қувват бериш графигини оламиз. Бу графикдан кўринадикки, $S_{\text{max}} = 85 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $S_{\text{min}} = 39 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ га тенг. Чунки S_{max} энергосистеманинг авария резервидан катта (10% шarti бўйича $S_c = 70 \text{ МВ} \cdot \text{А}$) бўлади, шу сабабли иккита боғловчи трансформатор ўрнатиш лозим бўлади. Ҳар бир боғловчи трансформаторнинг қувватини аниқлаймиз:

$$S_{\text{T}} \geq \frac{S_{\text{max}}}{1,4} = \frac{85}{1,4} = 0,65 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

ТРДН-63000/110 типдаги трансформаторни қабул қиламиз; $\Delta P_x = 73 \text{ кВт}$; $\Delta P_k = 290 \text{ кВт}$. Г3 блокига ТД = 80000/110 типдаги трансформаторни қабул қиламиз.

$T1, T2$ трансформаторларидаги электр энергия исрофини ҳисоблаш учун нагузкалар давомийлиги бўйича (1-5- §, ж га қаранг) йиллик график тузамиз. График 5.6- расм, δ да кўрсатилган.

Исрофни (5-9) бўйича ҳисоблаш мумкин, бироқ аввал [графикдан T_{max} ни ва сўнгра τ ни аниқлаш лозим.

Бу исрофларни, трансформаторларнинг нагузкасининг йиллик графигини билиб, қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$\Delta W_T = \sum n \Delta P_x t + \frac{1}{n} \Delta P_k \sum \left(\frac{S}{S_{ном}} \right)^2 t,$$

бунда n — ишлаётган трансформаторлар сони; t — йиллик график бўйича вақтнинг даври; S — тегишли давридаги нагузка.

Минимал нагузкаланиш даврида трансформаторлардан бирини узиш кераклиги масаласини тахминан ҳал қиламиз, бунинг учун ишлаётган трансформаторлар сони ($n - 1$) та деб, қувватни ҳисоблаймиз:

$$S = S_{ном} \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_x}{\Delta P_k}} = 63 \sqrt{2 \frac{75}{290}} = 44,9 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

5.6- график, δ дан кўринадики, 39 МВ·А ли нагузкада битта трансформатор ишлаши керак. Буни ҳисобга олиб $T1, T2$ да электр энергия исрофини ҳисоблаш мумкин:

$$\begin{aligned} \Delta W_1 &= 2 \cdot 73 \cdot 7770 + 1 \cdot 73 \cdot 990 + \frac{1}{2} \cdot 290 \left[\left(\frac{85}{63} \right)^2 \cdot 3200 + \left(\frac{82}{63} \right)^2 \cdot 2310 + \right. \\ &+ \left. \left(\frac{76}{63} \right)^2 \cdot 330 + \left(\frac{73}{63} \right)^2 \cdot 1600 + \left(\frac{52}{63} \right)^2 \cdot 330 \right] + 290 \left(\frac{39}{63} \right)^2 \cdot 990 = \\ &= 3142 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{соат}. \end{aligned}$$

Блок $T3 = T3$ иккала вариантда бўлганлиги учун $T3$ блокдаги трансформатордаги исрофни ҳисобламаймиз.

Капитал сарфларни ҳисоблашда, қиёсланаётган вариантларда такрорланмайдиган элементларгина ҳисобга олинган. Ҳозирча 10 кВ ли РУ нинг электрик уланиш схемаси ишлаб чиқилмади, бироқ нархнинг йириклаштирилган курсаткичлари бўйича генератор ва трансформатор виключателларининг ячейкалари, шунингдек, виключателли секцион реактор ва группали линия реакторларнинг ячейкалари нархини ҳисобга олиш лозим (5.1- жадвал).

5-1- ж а д в а л

Капитал харажатлар

Жиҳозлар	Биттасининг нархи, минг сўм	Вариантлар			
		биринчи		иккинчи	
		Сони, дона	Умумий нархи, минг сўм	Сони, дона	Умумий нархи, минг сўм
ТРДН-63000 трансформатори	114	2	288	—	—
ТД-80000 трансформатори	112	—	—	2	224
10 кВ ли виключатель ячейкаси	17	4	68	2	34
Реакторли 10 кВ ли секцион виключатель	21	1	21	—	—
3000 А ли киришдаги виключателли реактор	10	—	—	2	20
2 × 1500 А ли группали линия реактори	6,5	2	13	—	—
Ж а м и			290		278

2- вариант. Генератор — трансформатор блокадаги трансформаторларнинг қувватини генераторнинг қуввати ($S_T = 75$ МВ·А) бўйича танлаймиз, яъни ДТ-80000/110, $\Delta P_x = 89$ кВт, $\Delta P_k = 315$ кВт деб қабул қиламиз.

Иккала трансформатор ҳам нагруканинг қандай бўлишидан қатъи назар уланганлигини (5.6- расм, d га қаранг) ҳисобга олиб исрофни ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} \Delta W_2 = & 2 \cdot 89 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 315 \left[\left(\frac{85}{80} \right)^2 \cdot 3200 + \left(\frac{82}{80} \right)^2 \cdot 2310 + \right. \\ & \left. + \left(\frac{76}{80} \right)^2 \cdot 330 + \left(\frac{73}{80} \right)^2 \cdot 1600 + \left(\frac{52}{80} \right)^2 \cdot 330 + \left(\frac{39}{80} \right)^2 \cdot 990 \right] = \\ & = 2826 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{соат}. \end{aligned}$$

Реактор уланган шохобчанинг қиймати қўшиб ҳисобланган иккинчи вариантдаги капитал харажатлар 5.1- жадвалда келтирилган.

Амортизацияга ажратиш нормасини 6,3%, унга хизмат қилиш учун 3,0%, исроф бўлган 1 кВт·соат электр энергиянинг нархини 0,8 тийин деб қабул қилиб, йиллик эксплуатацион харажатни (5-7) бўйича ҳисоблаймиз:

$$I_1 = \frac{P_a + P_o}{100} K_1 + \beta \Delta W \cdot 10^{-5} = \frac{6,5 + 3}{100} \cdot 390 + 0,8 \cdot 3142 \cdot 10^3 \times \\ \times 10^{-5} = 36,27 + 25,13 = 61,4 \text{ минг сўм};$$

$$I_2 = \frac{6,3 + 3}{100} \cdot 278 + 0,8 \cdot 2826 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5} = 25,85 + 22,6 = 48,45 \text{ минг сўм}.$$

Вариантлар ишончлик даражаси бўйича тенг бўлганлиги учун келтирилган харажатларни электр энергияни тўла бермасликдан келадиган зарарни қўшмай ҳисоблаймиз:

$$Z_1 = p_H K_1 + I_1 = 0,12 \cdot 390 + 61,4 = 108,2 \text{ минг сўм};$$

$$Z_2 = p_H K_2 + I_2 = 0,12 \cdot 278 + 48,45 = 81,8 \text{ минг сўм}.$$

Ҳисоблашлар кўрсатишича, иккинчи вариант иқтисодий жиҳатдан афзалликка эга: яъни Z_2 нинг қиймати Z_1 га қараганда 24% га кам.

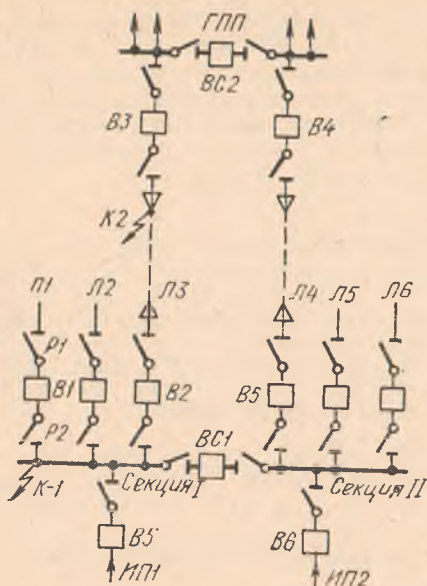
Э с л а т м а. Агар келтирилган харажатлар фарқи 5% ёки ундан кичик бўлса, у ҳолда вариантлар иқтисодий жиҳатдан тенг ҳисобланади. Бундай ҳолларда вариантни, уларнинг техник сифатига (истикболи, эксплуатация қилиш қулайлиги ва ҳ. к.) қараб танланади.

5-2. 6 — 10 кВ ТОМОНДАГИ ЭЛЕКТРИК УЛАНИШЛАРНИНГ СХЕМАЛАРИ

а) Бир системали йиғма шиналар схемаси

Электростанция ва подстанцияларда виключатель билан секциялашган бир системали шиналар схемаси кенг тарқалган (5.8-расм).

Таъминловчи манбалар ИП1, ИП2 ва линиялар йиғма шиналарга виключателлар ва ажраткичлар ёрдамида уланади. Ҳар бир занжирга битта виключатель керак бўлиб, у нормал ва авария режимларида занжирни улаш ва узиш учун хизмат қилади. Л1 линияни узиш керак бўлганда, масалан, В1 виключатели узади. Линияда ремонт ишлари олиб борилганда, хавфсизлик мақсадларида, ажраткич Р1 орқали кўринадиган ажралиш ҳосил қилинади. Агар виключатель В1 ремонт қилинадиган бўлса, у ҳолда у узиладиган сўнг линия ажраткичи Р1, сўнгра эса шина ажраткичи Р2 узилади.



5-8- расм. Виключатель билан секцияланган бир системали йўзма шиналар схемаси.

орқали ГПП нинг биринчи секциясини электр токи билан таъминлашни қайта тиклайди.

Шиналарнинг $K1$ нуқтасида қ. т. бўлганда $BC1$, $B5$, $B3$ виключателлари узилади ва $BC2$ автоматик уланади. Манбалардан бири ўчганда ишлаб турган ток манбаи нагрузкани қабул қилади.

Шундай қилиб, кўриб чиқилган авария режимларида ГПП ни ток билан таъминлаш станциянинг турли секцияларига уланган иккита таъминловчи линияларнинг борлиги ҳисобига бузилмайди; ҳар бир секция алоҳида тўла нагрузкага (тармоқ бўйича 100 %ли резерв) ҳисобланган бўлиши лозим. Тармоқ бўйича бундай резервнинг бўлиши сабабли яқка секцияланган шиналарнинг схемаси муҳим истеъмолчиларни таъминлаш учун тавсия этилиши мумкин

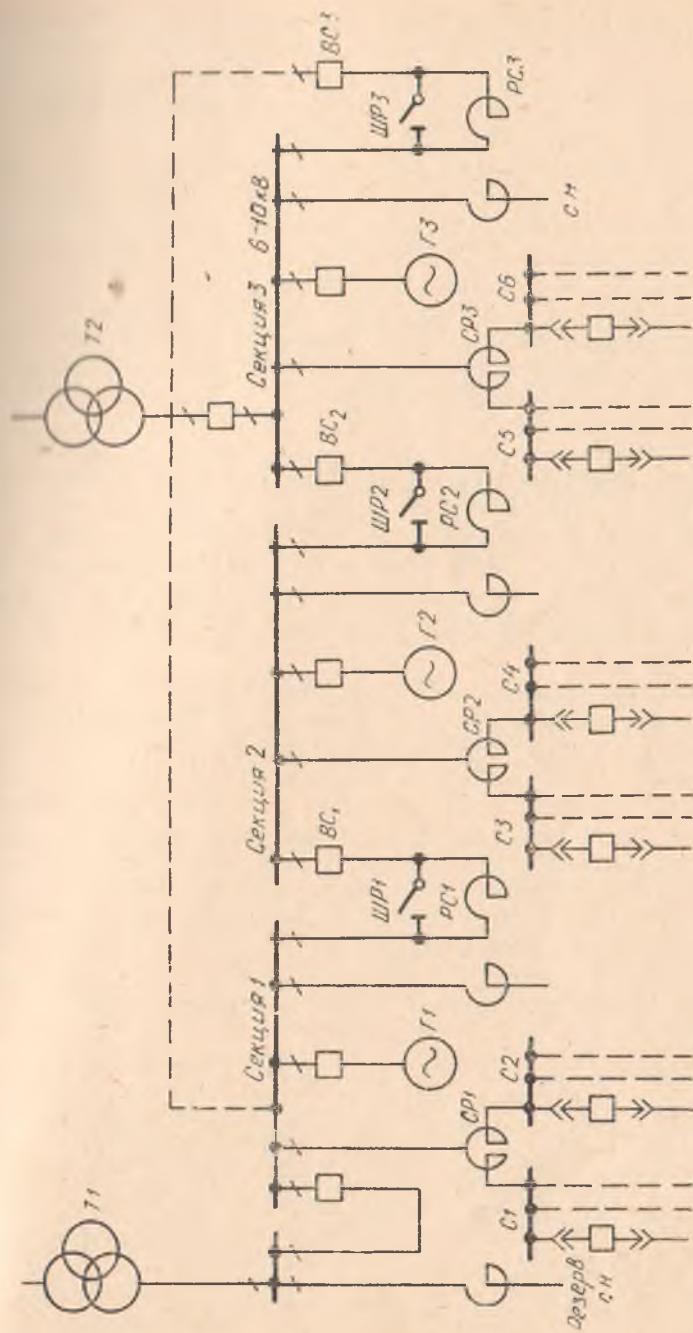
Бироқ кўриб чиқилган схема қатор камчиликларга эга:

Секциялардан бири шикастланганда ва кейинги ремонтда бўлганда, иккала секциядан нормал таъминланаётган муҳим истеъмолчилар резервсиз қолади, тармоқ бўйича резервланмаган истеъмолчилар эса бутун ремонт давомида узилади. Худди шу режимда эса ремонтдаги секцияга уланган таъминловчи манба ремонт давомида узилади.

Охири камчиликни таъминлаш манбаини бир вақтда иккала секцияга улаш йўли билан йўқотиш мумкин, бироқ бу тақсимлаш қурилмасининг конструкциясини мураккаблаштиради ҳамда секциялар сонини орттиради (ҳар бир манбага иккитадан секция тўғри келади).

Шундай қилиб, ажраткичлар билан ремонт ишларида кўринадиган ажратишлар ҳосил қилиш учун хизмат қилади ва улар оператив элементлар ҳисобланмайди. Ажраткич операциялари бир типда ва оддий бўлганлиги учун, навбатчи ходим у билан нотўғри иш олиб борса ҳам, авария жуда кам бўлади.

Схеманинг афзаллигига унинг соддалиги, яққоллиги, тежамкорлиги, етарли даражада юқори ишончлилиги кираиб, буни бош пасайтирувчи подстанция ГПП ни электроустановканинг шиналарига иккита линия $L3$, $L4$ билан улаш мисолида тасдиқлаш мумкин (5.8- расм). Линиялардан бири бузилса ($K2$ нуқтада қ. т.), $B2$, $B3$ виключателлари узилади ва $BC2$ автоматик уланади, $L4$ линия



5-9. расм. Ҳалқа шаклида уланган бир системали йиғама шиналар схемаси.

Бир системали йиғма шиналар схемаси 6—10 кВ ли кучланишда ишлайдиган подстанциялар ва станцияларда ўз эҳтиёжини таъминлашда (5-7 ва 5-9- § га қаранг) кенг қўлланилиб, унда унинг афзалликларидан, айниқса комплект тақсимлаш қурилмасини қўллаш ҳисобига тўлиқ фойдаланиш мумкин.

Яқин жойлашган истеъмолчиларга энергиясининг кўп қисмини берувчи генератор кучланишидаги электр станцияларда, ҳалқа кўринишида уланган бир системали шиналар схемасини қўллаш мумкин (5.9- расм). Бу схемадаги ажраткичлар соддалаштириб кўрсатилган. Йиғма шиналар генераторлар сонига қараб секцияларга ажратилган. Секциялар ўзаро секцион виключателлар *BC* билан шиналардаги қисқа туташув токени чегаралайдиган секцион реакторлар *PC* ёрдамида туташтирилади. 6—10 кВ ли линиялар бош тақсимлаш қурилмасининг тегиши секциясидан группали қўшалок реакторлар *CP1*, *CP2*, *CP3* орқали таъминланадиган *C1—C6* йиғмаларга уланади. Группали реакторлар сони 6—10 кВ ли истеъмолчиларнинг сони билан умумий нагрукасига боғлиқ бўлади. Реакторнинг ўзи билан реактордан то бош йиғма шиналар ва ҚРУ йиғмасигача бўлган шиналарда бузилиш эҳтимоли жуда кам бўлганлиги учун, группали реактор виключателсиз, фақат реакторнинг ячейкасини ремонт қилиш учун кўзда тутилган ажраткич орқали уланади. Бу ҳолларда линиялар учун ҚРУ ячейкаси қўлланилади.

Қўшалок реакторнинг ҳар бир тармоғи 600 дан 3000 А гача токга ҳисобланиши мумкин, яъни ҳар бир йиғмага 6 кВ ли кучланишдаги бир неча линияларни улаш мумкин. Схема (5.9- расм) да 18 та линия 3 та группали реакторлар орқали уланган; шундай қилиб бош йиғма шиналарига уланишлар сони группасиз реакторлар схемасига нисбатан 15 та ячейкага қисқариб, электростанциянинг шинаси ишининг ишончлилигини анча оширади, реакторлар сонининг камайиши ҳисобига РУ ни қуриш харажатини камайтиради ва 6—10 кВ ли линияларни бириктириш учун қўлланиладиган комплект ячейкалар ҳисобига монтаж вақти камаяди.

Муҳим истеъмолчиларни турли қўшалок реакторлардан камида икки линия орқали таъминланса, электр билан таъминлаш ишончли бўлади.

Генераторли кучланиш шиналари ҳалқага уланмаган уч-тўртта секцияга бўлинса, у ҳолда генераторлардан бири узилганда секциялар ўртасидаги кучланишни тенглаштириш зарурияти туғилади. Масалан, генератор *G1*, узилса (5.9- расм) биринчи секция нагрукаси ишлашда давом этаётган *G2* ва *G3* генераторлардан энергия олади. Бунда ток *G2* дан *PC1* реактори орқали ўтади, *G3* дан ток эса *PC2* ва *PC1* реакторлари орқали ўтади. Кучланиш реакторларда исроф бўлиши сабабли секциялардаги кучланиш бир хил бўлмайди: секция 3 да энг катта ва секция 1 да энг кичик бўлади. Секция 1 да кучланишни ошириш учун *PC1* реакторини шунтлаш лозим, бунинг учун схемада шунтловчи ажраткич *ШP1* кўзда тутилган. Қўрилаётган режимда иккинчи шунтловчи ажраткич

уланмайди, чунки бу генераторлар $G2$ ва $G3$ орасида реакторсиз параллел ишлашига олиб келиб, бунга эса қисқа туташувни узиш шарти бўйича рухсат этилмайди.

Шунтловчи ажраткичда олиб бориладиган операциялар тартиби қуйидагича: секцион виключатель BC ни узиш; шунтловчи ажраткич $ШР$ ни улаш; секцион виключатель BC ни улаш.

Электростанцияда секциялар қанча кўп бўлса, кучланишни бир хил улаш шунча қийин бўлади, шунинг учун секциялар уч ва ундан ортиқ бўлса, йиғма шиналар ҳалқага уланади. 5.9-расмда кўрсатилган схемада биринчи секция учинчи секцион виключатель ва реактор билан уланиши мумкин, бу йиғма шиналар ҳалқасини ҳосил этади. Нормал ҳолда ҳамма секцион виключателлар уланган бўлади ва генераторлар параллел ишлайди. Секциялардан бирида қ. т. бўлса, шу секциянинг генератори билан иккита секцион виключатель узилади, бироқ бошқа генераторларнинг параллел ишлаши бузилмайди.

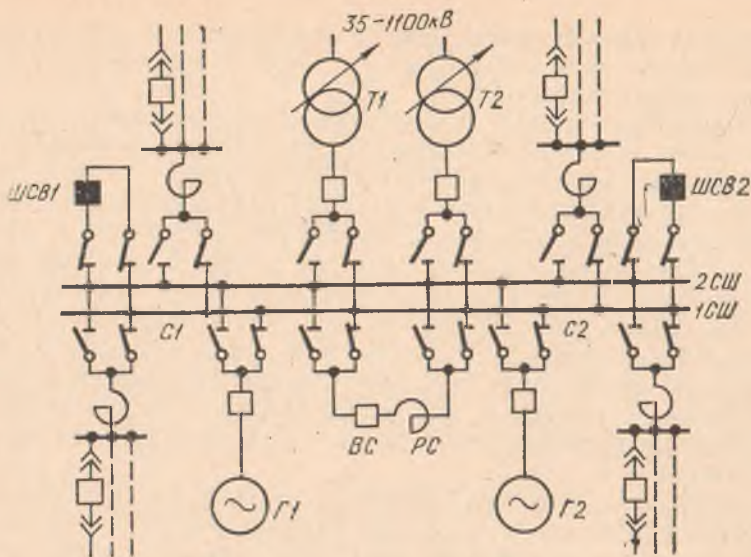
Генераторлардан бири узилганда шу секциянинг истеъмолчилари икки томондан таъминланиб, бу секциялардаги кучланишлар фарқининг камайишига олиб келади ва узилмаган системали шиналар схемасидагига нисбатан секцион реакторларни кичик токка танлаш имкониятини беради.

Ҳалқа схемасидаги секцион реакторларнинг номинал токи тахминан генератор номинал токининг 50—60% га тенг қилиб, улар қаршилиги эса 8—10% олинади.

Агар истеъмолчилар резервланган линиялар бўйича таъминланса, секцияга уланишлар сони олти-саккизтадан ошмаганда кўрилган схемани 60 МВт гача ва унга тенг генератори ТЭЦ учун тавсия қилинади.

б) Икки системали йиғма шиналар схемаси

Электр истеъмолчилари (биринчи ва иккинчи категориядагилар, ва уларнинг электр билан таъминлаш схемаси (тармоқ бўйича резерв йўқлиги) ни ҳисобга олиб ҳамда йиғма шиналарга уланадиган уланмалар сони кўп бўлганда, ТЭЦ нинг бош тақсимлаш қурилмаси учун икки системали йиғма шиналар схемаси кўзда тутилиши мумкин (5.10-расм). Бу схемада ҳар бир элемент иккита шина ажраткичларидан иборат развилка орқали туташтирилиб ҳам бу шиналар системасида иш олиб бориш имкониятини беради. 5.10-расмдаги схема иш ҳолатида тасвирланган: $G1$ ва $G2$ генераторлари, йиғма шиналар $ИСШ$ нинг биринчи системасига уланиб, ундан группали реакторлар ва $T1$, $T2$ боғловчи трансформаторлари таъминланади. Шиналарнинг ишчи системаси бир системали шиналар схемасида қандай бўлса, бунда ҳам вазифаси шундай бўлган виключатель BC ва реактор PC билан секцияланган. Шиналарнинг иккинчи системаси $2СШ$ резерв ҳисобланиб, унда нормал ҳолатда кучланиш бўлмайди. Иккала шиналар системаси шиналарни ўлчовчи $ШСВ1$ ва $ШСВ2$ виключателлари билан ўзаро уланиши мумкин, булар нормал режимда узилган бўлади.



5-10- расм. Икки системали йўзма шиналар схемаси.

Шу схеманинг бошқа иш режими ҳам бўлиши мумкин, яъни иккала шиналар системаси кучланиш таъсири остида бўлади ва ҳамма уланмалар шиналар ўртасида тенг тақсимланади. Занжирларнинг белгиланган уланишли режимда ишлаши деб ном олган бундай режим одатда, юқори кучланишли шиналарда қўлланилади (5-3- §).

Истеъмолчилар билан ток манбаларини узмай истаган шиналар системасини ремонт қилиш имкониятини бериши бу схеманинг афзаллиги ҳисобланади. Бу ҳолда ШСВ улангандан сўнг, тегишли ажраткичларни улаб ҳамма уланмаларни шиналарнинг резерв системасига ўтказилади ва шинанинг ишчи системаси ремонт қилиш учун узилади. Схеманинг афзалликларидан яна бири шиналар системасидан бирида қ. т. бўлса, истеъмолчилар уларни резерв системасига қайта улаш учун кетадиган вақт ичидагина токсиз қолади.

Бу схемада истаган уланманинг виключателни алмаштириш учун улагич виключателдан фойдаланиш мумкин.

Икки системали шиналар схемасидаги оператив қайта улашлар «Электр станциялари ва тармоқларининг электр асбоб-ускуналарини ремонт ва эксплуатация қилиш» курсида батафсил кўрилади [5-6].

Қўрилаётган схема мосланувчан ва етарли даражада ишончли ҳисобланади. Унинг камчилиги ажраткичлар, изоляторлар, ток ўтказувчи материаллар ва виключателлар сонининг кўпчилиги, тақсимлаш қурилмаси конструкциясининг анча мураккаблиги бўлиб, у ГРУ ни қуришга сарфланадиган капитал маблағни орттиради. Ажраткичларнинг оператив аппаратлар сифатида қўлланиши энг

асосий камчилигидир. Ажраткич билан бажариладиган операцияларда хатолик бўлишини камайтириш учун, одатда, ажраткичларни махсус блокировкалаш кўзда тутилади. Бироқ ажраткич билан бўладиган операциялар сонининг кўплиги ва виключателлар билан ажраткичлар орасидаги блокировкалашнинг мураккаблиги, ток нагрузкасини ажраткичлар орқали хато узиб қўйиш имкониятига олиб келади. Икки системали шиналар схемасида бир системалига қараганда, ишчи ходимнинг хатога йўл қўйиши сабабли авария бўлиш имконияти кўпроқ.

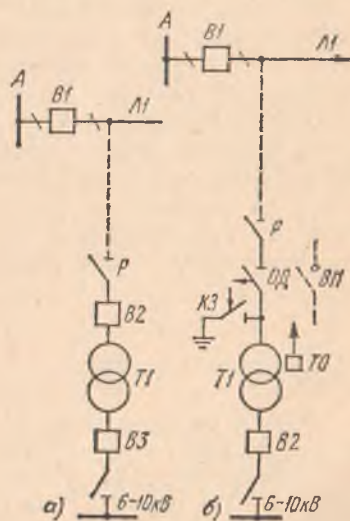
5-3. 35 кВ ВА УНДАН ЮҚОРИ ТОМОНДАГИ ЭЛЕКТРИК УЛАНИШЛАР СХЕМАСИ

а) Трансформатор-линия блокларининг схемалари

35—220 кВ томондаги уланишлар сони кўп бўлмаса, электрик уланишларнинг соддалаштирилган схемаси кенг қўлланилади. Одатда бундай схемаларда йиғма шиналар бўлмай, кам сонли виключателлар қўлланилади. Айрим соддалаштирилган схемаларда юқори кучланишли виключателлар умуман бўлмайди. Соддалаштирилган схемалар электр асбоб-ускуналар ва қурилиш материаллари сарфини камайтириш, тақсимлаш қурилмалари таннарини пасайтириш, уни монтаж қилишни тезлаштириш имкониятини беради. Бундай схемалар подстанцияларда кенг қўлланилади.

Соддалаштирилган схемалардан бири трансформатор — линия блокларининг схемасидир (5.11-расм, а). Блок схемаларда электроустановкакаларнинг элементлари бошқа блоклар билан кўндаланг боғланмай, кетма-кет уланади. Қўрилаган схемада Т1 трансформатори Л1 линияси билан В2 виключатели орқали уланган. Линияда авария бўлса, В1 билан В2 виключателлари узилади, трансформатор ишлашдан тўхтайд; трансформаторда авария бўлса В2, В3 виключателлари узилади.

Юқори кучланишли РУ қурилишидаги харажатни яна ҳам камайтириш учун В2 виключателини ўрнатмай, унинг функциясини узгич ОД га бериш мумкин (5.11-расм, б). Нормал режимда ишлаган трансформаторни ишдан тўхтатиш учун 6—10 кВ томонидаги В2 виключатель билан нагрузкани узиш етарли бўлиб, сўнгра эса трансформаторнинг



5-11-расм. Трансформатор — линия блокларининг схемалари:

а — виключателли; б — виключателсиз.

магнитланиш токини *ОД* узгичи билан узиш лозим. Охирги операцияни амалга ошириш трансформаторнинг қуввати билан унинг номинал кучланишига боғлиқ (батафсил 4-4- § га қаранг).

Трансформаторда шикастланиш содир бўлганда, реле ҳимояси *B2* виключателини узади ва энергосистеманинг подстанциясига *B₁* виключателини узиш учун импульс юборилади. Узувчи импульс махсус ётқизилган кабель, телефон алоқа линиялари ёки юқори кучланишли линияларнинг юқори частотали канали бўйлаб юборилади. Викключатель *B1* теле узгичли импульс (*ТО*) ни олиб, узилади, сўнгра автоматик равишда узгич *ОД* узилади. Трансформатор уланган транзит линия ишлашни давом эттириши лозим, шунинг учун *ОД* узилгандан сўнг викключатель *B1* автоматик уланади. Автоматик қайта уланиш (*АПВ*) схемасидаги пауза *ОД* нинг узиш вақти билан мос келиши шарт, акс ҳолда линия шикастланиши тузатилмаган трансформаторга уланиши мумкин.

B1 нинг узилишини теле узувчи импульс юбормасдан амалга ошириш мумкин. Бунинг учун *ВН* томонига қисқа туташтиргич *КЗ* ўрнатилган. Трансформаторнинг ҳимояси ишга тушиб *КЗ* юритмасига импульс юборади ва у уланиб, сунъий қ. т. ҳосил қилади. *Л1* линиянинг реле ҳимояси ишга тушиб *B1* ни узади. Қисқа туташтиргични ўрнатиш кераклиги шундан келиб чиқадики, системанинг подстанциясидаги линиясининг реле ҳимояси трансформатордаги бузилишни сезмай қолиши мумкин деб тушунтирилади. Бироқ қисқа туташтиргичларни қўллаш линиянинг таъминловчи томонидаги (*B₁*) викключателнинг ишлаш шароитларини оғирлаштиради, чунки бу викключатель яқиндаги қ. т. ни узиши лозим бўлади.

5.11- расм, б даги схеманинг асосий афзаллиги, унинг тежамкорлиги ҳисобланиб, бундай схемаларни транзит линияга мустаҳкам шохобча билан уланадиган бир трансформаторли подстанцияларда кенг қўллашга олиб келди.

Кўрилайётган схеманинг ишончли ишлаши КЗ билан ОД нинг аниқ ва ишончли ишлашига боғлиқ. Шунинг учун кейинги пайтда очиқ қилиб ишланган *КЗ* ва *ОД* ларни ишончли ишлайдиган ҳамда улаш ва узиш вақти анча кичик бўлган элегазли, ёпиқ қилиб ишланган *КЗ* ва *ОД* га (4-5- § га қаранг) алмаштириш мўлжалланмоқда. Шу сабабли узгич ўрнига нагрузка викключатели *ВН* ўрнатилиши мумкин.

б) Кўприкча схемалари

Кўприкча схемалари 35—110 КВ ли икки линия ва икки трансформаторларда қўлланилиши мумкин (5.12- расм).

Тўртта уланмалар учун қўлланиладиган схемада учта викключатель *B1*, *B2*, *B3* (5.17- расм, *а*) ўрнатилади. Нормал ҳолда икки линия *Л1* билан *Л2* орасидаги кўприкчадаги викключатель *B3* уланган. Линия *Л1* бузилганда, викключатель *B1* узилади, *T1* ва *T2* трансформаторлари ишлашини давом эттиради, энергосистема билан алоқа линия *Л2* орқали амалга оширилади. *T1* трансформатор-

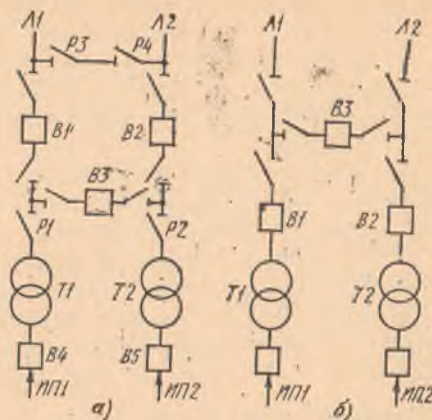
лари бузилганда, 6—10 кВ ли томондаги виключатель B_4 ва виключателлар B_1 билан B_3 узилади. Бу ҳолатда линия L_1 бузилмаган бўлса ҳам узилган бўлиб, бу кўприкча схемасининг камчилиги ҳисобланади. Агар трансформаторларнинг аварияли узилишининг кам бўлишини ҳисобга олсак, схеманинг бу камчилигини ҳисобга олмаса ҳам бўлади, чунки B_1 ва B_3 узилгандан сўнг ва бузилган трансформаторни ремонтга қўйиш учун ажраткич P_1 узилади ва B_1 , B_3 лар улаиб, L_1 линиянинг нормал иши тикланади. Схеманинг муҳим камчилиги виключатель B_1 билан B_2 ни ревизия қилишда бутун ремонт давомида тегишли линияларнинг узук бўлиши ҳисобланади.

Трансформаторнинг планли узилиши трансформатор — линия блокининг схемасидаги каби олиб борилади: B_4 виключатели узилади ҳамда қуввати бўйича рухсат этилладиган бўлса, ажраткич P_1 ёрдамида трансформаторнинг магнитлаши токи узилади. Операцияларни амалга оширишни қулайлаштириш мақсадида P_1 , P_2 ажраткичлар узгичлар билан алмаштирилиши мумкин.

Схеманинг асосий афзаллиги унинг тежамкорлиги (тўртта ула-нишга учта виключатель) ва оддийлигидир. Тақсимлаш қурил-масининг конструкцияси, электростанцияни кенгайтиришда кўприкчалар схемасидан бошқа схемаларга ўтиш имкониятини бериши лозим.

Кўприкча схемасининг линия томонига ўрнатилган перемичка-кали иккинчи вариантини қўллаш мумкин (5.12- расм, б). Бундай схемада линиянинг аварияли узилиши бузилмаган трансформаторнинг узилишига олиб келади. Трансформаторларга нисбатан линияларнинг аварияси анча кўп, шунинг учун кўприкча схемасининг иккинчи варианты қисқа линияларда қўлланилади.

Виключателлар (B_1 , B_2 , B_3) дан истаган бирини ревизия қилишда, иккала линиянинг ишлашини сақлаш учун, иккита ажраткич P_3 , P_4 лардан ташкил топган қўшимча кўприкча кўзда тутилади (5.12- расм, а). Перемичканинг ажраткичларида бири (P_3) нормал ҳолатда узук бўлиб, ҳамма виключателлар уланган бўлади. B_1 виключателни ревизия қилиш учун дастлаб P_3 ни улаб, сўнгра B_1 ва виключателнинг иккала томонидаги ажраткичлар узилади. Натижада иккала трансформатор ҳамда иккала линия



5-12- расм. Виключателли кўприкчалар схемалари:

а — трансформаторлар томонидаги перемичка;
б — линиялар томонидаги перемичка.

ишлашни давом эттиради. Агар шу режимда линиялардан бирида қ. т. бўлса, $B2$ узилади, яъни иккала линия кучланишсиз қолади.

$B3$ виключателини ревизия қилиш учун, дастлаб бу ерда ҳам перемичка уланади, кейин эса $B3$ узилади. Бу режим ҳам худди ўша камчиликларга эга линиялардан бирида қ. т. бўлса, иккала линия узилади.

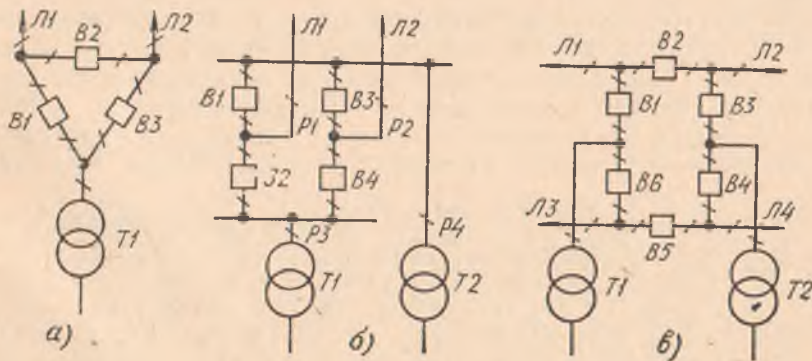
Виключателлардан бирини ревизия қилиш билан авариянинг бир-бирига тўғри келиш эҳтимоли виключателни қанча узоқ ремонт қилинса, шунча кўп бўлади.

Виключателли кўприкча схемасини, иккита линияга эга бўлган ўрта кучланишдаги подстанцияларда ва юқори кучланишли тармоқни секциялаш лозим бўлганда ёки виключателлари бошқа, схемаларга ўтиш лозим бўлса, қўллаш тавсия этилади.

в) Ҳалқасимон схемалар

Ҳалқасимон схемалар (кўп бурчакли схемалар) даги виключателлар ўзаро ҳалқа ҳосил қилиб уланади. Ҳар бир элемент—линия, трансформатор иккита қўшни виключателлар орасида уланади. Учбурчак схемаси энг оддий ҳалқасимон схема ҳисобланади (5.13-расм, а). $L1$ линияси схемага $B1$, $B2$ виключателлари билан $L2$ линияси $B2$, $B3$ виключателлари билан, трансформатор $B1$, $B3$ виключателлари билан уланган. Умумий схемага ҳар бир элементнинг кўп марта уланиши схеманинг ихчамлиги билан ишлаш ишончлигини оширади, бунда виключателлар сони эса уланишлар сонидан ошмайди. Учбурчак схемасида учта уланишга учта виключатель тўғри келганлиги учун у тежамкор схема ҳисобланади.

Ҳалқасимон схемада истаган виключателни ревизия қилишда ҳеч қандай элемент иши тўхтамай амалга оширилади. Масалан, $B1$ виключателни ревизия қилиш керак бўлса, у узилади ва виключателнинг икки томонига жойлашган иккита ажраткичлар узилади. Бунда иккала линия ва трансформатор ишни давом эттиради, бироқ



5-13- расм. Ҳалқали схемалар:

а — учбурчаклик схемаси; б — тўртбурчаклик схемаси; в — олтибурчаклик схемаси.

ҳалқа узилганлиги учун схеманинг ишончлилиги камаяди. Агар шу режимда *L2* линиясида қисқа туташув бўлса, унда *B2—B3* ви­ключателлари узилади, шу сабабли иккала линия билан трансфор­матор кучланишсиз қолади. Линияда қисқа туташув бўлиб, ви­ключателлардан бири ишламаса, подстанциянинг ҳамма элемент­лари тўла узилади. Масалан, *L1* линияда қисқа туташув бўлса на реле ҳимояси айби билан, юритма ёки ви­ключатель бузилганда *B1* ви­ключатели ишламаса, *B2* билан *B3* ви­ключателлари узилади. Бунда иккала линия билан трансформатор ўчган бўлади. Юқорида айтиб ўтилганидек, линиянинг бузилиши билан ви­ключателни ревизия қилишнинг бир-бирига тўғри келиш эҳтимоли ви­ключателни ремонт қилиш давомийлигига боғлиқ. Ремонтлар орасидаги давр билан ви­ключателларнинг ишлаш ишончлилигини ортиши, шунинг­дек, ремонт давомийлигининг камайиши эса схеманинг ишончли­лигини анча ортттиради.

Ҳалқасимон схемада ви­ключателларнинг ишлаш ишончлилиги бошқа схемаларга нисбатан юқори, чунки нормал ишлаш давомида истаган ви­ключателни текшириш имконияти мавжуд. Ви­ключателни узиб, у текширилса, уланган элементларнинг ишига ҳа­лақит бермайди ва схемада ҳеч қандай қайта улаш талаб этил­майди.

5.13- расм, б да тўртбурчак (квадрат) схемаси келтирилган. Бу схема тежамкор бўлиб (тўртта уланишга тўртта ви­ключатель) истаган ви­ключателни, унинг ҳамма элементлари ишига ҳалақит бермай, текшириш ва ревизия қилиш имкониятини беради. Схе­ма юқори ишончликка эга. Юқорида айтиб ўтилганидек, схема­нинг ишончлилиги, ҳалқа узук ҳолдаги режимда анча пасаяди, шунинг учун линия ёки трансформаторни ремонтга чиқариш учун реле ҳимояси ёрдамида узилгандан сўнг, шу занжирдаги ажрат­кични узиш ва узилган ви­ключателларни улаш лозим. Масалан, жиддий бузилишда, *L1* линия *B1* ва *B2* ви­ключателлар ёрдамида узилади. Ажраткич *P1* ни узиш, сўнгра эса *B1* билан *B2* ни улаш лозим бўлади. *P1—P4* ажраткичлари узокдан бошқарилувчи юрит­гич билан таъминланиши мумкин, бу схемани автоматлаштириш имкониятини беради. Бу занжирларда узгичлар ўрнатилиши ҳам мумкин.

Ажраткичларни фақат ремонт қилиш ишларида қўллаш ҳамма ҳалқасимон схемаларининг афзалликлари ҳисобланади. Бундай схемаларда ажраткичлар билан бўладиган операциялар сони унча кўп эмас.

Ҳалқасимон схемаларининг камчиликларига ҳалқага ўрнатилган ток трансформаторлари, ви­ключатель ва ажраткичларни танлаш қийинлигини киритиш мумкин, чунки схеманинг ишлаш режимига қараб аппаратдан ўтаётган ток ўзгаради. Масалан, *B1* ни ревизия қилишда (5.13- расм, б) *B2* нинг занжиридаги ток икки марта ор­тади. Релели ҳимоя ҳам ҳалқа ви­ключателларини ревизия қилишда ҳосил бўладиган режимларни ҳисобга олган ҳолда танланиши шарт.

Юқорида кўриб ўтилган схемаларнинг ҳамма хусусиятларига

эга бўлган, олти бурчакли схема етарли даражада кенг қўлланилмоқда (5.13- расм, в). *B2* ва *B5* виключателлари схеманинг энг кучсиз элементлари ҳисобланади, чунки уларнинг узилиши бир вақтнинг ўзида иккита *L1* ва *L2* ёки *L3* ва *L4* линияларнинг узилишига олиб келади. Агар шу линиялар бўйича қувват транзитланаётган бўлса, унда энергосистеманинг параллел ишлаш турғунлиги бузилиши-бузилмаслиги текшириб кўрилиши лозим. *B2* ва *B5* ларнинг бузилиш эҳтимоли анча юқори бўлганлиги учун схемани икки занжирли линияларда қўллаш тавсия этилади.

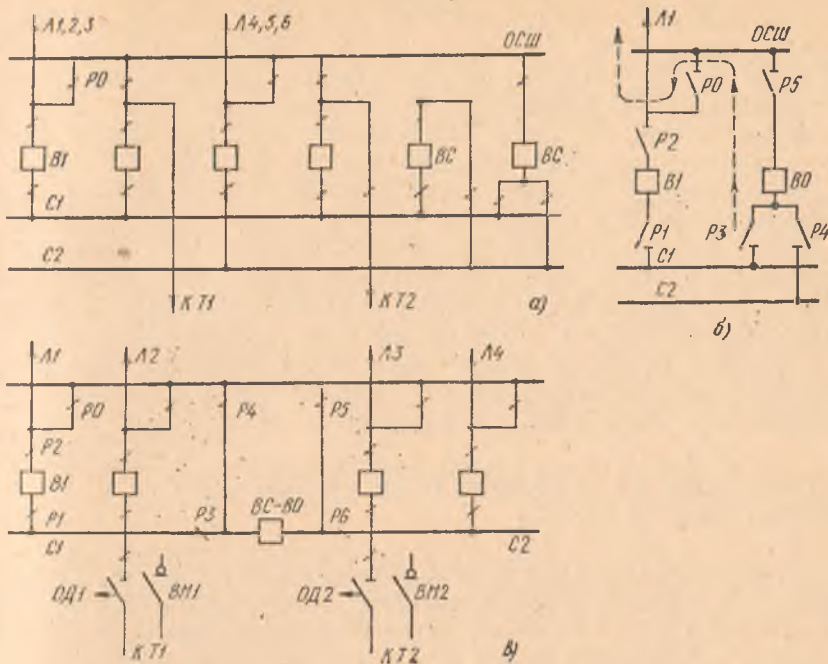
Хулоса қилиб шунни айтиш мумкинки, тақсимлаш қурилмаларини ҳалқасимон схема бўйича конструктив тайёрлаш, уч бурчакли схемадан тўрт бурчаклисига, сўнгра эса трансформатор-шиналар блокларининг схемасига ёки йиғма шинали схемаларга осонгина ўтиш имкониятини беради.

Ҳалқасимон схемалар уланишлар сони кўп бўлмаган (тўрт — олти) 220—500 кВ ли РУ учун гидростанция ва кучли узлавий подстанцияларда кенг қўлланилади. Кўриб ўтилган схемалардан ташқари, бирлашган кўп бурчаклар схемасини қўллаш мумкин (5.25- расмга қаранг).

г) Биттадан иш ва айланиб ўтувчи системаларга эга бўлган шиналар схемаси

Юқори кучланишдаги уланишлар сони кўп бўлса, якка секцияланган системали шиналар схемасини қўллаш мумкин (5.8- расм). Бироқ бу схема қатор муҳим камчиликларга эга, чунончи, линия ёки таъминлаш манбаини унинг занжиридаги виключателини ремонт қилиш учун кетадиган бутун вақт давомида узиш лозим бўлади. 35 кВ кучланишдаги линияларнинг узиш вақти узоқ бўлмайди, чунки одатда викключателларни ремонт қилиш тез бажарилади. Шу вақт ичида истеъмолчиларни ток билан таъминлаш учун тармоқдаги резервдан фойдаланилади. 110 ва ундан юқори кВ ли кучланишларда викключателларни, айниқса ҳаво викключателларини ремонт қилиш вақти ортади, шу сабабли занжирларни бутун ремонт вақти давомида узиш мумкин эмас, шунинг учун 5.8- расмдаги схема, одатда, 35 кВ ли РУ учун қўлланилади.

Схемаларга қўйиладиган муҳим талаблардан бири, юқори кучланиш томонидаги викключателларни ревизия ҳамда текшириш учун, ишни тўхтатмасдан олиб бориладиган шароитлар яратишдан иборат. Бу талабларга айланиб ўтувчи системали шиналар схемаси жавоб беради (5.14- расм). Нормал режимда шиналарнинг айланиб ўтувчи системаси — *ОСШ* кучланиш таъсирида бўлмай, *РО* ажраткичлари, бириктирувчи линиялар билан *ОСШ* ли трансформаторлар узилган бўлади. Схемада айланиб ўтувчи викключатель *ВО* назарда тутилиб, у иккита ажраткичдан иборат развилка ёрдамида истаган секцияга уланади. Секциялар бу ҳолатда бир-бирига параллел жойлашади. *ВО* викключатели истаган бошқа викключателларни алмаштириши мумкин, бунинг учун қуйидаги операцияларни



5-14- расм. Битта иш ва айланма системали шиналар схемаси:

а — айланма ва секцион вкључателли схема; б — линия вкључателини айланма вкључатель билан алмаштириш режими; в — айланма ва секцион вкључателлари бирлашган схема.

бажариш лозим: *ОСШ* нинг шикастланмаганлигини текшириш учун айланиб ўтувчи вкључатель *ВО* ни улаш; *ВО* ни узиш; *PO* ни улаш; *ВО* ни улаш; *B1* вкључателни узиш; *P1* ва *P2* ажраткичларни узиш лозим.

Кўрсатилган операциялар бажарилгандан сўнг линия шиналарнинг айланиб ўтувчи системаси билан биринчи секциядаги *ВО* вкључатели орқали таъминланади (5.14- расм, б).

Кам сонли уланишга эга бўлган подстанцияларда тежамкорликни орттириш мақсадида, секцион вкључателнинг функцияси айланиб ўтувчини билан умумлашган схемани қўллаш мумкин (5.14- расм, в).

Нормал ҳолатда вкључатель *BC—BO* секцион бўлиб, ажраткич *P3*, *P6* уланган, *P4*, *P5* эса узилган бўлади. *B1* ни ремонт қилишда *BC—BO*, *P6* узилади, сўнгра *P5* ва айланиб ўтувчи вкључатель вазифасини бажарувчи *BC—BO* уланади. Бундай режимда *Л1*, *Л2* ва *Л3*, *Л4* линияларнинг параллел ишлаши бузилиб, бу энергосистема учун қисман ёки бутунлай тўғри келмаслиги мумкин.

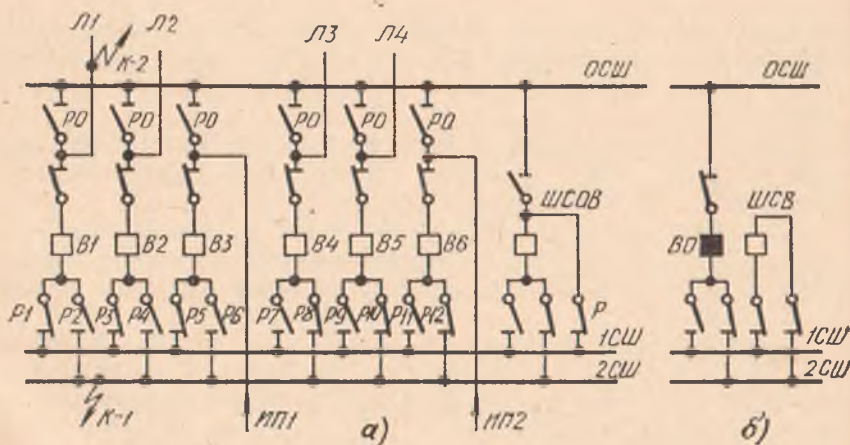
Схемада (5.14- расм, в) ги трансформаторларнинг занжирларида узгич ёки нагрзука вкључателлари ўрнатилган. Трансфор-

маторда бузилиш бўлганда (масалан, $T2$ да) $L3$, $LУ$ линиянинг виключатели ва секцион $BC—BO$ узилади. $OD2$ (ёки нагрузка виключатели $BH2$) узилгандан сўнг виключателлар автоматик уланиб, $L3$, $LУ$ линиялар ишини тиклайди. Бундай схема эксплуатацияда нуқулай ҳисобланади ва линиялар сони тўрттадан ошмаган подстанциянинг 110 кВ ли томонида, тармоқни иккита мустақил ишловчи қисмларга ажратиш мумкин бўлганда қўлланилади. Бир системали шиналар схемасининг катта камчилиги, шина ажраткичлар ёки шиналарни ремонт қилиш учун шу секцияга уланган ҳамма занжирларни узишдан иборат. Линия ёки трансформаторда қисқа туташув бўлса, виключателнинг ишламай қолиши ҳам, шунингдек секциянинг узилишига олиб келади. Секция виключатели бузилса ёки ишламай қолса, иккала секция узилади.

Истаган секцияни ремонт қилинганда генерациялаш манбаи бутун ремонт давомида узук бўлади. Бу катта қувватли электр станциялар учун рухсат этилмайдиган ҳолдир.

д) Иккитадан иш ва айланиб ўтувчи системага эга бўлган шиналар схемаси

Уланишлар сони кўп бўлган 110 кВ ва ундан юқори кучлинишли РУ учун занжирга битта виключатель мўлжалланган иккита иш ва айланиб ўтувчи шиналар системаси қўлланилади (5.15- расм, а). Одатда, 110 ва ундан юқори кВ ли установкаларда уланишлар белгиланган ҳолатда тақсимланиб қўлланилади: $L1$, $L2$ линиялар ва $ИП1$ манба биринчи шиналар системаси ($1СШ$) га уланган, $L3$, $L4$ ва $ИП2$ таъминлаш манбаи иккинчи шиналар системаси ($2СШ$) га уланган, P ажраткичи билан перемичка (туташтиргич) уланган ва



5-15- расм. Иккита иш ва айланма системали шиналар схемаси:

а — айланма ва шина уловчи виключателлари бирлашган схема; б — алҳада шина уловчи ҳамда айланма виключателларни ўрчатиш.

айланиб ўтувчи виключатель бир вақтнинг ўзида шинани бириктирувчи (ШСОВ) ҳисобланади.

ШСОВ ни айланиб ўтувчи сифатида қўллаш лозим бўлса, иш шиналари системасини ажратиб, уни узиш керак, сўнгра эса ажраткич Р ни узиш лозим. Шундан сўнггина ШСОВ айланиб ўтувчи виключатель сифатида ишлатилиши мумкин.

Агар таъминлаш манбаларининг параллел ишлашини бузмаслик мақсадида шиналарни ажратиш мумкин бўлмаса, даставвал ҳамма уланишларни битта шиналар системасига ўтказилади. Йиғма шиналарга туташадиган уланишлар сони қанча кўп бўлса, айланиб ўтувчи виключателни бўшатиш учун шунча кўп операцияларни бажариш лозим ва уланишлар виключателларини алмаштириш учун, у шунча кўп вақт банд бўлади, шунинг учун алоҳида шина бириктирувчи виключателдан кечиш агрегатлар қуввати 160 МВ дан ошмаганда [5-1] ҳамда уланишлар сони еттидан кўп бўлмаганда мумкин.

Алоҳида ШСВ ни ўрнатиш (5.15- расм, б) катта оператив мосланувчанликни таъминлайди, лекин капитал маблағ сарфини кўпайтиради.

Иккита системали шиналар схемасининг хусусияти аввалроқ (5.2- §, в) кўриб ўтилган эди. Шуни таъкидлаш лозимки, 110 кВ ва ундан юқори кВ ли РУ учун қуйидагилар шу схеманинг муҳим камчиликлари ҳисобланади:

аварияда виключателлардан бирининг ишламай қолиши натижасида ҳамма таъминловчи манбалар шу СШ га уланган уланишларнинг, агар фақат битта СШ ишлаётган бўлса, унда ҳамма уланишларининг узилишига олиб келади. Аварияни тузатиш анча чўзилади, чунки бир шиналар системасидан иккинчисига ўтказишдаги ҳамма операциялар ажраткич ёрдамида олиб борилади. Агар таъминлаш манбаи кучли турбогенератор — трансформатор блоки бўлса, унда уларнинг нагрузкадан холи бўлган вақти 30 минутдан ортиқ бўлса, уларни ишга тушириш бир неча соатларни ташкил этиши мумкин;

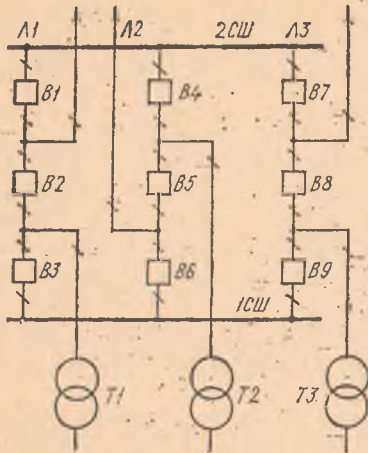
шина туташтирувчи виключателнинг бузилиши иккала шиналар системасидаги қисқа туташувга тенг бўлади, яъни ҳамма уланишларнинг узилишига олиб келади;

виключателларни ремонт ҳамда ревизияга чиқаришда ажраткичлар билан бажариладиган операцияларнинг кўплиги РУ ни эксплуатация қилишни қийинлаштиради;

шина туташтирувчи айланиб ўтувчи виключателларни ўрнатиш ҳамда ажраткичлар сонининг кўплиги РУ қуришга сарфланадиган маблағни кўпайтиради.

Схеманинг мосланувчанлиги билан ишончлигини бирмунча ошириш ишларини шиналарнинг бир ёки иккала системаларини секциялаш йўли билан амалга ошириш мумкин. Уланишлар сони кўп бўлса (12—16 тадан ортиқ), капитал харажатлар ўзини оқлайди.

е) Икки системали шиналар ва икки занжирли уч виключатель уланган схема



5-16- расм. Занжирга 3/2 та виключатель тўғри келадиган схема.

330—500 кВ ли тақсимлаш қурилмаларида икки системали шиналар билан икки занжирга учта виключатель уланган схема қўлланилади. 5.16- расм, а дан кўринадик, олтига уланишга туққизта виключатель керак, яъни ҳар бир уланишга «бир яримта» виключатель (схеманинг иккинчи номи «бир яримта» ёки «занжирга 3/2 виключателли схема» шундан келиб чиққан) тўғри келади.

Ҳар бир уланиш иккита виключатель орқали уланган. Л1 линияни узиш учун В1, В2 виключателларини, трансформатор Т1 ни узиш учун В2, В3 ларни узиш лозим.

Нормал режимда ҳамма виключателлар уланган бўлиб, иккала шиналар системаси кучланиш остида бўлади. Истаган виключателни ревизия қилиш учун у узилади ва кучланиш остида қолган қисмларни виключателнинг икки томонига ўрнатилган иккита ажраткич ёрдамида узилади. Виключателни ревизияга чиқариш учун сарфланадиган операциялар сони минимал бўлиб, ажраткичлар фақат виключателни ремонтга чиқаришда ажратиш учун хизмат қилади, улар ҳеч қандай оператив қайта улашларни амалга оширмайди. Схеманинг афзаллиги шундаки, истаган виключателни ревизия қилишда ҳамма уланишлар ишлашни давом эттиради. Бир яримта схеманинг бошқа афзалликларига унинг юқори ишончилиги киради, чунки ҳатто йиғма шиналарда бузилиш бўлганда ҳам ҳамма занжирлар ишлашда давом этади. Чунончи, шиналарнинг биринчи системасида қ. т. бўлса, В3, В6, В9 виключателлари узилади, шиналар кучланишсиз қолади, бироқ ҳамма уланмалар ишда қолади. Таъминлаш манбалари билан линиялар сони тенг бўлса, иккала шиналар системаси узилганда ҳам ҳамма занжирларнинг ишлаши сақланади; бунда шу станциянинг юқори кучланишли томонидаги параллел ишлаши бузилиши мумкин холос.

Схема иш режимда, ажраткичлар ёрдамида ҳеч қандай операцияларни бажармай, виключателларни текшириш имкониятини беради. Шиналарни ремонт қилиш изоляторларни тозалаш, шина ажраткичларини ревизия қилиш, занжирлар ишига халақит бермай олиб борилади (шина виключателларининг тегишли қатори узилади), ҳамма занжирлар кучланиш остида қолган шиналар системаси орқали параллел ишлашни давом эттиради.

Йил давомида ҳамма виключателлар, ажраткичлар ва йиғма шиналарни навбати билан ревизияга чиқариш учун ажраткичлар орқали бажариладиган керакли операциялар сони икки иш шинаси ва айланиб ўтувчи шиналар системаси схемасидагига қараганда бирмунча кам бўлади.

Схеманинг ишончлилигини ошириш учун бир номдаги элементлар шиналарнинг турли системаларига уланади: $T1$ ва $T3$ трансформаторлари ва $L2$ линияси шиналарнинг — биринчи системасига, линия $L1$, $L3$ ва $T2$ трансформатори шиналарнинг — иккинчи системасига уланади. Бундай биргаликда истаган элемент ёки йиғма шиналардан бири бузилганда виключателлардан бирининг бузилиши билан бошқа уланиш виключателининг ремонти бир вақтга тўғри келса, битта линиядан ва битта таъминлаш манбаидан ортиги узилмайди.

Чунончи, $B5$ ремонт пайтида $L1$ линияда қ. т. бўлса ҳамда $B1$ виключатели ишламай қолса, $B2, B4, B7$ виключателлари узилади, бунинг натижасида бузилган $L1$ линиядан ташқари яна бир элемент $T2$ узилади. Айтиб ўтилган виключателлар узилгандан сўнг, $L1$ линия ажраткич билан узилиши ва $T2$ трансформатори $B4$ виключатели билан ишга туширилиши мумкин. Қўрилаётган схемада иккита линия ёки иккита манбанинг, бир вақтда узилиши эҳтимолдан узоқроқ.

5.16- расмда кўрсатилган схемадаги йиғма шиналарга учта занжирча уланган. Агар шундай занжирчалар сони бештадан ортиқ, у ҳолда виключатель ёрдамида секциялаш тавсия этилади.

Қўрилаётган схеманинг камчилиги:

линиядаги қисқа туташувни иккита виключатель билан узиш бўлиб, бу виключателларни ревизия қилишнинг умумий сонини ортиради;

уланишлар сони тоқ бўлганда занжирлардан бири иккита виключатель орқали уланиши керак бўлганлиги учун РУ конструкцияси қимматлашади;

агар линиялар сони трансформаторлар сонига тенг бўлмаса, схема ишончлилигининг камайиши. Бу ҳолда учта виключателлардан бирининг занжирчасига иккита бир хил элемент уланади, шунинг учун иккита линиянинг бир вақтда аварияли узилиши мумкин;

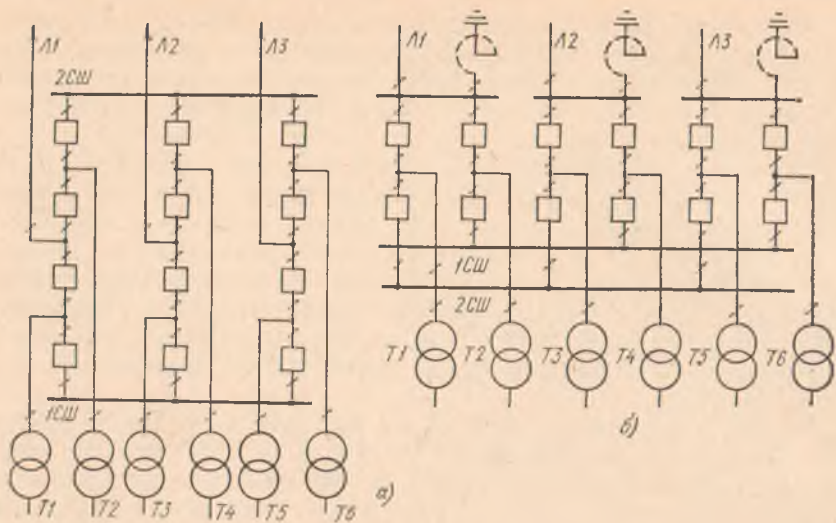
реле ҳимоя занжирларининг мураккаблашиши;

схемада виключателлар сонининг ортиши.

Схеманинг юқори ишончлилиги ва осон узартириш мумкинлиги сабабли кучли электростанция ва бош подстанцияларнинг 530—500 кВ ли РУ сида кенг қўлланилмоқда.

ж) Икки системали шиналар ва уч занжирга тўртта виключатель уланган схема

5.17- расм, *а* даги тўққиз уланишга ўн иккита виключатель, шунини ҳар бир уланмага $4/3$ виключатель лозим бўлади. Агар линиялар сони трансформаторларникидан икки марта кам ёки кўп бўлса, схема энг яхши кўрсаткичга эга бўлади.



5-17- расм. Занжирга 4/3 та виключатель тўғри келадиган схема:
 а — виключателлар турт қатор жойлашган; б — виключателлар икки қатор жойлашган.

Ҳар бир уланишга 4/3 виключатель уланган схема бир ярим-тали схеманинг ҳамма афзалликларига эга ва ундан ташқари: *схема янада тежамлироқ* (уланишга 1,5 ўрнига 1,33 виключатель);

ийгма шиналарни секциялаш фақат 15 ва ундан ортиқ уланишларда талаб этилади;

агар занжирлардан бирида иккита трансформатор ва битта линия ўрнига иккита линия ва битта трансформатор уланган бўлса, *схеманинг ишончилиги амалда камаймайди;*

агар виключателларнинг икки қатор жойлашиш компоновкаси қабул қилинса, *кўрилган схема бўйича ОРУ нинг конструкцияси анча тежамли ва хизмат қилиш қулай* (5.17- расм, б) бўлади [5-6].

Схема қувватли ҚЭС нинг 330—500 кВ ли РУ да қўлланилмоқда.

5-4. ҚЭС ВА АЭС ЛАРНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

а) Қувватли иссиқлик электр станцияларининг схемаларига қўйиладиган талаблар

Иссиқлик электр станцияларга ўрнатилган генераторларнинг қуввати тўхтовсиз ортиб бормоқда. 500, 800 МВт ли блоклар эксплуатацияда ўзлаштирилган, 1200 МВт ли блоклар ўзлаштирилмоқда. Замонавий ҚЭС нинг белгиланган қуввати бир неча миллион киловаттга етади. Бундай электр станцияларининг шиналарида энергосистеманинг турли станциялари орасида боғланиш олиб борилади, энергосистеманинг бир қисмидан иккинчи қисмига қув-

ват ўтиб туради. Буларнинг ҳаммаси йирик ҚЭС ларни энергосистемада масъулиятли роль ўйнашига олиб келади. ҚЭСнинг электрик уланишлар схемасига 5-1- § да кўриб чиқилган умумий талаблардан ташқари, бошқа ўзига хос хусусиятли талаблар қўйилади [5-1].

1. Бош схема энергосистеманинг ривожланишини ҳисобга олиб, тасдиқланган лойиҳа асосида танланиши лозим, яъни электр энергияси берилаётган кучланиш, шу кучланишларда нагрузкаланиш графиги, тармоқлар схемаси ва кетадиган линиялар сони, юқори кучланишларда қисқа туташувнинг рухсат этилган токлари, тармоқларнинг турғунлиги ва секциялашга нисбатан қўйиладиган талаблар, энергосистемадаги резерв бўйича рухсат этилган энг юқори қувват исрофи ва электр узатиш линияларининг ўтказиш қобилиятлари мослаштирилган бўлиши лозим.

2. 300 МВт ва ундан юқори кучланишли агрегатли электростанцияларда шина туташтирувчи билан секцион виключателларидан бошқа, истаганининг бузилиши ёки ишламай қолиши, агар бунда энергосистеманинг турғунлиги сақланса, бир энергоблок ва бир ёки бир нечта линияларнинг узилишига олиб келмаслиги керак. Агар энергосистеманинг турғунлиги сақланиб, секцион ёки шина туташтирувчи виключатель бузилса, икки блок ва линияларни йўқотишимизга рухсат этилади. Бузилиш ёки виключателлардан бирининг ишлашдан тўхташи бошқасини ремонт қилиш пайтига тўғри келса, бунда ҳам иккита блок йўқотилишга рухсат этилади.

3. Истаган виключателнинг бузилиши ёки ишламаслиги электр станция шинаси орқали транзитнинг бузилишига, яъни транзитнинг биттадан ортиқ линиясининг узилишига олиб келмаслиги лозим (агар у иккита параллел занжирлардан тузилган бўлса).

4. Одатда, энергоблокларни алоҳида трансформатор билан виключателлар орқали юқори кучланишли томонига улаш лозим.

5. Электр узатиш линияларини иккитадан ортиқ бўлмаган виключателлар билан, ўз эҳтиёжининг энергоблоклари, трансформаторларини эса ҳар бир кучланишнинг РУ сининг учтадан ортиқ бўлмаган виключателлари билан узилиши лозим.

6. 110 ва ундан ортиқ кВ кучланишли виключателларни ремонт қилиш уланишларни узмай олиб борилиши лозим.

7. Юқори кучланишли РУ схемалари тармоқни секциялаш ёки қ. т. токини чеклаш мақсадида, электр станцияни мустақил ишлайдиган қисмларга бўлиш имкониятини назарда тутиши лозим.

8. Шу РУ дан ўз эҳтиёжининг иккита ишга тушириш резерв трансформаторлари таъминланганда, истаган виключателлардан бири ё ишламай қолса ёки бузилса, иккала трансформаторларни йўқотиш эҳтимоли йўқ бўлиши керак.

Санаб ўтилган талаблар 500 ва 1000 МВт ли кучли блоклар ўрнатиладиган ҳозирги замон атом электр станцияларига ҳам бир хил тааллуқлидир.

Схемаларни қатъий танлаш унинг ишончлилигига боғлиқ бўлиб, бу айрим элементларнинг солиштирама бузилишига қараб,

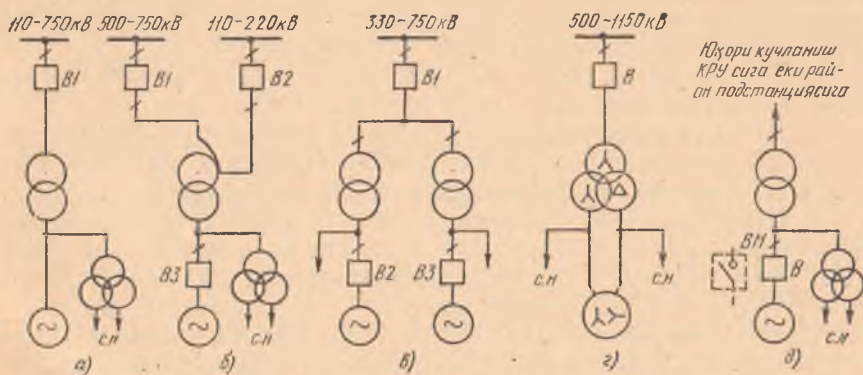
математик метод ёрдамида баҳоланиши мумкин. Бош схема энергосистеманинг режим талабларига жавоб бериб, ҳисобланган минимал ҳаракатларни таъминлаши лозим.

б) Генератор-трансформатор ва генератор-трансформатор — линия блокларининг схемаси

5-1- § да кўрсатиб ўтилганидек, КЭС ва АЭС ларда электр энергияни бериш схемалари генераторларнинг трансформаторлар билан блокли уланиши билан характерланади. Генератор — трансформатор блокларининг схемаларини батафсилроқ кўриб чиқамиз (5.18-расм).

Генератор билан икки чулғамли трансформатор блокадаги генератор кучланишида виключателлар, одатда бўлмайди (5.18- расм, а). Блокни нормал ва авария режимларида улаш ва узиш юқори кучланишли томондаги В1 виключатели билан амалга оширилади. Бундай блок моноблок деб юритилади. Генераторни блокли трансформатор билан улаш ва ўртача кучланишдаги трансформаторга шохобча улаш ҳозирги замон электр станцияларида ажратилган фазали ёпиқ комплекти ток ўтказгичлар ёрдамида амалга оширилиб, улар шу уланмаларда фазалараро қ. т. ни амалда йўқотиб, юқори ишончлиликда ишлашни таъминлайди. Бу ҳолатда генератор билан оширувчи трансформатор орасида, шунингдек, ўта кучланишдаги трансформаторга тармоқланувчи орасида ҳеч қандай коммутацион аппарат назарда тутилмайди. Ўрта кучланиш (с. н.) даги трансформаторга келаётган тармоқда виключателнинг бўлмаслиги, с. н. трансформаторда бузилиш содир бўлганда, блокнинг ҳаммасининг узилишига олиб келади (В1, с. н. трансформаторининг 6 кВ томонидаги виключателлари ҳамда генераторнинг АГП си узилади).

Трансформаторларнинг ишлаш ишончлилиги юқори булиши ва энергосистемада керакли резерв қувват борлигини ҳисобга ол-



5-18- расм. Генератор — трансформатор блокларининг схемалари:

а, д — икки чулғамли трансформаторли блоклар; б — автотрансформаторли блок; в — бирлаштирилган блок; г — 1200 МВТ генераторли блок.

ганда, берилган схема 160 МВт ва ундан ортиқ қувватли блоклар учун типавий деб қабул қилинган [5-1].

5.18-расм, б да генератор — автотрансформатор блокининг схемаси кўрсатилган бўлиб, у КЭС ёки АЭС да иккита юқори кучланиш мавжудлигида қўлланилади. Генераторда бузилиш бўлса, В3 виқлючатели узилиб юқори кучланишли икки РУ орасидаги боғланиш сақланади. 110—220 кВ ёки 500—750 кВ кучланишли шиналарда бузилиш бўлса, тегишлича В2 ёки В1 узилади, блок эса 500—750 ёки 110—220 кВ ли шиналарга ишлашда давом этади. В1, В2, В3 виқлючателлари билан автотрансформатор орасидаги ажраткичлар, блок ёки автотрансформаторнинг ишлашини сақлаб қолиб, виқлючателларни ремонт қилишга чиқариш имкониятини яратиш учун зарур.

330—750 кВ кучланишли РУ конструкциясини соддалаштириш ва арзонлаштириш мақсадида, айрим ҳолларда, иккита алоҳида трансформаторли блокларни умумий виқлючатель В1 билан бирлаштириш қўлланилади (5.18-расм, в). В2, В3 виқлючателлари генераторларни параллел ишга тушириш учун зарур бўлади ва катта ишончлиликни таъминлайди, чунки генераторлардан бири да бузилиш содир бўлса, иккинчиси ишлашни давом эттиради.

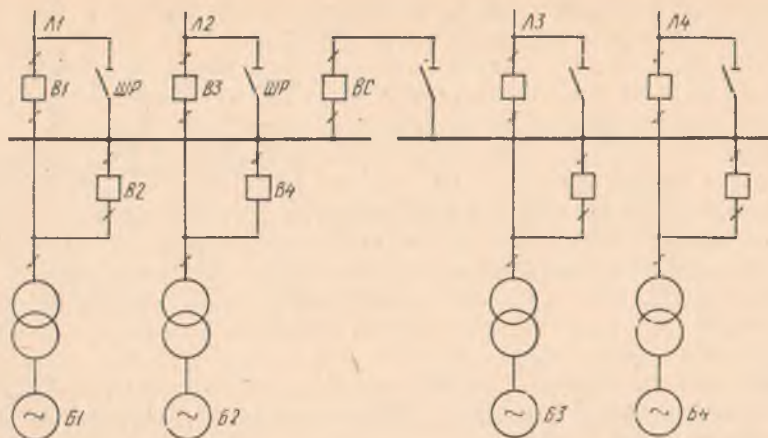
Шуни айтиб ўтиш керакки, генератор виқлючателларини бўлиши, ишга туширувчи резерв ў. э. (с. н.) трансформаторидан фойдаланмасдан генераторни ишга тушириш имкониятини беради. Бу ҳолатда генераторнинг узилган виқлючателида ўз эҳтиёжи шиналари блокли трансформатор ва ўз эҳтиёжининг иш трансформатори орқали таъминланади. Генераторни ишга тушириш операциялари амалга оширилгандан сўнг, у синхронлашади ва В2 (В3) виқлючатели билан уланади.

Генератор кучланишида қўпол ва қиммат турадиган ҳаво виқлючатели ўрнига элегазли нағрузка виқлючатели ўрнатилиши мумкин. Бироқ бу ҳолатда блоклардан истаган бирининг бузилиши В1 виқлючателининг узилишига олиб келади. Бузилган блок ажратилгандан сўнг тузук блок ишлаш учун уланади.

Компановкалашда қийинчилик туғилган ҳолда (500—700 кВ кучланишли РУ ни қуриш учун майдон чекланганда), етарли резерв ҳамда системалараро алоқанинг ўтказиш қобилиятига эга бўлган, шунингдек, виқлючателлар, трансформаторлар билан юқори кучланишли РУ орасидаги ҳаво ва кабель уланмаларни тежаш мақсадида кучли энергосистемаларда бирлашган блокларни қўллаш мумкин.

Бирлашган блоклар АЭС да кенг қўлланилиб, битта реакторга иккита турбогенератор ўрнатилади.

Статори иккита мустақил чулғам (олти фазали система) га эга бўлган 1200 МВт ли генераторлар иккита НН чулғамли кучайтирувчи трансформаторли блокка уланади: биринчиси учбурчак схемасида уланган, иккинчиси эса статорнинг икки чулғами орасидаги 30° ли сурилишни компенсациялаш учун юлдуз схемасида (5.18-расм, г) уланади.



5-19- расм. Тенглаштирувчи системали шиналарнинг генератор-трансформатор — линия блоклари схемалари.

Қатор ҳолларда генератор виқлючателли блоклар қўлланилади (5.18- расм, д). Генераторни узиш ёки улаш *В* виқлючатели (ёки *ВН* нағрузка виқлючатели) орқали амалга оширилиб, *ВН* томонидаги схемага тегилмайди, бу айниқса ҳалқасимон схема ёки бир занжирга $3/2$ ва $4/3$ виқлючатель тўғри келадиган схема учун муҳимдир. Бундай схемалар энергосистема нағрузкаси графигини бошқаришда қатнашадиган блоклар, шунингдек эса трансформатор ва *ВН* линияси орасида виқлючатель ўрнатилмаган генератор — трансформатор — линия (ГТЛ) схемалари учун қўлланилади.

ГТЛ схемаси линиялар сони блокли трансформаторлар сонига тенг бўлганда қўлланилади. *ВН* линияси энг яқин район подстанциясига уланади, бундай ҳолда электр станцияда *ВН* нинг тақсимлаш қурилмаси қурилмайди. Кўриб чиқилган схемалар муҳим камчиликка эга: линия бузилганда, уни ремонт қилиш учун кетадиган бутун вақт давомида, блок узук бўлади. Бу камчиликни йўқотиш мақсадида тенглаштирувчи шиналар системасига эга бўлган ГТЛ схемаси қўлланилади.

5.19- расмда икки қисмга секцияланган тенглаштирувчи шиналар системасига эга бўлган тўртта линияси билан тўртта блок учун ГТЛ схемаси тасвирланган. Блоклардан тенглаштирувчи шиналар системаси (СШ) га борадиган тармоқ бевосита кучайтирувчи трансформатордан сўнг ўтказилган бўлиб, *В2*, *В4* ва ҳоказо виқлючателлар билан таъминланган.

Нормал режимда ҳамма виқлючателлар уланган бўлиб, шунтовчи ажраткичлар *ШР* узилган бўлади. *Л1* линияда қ. т. бўлганда *В1* виқлючатели узилади, блок *В2* орқали тенглаштирувчи СШ билан уланиб ишлашда давом этади. Блокда авария бўлганда *В1* билан *В2* узилади, яъни бузилмаган линия ишлашдан тўх-

тайти. Блок планли узиладиган бўлса, аввал *ШР* уланади, сўнгра эса *B1* ва *B2* лар узилади, бунда линия тенглаштирувчи *СШ* дан танмилланаверади.

Линияда қ. т. бўлганда *B1* виключателининг ишдан чиқиши, бузилмаган блокнинг узилишига олиб келади, чунки *B2* узилади. Блокдаги қ. т. да *B2* нинг ишламай қолиши секцион виключатель *BC* билан бошқа блокнинг виключатели *B4* ни узишга олиб келади, яъни бузилмаган *L1* линия билан *B1* блок узилади. Бунда *B2* блок билан *L2* линия станциянинг бошқа қисмидан ажралган бўлади.

B1 виключателни ревизияга чиқариш учун шунтловчи ажраткич уланади, сўнгра *B1* билан унинг икки томонидаги ажраткичлар узилади. Агар шу режимда линияда қ. т. бўлса, у ҳолда *B2*, *B4* ва *BC* виключателлар узилади, бунда бузилмаган *B1* блоки узилади, бироқ *B2* блоки эса ишлашни алоҳида давом эттиради.

B2 виключателини ревизияга чиқариш учун шунтловчи ажраткич уланиб, сўнгра *B2* узилади. Агар шу режимда линияда қ. т. содир бўлса, у ҳолда *B1* блоки узилади ва бир вақтнинг ўзида тенглаштирувчи *СШ* сидан бошқа блок *B2* узилади (*B1*, *B4*, *BC* лар узилади).

Бу схема тежамли бўлиб, саккизта уланишга тўққизта виключатель тўғри келади, уни қўллаш билан юқори кучланишли ВН томондаги қ. т. токини чеклаш имконияти туғилади.

Схеманинг камчилиги виключатель ишламай қолганда бузилмаган блоклар ёки линияларнинг узилиши, шина орқали транзитнинг узилиши, шунингдек, виключателларни ревизияга чиқариш учун ажраткичлар бажарадиган ҳамда ажраткичларнинг ўзини ревизиялаш учун бажариладиган операцияларнинг кўплигидир.

ГТЛ схемадаги нозик жой виключатель *BC* ҳисобланади, унинг бузилиши, тенглаштирувчи шиналар системасидан ҳамма блокларнинг узилишига, яъни блокларнинг айрим-айрим ишлаши билан шина орқали қувват транзитнинг бузилишига олиб келиши ҳисобланади.

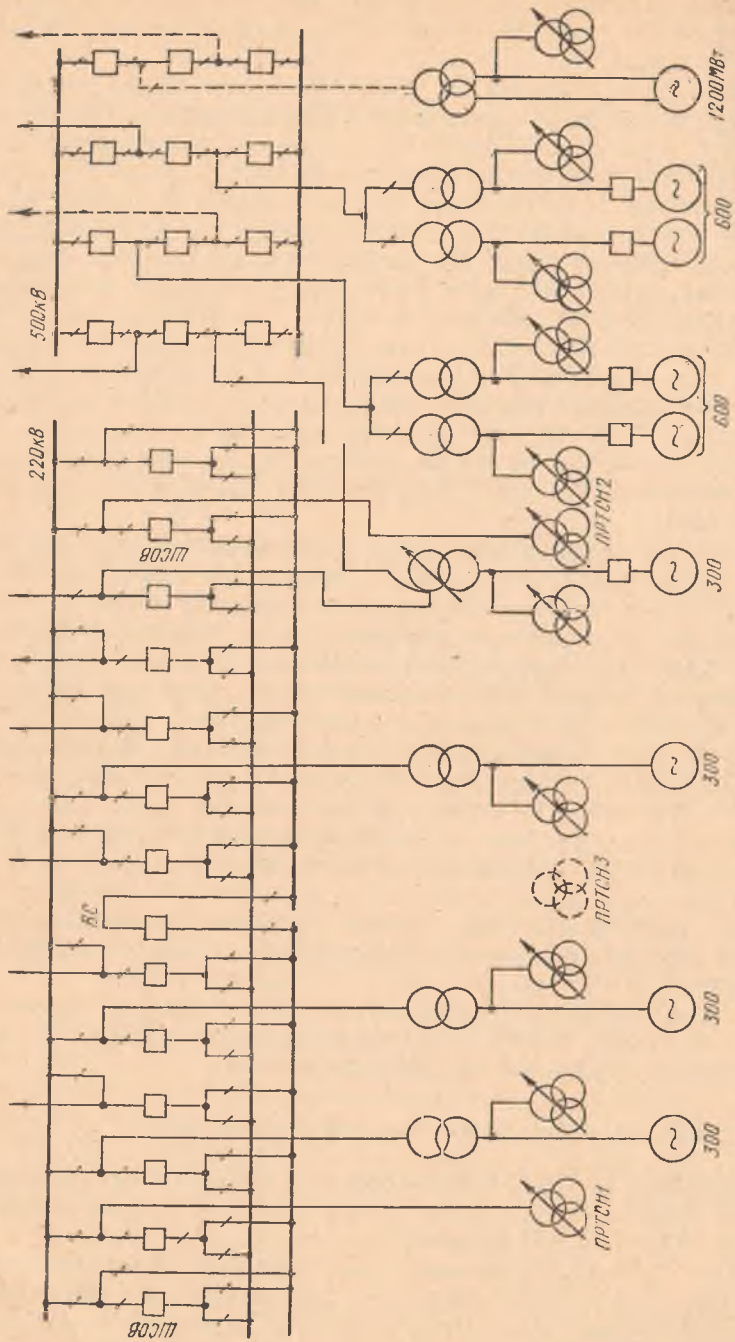
Кўриб ўтилган схемадан ташқари, айланиб ўтувчи шиналар системаси тенглаштирувчи кўпбурчакли ГТЛ схемаси қўлланилиши мумкин [6-1].

ГТЛ нинг схемаси электр станциянинг 220—750 кВ ли томонида қўлланиши мумкин бўлиб, уларнинг шиналаридан энергосистемадаги қувватни ўтказиш учун фойдаланилмайди.

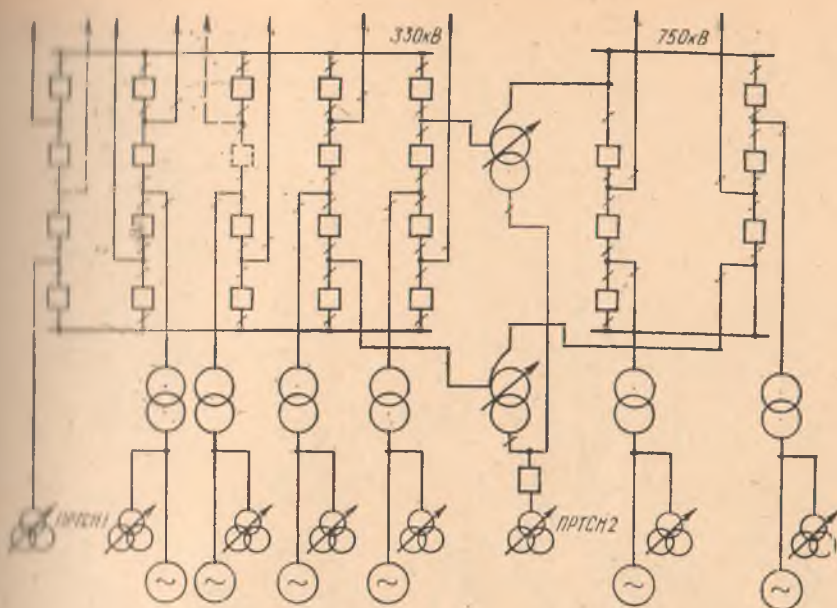
и) Кучли КЭС ва АЭС ларнинг типавий схемалари

Ҳозирги КЭС ва АЭСга қуввати 500; 800; 1000; 1200 МВт ли блоклар ўрнатилади. Бериладиган электр энергиянинг кучланиши 220, 330, 500, 750 кВ бўлади.

Қуйида типавий схемалардан намуналар келтирилган. 5.20-расмда ҳар бири 300 МВт ли саккиз блокли КЭС ва кейинчалик у кенгайтирилганда 1200 МВт ли блокни ўрнатиш схемаси кўрсатилган. 1, 2, 3 блоклари, иккита иш шинали ва айланиб ўтувчи *СШ*



5-20- расм. (8 × 300 + 1 × 1200) МВт қувавтли ҚЭС схемаси.



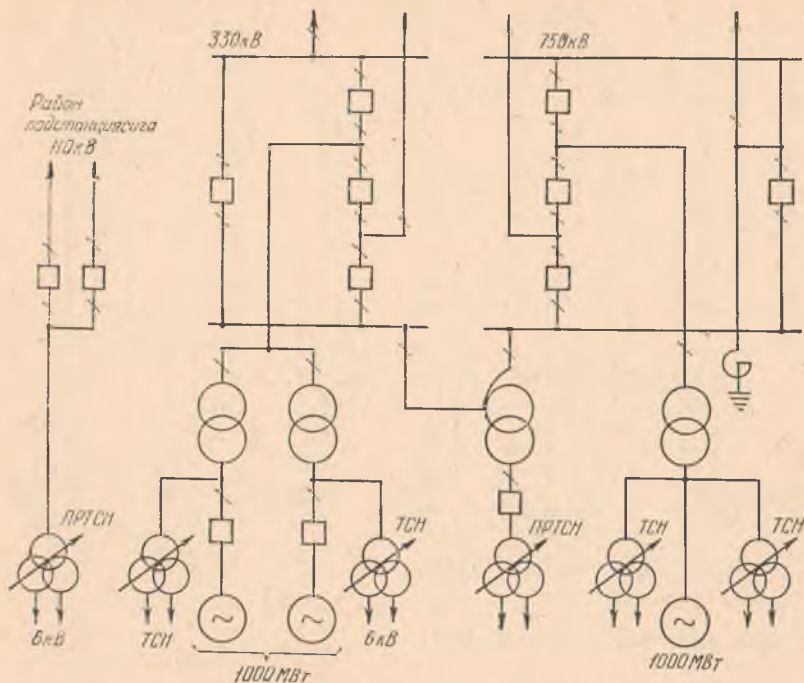
5.21- расм. КЭС схемаси (6×800) МВт.

Схемаси бўйича тузилган 220 кВ ли РУ га электр энергияси узатади. Электр станцияларнинг тараққий этиш процессида 220 кВ ли шиналарга уланадиган уланмалар сони ортганда, *СШ* лардан биттаси секцияланади. Автотрансформаторли 4 блок 220 кВ ва 500 кВ ли РУ ни боғлайди. Бирлашган блоклар 6,5 ва 7,8 олти бурчак схемасида тайёрланган, кейинчалик кенгайганда 1200 МВт ли блок ўрнатилганда эса уланмаган 3/2 виқлючателли схема бўйича тузилдиган 500 кВ ли РУ га энергия беради (5.20- расмда кенгайтириш схемаси пунктир билан кўрсатилган).

5.21- расмда ҳар бири 800 кВт ли олти блокли КЭС схемаси келтирилган. 330 кВ ли РУ уланмаган 4/3 виқлючатель схемаси бўйича тайёрланган. 750 кВ ли РУ занжирлар сони ортганда 3/2 ёки 4/3 виқлючателли схемага ўтиш имконияти бўлган олти бурчак схемаси бўйича тузилган.

РУ нинг ВН идаги виқлючателлар сонини анча камайтиришга боғловчи автотрансформаторни ўрнатишдан воз кечиш йўли билан эришилиши мумкин, бироқ бу шу район энергосистемаси тармоқларида тегишли боғланиш мавжуд бўлгандагина мумкин.

5.22- расмда ҳар бир 1000 МВт ли иккита атом реакторли АЭС схемаси келтирилган. АЭС нинг биринчи босқичдаги ривожланишида реакторга 500 МВт дан иккита турбогенератор ўрнатилган. Бу генераторлар технологик қисми бўйича битта реакторга бирлаштирилган бўлгани учун, электрик қисмида ҳам *ГТ* нинг бирлашган



5-22- расм. 2000 МВт қувватли АЭС схемаси.

блоки қўлланилган. Кейинги босқичларда 1000 МВт дан моно-блоклар ўрнатилади. 330 ва 750 кВ ли РУ квадрат схемасида тузилган бўлиб, уланишлар сони ортганда, ҳар бир занжирга 3/2 та виключатель схемасига ўтиш имкониятига эга. Ҳ. э. (с. н.) нинг резерв трансформаторлари боғловчи автотрансформатори билан мустақил манбага 110 кВ ли линиялар бўйича уланган.

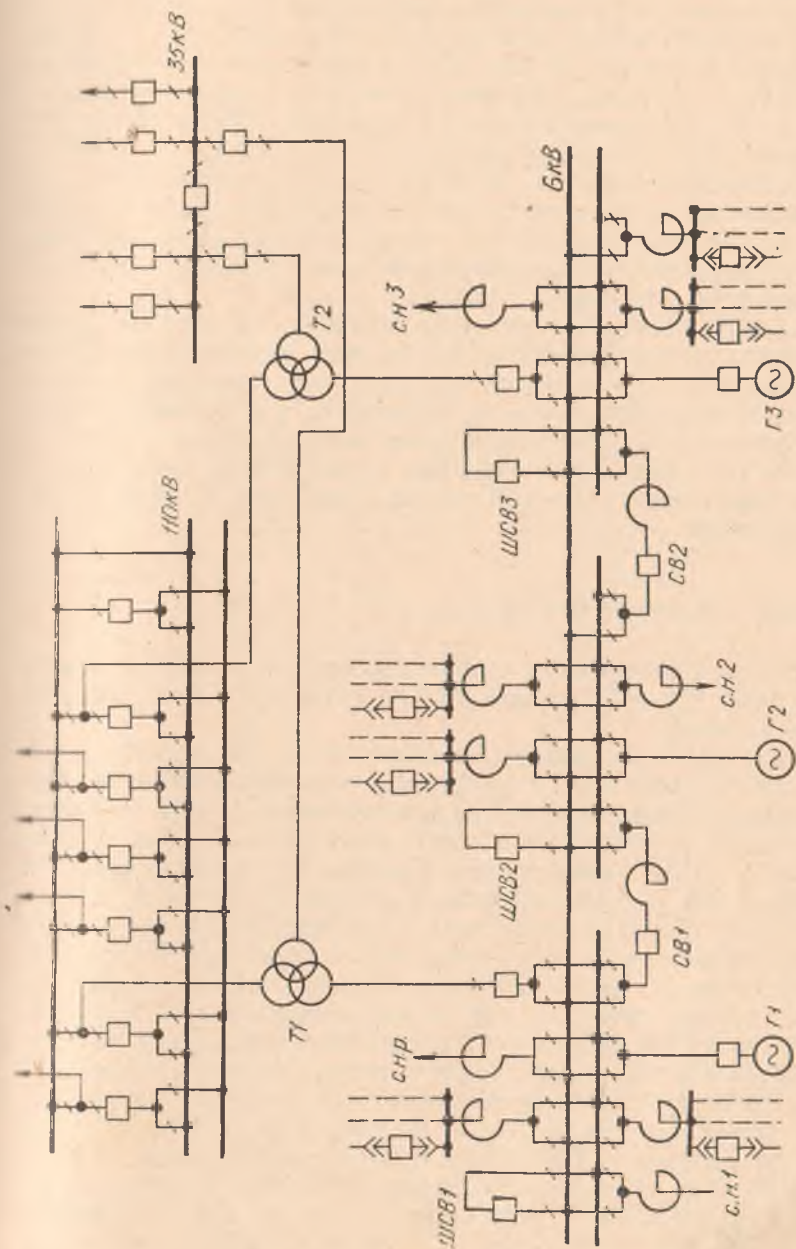
5-5. ТЭЦ НИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

а) Генератор кучланишидаги йиғма шинали ТЭЦ нинг схемаси

5.1- § в да кўриб ўтилганидек, ТЭЦ да ГРУ қуриш назарда тутилиб, унга яқин жойлашган истеъмолчиларни таъминлайдиган 6—10 кВ линиялар уланади. Узоқроқ жойлашган истеъмолчилар эса 35—110 кВ ли линиялар бўйича таъминланиши мумкин.

ТЭЦнинг бош схемаси тақсимлаш тармоқлари билан саноат корхоналарини энергия билан таъминлаш схемасини бир-бирига узвий боғлаб лойиҳаланади.

Генератор кучланишидаги шиналарнинг якка ёки жуфт системаларини қўллаш шу кучланишдаги тақсимлаш тармоқларининг



5-23- расм. 180 МВт (3 × 60 МВт) қуватли ТЭЦ схемаси.

схемасидагина, яъни тармоқ резервининг бор ёки йўқлигига қараб аниқланади. Юқори кучланишли томонда у ёки бу схемани қўллаш шу ердан кетадиган линиялар сони ва характерига боғлиқ. СССРда генератор кучланиши ва юқори кучланишли томонда шиналарнинг иккита системасига эга бўлган ТЭЦ нинг схемаси тарқалган; ўртача кучланиш (35 кВ) да узоқ жойлашган истеъмолчилар таъминланади. Шундай ТЭЦ нинг схемаси 5.23- расмда кўрсатилган. $G1$, $G2$, $G3$ генераторлари уч чулғамли трансформатор $T1$, $T2$ орқали 35 ва 110 кВ ли шиналар билан уланган 6—10 кВ ли йиғма шиналарга ишлайди. 35 кВ ли томонда линиялар сони кам бўлганлиги ва истеъмолчилар масъулиятли бўлмаганлиги учун, шиналарнинг якка секцияланган системаси қабул қилинган. Генератор кучланиши томонида истеъмолчиларни таъминлаш группали реакторлар орқали амалга оширилади.

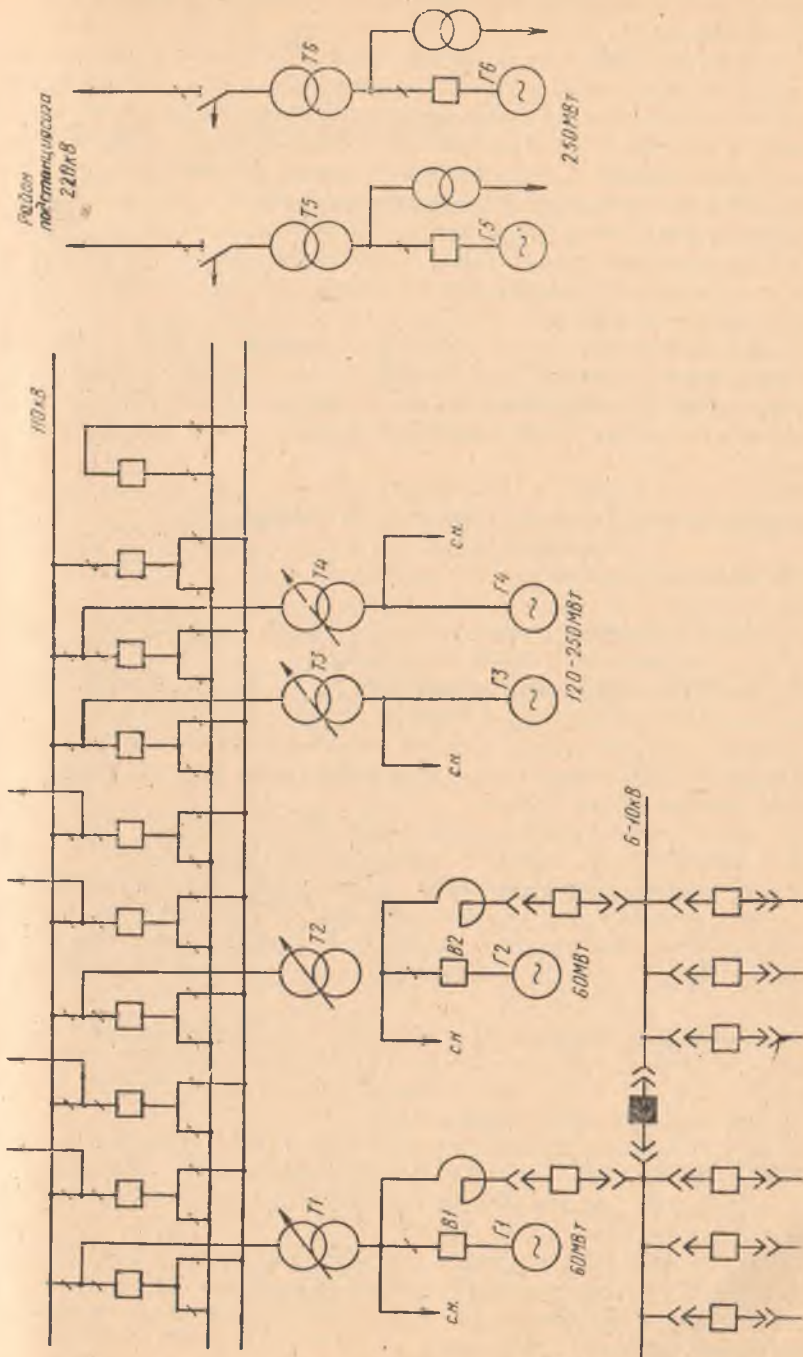
ТЭЦ даги иссиқлик нарузкаси органда 120 МВт ва ундан катта қувватли турбогенератор ўрнатилиши мумкин. Бундай турбогенераторлар (6—10 кВ ли) генератор кучланишдаги йиғма шиналарга уланмайди, чунки бу биринчидан, қ. т. тоқларини оширса, иккинчидан, бу генераторларнинг номинал кучланиши 15,75; 18 кВ ли тақсимлаш тармоқларининг кучланишидан фарқ қилади. Кучли генераторлар 110—220 кВ ли шиналарга ишловчи блоklarга уланади.

б) Блокли ТЭЦ нинг схемалари

ТЭЦ да қўлланиладиган турбогенераторларнинг бирлик қувватининг (120, 250 МВт) ошиши блокли схемаларни кенг қўллашга олиб келди.

5.24- расмдаги схемада тасвирланган 6—10 кВ ли истеъмолчилар генераторлар $G1$, $G2$ дан реактор уланган шохобчадан таъминланади, узоқроқда жойлашган истеъмолчилар 110 кВ ли шиналардан чуқур киритиш подстанцияси (подстанция глубокого ввода) орқали таъминланади. Бу ҳолатда генераторларнинг параллел ишлаши юқори кучланишда амалга оширилиб, бу 6—10 кВ ли томондаги қ. т. тоқини камайтиради. Ҳар қандай блокли схемага ўхшаш кўрилаётган блокли схема асбоб-ускуналарни тежаш имкониятини беради, қўпол ГРУ нинг йўқлиги эса электр қисмини монтаж қилишни тезлаштиради. Истеъмолчиларнинг КРУ си секцион виключателда АВР ланган икки секцияга эга. Электр таъминлаш ишончилигини ошириш учун генераторларнинг занжирига $B1$, $B2$ виключателлари ўрнатилади. $T1$, $T2$ боғловчи трансформаторлар ҳамма ортиқча актив ва реактив қувватни бериш учун ҳисобланиши керак ва РПН билан албатта таъминланади.

Блокларнинг трансформаторларида РПНнинг бўлиши (5.24- расмда пунктир билан кўрсатилган) иссиқлик графиги асосида ишлаган ТЭЦ нинг резерв реактив қувватини беришда таъминлаш имкониятини беради. Бу трансформаторларда РНП қўлланилиши



5-24- рашм, Блокли ТЭЦ схемаси.

сабабли, ўз эҳтиёжи установкалари кучланишининг ўзгариши (тебраниши) камаяди.

Кейинчалик ТЭЦ кенгайтирилганда ГТЛ блокига бириктирилган *Г5, Г6* турбогенераторлари ўрнатилади. Шу блокларнинг 220 кВ ли линиялари эса яқин жойлашган район подстанцияларига уланади. ТЭЦ нинг 220 кВ ли томонига виключателлар ўрнатилмай, линия район подстанциясининг виключатели билан узилади. *Т5, Т6* трансформаторлардаги бузилишни подстанциянинг реле ҳимояси етарлича сезмаса, у ҳолда теле узиш импульси (ТО) ни узатиш кўзда тутилади ёки қисқа туташтиргич ёки узгичлар (5.11- расм, б даги схемага қаранг) ўрнатилади. Генераторлар *В3, В4* виключателлари ёрдамида узилади.

110 кВ билан 220 кВ ли РУ лар орасида боғланиш назарда тутилмаганлиги учун 220 кВ ли РУ схемаси анча соддалашади. Юқорида айтиб ўтилганидек, 110 ва 220 кВ ли тармоқларни боғлаш энг яқиндаги район подстанциясида бўлгандагина бунга рухсат этилади.

5-6. ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯЛАРНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

а) ГЭС нинг хусусиятлари

Гидроэлектростанцияларнинг бош схемаларини танлашда уларнинг хусусиятларини ҳисобга олиш зарур.

Одатда, ГЭС истеъмолчилардан узоқда қурилади, шунинг учун ҳамма қувват бир ёки икки кучайтирилган кучланишда узатилади. ГЭС нинг бу хусусияти генераторли кучланишдаги йиғма шиналарни назарда тутмай, генератор — трансформаторли блокли улаишни қўллаш имкониятини беради.

ГЭС нинг белгиланган қувватини амалда ошириб бўлмайди, чунки у максимал сув оқимига лойиҳаланади. Шу сабабли юқори кучланиш линиялар сони ортмайди, шунинг учун юқори кучланишли РУ ни кенгайтириш талаб этилмайди. ГЭСнинг бу хусусияти кўп бурчаклар, иккиланган квадратлар схемаси, бир занжирга 3/2 ва 4/3 виключателли схемаларни кенг қўллаш имкониятини беради.

ГЭСларнинг кўпчилиги энергосистема графигининг чуққи қисмида ишлайди, шунинг учун агрегатларни тез-тез улаб-узиб турилади. Бу ҳол генератор кучланишдаги виключателлар ўрнатишни назарда тутишни талаб этади.

Одатда, ГЭС нинг юқори кучланишидаги РУ ни қуриш ва линиянинг чиқиши учун мураккаб топографияли ва кичик майдонларда қурилади. Бу эса виключателлар сони кам бўлган оддий схемаларни қўллашга олиб келади.

ГЭСдаги бош кучайтирувчи трансформаторлар жой кичик бўлганида пастки ёки юқори бьеф томонига ўрнатилади. Бу ҳол йирик блоклар: бир трансформаторга икки-учта генераторни ўрнатиш заруриятини келтириб чиқаради.

ГЭС нинг ўз эҳтиёжини қондириш иссиқлик электростанциялардагига қараганда кам масъулиятли бўлиб, анча кичик қувват талаб этади, бу эса ГЭСнинг ўз эҳтиёжини қондириш схемасига таъсир этади.

б) Қувватли ГЭСларнинг схемалари

Қувватли ГЭСлар учун кучайтирувчи трансформаторлар ва юқори кучланишли ОРУ ли боғловчи линиялар сонини камайтириш имкониятини берувчи йирик блоклар қўллаш характерлидир. (5.25- расм). Юқори кучланишли ОРУ нинг конструкцияси ҳам уланишлар сони камайиши ҳисобига соддалашади.

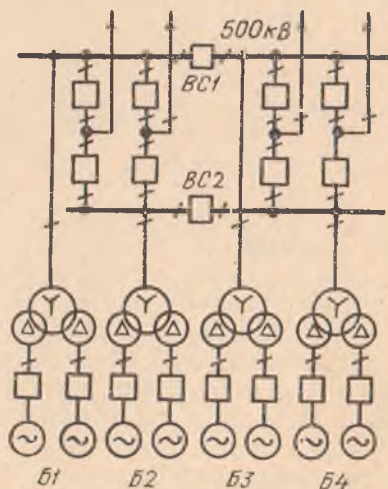
B1, B2 виключателлар генераторни улаш ва узиш учун қўллапилиб, бу айниқса ГЭСнинг ишлаш режими максимумга чиққанда катта аҳамиятга эга. Шу виключателлар сифатида конструкцияси анча содда бўлган нагрузка виключателларини қўллаш мумкин, бироқ бу ҳолда генераторлардан бири бузилса, блокларнинг ҳаммаси узилади.

Кучли ГЭС ларда, одатда, қувватни узатиш иккита кучайтирилган кучланишларда олиб борилиб, улар орасидаги боғланиш автотрансформаторлар ёрдамида амалга оширилади.

Кучли ГЭС ларнинг кучайтирилган кучланишларида уланишлар сони кўп бўлганда, йиғма шинали бошқа схемаларга қараганда, юқори ишончлилиги билан узини оқлаган бир занжирга $3/2$ ва $4/3$ виключателли схема қўлланилади.

Иссиқлик станцияларига қараганда ишлаётган ГЭСларда кўпроқ уч-, тўрт-, беш- ва олти бурчакли ҳалқасимон схемалар қўлланилади.

ГЭСнинг келтирилган схемасида (5.25- расм) 500 кВ ли ОРУ *BC1* ва *BC2* виключателлари билан туташтирилган иккита тўрт бурчак схемаси бўйича тайёрланган. Виключателлар шиналар ажраткичларни ремонтга чиқариш масаласида бу схема ҳам ҳалқасимон схемага ўхшаш ихчамликка эга. Линияларни узиш иккита виключатель билан, блокни узиш учта виключатель билан амалга оширилади. Бузилган блокни ажраткич ёрдамида узиб, узилган виключателларни улаб, схемани тиклаш мумкин. Бу операцияни автоматлаштириш учун блокларнинг ВН занжирига узоқдан бошқариладиган ажраткичлар ёки нагрузка виключателини ўрнатиш лозим.



5-25- расм. Кучли ГЭС схемаси.

Блоклардан бирида, масалан, биринчисида юз берган авария ҳамда *BCI* виключателининг ишдан чиқиши бир вақтда бўлса, схеманинг ишончлилиги бирмунча пасаяди, чунки бунда юқори қатордаги ҳамма виключателлар узилади, яъни фақат биринчи блок узилмай, балки учинчиси ҳам узилади. Бироқ бузилган блокни узиб, нормал иш ҳолатига қайтариш қийин эмас. Бундай схема тежамли бўлиб, унинг саккизта уланишига ўнта викключатель тўғри келади.

Агар гидроэлектростанциянинг шиналари энергосистеманинг коммутацион узели ҳисобланмаса, у ҳолда соддалаштирилган схемалар ГТЛ, оддий ва қўш кўприкчалар, шиналар — линия, шиналар — трансформатор схемаларини қўллаш тавсия этилади (5.30-расм).

ГЭС нинг 110, 220 кВ ли томонида уланишлар сони кўп бўлса, бир ёки икки иш шинаси ва айланиб ўтувчи шиналар системаси қўлланилади.

Қисқача танишувдан кўринадики, қувватли ГЭСларнинг схемалари асосан блокли ГЭСларнинг схемаларига ўхшаш экан.

5-7. ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ БОШ СХЕМАЛАРИ

а) Умумий маълумотлар

Подстанцияларнинг электрик уланишларининг бош схемалари энергосистема электр тармоқларининг ривожланиш схемасини ёки районни электр билан таъминлаш схемасини ҳисобга олиб танланади.

Подстанциялар тармоққа уланиш усулига қараб, тупикли, шохобча, оралиқ, узлавий подстанцияларга бўлинади.

Тупикли подстанциялар деганда, битта электростановкадан бир ёки бир неча параллел линиялар орқали электр энергияси оладиган подстанция тушунилади. Бунга 1.1-расмдаги *Г, И, К* подстанциялар мисол бўлаолади.

Шохобчали подстанциялар деганда бир ёки иккита ўтувчи линияларга ажралмайдиган қилиб уланган подстанция тушунилади (1.1-расмдаги *Д* подстанция).

Оралиқ (проходная) подстанция бир ёки икки линия орасига жойлашиб, бир ёки икки томондан таъминланади (1.1-расмдаги *Ж* подстанция).

Узлавий подстанцияга икки ва ундан ортиқ электр установадан келаётган таъминловчи тармоқнинг иккитадан ортиқ линиялари уланади (1.1-расмдаги *А, Б, В* подстанциялари).

Вазифаси буйича истеъмолчиларнинг ва системанинг подстанциялари бўлади. Система подстанциялари *А, Б* нинг шиналари орқали (1.1-расм) энергосистеманинг айрим районлари ёки турли энергосистемалар боғланади. Одатда, бу 750—220 кВ ли юқори кучланишли подстанциядир. Истеъмолчиларнинг подстанциялари *В, Г, Д, Е* (1.1-расмга қаранг) истеъмолчилар ўртасида электр энергия тақсимлаш учун хизмат қилади.

Подстанциянинг схемаси подстанцияни таъминловчи тармоққа уланиш усули ва вазифаси билан узвий боғлиқ бўлиб, қуйидаги талабларга жавоб бериши лозим [5-2]:

подстанция истеъмолчиларини электр билан ишончли таъминлаши ҳамда нормал ва авариядан кейинги режимларда магистрал ёки системалараро алоқа бўйича қувват узатишни таъминлаш, ривожланиш истиқболини ҳисобга олиши;

аста-секин кенгайиш имкониятини бериши;

аварияга қарши автоматика талабини ҳисобга олиши;

қўшни уланишларни узмай, схеманинг айрим элементларида ремонт ва эксплуатация ишларини олиб бориш имкониятини таъминлаши.

Подстанцияларда юқори кучланишли виключателлари сони кам бўлган оддий схемаларни қўллаш тавсия этилади.

б) Тупикли ва шохобчали подстанцияларнинг схемалари

Тупикли ва шохобчали подстанциялар юқори кучланишли виключателларга эга бўлмаган оддий схемалар бўйича қурилади.

Бир трансформаторли подстанция таъминловчи тармоққа *KЗ* ва *ОД* қурилмалари ёки таянч подстанцияга теле узгичли импульс узатувчи трансформатор — линия блокли схема бўйича уланиши мумкин (5.11- расм, б га қаранг).

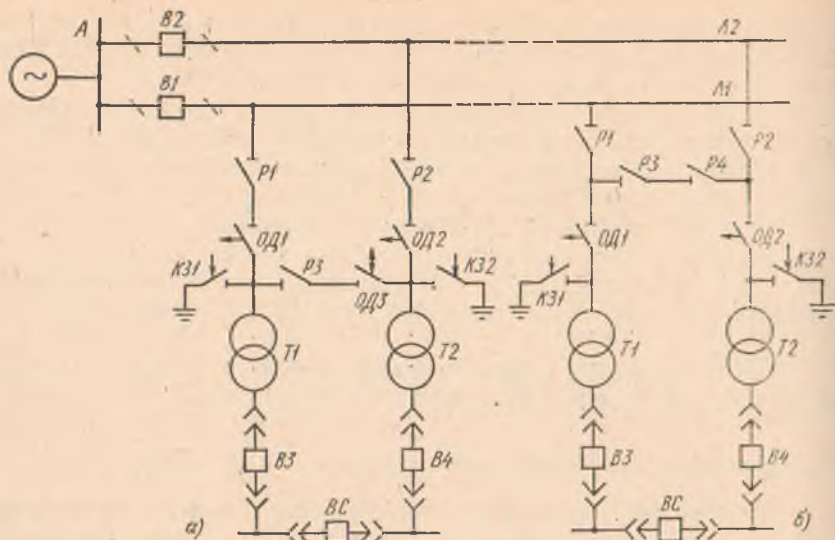
Қуввати унча катта бўлмаган ($6300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ гача) икки чулгамли трансформаторли $35\text{—}110 \text{ кВ}$ ли подстанциялар ВН томонида фақат сақлагич ва ажраткичга эга бўлиши мумкин. Бундай ҳолда линияларнинг сақлагичи билан реле ҳимояси ишининг селективлигини текшириш лозим.

Икки трансформаторли подстанциялар (5.11- расм, б) схемадан фарқи бўлиб, юқори кучланиш томонида автоматик ёки ноавтоматик перемичка билан таъминланади (5.26- расм).

Автоматик перемичкада икки томонлама ишлайдиган узгич ва ажраткич ўрнатилган (5.26- расм, а). Нормал ҳолатда *PЗ* уланган *ОДЗ* эса узилган, чунки бир трансформаторга перемичка орқали улашга иккита линиянинг ишлашига йўл қўйиб бўлмайди: параллел линиялардан бирида бузилиш бўлса, релели ҳимоя иккала линияни ҳам узади.

Линияларнинг авариядан узилиши трансформаторларга нисбатан кўпроқ содир бўлади. Бу ҳолатда ҳам перемичка ишлатилади. Масалан, қ. т. линия *Л1* да турғун бўлса, таъминловчи томонидаги виключатель *В1* узилади, минимал кучланиш ҳимояси виключатель *В3* ни узади, сўнгра узгич *ОД1* узилади. Трансформатор *T1* нинг ишини тиклаш учун перемичкадаги *ОДЗ* автоматик уланади, сўнгра виключатель *В3* уланади. Шундай қилиб, подстанцияда иккита трансформатор ва транзит линияси *Л2* га уланган шохобчалардан бири ишлайди.

Агар перемичка узилган ҳолатда *T1* трансформаторда қ. т. бўлса, бу ҳолда *В3* узилади, қисқа туташтиргич *КЗ1* уланади, *В2* узи-



5-26- расм. Икки трансформаторли таъмоқлаш подстанциялар схемалари:
 а — автомат перемичкали; б — автоматсиз перемичкали.

лади, *ОДЗ* токсиз паузада узилади, сўнгра *АПВ* ишга тушиб, линия *Л2* демак, трансформатор *T2* ҳам ишлашни давом эттиради.

Схеманинг турли иш режимларидаги тафсилотидан кўринадики, ҳамма элементлар аниқ мос ишлагандагина бошқа томонга автоматик қайта улаш мумкин. Масалан, *ОД1* ёки *ОД2* узилмаган бўлса, *ОДЗ* ни улаш мумкин эмас, *В3* ёки *В4* ишончли узилган бўлса ҳамда линиялар *Л1*, *Л2* да кучланиш бўлмаса, *ОД1* ва *ОД2* ни узиш мумкин, *К31* ёки *К32* уланган бўлса, *ОДЗ* ни улаш мумкин эмас. Бу шартларни бажариш махсус блокировкалар орқали амалга оширилади.

Иккита ажраткич *Р3*, *Р4* лардан иборат ремонт перемичкали схемани қўллаш мумкин бўлиб, ажраткичлардан бири нормал режимда узилган (5.26- расм, б). Бузилиш *Л1* линияда турғун бўлганда *В1* ва *В3* узилади ҳамда *АВР* таъсирида 6—10 кВ томонидаги *ВС* уланиб, истеъмолчиларни *T2* дан таъминлайди. Агар линия ремонт қилинадиган бўлса, подстанция навбатчиси ёки кўчма оператив группа томонидан *Р1* узилади, *Р3*, *Р4* перемичкалар уланади ва *В3* уланади, сўнгра *ВС* узилиб, *T1* нагрузка остида бўлади. Бу схемада *Л1* ремонт қилинса, *T1* ни *Л2* линиядан (ёки *T2* ни *Л1* линиядан) таъминлаш мумкин.

Бундай подстанцияларнинг ишончли ишлашини ошириш учун очиқ қилиб ясалган узгич ва қисқа туташтиргичлар элегазли узгич ёки қисқа туташтиргичга алмаштирилади (4-5- §, з).

Соддалаштирилган схемаларни янада такомиллаштириш юқори кучланишли нагрузка виключателларини бир, икки ва уч йўна-

лишда қўллаш йўли билан амалга оширилади (4-6- §, ж га қаранг). Бундай виключателлар фақат подстанцияларни ўтаётган линияларга улабгина қолмай, уларни секциялаш имкониятини ҳам беради (5.28- расм).

в) Оралиқ подстанциялар схемаси

Агар подстанция икки томонлама таъминланувчи линия перемичкасига уланса, унда трансформаторлар занжирига узгичлар, перемичкага эса виключатель ўрнатилади (5.27- расм). Нормал режимда виключатель *В1* уланган, ремонт перемички эса ажраткич *Р3* ёки *Р4* билан узилган бўлади.

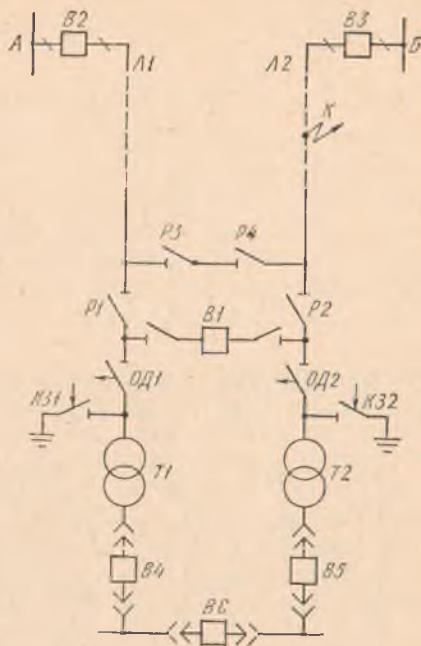
Т1 бузилса, *К31* уланади, *В1*, сўнгра таянч подстанция *А* даги *В2* узилади. Узгич *ОД1* токсиз танаффус (пауза) да узилади, сўнгра *В1* ва *В2* уланади.

Қувват ўтиши бузилмайди, трансформатор узилган бўлади.

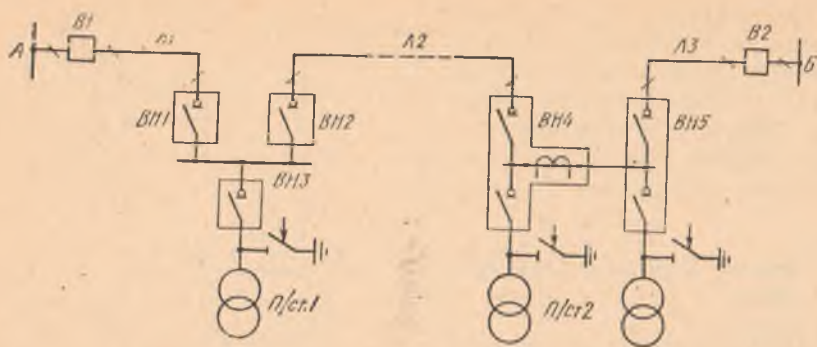
Линиялардан бири, масалан *Л2* бузилса *В1*, сўнгра таянч подстанция *Б* даги *В3* узилади. Агар линиянинг *АПВ* си муваффақиятсиз чиқса, *В5* узилади ва *АВР* нинг таъсирида виключатель *ВС* уланади. Шундай қилиб, истеъмолчиларни ток билан таъминлаш бузилмайди.

Виключатель *В1* ни ревизия қилиш лозим бўлса, перемичка *Р3*, *Р4* улаиб, улар орқали қувват ўта бошлайди. 110—220 кВ ли нагрузка виключатели бўлган подстанциялар схемаларини жорий қилиш билан анча маблагни тежаш мумкин [5-3]. Бир, икки ва уч йўналишдаги элегазли нагрузка виключателлари (*ВНЭ1*, *ВНЭ11*, *ВНЭ111*) тармоқли автоматик секциялаш схемасини яратиш имкониятини беради. Подстанция *1* да (5.28- расм) ҳар бири бир йўналишда ишлайдиган уч нагрузка виключатели, подстанция *2* да уч йўналишда битта виключатель (унинг учинчи камерасига ток трансформатори уланган) ва иккита йўналишда битта виключатель ўрнатилган. Подстанцияга уч йўналишдаги битта нагрузка виключателини қўйиш мумкин бўлиб, бу унинг конструкциясини янада содалаштиради ва капитал харажатларни камайтиради.

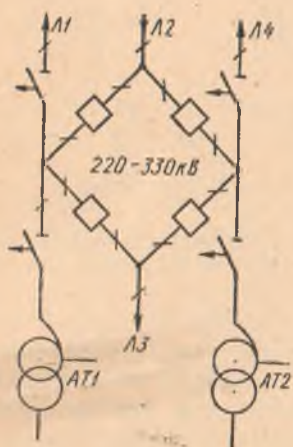
Таянч подстанция *А* ва *Б* лар орасидаги линия уч қисмга бўлинган. *Л2* да бузилиш бўлса *В1*, *В2* узилади, линия *Л2* томонидаги



5-27- расм. Перемичкасида виключатель бор оралиқ подстанция схемаси.



5.28- расм. Нагрузка виқлючателли ўтказувчи подстанциялар схемалари:
 а — ВНЭ I ли; б — ВНЭ II ва ВНЭ III ли.



5.29- расм. Кенгайтирилган тўртбурчаклик схемаси.

ВН2 ва ВН4 автоматик узилади, сўнгра эса АПВ В1, В2 ларни улайди. Подстанциянинг ишлаши бузилмайди.

Агар подстанция 1 ни 5.11- расм, б даги схема бўйича ажралмайдиган қилиб уланса, у ҳолда Л2 бузилганда у станция ходимининг етиб келиши, бузилган жойни топиш ҳамда бузилган жойни узиб қўйиш учун кетган вақт ичида токсиз қолади. Бу ҳолда электр энергия бермасликдан келиб чиқадиган зараранча катта бўлиши мумкин

Икки занжирли линияларга уланадиган икки трансформаторли подстанциялар учун линияларни нагрузка виқлючателлари билан секциялаш ҳам мақсадга мувофиқ.

Бундай виқлючателларни ишлаб чиқариш йўлга қўйиш тармоқларни секциялашни кенг қўллаш, тармоқ подстанциялар ишини автоматлаштириш ва электр билан ишончли таъминлашга олиб келади.

Оралиқ подстанцияларда виқлючателли кўприкча схемаларни қўллаш ҳам мумкин (5.12- расмга қаранг). 220—330 кВ ли тармоқларда, шунингдек, янада юқори ишончлилик ва оператив мослашувчанликни таъминлайдиган ҳалқасимон схемалар қўлланилади. 5.13- расм, а даги схемадан фарқли ўлароқ, трансформатор (авто-трансформатор) лар тўртбурчак учларига узгичлар орқали уланади (5.29- расм): АТ1 Л2 ли блока, АТ2 Л4 ли блока уланади. Л1, Л4 линиялар радиал, Л2, Л3 линиялар транзит линиялардир. Линия занжирларига дистанцион юритмали ажраткич ва узгичлар

ўрнатилиши мумкин. Бу бузилган линия узилгандан сўнг 220—330 кВ ли томондаги схеманинг ишини тиклаш имкониятини беради.

г) Қувватли узлавий подстанцияларнинг схемалари

Узлавий подстанцияларнинг 330—750 кВ ли шиналари энергосистеманинг айрим қисмларини ёки икки системасини бир-бири билан боғлайди, шунинг учун бу схемаларнинг *ВН* томонининг ишончлилиги бўйича юқори талаблар қўйилади. Одатда, бу ҳолда линияларни кўп марта бириктириш схемалари қўлланади: ҳалқасимон схемалар (5.13-расм), бир занжирга 3/2 виключателли схемалар (5.16-расм) ва шиналар — трансформатор схемаси қўлланади.

5.30-расмда қувватли узлавий подстанциянинг схемаси кўрсатилган. 330—500 кВ ли томонга шиналар — автотрансформатор схемаси қўлланган. Ҳар қайси линиянинг занжирида — иккитадан виключателлар бўлиб, шиналарга автотрансформаторлар виключателсиз уланади (дистанцион юритмали ажраткичлар ёки узгичлар ўрнатилади). *АТ1* узилганда *1СШ* га уланган ҳамма виключателлар узилиб, бунда 330—500 кВ ли линия ишлашда давом этади. *АТ1* узилгандан сўнг ҳамма томондаги ажраткич *Р1* дистанцион (масофадан) узилади сўнгра ҳамма *1СШ* виключателлари улашиб, юқори кучланиш томонидаги схема тикланади.

330—500 кВ ли линияларнинг сонига қараб, ҳалқасимон ёки бир занжирга 3/2 виключателли схемани қўллаш мумкин.

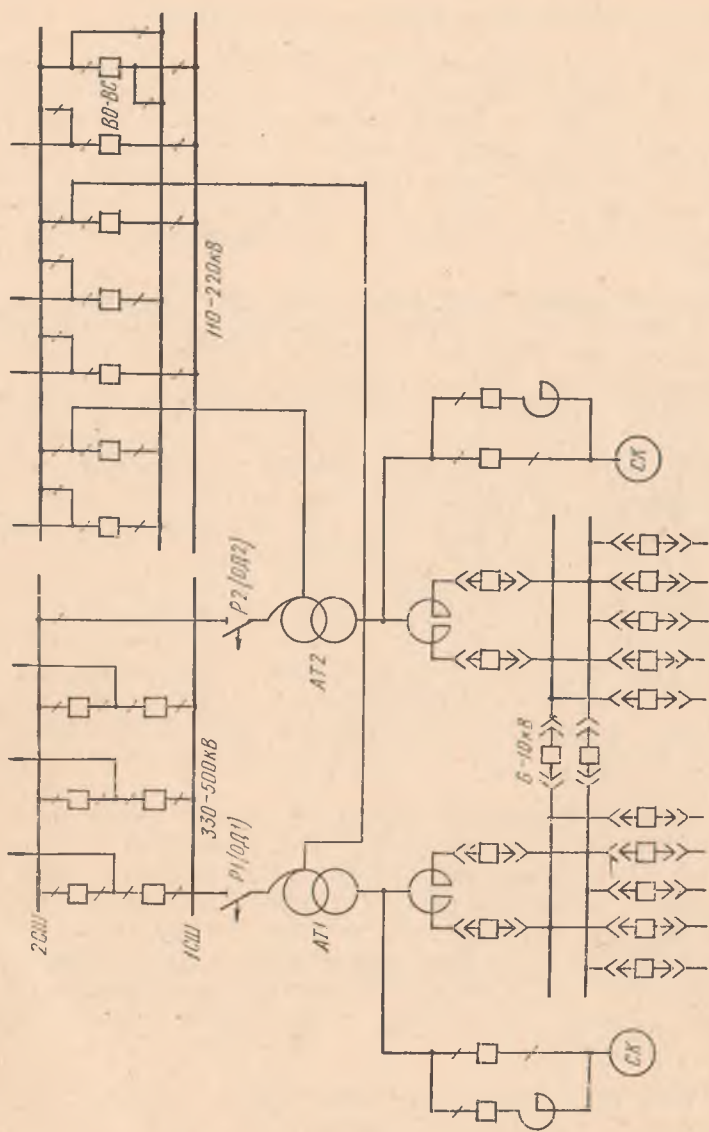
Қувватли подстанцияларнинг 110—220 кВ ли ўрта кучланишли томонида якка линиялар сони олтигача, параллелларники эса ўнтагача бўлганда битта иш шинаси ва айлашиб ўтувчи шинаси бор схемаси қўлланилади. Линиялар сони кўп бўлса, иккита иш шинаси ва айлашиб ўтувчи *СШ* ли шиналари бор схема қўлланилади.

НН томонидаги схемани танлашда, биринчи навбатта қ. т. токини чеклаш масаласи ҳал қилинади. Шу мақсадда u_k миқдори оширилган, *НН* чулғами ажратилган трансформатор қўллаш ёки трансформатор занжирига реактор ўрнатиш мумкин. 5.30-расмдаги схемада *НН* томонига қўш реакторлар ўрнатилган. Ишга туширувчи реакторли синхрон компенсатор (*СК*) лар автотрансформаторлар *НН* нинг қисқичига бевосита уланган. 6—10 кВ ли линияларга қувватли *СК* ни улаш қ. т. тоқларининг ҳаддан ташқари ортишига олиб келади.

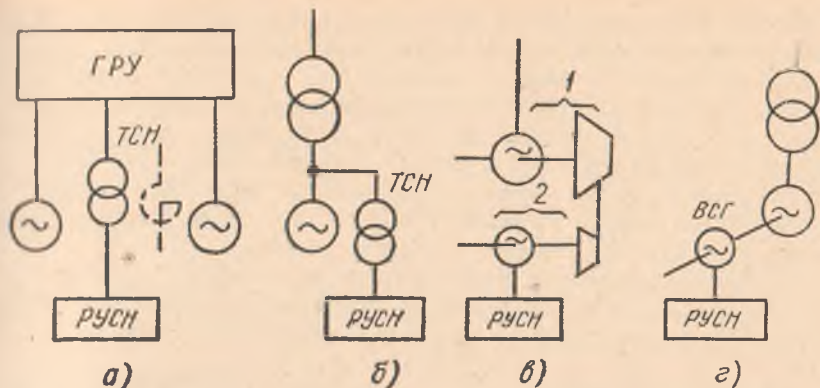
5-8. ЎЗ ЭҲТИЁЖИНИ ТАЪМИНЛАШ СХЕМАЛАРИ

а) Ўз эҳтиёжини таъминлаш манбалари

Агар станцияда 6—10 кВ ли ГРУ назарда тутилса, унда ўз эҳтиёжининг тақсимлаш қурилмаси (*РУСН*) линияларга реактор орқали уланган ГРУ нинг шиналаридан бевосита ёки пасайтирувчи трансформатор *ТСН* орқали ток олади (5.31-расм, *а*).



Б-30- расм. Ассіій подстанція схемасі .



Б-31- расм. Үз эҳтиёжи иш таъминотининг структура схемалари:

а — ГРУ шиналаридан; *б* — блокдан олинган отайка; *в* — ёрдамчи турбоагрегатдан; *г* — бош турбоагрегат; *1* — ёрдамчи турбоагрегат; *2* — ёрдамчи генератордан.

Ҳозир ўз эҳтиёжи системасида қўлланиладиган асосий кучланиш бўлиб 6 кВ (200 кВт дан юқори қувватли электр двигателлар учун) ва қолган двигателлар ҳамда ёритиш учун 0,38/0,23 кВ ҳисобланади. 3 кВ ли кучланиш ўзини оқламади, чунки 3 ва 6 кВ ли электр двигателларнинг нархи бир-биридан кам фарқланади, 6 кВ лига қараганда 3 кВ ли тармоқларда рангли металлларни сарфлаш ҳамда электр энергиянинг исрофи анча юқори.

Қувватли-блокли ТЭС да 16—630 кВт ли электр двигателлари учун 0,66 кВ ли ва йирик электр двигателлари учун 10 кВ ли кучланиш қўллаш мумкин.

✓ Агар электр станция генераторлари блоклар тарзида уланган бўлса, у ҳолда ўз эҳтиёжи шохобча орқали блокдан таъминланади (Б.31- расм, *д*).

Блокларнинг қуввати ортиши билан ўз эҳтиёжини таъминлаш ортади, демак, ўз эҳтиёжи трансформаторларининг қуввати ортади. ТСН қуввати қанча катта бўлса ўз эҳтиёжи системасидаги қ. т. токи ҳам шунча катта бўлиб, ўрнатилган асбоб-ускуналар назми шунча оғир бўлади. Қ. т. тоқларини чеклаш учун қисқа туташув кучланиши кўп миқдорли трансформаторларни ёки 6 кВ ли ажратилган чулғамли трансформаторларни қўллаш мумкин. Ўз эҳтиёжини таъминлаш қуввати 25 МВ · А ва ундан юқори бўлганда, одатда, ажратилган чулғамли трансформаторлар қўлланилади.

Ўз эҳтиёжи системасидаги қ. т. тоқларини анча камайтириш учун, бош турбинадан буғ оладиган ёрдамчи турбоагрегат қўллаш мумкин бўлиб (Б.31- расм, *в*), генератор эса станциянинг асосий генераторлари билан электрик боғланмайди. Бироқ кичик қувватли турбина ўрнатиш тежамли бўлмайди ва бундай система блокдан шохобчали таъминлаш схемаси билан биргаликда қўлланилганда ўзини оқлаши мумкин. Бу ҳолда ўз эҳтиёжи истеъмолчи-

ларининг бир қисмини ўз эҳтиёжи трансформаторларига, бошқа қисмини эса ёрдамчи турбогенераторга уланади. Блокнинг нагрукаси камайганда, ёрдамчи генераторнинг частотаси камайиб, шу билан уланган механизмлар (таъминловчилар, циркуляцияловчилар, конденсатор насослари, тутун сўрувчилар, вентиляторлар) унумдорлиги равон бошқарилади. Бундай частотали группали ростлаш ўз эҳтиёжи учун сарфланадиган энергияни камайтириш имкониятини бериб, ёрдамчи турбоагрегат ўрнатишга сарфланадиган харажатнинг ошишини оқлаши мумкин.

Ёрдамчи генераторни бош генератор билан бир валга ўрнатиш — капитал маблағни кам сарфлашни талаб этади (5.31- расм, з). Ўз эҳтиёжини таъминлашнинг бундай схемаси АЭС ларда қўлланилади.

Кўриб ўтилган ҳамма схемалар ўз эҳтиёжини ишончли таъминлай олмайди, чунки генераторлар, ГРУ шиналари ёки тепломеханик қисмда бузилиш бўлса, РУСН таъминоти бузилади. Шунинг учун ўз эҳтиёжининг ишчи манбаларидан ташқари резерв манбалари ҳам бўлиши лозим. Бундай манбалардан бири энергосистема билан боғланган, юқори кучланишли шиналарга уланган трансформаторлар ҳисобланади. Бундай ҳолларда ҳатто электр станциянинг ҳамма генераторлари узилганда ҳам ўз эҳтиёжини таъминлаш энергосистемадан амалга оширилади. Электр станциядаги авария энергосистемадаги авария билан бир вақтда бўлиши жуда кам учрайди, бунда ўз эҳтиёжига резерв трансформаторлардан кучланиш берилмай қолиши мумкин, бу ҳолда асбоб-ускуналарни (мой насослари, вал зичлагичлари ва бошқалар) иш ҳолатида сақловчи энг муҳим истеъмолчилар учун аккумуляторлар батареяси ва дизельгенераторлар ўрнатилади. Қатор чет эл давлатларидаги электр станцияларда ўз эҳтиёжини авария вақтида таъминловчи манба сифатида газ турбиналари ўрнатилган бўлиб, улар энергосистемада частота пасайганда ўз эҳтиёжининг блокани ўзларига олади.

Ў. э. иш трансформаторларининг қуввати ў. э. истеъмолчиларининг сони ва қувватига қараб танланади. Барча истеъмолчиларнинг аниқ рўйхати, электр станция ва унинг ёрдамчи қурилмаларининг иссиқлик-механик қисмлари ишлаб чиқилгандан сўнг, реал лойиҳалашда аниқланади. Ў. э. трансформаторларининг қуввати ва сонини танлаш намунаси билан илова И1 [6-1] да танишиш мумкин.

Ўқув процессидаги лойиҳалашда ўз эҳтиёжининг нагрукаси $P_{\text{ў. э. max}}$ билан ўз эҳтиёжига сарфланадиган электрэнергия $W_{\text{ў. э}}$ ни етарли аниқликда 5-2- жадвал [А. 3-4] бўйича тахминан олиш мумкин.

5-2- жадвал маълумотларидан фойдаланиб ўз эҳтиёжининг тегишли қувватини аниқлаш мумкин, МВ·А,

$$S_{\text{ў. э}} \geq P_{\text{ў. э, max}} k_c \cdot \quad (5-14)$$

Ў. э. установкакаларнинг нагрузкалари, электр энергия сарфи ва эҳтиёж коэффициенти

Электр установкакаларнинг типи		$\frac{P_{\dot{y}, \text{э}, \text{max}}}{P_{\text{уст}}}, \%$	$\frac{W_{\dot{y}, \text{э}}}{W_{\text{и.ч}}}, \%$	k_c
ТЭЦ	Чанг-қумирли	8—14	8—10	0,8
	Газ-мазутли	5—7	4—6	0,8
КЭС	Чанг-қумирли	6—8	5—7	0,85—0,9
	Газ-мазутли	3—5	3—4	0,85—0,9
АЭС	Газ иссиқлик элтувчи	5—14	3—12	0,8
	Сувли иссиқлик элтувчи	5—8	4—6	0,8
ГЭС	Кичик ва ўрта қувватли	3—2	2—1,5	0,7
	Катта қувватли	1—0,5	0,5—0,2	0,8
Подстанция	районники	50—200 кВт	—	—
	асосий (узлавий)	200—500 кВт	—	—

б) КЭС ўз эҳтиёжларининг схемалари

Блокли ТЭС ўз эҳтиёжининг иш трансформаторлари блокдан чиққан шохобча ёрдамида уланади (5.31- расм, б). Бу трансформаторларнинг қуввати (5-14) бўйича аниқланиб, ундаги $P_{\dot{y}, \text{э}, \text{max}}$ блокнинг белгиланган қувватига қараб ҳисобланади. 300 МВт ва ундан юқори кучланишдаги блокли электр станциялардаги ўз эҳтиёжининг қувватли механизмлари (таъминлаш насослари, пуфлаш вентиляторлари) нинг бир қисми турбоюритмага эга бўлиши мумкин. Бу ўз эҳтиёжи учун сарфланадиган электр энергиясини анча камайтиради. Масалан, газ-мазутда ишлайдиган КЭС нинг 800 МВт ли блоки учун (5-14) формула бўйича қувватни аниқлаймиз:

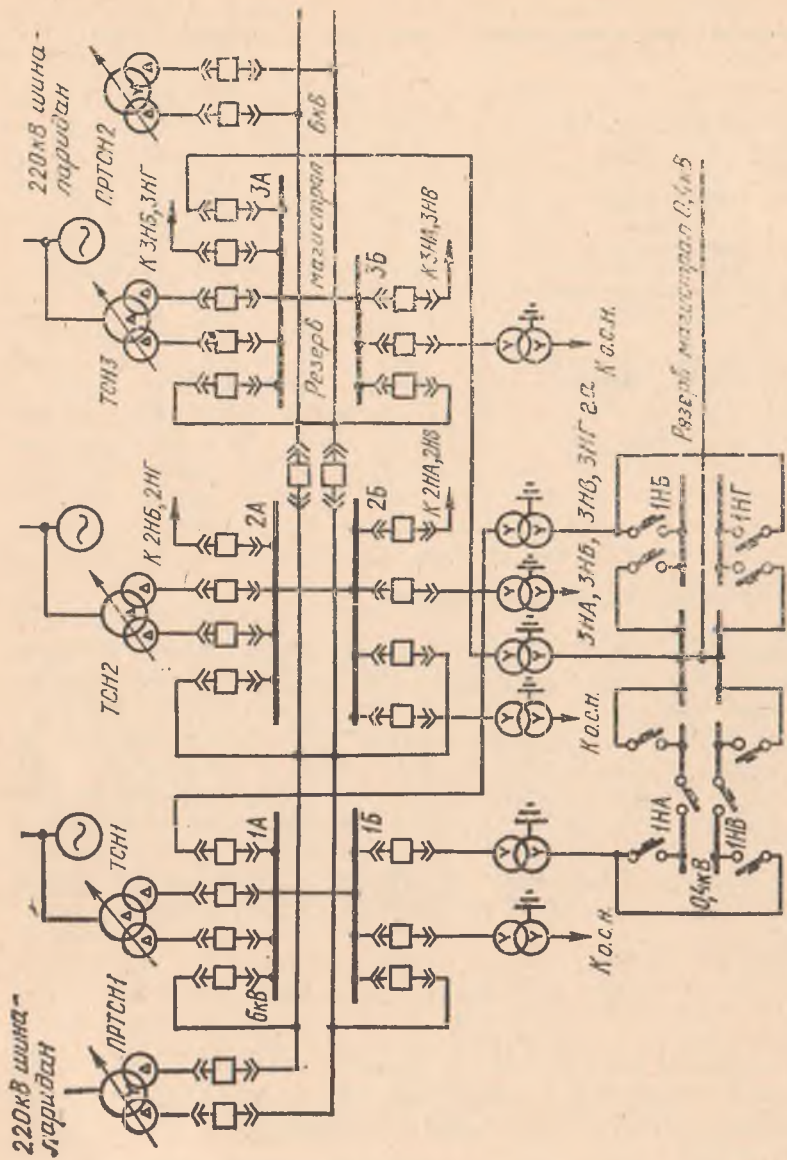
$$S_{\dot{y}, \text{э}} = \frac{5}{100} \cdot 800 \cdot 0,9 = 36 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

яъни ўз эҳтиёжи учун 40 МВ · А қувватли трансформатор танлаш лозим. Агар таъминлаш насоси билан пуфлаш вентиляторлари турбоюритмага эга бўлса, у ҳолда ТСН нинг қуввати 32 МВ · А гача камайтиради.

Ў. э. нинг тақсимлаш қурилмаси шиналарнинг секцияланган битта системаси кўринишида тайёрланади.

Блокли ТЭС нинг 6—10 кВ ли секциялари сони қуйидагича қабул қилинади: ҳар бир блокка иккитадан (блок қуввати 160 МВт дан катта бўлса).

Ҳар бир секция ёки жуфт-жуфт секция ў. э. нинг иш трансформаторига уланади.



5-32- расм. Үч блокли КЭС нинг Үз эҳтиёжини таъминлаш схемаси. 0,4 кВ ли Үз эҳтиёжи секциялари фақат биринчи блок учун қўрастилган (рубилниклар схемада қўрастилмаган).

5.32- расмда учта блокнинг ҳар бири 300 МВт ли блокли ҚЭС қисмининг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси келтирилган (5.20-расмга қаранг). ТСН1, ТСН2, ТСН3 трансформаторлари тегишлича 6 кВ ли секцияларни таъминлайди: биринчи блокни — 1А, 1Б, иккинчи блокни — 2А, 2Б ва учинчи блокни — 3А, 3Б таъминлайди. Шу секцияларга турбина ҳамда қозон бўлимларининг 6 кВ ли двигателлари, умумстанцион нагрузка (о. с. н.) ҳамда 6/0,4 кВ ли трансформаторлар уланади.

Ў. э. секцияларининг резерв таъминланиши ў. э. ишга туширувчи резерв трансформаторлари (5.32- расмдаги ПРТСН1, ПРТСН2) билан боғланган резерв магистраллардан амалга оширилади.

Резервли магистралнинг ишончилиги билан ихчамлигини ошириш учун улар икки-уч блоклар орқали вилючателлар билан секцияланади.

Блокли ТЭС учун ў. э. резерв трансформаторларининг сонлари [5-1] асосида қуйидагича қабул этилади: икки блокка — битта, блоклар сони учдан то олтигача бўлса — иккита. Блоклар сони катта бўлганда таъминловчи манбага уланмаган, аммо станцияга ўрнатилган ва истаган иш ТСН ни алмаштириш учун тайёр бўлган генератор кучланишдаги учинчи резерв трансформатор назарда тутилади. Ў. э. нинг резерв трансформаторлари, ВН линия бўйича энергосистема билан боғланган (станциянинг ҳамма генераторлари аварияда узилган ҳолат учун) юқори кучланишли йиғма шиналарга уланган бўлиши лозим. Агарда энергосистема билан 500—750 кВ ли линия орқали боғланган бўлса, бу талабни бажариш қийин. Бу ҳолда резерв ТСН нинг ВН шинаси билан автотрансформатор орқали боғланиш шарти билан ўрта кучланиш (110, 220 кВ) ли шиналарга уланади.

Резерв ТСН ни автотрансформаторнинг НН чулғамига ёки генераторли вилючатель ўрнатилган генератор-трансформатор блокидан чиққан шохобча ёрдамида улашга ҳам рухсат этилади.

5.20- расмдаги ҚЭС схемасида резерв трансформаторлар 220 кВ ли РУ нинг турли секцияларига уланган, 5.21- расмда кўрсатилган схемада эса биринчи резерв трансформатор 330 кВ ли РУ га, иккинчиси эса автотрансформаторнинг НН чулғамига уланган.

Ҳар бир резерв ТСН нинг қуввати бир блокнинг иш трансформаторининг ўрнини босиши ва иккинчи блокни бир вақтнинг ўзида ишга туширишни ёки аварияли тўхтатишни таъминлаши лозим. Агар ў. э. истеъмолчилар рўйхати аниқ бўлмаса, у ҳолда ПРТСН нагрузкасини энг катта нагрузкаланган иш ТСН ининг нагрузкасидан 1,5 марта ортиқ олинади. Бунда резерв трансформаторларнинг кўп вақт узилган ёки тўлиқ нагрузкаланмаган ҳолда ишлашини ҳисобга олиб, уларнинг рухсат этилган нагрузкаланиш қобилияти ҳисобга олинади. Шу шартлар билан танланган трансформатор ўз эҳтиёжи двигателларининг ўзини-ўзи ишга тушириш шартларини бажариши бўйича текширилиши керак.

Бу шартларни кўриб чиқамиз. Иш манбаи узилгандан сўнг, ула-
ниб турган муҳим электр двигателлар тормозлана бошлайди, яъни
уларнинг айланиш частотаси камаяди (электр двигателларнинг
«вибеги» содир бўлади).

Ўз эҳтиёжи секциясидаги кучланиш резерв манбани автоматик
улангандан (АВР) сўнг тикланади.

Ўз эҳтиёжи секциясини таъминлашдаги танаффус 1 — 2,5 секунд-
дан ошмайди. Кучланиш тиклангандан сўнг ҳамма узилмаган электр
двигателларнинг айланиш частотасининг ошиши бир вақтда содир
бўлади. Бу процесс ўз-ўзини ишга тушириш деб аталади. Ўз-ўзини
ишга туширишда электр двигателлар катта ишга тушириш токини
истеъмол қилганлиги сабабли ПРТСН чулғамларида кучланишнинг
катта қисми исроф бўлади.

Бунинг натижасида ўз эҳтиёжининг секциясидаги кучланиш
номиналга нисбатан кичик бўлиб, бу ўз-ўзини ишга тушириш про-
цессини қийинлаштириб, чўзади. Ўз-ўзини ишга туширишнинг
чўзилиши ноқулай шароитда қозон агрегатига юборилаётган таъ-
минловчи сувни, ҳаво босимини ёки агрегатнинг нормал ишлашига
сабаб бўладиган бошқа технологик параметрларни рухсат этилмай-
диган миқдоргача пасайишига олиб келиши мумкин. Бундай
ҳолда блок технологик ҳимоялар ёрдамида узилиши мум-
кин.

Ўз-ўзини ишга туширишни нормал таъминлаш учун ток билан
таъминлаш танаффуси вақтини мумкин қадар камайтириб, масъу-
лиятли механизмлар двигателини секцияга уланган ҳолда қолди-
риб қолган бошқа ҳаммасини узиб, резерв манба йўлидаги қарши-
ликни иложи борича камайтириш, ПРТСН қаршилигини камайти-
риш керак. ПРТСН ни таъминлаш учун унинг қувватини оши-
риб, u_k 13% дан ортиқ бўлган трансформаторлар қўлланил-
майди.

Ўз-ўзини ишга тушириш процесси кўп омилларга боғлиқ бў-
либ, уни аниқ ҳисоблаш қийин бўлгани учун бу ерда келтирилма-
ган.

0,4 кВ кучланишли ў. э. нинг кўп сонли истеъмолчилари
(300 МВт ли бир блокка 0,4 кВ ли электр двигателларнинг 600 та-
сидан ортиқроғи тўғри келади) 6—10/0,4 кВ ли трансформаторлар-
дан таъминланади. *0,4 кВ ли ў. э. га сарфни умумий сарфнинг
10 % ига тенг қилиб олиш мумкин.*

6/0,4 кВ ли трансформаторлар имкони борича нагрузка марка-
зига, яъни қозон ёки турбина бўлимига, ёқилғи омборига, бирлаш-
ган ёрдамчи корпусга, ОРУ га, компрессор хонаси ва ҳ. к. ларга
ўрнатилади. Қуввати 1000 кВ А дан ортиқ трансформаторлар қўл-
ланилмайди, чунки бу 0,4 кВ ли тармоқдаги қ. т. токининг анча
ортишига олиб келади. 0,4 кВ ли йиғма шиналар таъминлаш ишонч-
лилигини ошириш учун секцияланади. Ҳар бир секция автоматик
уланадиган иш ва резерв таъминоғларига эга бўлади. 0,4 кВ ли
ў. э. схемаларига қўйиладиган талаблар [А. 5-1] да анча батафсил
баён этилган.

Асосий корпусда жойлашган битта блокнинг 0,4 кВ ли ў. э. секцияларининг таъминоти 5.32-расмда кўрсатилган. Биринчи блокнинг 0,4 кВ ли истеъмолчилари билан умумстанцион нагруккасининг бир қисми *1НА, 1НБ, 1НВ, 1НГ* секциялардан таъминланади. Шу секциянинг бошқа қисмидан автоматик равишда ажраладиган ярим секциялар *1НА* билан *1НБ* ларга энг муҳим истеъмолчилар уланади. 6/0,4 кВ ли резерв трансформатор учинчи блокнинг *3А* секциясига уланган.

Иккинчи блокнинг 0,4 кВ ли истеъмолчилари *2НА, 2НБ, 2НВ, 2НГ* секцияларига, учинчи блокники эса *3НА, 3НБ, 3НВ, 3НГ* секцияларига (5-32-расмда бу секциялар кўрсатилмаган) уланади. Охирги секциялар учун резерв трансформатор иккинчи блокнинг 6 кВ ли секцияси *2Б* га уланган.

ТСН билан *ПРТСН* нинг ўз эҳтиёжи шиналаридаги кучланишни керакли даражада сақлаб туриш учун РПН мавжуд. Иш ва резерв трансформаторлари чулғамларининг уланиш схемаси шундай танланиши керакки, бунда иш таъминланишдан резервга ўтиш ва аксинча, ўтиш пайтида уларнинг қисқа муддатли параллел уланиши мумкин бўлсин.

Ажратилган чулғамли трансформаторларнинг қўлланиши ва 6 кВ ли секциянинг алоҳида ишлаши қ. т. токини шундай катталикига чеклайдики, бунда ВМПЭ-10 ёки ВЭМ-6 виключател (500 МВт ва ундан юқори блоклар учун) ли комплект тақсимлаш қурилмасининг ячейкасини қўллаш имкониятини беради. 0,4 кВ томонидаги қ. т. токини чеклашда айрим йиғмаларнинг киришига реакторлар ўрнатилади.

и) ТЭЦ ўз эҳтиёжининг схемалари

ТЭЦ нинг блоксиз қисмлари ўз эҳтиёжининг иш трансформаторлари генераторли кучланиш шиналарига уланади. 6 кВ ли ў. э. секцияларининг сони қозонлар сонига тенг қилиб олинади. Айрим ҳолларда умумстанция истеъмолчиларни таъминлаш учун алоҳида секциялар ажратилади.

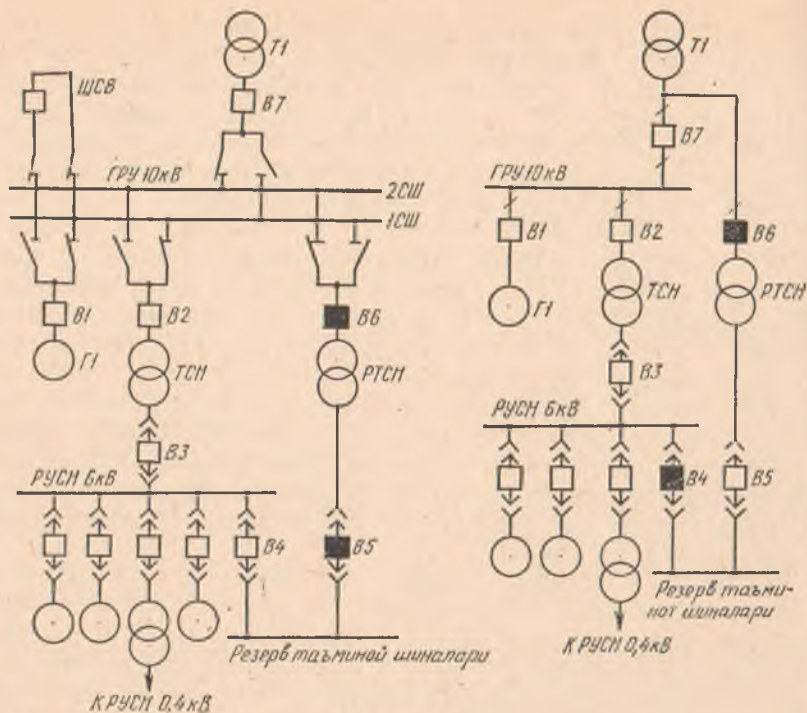
Иш *ТСН* ининг қуввати қуйидаги шартдан танланади:

$$S_{\text{ТСН}} \geq \frac{S_{\text{ТЭЦ}}}{n},$$

бу ерда $S_{\text{ТЭЦ}}$ — *ТЭЦ* нинг блоксиз қисмидаги (5-14) бўйича ў. э. қуввати; n — *ТЭЦ* нинг блоксиз қисмидаги 6 кВ ли секциялар сони.

Резерв ТСН ГРУ шиналарига (икки системали шиналар схемасида) ёки боғловчи трансформаторларига (шоҳобча орқали бир системали шиналар схемасида) уланади.

Иш ва резерв *ТСН* ни *ГРУ* нинг қўш *СШ* ига уланиши 5-33-расм, а да кўрсатилган: иш трансформатори *1СШ* га, резервдагиси



5-33- расм. ТЭЦ нинг ўз эҳтиёжини резервлаш схемаси:

а — ГРУ шиналаридан; б — боғловчи трансформатор отпайкасидан.

эса 2СШ га уланган. Шина уловчи выключатель ШСВ нормал ҳолатда уланган бўлиб, боғловчи трансформатори 2СШ га уланган. Иш ТСН да бузилиш бўлса, В2, В3 узилиб, В6 ва В4 автоматик уланади. Иш шиналари системаси 1СШ бузилганда В1, ШСВ ва В3 узилади. Резерв шина системаси 2СШ даги кучланиш ТЭЦ нинг ВН шинаси билан боғланган Т1 сабабли сақланади, шунинг учун В6 ва В4 автоматик уланади ва ў. э. секциясини таъминлаш тикланади.

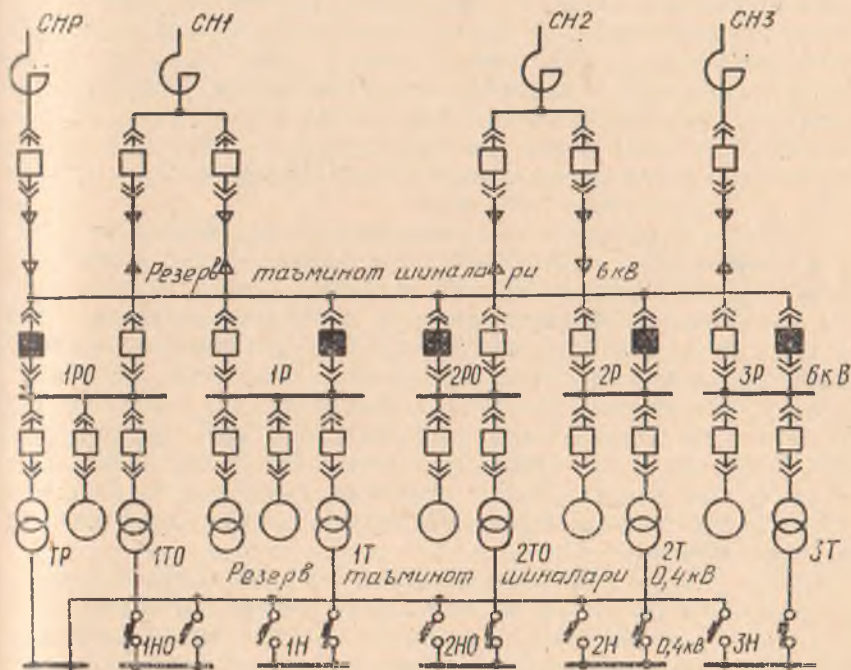
5-33- расм, б да бир системали шинадан тайёрланган ГРУ га иш ва резерв ТСН нинг уланиши кўрсатилган. Генератор Г1 ни ишга тушириш ва тўхтатишда у узилса, ўз эҳтиёжи иш ТСН идан таъминланади. ТСН бузилганда В2 ва В3 выключателлари узилади ва автоматик равишда В6 ва В4 уланиб, резерв трансформаторлар РТСН дан ток билан таъминлайди. ГРУ шиналарида авария бўлса, В1, В7 узилади, сўнгра минимал кучланиш ҳимояси ёрдамида В3 узилади, сўнгра В6 билан В4 автоматик уланиб, Т1 боғловчи трансформатори билан резерв трансформатор РТСН орқали ТЭЦ нинг ВН шинасида ўз эҳтиёжини таъминлаш тикланади.

Одатда ГРУ нинг бир секциясига битта ТСН ёки 6 кВ ли ўз эҳтиёжининг бир линияси уланади. Бу ҳолда резерв манбаининг қуввати истаган иш манбаининг қувватидан кичик бўлмаслиги керак.

Агар ГРУ нинг бир секциясига ўз эҳтиёжининг иккита иш манбаи уланса, унда РТСН ёки резерв линиянинг қуввати энг кучли иш манбаиникидан 50% ортиқ олинади.

Блоксиз типдаги ТЭЦ да иш манбалари сони олтига ва ундан кам бўлганда 6 кВ ли битта резерв таъминлаш манбаи иш ТСН ёки ўз эҳтиёжи линиялари сони катта бўлганда иккита резерв манба танланади.

Блоксиз типдаги ТЭЦ да 0,4 кВ ли РУСН ни резервлаш сони ва қуввати шу принципда танланадиган 6/0,4 кВ ли трансформаторлардан амалга оширилади. Бунда унинг иш ва резерв трансформаторлари 6 кВ ли ўз эҳтиёжининг турли секцияларига уланади. Ёрдамчи цехларни ўзаро резервлаш мумкин бўлади. Ўз эҳтиёжининг резерв трансформаторларининг қуввати худди трансформаторларники сингари 1000 кВ · А дан ошмаслиги лозим. ТЭЦ учун 0,4 кВ ли ў. э. нинг қуввати умумий ў. э. қувватининг 15% га тенг қилиб олиш мумкин.



Б-34- расм. 60 МВт ли учта турбинали ТЭЦ нинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси (схемада рубилниклар кўрсатилмаган).

5.34- расмда 3×60 МВт ли, газ-мазутда ишлайдиган ТЭЦ нинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси кўрсатилган бўлиб, унинг бош схемаси олдин кўриб ўтилган (5.23- расм). 6 кВ ли ГРУ нинг учта секциясидан ўз эҳтиёжини таъминлаш учун реактор уланган учта линия ва битта резерв таъминлаш линияси кетади. Ўз эҳтиёжининг умумстанция истеъмолчилари 6 кВ ли *1PO*, *2PO* секцияга, 0,4 кВ ли *1HO* ва *2HO* секцияларга ажратилган. Қозон билан турбина агрегатлари ўз эҳтиёжининг истеъмолчилари 6 кВ ли *1P*, *2P*, *3P* секциялар ва 0,4 кВ ли *1H*, *2H*, *3H* секциялардан таъминланади. 6/0,4 кВ ли резерв трансформатор *1PO* секциясига уланган.

Блокли ТЭЦ нинг ў. э. ни таъминлаш схемаси КЭС нинг ў. э. схемасидан фарқ қилмайди.

г) АЭС нинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемалари

АЭС технологик процессининг хусусиятлари ўз эҳтиёжларини таъминлаш схемасига катта таъсир этади. АЭС нинг нормал режимида реактордаги ядро процессини ишончли бошқариш ва авариядан тўхташда эса унинг ишончли сўнишига эришмоқ лозим [А.5-7].

Агар АЭС га сув-сувли ВВЭР типидagi реакторлар ўрнатилган бўлса, реакторнинг актив зонаси орқали сувнинг циркуляцияла-нишини таъминлайдиган асосий циркуляцияловчи насослар (ГЦН) энг муҳим аҳамиятга эга бўлади. Битта реакторга бир неча ГЦН лар хизмат қилади. Реакторни аварияли тўхтатишда, ўз эҳтиё-жининг шиналаридаги кучланиш тўла йўқолиши натижасида, реак-тордаги процесснинг ишончли сўнишини таъминлаш керак. Бунинг учун ГЦН нинг бир қисми маълум вақтгача (1—2 минут) ишлашда давом этиши лозим. Масалан, олтига иш ГЦН бўлганда иккитадан ортиғини узишга рухсат этилмайди.

Бунда ўз эҳтиёжини таъминлаш схемасига қўлланилган ГЦН нинг типи таъсир этади. ВВЭР реакторларида электр двигатели насос корпуси ичига жойлашган ва ротори ҳайдалаётган суоқ-лик муҳитида айланадиган роторли, сальниксиз типдаги ГЦН насослар кичик инерцияга эга. Бундай ГЦН нинг электр двигател-ларини таъминлаш учун бош генератор билан бир валда жойлашган ёрдамчи генераторлар ўрнатилади (5.31- расм, з). Оддий электр двигателли ва вали механик зичланадиган (РБМК реакторлари) ГЦН қўлланилганда, бунда кучланиш йўқолганда (узилганда) уларнинг инерцияси туфайли айланиши реакторнинг аварияли сўнишини таъминлайди. Бундай ГЦНлар 6 кВ ли ў. э. секцияларига уланиши мумкин.

АЭС да ўз эҳтиёжини таъминлашнинг иш манбаи сифатида электр станция билан энергосистеманинг асосий генераторларидан фой-даланилиб, улардан 6 кВ ли секцияга ТСН орқали ток берилади. ТСН нинг қуввати 5-2- жадвал маълумотлари асосида аниқланади.

ТЭС сингари АЭС да ҳам, ўз эҳтиёжи учун резерв трансформа-торлари назарда тутилади: икки ва ундан кам сонли блоklar учун битта ПРТСН: учдан то олтигача бўлса — иккита ПРТСН.

блоклар сони кўп бўлса — иккита уланган ва битта уланмаган ПРТСН қўлланилади. Резерв трансформаторларнинг қуввати: а) блокни совуқ ҳолатдан ишга тушириш учун; б) блокни нормал ишдан тўхтатиш учун; в) бир турбогенераторнинг иш ТСН ини алмаштириш билан бир вақтни ўзида бошқа генераторни ишга тушириш (тўхтатиш) учун етарли бўлиши керак.

Резерв трансформаторлар АЭС нинг ВН ига ёки яқин жойлашган электр станция шинасига уланади.

ПРТСН ҳам ТЭС даги сингари муҳим механизмларнинг ўз-ўзидан ишга тушишини таъминлаши керак, шунинг учун унинг қуввати, одатда, иш ТСН ининг қувватига қараганда бир поғона юқори бўлади. 440 ВВЭР 440 ли АЭС да иш ТСН 25 МВ · А қувватга, резервдагиси 32 МВ · А қувватга эга, 1000 МВт ли каналли, РБМҚ реакторли АЭС да, иккита иш ТСН 32 МВ · А резервдагиси — 63 МВ · А қувватга эга.

АЭС да резерв трансформаторлардан ташқари, реакторни авариясиз тўхтатадиган мустақил энергия манбалари ўрнатилади. Бундай манбаларга аккумуляторлар батареяси, дизель-генераторлар, газ-турбинали установкалар, ёрдамчи генераторлар (ВСГ) киради.

АЭС нинг ўз эҳтиёжи истеъмолчилари электр билан таъминлаш ишончилиги талаблари бўйича тўрт группага бўлинади: 1-г р у п п а истеъмолчилар — ўз эҳтиёжининг иш ва резерв трансформаторларидан кучланиш тўла йўқолишида, ёки танаффуси 1 с дан ошмасликка рухсат қилинган истеъмолчилар бўлиб, улар таъминлашни ҳар қандай режимларда ҳам танаффус қилмайди. Бу группага реакторни бошқариш ва ҳимоялаш системаси (СУЗ), КИП ва реакторнинг автоматикаси, дозиметрик назорат системаси, турбогенераторларнинг аварияли мой насослари, аварияли ёритишнинг бир қисми киради.

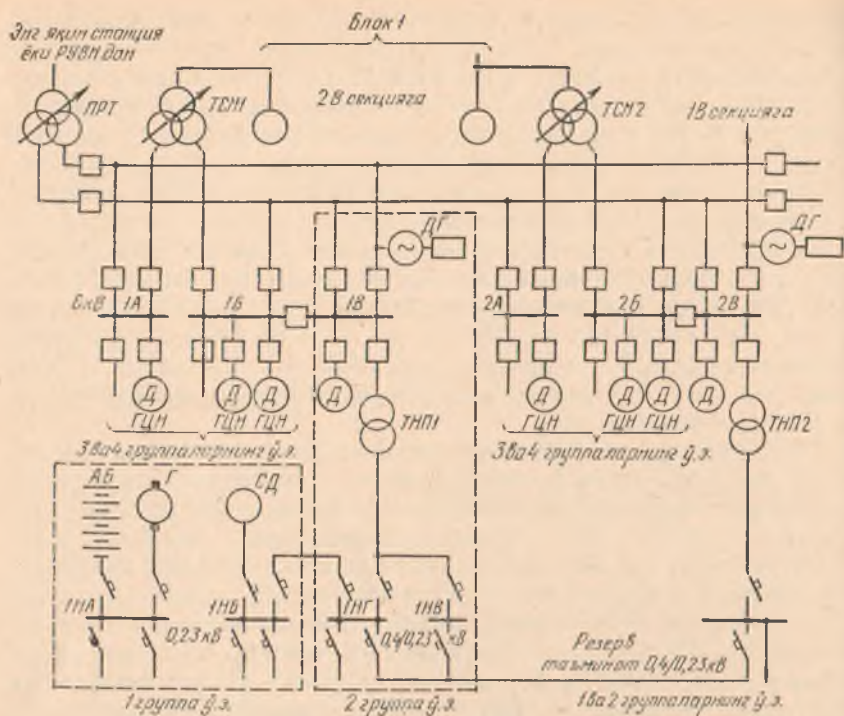
Бу истеъмолчиларни таъминлаш учун аккумуляторлар батареясидан ишончли автоном таъминловчи тармоқ ҳосил қилинади.

5-35- расмда каналли реактор РБМҚ билан ҳар бири 500 мВт ли икки турбогенераторлардан ташкил топган АЭС даги бир блокнинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси кўрсатилган.

1-г р у п п а ўзгармас ток истеъмолчилари *1НА* секциясига, ўзгарувчан токда ишлайдиганлари *1НБ* секциясига уланган. Нормал режимда *1НА* секцияси ўзгартиргич орқали таъминланиб, бунда синхрон машина двигатель, ўзгармас ток машинаси эса генератор бўлиб ишлайди.

Ўзгарувчан ток йўқолганда *1НБ* секция *1НГ* дан ажраб, ўзгартиргич режимини ўзгартиради — ўзгармас ток машинаси аккумуляторлар батареясидан таъминланиб, двигатель бўлиб ишлайди, синхрон машина генератор бўлиб ишлайди ва *1НБ* секцияни таъминлайди.

2-г р у п п а истеъмолчилар — кейинчалик таъминлашнинг тикланиши шарти билан бир неча ўн секунддан то 2—3 минутгача танаффусга рухсат берилувчи истеъмолчилар. Бу группага реакторнинг тўхташига ёрдам берувчи механизмлар, махсус вентиля-



5-35- расм. АЭС нинг битта блокни таъминлаш схемаси. Ўз эҳтиёжини ишончли таъминлаш тармоғининг 1 ва 2 группалари блокнинг ярми учун қўрсатилган.

ция, техник сувнинг аварияли насослари, аварияли таъминловчи насослар (АПН), турбинанинг валини айлантирувчи қурилма ва ҳоказолар киради. 1- группа сингари булар учун ҳам ишончли автоном таъминлаш тармоғи барпо этилади.

3- группа ўз эҳтиёжининг қувватли истеъмолчилари бўлиб, реакторнинг ядровий хавфсизлигини таъминлаши кераклиги сабабли улар юқори даражадаги ишончлиликни таъминлашни талаб этади.

Бу группага ГЦН киради. Нормал режимда улар 6 кВ ли ўз эҳтиёжининг секцияларидан таъминланади. Авария режимда кам инерцияли ГЦН учун ВСГ дан таъминлаш назарда тутилади (5.31 расм, з). Бу схемада турбогенераторнинг тўхташигача айланишидан ҳосил бўладиган энергиядан фойдаланилади. Генератор турбинасининг бекитувчи клапанлари ёпилгандан сўнг, инерцияси таъсирида айланаётган генератор доимий пасайиб борувчи частотали маълум миқдорда электр энергия ишлаб чиқаради. К-500-65 турбина ва 500 МВ т қувватли ТВВ-500-2 генераторидан ташкил топган блок 805 кВ т соатга яқин кишетик энергия запасига эга бўлади.

Шу энергия реакторни аварияда ишдан тўхтатиш вақтида ГЦН ни таъминлаш учун етарли бўлади.

Катта инерцияли ГЦН лар, ҳар бир секцияга иккитагача насос уланishi шarti билан ў. э. 6 кВ ли секцияларига уланади. Таъминлашни резервлаш энергосистемадан ёки қўшни электр станцияларининг махсус ажратилган линияларидан амалга оширилади.

4-г р у п а — булар ишончлиликлка қўйиладиган талаб бўйича блокли иссиқлик электр станцияларидагидан юқори талаб қўймайдиган истеъмолчилар. Бу группага турбинага хизмат қилувчи конденсат насослари, циркуляцияловчи насослар ҳамда ўз эҳтиёжининг умумстанция жиҳозлари катта қисмини ташкилэтувчи — компрессор хонаси, химсувтозалаш, устахоналар ва бошқаларнинг механизмлари киради. Шу группа истеъмолчилари 1А, 1Б, 2А ва 2Б секцияларга бевосита ёки 6/0,4 кВ ли пасайтирувчи трансформаторлар орқали уланади. Уларни таъминлаш схемаси ТЭС нинг ўз эҳтиёжининг схемасидан фарқ қилмайди.

с) ГЭС нинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемалари

Иссиқлик ва атом электр станцияларига нисбатан гидроэлектростанцияларда электр энергия ҳосил қилиш технологик процесси анча осон бўлганлиги сабабли, ў. э. учун ишлатиладиган механизмлар сони анча кам бўлади.

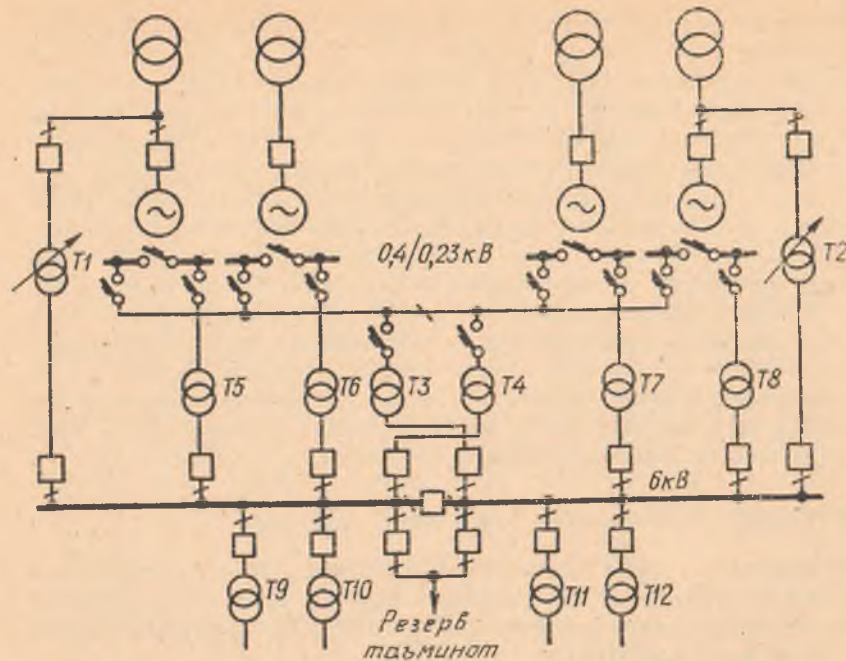
ГЭС нинг ўз эҳтиёжи нарузкаларини ҳар бир станция лойиҳаси учун конкрет ҳисобланади, чунки бу нарузкаларнинг катталиги фақат ўрнатилган агрегатлар қувватигагина эмас, балки электр станция типига (тўғон олдида жойлашган, деривацион, оқовали ва ҳ. к.) ҳам боғлиқ бўлади.

Ўқув процессидаги лойиҳалашда ГЭС ўз эҳтиёжининг белгиланган қувватини аниқлаш учун 5-2- жадвал маълумотларидан фойдаланиш мумкин.

ГЭС да иссиқлик электр станциялардан фарқли ўлароқ 6 кВ кучланишли йирик электр двигателлари бўлмайди, шунинг учун энергияни тақсимлаш 0,4/0,23 кВ да олиб борилади. Ўз эҳтиёжци таъминлаш 6—10 кВ ли шиналарга уланган трансформаторлардан ёки блокларнинг шохобчасидан амалга оширилади.

ГЭС ў. э. истеъмолчилари агрегатли (МНУ мой насослари, турбина қопқогидан сувни чиқариш насослари, бош трансформаторларни совитиш ва бошқалар) ва умумстанцион (техник сув билан таъминлаш насослари, сўрувчи трубалардан сувни чиқариш насослари, ўт ўчириш ва дренаж насослари, иситиш, ёритиш, вентиляция, кўтарма механизмлар ва бошқалар) турларга бўлинади.

Буларнинг бир қисми муҳим ҳисобланади (техник сув таъминоти, трансформаторларнинг мойини совиткичлар, МНУ мой насослари, ўт ўчириш системаси, босимли қувур затворини ёпиш механизмлари). Ў. э. нинг бу истеъмолчиларини электр билан таъминланмаса, гидроагрегатнинг бузилиши ёки узилиши, электр энергия



5-36- расм. Кучли ГЭС нинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси.

ҳосил қилиш камайиши, гидротехника иншоотининг бузилишига олиб келиши мумкин.

5-36- расмда қувватли ГЭС нинг ў. э. ни таъминлаш схемасининг намунаси келтирилган.

Агрегатли ў. э. 0,4/0,23 кВ ли алоҳида секциялардан таъминланади. Умумстанция ў. э. истеъмолчиларидан бир қисми ГЭС биносидан анча узоқда бўлиши мумкин, шунинг учун электр энергияни юқориқоқ кучланиш (3,6 ёки 10 кВ) да тақсимлаш лозим бўлади. Бу ҳолда ў. э. нинг бош трансформаторлари $T1$, $T2$ ва агрегатли $T5$ — $T8$ лар назарда тутилади. $T9$ — $T12$ умумстанция нагрукаларини таъминлаш учун хизмат қилади. 6 кВ ли секцияларни резервли таъминлаш ГЭС қурилишида хизмат қилган маҳаллий подстанциядан амалга оширилади. Агрегатли ў. э. ни резервлаш резерв трансформаторлар $T3$, $T4$ дан амалга оширилади. Узилиши натижасида гидроагрегатнинг узилиши ёки унинг нагрукасининг камайишига олиб келадиган ў. э. нинг муҳим истеъмолчилари ў. э. нинг турли секцияларига уланади.

Агрегатли ў. э. трансформаторларининг қуввати ў. э. даги мавжуд шундай агрегатлар қувватининг йиғиндиси бўйича танланади. Бош трансформаторлар ($T1$, $T2$) ўзаро резервлаш ва уларни аварияда ўта нагрукаланиш имконияти ҳисобга олинган ҳолда танланади. Йирик ГЭС ларда агрегатли ўз эҳтиёжлари трансфор-

маторларини блоклардан шохобча билан бириктириш мумкин, блокли 6 кВ ли секцияларни резервлаш боғловчи автотрансформаторлардан блок ТЭС лардаги ўз эҳтиёжларининг схемаларига ўхшаш амалга оширилади.

е) Подстанцияларнинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемалари

Подстанцияларнинг ў. э. истеъмолчиларининг таркиби подстанция типи, трансформаторлар қуввати, синхрон компенсаторларнинг мавжудлиги, электр асбоб-ускуналар типига боғлиқ бўлади. Синхрон компенсаторларсиз соддалаштирилган схема асосида тузилган подстанциялардаги ў. э. истеъмолчилари энг кам сонли бўлиб, улар учун ходимлар доимий навбатчилик қилмайди. Бу истеъмолчиларга трансформаторларни шамоллатиш электр двигателлари, ОД билан ҚЗ, ҚРУН шкафлари юритмаларини, шунингдек, подстанцияни ёритиш киради.

Юқори кучланишдаги виключателли подстанцияларда компрессор установкалари (ДМК, ВВН, ВВБ виключателлари учун), оператив ўзгармас токда эса зарядловчи билан қисман зарядловчи агрегатлар қўшимча истеъмолчилар ҳисобланади. Синхрон компенсаторлар ўрнатилганда, уларнинг подшипникларини мойлайдиган механизмлар, СК совитиш системасининг насослари керак бўлади.

Подстанция ў. э. энг муҳим истеъмолчиларига оператив занжирлар, алоқа системаси, телемеханика, трансформаторлар билан СК ларнинг совитиш системаси, аварияли ёритиш, ўт ўчириш системаси, компрессорли электр истеъмолчилари киради.

Ў. э. истеъмолчиларининг қуввати катта бўлмаганлиги учун, улар пасайтирувчи трансформатордан таъминланадиган 380/220 В тармоққа уланади. ТСН нинг қуввати подстанцияларнинг турли режимидаги нагрукаси асосида, 600 кВ · А дан (ёки 1000 кВ · А. $u_k = 8\%$ ли) катта олинмайди.

5-3- жадвалда 110 кВ ли томондаги перемичкада битта У—110 виключатель билан 35 кВ томонида ВМК-35 виключателли қуввати 16 дан 40 мВ · А гача иккита уч чулғамли трансформаторли подстанция учун ў. э. нагрукасининг ҳисоби келтирилган.

Эҳтиёж коэффициенти 0,7 ни ҳисобга олиб, кўрилатган подстанция учун ҳар бири 63 кВ · А дан иккита ТСН олиниши мумкин.

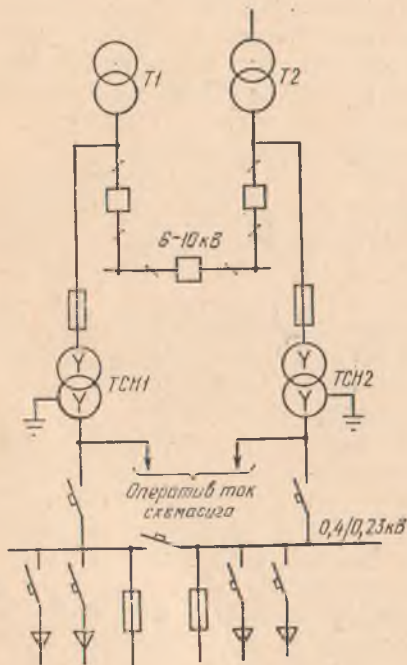
Агар ў. э. нагрукасини аниқ ҳисоблаш учун маълумотлар бўлмаса, унда ТСН нинг қуввати 5-2- жадвалдан тахминан олинади.

Икки трансформаторли 35—750 кВ ли ҳамма подстанцияларда ў. э. учун иккита трансформатор ўрнатилади.

Оддий кам қувватли бир трансформаторли подстанцияларда битта ТСН ўрнатилиб, складдаги резерв назарда тутилади. Агар бир трансформаторли подстанцияда синхрон компенсатор ёки ҳаво виключателлари ёки Д ва ДЦ совитиш системали трансформатор ўрнатилган бўлса, унда иккита ТСН назарда тутилиб, улардан бири 6—35 кВ ли маҳаллий тармоққа уланади.

Подстанциянинг ў. э. нагузкаси

Электр истеъмолчилари	Белгиланган қувват, кВт	Истеъмолчилар сони, дона	Қувватлар йиғиндиси, кВт
Трансформаторга ҳаво пуфловчи электродвигателлар	8	2	16/0,85 — 19
У-110 виқлючателни иситиш қурилмаси	1,75	1	1,75
ВМК-35Э	1,15	7	8,05
Реле аппаратураси шкафларини иситиш	0,5	23	11,5
ОД ва КЗ юритмаларини иситиш	0,6	6	3,6
ҚРУН шкафларини иситиш	0,6	24	14
Келиб хизмат курсатувчи ходим хонасини иситиш ва ёритиш	5,5	1	5,5
Ташқарини ёритиш	4,5	1	4,5
Оператив занжирлар истеъмол қиладиган нагузка	1,8	1	1,8
Компрессор установакиси	13	1	13/0,85—15,3
Жами:			85



5-37- расм. Оператив ўзгарувчан токли подстанциянинг ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси.

Подстанциянинг оператив занжирларини таъминлаш учун ўзгарувчан ҳамда ўзгармас ток қўлланиши мумкин.

330—750 кВ ли ҳамма подстанциялар билан йиғма шинали РУ110—220 кВ ли подстанцияларда оператив ўзгармас ток қўлланилади.

Оператив ўзгарувчан ток юқори кучланишли виқлючателларсиз 35—220 кВ ли подстанцияларда қўлланилади. Агар бир вақтда биттадан ортиқ виқлючатель уланиши мумкин бўлмаса, ВН виқлючателли 110—220 кВ ли подстанцияларда тўғриланган оператив ўзгармас ток қўлланилиши мумкин.

Оператив ўзгармас токли подстанцияларда ТСН ни 6—10 кВ ли шиналарга уланади.

Оператив ўзгарувчан токли подстанцияларда ТСН бош трансформаторларнинг киришига шохобча орқали уланади (5-37- расм).

Бу 6—10 кВ ли шиналардаги кучланиш тўла йўқолганда, 6—10кВ ли виключателларни бошқариш учун керак. Ишончлиликни ошириш учун 0,4 кВ ли шиналар автоматик виключатель билан секцияланади. Оператив занжирларни таъминлаш ў. э. трансформаторларининг НН қисқичидан, то чиқишида 220 В кучланиш берадиган кучланиш стабилизатори орқали автоматик виключателларгача на- зарда тутилган.

Олтиҗчи боб

ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ

6-1. Ёпиқ тақсимлаш қурилмалари (ЗРУ)*

а) ЗРУ конструкцияларига қўйиладиган талаблар

Тақсимлаш қурилмаси — бу электр энергияни қабул қилиш ва тақсимлаш учун хизмат қилувчи ҳамда электр аппаратлар, шиналар ва ёрдамчи қурилмаларга эга бўлган электроустановкадир.

Агар тақсимлаш қурилмаси бино ичига жойлашган бўлса, у ёпиқ тақсимлаш қурилмаси деб аталади.

Ёпиқ тақсимлаш қурилмалари (ЁТҚ-ЗРУ) одатда 3—20 кВ ли кучланишга мўлжаллаб қурилади. Одатда, катта кучланишларда очиқ РУ қурилади. Бироқ РУ га ажратилган майдон чекланган бўлса, ёки атмосфера жуда ифлосланган бўлса, шунингдек Чекка Шимол районларида ҳам 35—220 кВ кучланишли ЗРУ қўлланилиши мумкин.

Тақсимлаш қурилмалари электр установкаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш керак. Бу талаб электр асбоб-ускуналарини тўғри танлаш ва жойлаштириш, РУ типи билан конструкциясини ПУЭ га мувофиқ тўғри танлаш йўли билан бажарилади.

РУ га хизмат қилиш қулай ва хавфсиз бўлиши керак. РУ да жойлашган асбоб-ускуналар бир-бирини тўсмай яхши кўриниши, ремонт ишлари қулай бажарилиши, ремонт қилишларда ва уларни кўздан кечиришда тўла хавфсиз бўлиши керак. Хавфсизликни таъминлаш учун ЗРУ ларнинг ток ўтказувчи қисмларидан то унинг турли элементларигача бўлган масофа минимал бўлиши талаб этилади [А.1-12].

Изоляцияланмаган ток ўтказувчи қисмларига тасодифан тегиб кетмаслик учун улар камерага жойланиши ёки иҳоталанган бўлиши керак. Иҳота яхлит ёки турли бўлиши мумкин. Кўпчилик ЗРУ ларнинг конструкцияларида аралаш иҳота қўлланилади — иҳотанинг яхлит қисмида виключателлар ва ажраткичларнинг юритмаси маҳкамланиб, тўр қисми эса асбоб-ускуналарни кўздан кечириш имкониятини беради. Бундай иҳотанинг баландлиги 1,9 м

* ЗРУ — закытые распределительные устройства.

дан кам бўлмаслиги, тўр ўлчами 25×25 мм дан катта бўлмаган тешикларга эга бўлиши керак. Иҳоталар қулфлаб қўйилиши лозим.

3—10 кВ ли установкаларда полдан баландлиги 2,5 м дан кам, 20—35 кВ ли установкаларда 2,7 м баландликда жойлашган изоляцияланмаган ток ўтказувчи қисмлар тўр билан тўсилиб, бунда тўр тагидан ўтадиган очиқ жой баландлиги 1,9 м дан паст бўлмаслиги керак.

Асбоб-ускуналарни кўздан кечириш, уларнинг жойлашиши бир томонлама бўлса, кенглиги 1 м дан кичик бўлмаган, икки томонлама бўлса 1,2 м бўлган, хизмат қилиш коридоридан олиб борилади.

Агар ЗРУ коридорида ажраткич билан виключателларнинг юритмаси жойлашса, унда бундай бошқариш коридорининг кенглиги тегишлича 1,5 ва 2 м бўлиши керак.

ЗРУ хоналаридан ташқарига чиқиш ёки унинг ичига кириш учун ёнмайдиган девор ва тўсиқлардан ўтиш жойлари қилинади. РУ узунлиги 7 м гача бўлса, битта чиқиш жойи; узунлиги 7 дан 60 м гача бўлса, икки чеккасида иккита чиқиш жойи; узунлиги 60 м дан ортиқ бўлганда икки чеккасидан иккита ва қўшимча чиқиш жойлари шундай қўйиладики, бунда РУ коридорининг истаган нуқтасидан чиқиш жойигача бўлган масофа 30 м дан ошмаслиги керак. РУ нинг эшиги ташқарига очиладиган ва ўз-ўзидан қулфланадиган қулфга эга бўлиб, РУ томонидан қалитсиз очилиши керак.

ЗРУ ёнғинга қарши хавфсизликни таъминлаши керак. Ёпиқ тақсимлаш қурилмалари конструкцияларини қурилиш норма ва қоидалари (СНиП), шунингдек, ёнғиндан сақланиш қоидалари (ППО) талабларига жавоб бериши керак. РУ нинг биноси ўтга чидамли материаллардан қурилади. ЗРУ ни лойиҳалашда юз берган авариянинг тарқалашини чеклаш учун тадбирлар назарда тутилади. Бунинг учун РУ айрим элементларининг асбоб-ускунаси камераларга—ҳамма томонидан деворлар, иҳоталар билан қегараланган хоналарга жойлаштирилади. Агар иҳотанинг бир қисми тўрдан иборат бўлса, унда уни очиқ камера дейилади. Бундай камераларда ажраткичлар, мойсиз, кам мойли виключателлар билан мойи 25 кг гача бўлган бакли виключателлар жойлашади. Ҳозирги ЗРУ ларда мойи кўп бўлган бакли виключателлар (60 кг дан юқори) қўлланилмайди, чунки уларни ўрнатиш учун ташқарига чиқадиган чиқиш жой бўлган ёпиқ камера талаб этилиб, бу эса қурилиш қисмини бирмунча мурракаблаштиради.

ЗРУ га мойли трансформаторлар ўрнатилганда мой йиғиш ва уни мой йиғиш системасига чиқариш тадбирлари кўрилади.

ЗРУ да трансформаторлар билан реакторлар хоналарини табиий шамоллатиш, шунингдек мой тўлдирилган асбоб-ускуналар ўрнатилган очиқ камераларнинг хизмат қилиш коридорларида аварияли тортиб оладиган вентиляция назарда тутилади.

Тақсимлаш қурилмаси тежамли бўлиши лозим. РУ ни қуриш қиймати — қурилиш қисми, электр асбоб-ускуналар, электр монтаж

ишлари билан накладной харажатлар қийматларининг йиғиндисига тенг. Қурилиш қисмининг қийматини камайтириш учун мумкин қадар бино ҳажми камайтирилиб, унинг конструкцияси содалаштирилади. Авваллари қўлланилган гишт девор ўрнига йиғма темир-бетон конструкциясидан қурилган бинодан фойдаланиш йўли билан РҮ қийматининг камайишига эришилади.

Электр монтаж ишларининг қийматини камайтириш ва РҮ қуришни тезлаштириш учун ихтисослаштирилган монтаж базада йиғилган йирик узеллар кенг қўлланилади. Бундай узелларга ичига электр асбоб-ускуналар ўрнатилган камера ва шкафлар: йиғма шиналар ва шина ажраткичлар учун камералар, виключателларни бошқариш шкафлари, линия ажраткичлар шкафи ва ҳоказолар киради. Ҳозирги РҮ да 6—10 кВ ли линияларни улаш учун комплект тақсимлаш қурилмалари шкафи кенг қўлланилади (6-2- § га қаранг) Йириклаштирилган узелларни қўллаш ЗРУ қуришда индустриал методларидан фойдаланиб электр монтаж ишларини максимал механизациялаштириш имкониятини беради.

Йириклаштирилган узеллардан йиғилган тақсимлаш қурилмаси йиғма РҮ деб аталади. Йиғма РҮ да бино қути қурилишида, ҳеч қандай ихоталарсиз, зал қурилишида қурилади. Камеранинг асосини пўлат каркас ташкил этади, камералар ўртасидаги ихота эса асбоцемент ёки гипсолит плиталардан тайёрланади.

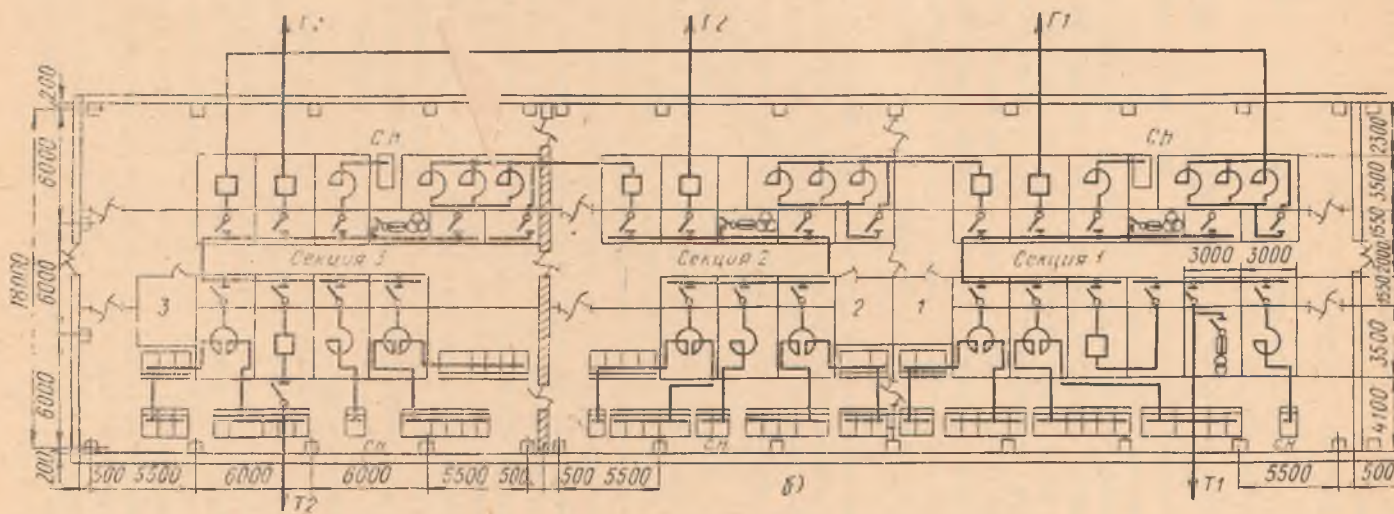
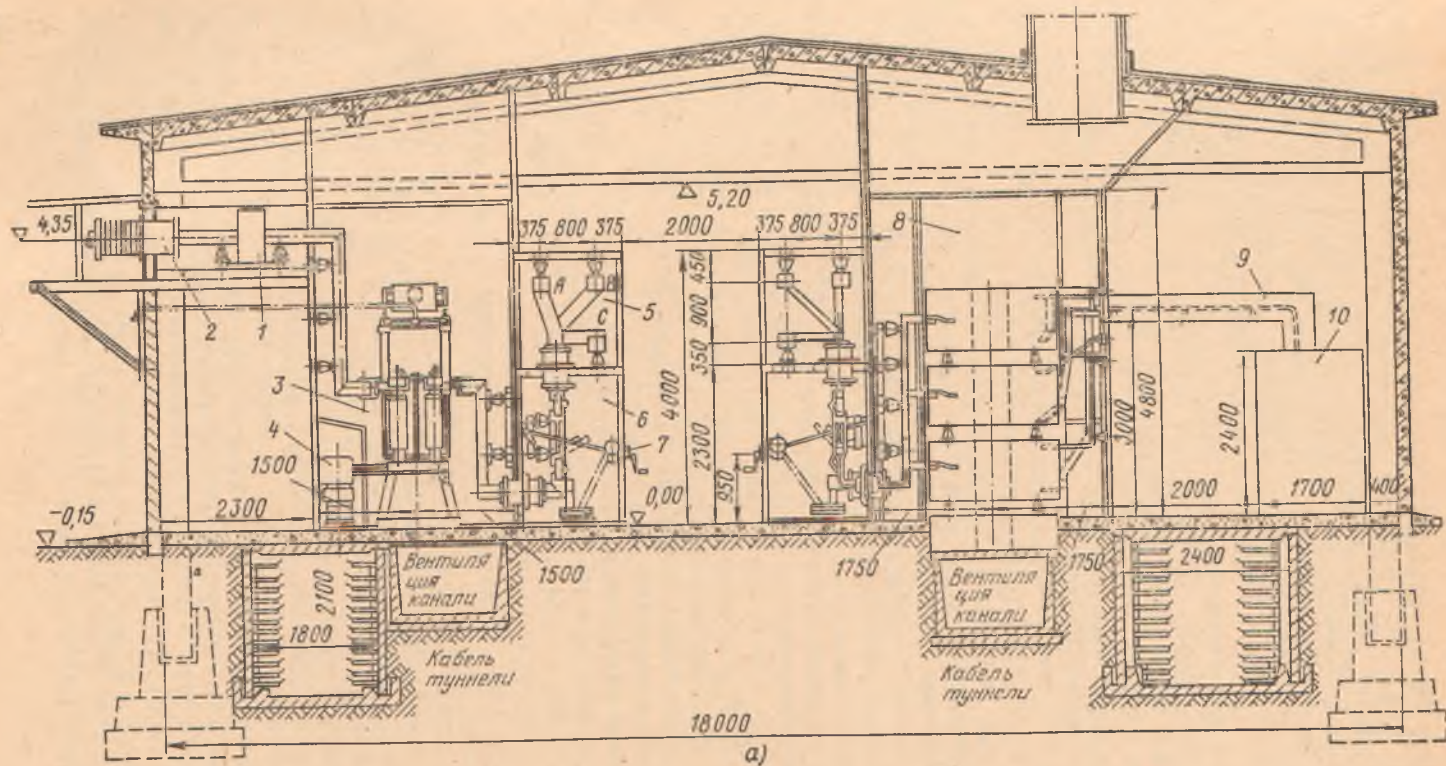
РҮ қийматини камайтиришга, шунингдек уларни типавий лойиҳа бўйича қуриш йўли билан ҳам эришилади. РҮ типавий лойиҳаси СССР нинг бош лойиҳалаш корхоналари томонидан ишлаб чиқилади. Ўқувчининг вазифаси ўрнатилган асбоб-ускуна билан электр уланишлар схемасига тўғри келадиган у ёки бу типавий конструкцияни танлашдан иборат.

Қуйида «Теплоэнергопроект», «Энергосетьпроект» ҳамда «Промэнергопроект» институтларининг типавий лойиҳаси бўйича тузилган РҮ нинг айрим конструкциялари кўриб чиқилади.

б) Бир система шинали 6 — 10 кВ ли ЗРУ конструкциялари.

Кетадиган линияларида реакторлари бўлмаган бир система шинали 6—10 кВ ли РҮ саноат қурилмаларида ва шаҳарнинг электр тармоқларида кенг қўлланилади. Бундай РҮ да кичик габаритли, кам мойли ёки мойсиз виключателларнинг ўрнатилиши бир уланишнинг ҳамма асбоб-ускуналарини бир камерага ўрнатиш имкониятини беради. КСО-266, КСО-366 камерали шундай РҮ кенг тарқалган. Бироқ виключателларни бу камераларда ремонт қилиш қийинроқ бўлганлиги сабабли, ҳозир булар ўрнига филдираб чиқадиган аравачаларга ўрнатилган виключателли камералар қўлланилиб, уларни комплект тақсимлаш қурилмаси (КРУ) ячейкаси деб юрилади. КРУ нинг конструкцияси 6-2- § да кўрилади.

Генератор кучланишидаги тақсимлаш қурилмаси (ГРУ) ТЭЦ га қурилиб, йиғма ва комплект ячейкалар қўллаб тайёрланади.



6-1- расм. Бир системали йиғма шиналари ва группавий реакторлари бўлган 6—10 кВ ли ГРУ:

a — генератор ва группавий реакторнинг занжирлари бўйича кесими; 1 — ток трансформатори; 2 — ўтувчи изолятор; 3 — генератор викилючателининг камераси; 4 — викилючатель юритмаси; 5 — йиғма шиналар блоки; 6 — шина ажраткичлар блоки; 7 — шина ажраткичлар ва ерга туташтирувчи пичоқлар юритмаси; 8 — жуфт реактор камераси; 9 — шина ўтказгич; 10 — КРУ ячейкалари; б — тўлдириш план — схемаси.

6.1- расмда бир системали шиналар ва линиялардаги группали қуш реакторларга эга бўлган 6—10 кВ ли ГРУ кўрсатилган. Бу схема 5.9- расмда келтирилган ТЭЦ учун ишлаб чиқилган.

РУ ни конструкциялашда асбоб-ускуналарнинг камералар бўйича жойлашишини билиш лозим, бунинг учун аввал тўлдириш схемаси чизилади.

Тўлдириш схемаси — бу асосий асбоб-ускуналар билан аппаратларнинг электрик уланиш схемаси бўлиб, у уларнинг ҳақиқий ўзаро жойлашишини тасвирлайди.

Тўлдириш схемаси масштабсиз, шартли равишда бино билан камералар контури, асбоб-ускуналарнинг жойлашиши кўрсатилиб, керакли тушунтириш ёзувлари бўлади. Тўлдириш схемаси асбоб-ускуналарга спецификация тузишни енгиллаштиради. РУ конструкциясини тушунишни осонлаштиради, бироқ РУ нинг конструктив чизмалари ўрнини босмайди. Айрим ҳолларда РУ плани чизилиб, унда шартли белгилар билан асбоб-ускуналарнинг жойлашиши кўрсатилади. Худди шундай план-схема 6.1- расм, б да кўрсатилган.

ГРУ да йиғма шиналар уч секцияга ажратилиб, уларнинг ҳар бирига 60 МВт ли генератор уланган. Биринчи билан учинчи секцияга уч чулғамли боғловчи трансформатор уланган ҳар бир секцияда иккитадан группали 2×2000 А ли қуш реактор ва ВМП-10 виключателли (К-ХII серияли) КРУ нинг тўртта йиғмаси ўрнатилган. ГРУ зарбий токнинг 300 кА гача миқдорига ҳисобланган. ГРУ биноси бир қават бўлиб, пролёти 18 м бўлиб, ТЭЦ нинг бошқа биноларини қуришда ҳам қўлланиладиган стандарт темир-бетон конструкциялардан тайёрланади. Бинонинг марказий қисмида икки қатор йиғма шиналар билан шина ажраткичлар блоки, улардан кейин генераторлар, трансформаторлар ва секцион виключателлар, группавий ва секцион реакторлар ҳамда шина кучланиш трансформаторларининг ячейкалари жойлашган. Ячейка қадами 3 м. Бинонинг деворлари олдида КРУ шкафлари жойлашган. Ҳамма кабеллар иккита кабель туннелидан ўтади. Реакторларга совитувчи ҳаво иккита вентиляция каналдан келтирилиб, қизиган ҳаво тортиш шахтаси орқали ташқарига чиқариб юборилади. Каналларга ҳаво учта камера (1, 2, 3, 6.1- расм, б) ларга ўрнатилган махсус вентилятордан юборилади.

Асбоб-ускуналарга хизмат қилиш учта йўлакдан олиб борилади. эни 2000 мм ли марказий бошқариш йўлаги, КРУ шкафлари бўйича йўлак бўлиб, у виключателларни аравада олиб чиқишга мўлжалланган ва генератор виключателлари қатори бўйича хизмат йўлаги. Шунга эътибор бериш керакки, генератор виключателларининг ҳамма ячейкалари турбина бўлими томонига қараган ГРУ томонига жойлашган, боғловчи трансформаторларининг ячейкаси эса очиқ РУ томонига жойлашган (6.1- расм, б даги тўлдириш схемаси планига қаранг). Бундай жойлаштириш генераторларни ва боғловчи трансформаторларни ГРУ нинг тегишли ячейкасига осма

эгилювчан ток ўтказгичлар ёрдамида улаш имкониятини беради (6.30- расм).

6 кВ ли йиғма шиналар секцияларини ҳалқага бириктириш бинининг ташқи қисмидан эгилювчан боғланиш билан амалга оширилади.

и) Ге нератор кучланишидаги комплект тақсимлаш қурилмаси КГРУ

Уқорида кўриб ўтилган (6-1- расм) ГРУ нинг конструкцияси қатор камчиликларга эга: оғир каркасли бино қурилади, ячейкалари металл каркаслардан, кичик механизация қўллаб қўлда ба- жариладиган монтаж ишларининг ҳажми катта. «Теплоэлектро- проект» лойиҳалаш институти ишлаб чиққан, номинал токи 8000 А на зарбий токи 330 кА, 6—10 кВ ли *комплект бош тақсимлаш қу- рилмаси* (КГРУ) бундай камчиликдан ҳоли [А.6-3]. 6-2- расмда генератор билан қўшалоқ реактор занжирлари бўйича қирқими ҳамда биринчи ва иккинчи секция учун тўлдириш схемаси кўрса- тилган. КГРУ ҳалқага бириктирилган тўртта секциядан иборат, бир системали йиғма шиналар учун ишланган (5.9- расмга қаранг). Виключатель, реактор, ажраткичларнинг ячейкаси икки қатор жойлашган. Йиғма шиналар бир қаторга жойлаштирилган. КГРУ ҳар бир секциясига 120 МВт ли битта генератор ёки иккита 60МВт ли $U = 10$ кВ да ва $U = 6$ кВ да 60 МВт ли битта генераторни улаш учун ҳисобланган.

Чиқувчи кабель линиялар қўшалоқ реактор 7 ларнинг шохоб- часига КРУ шкафлари 9 ёрдамида уланади. Ҳар қайси секцияга ҳар бири 2×2500 А ли қўшалоқ реакторнинг иккита группаси ёки ҳар бири 2×1600 А ли учта группаси ва ў. э. нинг битта ли- нияси уланиши мумкин. Йиғма шиналар 1, улардан чиқаётган шохобчалар, биринчи ва тўртинчи секциялар орасидаги секцион перемичка 2, шунингдек генераторлар, боғловчи трансформатор- лари ва ў. э. линиялари ячейкасининг чиқиш фазалари бўйича экраниланган. Ток ўтказгичлардан тайёрланган (6-6- §, 6 га қаранг). Шина ажраткичлари 3 металл ячейкаларга фазалараро тўсиқлар билан ўрнатилган. Виключатель ва реакторлар ячейкалари йирик монтаж блоклар билан шиналанади. Ячейкалар автоматик сунъий вентилизация ёрдамида совитилади.

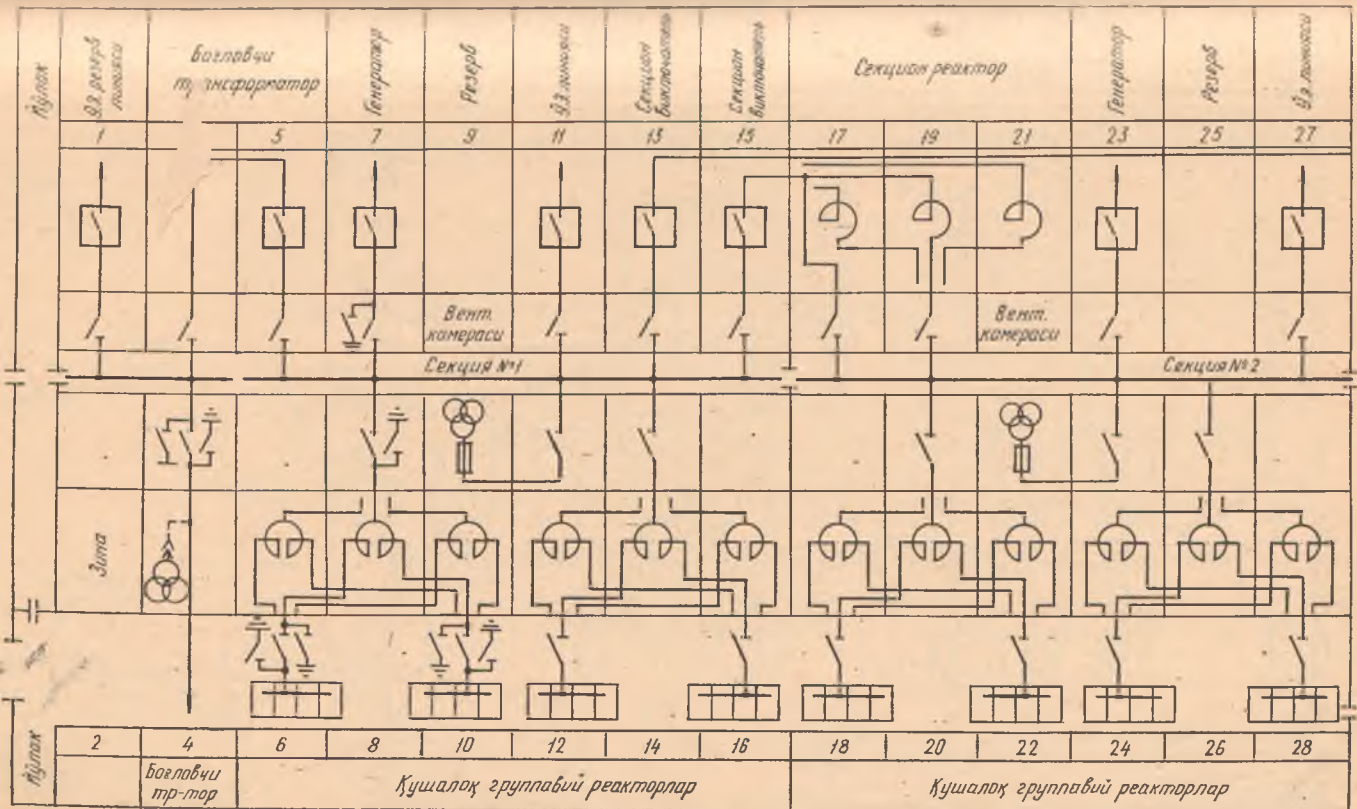
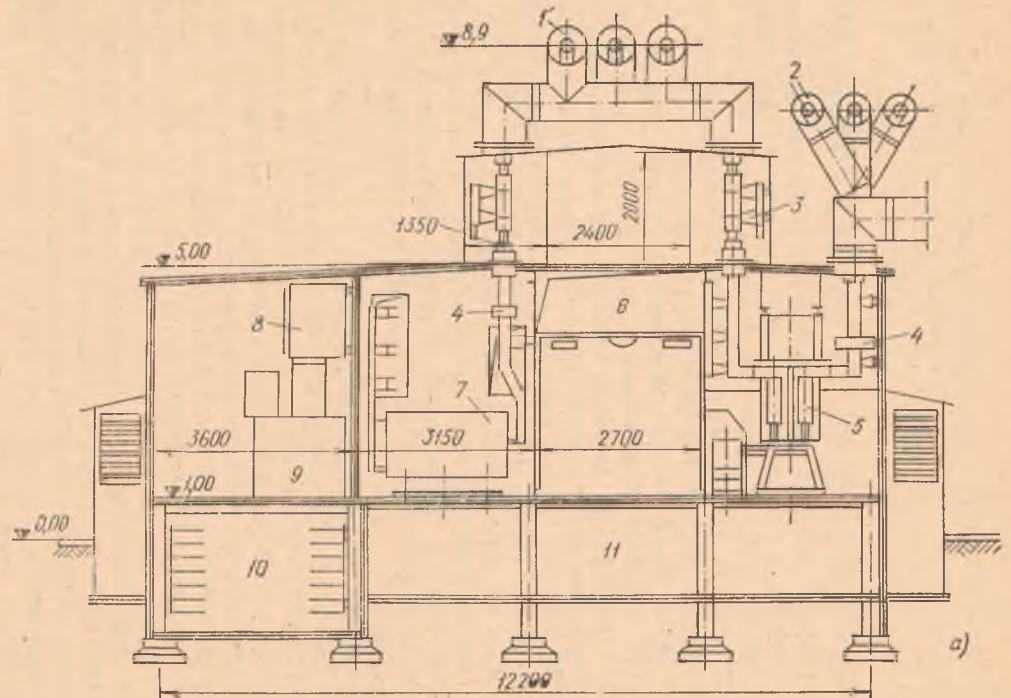
КГРУ ни қўллаш натижасида ишлаш ишончилиги ортади ва РУ ни эксплуатация кў- осонлашади, уни қуриш учун сарфланади- ган маблағ анча камаяди. Тўртта секцияга бир система шинали КГРУ қурилганда типавий ГРУ ларга нисбатан капитал сарф 10% га, металл сарфи 40%, темир-бетон конструкцияси сарфи 21% га камаяди (6.1- расм).

г) Икки шинали системали 6-10 кВ ли ЗРУ конструкцияси

Икки шинали системали 6—10 кВ ли РУ, одатда, ТЭЦ ларда қурилади. Подстанцияларда бундай схема кам учрайди. Генератор кучланишли йиғма шиналардаги қ. т. токининг катта бўлиши фа-

6-2- расм. Битта йиғма шиналар системасига эга бўлган 10 кВ ли комплект бош тақсимлаш қурилмаси (КГРУ):

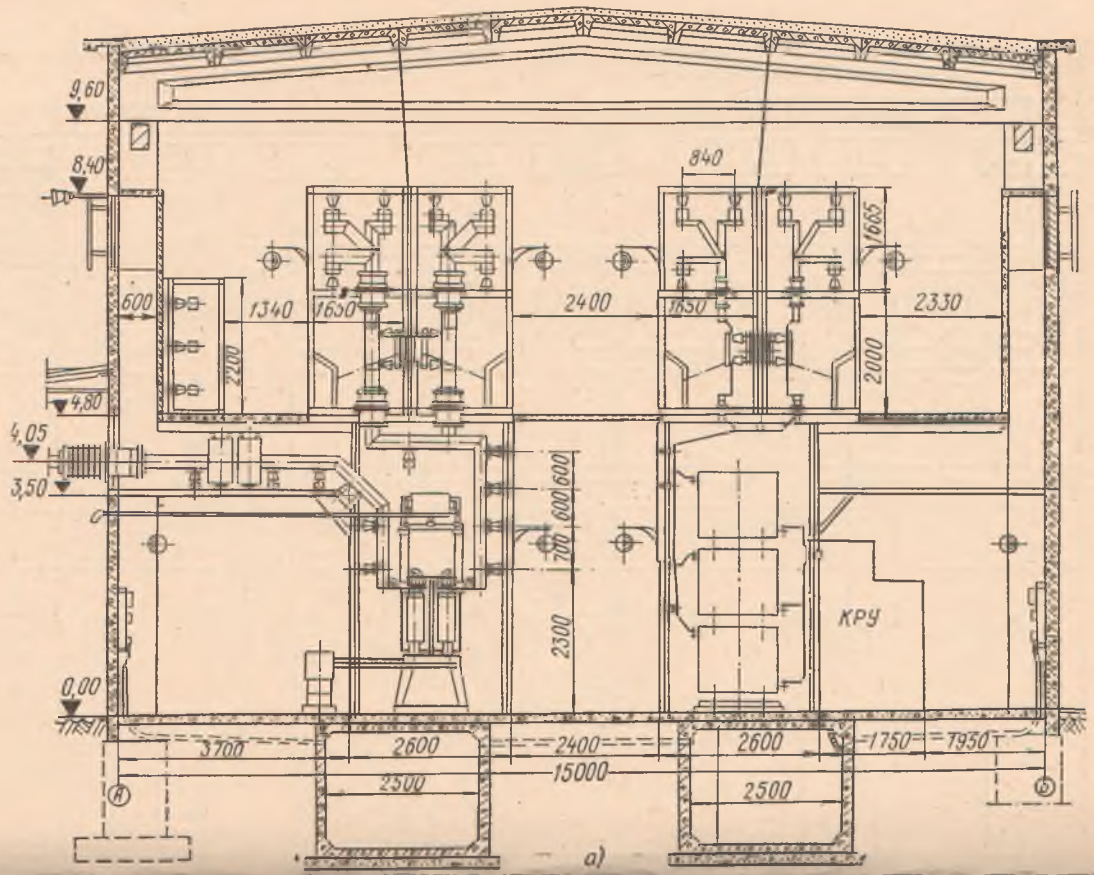
а — генератор ва қўш реактор занжирлари бўйича кесим; 1 — йиғма шиналарнинг ток ўтказувчиси; 2 — секцияли перемичканинг ток ўтказувчиси; 3 — шина ажраткич; 4 — ток трансформатори; 5 — виқлючатель; 6 — вентиляция қутиси; 7 — реактор; 8 — ажраткич шкафи; 9 — чиқатган линиялар КРУ си; 10 — кабель туннели; 11 — вентиляция подвали; 6 — тўлдириш схемаси.



б)

6-3- расм. Икки системали шиналар ва группавий реакторларга эга 6—10 л ГРУ:

а — генератор ва группавий реактор занжирлари бўйича кесим; б — биринчи ва иккинчи секциялар учун тўлдириш схемаси.



Монтаж бирликларининг номи		Ўзурак	I секция учун ШСВ	№1 ў.э. линияси	Генератор №1	Группавий реактор	Ў.э. резерв линияси	Группавий реактор	Группавий реактор	Группавий реактор	II секция учун ШСВ	Группавий реактор	Группавий реактор	№2 ў.э. линияси	Группавий реактор	Группавий реактор	Группавий реактор	Ўзурак	
I қават	КРУ шкаф																		
	РБМ-Б, М, Ю ва МГ-20 камералари																		
II қават	Ўзгма шиналар ва шина ажраткичлар																		
I қават	РБМ-Б, МГ-10 ва МГ-20 камералари																		
	КРУ шкафлари																		
Монтаж бирликларининг номи		Ўзурак	Группавий реактор	Группавий реактор	Трансформатор №1	Группавий реактор	I-II секциялар секцион реакторларнинг ёлқинчаклиги	I-II секциялар секцион реакторларнинг ёлқинчаклиги	I-II секциялар секцион реакторларнинг ёлқинчаклиги	Группавий реактор	Группавий реактор	Группавий реактор	II-III секцияларнинг секцион реакторлари	Ўзурак					

б)

залар орасидаги масофани орттириш, секцион ва группавий реакторларни ўрнатиш кераклигини талаб этади. Бу эса тақсимлаш қурилмаси конструкциясини мураккаблаштиради.

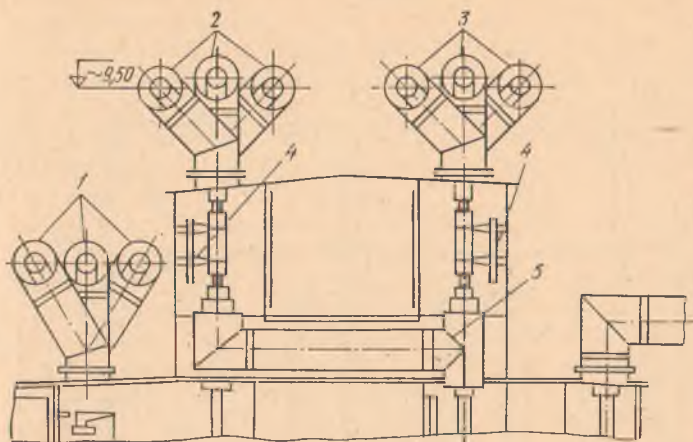
6.3- расмда «Теплоэлектропроект» институтининг типавий лойиҳаси бўйича тузилган 6—10 кВ ли ГРУ кўрсатилган. Иморат стандарт темир-бетон конструкциялардан қурилиб, юк кўтарадиган устунлари ҳар 6 м да икки қатор жойлашган. Устунларга узунлиги 15 м ли ёпма тўсинлари таянади. Бинонинг тўсинларгача бўлган баландлиги 9,6 м. Деворлари темир-бетон плитадан тайёрланади, деразалари бўлмайди. Электр монтаж ишлари учун тайёрланган бино қаватлараро ёпмага эга бўлмай, қути кўринишида бўлади, бу ҳол устунлар оралиғи қандай бўлишидан қатъий назар ячейкани хоҳлаган узунликда танлаш имкониятини беради

Ячейканинг асоси пўлат каркас бўлиб, унга 4,8 м баландликда қаватлараро ёпма плитаси таянади. Шундай қилиб ГРУ икки қаватли иморатдан иборат. Ҳамма асбоб-ускуналар 5.10- расмдаги (иш СШ икки секцияга бўлинган) ёки 5-23- расмдаги (уч секция) схема бўйича икки қаторга жойлашган. Шиналарнинг иш системаси марказий бўлимда, резервдагиси ён бўлимларда жойлашиб, бино узунлиги бўйича секцияларни бир-биридан ажратувчи кўндаланг деворлар билан бўлинган. Биринчи қават ячейкаларининг тўсиқлари темир-бетон плиталардан, иккинчи қаватиники эса металл каркас билан мустаҳкамланган асбоцемент плиталардан тайёрланади. Йиғма шиналар қути кўринишида, алюминийдан тайёрланган, горизонтал бўйича фазалар орасидаги масофаси 840 мм, вертикал бўйича 1180 мм, изоляторлар пролети ораси 800 мм га тенг, 300 к · А ли зарбий токга ҳисобланган. Йиғма шиналар ва шина ажраткичларининг блоклари биринчи қават ячейкасининг металл каркасига таянади. Оғир асбоб-ускуналар: генератор вилючателлари МГ-10 ёки МГ-20, секцион ва группавий реакторлар, КРУ ячейкалари биринчи қаватда жойлашиб, улар учун куч ва контрол кабеллари ўтадиган темир-бетон конструкцияли туннеллар пойдевор бўлади. Махсус вентиляция туннеллар қурилмай, реакторлар билан йиғма шиналар камерасига совитувчи ҳаво биринчи қаватнинг марказий йўлагидан юборилади. Қизиган ҳаво тешик орқали иккинчи қаватдаги жалюза (кесикли темир парда) дан ташқарига чиқарилади.

Типавий лойиҳада шиналарнинг иш системасини иккинчи қаватнинг ёнидаги йўлакка жойлашган шина кўприкча (перемичка) ёрдамида ҳалқага бириктириш имконияти назарда тутилган.

6-3- расм, б да 6 кВ ли ГРУ нинг тўлдириш схемаси келтирилган бўлиб, унда фақат иккита секция кўрсатилган, III секциянинг асбоб-ускуналари, агар бўлса, IV ники ҳам ячейкаларда юқоридагига ўхшаш жойлашади.

Кўриб ўтилган ГРУ да металл конструкцияларни, асбоцемент плиталарни, темир-бетон конструкцияларни кўп сарфлашни талаб этганлиги учун юқорида кўриб ўтилганга ўхшаш КГРУни (6-2-расм) қуришга ўттириш мўлжалланмоқда. Бир системали шинали схемадаги



6-4- расм. Икки системали шиналарга эга бўлган 6—10 кВ ли ҚГРУ (иккинчи қават):

1 — секцияли перемичка; 2 — шиналарнинг резерв системаси; 3 — шиналарнинг иш системаси; 4 — шина ажраткичлар; 5 — айрилиш жойи.

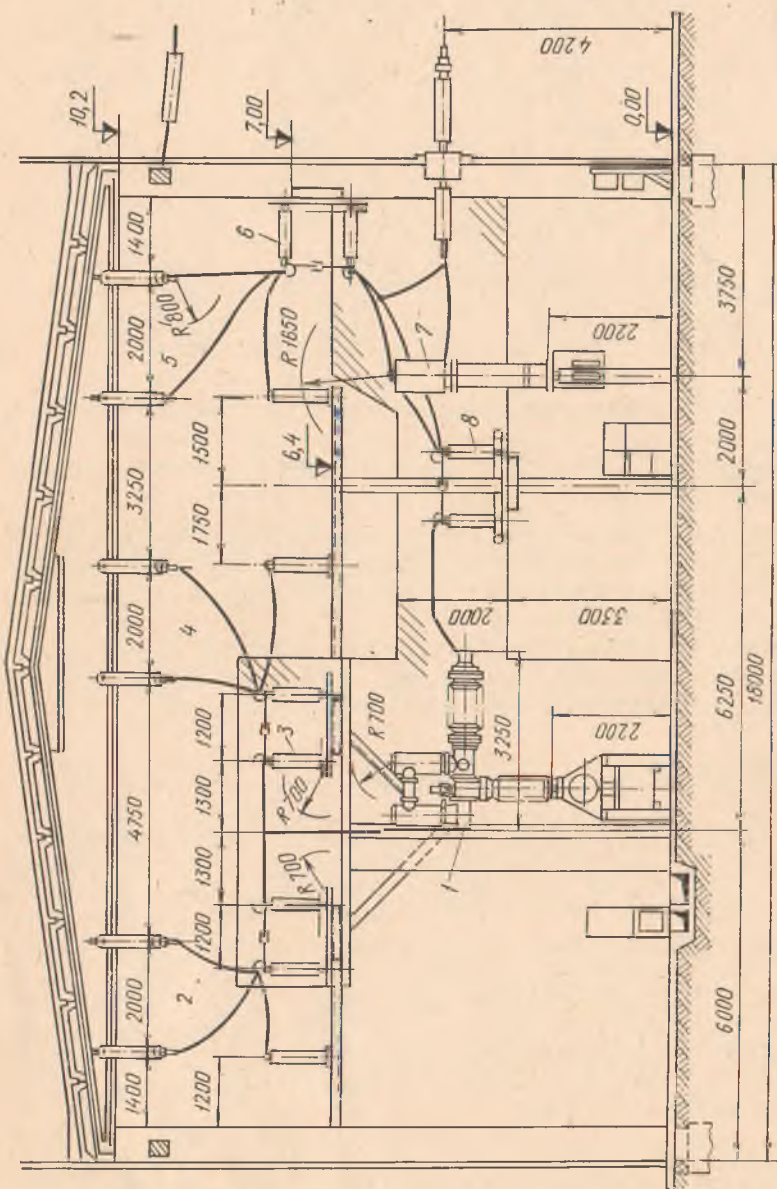
ҚГРУ га нисбатан фарқли ўлароқ икки системали шинали ҚГРУ га ажраткичлар 5 нинг айрилиш жойига қўшимча элемент киритилган ҳамда шинали ажраткичлар 4 йиғма шиналарга бошқачароқ уланган (6-4- расм).

Биринчи қаватнинг ҳамма қурилиш конструкциялари, ажраткичлар, виключателлар, реакторлар, чиқишлар билан секцион перемичканинг ячейкалари иккала ҚГРУ учун бир хил.

д) 35-220 кВ ли ЗРУ конструкциялари

Юқорида айтиб ўтилганидек, айрим шароитларда (майдон чекланганлиги, атмосферанинг ифлослиги, иқлим шароитининг оғирлиги) 35—220 кВ ли тақсимлаш қурилмалари ёпиқ қилиб қурилади. 35—220 кВ ли ЗРУ шу кучланишдаги очиқ тақсимлаш қурилмаларидан қиммат туради, чунки бинонинг-қиймати аппаратураларни очиқ ўрнатиш учун керакли металл конструкция билан пойдевор қийматига қараганда анча юқори. 35—220 кВ ли ЗРУ да фақат ҳаво ёки кам мойли виключателлар қўлланилади, чунки бақли-мойли виключателларни ўрнатиш, махсус камера билан мой йиғиш қурилмаларини қуриш ҳисобига РУ қийматининг анча ошишига олиб келар эди.

6-5- расмда икки иш шинаси ва айланиб ўтувчи шинали 110 кВ ли ё-... кўрсатилган. Бино бир қаватли, зал типда, баланд... 10,2 м. Йиғма шиналар эгилувчан симлардан тайёрланиб, изоляторларнинг маржонига (А, В фазалар) ва стерженли таянч изоляторлар (С фаза) га маҳкамланган. Изолятор, ошиновка ва ши-



6-5- расм. Зал типдаги 110 кВ ли ЗРУ. Кесим ҳаво линиясининг ячейкаси бўйича:

1 — ВНВ-110 өчкөчөтөчү; 2 — шиналарнинг биринчи системаси; 3 — шина ажраткычлар; 4 — шиналарнинг иккинчи системаси; 5 — шиналарнинг авлима системаси; 6 — авлима ажраткыч; 7 — алоқа кондеңсатори; 8 — линия ажраткычы.

нали ажраткичларга кўчма телескопик кўтаргич ёрдамида хизмат кўрсатилади. 110 кВ ли ЗРУ га ВВБ-110, ВНВ-110 виключателлари ўрнатилиши мумкин.

Мавжуд ишлаётган электроустановкалардаги 110 кВ ли ЗРУ нинг бошқача конструкцияси ҳам мавжуд, масалан, икки қаватли шиналарнинг айланиб ўтувчи системаси ташқарига чиқарилган. Бу унинг муҳим камчилиги ҳисобланади, чунки анча катта майдонни эгаллайди ва айланиб ўтувчи СШ нинг изоляцияси ифлосланганда ишлаш ишончлилигини пасайтиради.

6—10 кВ ли ГРУ сингари 35—110 кВ ли комплект РУ қўлланилса масала прогрессивроқ ҳал қилинган ҳисобланади (6-2- §, в га қаранг).

«Промэлектропроект» институти томонидан иккита иш шинаси ва айланиб ўтувчи шиналар схемаси учун 220 кВ ли ЗРУ конструкцияси ишлаб чиқилган (6-6- расм).

220 кВ ли ЗРУнинг ҳамма асбоб-ускуналари оралиғи 36 м, усунлар қадами 12 м ли бинога жойланган, бу эса ячейкалар қадамига тўғри келади. Бино қуриш учун йиғма темир-бетон деталлар билан металл элементлар қўлланилади. Бинонинг ёпма фераси тагигача бўлган баландлиги 16,2 м.

Йиғма шиналар ҳар фазада иккитадан АС-240 симлардан тайёрланган бўлиб, улар бино ёнига тарангловчи маржонларда маҳкамланади, ҳар бир фермада эса (12 м оралиғида) осма маржонлар 15ПФ-6Б ёрдамида тутиб турилади. Фазалар орасидаги масофа 3250 мм, йиғма шиналар ораси эса 4000 мм. 220 кВ ли ЗРУ да одатдаги асбоб-ускуналар — ПДН-1 юритмалри РЛНД-220/1000 ажраткичлар, ВВБ-220-12 виключателлар, ТФНД-220 ток трансформаторлари билан НКФ-220 кучланиш трансформаторлари қабул қилинган. Бинонинг битта ячейкага тўғри келадиган ҳажми 7034 м³. 220 кВ ли линияларнинг қисқичлари ҳавода туриши ёки кабелли бўлиши мумкин.

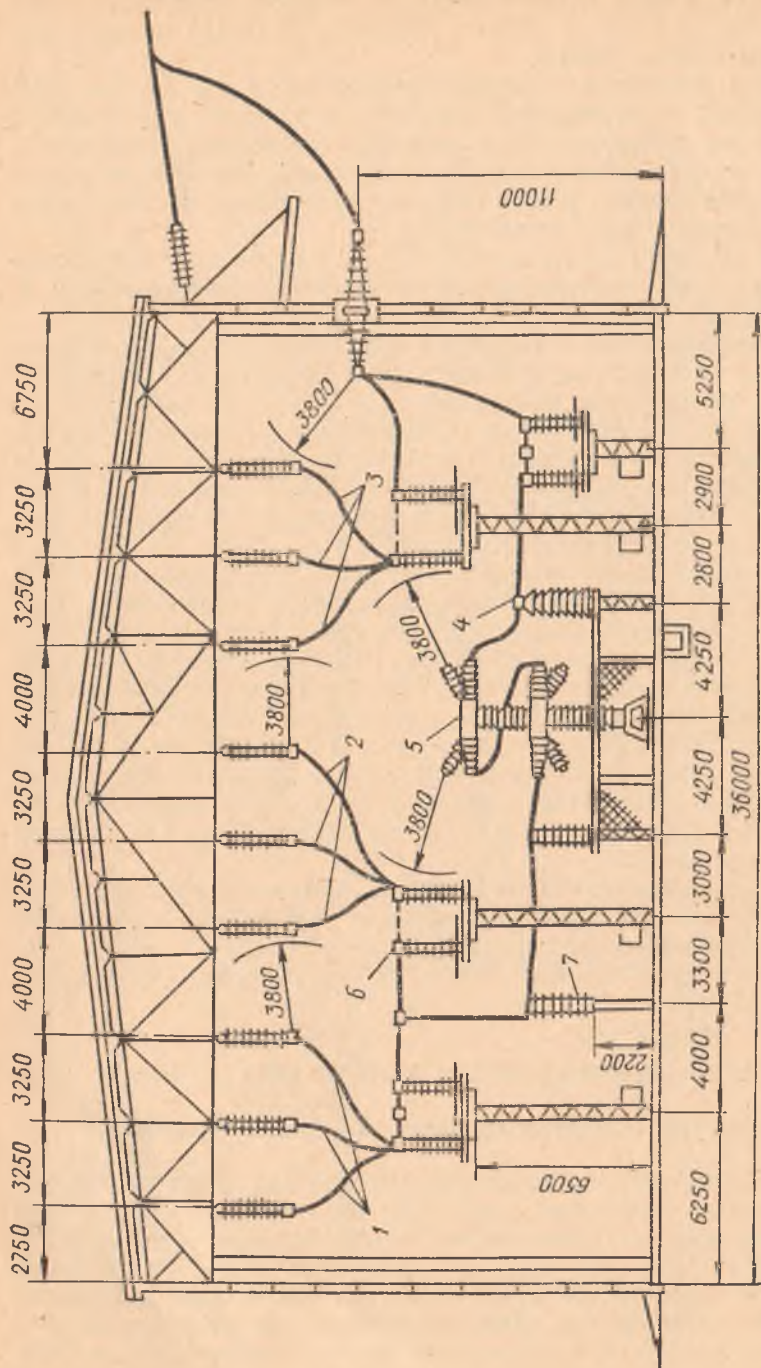
Асбоб-ускуналарнинг баланд стойкаларда жойлашиши, монтаж ва ремонт қилишда автокран, инвентарь вишка, автоюклагич ва бошқа механизмлар қўллаш имкониятини беради.

Еттига ячейкали бундай ЗРУ нинг умумий смета қиймати тахминан 960 минг сўмга тенг.

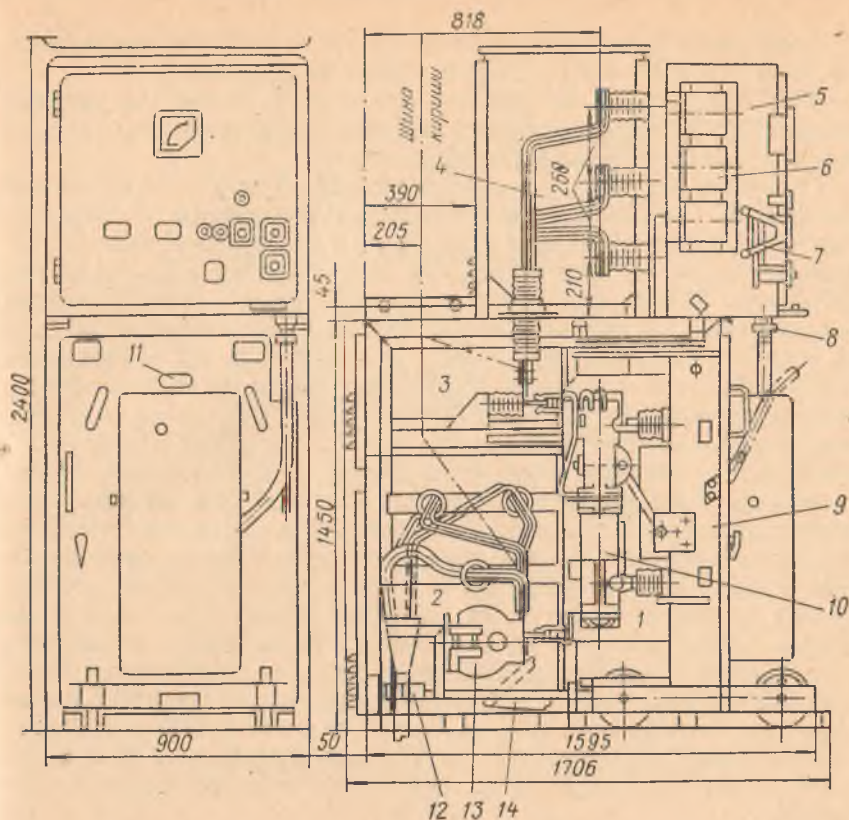
6-2. ЮҚОРИ КУЧЛАНИШ КОМПЛЕКТ ҚУРИЛМАЛАРИ

а) Ичкарига ўрнатиладиган комплект тақсимлаш қурилмаси

Комплект тақсимлаш қурилмалари (КРУ) — аппаратлар, ўлчаш ва ҳимоя приборлари ҳамда ёрдамчи қурилмалар ўрнатиладиган ёпиқ шкафлардан ташкил топган тақсимлаш қурилмасидир. КРУ заводларда тайёрланиб, бу ҳамма узелларни диққат билан йиғиш ва асбоб-ускуналарининг ишлаш ишончлилигини юқорироқ бўлишига имкон беради. Шкафлар асбоб-ускуналар тўла йиғилган ва ишлашга тайёр ҳолида монтаж жойига келтирилиб, у ерда ўрна-



6-6-расм. Иккита иш ва айланма системаларга эга шинали 220 кВ ли ЗРУ. Кесим-трансформатор ячейкаси бўйича.
 1 — шиналарнинг баричиги системаси; 2 — шиналарнинг иккинчи системаси; 3 — шиналарнинг айланма системаси;
 4 — ток трансформатори; 5 — ҳало выключатели; 6 — акрылдух; 7 — таянч изоляторли таянч шина.



6-7- расм. ВМП-10 К виқлочателли ва ПЭ-11 юритмали К-ХII сериядаги шкаф:

1 — аравача бўлинмаси; 2 — ток трансформатори ва кабель йиғмаси бўлинмаси; 3 — шина ажратувчи контакт бўлинмаси; 4 — йиғма шиналар бўлинмаси; 5 — приборлар шкафи; 6 — релели ҳимоя блоқи; 7 — счётчикларни ўрнатиш учун буриладиган рама; 8 — иккиламчи бирикмаларнинг штепселли разъми; 9 — аравача; 10 — ПЭ-11 юритмали ВМП-10К виқлочателли; 11 — ер ҳимоясининг ток трансформатори; 12 — ток трансформатори; 13 — ерга тугаштирувчи ажратгич; 14 — қўзғалмас линия контакти; 15 — қўзғалмас шина контакти.

тилади, шкафлар туташадиган жойида йиғма шиналар уланади, куч ва контрол кабеллари келтирилади. ҚРУ ларни қўллаш натижасида монтаж қилиш тезлиги анча ортади. Хизмат қилишида ҚРУ хавфсиз, чунки кучланиш остидаги ҳамма қисмлари металл гилоф (кожух) билан беркитилган.

ҚРУ даги ток ўтказувчи қисмлар орасидаги изоляция сифатида ҳаво, мой, пирален, қаттиқ изоляция, инерт газлар ишлатилиши мумкин. Мой ва газ изоляцияли ҚРУ юқори кучланишга ишлаб-чиқарилиши мумкин (дунё практикасида 220, 400 ва 500 кВ ли конструкциялар мавжуд). ҚРУ да оддий аппаратлар ёки ҚРУ учун махсус мўлжалланган аппаратлар, ёки у ва бу бир вақтда қўлланилиши мумкин. Масалан, 6—10 кВ ли ҚРУ учун оддий конструкцияли виқлочателли аппаратлар, ажраткичлар ўрнига тикма контактлар қўлланилади.

Саноатимиз ҳаво изоляцияли 3—35 кВ ли КРУ ва изоляцияси элегазли 110 кВ ли КРУ ларни ишлаб чиқармоқда.

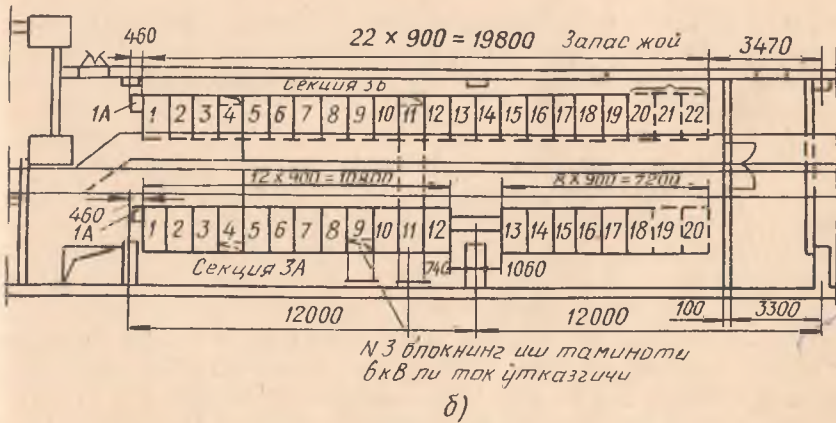
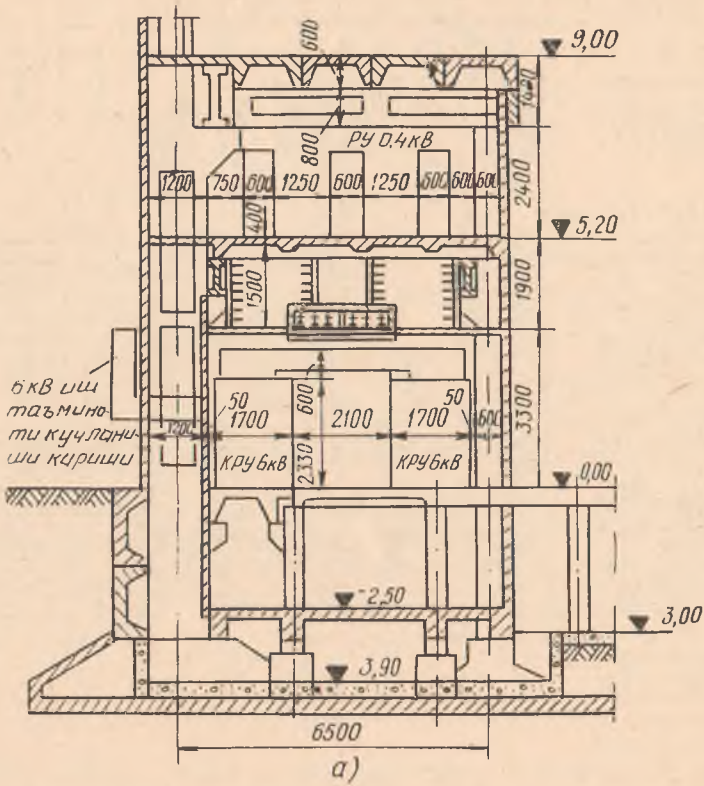
КРУ ни қўллаш натижасида лойиҳалаш ҳажми ва вақтини қисқартишга эришилади. Агар керак бўлса, электроустановкаларни реконструкциялаш ва кенгайтириш мумкин.

Пасайтирувчи подстанцияларнинг 6—10 кВ ли РУ учун, шунингдек электр станцияларнинг ўз эҳтиёжи системасидаги шиналарнинг бир системали схемаси учун турли типдаги КРУ кенг қўлланилади, бироқ К-ХІІ сериясидаги КРУ лар энг кўп тарқалган (6-7-расм). Шкаф ичига ҳамма аппаратура ўрнатилган қаттиқ металл корпусдан иборат. Хавфсиз хизмат қилиш ва аварияни бошқа жойга тарқатмаслик учун корпус металл тўсиқлар ва автоматик ёпилувчи металл пардалар билан бўлмаларга бўлинган. Юритмали виключатель гилдиловчи аравача 9 га ўрнатилган. Аравачанинг юқори ва пастки қисмида қўзғалувчан, ажровчи қўзғалувчан, ажралувчи контактлар жойлашган бўлиб, улар аравачани шкафга гилдираиб олиб кирилганда шина 15 ва линия 14 нинг қўзғалмас контактлари билан туташади. Аравача шкафдан чиқишида викключателлар узилган бўлиб, ажралувчи контактлар узилади 1а викключатель бунда йиғма шиналар билан кабель киришларидан узилган бўлади. Аравача шкаф корпуси чегарасидан тўла чиқарилган пайда ремонт қилиш учун викключатель билан унинг юритмасига қўл бориши осонлашади. Викключателни гилдирайдиган аравачага ўрнатиш натижасида шкафнинг ўлчамлари йиғма КРУ никига қараганда бирмунча кичраяди, чунки йиғма КРУ даги викключателнинг камераси аппаратларга қўл етишини ва уларни шу ерда ремонт қилиш имкониятини назарда тутиб кенгроқ қилиб тайёрланади.

Гилдирайдиган аравача уч ҳолатни олиши мумкин: и ш ҳ о л а т и (аравача шкаф корпусида туради, бирламчи ва иккиламчи занжирлар берк); с и н а л а д и г а н ҳ о л а т (аравача шкаф корпусида, бирламчи занжир очик бўлиб, иккиламчиси эса берк); р е м о н т д а г и ҳ о л а т (аравача шкаф корпусидан чиқарилган бўлиб, бирламчи ва иккиламчи занжирлар очик). Аравача иш ва синаладиган ҳолатларида, махсус мослама билан тутиб турилади. Аравачани иш ҳолатига ўтказишни осонлаштириш учун олиннадиган даста билан бошқариладиган ричагли механизм мавжуд. Аравача шкафдан чиқарилаётганда қўзғалмас контактларнинг шина ва линия бўлмалари металл парда билан автоматик равишда ёпилади. Шундай қилиб, кучланиш остидаги ток ўтказувчи қисмларга тасодифан тегишнинг олди олинади.

Гилдирайдиган аравачада, шунингдек, кучланиш трансформаторлари, разрядниклар, куч сақлагичлари, ўз эҳтиёжи ажраткичлари ва 6/0,4 кВ дан 63 кВ . А г а ч а қ у в в а т л и трансформаторлар монтаж қилинади.

Йиғма шиналарнинг бўлмаси шкафнинг корпусига ўрнатилади. Бўлманинг тепасида, йиғма шиналарни тепадан монтаж қилиш учун (ҳамма шкафлар тўла ўрнатилгандан кейин) айланма қопқоқ бор. Йиғма шиналар ўтувчи изолятор орқали шишалар ёрдамида ажра-



6-8- расм. Блокли иссиқлик станциясининг ўз эҳтиёжи тақсимлаш қурилмаси.

Шкафнинг тартиб номери	1	2	3	4	5	6	7	8
Бирламчи уланишлар схемаси		№1 га ўлчаш			№1 га ўлчаш	№3 га ўлчаш	№1 га ўлчаш	№1 га ўлчаш
6 кВ 1500 А ли ичга шиналар								
Шкафнинг вазифаси	Эжектор установа насосиб	Запас	Конденсат насоси Б	Резерв таъминотчи қурилмиш	Туқиш насосиб	Конденсат насоси Б	Дуббурон Б	Запас
КРУ серияси	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII
Шкафнинг номеклатура белгиси	101	101	102	110	101	102	101	101
Виключатель тили	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 1500	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600
Ток трансформаторларнинг тили	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р1500 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р300 ₃	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₃
Кабеллар сонни ва қўшимчи	3×95	—	3×95	—	3×95	3×95	3×150	—
Ноль кетма-кетликдаги ток трансформаторлари сонни	1	1	1	—	1	1	1	1



6-8- расм. Девони.

а — 6 кВ ли ҳамда 0,4 кВ ли РУСН лар бўйича кесим; б — 3А ва 3Б секцияларнинг 6 кВ

лувчи контакт билан боғланган. К-ХII серияли КРУ лар битта ячейкада шинали киришни амалга ошириш имкониятини беради, ваҳоланки КРУ-10 сериясидагилар иккита қўшни ячейкада амалга ошириларди.

Прибор шкафи 5 металл конструкциядан иборат бўлиб, унинг олд томонига эшигига ўлчаш приборлари, счётчиклар, бошқариш калити ва сигнализация аппаратураси жойлаштирилади. Кетинги деворига иккиламчи уланиш шиналари учун (40 тагача) қути ўрнатилган. Айланма типига реле аппаратурасининг шкафи ичига блок ўрнатилган бўлиб, унга 22 тагача приборлар сиғади. Аравача билан реле шкафи иккиламчи уланишининг занжирлари, кўп контактли штепселли розетка билан эгилувчан шланг ёрдамида уланади. Бундай уланиш, керак бўлган ҳолларда, бир аравачани иккинчиси билан тез алмаштириш имкониятини беради.

К-ХII серияли шкафларда схеманинг сеткасига мувофиқ турли аппаратларни жойлаштириш мумкин бўлиб, улар тегишли каталогларда келтирилади. Шкаф корпуси бўлмаларни табиий шамоллатиш учун жалюзаларга эга. Шкафлар хоналарга ўрнатилиб, бир томондан хизмат қилинади. Шу сериядаги шкафларда аравачанинг

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш		№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш	№1 га ўхшаш		№1 га ўхшаш
Газларни рециркуля циядан ўзатиш	Циркуляц ия газ масоаси	Иш таъ минати кириши	Буслерга ёминот насоси Б	Пичлаш вен тилятори Итезлик	Итезлик	Блок трансф матори	Целлюлоз а ўтқини учун насос	Буслер таъмин насоси В	Кучланиш трансфор матори	Запас
К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII	К-ХII
101	101	111	101	101	101	101	101	101	201	101
ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 1500	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	ВМПЭ-10 600	—	ВМПЭ-10 600
ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р1500 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р300 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р300 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅	НТММ-6	ТВЛМ-10 0,5/р200 ₅
3×95	3×95	—	3×95	3×120	3×95	3×95	3×95	3×95	—	—
1	1	—	1	1	1	1	1	1	—	1

ли РУСН плани; в — ЗБ секциясининг 6 кВ ли РУСН тўлдириш схемаси.

иш ҳолатига ёлдираб киришига, виключатель уланганда иш ҳолатидан чиқиб кетмаслигига, шунингдек ерга туташтирувчи ажраткич уланганда аравачининг ёлдираб шкафта киришига ёки аравачининг иш ҳолатида унинг уланишига йўл қўймайдиган блокировка мавжуд.

Электр уланишлар схемаси ва уланишлар сонига қараб шкаф типи танланади ва улардан КРУ тўлиқ йиғилади.

ВЭМ-6 типидagi электромагнит виключателларга эга бўлган КРУ лар кенг тарқалмоқда. Ҳозир номинал токи 3200 А гача, зарбий токи 125 кА гача бўлган занжирлар учун КРУ ўзлаштирилган. ВЭМ-6 виключатели конструкциясининг хусусияти сабабли КРУ нинг ўтга ва портлашга хавфсизлиги таъминланади, унга хизмат қилиш осонлашади, эксплуатация пайтида ёрдамчи материаллар сарфи камаяди.

Совет Иттифоқида ишлаб чиқариладиган КРУ ларнинг янги серияларидаги ток ўтказувчи қисмлар тўла изоляцияланиб, бу фақат КРУ ишончилигини орттирибгина қолмай, балки унинг габаритини ҳам камайтиради. ВЭМ-6 виключателли КРУ фақат электр станцияларда кенг қўлланилибгина қолмай, балки саноат корхо-

наларида, шунингдек ёнги хавфи юқори шароитларда ишлатиш учун ҳам қўлланилади. Янги КРУ лар учун ярим ўтказгичли элементлар асосида янада ишончлироқ ҳимоя, автоматика ва бошқариш қурилмалари қўлланилади. Уланиш частотаси катта установка лар учун ВНВП-10/320 вакуумли виключатели бор КРУ қўлланилмоқда.

6-1- мисол. 5-20-расмда бош схемаси, 5-32-расмда эса ўз эҳтиёжини таъминлаш схемаси келтирилган иссиқлик электр станциясининг бир блоки учун 6 кВ ли РУСН конструкцияси танланган.

Ечиш. Газ-мазутда ишлайдиган 300 МВт блокли ГРЭС нинг типавий лойиҳасидан фойдаланиб, типавий ечим танлаймиз: РУСН турбина бўлими олд девори олдида асосий корпусда жойлашган (6-8-расм, а). КРУ ячейкалари икки қаторли жойлашган 6 кВ ли РУСН ноль отметкада туради. Шу хонанинг шипи тагидан ўз эҳтиёжи секцияларининг резерв таъминлаш магистрали ўтказилган. Панеллари уч қатор жойлашган 0,4 кВ ли РУСН 5,2 м отметкада туради. Ўз эҳтиёжининг ЗБ ва ЗБ секциялари учун 6 кВ ли РУСН плани билан ЗБ секциясининг тўлдириш схемаси 6-8-расм, б ва в ларда келтирилган. Ҳамма занжирлар учун КРУ нинг К-ХII серияси қабул қилиниб, шкафининг номенклатура белгиси каталог асосида танланган. Оператив занжирларнинг шиначалари секцияларнинг четдаги махсус шкаф IА ларга киритилади. Кабель линиялари кесими нарузкага қараб олинади. Тўлдириш схемасидан кўринадики, ЗБ секцияси учун К-ХII серияли КРУ нинг № 101 шкафларидан 14 дона, № 102 дан 2 дона, № 110 дан 1 дона, 111 дан 1 дона, № 201 дан 1 дона керак.

б) Ташқарига ўрнатиладиган комплект тақсимлаш қурилмалари

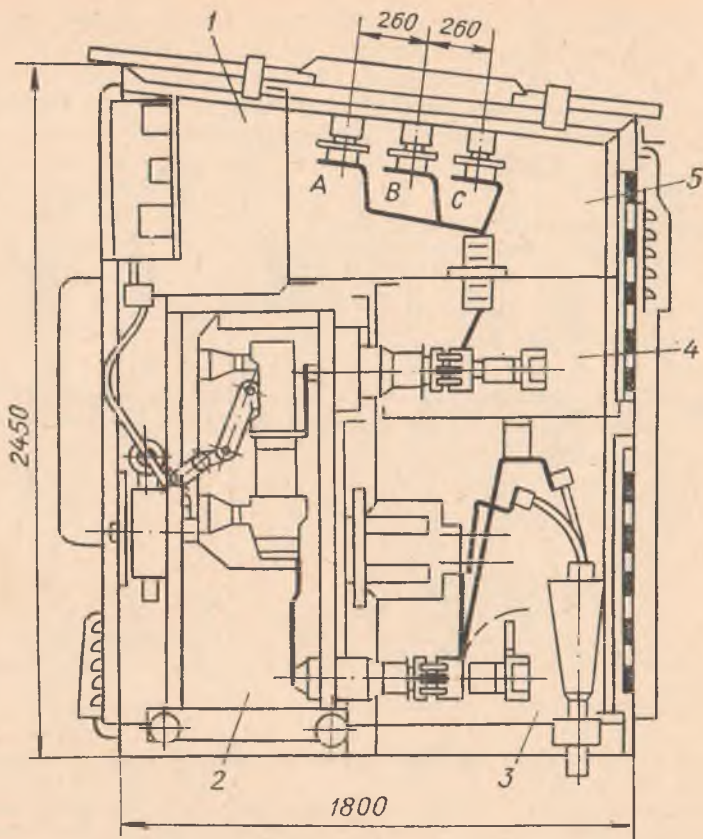
Ташқарига ўрнатиладиган комплект тақсимлаш қурилмалари (КРУН) хоналардан ташқарида, очиққа ўрнатиш учун мўлжалланган. КРУН металл шкафлардан иборат бўлиб, ичига аппаратлар, приборлар, ҳимоялаш ва бошқариш қурилмалари ўрнатишган.

КРУН шкафлари ифлосланиш ва атмосфера ёнгларида ҳимоя қилувчи тиғизлагичга эга. Шкафлар абсолют герметик бўлмаганлиги учун, ҳаво намлиги 80% дан юқори, портлаш ва ёнги чиқиш хавфи бор, шунингдек химиявий актив газлар ва ток ўтказувчи чангли муҳитларда ишлашга мўлжалланмаган. КРУН атроф ҳавонинг температураси — 40 дан то +35° С гача ишлаш учун мўлжалланган. КРУН нинг айрим серияларида ташқи ҳаво температураси кескин ўзгарганда намнинг конденсацияланишига тўсқинлик қилувчи шароит ҳосил қилиш учун шкаф ичидаги ҳаво сунъий равишда иситиб турилади.

КРУН шкафга жойлашган қўзғалмас виключателга ёки ичкарига ўрнатиладиган КРУ га ўхшаш виключателли филдирайдиган аравачага эга бўлиши мумкин. Филдирайдиганининг афзаллиги юқорида айтиб ўтилган.

КРУН нинг шкафлари комплект трансформаторли подстанцияларда ва электр станция билан подстанцияларнинг очиқ РУ ларида кенг қўлланилади. КРУ га ўхшаш улар ҳам бир система шинали схема учун ишлаб чиқилган.

К-VI-V серияли шкаф (6.9-расм) металл деворлар ҳамда автоматик ёпилувчи металл пардалар билан бўлмаларга бўлинган.

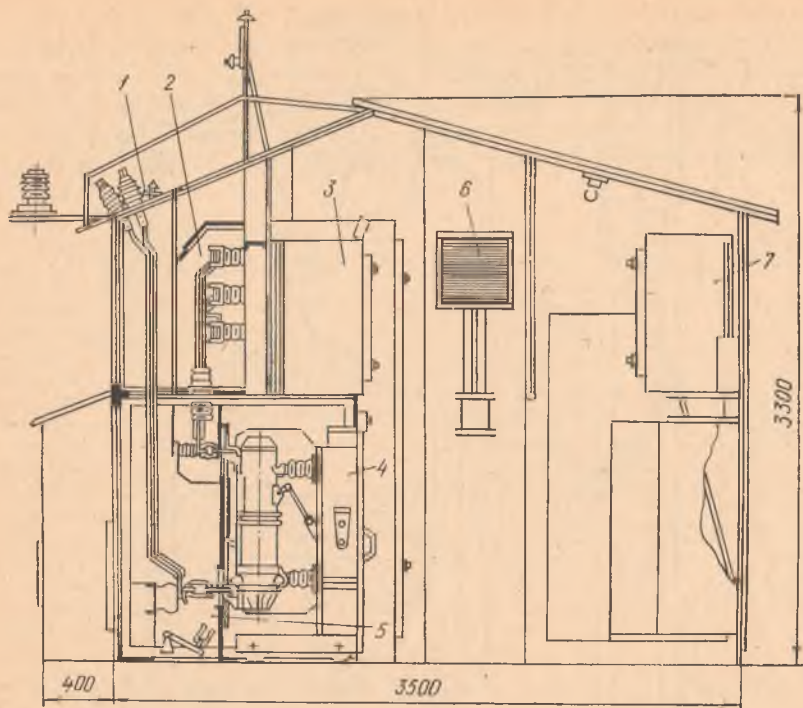


6-9- расм. К-VI-V сериядаги ҚРУН шкафи:

1 — иккиламчи коммутация бўлими; 2 — ВМП-10Қ виключатели билан пружина юритма-
гавача; 3 — пастки ажровчи контактлар; ток трансформаторлари, кабель киргичнинг
булимаси; 4 — юқориги ажровчи контакт булимаси; 5 — йиғма шиналар бўлимаси.

ВМП-10Қ виключателли аравача ичкарига ўрнатиловчи ҚРУ га мўлжалланган конструкцияга ўхшаш бўлади. Виключателнинг юритмаси оператив ўзгарувчан токда (ПП-67) ҳамда тўғриланган ўзгармас токда (ПЭ-11) ишлаши мумкин. Шкафларнинг киришлари ва тарқалувчи линиялари кабель ёки ҳаво ввудига эга бўлиши мумкин. Шкафларда кетувчи линиялар линия томонида ерга туташтирувчи пичоқларга, кучланиш трансформаторларининг шкафларида эса шиналар томонида ерга туташтирувчи ажраткичларга эга бўлиши мумкин. 1000 А дан катта токли секциялаш ва ввуд учун 1400 А ли токка мўлжалланган ВМП-10Қ виключателли К-IX сериясидаги шкафлар қўлланилиб, уларнинг габарити К-VI-V ники кабидир.

Шу сериядаги шкафлар баландлиги 30—40 см, эни 4,2—4,5 м бўлган қаттиқ қопламали махсус тайёрланган майдонга ўрнати-
ганлиги учун ремонт ишларини бажариш вақтида аравачани шкаф-
дан ғилдиратиб чиқариш имкониятига эга. Бироқ ремонт очиқ



6.10- расм. К-37 сериядаги ташқарига ўрнатиладиган ҚРУ. Чиқувчи линиялар ячейкаси бўйича кесим:

1 — ҳаво қирғич бўлинимаси; 2 — йиғма шиналар бўлинимаси; 3 — реле шкафи; 4 — виқлючателли арава; 5 — ажратувчи контактлар, ерга туташтирувчи ажратич ва ток трансформаторлари бўлинимаси; 6 — вентилятор; 7 — иккиламчи занжирлар шкафи.

ҳавода қилинганлиги учун қиш пайтида ва ёғингарчилик вақтида ишлаш анча қийинчилик туғдиради. К-37 серияли ҚРУН хизмат қилиш учун яхши шароитга эга (6.10- расм). Бу серияга асос қилиб ичкарига ўрнатиладиган К-ХII серияли ҚРУ нинг шкафи олинган. Таъминлаш вводлари ва тарқалувчи линиялар шкафлари, секциялаш, кучланиш трансформаторлари ва разрядниклари, сақлагичларнинг шкафлари фидирайдиган аравачали қилиб ишлаб чиқарилади. Ўз эҳтиёжи, юқори частотали алоқа ва берк шина вводи нинг шкафлари фидирайдиган аравачасиз ишлаб чиқарилади.

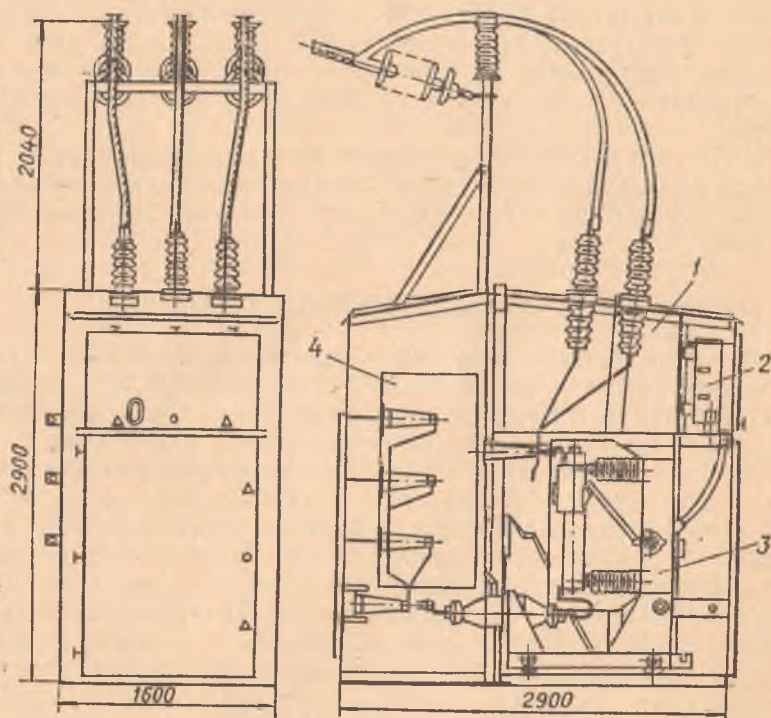
К-37- серияли ҚРУН да хизмат кўрсатиш ёпиқ коридори ҚРУ нинг фасад томонидаги йулакнинг олд девори, ташқарига очиладиган эшикли ёндаги деворлари ва том орқали ҳосил бўлади. Бу қисмлар айрим элементлар кўринишда келтирилади ва монтаж жойида йиғилади.

Ўз эҳтиёжининг асбоб-ускунаси ва аппаратураси иккита шкафда: фидирайдиган қисмига сақлагичлар ўрнатилган оддий шкафда ва ўз эҳтиёжининг бешта бўлимидан иборат бўлган, эни 1350 мм ли шкафга ўрнатилади.

Юқори частотали алоқа шкзфи ҳам ғилдирайидиган қисмга эга эмас—бу ичига аккумуляторлар батареяси ва юқори частотали алоқа аппаратураси жойлашган, ичи иситиладиган иссиқ шкафдан иборат.

Вводларни комплектлаш ва К-37 серияли шкафлардан (ток 1600 А дан юқори бўлганда) тайёрланган РУ ни секциялаш учун 3000 А ли токка мўлжалланган ВМП-10Э-3000 виключателли К-33 серияли шкафлар қўлланилади.

Қ. т. токининг катталиги чегараланган, қуввати катта бўлмаган 6—10 кВ линияли подстанциялар учун ВММ-10 Д виключателли К-34 серияли кичик ўлчамли КРУН қўлланилиши мумкин. Бу сериядаги КРУН бир қаторли қилиб ўрнатилганда хизмат кўрсатиш учун ёпиқ коридори бўлмайди. Шкафлар умумий рамада йиғилган (ўнтагача шкаф) ҳолда заводдан келтирилади. Ғилдирайидиган аравачага виключатель билан биргаликда ток трансформатори ҳамда иккиламчи занжир аппаратурасининг ўрнатилиши бу сериянинг характери хусусиятидир. Бу сериядаги ўз эҳтиёжининг трансформатори ўз эҳтиёжи шкафининг томига жойлаштирилиб, релели ҳимоянинг ҳамма аппаратураси разрядниклар шкафида монтаж қилинган.



6-11- расм. 35 кВ кучланишли К-ХІV сериядаги КРУН шкафи:

1 — линияли чиққич билан линияли ажратувчи контактлар бўлинмаси; 2 — релели ҳимоя ва приборлар шкафи; 3 — ВМП-35 В виключателли аравача; 4 — йиғма шиналар ва шина ажратувчи контактлар бўлинмаси.

К-38 серияли ҚРУН К-34 серияли ҚРУН дан шкафларининг икки қатор ўрнатилиши, шкафларнинг томи эса кенглиги 2000 мм ли умумий йўлак ҳосил қилиши билан фарқланади.

К-ХІV сериясидаги ташқи комплект тақсимлаш қурилмаси 35 кВ ли кучланишга ҳисобланиб, энергосистемаларнинг подстанцияларига ва комплект трансформатор подстанцияларига мўлжалланган. Ввод шкафи (6.11-расм) бир неча бўлмага бўлинган. Ток трансформаторлари билан виключатель гилдировчи аравачага ўрнатилади. Ажраткичлар вазифасини ҳаракатланувчи қисми аравачада, қўзғалмас қисми эса шкафда жойлашган линия ва шина ажратувчи контактлар бажаради. Аравачани шкафдан чиқариш учун ишни осонлаштирувчи махсус ричаг мавжуд. Виключатель уланган бўлса, аравачани шкафга киргизиш ёки иш ҳолатидан ташқарига чиқариб бўлмайди, чунки шкафда блокировка мавжуд. Линия ва қўзғалувчан қисмининг бўлимида ремонт ишлари бажарилаётганда виключательнинг аравачаси билан блокировкаланган ерга туташтирувчи ажраткич уланади.

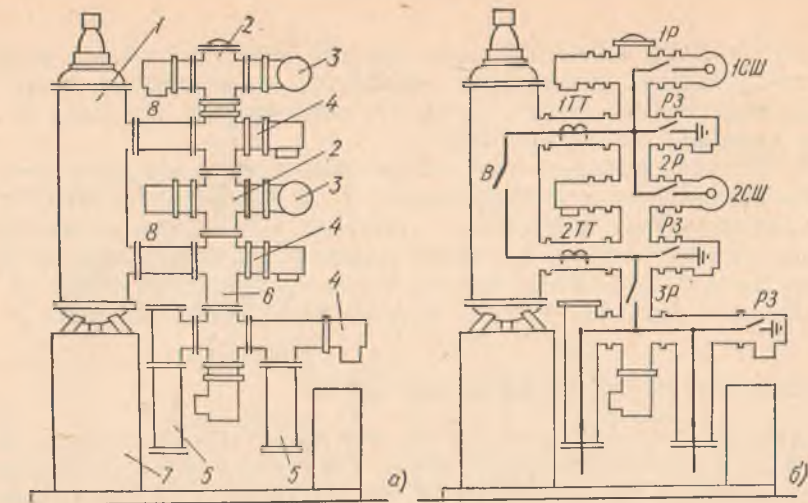
Ийғма шиналар кучланиш трансформаторларининг шкафида ўрнатилган ажраткич билан ерга туташтирилади. Приборлар билан релели ҳимоя шкафи К-ХІІ серияли ҚРУ даги сингари тузилган.

Корпус қопқоғида кронштейнлар ўрнатилиб, уларга ҳаво вводларининг тарангловчи маржонлари маҳкамланади. Кронштейнлар симларнинг оғирлиги таъсирида ҳосил бўладиган кучни қабул қилади.

К-ХVІ серияли ҚРУда аппаратуранинг нормал ишини таъминлаш мақсадида шкаф ичидаги температурани ошириш учун аравачада, корпусда ҳамда реле бўлимида электр қиздиргичлар ўрнатилган.

Элегаз изоляцияли комплект тақсимлаш қурилмалари

110 кВ ва ундан юқори кучланишли комплект тақсимлаш қурилмалари элегаз изоляцияли махсус аппаратлар қўллаш йўли билан яратилмоқда. Юқорида айтиб ўтилгандек, элегазнинг ёй сўндириш ва электроизоляция хоссалари юқори заҳарли эмас, ёнмайди, портлаш хавфини туғдирадиган аралашма ҳосил қилмайди. Элегаз изоляцияли виключателлар ажраткичлар, ток трансформаторлари худди шундай мой ва чинни изоляцияли аппаратларга нисбатан анча кичик габаритга эга бўлади. В. И. Ленин номидаги Бутуниттифоқ энергетика институтида ишлаб чиқилган ҚРУЭ 110 нинг тажриба намуналарида элегаз изоляцияли аппаратлардан фойдаланилади, уланишларнинг ҳаммаси эса тегишли корпусларга жойлашган стерженли шиналардан ясалиб, улар элегаз ёрдамида корпусдан изоляцияланади ва юқори кучланишни изоляцияловчи вводлар эпоксидли компаунд билан изоляцияланади [6—4] (Ҳар бир ячейка учта бир хил қутбдан иборат, яъни аппаратлар ва ийғма шиналарнинг ҳаммаси бир фазали қилиб тайёрланган.



6.12- расм. Элегазли комплект тақсимлаш қурилмаси (КРУЭ 110 кВ) ячейкаси:
 а — битта қутбнинг умумий кўриниши; б—қутбдаги элементларнинг электр уланиш схемаси.

КРУЭ 110 кВ кучланишга, 1250 А номинал токка, 31,5 кА термик турғунлик токига, 80 кА электродинамик турғунлик токига, вижключателнинг 31,5 кА номинал узиш токига ҳисобланган.

6.12- расмда КРУЭ-110 нинг трансформатор ячейкасининг бир қутби билан иккита кабель вводи 5 схематик равишда кўрсатилган. Ҳар қайси қутб пневматик юритма 7 ли вижключатель 1 (В) га, йиғма шиналар 3 нинг элементлари (1СШ ва 2СШ) га, шиналар, 2 (1П ва 2П) ва линиялар (трансформаторлар) 6 (3П) ажратгичларига, ток трансформаторлари 8 га ҳамда ерга туташтиргичлар 4 (РЗ) га эга. Қутбнинг электр уланишларининг схемаси (6.12- расм, б) шиналарнинг икки системали схемасига ҳисобланган.

Қутб конструкцияси қўшни ячейкаларнинг қутбларини ишдан тўхтатмай, ячейканинг исталган элементини алмаштириш имкониятини беради. Қутбнинг айрим элементлари блок қилиб бирлаштирилган. Масалан, трансформаторнинг ячейкасида бешта блок бор: юқориги ва пастки йиғма шиналарнинг блоклари, юқориги ва пастки ток трансформаторларининг блоклари, вводлар билан вижключатель юритмасининг блоки.

Блокларнинг элементлари фланецлар ёрдамида бириктирилган. Элементлар тикма розеткали контактлар орқали электр уланади.

Элементларнинг ҳамма ички бўшлиғи босим остидаги элегаз билан тўлдирилган: бу босим вижключателларда 0,35 МПа, йиғма шиналар билан бошқа элементларда 0,25 МПа ни ташкил этади.

Улар маҳкамланадиган рамалар ва ячейкалар элементларининг корпуслари ерга туташтирилган.

КРУЭ хона ичига ўрнатиш учун мўлжалланган. Шунингдек, 220 кВ га мўлжалланган КРУЭ конструкцияси ишлаб чиқилган.

ҚРУЭ-110 ва ҚРУЭ-220 ларни қўллаш 220/110/10 кВ ли ёпиқ подстанцияларни нағрузкалар марказида, ривожланган саноат шаҳарининг чеккасида унча катта бўлмаган ер участкаларида қуриш имкониятини беради [6-5].

ҚРУЭ ли подстанцияни қуриш қурилиш-монтаж ишларида анча тежам беради, металл конструкциялар 7—8 марта кам сарфланади, РУ дан чиқадиган шовқинни пасайтиради. ҚРУЭ эксплуатацияда юқори ишончлиликка эга, ремонт қилиш даврининг оралиғи анча катта, электр майдоннинг одамга биологик таъсирини йўқотади.

Элегаз изоляцияли ҚРУ ни қўллаш катта истиқболга эга.

г) Комплект трансформатор подстанциялари

Комплект трансформатор подстанциялари (КТП) заводларда тайёрланиб, монтаж жойларига йирик блокли узеллар кўринишида келтирилади. КТП ни кенг жорий қилиш натижасида подстанция монтажини индустриалаш ва тезлаштириш имконияти туғилди, хизмат қилишда максимал хавфсизлик яратилди, подстанция ўлчамлари кичрайди.

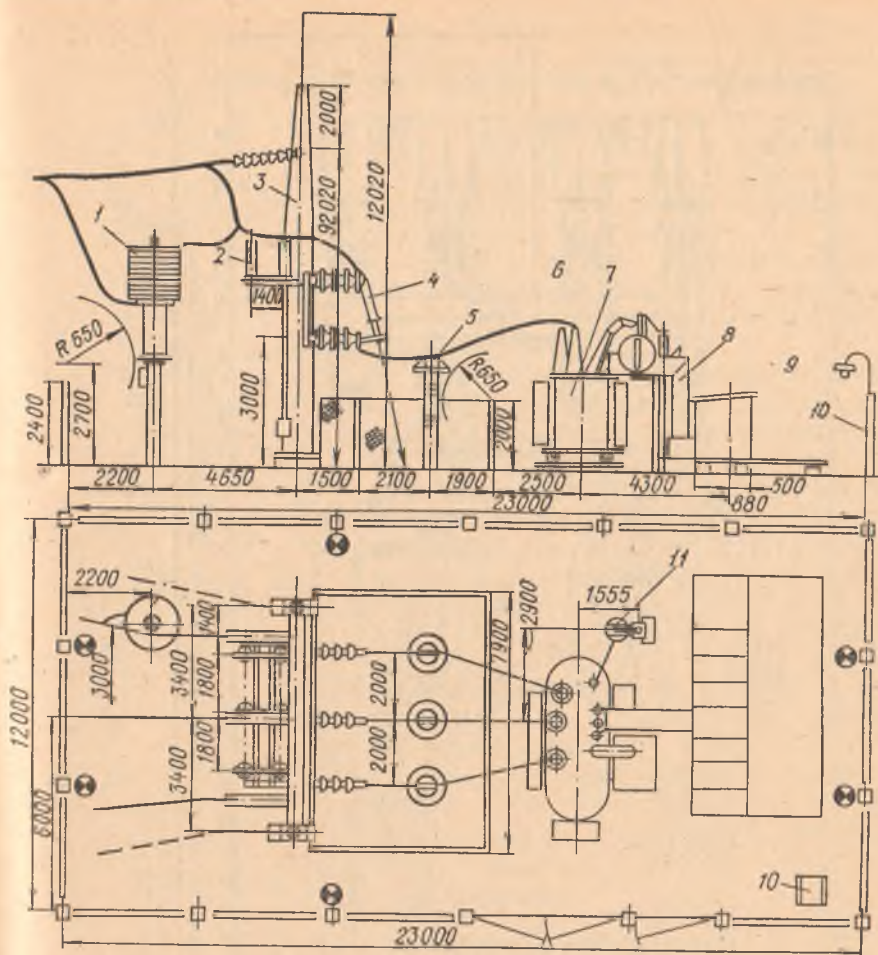
Ички ва ташқи 6—10/0,4—0,23 кВ ли комплект трансформатор подстанциялари саноат корхоналари, қишлоқ хўжалик ва коммунал истеъмолчиларини электр билан таъминлаш учун кенг қўлланилади. Бундай КТП ёнмайдиган тўлдиргичли ТНЗ типидagi куч трансформаторлари, азот ёстиқли герметик тайёрланган ТМЗ типидagi трансформатор ёки 30—1000 кВ . А қувватли ТМ, ТСМА оддий мой трансформаторлари билан комплектланади. Юқори кучланишли шкаф 6—10 кВ ли берк кабелли вводга ёки сақлагичли нағрузка виключатели ёхуд ажратгич ва сақлагичга эга. Паст кучланишли шкафларда суриладиган автоматик виключателлар, сақлагич виключатель блоклари, сақлагичли магнитли юргизгичлар ўрнатилади.

Бу КТП ларнинг конструкциялари бу ерда кўриб чиқилмайди, чунки улар асосан саноат корхоналарини электр билан таъминлашда қўлланилади.

Энергосистемаларнинг подстанцияларида схемалари 5- бобда (5.11, б; 5.26, 5.27- расмлар) келтирилган 35 ва 110 кВ ли юқори кучланишли ташқи КТП лар қўлланилади.

КТП нинг юқори кучланишли томонида ПСН типидagi куч сақлагичлари ёки қисқа туташтиргичлар ва узгичлар ўрнатилиши мумкин. Икки трансформаторли КТП да узгичли ёки виключателлар (35 кВ ли КТП учун) кўприкча схемаси бўлиши мумкин 6—10 кВ ли томонда ҚРУН қўлланилади.

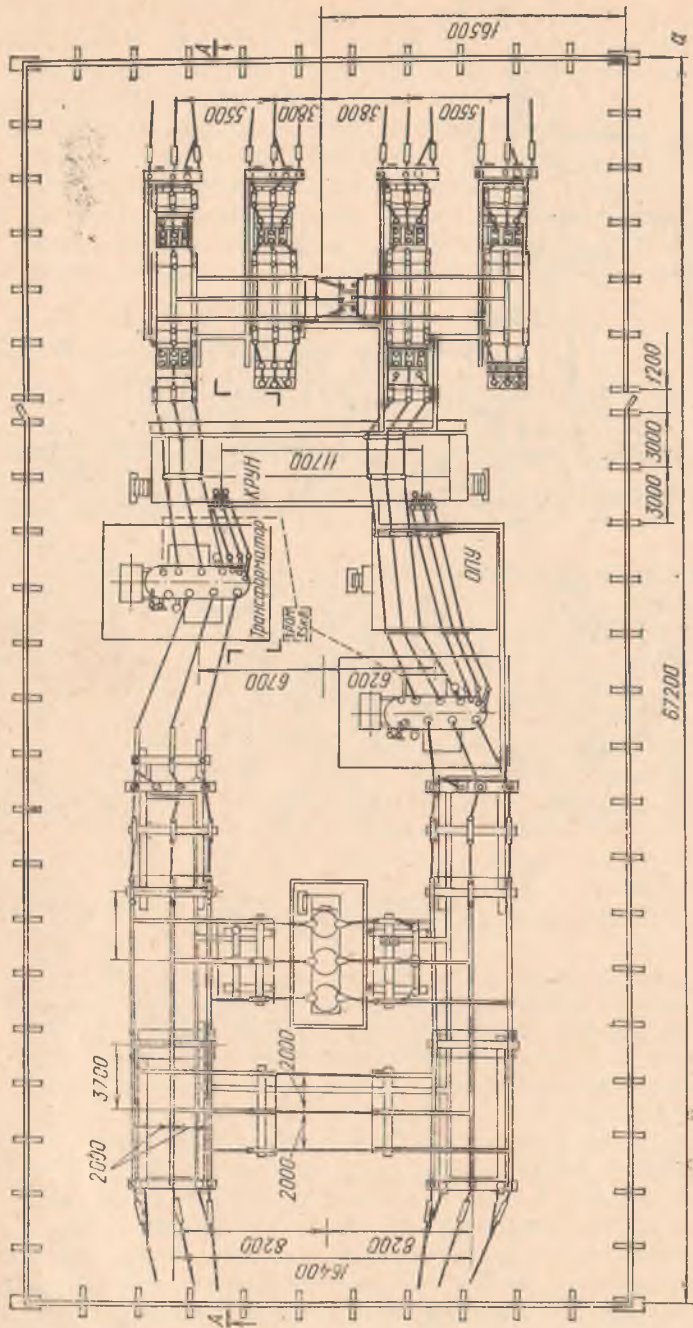
ПСН сақлагичли КТП лар (қишлоқ хўжалигини электрлаштириш учун) кенг қўлланилмоқда (6.13- расм). 110 кВ ли ОРУ билан 6—10 кВ ли ҚРУН ларнинг ҳамма узеллари заводда ишлаб чиқарилади, завод фақат куч трансформатори юбормайди. Отувчи сақлагич қабул қилувчи пештоқга трубканинг очиқ томонини пастга қаратиб ўрнатилади. Сақлагич тагидаги майдон тўсилган, чунки

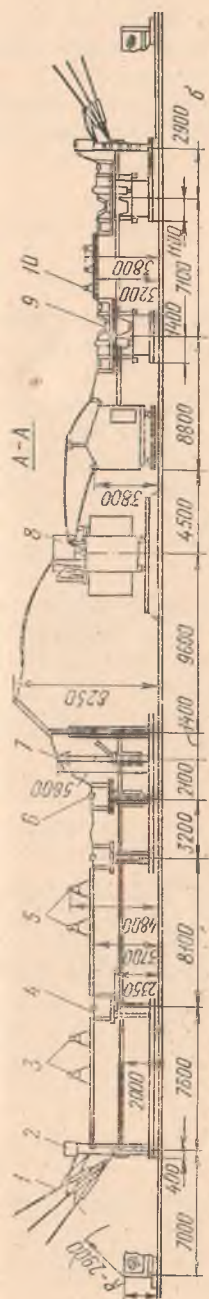


6-13- расм. Бир трансформаторли КТПС-110/2500 нинг умумий кўриниши:

1 — юқори частотали алоқа аппаратураси; 2 — ажраткич; 3 — қабул қилувчи портал; 4 — отувчи сақлагич; 5 — разрядник; 6 — 110 кВ ли ОРУ ошиновқаси; 7 — ТМН-2500/110 трансформатори; 8 — киргич ячейқасининг ток утказувчиси; 9 — КРУН ячейқаси; 10 — тўсиқ; 11 — ПОН-110 установкаси ва РС-35 ҳамда РС-15 разрядникларининг узели.

у ишга тушганда эластик боғлама, эриган металл ва аланга отилиб чиқади. Трансформаторда қ. т. бўлганда ПСН бузилган жойнинг тез узилишини таъминлайди. ПСН ли КТП нинг қиймати юқори эмас, конструкторияси содда ва унга хизмат қилиш қўлай. КТП ларнинг камчиликлариға ўта нагрузкалаларға ва трансформатордаги бузилишларнинг нисбатан кичик тоқларига ПСН ларнинг етарли сезгирмаслиги, сақлагичларнинг характеристикаларининг бир хил бўлмаслиги сабабли, уларни носелектив ишлашининг мумкинлиги, шунингдек, фазаларнинг биридаги сақлагич қўймаси куйганда тўлиқсиз фаза иш режимининг ҳосил бўлиши мумкинлиги киради.





6-14- расм. 110/35/6/10/ кВ ли комплект трансформатор подстанция.

а — подстанция план; б — А — А кесми; 1 — 110 кВ ли туширичнинг тартиглаш курилмаси; 2 — уч алоқа аппаратураси; 3 — ремонт перемичкаси шиналари; 4 — ажраткичлар блоқи; 5 — виключателли перемичка шиналари; 6 — узлтичлар блоқи; 7 — қисқа туташтиргич ва разрядниклар блоқи; 8 — трансформатор; 9 — 35 кВ ли виключатель блоқи; 10 — 35 кВ ли ағма шиналари.

Бошқарилувчи сақлагичлар УПСН (4-§, в) қўллаш натижасида сақлагичли КТП ларнинг ҳимоялаш характеристикалари бир мунча яхшиланади ва қўллаш соҳаси кенгаяди (35 кВ да қуввати 6,3 МВ . А гача ва унга тенг бўлган, 110 кВ да эса 25 МВ . А қувватли трансформаторлар қўлланиши мумкин).

УПСН да юритма бўлиши куч трансформаторини релели ҳимоялаш ва тўлиқсиз фазалар режимларидан сақлаш имкониятини беради.

Ҳозир Куйбишевдаги «Электрошчит» заводида тайёрланадиган блоклардан комплект трансформатор подстанциялари (КТПБ) ишлаб чиқарилмоқда. Бу подстанциялар 2500 дан то 40000 кВ·А гача қувватли 110 кВ ли; 6300 дан то 16000 кВ·А гача қувватли 35 кВ ли икки чулғамли трансформаторлар ва 6300 дан то 40000 кВ·А гача қувватли 110/35 — 6(10) кВ ли уч чулғамли трансформаторларни ўрнатиш учун мўлжалланган. 110 кВ томонидаги электрик уланишлар схемаси турлича бўлиши мумкин: ОД ва КЗ ли трансформатор — линия блоқи, автоматик ва ноавтоматик перемичка, виключателли кўприкча, 35 ва 6 (10) кВ ли томонида яқка секцияланган шиналар системасига эга бўлган схема қабул қилинган.

6.14- расмда 110/35/6(10) кВ ли иккита уч чулғам трансформаторли КТПБ нинг плани ва қирқими кўрсатилган. 110 ва 35 кВ ли ОРУ алоҳида блоклардан тайёрланиб, уларда асбоб-ускуна, аппаратура ва ички уланишлар монтаж қилинган. 110 кВ ли перемичкада МКП-110 М виключатели ўрнатилган. ОРУ алюминий қотишмасидан тайёрланган трубалар билан шиналанган бўлиб, отпайка эса эгилувчан симлар А ва АС лар дан тайёрланган. 6(10) кВ ли томонида ҳар бир секцияга 8 та гача К-37, К-39, К-44 серияли ҚРУН шкафлари ўрнатилган. Лозим бўлса 6 (10) кВ ли реактор ўрнатиш мумкин. ОПУ биноси совуқ ўтмайдиган панеллардан йиғилади ва реле ҳимояси панелларини, алоқа ва теле-

механика қурилмасини ўрнатиш учун ҳисобланган, шунингдек оператив-чиқувчи бригада учун хонага эга.

КТП ни компановкалаш турли схемалар бўйича, у ёки бу блокларни схемаларнинг сеткасига қараб танлаш йўли билан осон амалга оширилади.

КТП тўғрисида ҳамма айтилганлардан қуйидаги хулоса келиб чиқади: 35—110 кВ ли подстанцияларнинг кўпчилиги комплектли бўлиб заводда тайёрланиши мумкин.

6-3. ОЧИҚ ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИ [(ОРУ)

а) ОРУ конструкцияларига қўйиладиган талаблар

Очиқ ҳавода жойлашган тақсимлаш қурилмаси очиқ тақсимлаш қурилмаси деб юритилади. Одатда, 35 кВ ва ундан юқори кучланишли РУ очиқ жойга қурилади.

ЗРУ лар сингари очиқ РУ ишлаш ишончилигини, қурилишга минимал ҳаражат қилинган ҳамда хизмат қилиш ҳавфсиз ва қулай бўлишини, кенгайтириш имкониятини, заводда тайёрланадиган йирик блокли узелларни максимал қўллашни таъминлаши лозим.

Ток ўтказувчи қисмлар ораси ва улардан ОРУ нинг турли элементларигача бўлган масофа ПУЭ талаби [1-12] га мувофиқ танланиши керак.

ОРУ нинг барча аппаратлари, одатда, унча баланд бўлмаган (металл ёки темир-бетон) асосда жойлашади. ОРУ нинг территорияси бўйлаб асбоб-ускуналарни монтаж ҳамда ремонт қилишни механизация ёрдамида бажариш учун йўллар қилинади. Шиналар кўп симли ўтказгичлардан эластик қилиб ёки бикр трубадан тайёрланиши мумкин. Биринчиси пештоқларга осма изоляторлар ёрдамида иккинчиси эса темир-бетон ёки металл стойкаларга таянч изоляторлар ёрдамида маҳкамланади.

Бикр шиналарни қўллаш натижасида пештоқлардан воз кечишга ва ОРУ майдонини камайтиришга эришилади.

110 кВ ва ундан юқори кучланишли куч трансформаторлари, мойли реакторлар ва бақли виключателлар тагига 25 см дан кам бўлмаган қалинликда майда тош қатлами ётқизиilib, авария ҳолатларида жала сувларини чиқариш системасига мойни оқизиб юбориш кўзда тутилади. Оператив занжирлар, реле ҳимояси, автоматика ва ҳаво йўлларининг кабеллари ОРУ конструкциясига осилган металл новлар ичига ўрнатилади ёки ерга кўмилмаган темир-бетон конструкциядан тайёрланган новлар ичига ўрнатилади.

Очиқ РУ иҳоталаб қўйилиши керак.

Очиқ РУ лар ёпиқ РУ ларга қараганда қуйидаги афзалликларга эга:

қурилиш ишларининг ҳажми кичик, чунки фақат майдон тайёрлаш, йўл қуриш, пойдеворлар қилиш ва таянчлар ўрнатишгина лозим бўлганлиги сабабли ОРУ қуриш вақти ва қиймати камаяди; кенгайтириш ва реконструкциялаш осонлашади; ҳамма аппаратларни кузатиб туриш мумкин.

Шу билан бир қаторда паст температурада ва ёнгарчиликда очиқ РУ ларга хизмат қилиш анча ноқулай, ЗРУ га нисбатан анча катта майдонни эгаллайди, ОРУ даги аппаратлар ифосланади, чанг босади ва температураси ўзгариб туради.

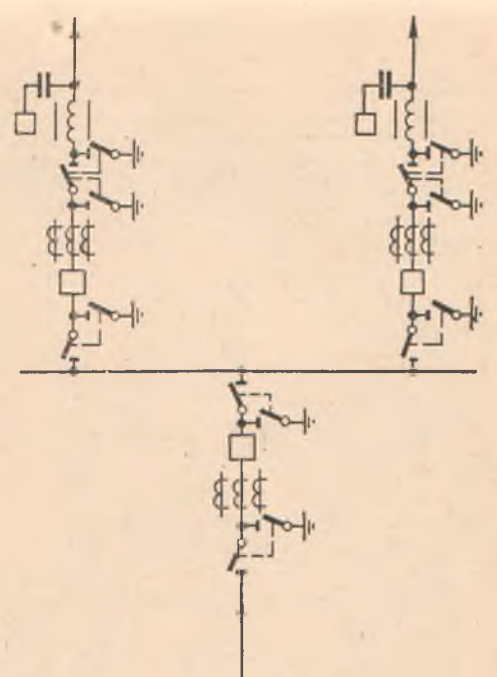
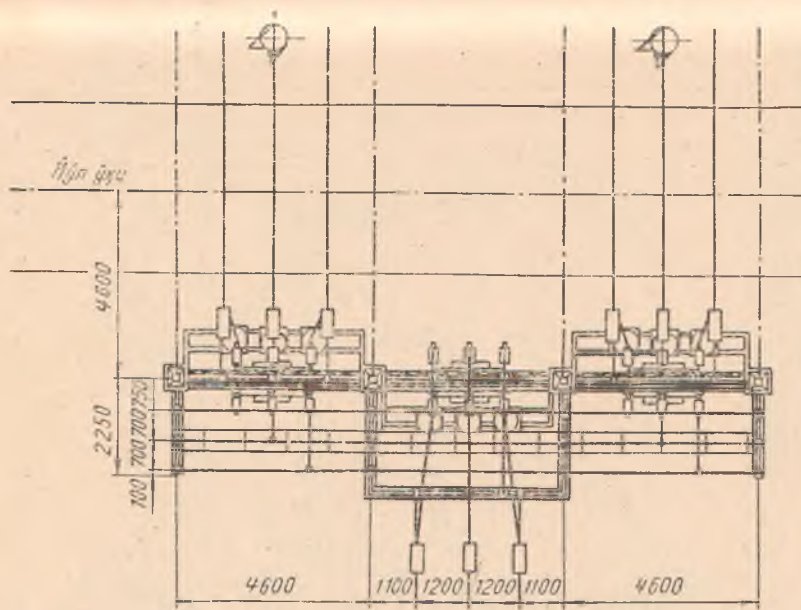
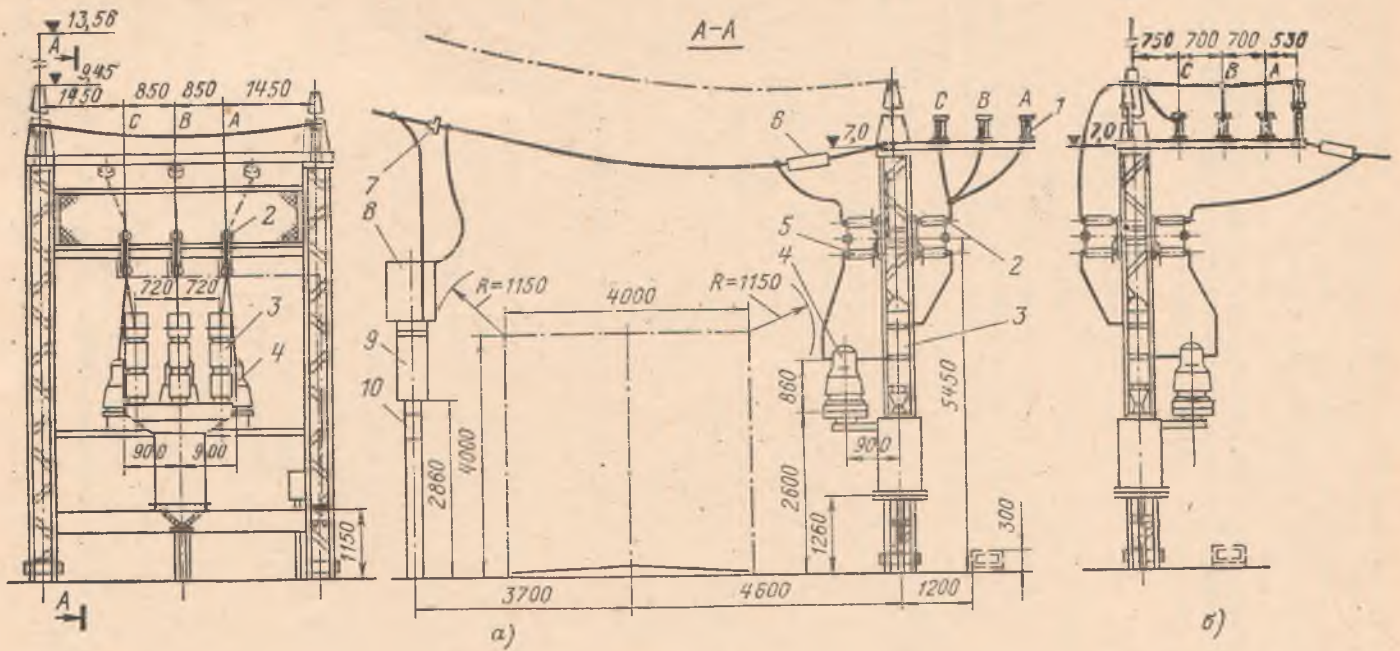
ОРУ конструкцияси турлича бўлиб, электрик уланиш схемаси, виключателлар ва ажратгичлар типига ҳамда уларнинг ўзаро жойланишига боғлиқ. Қуйида турли кучланишлардаги ОРУ ларни ишлаб чиқиш мисоллари кўриб ўтилган.

б) Йиғма шинали 35—110 кВ ли ОРУ конструкциялари

35 кВ ли ОРУ шиналар системаси битта секцияга жойлаштирилган схема бўйича бир порталли қилиб қурилади (6.15- расм). 4,6 м оралиқда жойлашган металл стойкалар швеллерлар ҳамда бурчакликлар билан бириктирилиб бикр конструкцияни ҳосил қилади, унинг остки қисмига виключателлар билан ток трансформаторлари, юқори қисмига эса ажратгичлар билан йиғма шиналар ўрнатилади. Линия ва шина ажратгичлари ўртасида, ремонт пайтида линия (ёки трансформатор) томонидан таянчга кўтарилишда хавфсизликни таъминлаш учун, турли тўсиқ қўйилади. Ажратгичларнинг юритмалари асосий металл стойкаларга ўрнатилади. Кўп пролётли портал бўйлаб контрол кабеллари учун ноб ўтади. Бундай ОРУ етарлича ихчам бўлиб, бироқ ажратгичларнинг баландга жойлашганлиги сабабли эксплуатация қилиш ноқулайроқ.

Заводда ишлаб чиқарилган блоклардан тайёрланган 35 кВ ли ОРУ яна ҳам кенг қўлланилмоқда (6.16- расм). Бундай ОРУ да асбоб-ускуналарнинг ҳаммаси заводда йиғилиб, монтаж қилиш учун тайёр блоклар (Б-1, Б-2 типлари) кўринишида келтирилади. Блокларни улайдиган йиғма шиналар эластик ёки бикр бўлиши мумкин. Блоклардаги ажратгичлар унча баланд бўлмаган баландликда жойлашгани учун уларни ремонт қилиш осонроқ бўлади. Блокларга хизмат қилишда хавфсизликни таъминлаш учун улар турли тўсиқга эга. Блок Б-1 металл конструкциядан иборат бўлиб, унга С-35-630 виключатели, шина ва линия ажратгичлари РЛНД-35 монтаж қилинган. Виключателнинг юритмаси ўша металл конструкцияга маҳкамланган шкафага ўрнатишган. Виключатель ажратгичлар нотўғри операцияларнинг олдини олиш учун ўзаро блокировкаланган. Релели ҳимоя, автоматика, ўлчаш ва сигнализация аппаратлари юритма шкафи ёнидаги реле шкафига жойлашади. Б-2 блоки ҳам металл конструкциядан иборат бўлиб, унга кучланиш трансформаторлари ЗНОМ-35, сақлагичлар ПКТН-35, вентилли разрядниклар РВС-35 ва иккита ерга туташтирувчи пичоқли ажратгичлар РЛНД-2-35 монтаж қилинган. Конструкцияда релели ташқи шкаф маҳкамланади. Блок чегарасидаги (ичидаги) асбоб-ускуналарнинг ҳаммасини ростлаш ва созлаш ишлари заводда бажарилганлиги учун подстанцияни монтаж қилиш ва ишга тушириш анча энгиллашади.

Иккита иш шинали ва айланиб ўтувчи системали шинали кенг



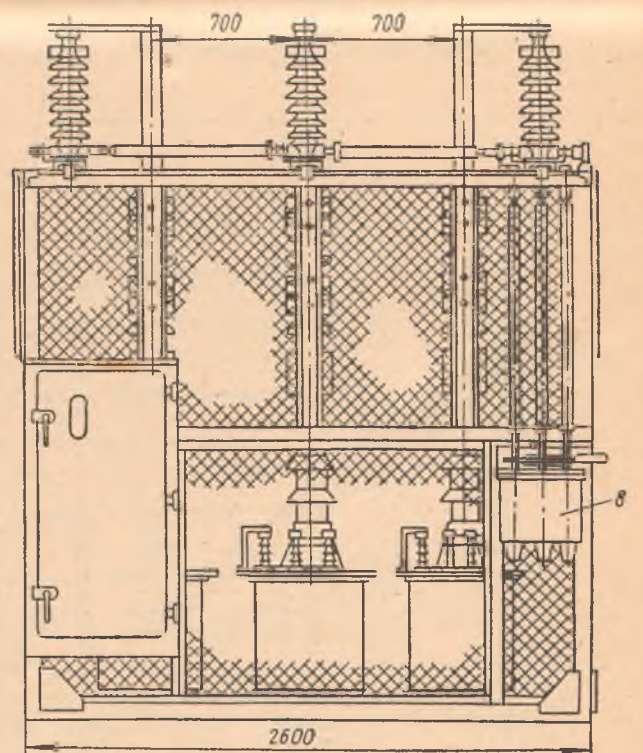
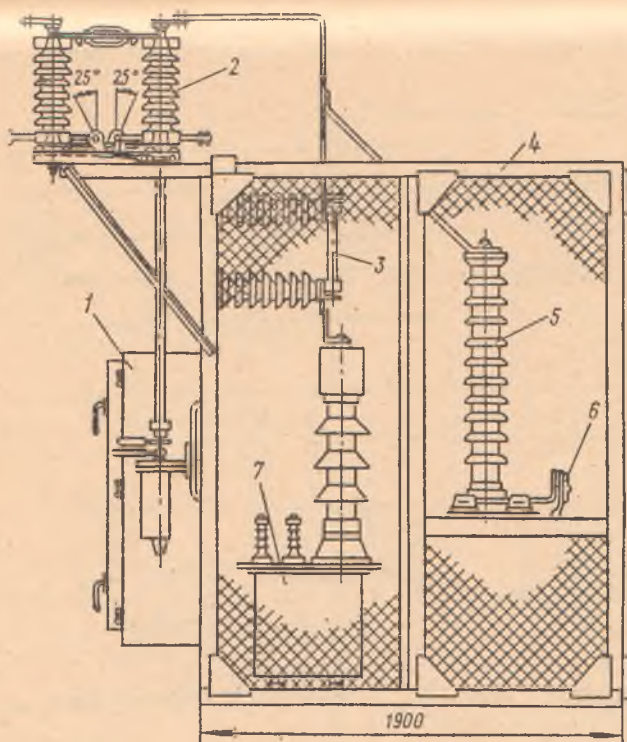
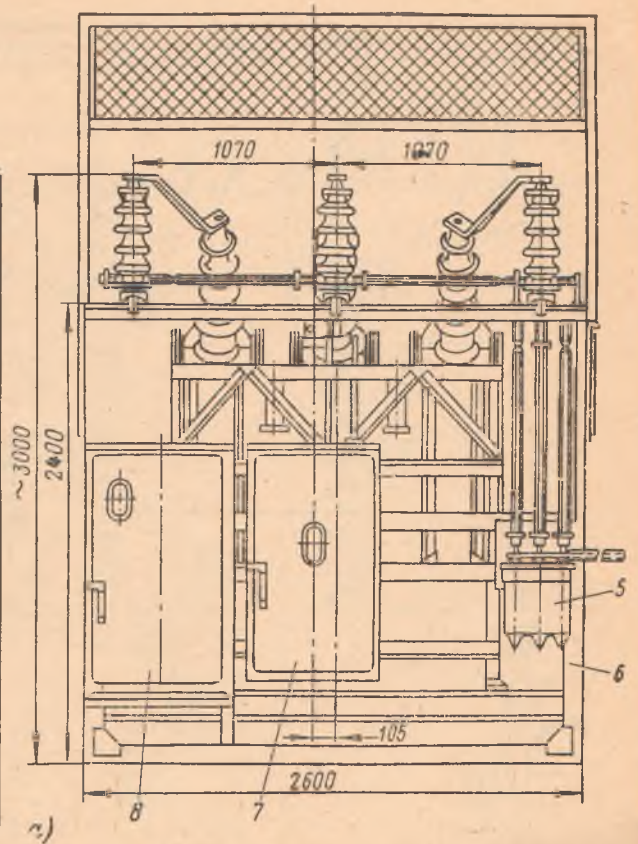
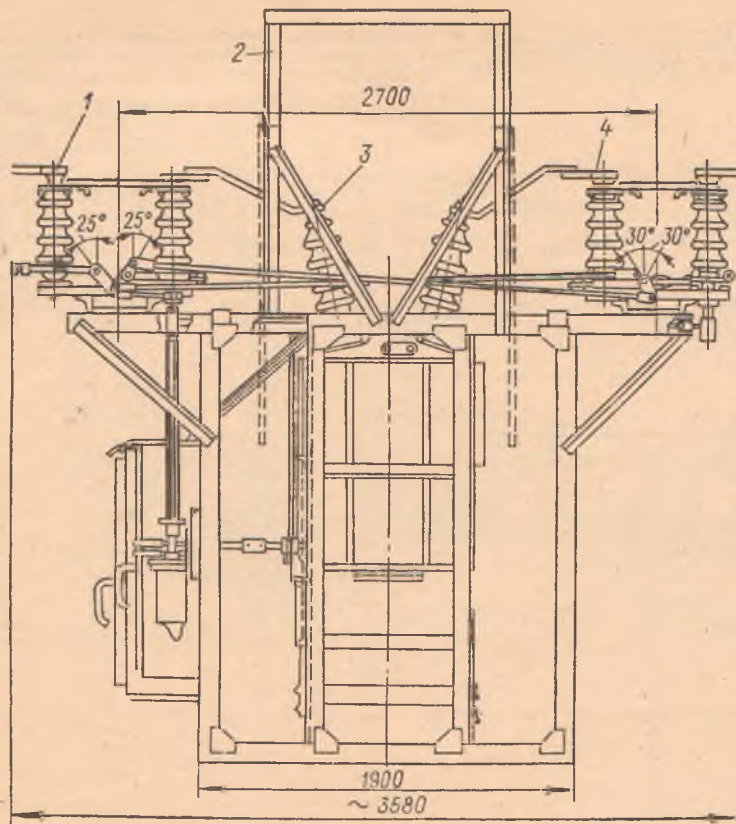
Ячейкалар номи	Ҳаво линияси	Трансформатор	Ҳаво линияси
Ячейкалар №	1	2	3

в)

г)

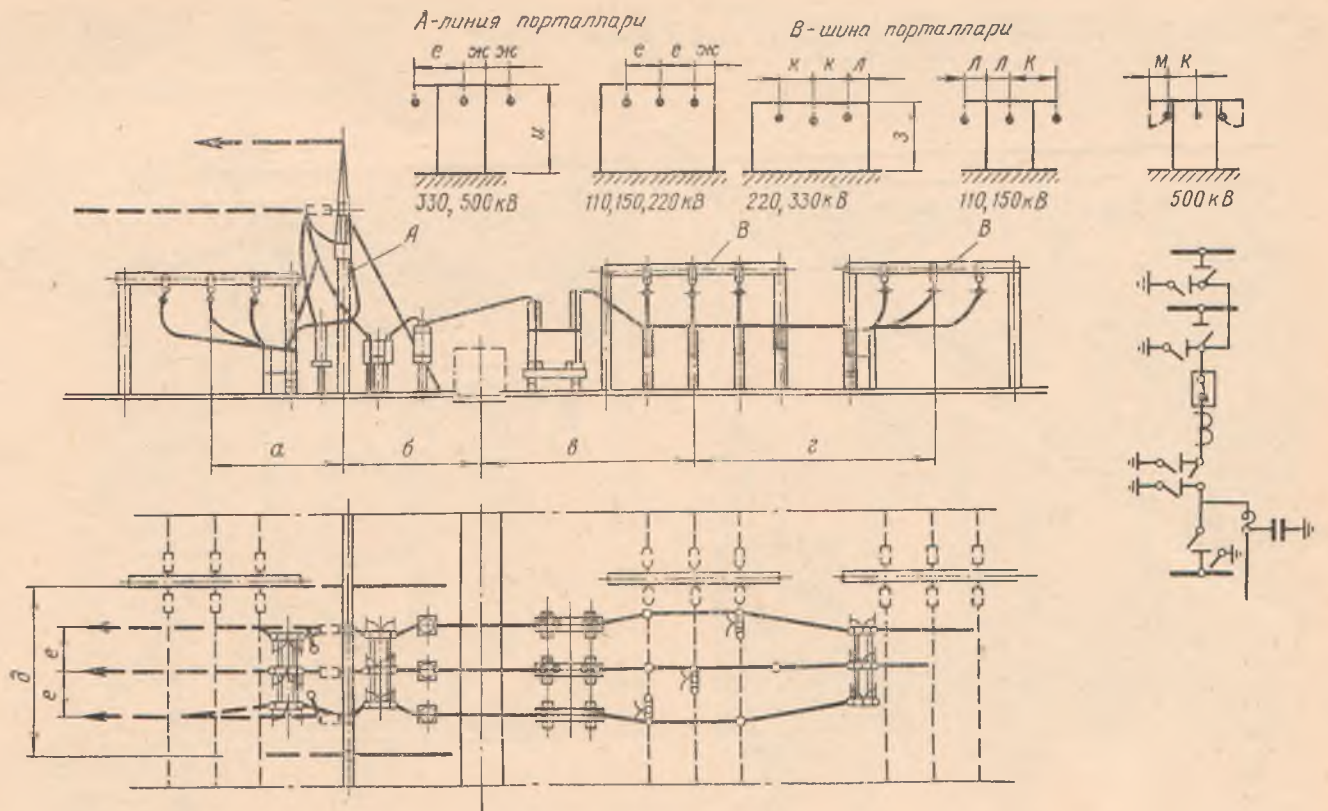
6-15- расм. 35 кВ ли бир порталли очиқ РУ:

а — линияний ячейкаси бўйлаб кесими; 1 — СТ-35 таянч изолятори; 2 — РНД31-35 ажраткичи; 3 — ВМК-35 вижючатели; 4 — ток трансформатори; 5 — РНД32-35 ажраткичи; 6 — таранглаш гирляндаси; 7 — оралиқ гирлянда; 8 — юқори частотали тўсиқ; 9 — СМР алоқа конденсатори; 10 — улаишиш фильтри; б — трансформатор ячейкаси бўйича кесими; в — 35 кВ ли ОРУ плани; г — тўлдириш схемаси.

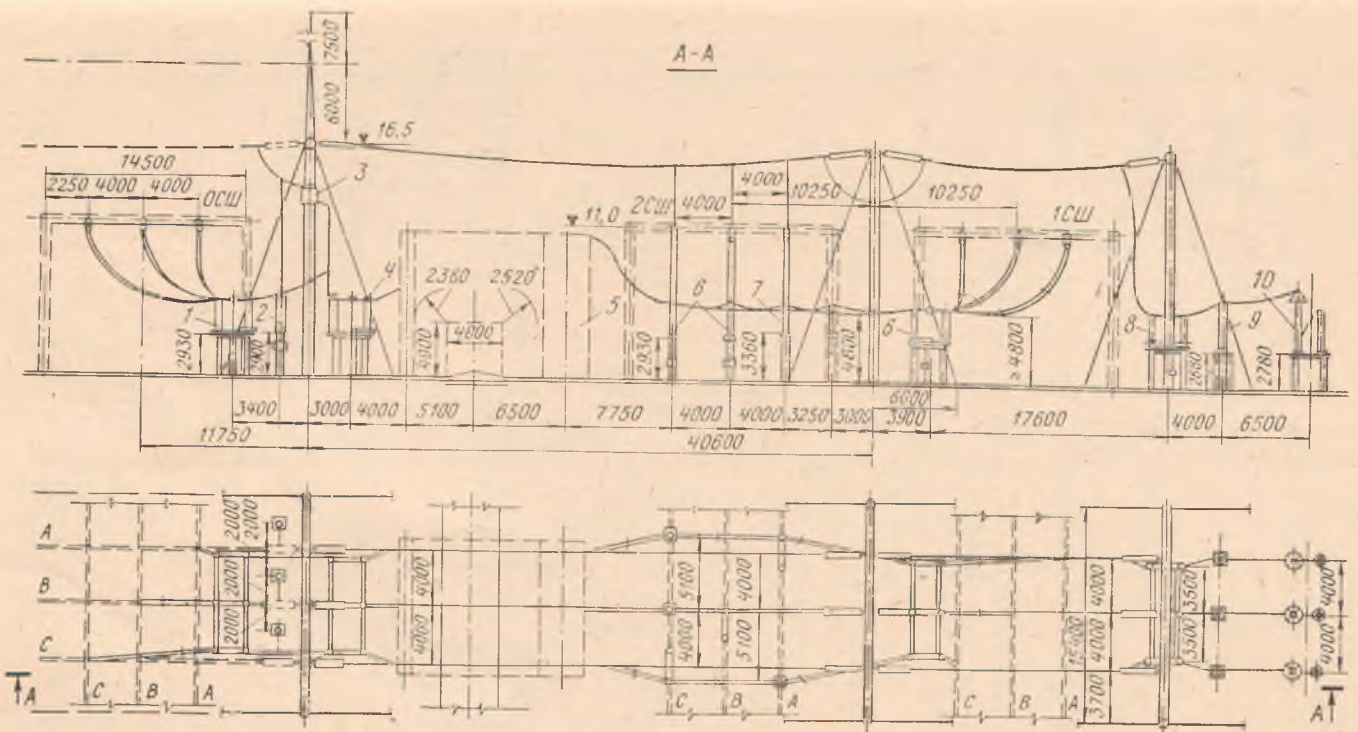


6-16- расм. 35 кВ қуclанишли блоклар:

а — линияни киритиш ёки секциялаш учун Б-1 типдаги виқлочателли блок: 1 — линия ажраткичи; 2 — ремонт тўсиғи; 3 — виқлочател; 4 — шина ажраткичи; 5 — ажраткичлар юритмаси; 6 — металлконструкция; 7 — виқлочател юритмаси шкафи; 8 — реле шкафи; б — қуclаниш трансформатори ва разрядникли Б-2 типдаги блок; 1 — реле шкафи; 2 — ажраткич; 3 — сақлагич; 4 — металлконструкция; 5 — вентилли разрядник; 6 — разрядникнинг ишга тушириш регистратори; 7 — қуclаниш трансформатори; 8 — ажраткич юритмаси.

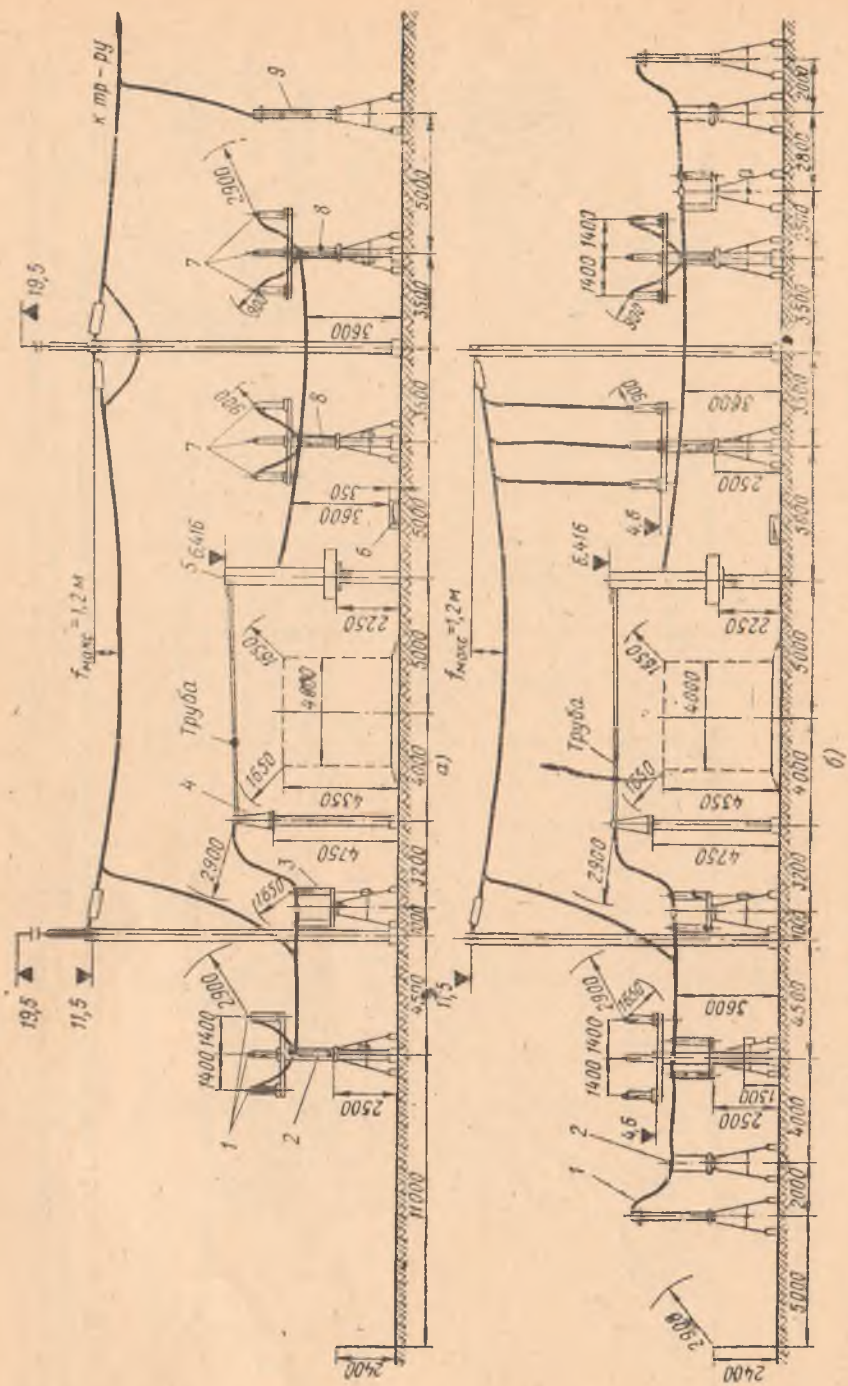


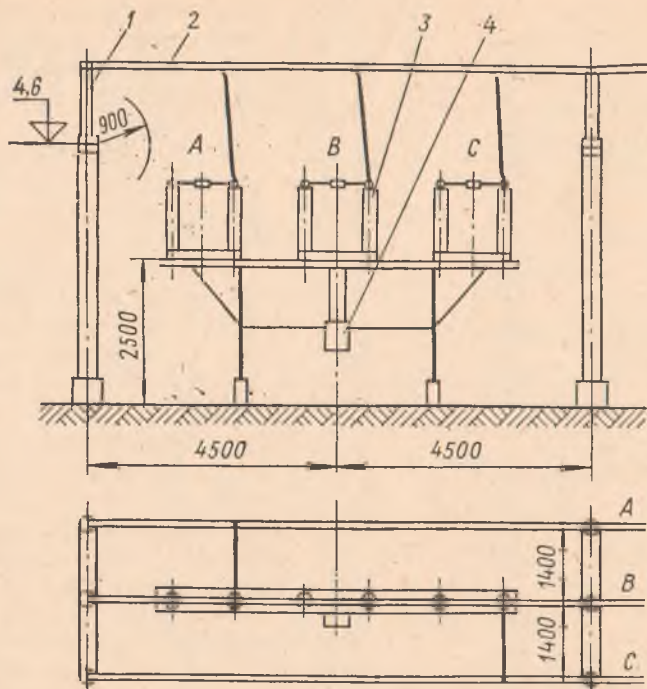
6-17- расм. Иккита иш ва айланма системали шиналарнинг схемаси учун 110—500 кВ ли типавий ОРУ лар компановкаси.



6-18- расм. Йиғма шинали схема бўйича 220 кВ ли ОРУ. Линия ва шина аппаратураларининг кесими ҳамда плани;

1 — айланма системали шиналар ажратгичи; 2 — алоқа конденсатори; 3 — тўсиқ; 4 — линия ажратгичи; 5 — виключатель ва шинали таянчи ўрнатилган узел; 6 — шина ажраткичлари; 7 — Таянч изоляторлари; 8 — шина аппаратларининг ажраткичи; 9 — кузлашич трансформатори; 10 — разрядник.





6-20- расм. 110 кВ ли ОРУ да шина ажраткичларини ўрнатиш элементи (6-19- расм бўйича):

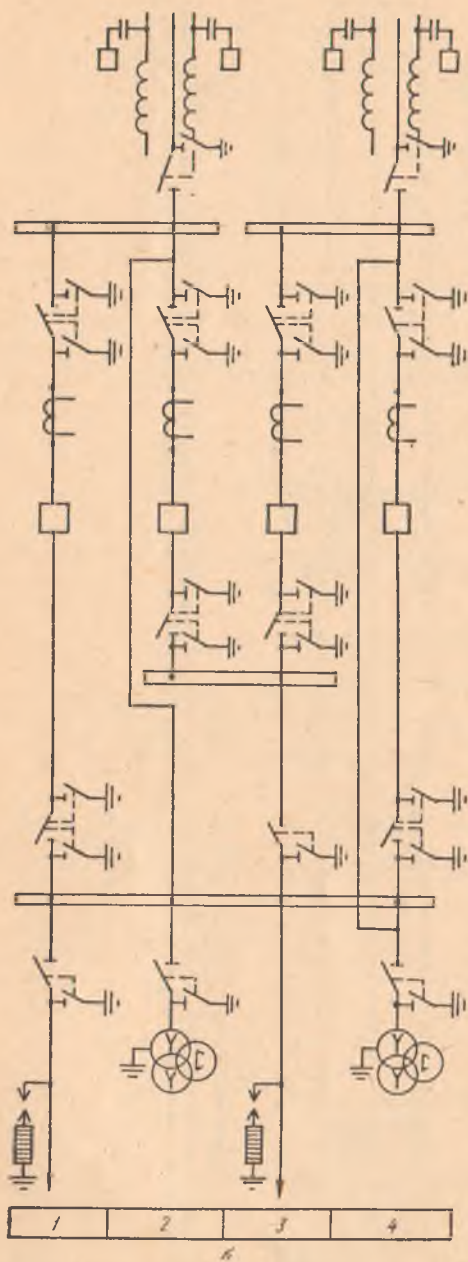
1 — ОНС-110-1000 таянч изолятори; 2 — йиғма шиналар; 3 — шина ажраткичи кутби; 4 — ажраткич юритмаси.

6.1- жадвал

Иккита иш шинали ва айланиб ўтувчи шиналар системасидан иборат схема учун типавий ОРУ нинг ўлчамлари

6.17- расмда- ги позиция- лар	Кучланиш (кВ)					6.17- расмдаги позициялар	Кучланиш (кВ)				
	110	150	220	330	500		110	150	220	330	500
	бўлгандаги ўлчамлар, м						бўлгандаги ўлчамлар, м				
<i>a</i>	8,00	11,5	11,75	18,0	29,0	<i>ж</i>	2,0	2,55	3,7	4,0	5,5
<i>б</i>	9,0	9,5	12,0	19,6	26,8	<i>з</i>	7,5	8,0	11,0	11,0	14,5
<i>в</i>	12,5	15,0	18,25	20,4	29,0	<i>и</i>	11,0	13,0	16,5	16,5	23,6
<i>г</i>	10,5	16,0	20,5	31,5	45,0	<i>к</i>	3,0	4,35	4,0	4,5	6,0
<i>д</i>	9,0	11,1	15,4	22,0	31,0	<i>л</i>	1,5	2,13	3,25	3,5	—
<i>е</i>	2,5	3,0	4,0	8,0	11,0	<i>м</i>	—	—	—	—	5,0

ОРУ ни шиналаш эластик пўлат-алюминий сим билан амалга оширилади. Катта нагрукда ёки тожланишга текшириш шарти бўйича ҳар бир фазада икки-учта сим бўлиши мумкин. 6.18- расмда йиғма шиналар ва ячейкани шиналаш дистанцион тир-



6-21-расм. Давоми. б — тўлдириш схемаси.

гаклар билан қўш сим 2 АСО дан тайёрланган; шина аппаратлари томонидаги шина-лаш ҳар бир фазада битта симдан тайёрланган. Линия ва шина порталлари ҳамда аппаратлар тагидаги ҳамма таянчлар стандарт, темир-бетондан тайёрланган.

Қурилган типавий ОРУ да портал конструкцияларнинг жуда кўп бўлганлиги учун ишларни баландликда бажаришга тўғри келади, бу эса монтажни қийинлаштиради ва қимматлаштиради. Агар йиғма шиналар бикр қилиб тайёрланса, унда шина порталларига ҳожат қолмайди, монтаж қилиш эса енгиллашади. «Энергосеть проект» нинг Горький даги бўлими томонидан ишлаб чиқарилган 110 кВ ли ОРУ нинг заводда тайёрланган йирик блокли узеллар қўлланиб тайёрланган шундай конструкцияси 6.19-расмда кўрсатилган. Йиғма шиналар баландлиги 4,6 м ли темир-бетон таянчларга ўрнатилган, изолятор ОНС-110-1000 ларга маҳкамланган трубалардан тайёрланган. Шина ажратгичлар РНДЗ йиғма шиналарда пастдаги типавий таянчли конструкцияларда жойлашган бўлиб, бунда учала қутблар ҳам ўрта фаза тагида туради (6.20-расм). Шина аппаратларининг ва линиянинг ажратгичлари баландлиги 2,5 м ли таянч конструкцияларда маҳкамланади.

Выключателлар ВМҚ-110 ўрнига ВВБ-110, У-100 ўрнатилиши мумкин, бу ҳолда шиналар ва изоляторлар 80 кВ

ли зарбий токка ҳисобланади, фазалар орасидаги масофа 2 м гача, ячейканинг умумий узунлиги 5 м гача орттирилади.

Кабеллар билан ҳаво йўллари темир-бетон плиталардан тайёрланган новларга ётқизилган бўлиб, улар бир вақтнинг ўзида пиедалар учун йўлакча ҳисобланади. Йўл билан кесишадиган жойларда новлар йўлнинг ўтиладиган қисми тагига ётқизилади.

Бундай типдаги тақсимлаш қурилмаларининг майдони типавий-никига қараганда кичик, йиғма темир-бетон ва металл конструкция сарфи қисқаради, қуриш-монтаж ишлари қиймати камаяди.

6.21- расмда тўртбурчак схемаси асосида 110 кВ ли ОРУ нинг конструкцияси кўрсатилган. Характерли жойи шундаки, майдончадаги ток ўтказувчи қисмлар, ажраткичлар, виключателлар ва бошқа аппаратуралар шундай жойлаштирилганки, агар тақсимлаш қурилмасини кенгайтириш лозим бўлса, у ҳолда бир ёки икки иш шинали ва айланиб ўтувчи шинали система схемасига ўтиш мумкин бўлади.

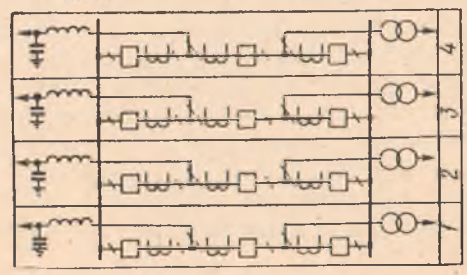
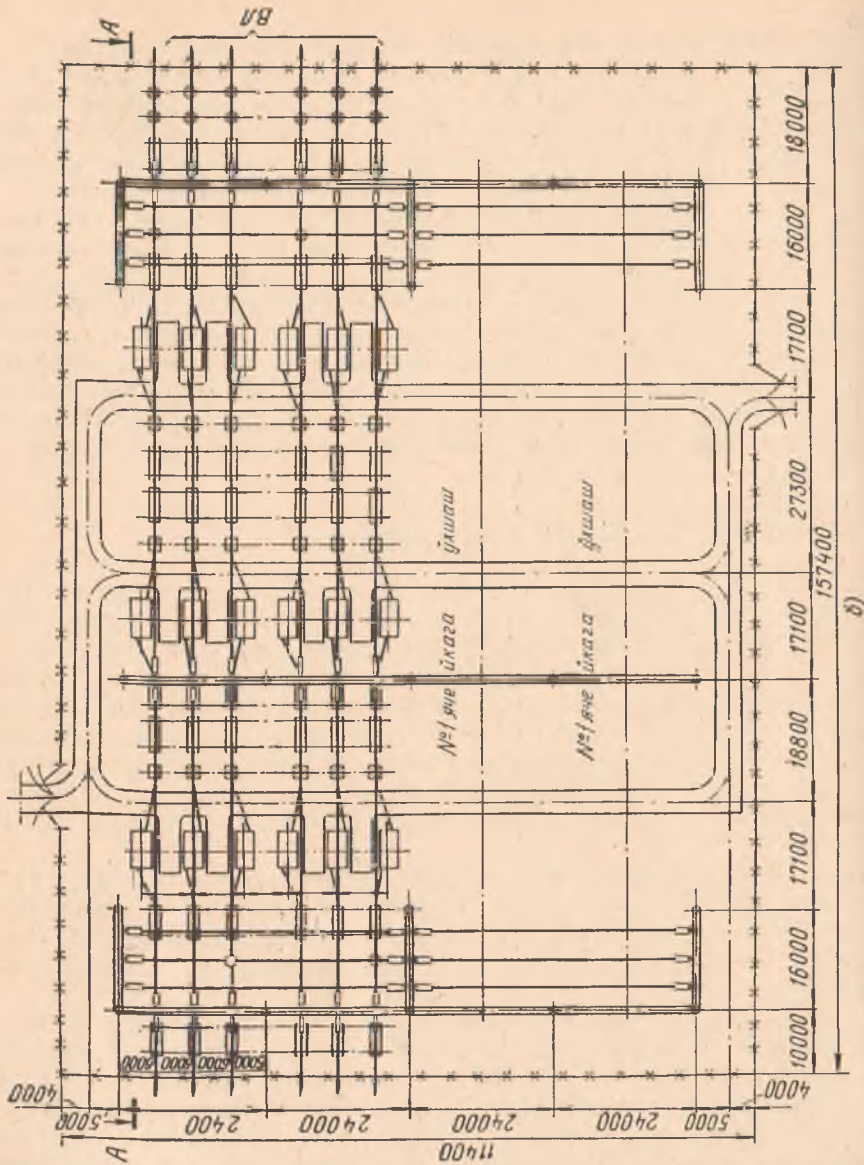
в) 330—500 кВ ли ОРУ конструкциялари

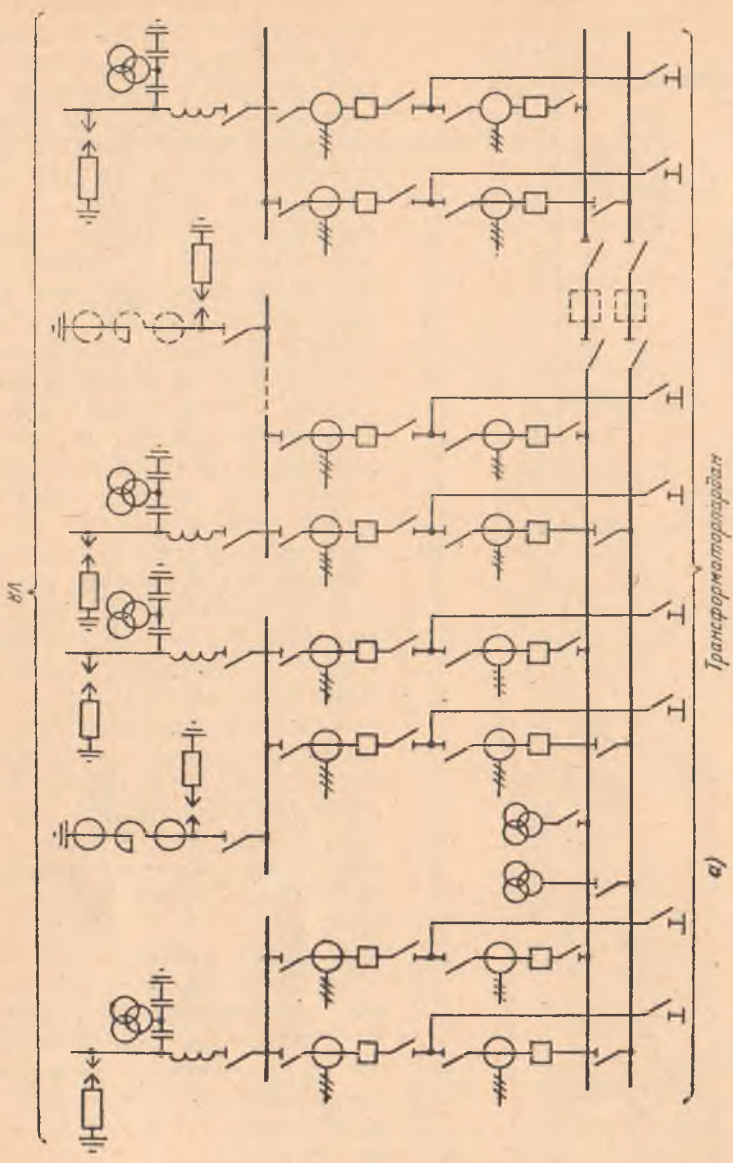
Агар 330—500 кВ ли ОРУ икки иш шинаси ҳамда айланиб ўтувчи шиналар системаси схемаси бўйича қурилса, унда типавий компоновка қабул қилинади (6.17- расм). Бир занжирга, бир яримта виключателли схема учун виключателларни уч қатор қилиб ўрнатиш компоновкаси кенг қўлланилади (6.22- расм). Бундай ОРУ да уч қатор виключателлар бўйлаб йўллар қуриш лозимлиги сабабли, ячейкалар узунлиги бир мунча ортади (157,4м). 330 кВ ли виключателларни монтаж ва ремонт қилиш пайтида автокран истаган фазга кела олиши учун улар орасидаги фазалар масофаси 7,5—8 м қилиб олинади.

Ремонт-монтаж ишларида краннинг энг юқори нуқтаси 16 м баландликда бўлиши мумкин. Қрандан то кучланиш остидаги симгача бўлган минимал масофа 4 м, симлар солқилиги эса 3 м олиншини ҳисобга олиб, ОРУ таянчининг баландлигини 23 м қилиб олинган.

500 кВ ли шундай компоновкадаги ОРУ ячейкасининг узунлиги 249,4 м ячейкасининг қадами эса 28 м га тенг. ОРУ нинг умумий ўлчамлари шунчалик ортадики, уни электр станция майдонида жойлаштириш қийинлашади. 500 кВ ли ОРУ ўлчамларини кичрайтириш мақсадида бошқача жойлаштириш қўлланиши мумкин, масалан: виключателларни шахмат усулида икки қатор жойлаштириш. Агар асбоб-ускуналар тагидаги стуллар баландлигини 4 м дан қилиб олинса, ремонт-монтаж механизмларининг ўтиши ва қўшни занжирлардаги токни узмай, уларни ишга тайёрлаш имконияти туғилиб, уч қатор виключателлар бўйлаб учта йўл қуришдан воз кечиш мумкин бўлади.

500 кВ ли ОРУ да осма ажраткичларни қўллаш натижасида ОРУ эни, изоляциянинг тармоқлари сони, шиналаш узунлиги, устун қозиқларга сарфланадиган темир-бетон кескин камаяди.





6-23- расм. Ҳар бир уланмага 4/3 вклучатель тўғри келадиган схема бўйича 500 кВ ли ОРУ:
 а—тулдириш схемаси;

6.4. ТАҚСИМЛАШ ВА БОШҚАРИШ ШЧИТЛАРИ

а) 1000 В гача бўлган тақсимлаш шчитларининг конструкцияси

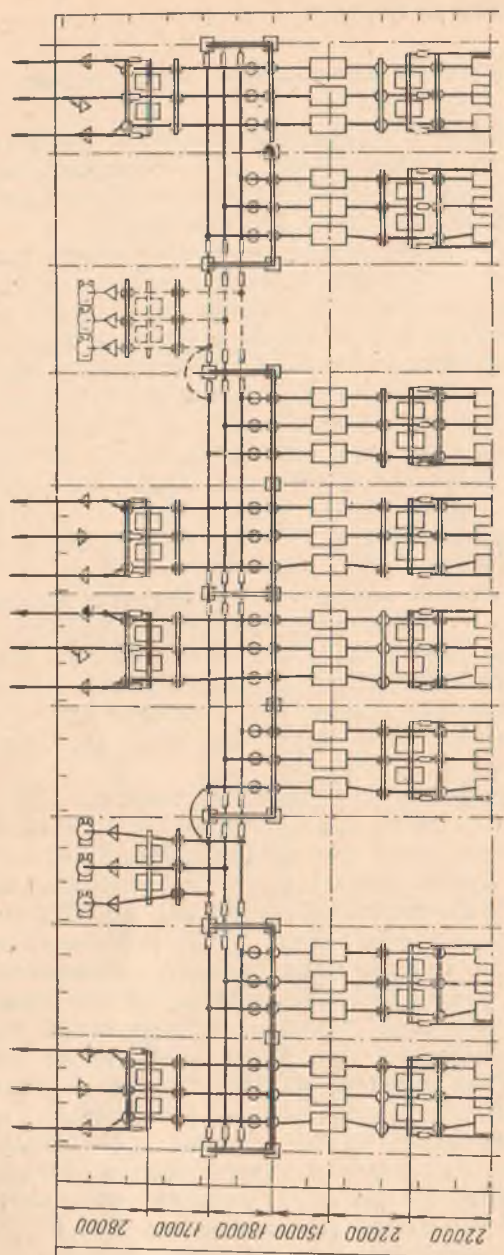
1000 В гача бўлган установкаларда уранишларнинг коммутацион ва ҳимоя аппаратураси (автоматлари, ток трансформаторлари, рубильниклар, сақлагичлар) металл панелларда ўрнатилиб, уларнинг мажмуасини тақсимлаш шчити деб юртилади.

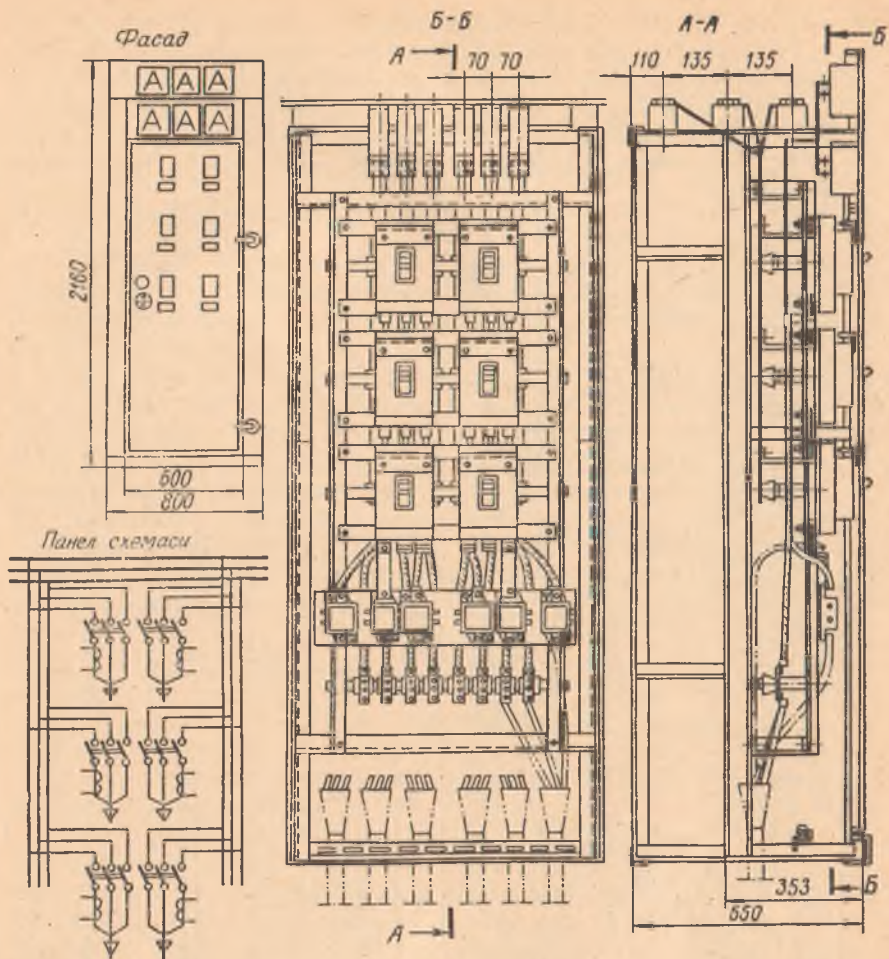
Танланган аппаратурага қараб, шчитнинг конструкцияси турлича бўлиши мумкин, бироқ уларнинг ҳаммаси заводда тайёрланиб станция ва подстанцияларга тайёр кўринишида ўрнатилади. Тақсимлаш шчитлари икки томондан бошқариладиган бўлиши мумкин, бу вақтда унинг олдинги деворига ўлчаш приборлари билан рубильник ёки автоматик виключателларнинг бошқариш дастаси, орқа деворига эса йиғма шиналар, рубильник, автоматик виключателларнинг контакт қисми, ток трансформатори, сақлагичлар ва схемада кўрсатилган бошқа аппаратлар ўрнатилади. Таянтириб қўйиладиган типдаги шчитлар бир томондан бошқарилади, бу ҳолда олдинги томонида асбоб-ускуналарга қўл етиши учун олиннадиган қопқоқ ва эшикчалар қилинади.

6.24-расмда АЗ100 автоматик виключателли комплект панель кўрсатилган. Панель олтига линияга мўлжалланган. Ҳамма аппаратлар металл рамага маҳкамланади, олд томони пўлат лист билан ёпилган бўлиб, автоматларнинг дасталари унинг тешиги орқали ўтади. Ҳар бир линиянинг занжирида, шчитнинг олд томонида жойлашган амперметрни улаш учун, ток трансформатори ўрнатилади.

Станция ва подстанцияларнинг ўз эҳтиёжи системасида 500 В гача кучланишда 1600 А гача токка мўлжалланган ПСН типдаги панель қўлланилади. Панель пўлат листлардан тайёрланган каркас-карниз, панель ички профиллари ва таянч белбоғлардан иборат. Панелнинг эни 900 мм, чуқурлиги 800 мм, баландлиги 2300 мм. Панелнинг олд томонида ўлчаш приборлари, реле, рубильник ва автоматларнинг юритмалари, узоқдан бошқариладиган аппаратлар дастаси, ёруғлик сигнал арматураси жойлашади. Каркас ичига куч асбоб-ускуналари: автоматлар, рубильниклар, магнитли юргизчилар ва ҳоказолар жойлашади. Иккиламчи коммутацион аппаратлар — ток, вақт, сигнал релелари ва бошқа релелар олиннадиган блокларда панелнинг олд томонидан ичига ўрнатилади. Панелларнинг куч асбоб-ускуналари ва блокларнинг аппаратлари турлича бўлиб, уларнинг бажарадиган ишига боғлиқ бўлади. Чунончи иш таъминлашининг 0,4 кВ ли ўз эҳтиёжи шиналарига кабель вводи учун АВМ-15 автоматли, марказий дастаси бор Р-2315 рубильникли, ТК-20 ток трансформаторли ва сигнал лампага эга бўлган арматурали ПСН-13 типдаги панель қўлланилади. Иккиламчи коммутацион блок — АП50 автомати, вақт, сигнал ва оралик релеларига эга.

Панель ва блок типи, комплект тақсимлаш қурилмалари учун





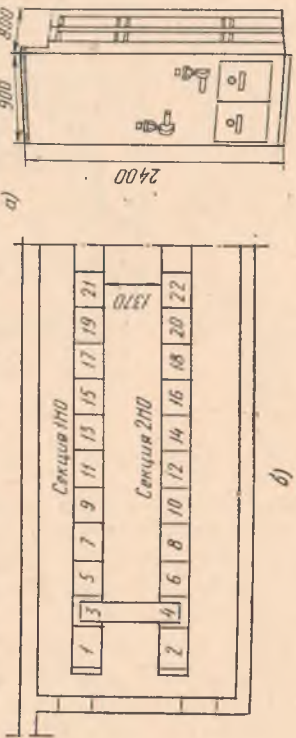
6-24- расм. Автоматик ёвкл.чатеелли 380/500 В комплект панель.

олинганидек, каталог бўйича конкрет объектнинг бирламчи ва икк
киламчи уланмасининг схемасига қараб танланади.

6.25- расмда 0,4 кВ ли ўз эҳтиёжи секциясининг бир қисмини
тўлдириш схемаси, ўз эҳтиёжи шчитининг жойлашиш плани ва
ПСН-61 панели кўрсатилган.

ПСН панели очиқ ток ўтказувчи қисмларга эга, шунинг учун
улар хизмат қилишда хавфсизликни тўла таъминламайди. Икки
томондан хизмат қиладиган, ғилдирайдиган автоматлар ва релели
ҳимоя, бошқариш ва автоматика блокларига эга бўлган тўлиқ
ёпилган шкафлардан ташкил топган 0,4 кВ ли ҚРУ янада такомил-
лашган ҳисобланади. 0,4 кВ ли ҚРУ да блоклар билан ғилдирайди-
ган элементлар ўзаро алмашуви билан аварияни локализациялаш
(кенгайтирмаслик) таъминланади. 0,4 кВ ли ҚРУ 50 кА гача зар-

Блок номери	101	1125	606	606	606	6018	6018
Коммутационная аппаратура	Автомат АВМ-15М	Автомат АВМ-15Н	Автомат АВМ-4М АВМ-4Н	Автомат АВМ-4М АВМ-4Н	Автомат АВМ-4Н АВМ-4Н	Автомат АВМ-4С АВМ-4С	Автомат АВМ-4С АВМ-4С
Двигатели	1140	1140	140 143	287 140	140	40	68
Панель	ПСН-11	ПСН-21	ПСН-62	ПСН-62	ПСН-62	ПСН-61	ПСН-61
Бортовые устройства	УЗО секций 1-6	УЗО секций 7-12	УЗО секций 13-18	УЗО секций 19-24	УЗО секций 25-30	УЗО секций 31-36	УЗО секций 37-42
Клемма шин	1110	1110	Компрессор	Компрессор	Двигатель	Циркуляционный насос	Циркуляционный насос
Панельные элементы	УЗО секций 1-6	УЗО секций 7-12	УЗО секций 13-18	УЗО секций 19-24	УЗО секций 25-30	УЗО секций 31-36	УЗО секций 37-42
Тартиб номери	1	2	3	4	5	6	7



6-25- расм. ПСН типдаги панелли 0,4 кВ ли ўз эҳтиёжи шийтининг тўлдириш схемаси (а), плани (б) ва умумий кўриниши (в).

бий токка ҳисобланади. Шкафларда АВМ, АЗ700, АЗ100 типлардаги ва «Электрон» сериясидаги автоматлар ўрнатилади.

Шкафлар типии бирламчи ва иккиламчи уланиш схемаларининг сеткаси бўйича танланади. ПСН дан фарқли равишда ҚРУ шкафларини бевосита цехнинг ўзига (қозон ва турбина бўлимига, ёқилғи узатиш ва ҳоказоларга) ўрнатиш мумкин.

б) Бошқариш шчитларининг конструкцияси

Бошқариш шчитии деб электр установкалари (приборлар, аппаратлар ва бошқариш калитлари, сигнализация ва контрол приборлари) нинг ишини бошқариш учун керакли техник воситаларга эга бўлган қурилмага айтилади.

ТЭЦ типиидаги электр станцияларда ўз эҳтиёжининг электр двигателлари маҳаллий (агрегат, цех) шчитлардан бошқарилади: қозон бўлимида қозон шчитидан, турбина бўлимида — турбина шчитидан ва ҳоказо. Бош схеманинг асосий элементлари: генераторлар, трансформаторлар, ўз эҳтиёжи элементларини таъминловчи ВН линиялари — бош бошқариш шчитии (ГШУ) дан бошқарилади.

Блокли иссиқлик электр станцияларда блокли бошқариш шчитии (БШУ) ва марказий бошқариш шчитии (ЦШУ) ўрнатилади. БШУ дан бир ёки икки қўшни блоклар электр установкалари ва уларнинг ўз эҳтиёжлари биргаликда бошқарилади, шунингдек, қозон агрегатлари ҳамда турбиналарнинг иш режими бошқарилади ва контрол қилинади.

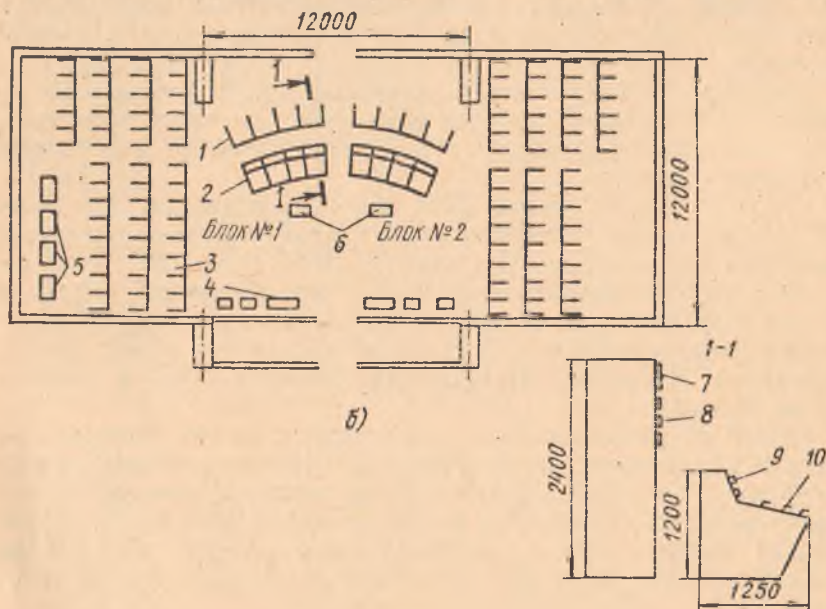
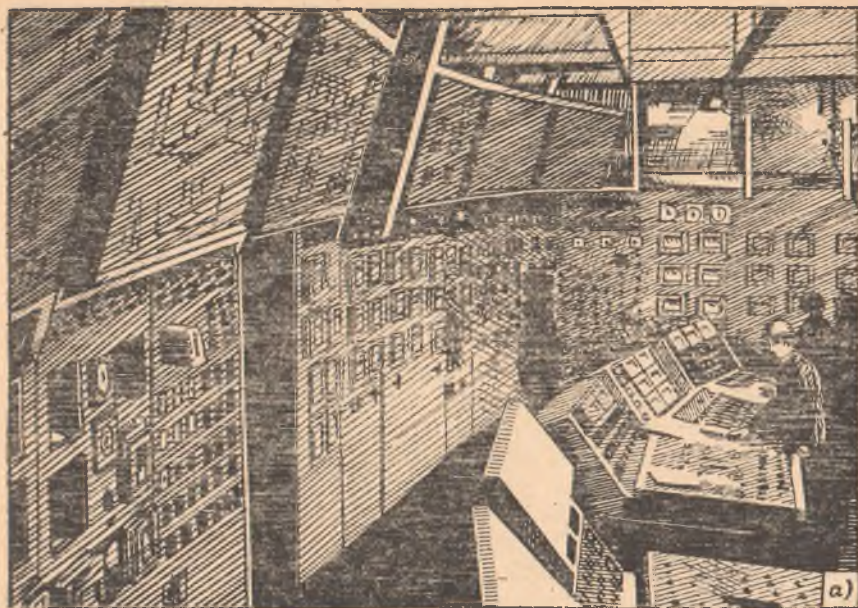
Марказий шчитдан юқори кучланишли виключателлар, ўз эҳтиёжининг резервдаги трансформаторлари, резервдаги магистраллари бошқарилади, шунингдек, станциянинг блоклари иши координациялаштирилади.

ГЭСни бошқариш асосан ЦШУ дан олиб борилади. Кўпчилик ГЭС лар телемеханика воситаси ёрдамида энергосистема диспетчери томонидан бошқарилади. Соддалаштирилган схема (ВН викключателларисиз) бўйича подстанцияларда махсус бошқариш шчитлари бўлмайди. Бундай станцияларда қайта уланиш диспетчерлик пунктидан телемеханика воситаси ёрдамида қисман ёки тўлиқ амалга оширилади. Мураккаб операцияларни оператив — сайёр бригада (ОВБ) бажаради.

110 кВ ва ундан юқори кучланишдаги қувватли подстанцияларда ВН викключателлари бор схемалар бўйича умумподстанцияни бошқариш пункти (ОПУ) қурилиб, унинг марказий шчитидан трансформаторлар, 35 кВ ва ундан юқори линиялар, аккумулятор батареялари бошқарилади ва подстанциянинг асосий элементлари назорат қилинади. 6—10 кВ ли линиялар 6—10 кВ ли РУ дан бошқарилади.

Маҳаллий бошқариш шчитлари бошқариладиган объектга яқин ўрнатилади. Улар учун ёпиқ типдаги панеллар ёки 0,4 кВ ли ҚРУ қўлланилади.

Ҳозирги замон электр станцияларида бош ва марказий бошқариш шчитлари бош корпусдаги доимий тореци томонида махсус



6-26- расм. Блокли бошқариш шчити:

а — умумий қўриниши; б — плани; 1 — оператив контур панеллари; 2 — оператив контур пуьтлари; 3 — кооператив пачеллар; 4 — ҳисоблаш қўрилмалари; 5 — ҳисоблаш қўрилмаси билан бошқариш; 6 — навбатчи столи; 7 — сигнализация таблоси; 8 — ўлчов приборлари; 9 — муҳим масъулиятли системалар приборлари; 10 — бошқариш калитлари.

хонада ёки ГРУ га (ТЭЦ да) ёндошган махсус бинода ёхуд очиқ тақсимлаш қурилмаларига яқин жойда (КЭС да) жойлаштирилади.

БШУ электр станциянинг бош корпусида турбина ва қозон бўлимлари ўртасида жойлаштирилади. Одатда, битта блокли шчитдан иккита блок бошқарилади. Ҳозирги замон электр станциясининг блокли шчити 6.26- расмда кўрсатилган.

Шчит вертикал панеллар 1 ва қия пультлар 2 билан жиҳозланиб, уларда блокларнинг асосий занжирларини бошқариш ва контрол қилиш приборлари ўрнатилган. Бу пульт ва панеллар навбатчи столдан қулай кўриниши учун ёй бўйича жойлашган. Пультанинг ўнг ва чап томонида қозон, турбина, генератор, ўз эҳтиёжи, автоматика, интегралловчи ва қайд қилувчи приборларни ҳимоя қилувчи приборларига эга бўлган нооператив контурнинг панеллари, яъни навбатчининг доимий диққатини жалб этмайдиган ҳамма приборлар туради.

Шу принцип бўйича ГШУ билан ЦШУ даги пульт ва панеллар жойлашади. Панель ва пультлар аввалдан ишлаб чиқилган схемалар бўйича заводларда ишлаб чиқарилади. Монтаж қилиш жойида панеллар маҳкамланади, сигнал-оператив шиначалари ўтказилади ва контрол кабеллари уланади. 0,4 кВ ли ҚРУ да қўлланилганидек, бунда ҳам унификацияланган ҳимоя, автоматика ва бошқариш блоклари қўлланилиши мумкин бўлиб, улардан панель ёки пульт йиғилади. Ҳозирги замон электр станцияларида ўлчаш, назорат ва бошқариш аппаратларининг сони кўп бўлганлиги сабабли уларни жойлаштириш учун ҳаддан ташқари катта шчит керак бўлади. Қичик габаритли приборларни, танлаб бошқаришнинг телемеханик системасини (7-1- § га қаранг) ва чақириниш бўйича контролни қўллаш йўли билан шчитлар габаритини кичрайтиришга эришилади.

Пульт ва панелларнинг жойлашиши, шчит ўрнатилган хона температураси, ёритилиши, бўёқлари, приборлар, бошқариш калитларининг жойлашиши ҳамда шакли оператив ходимнинг ишлаш шароитини яхшилаш нуқтаи назаридан танланади.

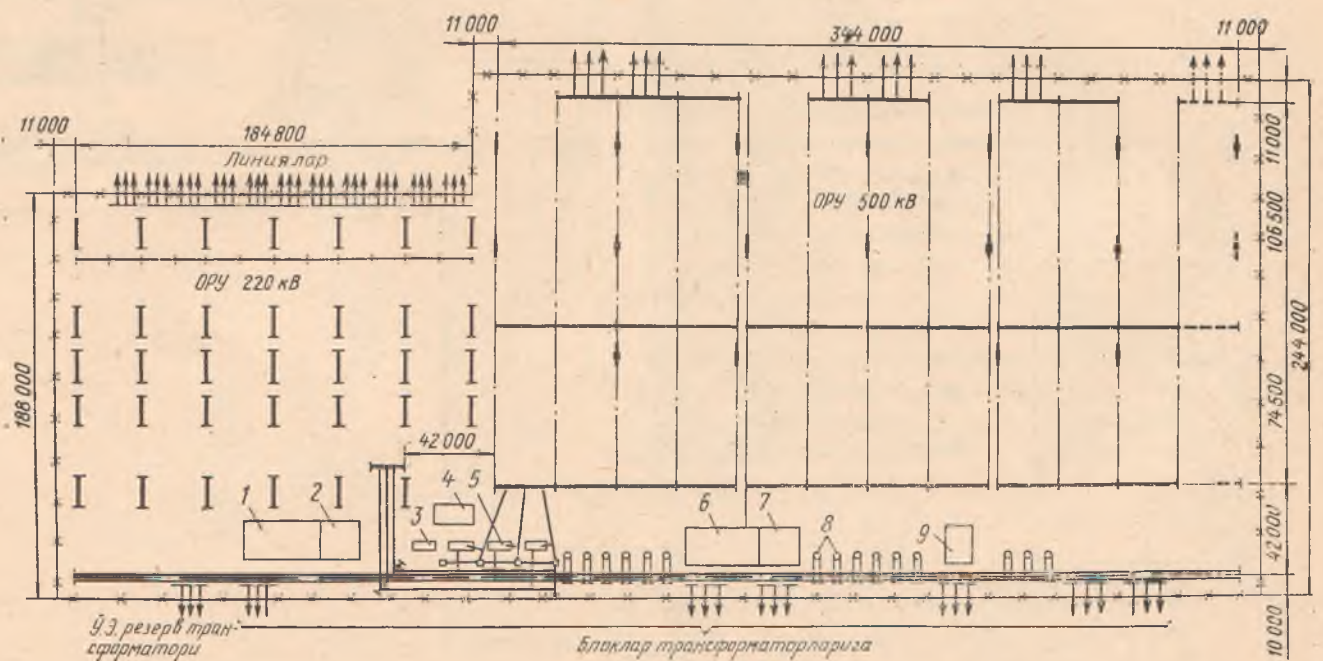
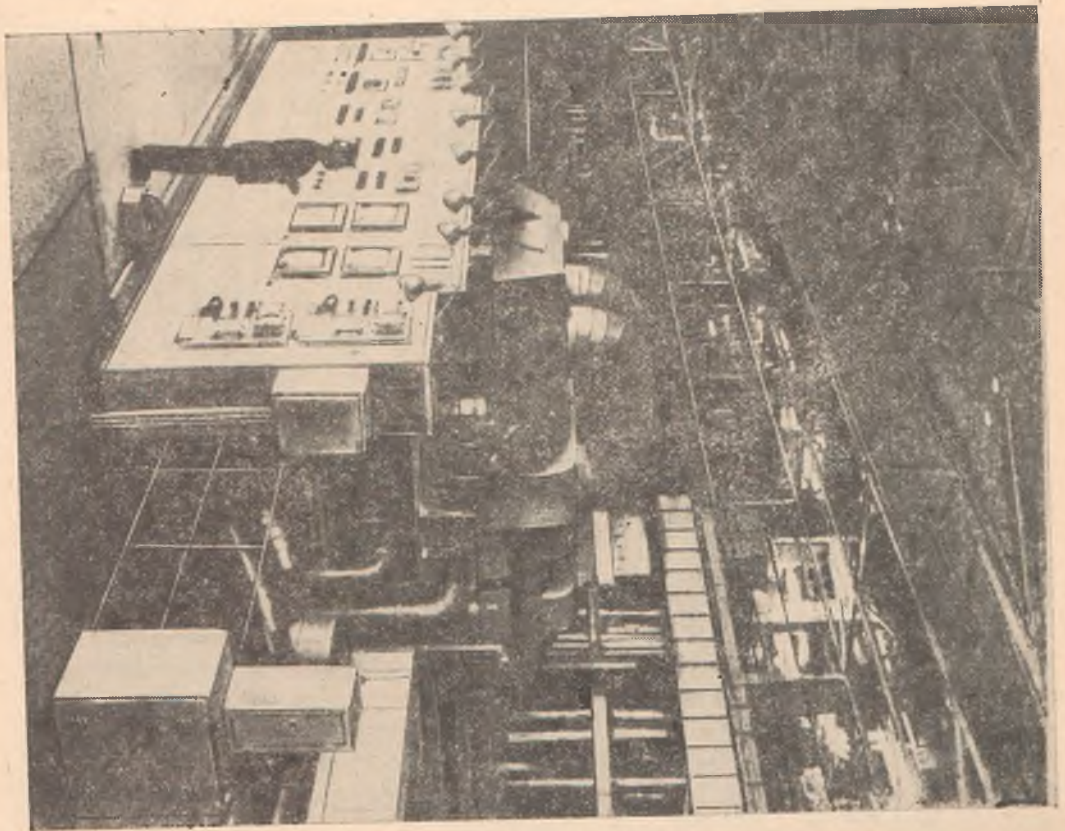
6.27- расмда блокли станциянинг агрегатли бошқариш шчити кўрсатилган.

6-5. ЭЛЕКТР СТАНЦИЯ ВА ПОДСТАНЦИЯ МАЙДСНИДА ТАҚСИМЛАШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ЖОЙЛАШТИРИШ

а) Электр станция майдонида РУ ни жойлаштириш

Иссиқлик электр станцияларида иншоотларнинг умумий жойлаштирилиши (компановкаси) 1-2- § да кўриб ўтилган эди. Бу ерда шуни қайд қилиш лозимки, ТЭЦ даги 6 (10) кВ ли ГРУ, одатда, бош корпус олдида, турбина бўлими томонида жойлашган бўлиб, унинг орқасида очиқ ГРУ бўлади. Блокли иссиқлик станцияларида очиқ РУ бош корпуснинг турбина бўлим томонида сув келтирувчи канал орқасида (1.4- расмга қаранг) ёки қозон бўлими томонида жойлашади. Охириги ҳолда кучайтирувчи трансформаторлардан келаётган линияларни бош корпус устидан ошириб ўтказиш керак бў-

6-27- расм. Агрегатли бошқариш шкити.



6-28- расм. 220 ва 500 кВ ли ОРУ нинг ўзаро жойлашиш плани:

1 — 220 кВ ли ОРУ релесининг панеллари учун хона; 2 — аккумуляторлар батареяси, устачилик ва компрессор хонаси; 3 — автотрансформаторнинг фазаси; 4 — 35 кВ ли ЗРУ; 5 — автотрансформатор; 6 — 500 кВ ли ОРУ релесининг панели учун хона; 7 — аккумуляторлар батареяси ва устачилик хоналари; 8 — реакторлар; 9 — компрессор хонаси.

лади. Агар электр станцияларда иккита кучайтирилган кучланиш қўлланилса, унда боғловчи автотрансформатор, одатда, юқори кучланишли РУ ёнига ўрнатилади. 6.28-расмда 4800 МВт ли ГРЭС учун ОРУ нинг жойлашиш плани берилган. 35 кВ ли ЗРУ ларга ўз эҳтиёжининг резервдаги трансформатори кабель билан аккумуляторлар батареяларининг панеллари учун хона назарда тутилади. Агар 500 кВ ли шунтловчи реакторлар ўрнатиш мўлжалланган бўлса, улар темир йўл изи бўйлаб ўрнатилади.

Блокли иссиқлик станцияларидаги ўз эҳтиёжининг тақсимлаш қурилмалари бинонинг олд томони девори бўйлаб, бош корпусда жойлашади. 6 ва 0,4 кВ ли РУСН бўйича қирқими 6.1- мисолда (6.8- расм, а) кўриб ўтилган.

Кўндаланг боғланган иссиқлик электр станцияларида (ТЭЦ) 6 ва 0,4 кВ ли ўз эҳтиёжининг тақсимлаш қурилмалари турбина ва қозон бўлимлар ўртасида деаэратор хонаси тагида жойлашади.

б) Район ва узел подстанциялар территориясида РУ ларни жойлаштириш

Подстанция майдонидаги ҳамма иншоотлар шундай жойлаштирилиши лозимки, қуриш ва монтаж пайтида, шунингдек, асбоб-ускуналарни ремонт қилишда турли ҳаракатланувчи ва стационар юк кўтариш қурилмаларидан фойдаланиш мумкин бўлсин. 6.29-расмдан кўринадики, 110 кВ ли виключателлар катори бўйлаб ва трансформаторлар олдидаги йўлдан ўтиш мумкин. Бундан ташқари 35 кВ ли ОРУ га асбоб ускуналарни тўсиқнинг олиндиған звеноси орқали олиб келиш мумкин. Куч трансформаторлари подстанциянинг ўртасига жойлашиб, 110, 35 ва 6—10 кВ ли боғланишнинг минимал узунлигини таъминлайди. 35 кВ ли ОРУ ни трансформаторларнинг ўнг ёки чап тарафига жойлаштириш вариантларини қўллаш мумкин. Кўриладиган подстанциядаги 110 кВ ли ОРУ заводда ишлаб чиқарилган йирик узеллардан тайёрланган (6.19-расмга қаранг). 35 кВ ли ОРУ КТП-35 да қўлланиладиган блоклардан тайёрланган (6.16- расмга қаранг). 6—10 кВ ли РУ К-37 серияли КРУН шкафларидан тайёрланган. Подстанция территориясида виключателларнинг бошқариш системасига сиқилган ҳаво юбориш учун компрессор агрегатини ўрнатиш мўлжалланган. Ўз эҳтиёжининг контрол ва куч кабеллари ҳамда ҳаво йўллари ер устидаги новларга ётқизилади. Умум подстанция бошқариш пункти (ОПУ) да ўз эҳтиёжининг ва релели ҳимоянинг бошқариш панеллари, алоқа қурилмалари, ташқаридан келадиган бригада учун устахона; хизмат хонаси ва бошқалар жойлашган.

Агар трансформатор подстанцияда ревизия қилинса, у ҳолда трансформаторнинг кожухи ёки ўзагини кўтаришга ёрдам берадиган ажраладиган портални ўрнатиш учун махсус жой қилинади. Кучли трансформаторли (автотрансформаторли) подстанцияларда трансформаторнинг шиналари маҳкамланган умумий портал ёрдамида ревизия қилинади, порталнинг кучайтирилган траверсаси эса кожух ёки ўзакни кўтаришга мўлжалланган.

6-6. ГЕНЕРАТОРЛАР, КУЧ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ ҲАМДА 6—10 кВ ЛИ ЗРУ ЛАР ОРАСИДАГИ УЛАНИШЛАРНИНГ КОНСТРУКЦИЯЛАРИ

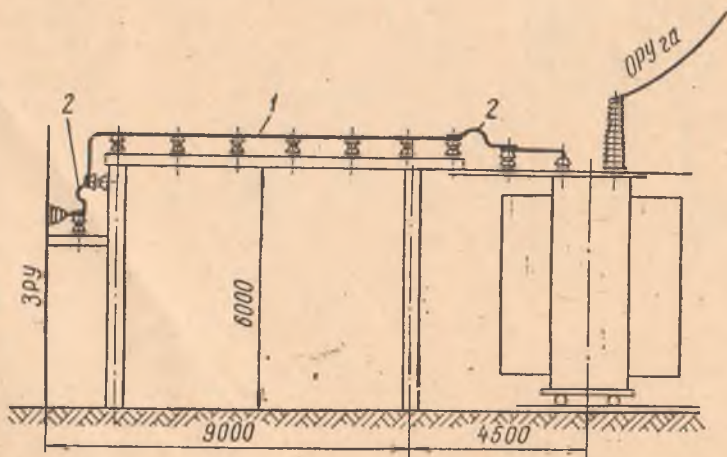
а) Очiq тоқ ўтказувчилар

Генератор ва трансформаторларни 6—10 кВ ли тақсимлаш қурилмалари билан электрик улаш эгилувчан тоқ ўтказувчи ёрдамида амалга оширилиши мумкин (6.30- расм). Бундай тоқ ўтказувчилар айлана бўйлаб бир хил тақсимланган алюминий симлар боғламидан ташкил топган бўлиб, силжимаслиги учун уларни ҳалқа обоймаларга маҳкамланади. Тоқ ўтказувчи симлар маҳкамланган ҳалқа механик нагрукани қабул қилувчи пўлат-алюминий симларга маҳкамланади. Симлар сони токнинг тежамли зичлигини ҳисобга олиб аниқланади. Юк кўтарувчи симлар тарангловчи маржонларда бош корпуснинг девори ва таянчларига осилган. Ҳалқа-обоймалар орасидаги масофа 1 м қилиб олинади. Эгилувчан ўтказгичлардан бош корпуснинг деворидаги ва ГРУ даги линия чиққичларига ўтиш махсус учлик тузилма ёрдамида амалга оширилади.

Эгилувчан тоқ ўтказувчилар фазалари орасидаги масофа 3 м га тенг.

Эгилувчан тор ўтказувчилар ишда ишончли, тайёрлаш осон ҳамда унча қиммат эмас. Бу уларни ТЭЦ да кенг қўллашга олиб келди.

Подстанцияларда куч трансформаторларини 6—10 кВ ли РУ лар билан шинали кўприк ёрдамида уланади (6.31- расм). Бикр шиналар металл ёки темир-бетон конструкцияларда ўрнатилган штирли изоляторларга маҳкамланади. Фазалар ҳамда изоляторлар орасидаги масофа ҳисоб бўйича олиниб, одатда 6—10 кВ ли қурилма учун: фазалар орасидаги масофа 0,6—0,8 м, изоляторлар ораси 1—1,5 м қилиб олинади. РУ дан чиққан вивод билан транс-



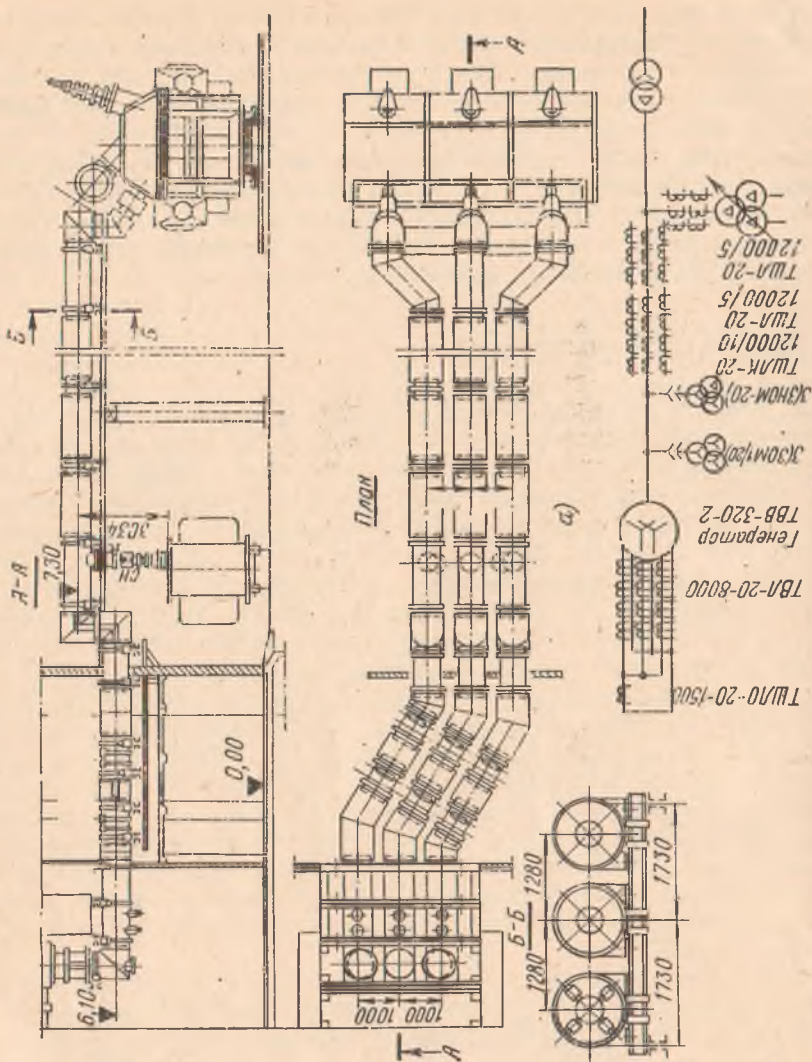
6-31- расм. Трансформатор билан 6—10 кВ ли ЗРУ орасидаги шинали кўприк:
1 — шиналар; 2 — компенсатор.

форматорнинг олдида шинали компенсаторлар бўлади. Бундай уланишнинг афзаллигига унинг оддийлиги, узунлиги катта бўлмаганда — ишончлилиги билан тежамкорлиги киради. Шинали кўприкнинг узунлиги ортиши билан изоляторлар сони билан қиймати ортади, ишончлилиги камаяди, чунки изоляторлар бўйича фазаларнинг қисқа туташуш эҳтимоли, айниқса улар ифлосланганда кўп бўлади. Шу сабабли иссиқлик электр станцияларида очиқ шинали кўприклар, одатда, қўлланилмайди. Гидроэлектростанцияларда генераторлар кучайтирувчи трансформатор билан шинали кўприк ёрдамида уланиши мумкин.

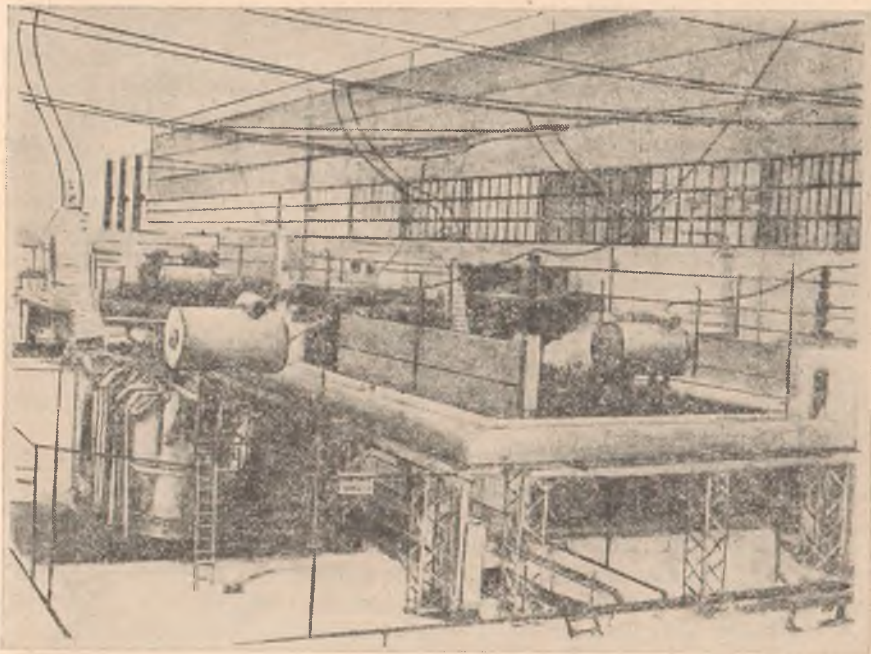
б) Комплект ток ўтказувчилар

Қувватли иссиқлик электр станцияларидаги генераторларни кучайтирувчи трансформаторлар билан улаш учун ҳар фазаси экранланган комплект ток ўтказувчилар кенг қўлланилади. Ҳар бир фазанинг ток ўтказувчи шиналари ерга туташтирилган кожух (экран) га изоляторлар ёрдамида маҳкамланган. Нагрузка токи ҳосил қилган магнит оқими таъсирида ҳосил бўладиган уярма тоқлар таъсирида кожухнинг қаттиқ қизишининг олдини олиш учун уни алюминийдан тайёрланади. Ҳар бир фазанинг ток ўтказувчиларининг ёпиқ қилиб ишланганлиги юқори ишончликни таъминлайди, чунки амалда генератордан то кучайтирувчи трансформаторгача бўлган участкада фазаларро қисқа туташув амалда бўлмайди. Комплект ток ўтказувчиларнинг қиймати эгилувчан уланишларга қараганда анча юқори бўлишига қарамай, 150 МВт ва ундан юқори қувватли ҳамма турбогенераторлар учун қўлланилиб, агар кучайтирувчи трансформатор турбина бўлими деворларидан 15 м дан ортиқ узоқлашмаса, 60 ва 100 МВт ли турбогенераторлар учун ҳам тавсия этилади. Масофалар узоқ бўлса, шунингдек, ГРУ шиналарига ишлаётган турбогенераторлар учун очиқ жойларида эгилувчан уланиш, турбина бўлимларда эса комплект ток ўтказувчини қўллаш тавсия этилади.

ҚЭТ ток ўтказувчилари (6.32-расм) узунлиги 3 м бўлган стандарт секциялардан тайёрланиб, улар монтаж пайтида уланади. Секцияларнинг бир қисми қўзғалмас кожухга эга бўлиб, уларнинг ичига ОМБ-20У изоляторлари маҳкамланган, бошқа қисми эса қўзғалувчан кожухга эга бўлиб, уларни изоляторлар билан шиналарга қўл етишини таъминлаш учун силжитиш мумкин. Қўзғалувчан ва қўзғалмас кожухлар орасига бутун айлана бўйича резина қистирма қўйилади. Ҳар қайси секция кожухи фақат бир нуқтада ерга туташтирилади. Ток ўтказувчи шиналар ўзаро 15 — 20 мм оралиқ қолдириб пайвандланган иккита алюминийли иккита ярим цилиндрдан тайёрланган. Бўйлама узайишни компенсациялаш учун эгилувчан алюминий компенсаторлар қилиниб, уларнинг бир томони заводда, иккинчи томони эса кейинги секциянинг шинасига монтаж пайтида пайвандланади. Генераторларда, кучайтирувчи трансформаторларда, ўз эҳтиёжи трансформаторларида ҳамда



6-32- рсм. Комплект экранлан-
ган КЭТ-300/20 ток ұтказуучи:
а — умумий к'сриши; б — электр
улаиш схемаси.



6-33- расм. ГРЭС нинг турбина бўлимидаги олд девор ёнига 500/220/15,75 кВ ли бир фазали автотрансформаторларни ўрнатиш.

юқори вольтли аппаратларда ажралувчи болтли бирикмалар қилинган. КЭТнинг кожухи ичига ток трансформаторлари ТШЛ ва ТВЛ лар ўрнатилган. Бир фазали кучланиш трансформаторларининг комплектлари тикма контактлар ёрдамида уланади.

ТЭК-20 ток ўтказувчилар 8 м ли секцияларга эга бўлиб, уларнинг кожухига олинadиган изоляторлар маҳкамланиб, улар махсус уяларга бураб киргизилади. Секцияни узайтириш натижасида резина қистирма сони камаяди, қистирманинг яхши зичланмаслиги кожух ичига нам билан чанг киришига сабаб бўлади ТЭК-20 нинг конструкцияси бошқа жойлари бўйича КЭТ га ўхшаш. Яхлит пайвандланган кожухли ва олинadиган изоляторли (ТЭН) ток ўтказувчилар уларнинг янада такомиллаштирилгани бўлиб, буларда кожухнинг ажраладиган жойи йўқ ва шунинг учун резина зичлагичлар талаб қилинмайди. Бундай ток ўтказувчида ташқи магнит майдони ток ўтказувчининг бошланиши ва охиридаги экранлар орасига қисқа туташтирувчи перемичка ўрнатиб компенсацияланади. Экранлар шу жойидан ерга туташтирилади.

Комплект ток ўтказувчилар станция ва подстанцияларда КРУ билан пайвандирувчи трансформаторларнинг 6—10 кВ томонини улаш учун ҳам қўлланилади.

6.33- расмда автотрансформаторларнинг НН виводларини генераторнинг виводларига улайдиган ток ўтказувчи кўрсатилган.

в) Кабелли уланишлар

6—10 кВ ли РУ билан генераторлар ва трансформаторлар авваллари кабель канали ёки чуқурликка ётқизилган кабеллар боғлами билан уланар эди. Бироқ бундай уланиш кам ишончли ҳисобланар эди, чунки кабелни улайдиган муфтларнинг кўп бўлиши тез-тез авария бўлишига сабаб бўлар эди. Генераторнинг қуввати қанча катта бўлса, улаш учун шунча кўп кабель керак бўлганлиги учун, ишлаш ишончилиги шунча кам бўлади. Бу кабелли бирикмаларни аввал шинали кўприк билан, сўнгра эгилувчан уланма, ундан кейинроқ эса комплект ток ўтказувчи билан алмаштиришга сабаб бўлди.

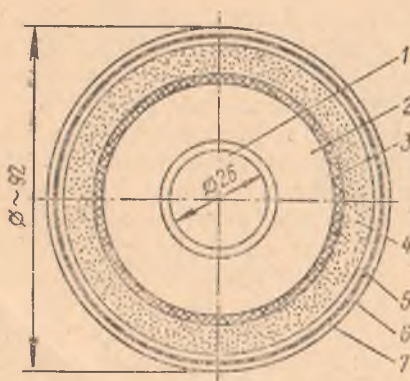
Ҳозир қувватли генераторлар учун кабелли улашни қўллаш имконияти яна кўриб чиқилмоқда, бироқ бунда энди оддий кабеллардан эмас, балки катта нагрузка токига ҳисобланган махсус кабеллар ишлатилади.

20 кВ кучланишга мўлжалланган сув билан совитиладиган шундай кабелнинг кўндаланг қирқими 6.34-расмда кўрсатилган. Кабелнинг ичида, совуқлайин тортилган мис полосадан спираль кўринишдаги, диаметри 26 мм ли канал ҳосил қилинган бўлиб, у орқали киришида 25° С га, чиқишида 60° С температурага эга бўлган сув айланади. Сувнинг кабелга киришдаги босими 0,5 МПа дан ошмайди. Кабель генератор билан трансформаторга махсус четки муфтлар ёрдамида уланади. Кабель пўлат новлардаги таъхирларга ёки чуқурга (ернинг музлаш қатламидан пастда) ётқизилади. Биринчи ҳолда — новларга ётқизилганда — қишда генератор

узилгандан сўнг кабель ичида иситилган сувнинг айланишини таъминлаш лозим. Иккинчи ҳолда — чуқурга қўйилганда — трансформатор олдида кабелнинг чуқурдан чиққан жойи электр қиздиргичли будкага киргизилган бўлиши керак.

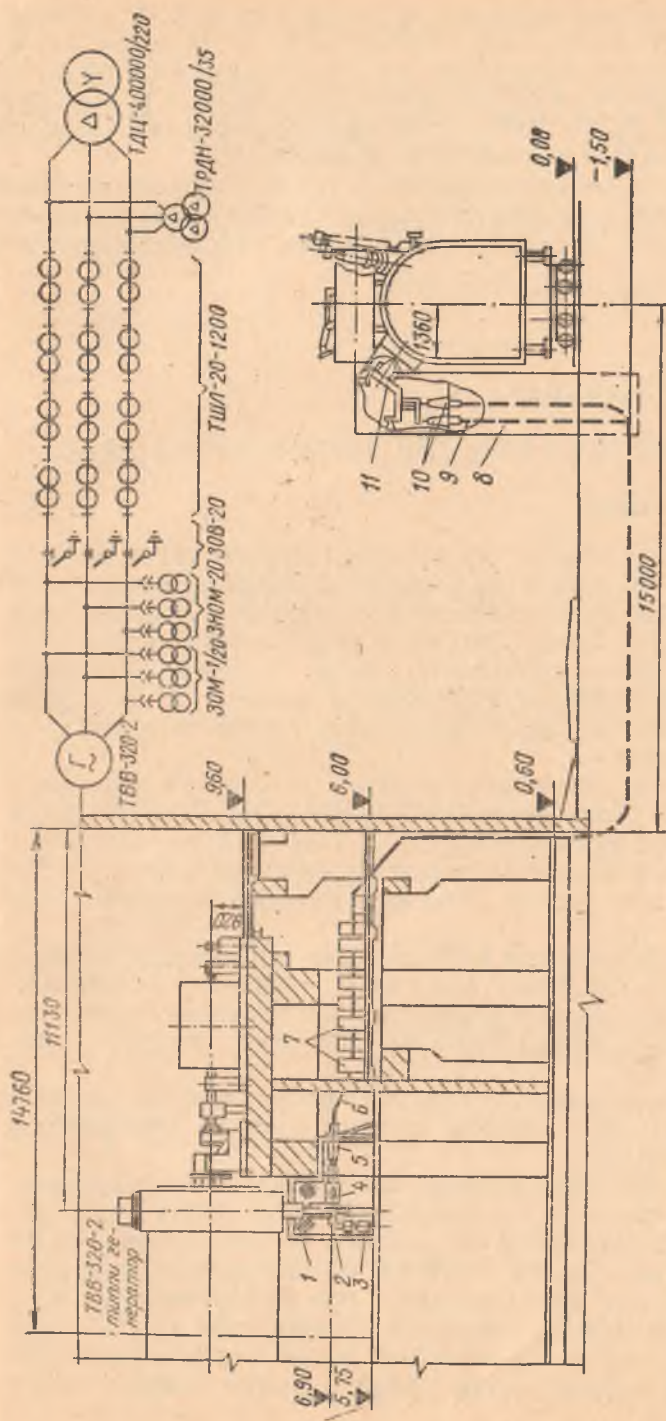
Генераторнинг виводлари кучланиш трансформаторлари ва ерга туташтирувчи ажратгичлар уланадиган қисқа қутисимон шиналар билан уланади. Ток трансформаторлари ТШЛ - 20 6.0 отметкада ўрнатилиб, улар орқали металл конструкцияларга маҳкамланган кабеллар ўтказилади (6.35-расм).

Кабелни ётқизишда капитал маблағ сарфлаш фазалари алоҳида экранланган ток ўтказувчидаги ҳолга қараганда камроқ бўлади, бироқ ток ўтказувчи то-



6.34-расм. 15 кВ токка мўлжалланган 20 кВ ли, сув билан совитиладиган кабель:

1 — мойни циркуляциялаш канали; 2 — 1209 мм² кесимли мис (сим); 3 — полиэтилен қобиқ; 4 — коллоид графит; 5 — ярим ўтказувчи резиналанган тўқима (мат); 6 — икки қаватли мис лентадан қилинган экран (тўсиқ); 7 — полихлорвинил пластикдан ясалган қобиқ.



6-35. расм. Кучайтүзүшү трансформаторли кабелли суз билан совитилдиген генераторни улаш:

1 — Генератор ичкилиги; 2 — кутисмон ички; 3 — кутисмон ички; 4 — суз тугаширги; 5 — Учларини улаш муфтали; 6 — суз билан совитилдиген кабель; 7 — ток трансформаторли; 8 — учларини улаш муфтали; 9 — кабелларинг ичкилиги; 10 — суз ичкилиги; 11 — трансформатори учун кабель; 10 — учларини улаш муфтали; 11 — кучайтүзүшү трансформатор ичкилиги улаш.

мирда, кабелнинг мис экранида ва атрофидаги металл конструкцияларда энергиянинг исроф бўлиши анча катта миқдорга эга (фазалари алоҳида экранланган ток ўтказувчига қараганда бир неча марта катта). Сув билан совитиладиган кабелни қўллаш фойдаланиш вақти $T_{\max} = 3000 \div 2000$ соатга тенг пик ёки ярим пик электр станциялар учун мақсадга мувофиқдир.

Генераторнинг занжирига выключатель ўрнатилганда кўп сонли қимматбаҳо учки муфталар қўлланиши сабабли сарф-харажат кўпаяди, натижада кабелли вариантни қўллаш мақсадга мувофиқ бўлмайди.

Еттинчи боб

ЁРДАМЧИ ҚУРИЛМАЛАР

7-1. ВИКЛЮЧАТЕЛЛАРНИ БОШҚАРИШ ВССИТА ВА СХЕМАЛАРИ

а) Умумий қоидалар

Бу параграфда нормал режимларда оператив қайта улашлар олиб бориш ҳамда авария ҳолатларини йўқотишда коммутацион аппаратларни (асосан выключателларни) масофадан бошқариш воситалари ўрганилади. Бошқарувчи командани оператор дастаки усулда беради ёки авария ҳолатларида (қисқа туташувни, генераторларнинг параллел ишлаш турғунлиги бузишини йўқотишда ва ҳ. к.) қайта улаш ишларини бажарадиган автоматик қурилмалар ёрдамида берилади.

Бошқариш системаларининг ишлаши сигнализация қурилмаларининг ишлаши билан бирга содир бўлиб, улар оператив ходимга асбоб-ускуналарнинг ҳолати ҳамда ҳимоя ва автоматиканинг ишга тушганлиги ҳақидаги керакли информацияни беради. Нотўғри операцияларнинг олдини олиш учун махсус блокировка кўзда тутилади.

Бошқариш, сигнализация ва блокировка қурилмалари тегишли таъминлаш манбалари билан бирга электр станция ва подстанцияларда иккиламчи занжирлар системасини ташкил этади. Бу системага яна автоматика, релели ҳимоя ва технологик контрол схемалари ҳам киради.

Иккиламчи занжирларнинг схемалари шартли белгилардан фойдаланиб тузилади; 7.1-жадвалда улардан энг кўп қўлланиладиганлари келтирилган.

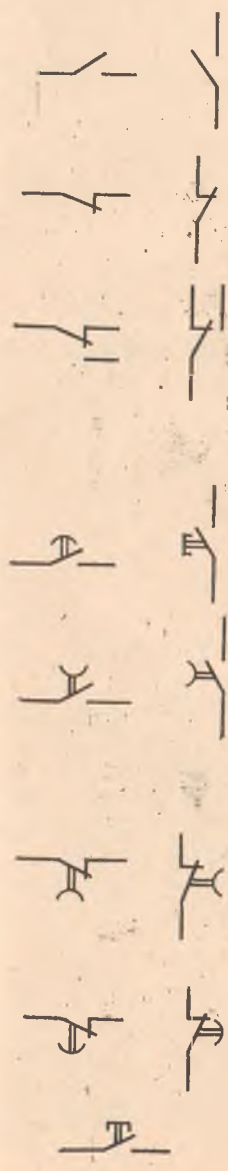
Иккиламчи схемаларни тузиш ва ўқиш учун реле ҳамда аппаратларнинг контактларини тасвирлаш қоидаларини ўзлаштириш лозим бўлиб, бу шундан иборатки, уларнинг ҳаммаси нормал ҳолат учун кўрсатилади. Нормал ҳолат деб контактларнинг реле чулғами ёки аппаратдан ток ўтмагандаги ҳолати тушунилади. Агар реле ёки аппарат чулғам орқали ток ўтганда ишга тушса, унда контактлар ўз ҳолатини қарама-қарши томонга ўзгартиради. Мураккаб схемаларда реле контактларини қурилма ишлашга тайёр

булгандаги ҳолатида тасвирлашга рухсат этилиб, бу ҳақда махсус айтиб утилади.

Оператор ходимнинг ишини енгиллаштириш учун коммутацион аппаратларни бошқариш органлари махсус бошқариш шчитларига ўрнатилади (6-4- §, б га қаранг). Бошқариш шчитининг аппарату-

7.1- ж а д в а л

Иккиламчи занжирларнинг схемаларидаги шартли белгилар



Коммутацион қурилмаларнинг контактлари:

туташирувчи

ажратувчи

қайта уловчи

Секинлаштиргич билан туташтирувчи контакт, у қуйидаги ҳолларда ишлайди:

ишга тушганда

қайтганда

Секинлаштиргич билан ажратувчи контакт, у қуйидаги ҳолларда ишлайди:

ишга тушганда

қайтганда

Туташтирувчи контактли кнопка

	Ёрдамчи контактлар; туташтирувчи
	ажратувчи
	Реле, контактор, электромагнит ва бошқаларнинг чулғами.
	Ток релеси (а), кучланиш релеси (б) нинг чулғами
	Схемаси мураккаб коммутацияли қайта улагичнинг контактлари
	Сигнал лампаси
	Ростланмайдиган резистор

раси виключатель ўрнатилган тақсимлаш қурилмаси билан кабель ёрдамида боғланади.

Виключателларни масофадан бошқариш системаларига қатор талаблар қўйилади:

бошқариш занжирлари виключателни бошқариш шчитидан ҳам, уни ўрнатилган жойидан ҳам узиш имкониятини бериши керак;

бошқариш шчитидан ва тақсимлаш қурилмасида виключателнинг ҳолатини билдирувчи сигнализация бўлиши шарт;

бошқариш (улаш ва узиш) занжирлари шу занжирларнинг узилганлиги ҳақида сигнал берувчи контрол қурилмага эга бўлиши керак;

бошқарувчи импульс иш бажарувчи элементдан команда бажарилганидан кейин олиниши керак, чунки электромагнит эритмаларнинг чулғамлар узоқ вақт ток ўтишига мўлжалланмаган;

бошқариш схемасида битта команда импульсида виключателнинг қисқа туташув пайтида кўп марта такрор уланиш имкониятини йўқотувчи, «сакраш» дан сақловчи блокировка назарда тутилиши керак;

схема фақат қўлда бошқариш имкониятинигина эмас, балки релели ҳимоя ва автоматика қурилмаларидан тегишли импульс беришини ҳам кўзда тутиши лозим;

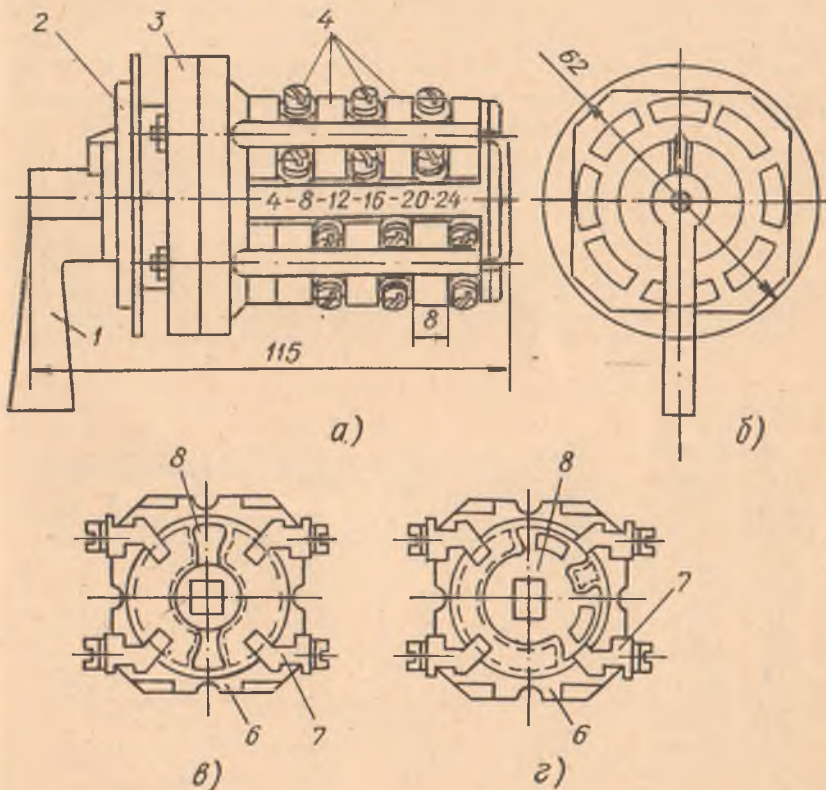
бошқариш шчитининг қурилмаси билан виключателни улайдиган контрол кабель томирларининг сони минимал бўлиши керак.

б) Бошқариш калитларининг тузилиши

Масофадан бошқариш командалари қўлда, одатда, бошқариш калитлари ёрдамида берилади.

Ватанимиз саноати ишлаб чиқарадиган ПМО калити мисолида калитларининг тузилиш хусусиятларини кўриб чиқамиз.

7.1-расмда шу группа калитларининг кўринишларидан бири ПМОВ калити («улаш» ва «узиш» оператив ҳолатларидан фиксацияланган нейтрал ҳолатга ўзи қайтувчи дастали кичик габаритли переключателнинг ташқи кўриниши) кўрсатилган.



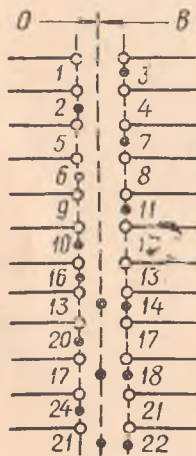
7.1- расм. ПМОВ-222555/ID62 бошқариш калити:

a — ёндан кўриниш; *б* — олд кўриниш; *в* — иккинчи пакет; *г* — бешинчи пакет; *1* — калит дастаси; *2* — олдинги фланец; *3* — қайтариш ва қайд қилиш механизми блоки; *4* — контакт пакетлар тўплами; *5* — тортувчи шилкалар; *6* — контакт тутқич; *7* — кўзгалмас контакт; *8* — марказий вал учун ичи тешик кўзгалувчан контактли кўприкча.

ПМО сериясидаги ҳамма калитлар стандарт деталлардан: контактли пакетлар, қайтариш ва фиксациялаш механизми, дастали олд фланецдан йиғилади. Контактли пакетлар — калитнинг муҳим деталлари ҳисобланади. Пакет (7.1- расм, в ва з) қўзғалмас контактлар маҳкамланадиган, пластмассадан қилинган контакт туткич ҳамда қўзғалувчан контактли кўприкчадан иборат. Контактлар шакли ва тагулаш тартибига қараб пакетга маълум номер берилади. Контактли пакетлар калит дастаси билан боғланган, пластмассадан тайёрланган кесими квадрат шаклидаги умумий марказий валга ўтказилади. Йиғилган пакетлар махсус шпилькалар ёрдамида тартиб қўйилади.

Дастатури ва пакетларнинг нейтрал вазияти даги схемалари (олд томондан)	0 В	4 1	8 5	12 9	16 13	20 17	24 21									
Даста тили ва пакетлар №	1Д62	2	2	2	5	5	5									
Контактлар №		1-3	4	5-7	8	9-11	12	13-15	16	17-19	20	21-23	24			
Нейтрал	↑	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	-	×	×	×
Улансин В	↗	×	-	×	-	×	-	-	×	-	-	-	-	×	-	-
Узилсин 0	↖	-	×	-	×	-	-	-	×	-	-	-	-	×	-	-

а)



б)

7-2- расм. ПМОВ-222555/1Д62 калитининг диаграммаси ва схемалари.

а — шакл 1 (× — калитнинг контактлари ёпик); б — шакл 2 (калит контактлари ёпилганда дастак ҳолати айланачалар билан кўрсатилган).

Айрим пакетларда қўзғалувчан кўприкча марказий вал билан бикр боғланган бўлиб, бошқаларида эса қўзғалувчан контакт турли бурчаклар (45, 90, 135°) остида эркин ҳаракатланади; иккинчи тип контактлар бошқариш калитининг дастаси бир неча вазиятларида ҳам дастлабки вазиятини сақлаши мумкин. Қўзғалувчан кўприкчалар бир-бирига ва дастага нисбатан турли бурчаклар остида валга ўтқазилиши мумкин. Пакетларнинг номери, қўзғалувчан контактлар шакли ва вазияти, калит дастасининг қўзғалиш характери бошқариш схемасига асосан танланади.

Виключателларни масофадан бошқариш схемаларини тузиш ва ўқишда бошқариш калити дастасининг турли вазиятларида контактларнинг вазиятини билиш керак. Бу тартиб калитнинг диаграммасидан аниқланади. Бундай диаграмма 7.2- расмда икки хил жадвал ва схема шаклида келтирилган.

ПМОВ калити дастанинг уч вазиятига: «улаш», «узиш» ва ўрта — нейтрал (фиксацияланган) вазиятига эга. ПМО калитларининг бир тури — ПМОФ калити (конструкциясига қараб) бир неча фиксацияланган вазиятларга эга, ПМОВФ калити эса иккита жойига қайтувчи вазиятидан ташқари, яна дастанинг тўртта фиксацияланган вазиятига эга. Шу калитнинг диаграммаси ҳамда пакетларнинг тайёрланиш тури 7.3- расмда кўрсатилган.

Электроустановкада ПМО калитлари билан бир қаторда К ва МК (кичик ўлчамли) серияли калитлар қўлланилади. Уларнинг тузилиш ва ишлаш принципи юқоридагиларга ўхшашдир.

Даста тури ва пакетларнинг "узилган" вазиятидаги схемалари (элементлар)																									
Даста тури ва пакетлар №		...Д120	1	3	3	6	6 ₃	10 ₂																	
Контактлар №			2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	
Даста-лар вазияти			2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10	9-11	10-12	11-13	12-14	13-15	14-16	15-17	16-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	
Узилган	0	←	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Олдин уланган	B ₁	↑	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Улансин	B ₂	↗	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
Уланган	B	↑	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Олдин узилган	O ₁	←	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Узилсин	O ₂	↙	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-

7-3- расм. ПМОВФ-13363₂10₂/Д120 калит пакетларининг диаграммаси ва схемалари.

Дастанни буриб бошқарувчи команда берилганда калит контактлари бошқариш схемаларининг ижро этувчи элементларининг тегишли таъминлаш занжири — выключатель юритмасининг электромагнитини туташтиради. Бу таъминлаш оператив токнинг махсус манбадан бошқариш шиначалари (ШУ) га, сўнгра айрим занжирларнинг аппаратларига келтирилади (7-3- § га қаранг).

Ҳозирги выключателларни бошқаришнинг энг характерли схемаларини кўриб чиқамиз.

в) Электромагнит юритмали выключателларни масофадан бошқариш

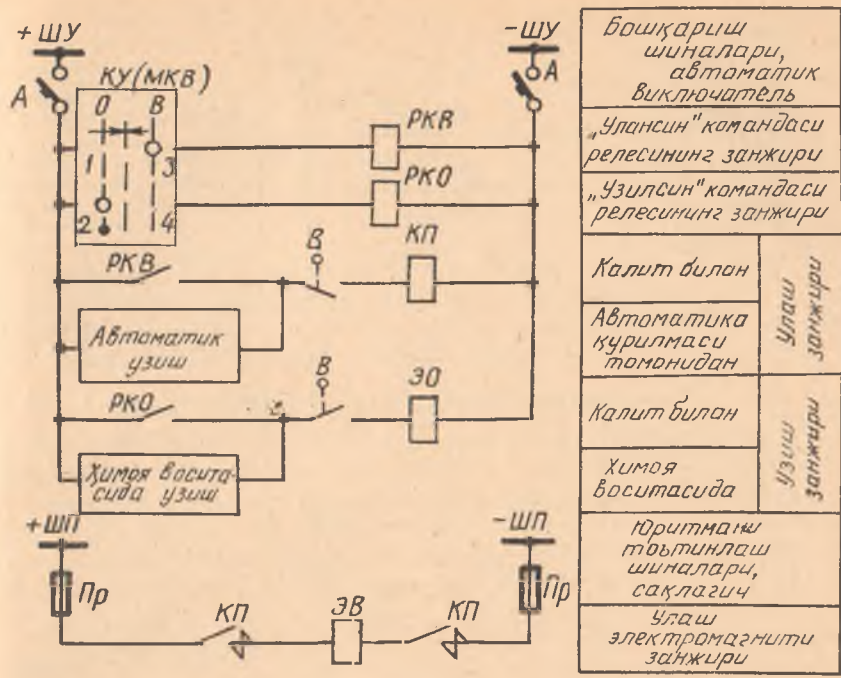
Электромагнит юритмали выключателларни бошқариш схемаларининг ижро этувчи элементлари улаш ЭВ ва узиш ЭО электромагнитларидан иборат. ЭВ электромагнители катта куч ҳосил қилиши керак, чунки выключателнинг контакт системасини ҳаракатлантиришдан ташқари у яна узувчи пружинани ҳам тортиши (кўтар иши) керак. Шунинг учун бундай электромагнитлар катта ток истемол қилади ва улар ШП юритманинг махсус таъминлаш шиначалари орқали таъминлаш манбаларидан таъминланади. Бошқариш калитининг контактлари ЭВ ни улаш ва узиш учун мўлжалланмаган. Бу операцияни, оралиқ контактор КП ўз контактлари ёрдамида бажаради, унинг ғалтаги улашга команда берилганда калитнинг туташадиган контактлари орқали бошқариш шиначаларидан таъминланади.

Узиш электромагнители ЭО юритманинг илгагини бушатиш учун хизмат қилади, сўнгра выключатель узувчи пружиналар ёрдамида узилади. Бунда электромагнитдан катта куч талаб этилмайди, у ихчам қилиб тайёрланади ва кам ток истемол этади. Шунинг учун ЭО бевосита калит контактлари орқали ёки бошқариш релеси орқали бошқариш шиначаларидан таъминланади.

7.4- расмда электромагнит юритмали ҳамда ПМОВФ (7.3- расмда калитнинг диаграммасига қаранг) калитли выключателларни бошқариш схемаси келтирилган. Схема выключатель узилгандаги нормал ҳолатида тасвирланган.

Выключателни улаш учун ПМОВФ калити ёрдамида икки приёмда (ҳаракатда) команда берилади: дастанни «узилган» вазиятидан «дастлабки улаш» вазиятига (дастлабки команда) ва «дастлабки улаш» вазиятидан «улаш» вазиятига (асосий команда) ўтказилади. Команда икки ҳаракатда бажарилганлиги учун хизмат қилувчи ходимнинг хато қилиш эҳтимоли камаяди. Команда берилгандан кейин ва калит дастаси бўшатишдан сўнг, у қайтариш механизми таъсирида «уланган» вазиятга ўтади.

«Улансин» командаси берилганда: +ШУ, бошқариш калитининг 5—8 контактлари, выключатель В нинг уланган ёрдамчи контактлари, оралиқ контактор КП нинг чулғами,— ШУ лар орқали занжир ҳосил бўлади. Оралиқ контактор КП нинг чулғами орқали ток ўтабошлайди, натижада унинг контактлари ЭВ таъминлаш занжирини улайди ва выключатель уланади.



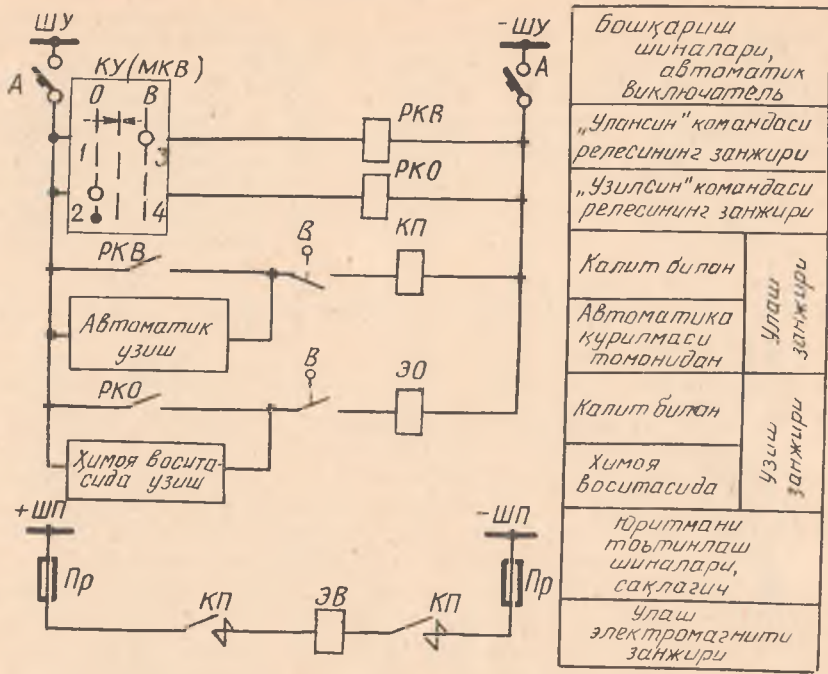
7-4- расм. Электромагнит юритма ва ПМОВФ калит орқали виқлючателни бошқариш схемаси.

Чиқиш контактлари бошқариш калитининг контактлари билан параллел уланадиган автоматик қурилмаси ишга тушганида виқлючатель худди шундай уланади.

Узиш командаси ҳам икки ҳаракатда амалга оширилади: «уланган» вазиятдан «дастлабки узилган» вазиятга (дастлабки команда) ва дастлабки «узилган» вазиятдан «узилсин» вазиятига асосий команда ўтади. «Узилсин» командаси берилгандан сўнг, калитнинг дастаси «узилган» вазиятга қайтади.

Узишга берилган команда занжири: +ШУ, калитнинг 6—7 контактлари, виқлючатель В нинг ёрдамчи контакти (виқлючатель уланганда туташган), электромагнит чулғами ЭО, —ШУ орқали ҳосил бўлади. Электромагнит ЭО нинг ўзаги тортилади, юритманнинг илғаги бўшайди ва виқлючатель узилади.

Электромагнитлар чулғамлари ЭВ ва ЭО нинг чулғамлари юқорида айтиб ўтилганидек, токнинг қисқа вақт ичида ўтишига мўлжалланган. Команда импульсининг қисқа вақт ичида таъсир этиши виқлючатель улангандан ёки узилгандан сўнг бошқариш занжирини ажратувчи, виқлючатель юритмасининг вали билан боғланган ёрдамчи контактлар В ни бошқариш занжирига қўшиш натижасида таъминланади. Виқлючателнинг етарли кучга эга бўлган ёрдамчи контактлари бошқариш занжирини узиш билан бир



7-5- расм. Электромагнит юритма ва МКВ калит орқали виключателни бошқариш схемаси.

вақтда бошқариш калитининг ёки реленинг контактларини ёхуд бошқариш командаси бажарилгандан сўнг токсиз ажратади, чунки бу контактлар ЭВ ва Э0 ғалтакларининг токини узишга мўлжалланмаган.

МҚ типидagi кичик габаритли калитлар ишлатилганда улаш ва узиш занжирилари реле контактлари: «улансин» команда релеси РКВ ва «узилсин» команда релеси РК0 ёрдамида туташади. Бунга МҚ калитнинг контактлари ПМО ёки К типидagi калитлардан фойдаланилган ҳоллардаги, каби бошқариш занжирини бевосита улашга мўлжалланмаганлиги сабабдир. Кичик габаритли калитларни қўллаш натижасида бошқариш пульталарининг габаритларини камайтириш мумкин, калитнинг контактлари ва реле чулғамининг занжириларидаги токнинг кичиклиги эса — бошқариш занжирида кичик кесимли, улайдиган контрол кабелни қўллаш имкониятини беради.

7.5- расмда электромагнит юритмали ва МКВ калитли (у ишлаш принципи бўйича ПМОВ калитига ўхшаш) виключателни бошқариш схемаси кўрсатилган.

Калитнинг дастасини «улансин» вазиятига (соат стрелкаси ҳаракати бўйича 45° га) буриб улашга команда берилади. Бунда РКВ чулғамининг таъминловчи занжири: +ШУ калитнинг 1—3 контактлари РКВ реле чулғами, —ШУ туташади. Реле ўз контакт-

ларини оралиқ контактор *КП* нинг чулғами занжирида туташтиради ва кейинчалик схеманинг ишлаши аввал кўриб ўтилган ПМОВФ калитли схеманинг ишлашидан фарқ қилмайди. Улаш команда-си берилгандан сўнг калит нейтрал вазиятга қайтарилади.

«Узилсин» командаси калитни тегишли вазиятга (соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда 45° га) буриш билан амалга оширилади. Бунда *РКО* релесининг чулғамини таъминлаш занжири ҳосил бўлади. *РКО* контактлари *ЭО* занжирни улайди, натижада виключатель узилади. Узишга команда берилгандан сўнг калитнинг дастаси нейтрал вазиятга қайтади.

Олдинги схемадагидек, бу схемада ҳам (7.5- расм) виключателни улаш учун автоматика қурилмасидан ва уни узиш учун релели ҳимоя қурилмасидан импульс бериш имконияти бор.

г) Ҳаво виключателларини масофадан бошқариш

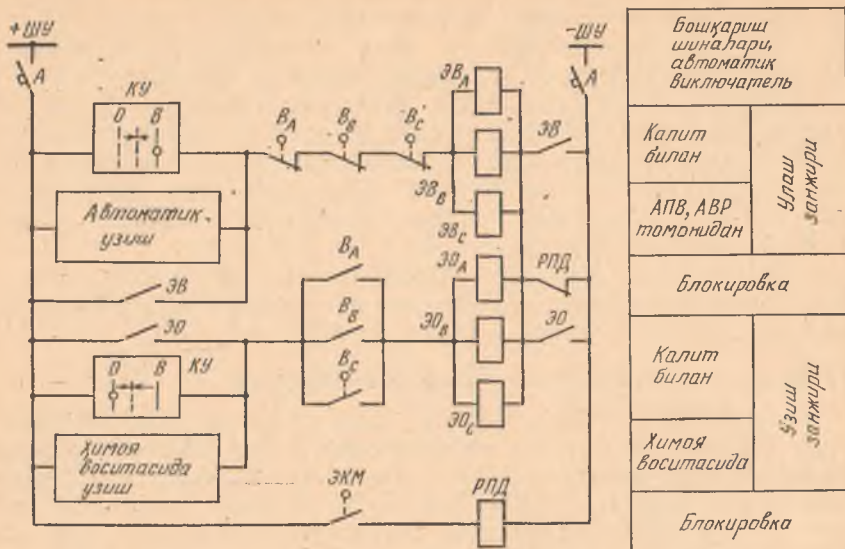
Ҳаво виключателларини улаш ишини сиқилган ҳаво бажаради. Ҳаво бериш системаси электромагнит клапанлар ёрдамида бошқарилади. Айрим виключателларни улаш учун бериладиган команда оралиқ контакторисиз, бевосита ПМО, К ва бошқа калитнинг контактларидан берилиши мумкин. Бошқариш схемаларида МК калитлар қўлланилганда ҳамма ҳолларда бошқаришнинг релели схемасини қўллаш талаб этилади.

Ҳаво виключателларини бошқариш схемаси турлича бўлиб, бунга қўлланиладиган виключателлар типининг турлича бўлиши, юритмаларнинг хусусиятлари, айрим ҳолларда эса энергосистеманинг ўзига хос талаблари сабабдир.

Номинимал кучланиш 110 кВ ва ундан юқори кучланишли виключателлар бир қутбли аппаратлар кўринишида тайёрланиб, улардан уч фазали группалар ҳосил қилинади. Виключателнинг ҳар бир қутби алоҳида пневматик системага эга бўлиб, у зарурийат туғилганда виключателни фаза бўйича улаш ва узиш имкониятини беради. Шу сабабли уч фазали ва бир фазали бошқариш схемалари мавжуд.

7.6- расмда қутби бўйича тайёрланган ҳаво виключателни бошқаришнинг соддалаштирилган уч фазали схемаси кўрсатилган. Ҳар бир қутб ўзининг *ЭВ* ва *ЭО* си билан бошқарилади. *ЭВ* ҳамма фазаларининг ғалтаклари параллел уланганлиги учун «улансин» командаси берилганда, улар бир вақтда таъминланади, шу сабабли виключателнинг уч фазаси бир вақтда уланади. *ЭО* нинг ғалтаклари ҳам худди шундай параллел бириктирилган.

Улаш занжиридаги виключатель уч фазасининг ёрдамчи контактлари кетма-кет уланиб, узиш занжиридагиси эса параллел уланган. Улаш занжирида ёрдамчи контактларнинг кетма-кет уланиши, бузилган виключателни улашга йўл қўймайди (тузук виключателнинг айрим фазаларининг ёрдамчи контактлари бир хил вазиятда бўлади). Узиш занжирида ёрдамчи контактларнинг параллел уланиши бир ёки икки фазанинг ёрдамчи контактлари ишламай қолган ҳолда ҳам виключателни узиш учун берилган команданинг ўтишига имкон беради.



76- расм. Ҳаво виключатели орқали уч фазали дистанцион бошқариш схемаси.

Виключателни улаш ва узлиш идишдаги ҳаво маълум босимда бўлгандагина рухсат этилади. Босимнинг катталиги электроконтактли манометр ЭКМ ёрдамида назорат қилиниб, у босим рухсат этилган катталикдан пасайганда, оралиқ реле РПД чулғамига кучланиш беради. Босимнинг пасайиш релеси РПД бошқариш занжиридаги ўз контактларини ажратиб виключателлар билан бўлагидан операцияларни тақиқлайди.

Улаш ёки узлиш процессининг бошида виключатель идишидаги ҳаво босими нормалга қараганда бир мунча камаяди. Шу пайтда реле РПД бошланган операцияни тўхтатмаслиги учун, унинг контакти фазалардан бирининг электромагнитининг ёрдамчи контакти билан шунтланади (уланганда ЭВ контакт билан, узилганда ЭО контакт билан).

Бошқариш калити операцияни тугаллаш учун етарли бўлмайдиган қисқа вақтли импульс берганда, виключатель бузилиши мумкин. Бошланган операцияни ишончли тугаллаш учун бошқариш калитининг контакти ЭВ ёки ЭО туташтирадиган ёрдамчи контактларидан бири билан шунтланади.

7.6- расмда кўрсатилган бошқариш схемаси автоматика ва ҳимоя қурилмаларидан бошқариш импульсини бериш имкониятини назарда тутди.

Бу схема қолган жиҳатлари бўйича электромагнит юритмали виключателлар учун юқорида қурилган схемалар билан бир хил.

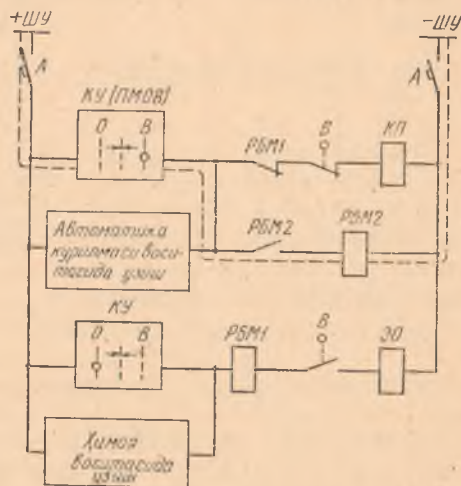
д) Включателни кўп марта уланиш («сакраш»)дан блокировкалаш

Электромагнит ва «пневматик юритмали» виключателларни ма-софадан бошқариш схемаларига қўйиладиган муҳим талаблардан бири мавжуд қисқа туташувдан ҳосил бўладиган кўп марта уланиш-дан блокировкалашни ал-батта қўллаш ҳисобланади («сакраш» дан блокиров-калаш).

«Сакраш» дан блокиров-калаш механик принципда ёки махсус электрик схе-мадан фойдаланиш йўли билан тайёрланиши мумкин 7.7- расмда махсус оралиқ реле *РБМ* дан фойдала-ниб «сакраш» дан элект-рик блокировкалаш схема-си тасвирланган. Реле ик-кита чулғамга: *ЭО* занжи-ридаги кетма-кет *РБМ1* ва параллел *РБМ2* га эга.

Виключателни бошқа-риш калити ёки автоматик қурилмалари билан қисқа туташувга уланса, шу ула-нишнинг релели ҳимояси ишга тушиб, виключателни узишга команда беради. Бир вақтда иккита команда мавжуд бўлиш ҳолати пайдо бўлади: калит контактлари (агар оператор калитнинг дастасини ҳали қўйиб юборишга улгурмаган бўлса) ёки автоматик улаш қурилмаси ёрдамида улашга ва релели ҳимоя кон-тактлари билан — узишга команда берилади. Викключатель юрит-масининг нотўғри ишлаши бу ҳолда реле *РБМ* ёрдамида блоки-ровкаланади.

Викключатель қисқа туташувга улангандан ва ҳимоя релеси ишга тушгандан сўнг узиш занжири: *+ШУ*, релели ҳимоя контакт-лари, *РБМ1* чулғами, викключатель *В* нинг ёрдамчи контактлари, *ЭО* узиш электромагнитининг чулғами, *-ШУ* ҳосил бўлади. Ви-кключателни узиш ва бир вақтнинг ўзида *РБМ* реленинг ишга ту-шиши содир бўлади. *РБМ* ишга тушиб, «улансин» командаси зан-жиридаги *РБМ1* нинг контактларини узади ва параллел чулғам *РБМ2* нинг ўзини-ўзи ушлаш занжиридаги бошқа жуфт контакт-ларни туташтиради, натижада калитнинг «улансин» ҳолати сақ-лангунча ёки автоматик улаш қурилмасининг контактлари туташган ҳолда тургунча, викключатель узилгандан сўнг бутун вақт давомида реленинг тортилган ишга шай ҳолатини таъминлайди. *РБМ* реле *РБМ1* контактлари билан улаш занжирини блокировкалайди ва

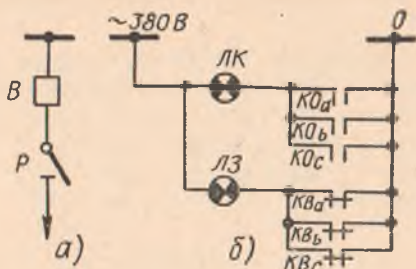


7.7- расм. «Сакраш»дан блокировкалаш қу-рилмасининг принципиал схемаси (виключа-тель қ. т. да уланганда *РБМ* релесини тор-тиб турган ҳолатдаги занжири пунктир чизиқ билан кўрсатилган).

виключателнинг қайта улашишига йўл қўймайди. Улашга берилган команда олингандан сўнг (масалан, калит дастаси қўйиб юборилади) бошқариш схемаси дастлабки ҳолатига қайтади.

7-2. СИГНАЛИЗАЦИЯ ВА БЛОКИР-ОВКАЛАР

Умумий ҳолда бошқариш шчитларида сигнализациянинг қуйидаги турлари бўлиши керак: коммутацион аппаратлар ҳолатининг сигнализацияси, авария сигнализацияси огоҳлантирувчи ва команда берувчи сигнализация.



7-8- расм. Ажраткич ҳолатини фаза бўйича дистанцион юритма ёрдамида ёруғлик орқали сигнализация қилиш схемаси:

а — тушунтириш схемаси; б — иккиламчи занжирлар схемаси.

а) Коммутацион аппаратлар ҳолатининг сигнализацияси

Коммутацион аппаратлар (виключателлар, ажраткичлар ва уларни ерга туташтирувчи пичоқлари) ҳолатининг сигнализацияси нормал ва авария шароитларида электрик улашишлар схемаларининг ҳолати ҳақида оператор ходимга ахборот бериш учун хизмат қилади ва у турли усулларда амалга оширилиши мумкин. 7.8-расмда фазалар бўйича бошқариладиган (220—750 кВ) ажраткичлар учун уларнинг ҳолатини билдирувчи ёруғлик сигнализациясининг принципиал схемаси келтирилган.

Ажраткичнинг ҳар бир фазаси электр двигателли ПДН типдаги юритма билан ҳаракатга келади. Сигналловчи лампалар: қизил («уланган») ва яшил («узилган») масофадан бошқариш пультага ўрнатилади.

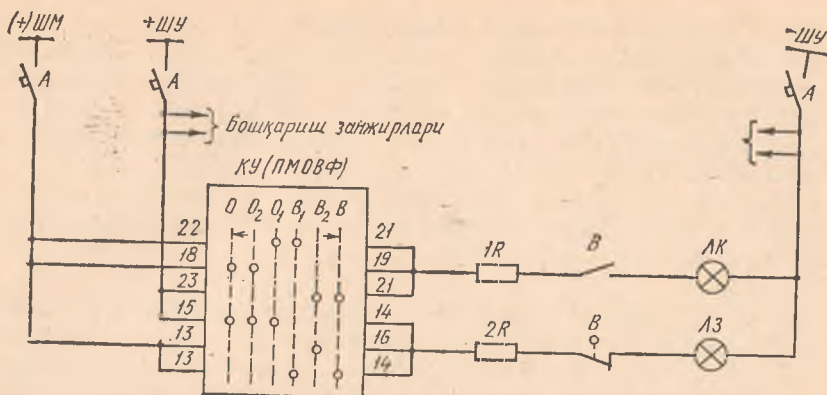
Ажраткичнинг узилган вазиятида ёрдамчи контактлар *KB* ёпиқ бўлади ва яшил сигнал лампаси ёнади. Уланган вазиятида ёрдамчи контактлар *KO* ёпиқ бўлади ва қизил сигнал лампаси ёнади. *KB* ва *KO* контактлари юритма билан боғланган бўлиб, ажраткичнинг четки (уланган ва узилган) вазиятларида уланади.

Виключателларнинг вазиятини сигналлаш, одатда сигнал лампалари ёрдамида амалга оширилади.

Сигнал лампалари бевосита бошқариш калити олдида жойлаштирилади ёки шчитнинг мнемоник схемасига уланади.

Вазиятларнинг ёруғлик сигнализацияси виключателни бошқаришнинг қабул қилинган схемасига қараб, турлича амалга оширилади.

7.9- расмда ПМОВФ калитидан фойдаланилгандаги сигнализация схемаси келтирилган. Бу схемада сигнализация занжиридаги тайёргарлик қайта улашлари калит контактлари ёрдамида бир вақтда команда бериш билан амалга оширилади виключатель ва-



7-9- расм. ПМОВФ калитидан фойдаланиб виключатель ҳолатини сигнализация қилиш схемаси.

зиятининг ўзгариши эса виключателнинг ёрдамчи контактлари томонидан қайд қилинади. Сигнал лампалари бошқариш занжирлари таъминланувчи ўша шиначалардан таъминланади.

Виключателнинг асосий «уланган» ва «узилган» вазиятлари калит дастасининг вазияти викключатель контактларининг вазиятига тўғри келганда амалга оширилади. Масалан, агар калит узилган» ва викключатель узилган вазиятда бўлса, унда схемада (7.9-расм) +ШУ калитнинг 15—14 контактлари, резистор 2R викключатель B нинг нормал ёпиқ ёрдамчи контакти, ЛЗ яшил лампаси, —ШУ занжир ҳосил бўлади. Яшил лампа бир хил ёруғликда ёнади. Қизил лампа занжири узилган бўлади.

Агар калит «уланган» вазиятда бўлса ва викключатель уланган бўлганда сигнализация занжири +ШУ, калитнинг 23—21 контактлари, резистор 1R викключатель B нинг ёрдамчи контакти (викключатель уланганда ёпилади), ЛК лампаси — ШУ ҳосил бўлади. Қизил лампа бир хил ёруғликда ёнади.

Викключателлар автоматик уланган ва узилганда операторнинг диққатини тортиш учун сигнал лампалари липиллаб ёнадиган қилинади (агар викключатель уланган бўлса, қизил лампа липиллайди, автоматик узилганда эса яшил лампа липиллайди).

ПМОВФ калити қўлланилган ҳолда калитнинг вазиятлари билан викключатель контактларининг вазиятлари бир-бирига тўғри келмаслигидан фойдаланиб схема тайёрланади (масалан, калит «уланган», «дастлабки уланган» вазиятларда, викключатель эса узилган ёки калит «узилган», «дастлабки узилган» вазиятларда, викключатель эса уланган).

Калитнинг «уланган» ва викключателнинг узилган вазиятларида ток: (+)ШМ калитнинг 13—14 контактлари, 2R резистори, викключатель B нинг ёрдамчи контактлари, ЛЗ лампаси, —ШУ занжиридан ўтади. Яшил лампа липиллаб ёнади.

Калитнинг «узилган» вазияти ва викключателнинг уланган вазияти ток: (+)ШМ калитнинг 18—19 контактлари, 1R резистори,

виключатель *B* нинг ёрдамчи контактлари, *ЛК* лампаси, — *ШУ* занжирдан ўтади. Қизил лампа липиллаб ёнади. Бошқариш калитининг «дастлабки уланган» ва виключателнинг узилган вазиятларида ҳам яшил лампа липиллаб ёнади, қизил лампа эса бошқариш калитининг «олдидан узилган» ва викключателнинг уланган вазиятида липиллайди.

Кўриниб турибдики, юқоридаги схема бошқариш пунктдан викключателнинг ҳамма вазиятларини аниқ қайд қилиш ҳамда бошқариш командаларининг бажарилишини контрол қилиш имкониятини беради.

ПМОВ, ҚВ ва МКВ типдаги калитлар қўлланилганда викключателнинг вазиятларининг сигнализация схемаси муҳим фарқларга эга бўлиб, улар нейтрал вазиятдан бошқа қайд қилинган вазиятларга эга эмас ва вазиятларнинг сигнализация занжирларини бевосита ҳосил қилиш учун мўлжалланмаган. Бу ҳолда сигнализация учун командани қайд қилувчи махсус релелар *РФК* қўлланилади.

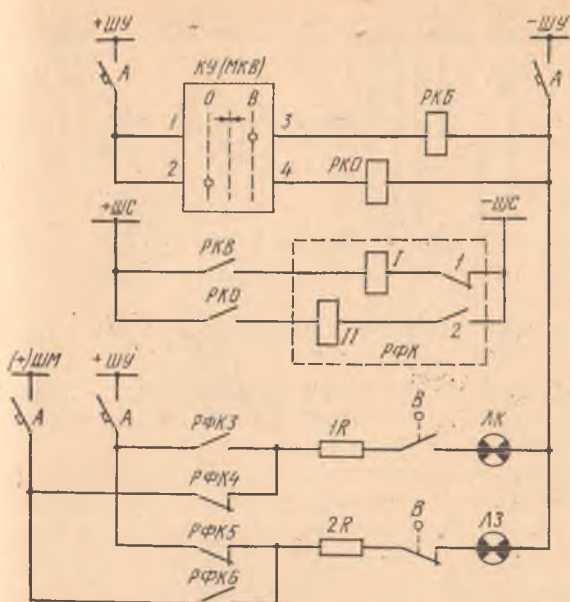
РФК релесидан фойдаланилгандаги викключатель вазиятларининг сигнализация схемаси мисол тариқасида 7.10-расмда кўрсатилган. Бу ҳолда викключатель *МКВ* типдаги калит ёрдамида бошқарилади.

Қайд қилиш релеси сифатида икки чулғамга эга бўлган икки позицияли реле қўлланилиб, чулғамлар ёрдамида реленинг якори истаган иккита қайд қилинган вазиятларга қайта уланади. *РФК* релени қайта улаш учун занжирдаги контакти ёпиқ чулғамга импульс берилади. Чулғамдан ток ўтишида *РФК* якори ўз вазиятини ўзгартиради ва ўз контактларини қайта улайди. Реле контактларининг янги вазияти ток ўтишига тайёрланган иккинчи чулғамга импульс берилганига қадар сақланади. Шу импульс берилганда реле дастлабки вазиятига қайтади ва ҳоказо.

7.10-расмда кўрсатилган схеманинг вазияти викключателнинг узилган вазиятга тўғри келади. Бир хил ёруғликда ёнувчи яшил лампанинг таъминловчи занжири *+ШУ*, *РФК5* нинг ёпиқ контактлари *2R* резистори, викключатель *B* нинг ёрдамчи контактлари, *ЛЗ* лампа — *ШУ* ҳосил қилинган.

Бошқариш калитининг контактлари 1—3 дан «улансин» командаси берилганда *РКВ* релеси чулғамининг занжирини улаб, *РФК* релесининг чулғами 1 ни таъминлайди (*+ШС*, *РКВ* контактлари, *РФК* нинг чулғами 1, *РФЕ1* нинг кетма-кет контактлари — *ШС*). *РФК* релеси 2, 3, 6 контактларини ёпиб, 1, 4, 5 контактларини очиб, якорни иккинчи қайд қилинган вазиятга ўтказади.

Улаш операцияси тугаллангандан сўнг *B* нинг ёрдамчи контактлари ўз вазиятини ўзгартиради ва қизил лампани таъминлаш занжири: *+ШУ*, *РФК3* контактлари, *1R* резистори, викключатель *B* нинг ёрдамчи контакти, *ЛК* лампа, — *ШУ* ни ҳосил қилади. Қизил лампа бир текис ёнади. Команда бажарилганлиги ҳақидаги сигнал ҳосил бўлгандан кейин калитнинг дастаси қўйиб юборилса ҳам сигнализация схемасида ўзгариш содир бўлмайди. Викключатель



Бошқариш шиналари ва автоматик виключатель
Командалар калити ва релеси
Сигнализация занжирларини таъминлаш шиналари
Команда импульсини қайд қилиш релеси
Сигнал лампаларини таъминлаш шиналари
Виключателлар вазиятини сигналлаш лампалари

7-10- расм. Релели бошқариш схемасидан фойдаланилганда виключателнинг ҳолатини сигнализация қилиш схемаси.

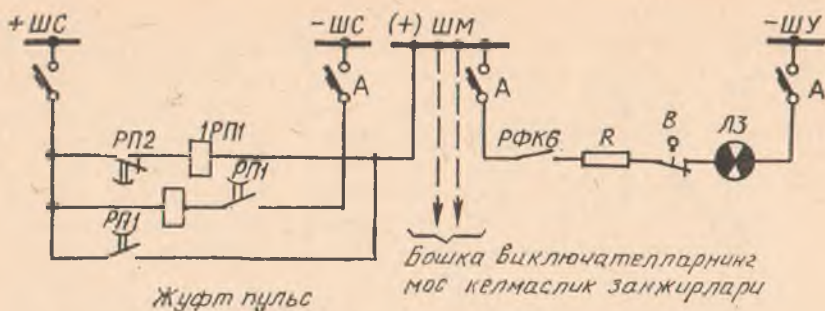
тель уланган вақт давомида қизил лампа ёниб тураверади. Виключатель автоматик узилганда ҳимоя таъсирида яшил лампа РФК6 контакти орқали липилловчи яшил ёруғликда ёнади

Калитнинг контактлари узишга команда берганда РКО релеси ишга тушиб, ўзининг контактлари билан РФК чулғами II нинг занжирини улайди. РФК релеси ишга тушиб, 1, 4, 5 контактларни ёпади ва 2, 3, 6 контактларни очади. Виключатель В узилгандан сўнг юқорида кўриб ўтилган «узилган» вазиятнинг сигнализация занжири ҳосил бўлади. Виключатель автоматик уланганда, масалан, АВР таъсирида, қизил лампа РФК4 контактлари орқали линияловчи ёруғликда ёнади.

7.9- ва 7.10- расмларда келтирилган схемаларни қиёслаш ПМОВФ типдаги калитларни қўллашда МКВ калитидан фойдаланишдаги қараганда пултдаги калитни сигнализация қурилмалари билан улайдиган симлар кўп миқдорда талаб этилишини кўрсатади. Бундан ташқари, ПМОВФ калити турли хилдаги пакетларнинг катта наборига эга бўлиши керак. Кўп сонли ПМОВФ калитларини жойлаштириш, шунингдек, бошқариш шчитининг габаритининг ортшига олиб келади. Шунинг учун ПМОВФ ни виключателлар сони кўп бўлмаганда қўллаш тавсия этилади.

б) Виключателларни аварияда узиш сигнализацияси.

Сигнализациянинг бу тури виключателнинг релели ҳимоя ёрдамида узилганлиги ҳақида операторга хабар бериш учун қўлланилади ва ёруғлик ҳамма овоз сигналлари билан биргалик да амал



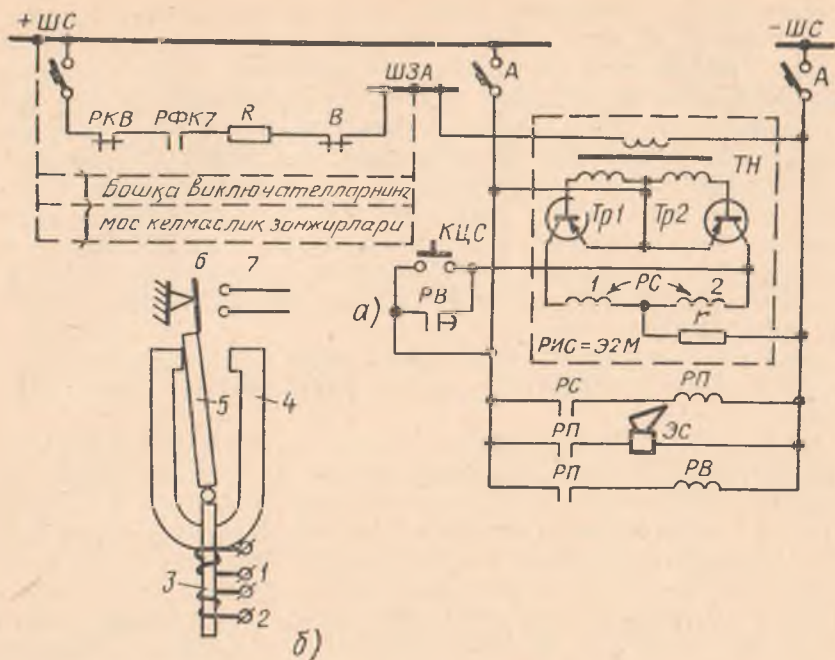
7-11- расм. Ёруғлик авария сигнализациясининг занжирларини ҳосил қилиш схемаси.

га оширилади. Овоз сигналининг вазифаси операторнинг эътиборини узилиш содир бўлганлигига қаратиш, ёруғлик сигналининг вазифаси — узилган аппаратни кўрсатишдир.

Индивидуал авария сигнализацияси бошқариш калити вазиятининг (қайд қилиш релесининг) виключатель вазиятига тўғри келмаслик принципида тузилган. Аварияда ёруғлик сигнали бериш учун юқорида кўрилган (7.9, 7.10- расм) викключатель вазияти ёруғлик сигнализацияси занжирдан фойдаланилади. Викключатель авариядан олдин уланган бўлади ва вазият сигнализацияси схемаси бу ҳолатни қизил лампанинг бир текис ёниши билан қайд қилади. Викключатель авария туфайли узилганда унинг ёрдамчи контактларининг схемадаги вазияти ўзгариб, тўғри келмаслик занжирни ҳосил бўлади ва яшил лампа липиллаб ёнади.

Бу занжирларни таъминлаш учун бошқариш шчитиди ёруғликни липиллатувчи умумий установка ҳосил қилинади. 7.11- расмда секин очилиб (*РП1* реле) ва секин ёпиладиган (*РП2* реле) контактларга эга бўлган иккита оралиқ реле *РП1* ва *РП2* ли жуфт-пульсининг (пульс-пара) шу мақсад учун қўлланиши кўрсатилган.

Жуфт-пульс бериш учун шу шчитдан бошқариладиган исталган викключатель вазиятининг сигнализация схемасида тўғри келмаслик занжирини ҳосил қилинади. Бундай занжир ҳосил қилишда (7.11- расм) сигнал лампаси —ШУ ва (+) ШМ шиначаси ўртасида уланган бўлиб, *РП1* чулғамида ва резистор *R* даги кучланиш паяйиши натижасида, амалда ёнмайди. *РП1* реле чулғамидан ток ўтиб, у ишга тушади, *РП2* чулғамини таъминлаш занжирига улайди ва бир вақтда шинача (+) ШМ га плюс пульс узатади. Сигнал лампа тўлиқ чўғланиб ёнади. *РП2* реленинг контактлари *РП1* реледан кучланишни узади. Бироқ *РП1* реленинг контактлари маълум вақтгача ёпиқ ҳолатда бўлиб, буни лампанинг тўлиқ чўғланиши давом этишидан аниқланади. *РП1* реленинг контактлари очилиши билан шинача (+) ШМ дан пульс олинади. Танаффус давомийлиги *РП2* реле билан таъминланиб, чулғамдаги кучланиш йўқолгандан сўнг у ўз контактларини секин ёпади. *РП2* реленинг контактлари ёпилганидан сўнг схема ишининг янги цикли бошланади.



7-12- расм. Товушли авария сигнализацияси занжирлари:

а — схемаси; б — РС релеси.

Калит ёки *РФК* релени «узилган» вазиятга олиб келиш билан индивидуал авария ёруғлик изоляциясининг сигнал таъсири туғайди. Бу операция сигнални квитишлаш деб юритилади.

Индивидуал ёруғлик сигнали билан бир вақтда умумий авария овоз сигнали ишга тушади. 7.12- расмда импульсли сигналлаш релеси РИС-Э2М ёрдамида ҳосил қилинган авария овоз сигнализациясининг схемаси кўрсатилган. Бу реленинг асосий элементлари: қутбланган сигнал релеси РС, кучланиш трансформатори ТН ва иккита транзисторли қайта улагич Тр1 ва Тр2 дан иборат. Қутбланган реле РС доимий магнит 4, ҳаракатланувчи якор 5 ва контакт кўприкча 6 ли ўзак 3 дан, бошқариш чулғамлари 1 ва 2 ҳамда контактлар 7 дан иборат. Доимий магнит якорни икки четки вазиятда тутиб туриш учун хизмат қилади. Реле шундай ишланганки, бунда чулғамларидан бири доимий магнит оқими йўналишига тўғри келадиган магнит оқими ҳосил қилса, иккинчи чулғами эса тескари йўналишдаги оқим ҳосил қилади. Якорнинг вазияти тегишли бошқариш чулғами (1 ёки 2) га ток берилганда ўзгаради. 7.12- расм виключателни бошқариш учун МКВ калитидан фойдаланишдаги авария овоз сигнализациясининг ишини тушунтиради. Виключатель уланганда *РФК7* реленинг контактлари ёпилади ва *В* нинг ёрдамчи контакти очилади. Виключатель ҳимоя орқали узилса, *В* нинг ёрдамчи контакти уланади, *РФК7* нинг

контактлари эса ёпиқлигича қолади, яъни виключателнинг вазиятлари билан *РКФ7* реле контактларининг тўғри келмаслиги ҳосил бўлади. Авария овоз сигнализацияси шиначаси *ШЗА* га пульс келади ва *ТН* нинг бирламчи чулғами орқали *РИС-Э2М* реледан ток ўтабошлайди. Чулғамдаги токнинг нолдан то турғун ўзгармас миқдоригача ўзгаришига тўғри келадиган ўткинчи процесс *ТН* нинг иккиламчи чулғамида кучланиш импульсининг пайдо бўлишига олиб келади. Бунда транзистор *Тр1* очилади ва бошқариш чулғами *1* орқали ток ўтиб, у реле *РС* ни ишга тушиши билан контактлар *7* нинг ёпилишига олиб келади. *РС* контактлари *РП* чулғамининг занжирини улаб, унинг ишга тушиши *ЭС* сиренасининг ишлашига олиб келади.

РКВ реле контактларининг тўғри келмаслик занжирига улашиши «улансин» командаси берилганда унинг нотўғри ишлашининг олдини олади.

Овоз сигнали *РС* реленинг чулғами *2* га ток берилиши билан тўхтади. Бу сигнални марказий тўхтатиш кнопкаси *КЦС* ни қўлда босиш билан ёки сигналнинг давомийлигини чеклаш релеси *РВ* нинг контактларидан автоматик амалга оширилади. Овоз сигнали шунингдек, бошқариш калитини квитирлашда ҳам тўхта-тилади. Бунда тўғри келмаслик занжири узилади ва *ТН* нинг иккиламчи чулғамида тескари қутбли импульс трансформацияланиб, у транзистор *Тр2* ни очади, бу реле *РС* ни аввалги ҳолатига қайтаради.

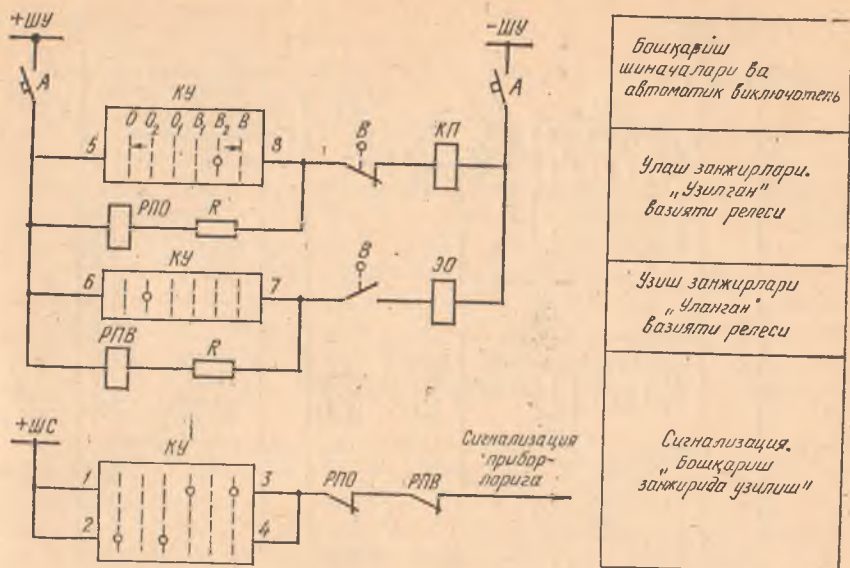
Биринчи виключателнинг бошқариш калитини квитирлашдан олдин иккинчиси ва ҳоказолари ҳам аварияли узилса, *РИС-Э2М* реле такрор сигнал бериши ҳам таъминлайди. Янги тўғри келмаслик занжири биринчига параллел уланади, умумий занжирнинг қаршилиги ўзгаради, бу эса *ТН* чулғамдаги токнинг ортишига олиб келади. Ўткинчи процесснинг импульси иккиламчи чулғамда трансформацияланиб, *РС* релени янгидан ишга туширишга сабаб бўлади ва ҳ. к.

в) Огоҳлантирувчи сигнализация

Сигнализациянинг бу кўриниши контрол қилинаётган объектлар ва электроустановкалар қисмларининг нормал бўлмаган ишлаши ҳақида ёки ҳимоя ва автоматиканинг иккиламчи занжирларини нормал бўлмаган ҳолати ҳақида операторга хабар беради.

Бу турдаги сигнализациянинг ишлаш принципи авария сигнализациясининг (ёруғлик ва овоз сигнали) ишлаш принципига ўхшашдир. Огоҳлантирувчи овозли сигнал аварияда бериладиган овозли сигналнинг оҳангидан фарқланади (одатда қўнғироқ қўлланилади). Контрол қилинувчи параметрлар сони кам бўлганда фақат ёруғлик сигнализациясига рухсат этилади.

Виключателни бошқариш занжирини контрол қилишни огоҳлантирувчи сигнализациянинг мисоли сифатида кўрсатиш мумкин бўлиб, унда кейинги операциянинг занжирини контрол қилиш кўзда тутилади (уланган виключателда узиш занжирининг қаршилиги, узганда улаш занжири контрол қилинади).

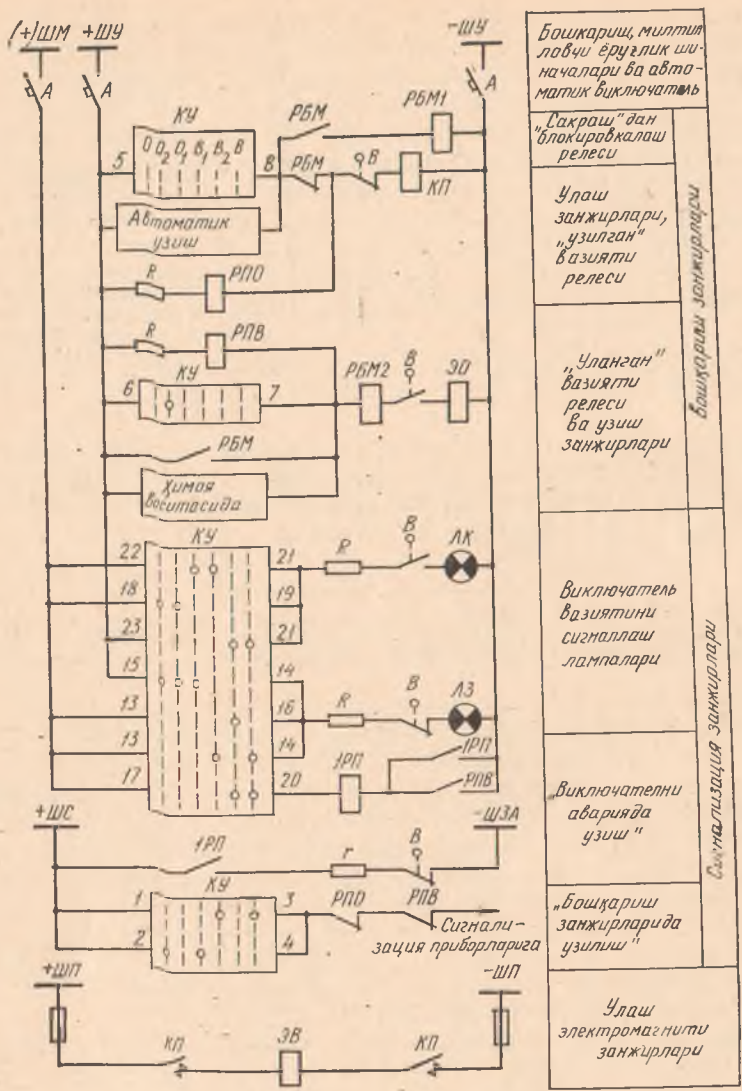


7-13- расм. Виключателни бошқариш занжирларининг узилганлигини огоҳлан-тирувчи сигнализациyani ишга тушириш схемаси.

7.13- расмда бошқариш занжири узилган вазиятда (ПМОВФ ка-литли схема) огоҳлантирувчи сигнализация курилмасини ишга ту-ширишнинг принципаал схемаси кўрсатилган. Бошқариш занжир-ларини контрол қилиш учун иккита оралиқ реле қўлланилган: ви-ключателнинг уланган вазиятини қайд этувчи «уланган» вазият-нинг релеси РПВ ва виключателнинг узилган вазиятини қайд-этувчи ҳамда улаш занжирини контрол қилувчи РПО релеси. Бу релеларнинг занжирида РПО ва РПВ релеларининг чулғамлари қисқа туташиб қолганида КП контакторининг ёки узиш элек-тромагнитининг нотўғри ишга тушишининг олдини олувчи қў-шимча резисторлар R ўрнатилади.

Бошқариш занжирларини узиш сигнализациясининг ишга ту-шиши кетма-кет уланган РПВ ва РПО релеларининг ажратувчи контактлари орқали содир бўлади. Бошқариш занжирлари тузук бўлганида релелардан бирининг чулғамидан ток ўтади, иккинчи-синикидан эса ўтмайди. Натижада сигнал бериш занжири узоқ бўлади. Кейинги операцияларда занжир узилса, иккала реленинг чулғамидан ток ўтмайди ва сигнализация ишга тушади.

Кўриб ўтилган сигнализация турларидан ташқари электр стан-ция ва подстанцияларда, шунингдек, релели ҳимоя ва автоматика курилмаларининг ишлашини контрол қилувчи сигнализация шун-нингдек, эксплуатация процессида агрегатларни бошқарувчи шчит-ларга қараб турган операторга эга муҳим командаларни бериш учун хизмат қиладиган команда берувчи сигнализация қўлланилади.



Бошқариш, мийтил ловчи ёруғлик шиначалари ва автоматик виқлючателни	
"Сакраш" дан блоқирдалаш релеси	Бошқариш занжирлари
Улаш занжирлари, "узилган" вазияти релеси	
"Уланган" вазияти релеси ва узилш занжирлари	Сигналлизация занжирлари
Виқлючатель вазиятини сигналлаш лампалари	
Виқлючателни аварияда узилш"	
"Бошқариш занжирларида узилш"	
Улаш электромагнети занжирлари	

7-14- расм. ПМОВФ калитли виқлючателни бошқариш ва сигналзация қилишнинг умумий схемаси.

Бу бобда коммутацион аппаратларни бошқариш схемаларини ва сигналзациянинг ҳар хил турларини амалга оширишнинг асосий принциплари кўриб ўтилди. Бу схемаларнинг мажмуаси виқлючателни бошқариш ва сигналлашнинг умумий схемасини ташкил этади. 7.14- расмда мисол тариқасида виқлючателни бошқариш ва сигналлашнинг умумий схемаси кўрсатилган.

г) Блокировкалар

Блокировкалар асосан икки хил бўлади: хавфсизлик блокировкалари ва оператив блокировкалар.

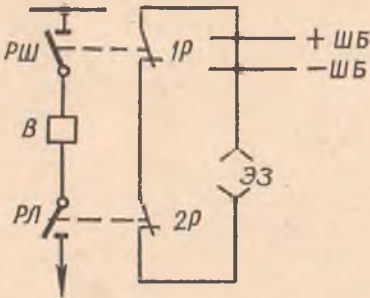
Хавфсизлик блокировкалари деб эксплуатация ва ремонт ходимларини тақсимлаш қурилмаларига ёки синов асбоб-ускуналар камерасига киришини огоҳлантирувчи қурилмаларга айтилади, уларда ток ўтказувчи қисмларга ёки кучланиш остидаги асбоб-ускуналар қисмига тегиб кетиш ёки яқинлашиш эҳтимоли бўлади.

Бундай камераларнинг блокировкаловчи қурилмалари сифатида қўпинча электрик қулфлар қўлланилиб, уларни фақат асбоб-ускуналардан кучланиш олингандагина очиш мумкин. Синов камераларининг юқори вольтли асбоб-ускуналарини таъминлаш занжири, одатда, эшик очилганда автоматик ажрайдиган ёрдамчи контактлар билан жиҳозланади.

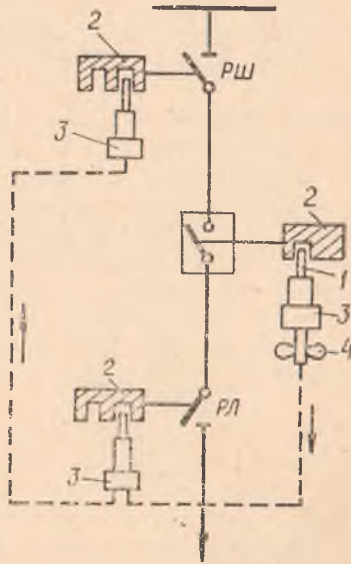
7.15- расмда асбоб-ускуналарда кучланиш бўлганда камерага ходимларнинг киришига йўл қўймайдиган электрик қулф ЭЗ ни таъминлаш схемаси келтирилган. Қулфни таъминлаш электрик занжири ажратгичлар 1P ва 2P нинг нормал ёпиқ контактларига эга. Камерага фақат 1P ва 2P ларнинг вазияти бир вақтда узилган ҳолдагина кириш мумкин.

Асбоб-ускуна арава ғилдиратиб чиқарилгандан сўнг, КРУ камерасидаги кучланиш остида турган қисмлар автоматик ёпилувчи махсус металл пардалар ёрдамида тўсилади ва уларга қўл тегиб кетиш имконияти йўқолади.

Оператив блокировкалар электрик уланишларнинг схемаларидаги қайта уланишларни амалга ошираётган ходимнинг нотўғри ҳаракатига тўсиқлик қилувчи қурилмалардир.



7.15- расм. Хавфсизликни блокировкалаш схемаси.



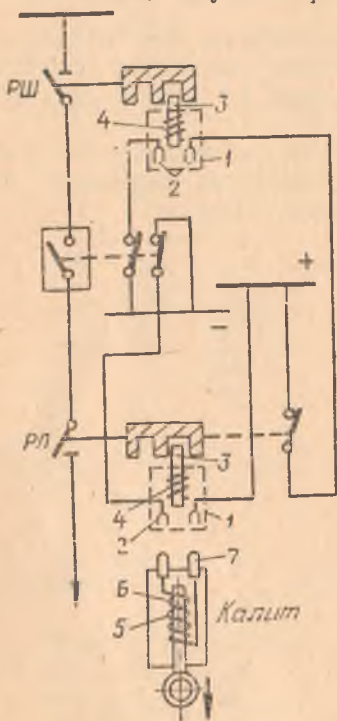
7.16- расм. Ажратгичларни механик ҳолда қулфлаб блокировкалашнинг принципиал схемаси.

Оператив блокировкаларнинг энг характерли турига ажратгичлар билан бўладиган нотўғри операцияларни блокировкалаш киради.

Механик ва электромагнит блокировкалар энг кўп қўлланилади.

7.16- расмда бир системали йиғма шинали схемада линиянинг ажратгичларини механик қулфлаш йўли билан блокировкалашни амалга ошириш мисоли кўрсатилган. Ҳар бир ажратгич ва виключатель ўзининг беркитувчи қулфларига эга бўлиб, у корпус 3 ва туртиб чиққан қисми 1 бўлган қўзғалувчан стерженьга эга. Стержень блокировкаланаётган аппаратнинг юритмаси 2 нинг тўхтатиш тешигига киради. Корпус ичида турувчи қўзғалувчи стерженьнинг иккинчи учига кўчма калит 4 нинг ўйиғига тўғри келадиган махсус чиқиқлар бор. Қайд қилувчи стержень ўзи учун мўлжалланган тешикка кирган пайтда ҳамда юритманинг фақат четки вазиятларидагина калит қулфга киритилиши ёки ундан чиқарилиши мумкин. Хатоларнинг олдини олиш учун қулф ва калит маълум сирга эга қилиб тайёрланади.

Блокировкаканинг ишлаш тартиби қуйидагича. Нормал ҳолда калит виключателнинг қулфида туради. Уни фақат виключателнинг узилган ҳолатидагина чиқариш мумкин. Калит олинганда қулфнинг қайд этувчи қўзғалувчи стержени виключателнинг юритмасини узилган



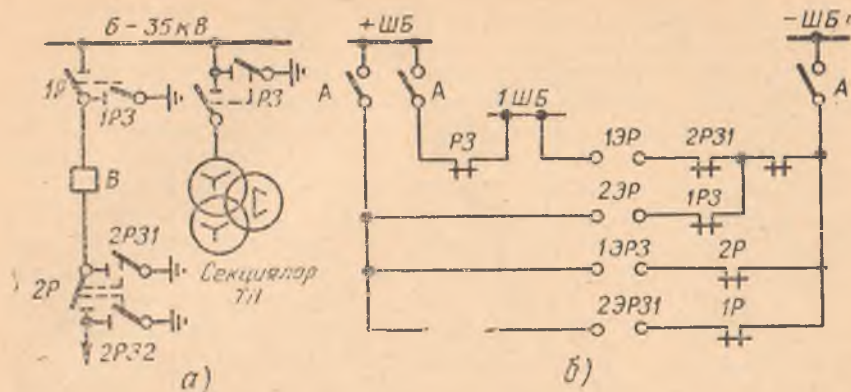
ҳолатида қулфлайди. Шундан сўнг чиқарилган калит билан линия ажратгичининг қулфи очилади; корпус тешигига калит текилади, қўзғалувчан стержень илантирилади ва уни калитни бураб тортилади. Сўнгра линия ажратгичи РЛ узилади. Узилгандан сўнг ажратгични янги вазиятида қулф билан қулфланади, калит эса бўшатилиб олинади. Шина ажратгич РШ билан ҳам худди шундай операциялар бажарилади. Электрик занжирни улаш учун ҳамма ҳаракатлар тескари тартибда бажарилади.

Механик блокировка, одатда, ула нишлар сони кам (одатда 10 тагача) схемаларда қўлланилади.

Ҳозир электромагнит қулфлардан фойдаланиб, ажратгичларни электромагнит блокировкалаш кенг тарқалган. Шундай қулфнинг конструкцияси 7.17- расмда тасвирланган.

Қулф контакт уя 2 ва пружина 4 ли қулфловчи стержень 3 жойлашган пластмасса корпус 1 дан иборат. Қулфни юритмадаги махсус тешикка стержень текилиб, юритманинг вазияти қотириб қўйилган ҳолда монтаж қилинади.

7-17- расм. Ажратгичларни электромагнитли блокировкалашнинг принципиал схемаси.



7-18- расм. РУ га битта системали йиғма шиналар билан уланадиган линиялар занжиридаги ажраткичларни электромагнитли блокировкаш:

а — бирламчи улашишлар схемаси; б — блокировкашнинг электр схемаси.

Кўчма калит қўзғалувчи ўзак 6 жойлашган ғалтак 5 дан иборат. Ғалтакнинг виводлари штирлар 7 га уланади.

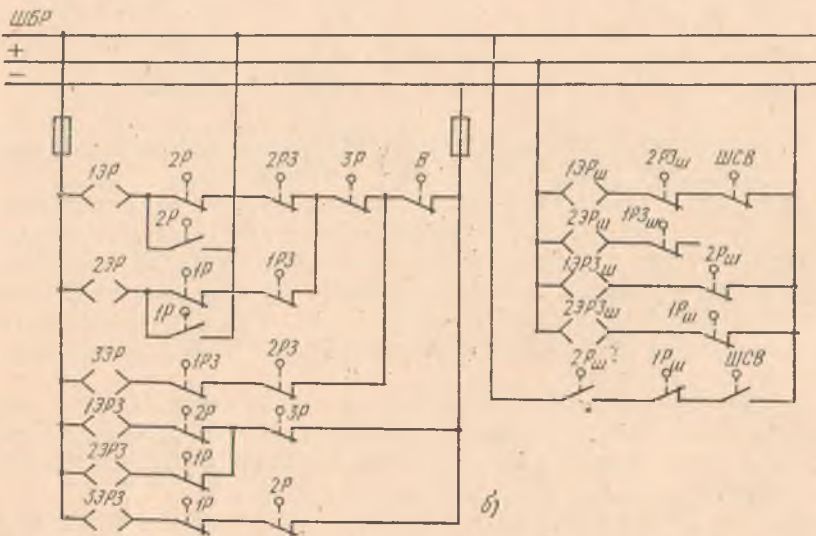
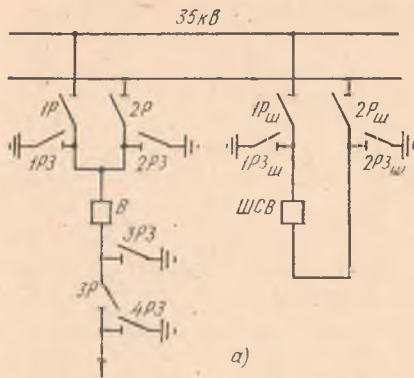
Агар ажраткични узиш рухсат этилса (узилган виключателда), уялар 2 га оператив ток манбаидан кучланиш берилади. Калит қулфнинг уясига штирлари билан тиқилади. Ғалтакдан ток ўтади ва ўзак магнитланади. Қулфнинг беркитувчи стержени калитнинг магнитланган ўзаги билан туташади. Ҳалқа ёрдамида ўзак тортилади ва у билан бирга блокировкаловчи уядан қулф стержени чиқарилади, қулф очилади.

Блокировкалар электромагнитларини таъминлашнинг электрик схемаси шу бирламчи занжир учун ажраткичларда ўтказиладиган рухсат этилган операциялар тартибини таъминлаш шартларига асосан тuzилади.

Бир системали йиғма шинали тақсимлаш қурилмасига уланган линиянинг занжиридаги ажраткичларни электромагнитли блокировкаш схемаси 7. 18-расм, б да кўрсатилган. Ажраткичлар ерга туташтирувчи пичоқлар билан жиҳозланган.

Ҳар бир ажраткичнинг асосий ва ерга туташтирувчи пичоғининг юритмаси механик блокировкага эга бўлганлиги учун унинг асосий пичоғини (агар ерга туташтирувчи уланган бўлса) ишга тушириш мумкин эмас, ва аксинча, агар иш пичоғи уланган бўлса, ерга туташтирувчини ишга тушириб бўлмайди. Бу шартсиз ҳам ҳатто шундай оддий бирламчи занжир учун магнитли блокировка ҳаддан ташқари мураккаб бўларди.

Блокировкани амалга оширишда улашларнинг рухсат этилган тартибини таъминлаш билан бир қаторда занжирнинг ерга туташтирилган қисмига виключателни хато улаш имкониятини йўқотиш лозим. Бу талаб виключателнинг бир томонидаги ерга туташтирувчи пичоғини, фақат бошқа томонидаги ажраткич узилгандагина улашни таъминловчи электромагнит блокировка схемасини тузиш



7-19- рasm. Икки системали йиғма шиналарнинг РУ схемалари учун ажратгичларини электромагнитли блокировкаш:

а — бирламчи уланшлар схемаси; б — блскероқкаланишиг [электр схемаси,

билан қондирилади ва аксинча, виключателнинг бир томонидаги ажратгични улашга бошқа томондаги ерга туташтирувчи пичоқ узилгандагина рухсат этилади.

7.18- рasm, б да кўрсатилган блокировка қуйидагиларга рухсат этади:

виключатель В узилганда 2P31 нинг ерга туташтирувчи пичоқлари узилганда ва P3 системанинг шиналари ерга туташтирувчи пичоқлари (охиргиси — шиналарнинг ерга туташтирилган система-сига линиядан кучланиш беришнинг олдини олиш учун) узилганда ажратгич 1P билан операцияларни бажариш;

виключатель В узилганда ва 1P3 нинг ерга туташтирувчи пичоқлари узилганда ажратгич 2P билан операцияларни бажариш:

ажратгич 2P (1P) узилганда, шунингдек, юқорида айтиб ўтилган механик блокировканинг борлигини ҳисобга олиб, 1P3 (2P31) нинг ерга туташтирувчи пичоқлари билан операцияларни бажариш;

2P32 нинг ерга туташтирувчи пичоқлари фақат 2P нинг асосий пичоқлари билан механик блокировкага эга бўлиб, уларни улаш линия томонидаги кучланишнинг йўқлиги текширилгандан сўнг амалга оширилади.

7.19- расм, б да икки системали йиғма шиналарнинг тақсимлаш қурилмасининг схемаси учун электромагнитли блокировкаси 7.19- расм, а бўйича кўрсатилган. Блокировка ажраткичлар билан бажариладиган операцияларнинг фақат шу схемада (5- бобга қаранг) кўрсатилган тартибигагина рухсат этади.

Масалан, бир уланишнинг ўзида (масалан, 7.19- расм, а да кўрсатилган линия сингари) виключатель В узилган ҳолатида ажраткичларни улаш ва узиш бўйича бажариладиган операцияларни фақат блокировкада белгиланган тартибдагина амалга ошириш мумкин.

Бир йиғма шина системасидан иккинчисига улаш операциясини фақат шина улагич виключатель ШСВ, унинг ажраткичлари ва ҳоказолар уланган ҳолдагина амалга ошириш мумкин.

Блокировкани тузишда (7.19- расм, б) ҳар бир ажраткичнинг иш ва ерга туташтирувчи пичоқлари ўзаро механик бикр боғланганлиги ҳисобга олиниб, ерга туташтирувчи уланган бўлса, асосий пичоқнинг уланишига йўл қўймайди ва аксинча.

7-3. ЎЗГАРМАС ТОК УСТАНОВКАЛАРИ

а) Ўзгармас ток энергияси истеъмолчилари

Электр станция ва йирик станцияларда бошқариш, сигнализация, автоматик, аварияда ёритиш занжирларини таъминлаш учун, шунингдек, асбоб-ускуналарни бажара оладиган ҳолатда сақлайдиган (мойлаш насослари, вал тигизлагичлари, турбогенераторларнинг бошқариш системалари) ўз эҳтиёжининг энг муҳим механизмларини электр билан таъминлаш учун аккумуляторлар батареясида иборат ўзгармас ток установакиси зарурдир.

Аккумуляторлар батареясида таъминланадиган ҳамма истеъмолчиларни қуйидаги уч гурпуага бўлиш мумкин:

до и м и й у л а н г а н нагрузка. Бунга улардан ўзгармас ток ўтиб турадиган бошқариш, блокировка, сигнализация ва релели ҳимоя қурилмаларининг аппаратлари, шунингдек аварияда ёритишнинг доимий уланган қисми киради;

ва қ т и н ч а л и к нагрузка авария режимида ўзгарувчан ток йўқолганда пайдо бўлади. Бу авариядаги ёритиш ва ўзгармас ток электр двигателларининг нагрузка токлари. Бу нагрузканинг давомийлиги авария давомийлиги билан аниқланади (энергосистема билан боғлиқ бўлган электр станциялар учун бу вақт 0,5 соат, энергосистема билан боғлиқ бўлмаган электростанциялар учун 1 соат олинади) [5-1];

қисқа муддатли нағрузка — давомийлиги 5 соатдан ортиқ бўлмайди. Бундай нағрузкани вижключатель ва автоматлар юритмасини улаш ва узиш токлари ҳосил қилади, шунингдек, электр двигателларнинг ишга тушириш токлари ҳамда қисқа вақт ичида ток ўтувчи бошқариш, блокировка, сигнализация ва релели ҳимоя аппаратлари нағрузкасининг токлари томонидан ҳосил бўлади.

Аккумуляторлар батареясига тушадиган ўзгармас нағрузка сигнализациянинг доимий уланган лампаси ва авариядаги ёритиш қуввати, шунингдек, релелар типига боғлиқ бўлади.

Ҳисоблашларда доимий уланган нағрузкаларнинг қуйидаги катталикларини олиш мумкин:

кўндаланг боғланишли иссиқлик станциялари учун (бир батареяга) — 20 А;

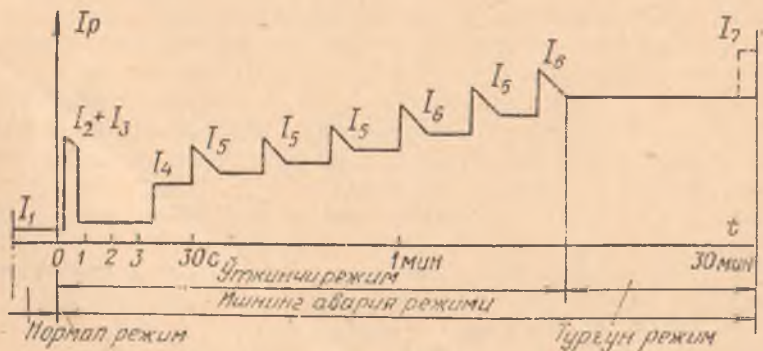
150—200 МВт агрегатли блокли иссиқлик станциялари учун (иккита агрегатга битта батарея) — 30 А;

300 МВт блокли иссиқлик станциялари учун (блокка битта батарея) — 40 А;

110—500 кВ ли йирик подстанциялар учун — 25 А;

60 МВт агрегатли ТЭЦ ўз эҳтиёжининг таъминланиши бузилганда аккумуляторлар батареясига тушадиган нағрузканинг ўзгариши қандай бўлишини кўриб чиқамиз.

Ўзгарувчан ток йўқолгандан сўнг биринчи секунддаёқ ўз эҳтиёжи системасининг резервидаги трансформатор уланади, шунинг учун вижключательнинг электромагнитли юритмаси истеъмол қиладиган ток I_2 нинг зарби батареяга тушади. Шу пайтдаёқ ишга тушишида I_3 токини истеъмол қилувчи, боғланиш қурилмаси учун резерв ўзгартиргичли агрегат уланади ва 4 с дан кейин аварияда ёритиш I_4 уланади (7.20- расм). Агар ўз эҳтиёжининг таъминоти тикланмаса, унда бир неча секунддан сўнг тифизлагичларнинг мой насослари улана бошланади, сўнгра мойлаш насослари ишга тушиб, улар қисқа муддатли ток зарби I_5, I_6 ларни ҳосил қилади. Аккумуляторлар батареясидаги нағрузканинг кескин ўзгариш даври ўт-



7-20- расм. 3×60 МВт ли ТЭЦ учун аккумуляторлар батареясининг нағрузка графиги.

Ўзгармас ток истеъмолчиларининг асосий маълумотлари

Истеъмолчилар	Номинал кучланиш, В	Рухсат этилган кучланиш % даражасининг номиналга нисбатан	
		пастки чегараси	юқори чегараси
Бошқариш, блокировкалаш, сигнализация ва релели ҳимоя аппаратураси	220	80	110
Мойли виключателларнинг юритмаси:			
улаш электромагнитлари, узиш	220	80—85	110
электромагнитлари	220	65	120
Ҳаво виключателларини бошқариш электромагнитлари	220	65	120
Аварияли ёритиш	220	95	105
Электр двигателлар	220	95	105

кичи процесс деб юритилади. Ҳамма истеъмолчилар уланган вақтда ва авариядаги ёритишни ҳам қўшгандан кейин турғун режим ҳосил қилинади. Авария режимининг охирида бош схемада виключателни уландан зарбий нагрузка пайдо бўлиши мумкин.

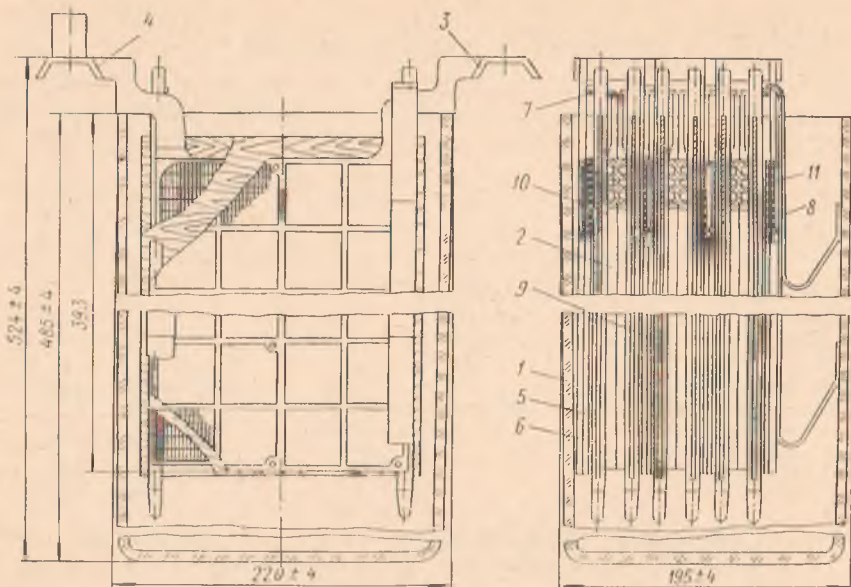
Ўзгармас ток истеъмолчилари кучланиш номиналга яқин бўлганда нормал ишлайди. 7.2- жадвалда кучланишнинг рухсат этилган четга чиқишлари келтирилган.

б) Қўрғошин-кислотали аккумуляторларнинг тузилиши

Электростанция ва подстанцияларда сиртқи мусбат ва қуттисимон манфий СК типдаги пластиналардан иборат қўрғошин-кислотали аккумуляторлардан тузилган батареялар энг кўп қўлланилади. Бундай батареяларнинг хизмат қилиш муддати катта ва ишда турғун.

Сиртдаги қовурға шаклидаги мусбат пластинка соф қўрғошиндан тайёрланиб, у аккумулятор тайёрлашда қўрғошин қўш оксид PbO_2 га айланади. Манфий қуттисимон пластинка актив массали қўрғошин оксиди билан қўрғошин кукунидан ясалиб, улар аккумулятор тайёрлашда ғовак қўрғошинга айланади. Актив массали пластинкалар шиша ёки сопол идишлар деворига осиб қўйилади. Шунингдек, ичи қўрғошин билан ишланган ёғоч идишлар ҳам қўлланилади. Турли ишорали пластиналар туташмаслиги учун улар орасига бир қават ғовак фанердан тайёрланган сепаратор ўрнатилади (7.21- расм). Манфий пластиналарнинг сони мусбатларникига қараганда битта ортиқ бўлади. Пластиналарни идишда қимирламайдиган қилиб қўйиш учун пружиналар ёки резина муфталардан фойдаланилади.

Электролит сифатида, одатда, $25^\circ C$ температурада зичлиги 1,2 бўлган сульфат кислота H_2SO_4 нинг эритмаси ишлатилади. Электро-



7-21- расм. Шиша идиш ичидаги СК-6 типдаги аккумулятор.

1—шиша идиш; 2—мусбат пластина; 3—учликсиз бириктирувчи полоса; 4—учликли бириктирувчи полоса; 5—таёқча; 6—сепаратор; 7—штифт; 8—пружина; 9—ўртадаги манфий пластина; 10—чап томондаги манфий пластина;

лит тайёрлашда махсус талабга жавоб берадиган, концентрацияланган сульфат кислота ва дистилланган сувдан фойдаланилади.

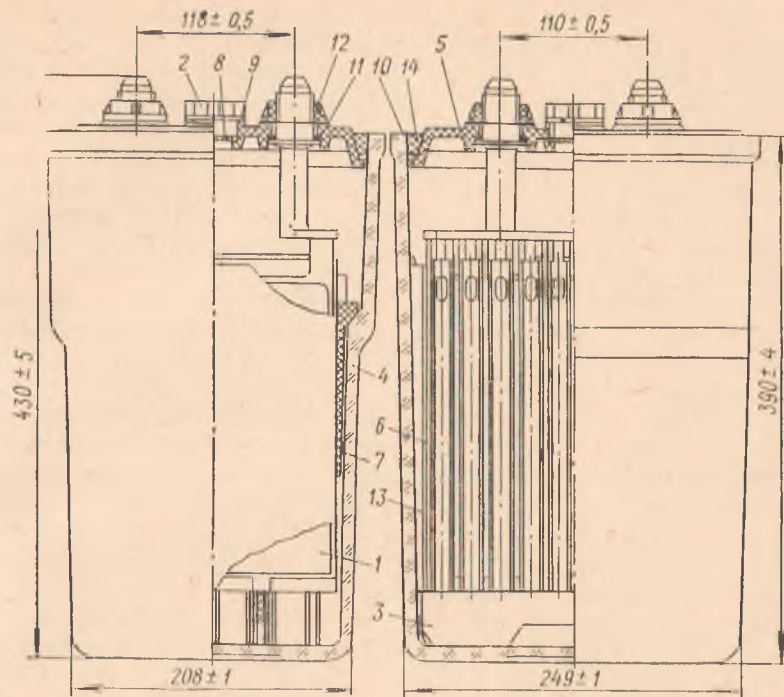
СК типдаги аккумуляторлар (стационар, қисқа муддатли разрядланиш учун) сифimini 18—5328 А соатли қилиб 46 типда ишлаб чиқарилади. СК-1 аккумуляторлари қуйидаги характеристикаларга эга:

Разряд режими, соат	10	7,5	5	3	2	1
Разряд токи, А	3,6	4,5	6	9	11	18,5
Номинал сифими, А. соат	36	33	30	27	22	18,5

Бошқа аккумуляторларнинг номинал токи билан сифимларини аниқлаш учун СК-1 га тегишли қиймат типавий номерига кўпайтирилади. Масалан, СК-14 аккумуляторининг бир соатли разряди 14.18,5-259 А разряд токига эга бўлади. Тўла зарядланган СК аккумуляторининг узиқ занжирдаги тўлиқ кучланиши 2,05В га тенг.

СН типдаги аккумуляторлар шиша идишларда, ёпиқ кўринишда ишлаб чиқарилиб (7.22- расм), қуядиган тешиклари вентиляциян тиқинлар билан ёпилганлиги учун электролитнинг учишини анча камайтиради. Бу аккумуляторда зич блоклар тарзида йиғилган сувалма пластинкалар қўлланилади

Сувалма пластина қўрғошин ва сурьма қотишмасидан иборат каркасга эга, каркасининг устига сувда суюлтирилган кислота



7-22- расм. СН-10 типидаги аккумулятор:

1—пластиналар блоки; 2—вентиляция тиқини; 3— таглик; 4— идиш; 5— қопқоқ; 6— қистирма; 7— колодка; 8— тиғизловчи резина диск; 9— резина ҳалқа; 10— қистирма; 11— резина ҳалқа; 12—гайка; 13— пона; 14— БР-20 мастика.

билан аралаштирилган қўрғошин кукуни ва қўрғошин оксидларидан иборат масса қопланган бўлади.

Пластиналар шакллантирилганидан кейин мусбат пластинкада қўрғошин қўш оксиди, манфий пластинкада эса соф қўрғошин ҳосил бўлади. Туташувнинг олдини олиш учун пластиналар орасига шиша-намат, тешикли винипласт ва мипордан тайёрланган сепаратор ўрнатилади. Идишга $+25^{\circ}\text{C}$ температурада 1,22 зичликка эга бўлган сульфат кислота эритмаси қуйилади. Тўла зарядланган аккумуляторнинг банжири узиқ бўлганида турғун кучланиши 2,06 В дан кичик бўлмаслиги керак.

СН аккумуляторлари ўн тўрт хил тип-ўлчамда ишлаб чиқарилади: 0, 5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20. СН-1 аккумуляторлари қуйидаги характеристикаларга эга:

Разряд режими, соат	10	3	1	0,5	0,25
Разряд токи, А	4	10	20	30	40
Номинал сийғими, А' соат	40	30	20	15	10

СН аккумуляторлари СК га қараганда кичик ўлчамларга эга бўлади; улар йиғилган ҳолда келтирилгани учун ўрнатиш осонлашади. СН аккумуляторларининг разряд характеристикалари, плас-

тинкалари юпқа ва ғоваклиги катта бўлганлиги учун, СК никига қараганда яхши. СН-20 аккумуляторларининг сизими бир соат разрядланганида $20 \cdot 20 = 400$ А .соатга тенг. Бундай сизим электр станциялардаги авария нагрукасини таъминлай олмайди, шунинг учун СН аккумуляторлари подстанцияларда, катта тип ўлчамлардаги СК аккумуляторлари эса электрстанцияларда қўлланилади. СН типидagi аккумуляторларнинг афзаллиги яна шундан иборатки, иш процессида сульфат кислотани анча кам буғлантиради, шу сабабли улар табиий шамоллатиладиган ёпиқ хоналарга ўрнатилиши мумкин.

Юқорида айтиб ўтилганидек, аккумуляторларнинг пластиналари шакллантирилади яъни электрохимиявий процесс таъсирида бўлади, шунинг натижасида мусбат ва манфий пластиналарнинг актив массаси ҳосил бўлади. СК аккумуляторларидаги пластиналарнинг шаклланиши икки босқичда боради: заводда мусбат пластинага ғовакли қўрғошин ҳосил бўлгунча ишлов берилади, сўнгра ўрнатиладиган жойда йиғилган батарея орқали 50—60 соат давомида заряд токи ўтказилиб, бунда мусбат пластинада қўрғошин қўш оксиди PbO_2 манфийсида—ғовак қўрғошин Pb ҳосил бўлади. Батарея тўлиқ шаклланиши учун ўн соатли разрядда тўққиз каррали сизимни олиши керак.

СН типидagi аккумуляторлар заводдан йиғилган ҳолда келтирилади ва ўрнатилган жойда уларга электролит қўйилгандан сўнг шакллантирилади. Бунинг учун 55 соат давомида батарея орқали унча катта бўлмаган заряд токи ўтказилади. Шакллангандан сўнг актив массанинг ранги бир хил бўлиб қолади, структураси ғовакли бўлади.

в) Аккумулятор батареяларининг иш режимлари

Аккумуляторларнинг разрядланиши ташқи занжир нагруккага туташтирилганда содир бўлади. Бунда мусбат ва манфий пластиналарда қўйидаги химиявий реакция боради:



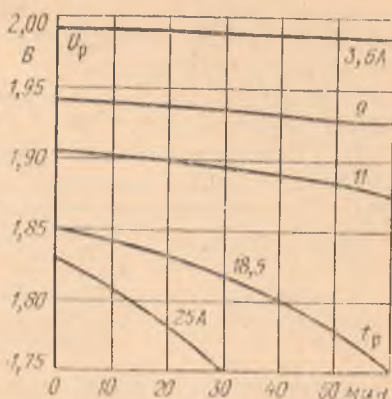
Разрядланишида реакция чапдан ўнгга қараб ўқилади. Сульфат кислотанинг молекулалари пластиналарнинг актив массаси билан реакцияга киришиб, уларда қўрғошин (II)-сульфат $PbSO_4$ ни ҳосил қилади. Актив масса ғовакларидagi электролит концентрацияси разрядланиш процессида камаяди. Бу эса аккумуляторнинг қисмларидаги кучланишнинг пасайишига олиб келади. Разряд токи қанча катта бўлса, кучланиш пасайиши шунча катта бўлади (7.23- расм). Бунга сабаб шуки, кам вақт ичида катта ток билан разрядланганда актив масса ковакларидagi сульфат кислотанинг диффузияланиши қўрғошин (II)-сульфат ҳосил бўлиш процесси кетидан улгурмайди. Қўрғошин (II)-сульфат актив массага кириш йўлини тўсади. Шунинг натижасида айни бир аккумуляторнинг сизими турлича бўлади ва разряд токка (ёки разряд давомиликига) боғлиқ бўлади. Масалан СК-10 аккумулятори 10 соат да-

вомида 36 А ток билан разрядланганда 360 А·соат сифимга эга 185 А ток билан разрядланганда эга сифими 186 А·соатга тенг бўлади. СК ва СН аккумуляторлари учун чегара кучланиш 3—10 соатли режимдаги ток билан разрядланганда 1,8 В га тенг, катта ток билан разрядланганда 1,75 В га тенг бўлади.

Аккумуляторлар жуда катта ток билан қисқа вақт ичида разрядланиши мумкин, лекин бунда уларнинг қисмларидаги кучланиш кескин камаяди. СН типдаги аккумуляторлар 1 мин. давомида 50*N* ток билан разрядланишга йўл қўяди, СК эса 5 с давомида 46 *N* токка йўл қўяди. Бунда аккумуляторлардаги кучланиш тегишлича 1,75 ва 1,65 В гача пасаяди (бу ердаги *N* — тип ўлчам номери).

Аккумулятор ўзгармас ток манба (двигатель-генератор ёки тўғрилагич қурилмаси) дан зарядланади. Шу режимда аккумуляторга унинг ЭЮК идан катта кучланиш берилади ва аккумулятор ичидаги ионлар ҳаракат йўналишини қарама-қарши томонга ўзгаради. (7-1) реакция ўнгдан чапга қараб ўқилади. Реакция натижасида қўрғошин (II)-сульфат иккала пластинада ҳам тикланади: мусбат пластинада қўрғошин оксидига, манфий пластинада эса металл қўрғошинга айланади ва сульфат кислота ҳосил бўлади. Зарядланиш процессида электролитнинг концентрацияси ортади, шунинг учун аккумулятордаги кучланиш кўпаяди. Зарядланиш давомида реакция актив массанинг ичига кириб боради. Зарядланиш охирида, қўрғошин сульфатининг асосий қисми тикланиб бўлганда сувни электролизлаш реакцияси содир бўлади, бунинг натижасида манфий пластинада водород пуфакчалари, мусбатиде эса кислород ажрайди. Газнинг ажраши 2,3 В кучланишда бошланади. Газнинг ажраши шиддатли бўлмаслиги учун зарядланиш токи камайтирилади ва зарядланишни 2,3 В кучланишда давом эттирилади. Аккумуляторнинг зарядланиш охирида кучланишнинг 2,5—2,7 В гача ортиши батареядаги банкалар сонини бошқариш қурилмасини қўллаш лозимлигини тақозо этади, бу эса схемани мураккаблаштиради, шунинг учун аккумуляторлар батареясини бир аккумулятор учун 2,3 В кучланиш ҳисобидан зарядлаш усули кенг қўлланилади.

Аккумуляторлар батареясини доимий қўшимча зарядлаш кичик тоқларда бажарилиб (СК типдаги батареялар учун ток катталиги — 0,03), бу ток ўз-ўзини разрядланиши компенсациялаш учун етарли бўлади. Ўз-ўзини разрядлаш деб пластиналардаги қўшимча реакциялар натижасида аккумуляторда йиғилган



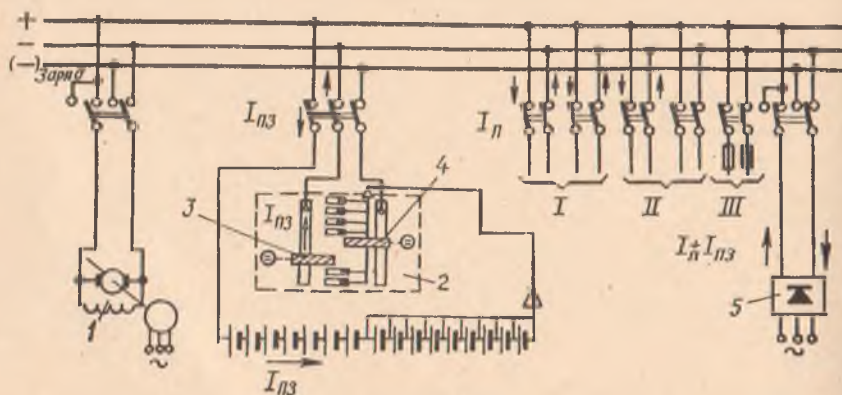
7-23-расм. СК типдаги аккумуляторнинг разрядлаш характеристикалари.

химиявий энергиянинг доимий исроф бўлишига айтилади. Бундай реакциялар пластиналарнинг актив массасида бошқа металллар аралашмаси бўлганлиги учун содир бўлади. Ўз-ўзини разрядлаш занжир узилганда ҳам, разрядланиш ва зарядланишда ҳам содир бўлади. Янги батарея бир суткада ўз-ўзини разрядлаши ҳисобига 0,3% сиғимини йўқотади. Батарея истаган вақтда авариядаги нагрукани қабул қила олиши учун, ўз-ўзини разрядлаш туфайли сиғимининг камайиши сабабли, уни қайта тиклаш учун батарея орқали қисман зарядлаш токини ўтказиб туриш керак. Шу режимда ҳар бир элементда 2,15—2,2 В кучланиш таъминланади.

Стационар аккумулятор установкалари учун доимий қўшимча зарядлаш режими асосий нормал режим ўрнида қабул қилинган.

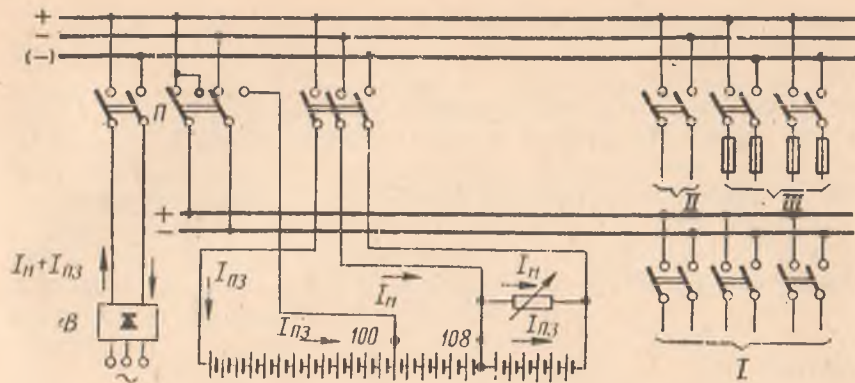
г) Аккумулятор установкаларининг схемалари

Аккумуляторлар батареяси разрядланиш режимида узоқ муддат улаб қўйилган нагрукда ишлаши мумкин. Бунда элементлардаги кучланиш пасаяди ва аварияда тушадиган нагрукда батарея ишини нормал таъминлаш учун, уни икки суткада бир марта зарядлаш керак. Зарядлаш ўзгартгичли агрегат двигатель — генератордан амалга оширилади. Батареянинг зарядлаш — разрядлаш режимида ишлаши, тез-тез зарядлаш натижасида аккумуляторлар пластиналарининг тез ишдан чиқишига олиб келади. Батареяни ишлатиш ҳам мураккаблашади. Шунинг учун ҳозир бундай режим қўлланилмайди. Электростанция ва йирик подстанциялардаги аккумуляторлар батареяси доимий қисман зарядланиш режимида ишлайди. Аккумуляторлар батареяси схемасида зарядлаш қисман зарядлаш қурилмаси ёки алоҳида зарядловчи ва қисман зарядловчи агрегат назарда тутилади. Охириги метод батарея сиғими катта ва зарядловчи қурилманинг қуввати ҳаддан ташқари катта бўлганда қабул қилинади. Электростанцияларда ўрнатила-



7-24- расм. Доимий ярим заряд режимида ишлайдиган элементли коммутаторли аккумуляторлар установкасининг схемаси:

I — бошқариш ва сигнализация занжирлари; II — аварияли ёритиш, электр двигателлар; III — улашиш электромагнитлари.



7-25- расм. Элементли коммутатори бўлмаган аккумуляторлар установкасининг схемаси:

I, II, III — 7-24- расмдагининг ўзи.

диган аккумуляторлар батареяси шиналарга уланган элементлар сонини мослаш қурилмасига эга.

Бу қурилма элементи коммутатор 2 деб юритилади (7.24- расм). Қайта улаш батареянинг айрим элементлари уланган контакт пластиналарда сирпанувчи контакт чўткалар 3 ва 4 ёрдамида амалга оширилади. Батареянинг шиналаридаги кучланишни ростлаш учун разряд чўткаси 4 хизмат қилиб, у кучланишни ростлаш қурилмаси (АРН) ёки масофадан бошқариш қурилмаси ёрдамида ҳаракатланади. Батареяни зарядлаш вақтида зарядловчи чўтка 3 қўлланилади. Схепада қисман зарядлаш учун тўғрилаш қурилмаси 5 ва батареяни зарядлаш учун агрегат двигатель — генератор 1 назарда тутилган. Нормал режимда доимий уланган ҳамма нагрузка қисман зарядловчи агрегатга тушади. Ундан ташқари, у батареяни кичик ток билан зарядлайди. Схемадан кўринадики, элементларнинг шиналарга уланмаган қисми қисман зарядланмайди ва шунинг учун бу элементлар ўзини-ўзи разрядлайди. Айрим схемаларда аккумуляторларнинг иш режимини яхшилайдиган, уларни қисман зарядлайдиган махсус тўғрилагич қурилмалар назарда тутилади, бироқ, бу схемани мураккаблаштиради.

Юқори кучланишдаги виключателли 110—500 кВ ли подстанцияларда аккумуляторлар батареяси ўрнатиш бошқариш, сигнализация, блокировкалаш, аварияда ёритиш занжирларини таъминлаш учун зарур. Подстанциялардаги батареялар сифими станциялардагига нисбатан мойлаш ва тифизлагичларнинг мой насослари сингари истеъмолчилар бўлмаганлиги учун анча кичик олинади. Подстанциянинг ўзгармас ток шиналаридаги кучланишнинг ўзгариши анча кам, чунки батареядаги нагрузка бу ерда амалда ўзгармас, зарбий тоқлар давомийлиги эса секунднинг улушларига тенг. Буларнинг ҳаммаси аккумуляторли установа схемасида элемент-

ли коммутатордан воз кечиш имкониятини беради (7.25- расм). 108 та асосий элемент шиналарга улашиб, улардан бошқариш тармоғи ва аварияда ёритиш таъминланади. Қўшимча элементлар электромагнитли юритмаларнинг таъминлаш шиначаларига уланади. Нормал режимда ўзгармас нагрузка қисман зарядловчи қурилмадан таъминланиб, у бир вақтнинг ўзида ҳамма батареяни қисман зарядлаш учун хизмат қилади. Бу режимда бошқариш шиналаридаги кучланиш $2,15 \cdot 108 = 232$ В га тенг. Ҳар бир элемент учун 1,8 В гача разрядланишда кучланиш $1,8 \cdot 108 = 195$ В ($88,5\% U_B$) гача камаяди. Зарядланишда ҳар бир элементдаги кучланиш 2,35 В гача ошади. Бундай ҳолларда бошқариш шиналаридаги кучланиш рухсат этилган 230—235 В миқдордан ошмаслиги учун 100- элементдан қўшимча сим чиқарилади.

Қўшимча элементлар юритмаларнинг таъминлаш шиналаридаги кучланишнинг юқорироқ бўлишини таъминлайди, демак, кучланиш исрофининг рухсат этиладиган миқдорига қараб аниқланадиган куч юритмаларига борадиган кабеллар кесимини камайтириш имкониятини беради. Қўшимча элементлар сони турлича бўлиши мумкин (6 тадан то 20 тагача) ва конкрет ҳисоблаш йўли билан аниқланади.

Қўшимча элементларга параллел қилиб балласт қаршилик уланади, унинг катталиги шундай бошқариладикки, бунда ўзгармас нагрузка токи шу қаршилик орқали, қисман зарядлаш токи эса қўшимча элементлар орқали ўтади. Чуқур ўта зарядлаш ҳамда пластиналарни шакллаш учун бир неча подстанцияларга битта зарядловчи қурилма назарда тутилади.

500 кВ ли подстанцияларда элементли коммутаторларсиз иккита аккумуляторлар батареяси ўрнатилади.

Блок типдаги иссиқлик электростанцияларида агрегатларнинг қувватига қараб ҳар қайси бир икки блокка аккумуляторли қурилма кўзда тутилади. Бундай қурилманинг схемаси 7.24- расмда кўрсатилганга ўхшаш. Қисман зарядловчи қурилма ҳар бир батарея учун, зарядловчи қурилма эса бутун электростанция учун битта ёки иккита ўрнатилади. Ўзгармас токда ишлайдиган умумстанцион нагрузкани таъминлаш учун алоҳида батарея ўрнатилади.

200 МВт дан ортиқ қувватли ТЭЦ да иккита батарея ўрнатилади.

Қуриб ўтилган элементли коммутаторлар бўлган схемаларнинг камчилиги, уларнинг инерциялилиги ҳисобланади. Кучланишни бир хил ушлашнинг янада замонавий усулларида бири—элементли коммутаторларнинг ўрнига тиристорли зарядловчи қисман зарядловчи тўғрилагичли агрегатларни қўллашдир. Бундай қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича: нормал режимдаги нагрузка тўғрилагичли қурилмадан таъминланиб, аварияли нагрузка пайдо бўлганда эса, инерциясиз датчик шиналарга керакли миқдордаги батарея элементларини бир онда уловчи тиристорли қурилмага таъсир этади. Разрядланиш процессида шиналардаги кучланиш датчиклари қўшимча элементларни улаш учун импульс беради (қўшимча уланмалар ярим ўтказгичли диодлар ёрдамида уланади).

д) Аккумуляторлар батареяси, қисман зарядловчи ва зарядловчи агрегатларни ҳисоблаш

Аккумуляторлар батареяси керакли сифим, авария режимидаги кучланиш даражаси ҳамда шиналарга уланиш схемалари бўйича танланади.

Иссиқлик электростанциялари учун доимий қисман зарядлаш режимида ишловчи элементли коммутатори бор аккумуляторлар батареяси схемаси қабул қилинган.

Доимий қисман зарядлаш режимидаги шиналарга уланадиган элементлар сони қуйидагича аниқланади:

$$n_0 = \frac{U_{ш}}{U_{нз}}, \quad (7-2)$$

бунда n_0 — батареядаги асосий элементлар сони; $U_{ш}$ — шиналардаги кучланиш; $U_{нз}$ — қисман зарядлаш режимида элементлардаги кучланиш (2.15В). Агар $U_{ш} = 230$ В деб қабул қилинса, у ҳолда

$$n_0 = \frac{230}{2,15} = 108.$$

Агар $U_{ш} = 253$ В бўлса, у ҳолда

$$n_0 = \frac{253}{2,15} = 118.$$

Зарядлаш режимида ҳар бир элементда максимал кучланиш 2,6 В га тенг бўлса, шиналарга $n_{min} \frac{230}{2,6} = 88$ та элемент уланади.

Авария зарядланиш режимида ҳар бир элементдаги кучланиш 1,75 В бўлса:

$$n = \frac{230}{1,75} = 130$$

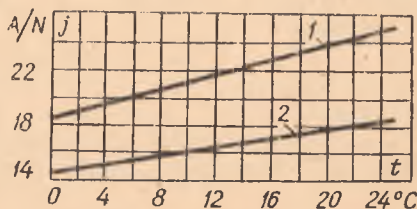
элемент бўлади, бунда n — батарея элементларининг умумий сони.

Элементли коммутаторга $n - n_{min} = 130 - 88 = 42$ та элемент уланади.

Батареянинг типавий номери N қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N \geq 1,05 \frac{I_{ав}}{j}, \quad (7-3)$$

бунда $I_{ав}$ — ярим соатли (соатли) турғун авария разрядлаш нагрукаси A ; 1,05 — эҳтиётлик коэффициент; j — авариядаги разрядлашнинг рухсат этилган нагрукаси, A/N , электролитнинг тем-



7-26- расм. Аккумулятор разряд токининг электролит температурасига боғлиқлиги.

1 — 0,5 соат разрядлаш; 2 — 1 соат разрядлаш.

пература сига қараб аккумуляторларнинг биринчи номерига келтирилган (7-26-расм).

Олинган номер типавий номернинг каттасига яқин қилиб яхлитланади.

Танланган аккумуляторни энг катта зарбий токка текшириш лозим:

$$46N \geq I_{т, max}, \quad (7-4)$$

бунда 46 — руҳат этилган ўта нагрукани ҳисобга олувчи коэффициент;

$$I_{т, max} = I_{ав} + I_{пр};$$

$I_{пр}$ — авариядаги режим охирида уланадиган виключателларнинг электромагнит юритмалари истеъмол қиладиган ток.

Батареяларни кучланиш даражалари бўйича текшириш ўткинчи ва турғун режимлардаги нагрукани аниқ анализ қилишни талаб қилади ва бу ерда келтирилмайди.

Нормал режимда қисман зарядловчи қурилма доимий уланган нагрукани таъминлайди ва батареяни қисман зарядлайди. 825 — 73 ГОСТ га асосан қисман зарядлаш токи $0,03 N$, А бўлиши керак, бироқ мумкин булган қисқа разрядланишни ҳисобга олиб, бу токни $0,15 N$ деб қабул қилинади, унда:

$$I_{пз} \geq 0,15N + I_{п}, \quad (7-5)$$

бунда $I_{п}$ — доимий уланган нагрулка токи.

Қисман зарядлаш қурилмасининг кучланиши:

$$U_{пз} \geq 2,15n_0,$$

бунда n_0 — асосий элементлар сони.

Қисман зарядловчи қурилма сифатида кучланиши 380 — 260 В ва токи 40 — 80 А ли ВЭП-380 (260-40)80 типдаги қаттиқ тўғрилагичли тўғрилаш агрегатлари қўлланилади.

Зарядлаш қурилмаси зарядлаш токига:

$$I_3 = 5N + I_{п} \quad (7-7)$$

ҳамда зарядлаш охиридаги ҳар бир элементга 2,75 В ҳисобидан кучланишга

$$U_3 = 2,75 n \quad (7-8)$$

ҳисобланади.

Зарядловчи қурилма сифатида двигатель-генераторлар (параллел уйғонишли ўзгармас ток генератори билан) қўлланилади.

7-1 мисол. Тошириқ. 3×60 МВт ли ТЭЦ учун аккумуляторлар батареяси ва зарядлаш-қисман зарядлаш қурилмаси танлансин.

Ечиш. 7-3-жадвалда ҳисобланган нагрукалар келтирилган.

Элементларнинг тўлиқ сони $n = 130$ та, асосий элементлар сони $n_0 = 108$ та булган элементли коммутаторли аккумуляторлар батареясининг схемасини қабул қиламиз.

7-1- мисол учун нагузкаларни ҳисоблаш

Истеъмолчи	Сони	Номинал қувват, кВт	Номинал ток, А	Узоқ режимида ҳисобланган ток, А	Илга тушириш токи, А	Ҳисобланадиган нагузкалар, А		
						30 мин. (1 соат) гача авария режими	Авария режими бошидаги токнинг теп-киси	Энг катта тепки ток разряд охирида
Доимий нагузка	—	—	—	20	—	20	20	20
Аварияли ёритиш	—	—	—	160	—	160	—	160
Виключателларнинг юритмаси:								
ВМП-10 учун ПЭ-11	2	—	58	—	—	—	116	—
МГ-10 учун ПС-31	1	—	155	—	—	—	155	—
Оператив алоқанинг узгартгичли агрегатлари	1	7,2	38	30	100	30	100	30
Генератор ваolini зичлаш аварияли мой насосининг электр двигатели	3	8	43,5	40	130	120	—	120
Турбина подшипникларини мойлаш аварияли мой насосининг электродвигатели	3	14	73,5	73	184	219	—	219
У-220-1 виключатели учун	—	—	—	—	—	—	—	—
ШПЭ-44-1 юритмаси	1	—	720	—	—	—	—	720
Ҳисобланган катталиклар	—	—	—	—	—	549	391	1269

(7-3) буйича типавий номери аниқланади:

$$N \geq 1,05 \frac{I_{ав}}{j} = 1,05 \frac{549}{25} = 23,$$

бунда — $I_{ав}$ — 7-3- жадвалдан олинади; $j = 25$ А/Н. 7-26- расмдан I эгри чизиги буйича аниқланган.

Максимал зарбий ток буйича текшириш:

$$46N \geq I_{т, max};$$

$46 \cdot 24 \cdot 1104 < I_{т, max} = 1269$ А булганлиги учун аккумуляторлар батареясининг типавий номерини (7-4) ифодадан аниқлаш керак:

$$N \geq \frac{1269}{46} = 27,6.$$

Узил-кесил СК-28 ни қабул қиламиз.

Қисман зарядловчи қурилма:

$$I_{из} \geq 0,15 N + I_{II} = 0,15 \cdot 28 + 20 = 24,2 \text{ А};$$

$$U_{из} = 2,15 n_0 = 2,15 \cdot 108 = 232 \text{ В}.$$

ВАЗП-380/260-40/80 типли қисман зарядловчи қурилмани танлаймиз.

Зарядловчи агрегат:

$$I_a = 5N + I_n = 5 \cdot 28 + 20 = 160 \text{ A};$$

$$U_a = 2,75n = 2,75 \cdot 130 = 356 \text{ В.}$$

А2-82-4, Р-Е5 кВт типдаги ўзгарувчан ток электродвигатели билан уланган П-91; $P_{\text{ном}} = 43$ кВт; $U_{\text{ном}} = 270/360$ В, $I_{\text{ном}} = 159$ А ли ўзгармас ток генераторини танлаймиз.

7-4. ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ УСТАНОВКАЛАРНИНГ ЕРГА ТУТАШТИРУВЧИ ҚУРИЛМАЛАРИ

а) Ерга туташтирувчи қурилмаларнинг вазифаси ва конструкцияси

Нормал ҳолда кучланиш остида бўлмаган, бироқ изоляция бузилганда кучланиш остида бўлиши мумкин бўлган электроустановкаларнинг ҳамма металл қисмлари ер билан ишончли туташтирилиши керак. Бундай ерга туташтириш ҳимоявий ерга туташтириш деб юритилади, чунки унинг мақсади ишлэётган шахсни хавфли тегиш кучланишидан сақлашдан иборат. 500 В ва ундан юқори кучланишли ҳамма установкаларни, шунингдек, юқори хавфли, энг хавфли хоналарда ва ташқи қурилмаларда ўзгарувчан токнинг кучланиши 36 В дан юқори бўлганда ерга туташтириши шарт.

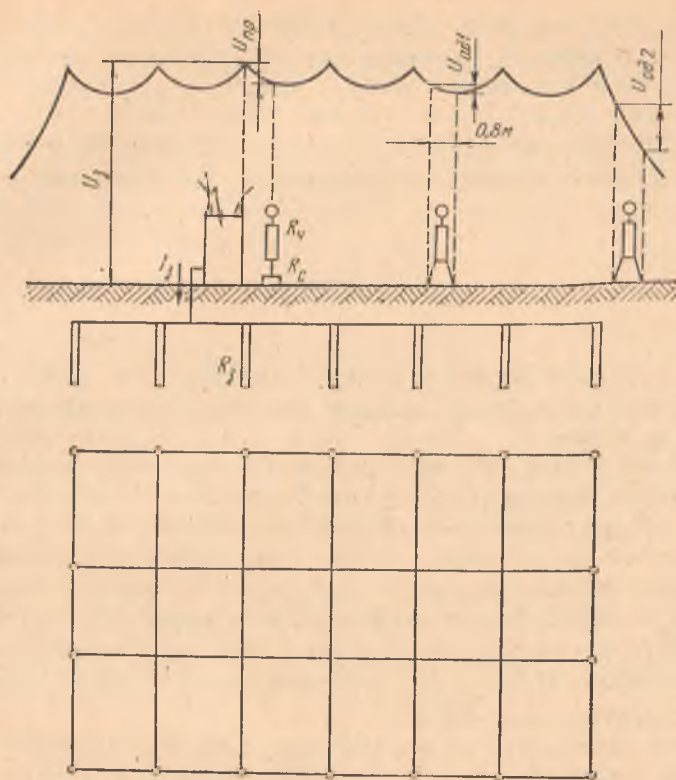
Электр установкаларда қуйидагилар ерга туташтирилади: электр машиналар, трансформаторлар, аппаратларнинг корпуслари, ўлчаш трансформаторларининг иккиламчи чулғами, электр аппаратларининг юритмалари, тақсимлаш шчиглари, пультлар, шкафларнинг корпус (каркас) лари, тақсимлаш қурилмаларининг металл қурилмалари, кабель муфталарининг металл корпуслари, кабеллар, ўтказкичларнинг металл қобиғи ва бронлари, иморатлар ва ишшоотларнинг металл конструкциялари ҳамда электр асбоб-ускуналарни ўрнатиш билан боғлиқ бўлган бошқа металл конструкциялар.

Ерга иш туташтириши деганда аппарат ёки электроустановкаларнинг нормал ишлаш шароитини ҳосил қилувчи ерга туташтириш тушунилади. Ерга иш туташтиришга трансформаторлар, генераторлар, ёй сундирувчи галтакларни ерга туташтириш киради. Аппарат ерга туташтирилмаган бўлса, ўз вазифасини бажара олмайди ёки электр установканинг ишлаш режими бузилади.

Асбоб-ускуналар яшин зарбидан бузилади. Бунинг олдини олиш учун ерга туташтиргичга уланадиган разрядниклар стерженли ва тросли яшин қайтаргичларнинг учқунли оралиғидан фойдаланиб, яшиндан ҳимояланади. Бундай ерга туташтиришни яшиндан ҳимоя қилиш деб юритилади.

Одатда, учала типдаги ерга туташтиришни тайёрлаш учун битта ерга туташтирувчи қурилмадан фойдаланилади.

Ерга туташтириш учун табиий ва сунъий ерга туташтиргичлар қўлланилади. Табиий ерга туташтиргич сифатида водопровод трубаси, кабеллар қобиғи, пойдеворлар ва иморатларнинг металл қисмлари, таянчлар пойдевори, шунингдек, трос-таянч системалари қўлланилиб, улар ер билан ишончли туташган бўлади.



7-27- расм. Ерга туташтиргич майдонидаги ер юзаси бўйлаб потенциалнинг тақсимланиши.

Сунъий ерга туташтиргич сифатида металл стерженлар, бурчакликлар, полосалар қўлланилиб, улар ер билан ишончли контакт ҳосил қилиш учун тупроққа кўмилади.

Ерга туташтиргич (труба, бурчаклик, стержень) ларнинг сони ерга туташтириш қурилмасининг керакли қаршилигига ёки рухсат этиладиган тегиш кучланишига қараб ҳисоблаб аниқланади. Сунъий ерга туташтиргичлар шундай жойланадiki, бунда электр асбоб-ускуналар билан банд бўлган майдондаги электр потенциали мумкин қадар бир хил тарқалишини таъминланади. Шу мақсадда ОРУ майдонида асбоб-ускуналар бўйлаб ҳамда кўндаланг йўналишда чуқурлиги 0,5—0,7 м гача бўлган ерга туташтирувчи тўр ҳосил қилиниб, ерга туташтирувчи полосалар ётқизилади ва унга ерга туташтирилиши лозим бўлган асбоб-ускуналар уланади.

7.27- расмда очиқ тақсимлаш қурилмасида ерга туташтирувчи контурнинг жойлашиш плани, шунингдек, ОРУ территориясида потенциалларнинг ўзгариш эгри чизиги кўрсатилган.

Аппаратлардан бирининг изоляцияси бузилса, унинг корпуси ва ерга туташтирувчи контур маълум $U_3 = I_3 r_3$ потенциал остида бў-

лади. I_3 токининг ерга туташтирувчи электродлар орқали оқиб ўтиши улар атрофидаги ер потенциалининг аста-секин камайишига олиб келади. Ерга туташтириш контури ичидаги потенциаллар тенглашади, шунинг учун бузилган ускунага теккан киши унча катта бўлмаган потенциаллар айирмаси $U_{пр}$ (тегиш кучланиши) остида булиб, у ерга туташтиргичнинг потенциалининг маълум қисмини ташкил этади:

$$U_{пр} = k_n U_3, \quad (7-9)$$

бунда k_n — тегиб кетиш кучланиши коэффициентини, унинг қиймати ерга туташтиргич билан одамдан токнинг ўтиш шароитига боғлиқ (7-22) га қаранг.

Одимий кучланиш, яъни 0,8 м ораликдаги контурнинг ичида жойлашган икки нуқта орасидаги потенциаллар айирмаси катта бўлмайди ($U_{од1}$). Контурдан ташқарида потенциалларнинг тарқалиш эгри чизиғи янада қияроқ, шунинг учун одимий кучланиш ($U_{од2}$) га-ча ортади. Ерга туташадиган тоқлар катта бўлганда одимий кучланиш $U_{од}$ ни камайтириш учун контурнинг кириш ва чиқиш четларига қўшимча пўлаг полосалар ётқизилади. Ҳимоявий ерга туташтиришнинг вазифаси U_3 , $U_{пр}$, $U_{од}$ кучланишларини хавфсиз катталикларга-ча камайтиришдан иборат.

Ерга туташмаган ва нейтралли ерга эффе́ктив туташган установка-ларда ҳимоявий ерга туташтиришни ҳисоблашга қўйиладиган талаб принципиал фарқ қилади.

Ерга туташтирилмаган ёки резонансли ерга туташтирилган нейтралли (6; 10; 35 кВ ли тармоқлар) установка-ларда ерга туташтиргичлардаги потенциал (U_3) катталиги чекланади, яъни ерга туташтирувчи қурилманинг қаршилиги $R_д$ нормаланади. Чунки фаза ерга туташганда унча катта бўлмаган сифим токининг ўтишига олиб келади ва бу режим узоқ давом этиши мумкин. Ерга туташган қисмларга тегилган пайтда кучланиш остида қолиш эҳтимоли ортади.

Ерга нейтралли эффе́ктив туташтирилган 110 кВ ва ундан юқори тармоқлар установка-ларда фаза ерга туташса, қисқа туташув бўлади ва релели ҳимоя уни тез узади. Бунинг натижасида кучланиш $U_{пр}$, $U_{од}$ остида қолиш эҳтимоли камаяди.

Бир фазали қ. т. тоқлари анча катта бўлганлиги учун ерга туташтиргичдаги потенциал кескин ортади. Бу установка-лардаги $U_{пр}$ миқдори нормаланади ва унинг катталиги одам танасидан токнинг ўтиш муддатига қараб аниқланади.

$U_{од}$ кучланиши нормаланмайди, чунки одам учун токнинг оёқдан ўтиш йўли, қўлдан-оёққача ўтган йўлга қараганда хавфсизроқ.

б) Ерга туташтирилмаган ёки резонансли ерга туташтирилган нейтралли установкадаги ерга туташтирувчи қурилмани ҳисоблаш

6—35 кВ ли ерга туташтирилмаган ёки резонансли — ерга туташтирилган нейтралли установкада [А. 1-12] га асосан ерга туташтирувчи қурилманинг йилнинг исталган вақтидаги қаршилиги қуйидагича бўлиши шарт:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3}, \quad (7-10)$$

бунда I_3 — ерга туташгандаги ҳисобий ток, А.

Агар ерга туташтирувчи реактор нейтралга уланган бўлса, бу ҳолда у уланган ерга туташтирувчи қурилмалар учун ҳисобий ток номинал токнинг 125% ига тенг қилиб олинади. Реактор уланмаган ерга туташтирувчи қурилмалар учун ҳисобий токнинг миқдори ўрнида, энг кучли ерга туташтирадиган реактор узилишидан ҳосил бўладиган, компенсацияланмаган сиғим токининг катталиги олинади.

6—35 кВ ли установкалар учун ерга туташтирувчи қурилманинг қаршилиги 10 Ом дан ошмаслиги керак (ПУЭ 1-7- боб).

Изоляцияланган нейтралли 1000 В гача бўлган установкадаги ерга туташтирувчи қурилмаларнинг йилнинг исталган вақтидаги қаршилиги қуйидагича бўлиши шарт:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3}, \quad (7-11)$$

бунда I_3 — ерга туташгандаги ҳисобий ток, А.

Манба куввати 100 кВ А гача бўлса, R_3 10 Ом дан ошмаслиги керак, куввати катта бўлса, $R_3 = 4$ Ом га тенг (ПУЭ, 1-7- боб) бўлади.

(7-10) ва (7-11) формулаларнинг суратидаги сонлар ерга туташтиргичдаги рухсат этиладиган кучланиш — 250 ва 125 В дир. Шунинг таъкидлаш лозимки, ерга туташтирилган ускунага теккан одам кучланиш таъсирида бўлмай, балки ундан кичикроқ кучланиш таъсирида бўлади [(7-9- га қаранг)].

Нейтралли ерга мустаҳкам туташтирилган, кучланиши 1000 В гача бўлган установкаларнинг ерга туташтирувчи қурилмаларига қатор айрим талаблар қўйилади [А. 1-12], уларни бу ерда кўрилмайд.

Нейтралли ерга туташтирилмаган ёки резонанс ерга туташган установкаларнинг ерга туташтирувчи қурилмалари горизонтал ва вертикал ерга туташтиргичлардан тўғри тўртбурчак, айрим ҳолларда бир икки қатор горизонтал ва вертикал ерга туташтиргич кўринишида тайёрланади. Бундай қурилмаларни амалий мақсадлар учун етарли аниқликда, фойдаланиш коэффициенти бўйича ҳисоблаш мумкин, бунда тупроқни ҳамма қатламида бир жипсли деб қабул қилинади.

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Ҳисобий ток I_3 ва (7-10) ёки (7-11) бўйича R_e аниқланади (турли кучланишлардаги ерга туташтирувчи қурилмалар бирга қўшилган бўлса, унда талаб қилингандан кичикроқ миқдор олинади).

2) Табиий ерга туташтиргичлар қаршилиги аниқланади. Табиий ерга туташтиргичлардан фойдаланилганда ерга туташтирувчи қурилма конструкцияси содалашади, ерга сунъий туташтиргичлар электродларининг сони камаяди, айрим ҳолларда эса улар бутунлай қўлланилмайди.

Табиий ерга туташтиргичларнинг қаршилиги конкрет қурилмада ўлчаш йўли билан аниқланади. Уларнинг катталиги тахминан қуйидагича бўлиши мумкин: пўлат водопровод труба — 2—4 Ом; кабелнинг металл қобиғи — 2—3 Ом; трос-таянч системаси учун 2,5—3 Ом олиш мумкин. Очиқ РУ нинг таянч пойдеворларининг қаршилиги [А. 7-4] дан ҳисобланади.

Агар $R_e < R_3$ бўлса, у ҳолда, вертикал ерга туташтиргичлар керак бўлмай, майдонга камида икки жойидан ерга табиий туташтиргич билан боғланадиган горизонтал ерга туташтиргич (одатда полосадан иборат) ётқизилади.

Агар $R_e > R_3$ бўлса, у ҳолда сунъий ерга туташтиргич қурилмаси қилиниб, унинг қаршилиги қуйидагича тенг бўлиши керак.

$$R_{\text{сун}} = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} \quad (7-12)$$

Сунъий ерга туташтиргич сифатида узунлиги 3—5 м, диаметри 12—20 мм ли стержень — вертикал ерга туташтиргичлар ва $40 \times 4 \times 4$ мм ли пўлат полосалар горизонтал ерга туташтиргичлар қилиб ишлатилади.

3. Тупроқнинг ҳисобий солиштирма қаршилиги аниқланади:

$$\rho_{\text{ҳис}} = k_c \rho, \quad (7-13)$$

бунда ρ — нормал намликдаги тупроқнинг ўлчанган солиштирма қаршилиги. 7.4-жадвалда ρ нинг айрим қийматлари келтирилган k_c — тупроқнинг қуриши билан музлашини ҳисобга олувчи мав-

7-4-жадвал

Тупроқнинг солиштирма қаршилиги

Тупроқ	Солиштирма қаршилик, Ом·м	Тупроқ	Солиштирма қаршилик, Ом·м
Қум	400—1000 ва қўп 150—400 40—150	Торф	20
Қумлоқ		Қора тупроқ	10—50
Қумоқ		Оҳақтош, тупроқ оҳақтош	1000—2000
Гил	8—70	Қояли грунт	2000—4000
Боғ экилган ер	40		

сумий коэффициент 17-4]. Ўртача иқлимли районлар (иккинчи, учинчи) — да узунлиги 3—5 м ли вертикал электродлар учун $k_c = 1,45 \div 1,15$; узунлиги 10—15 м ли горизонтал электродлар учун $k_c = 3,5 \div 2,0$ олинади.

4. Ажратилган майдонга ерга туташтиргични жойлаштиришни ҳисобга олиб, унинг тузилишини тахминан аниқланади, бунда вертикал ерга туташтиргичлар ораси улар узунлигидан кичик олинмайди. Ерга туташтирувчи қурилманинг плани бўйича вертикал ерга туташтиргичларнинг тахминий сони ҳамда горизонтал ерга туташтиргичнинг узунлиги аниқланади.

5. Битта вертикал ерга туташтиргич стерженнинг қаршилиги Ом ҳисобида аниқланади:

$$r_v = \frac{0,366\rho_{\text{хис}}}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (7-14)$$

бунда $\rho_{\text{хис}}$ — тупроқнинг ҳисобий солиштирма қаршилиги Ом · м; l — стерженнинг узунлиги, м; d — стержень диаметри, t — ётқизиш чуқурлиги бўлиб, у ер сатҳидан то стерженли ерга туташтиргич ўртасигача бўлган масофага тенг, м.

6. Вертикал ерга туташтиргичларнинг сони аниқланади.

$$n_v = \frac{r_v}{R_{\text{сун}} \eta_v}, \quad (7-15)$$

бунда η_v — вертикал ерга туташтиргичлардан фойдаланиш коэффициентини бўлиб, стерженлар оралиғи a , уларнинг узунлиги ҳамда остига боғлиқ бўлади (7-5-жадвал). e

7-5-жадвал

ирлаштирувчи полоса таъсири ҳисобга олинмасдан контур бўйича жойлаштирилган вертикал ерга туташтиргичларнинг фойдаланиш коэффициентлари

Ерга туташтиргичлар орасидаги масофанинг улар узунлигига нисбати, a/l	Электродлар сони	η_v	Ерга туташтиргичлар орасидаги масофанинг улар узунлигига нисбати, a/l	Электродлар сони	η_v
1	4	0,66—0,72	2	20	0,61—0,66
	6	0,58—0,65		40	0,55—0,61
	10	0,52—0,58		60	0,52—0,58
	20	0,44—0,50		4	0,84—0,86
	40	0,38—0,44		6	0,78—0,82
2	60	0,36—0,42	10	0,74—0,78	
	4	0,76—0,80	3	20	0,68—0,73
				40	0,64—0,69
				60	0,62—0,67
6	0,71—0,75				
10	0,66—0,71				

Вертикал электродлардан тузилган контурдаги бирлаштирувчи полосанинг фойдаланиш коэффициенти

Ерга туташтиргичлар орасидаги масофанинг улар узунлигига нисбати, a/l	Вертикал ерга туташтиргичлар сони						
	4	6	8	10	20	30	50
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

7. Горизонтал ерга туташтиргичлар (контурнинг бирлаштирувчи полосаси) нинг қаршилиги аниқланади, Ом:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,366 \rho_{\text{хис}}}{l} \lg \frac{2l^2}{bt}, \quad (7-16)$$

бунда l — полоса узунлиги, м; b — полоса кенлиги, м; t — ўрнатиш чуқурлиги, м; $\rho_{\text{хис}}$ — горизонтал ерга туташтиргичлар учун ернинг ҳисобланган қаршилиги (3 п. га қаранг).

Фойдаланиш коэффициентини ҳисобга олиб полоса қаршилигини аниқлаймиз:

$$R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (7-17)$$

бунда η_{Γ} — фойдаланиш коэффициенти, уни 7-6-жадвалдан оламиз.

8. Бирлаштирувчи полосадан фойдаланишни ҳисобга олиб вертикал ерга туташтиргичларнинг керакли қаршилиги аниқланади

$$R_{\text{в}} \leq \frac{R_{\Gamma} R_3}{R_{\Gamma} - R_3}. \quad (7-18)$$

9. Вертикал ерга туташтиргичларнинг аниқ сони топилади:

$$n'_{\text{в}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{в}} \eta'_{\text{в}}},$$

бундаги $\eta'_{\text{в}}$ фойдаланиш коэффициентининг аниқ қиймати.

Ҳисоб натижалари асосида ерга туташтирувчи қурилма шакли аниқланади.

7-2 мисол. **Топшириқ.** Иккинчи иқлимий зонада ўрнатишган 35/6 кВ ли подстанциянинг ерга туташтирувчи қурилмасини ҳисобланг. 35 ва 6 кВ ли тармоқлар нейтрал ерга туташтирилмаган ҳолда ишлайди. 35 кВ томонида $I_3 = 8$ А га, 6 кВ ли томонда $I_3 = 25$ А га тенг. Подстанциянинг ўз эҳтиёжи 0,4 кВ ли томони ерга туташган нейтралли 6/0,4 кВ ли томони ерга туташган нейтралли 6/0,4 кВ ли трансформатордан таъминланади. Табиий ерга туташтиргичлар йўқ. Ернинг нормал намликдаги солиштирма қаршилиги $\rho = 86$ Ом·м. Подстанциянинг асбоб ускуналари 18×8 м майдонни эгаллайди.

Ечиш. 35 кВ ли устанозкалар учун ерга туташтирувчи қурилма қаршилиги (7-10) дан аниқланади:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3} = \frac{250}{8} = 31,4 \text{ Ом.}$$

6 кВ ли установка учун ерга туташтирувчи қурилма қаршилиги (7-10) дан:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3} = \frac{250}{25} = 10 \text{ Ом.}$$

Трансформаторнинг 0,4 кВ ли томонидаги нейтралнинг ерга туташтирувчи қурилмасининг қаршилиги [А.1-12] га мувофиқ 4 Ом дан ортмаслиги керак.

Шундай қилиб, охириги талаб ҳисоблаш учун асосий ҳисобланади:

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом.}$$

Ерга туташтирувчи қурилмани подстанция асбоб-ускуналари атрофига 0,7 чуқурликка қўйилган 40×4 мм ли полоса ҳамда узунлиги 5 м ва диаметр 12 мм ли, бир-биридан 5 м ораликда жойлашган стерженлардан иборат контур кўринишида тайёрлаймиз. Полосанинг умумий узунлиги 60 м, стерженларнинг дастлабки сони 12 та деб оламиз (7-28-расм).

Ҳар бир стерженнинг қаршилигини (7-14) дан аниқлаймиз:

$$r_B = \frac{0,366 \cdot 108}{5} \left(ig \frac{2,5}{12 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} ig \frac{4,3,2+5}{4,3,2-5} \right) = 24,4 \text{ Ом;}$$

бунда $\rho_{\text{хис}} = k_c \cdot \rho = 1,25 \cdot 86 = 108 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, бунда k_c ни иккинчи иқлимий район учун 8-2-жадвалдан [А.7-4] аниқланади.

(7-15) дан керакли стерженлар сонини аниқлаймиз:

$$n_B = \frac{r_B}{R_3 \eta_B} = \frac{24,4}{4 \cdot 0,57} = 11,2,$$

бунда $\eta_B = 0,57$ ни $a/l = 1$, $n = 12$ учун 7-5-жадвалдан аниқланади.

(7-16) дан ерга туташтирувчи полоса қаршилигини аниқлаймиз:

$$r_r = \frac{0,366 \rho_{\text{хис}}}{l} ig \frac{2l^2}{bt} = \frac{0,366 \cdot 3 \cdot 86}{60} ig \frac{2 \cdot 60^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 8,7 \text{ Ом;}$$

бу ерда $\rho_{\text{хис}} = k_c \cdot \rho = 3 \cdot 86$ бўлиб, бунда k_c ни 8-2-жадвалдан [А.7-4] аниқланади.

12 та вертикал электродлардан иборат контурдаги полосанинг қаршилиги

$$R_r = \frac{r_r}{\eta_r} = \frac{8,7}{0,326} = 26,8 \text{ Ом га тенг,}$$

бунда $\eta_r = 0,326$ ни $a/l = 1$ ва $n = 12$ учун 7-6-жадвалдан аниқланади.

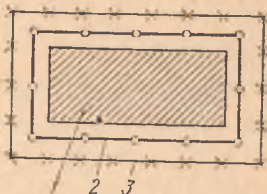
(7-18) дан ерга вертикал туташтиргичларнинг керакли қаршилигини аниқлаймиз:

$$R_B = \frac{R_r R_3}{R_r - R_3} = \frac{26,8 \cdot 4}{26,8 - 4} = 4,7 \text{ Ом.}$$

Стерженларнинг аниқлаштирилган сони

$$n'_B = \frac{r_B}{R_B \eta_B} = \frac{24,4}{4,7 \cdot 0,57} = 9,13$$

Шундай қилиб, $n = 10$ та деб қабул қиламиз, яъни подстанциянинг икки чекка томонига стерженлар ўрнатилмайди.



7-28- расм. 7-2- мисол учун ерга туташтиргич қурилмасининг плани:

1 — дастгоҳ эгаллаган майдон ($18 \times 8 \text{ м}^2$); 2 — ерга туташтирувчи контур ($20 \text{ м} \times 10 \text{ м}$); 3 — подстанция тўсиғи

в) Нейтралли ерга самарали туташтирилган 110 кВ ва ундан юқори кучланишли установакалардаги ерга туташтирувчи қурилмаларни ҳисоблаш

ПУЭ га мувофиқ (1966 йил) 110 кВ ва ундан юқори кучланишли установакалардаги ерга туташтирувчи қурилмалар ерга туташтиришнинг рухсат этиладиган қаршилиги, $R_c = 0,5 \text{ Ом}$ бўйича ҳисобланади. Бу ҳол табиий ерга туташтиригичга эга бўлмаган кичик майдонли подстанция учун ерга туташтирувчи қурилмани қуришда ўтказгич материал билан меҳнат сарфини асосиз кўп сарфлашга олиб келарди. 110 кВ ва ундан юқори кучланишли тақсимлаш қурилмаларини эксплуатация қилиш тажрибаси R_c катталигини нормаламай, балки қўл орқали ўтадиган (теккандаги) кучланишни нормалашга ўтиш имкониятини беради [А.7-5, 7-6]. Қуйидаги мулоҳаза бунга асос бўлади. Потенциалга эга бўлган ерга туташган асбоб-ускуналарга одам теккан пайтда, (7-27-расмга қараган), ерга туташтиригич қаршилигининг бир қисми одам танаси қаршилиги R_q ҳамда оёқ орқали ерга ўтаётган ток қаршилиги R_c билан шунтланади. Одам танасига таъсир этаётган кучланиш ҳақиқатда

$$U_q = U_{np} - U_c \quad (7-19)$$

га тенгдир, бунда $U_c = I_q R_c$ — одамнинг иккала оёғидан ерга ток ўтишидаги қаршилиқдаги кучланишнинг камайиши.

Агар оёқ тагини 8 см ли дишк дэб қаралса, у ҳолда

$$R_c = \frac{\rho_{в,с}}{2 \cdot 4r} = \frac{\rho_{в,с}}{8 \cdot 0,08} = 1,5 \rho_{в,с}$$

бунда $\rho_{в,с}$ — ернинг юқори қатламнинг солиштирма қаршилиги, Ом·м; r — оёқ таги радиуси, м да.

Одамдан ўтаётган ток:

$$I_q = \frac{U_{np} - U_c}{R_q}$$

Ток уриш хавфи одам танаси орқали ўтаётган ток билан унинг ўтиш давомийлигига бағлиқ бўлади. Соег Иггифоқда қабул қилинган нормалар [А.7-7] асосида рухсат этиладиган ток қуйидагича аниқланади:

Таъсир этиш давомийлиги, с	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0
Рухсат этилган ток, МА	500	250	100	75	65

Рухсат этилган токни билган ҳолда, (7-19) дан тегиш кучланишнинг рухсат этилган миқдорини аниқлаш мумкин:

$$U_{np} \leq I_q R_q + U_c$$

U_c билан R_c қийматларини ўрнига қўйиб, қуйидагиси олаемиз:

$$U_{np} \leq I_q R_q + 1,5 I_q \rho_{в,с} \quad (7-20)$$

Масалан $R_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом}$, тупроқ устки қатламининг солиштирма қаршилиги $\rho_{\text{в,с}} = 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, токнинг таъсир этиш вақти $0,5 \text{ с}$ бўлса, у ҳолда $I_{\text{ч,доп}} = 100 \text{ мА} = 0,1 \text{ А}$ ни аниқлаб, $U_{\text{пр}}$ ни топамиз:

$$U_{\text{пр}} \leq 0,1 \cdot 1000 + 1,5 \cdot 0,1 \cdot 1000 = 250 \text{ В.}$$

(7-20) дан кўринадикки, $\rho_{\text{в,с}}$ қанча катта бўлса, шунча катта тегиш кучланишига рухсат бериш мумкин. $\rho_{\text{в,с}}$ нинг айрим ўртача миқдорини қабул қилиб, рухсат этиладиган тегиш кучланиши миқдорини ҳисоблаш учун қуйидагини тавсия қилиш мумкин [А.7-5]:

Таъсир этиш давомийлиги, с ... 0,1 гача 0,2 0,5 0,7 1,0 1 дан < 3 гача
 Рухсат этиладиган энг катта
 тегиш кучланиши, В 500 400 200 130 100 65

Таъсир этиш давомийлиги $I_{\text{в}}$ ни ҳисоблаш учун қуйидаги формула қабул қилинган:

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{р,з}} + t_{\text{о,в}},$$

бунда $t_{\text{р,з}}$ — релели ҳимоянинг таъсир этиш вақти.

Оператив қайта улашларда ишчи ходимнинг ерга туташган қисмларга тегадиган иш жойлари учун резервдаги ҳимоянинг таъсир этиш вақти олиниб, бошқа ҳоллар учун асосий ҳимоянинг таъсир этиш вақти олинади; $t_{\text{о,в}}$ — виключателнинг тўлиқ узиш вақти.

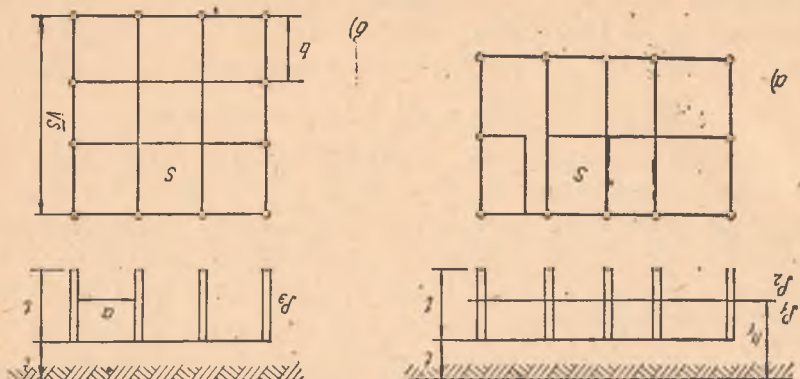
Тегишли кучланиши нормалари бўйича тайёрланган ерга туташтирувчи қурилма йилнинг исталган фаслида подстанциянинг ҳамма территорияси чегараларида $U_{\text{пр}}$ нинг нормал миқдордаги чегаралани.

ли таъминлаши, ерга туташтирувчи қурилманинг кучланиши $U_{\text{з}}$ эса 10 кВ дан ошмаслиги лозим. Агар $U_{\text{з}} > 5 \div 10 \text{ кВ}$ бўлса, чиқаётган кабеллар изоляциясини ҳимоялаш ҳамда электр установкадан ташқарига юқори потенциал чиқишининг олдини олиш тадбирларини куриш лозим.

110 кВ ва ундан ортиқ кучланишли установкалар учун ерга туташтирувчи қурилмалар вертикал ерга туташтиргич, туташтирувчи полосалар, асбоб-ускунани бўйлама қаторлари бўйича жойлашган полосалар ҳамда кўндаланг йўналишда жойлашган тенгловчи полосалардан тайёрланади ва улар ўзгарувчан қадамли ерга туташтирувчи тур ҳосил қилади (7.29- расм, а). Полосалар ораси 30 м дан ошмаслиги керак. 7-4- §, б да баён этилган метод билан мураккаб шаклдаги ерга туташтиргични ҳисоблаш катта хатоликларга олиб келади.

Мураккаб ерга туташтиргичларни ҳисоблашнинг турли методлари тавсия этилади [А. 1-6]. Шулардан бирини кўриб чиқамиз [А.7-4].

Мураккаб ерга туташтиргични ҳисобий квадрат модель билан алмаштирилади (7-29- расм, б). Бунинг учун қуйидаги шарт қабул қилинади; уларнинг майдонлари S , горизонтал ўтказгичларнинг умумий узунлиги L_r , уларнинг жойлашган чуқурлиги t , вертикал ерга туташтиргичлар сони ва узунлиги ва уларнинг жойланиши чуқурлиги бир-бирига тенг бўлиши керак. Реал шароитларда тупроқнинг солиштирма қаршилиги чуқурлиги бўйича бир хил эмас.



7-29- расм. Мураккаб ерга туташтиргичларни ҳисоблаш учун:
 а — подстанциянинг ерга туташтирувчи қурилмаси; б — ҳисоблаш модели.

Одатда, юқори қатламнинг солиштирма қаршилиги катта бўлиб пастки намланган қатламники кичик бўлади. Ҳисоблашларда кўп қатламли тупроқ икки қатламли деб олинади: юқори қатлами h_1 қалинликда ρ_1 солиштирма қаршиликка эга, пасткисининг солиштирма қаршилиги ρ_2 га тенг. ρ_1 , ρ_2 , h_1 катталиклар мавсумий коэффицент k_c ни ҳисобга олиб улчашлар асосида олинади.

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Энг катта тегишли кучланишини аниқлаб, ерга туташтиргичдаги кучланишни (7-9) бўйича ҳисоблаймиз

$$U_s = \frac{U_{\text{пр, доп}}}{k_n} \tag{7-21}$$

бунда k_n — тегиш кучланиши коэффиценти; мураккаб ерга туташтиргичлар учун қуйидаги формуладан аниқланади:

$$k_n = \left(\frac{l_B L_\Gamma}{a \sqrt{S}} \right)^{0,45} \tag{7-22}$$

бунда l_B — вертикал ерга туташтиргичлар узунлиги, м;
 L_Γ — горизонтал ерга туташтиргичлар узунлиги, м;
 a — вертикал ерга туташтиргичлар орасидаги масофа, м;
 S — ерга туташтирувчи қурилма юзаси, м², M — параметр бўлиб, ρ_1/ρ_2 га қуйидагича боғлиқ:

ρ_1/ρ_2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10
M	0,36	0,50	0,62	0,69	0,72	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82

β — одам танаси қаршилиги R_r ва оёқдан ерга ток ўтаётгандаги қаршилик R_c лар бўйича аниқландиган коэффицент:

$$\beta = \frac{R_r}{R_r + R_c} \tag{7-23}$$

Ҳисоблашларда $R_r = 1000 \text{ Ом}$; $R_c = 1,5 \rho_{B,C}$ деб олинади.

2. $U_3 = I_3 R_3$ бўлганлиги учун ерга туташтирувчи қурилманинг қаршилиги қуйидагича бўлиши керак:

$$R_{3, \text{ доп}} \leq \frac{U_3}{I_3} \quad (7-24)$$

бунда I_c — қурилаётган установкадаги бир фазали ҳисобий қ. т. токи.

3. Табiiй ерга туташтиргичларнинг умумий қаршилиги аниқланади:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{r_{\text{каб}}} + \frac{1}{r_{\text{ф}}} + \frac{1}{r_{\text{с.т.о}}}} \text{ Ом}, \quad (7-25)$$

бунда $r_{\text{каб}}$ — кабель тоқларининг ўтишидаги қаршилик; $r_{\text{ф}}$ — фундаментдан ўтаётган ток қаршилиги; $r_{\text{с.т.о}}$ — трос-таянч системасидан тоқларнинг ўтишидаги қаршилик ([А. 7-4] га қаранг).

Агар $R_c < R_{3, \text{ доп}}$ бўлса, у ҳолда фақат горизонтал полосалар түри қурилади, агар $R_e > R_{3, \text{ доп}}$ бўлса, у ҳолда қаршилиги (7-12) дан аниқланадиган сунъий ерга туташтиргич қурилади.

4. Ҳисоблаш моделига айлантирилган мураккаб ерга туташтиргичнинг қаршилиги аниқланади (7-29 расм, б), Ом:

$$R_3 = A \frac{\rho_3}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_3}{L_r + L_B} \quad (7-26)$$

бунда $A = \left(0,444 - 0,84 \frac{l_B + t}{\sqrt{S}}\right)$ агар $0 \leq \frac{l_B + t}{\sqrt{S}} \leq 0,1$ бўлса; $(7-27)$

$A = \left(0,385 - 0,25 \frac{l_B + t}{\sqrt{S}}\right)$ агар $0,1 \leq \frac{l_B + t}{\sqrt{S}} \leq 0,5$ бўлса, $(7-28)$

бунда ρ_3 — ернинг эквивалент солиштирма қаршилиги, Ом·м (7-7-жадвал); L_B — вертикал ерга туташтиргичларнинг умумий узунлиги;

Олинган R_3 нинг қиймати $R_{3, \text{ доп}}$ ёки $R_{\text{сун}}$ дан кичик бўлиши шарт.

Агар ерга туташтиргичнинг қаршилиги керагидан катта чиқса, у ҳолда майдон S , узунлиги L_r вертикал ерга туташтиргичлар со-ни n_B ни уларнинг узунлигини ошириш керак бўлади. Буларнинг ҳаммаси қўшимча харажат талаб этиб, подстанцияларда бунини амалга ошириш қийинлашади. Тегиб кетишдаги хавфни камайтиришнинг самарали чораларидан бири ОРУ территориясининг ҳамма жойига қалинлиги 0,15 — 0,2 м шағал ёки майдаланган тош тўкишдир. Бунда юқори қатламнинг солиштирма қаршилиги кескин ортиб (5000 — 10 000 Ом·м), одам орқали ўтадиган ток камаяди, чунки оёқ орқали ерга ток ўтишига қаршилик R_c ортади. Ҳисоблашда β

Вертикал ерга туташтиргичли тўрлар учун нисбий эквивалент солиштирма қаршилиқ

ρ_1/ρ_2	a/l_B	Қатламнинг нисбий қалинлиги $(h-t)/l_B$						
		0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	0,95
1 2	1 — 4	1,0	1	1	1	1	1	1
	1	1,02	1,03	1,05	1,1	1,13	1,3	1,4
	2	1,03	1,07	1,1	1,13	1,15	1,32	1,5
	4	1,05	1,17	1,13	1,15	1,2	1,38	1,6
5	1	1,05	1,1	1,15	1,22	1,35	1,86	2,4
	2	1,22	1,26	1,35	1,43	1,54	2,12	2,7
	4	1,33	1,41	1,5	1,65	1,83	2,6	3,5
10	1	1,1	1,2	1,28	1,38	1,62	2,5	3,7
	2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,75	5,5
	4	1,52	1,7	1,88	2,08	2,33	3,52	6,0
0,125	0,5 — 4	0,95	0,9	0,8	0,7	0,62	0,54	0,52
0,25	0,5 — 4	0,97	0,93	0,85	0,78	0,71	0,65	0,64
0,5	0,5 — 4	0,99	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79	0,77

коэффициенти тегишлича камаяди ва ерга туташтирувчи қурилманнинг рухсат этиладиган қаршилиги ортади.

7-3-мисол. Топпириқ. Майдони 12×20 м² ли 110/6 кВ КТП учун ерга туташтирувчи қурилма ҳисоблансин. $\rho_1 = 5000$ Ом·м (музлаш ҳисобга олинади); $h_1 = 2$ м; $\rho_2 = 60$ Ом·м; $t = 0,7$ м; $l_B = 5$ м; $t_{p,з} = 0,12$ с; $t_{o,в} = 0,08$ с, кўриладиган подстанциядаги ерга ўтаётган бир фазали қ. т. токи $I_3 = 1,9$ кА. Табиий ерга туташтиргичлар йўқ.

Ечиш. $\tau_B = 0,12 + 0,08 = 0,2$ учун $U_{пр,доп} = 400$ В ни топамиз. (7-22) бўйича:

$$k_n = \frac{M\beta}{\left(\frac{l_B L_r}{a\sqrt{S}}\right)^{0,45}} = \frac{0,806 \cdot 0,57}{\left(\frac{5 \cdot 125}{5\sqrt{12 \cdot 20}}\right)^{0,45}} = 0,18;$$

бу ерда $\rho_1/\rho_2 = 500/60 = 8,3$ бўлганда $M = 0,806$ га тенг олинади;

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 1,5\rho_{в,с}} = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 500} = 0,57;$$

$L_r = 125$ м пландан олинади (7-29-расм, а).

(7-21) дан

$U_n = \frac{U_{пр,доп}}{k_n} = \frac{400}{0,18} = 2222$ В, бу рухсат этилган чегарада (10 кВ дан кичик).

(7-24) дан

$$R_{з,доп} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{2222}{1900} = 1,23 \text{ Ом.}$$

Ерга туташтирувчи қурилманинг ҳақиқий планини (7-29 расм, а) ҳисобий квадрат моделга айлантирамиз (7-29, расм, б), квадрат томони:

$$\sqrt{S} = \sqrt{12 \cdot 20} = 15,5 \text{ м.}$$

Квадрат томон бўйлаб ячейкалар сони

$$m = \frac{L_r}{2\sqrt{S}} - 1 = \frac{125}{2 \cdot 15,5} - 1 = 3,03;$$

$m = 3$ деб қабул қиламиз.

Ҳисобий моделдаги полосалар узунлиги

$$L'_r = 2\sqrt{S}(m + 1) = 2 \cdot 15,5 \cdot 4 = 124 \text{ м.}$$

Ячейка томонларининг узунлиги

$$b = \frac{15,5}{3} = 5,17 \text{ м.}$$

$a/l_B = 1$ шартда контурнинг периметри бўйича вертикал ерга туташтиргичларнинг сони

$$n_B = \frac{\sqrt{S} \cdot 4}{1 \cdot l_B} = \frac{15,5 \cdot 4}{5} = 12,4;$$

$n_B = 12$ деб қабул қиламиз.

Вертикал ерга туташтиргичларнинг умумий узунлиги

$$L_B = l_B n_B = 5 \cdot 12 = 60 \text{ м.}$$

Нисбий чуқурлиги

$$\frac{l_B + t}{\sqrt{S}} = \frac{5 + 0,7}{15,5} = 0,368 > 0,1,$$

у ҳолда (7-28) дан

$$A = 0,385 - 0,25 \frac{l_B + t}{\sqrt{S}} = 0,385 - 0,25 \frac{5 + 0,7}{15,5} = 0,293.$$

$\rho_1/\rho_2 = 8,3$; $a/l_B = 1$ учун 7-7-жадвалдан аниқлаймиз;

$$\frac{h_1 - t}{l_B} = \frac{2 - 0,7}{5} = 0,26$$

$\rho_3/\rho_2 = 1,4$ ни аниқлаймиз, унда $\rho_3 = 1,4 \cdot 60 = 84 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (7-26) дан R_3 ни топамиз:

$$R_3 = A \frac{\rho_3}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_3}{L_r + L_B} = 0,293 \frac{84}{15,5} + \frac{84}{124 + 60} = 2,044 \text{ Ом,}$$

бу $R_{3, \text{доп}} = 1,23$ дан катта.

Тегиш кучланишини аниқлаймиз.

$U_{\text{пр}} = k_n I_s R_s = 0,18 \cdot 1900 \cdot 2,044 = 699 \text{ В}$ — рухсат этилган миқдор 400 В дан катта.

$U_{\text{пр}}$ ни камайтириш учун подстанция территорияси ташқарисида ерга туташтирувчи қурилмани кенгайтириш ёки табиий ерга туташтиргичлардан фойдаланиш йўли билан керакли тадбирлар қуриш лозим.

Подстанцияда 110 кВ ли линия трос — таянч системасининг умумий қаршилиги 2 Ом дан фойдаланиш мумкин деб фараз қилайлик. У ҳолда (7-12) дан сунъий ерга туташтиргичларнинг керакли қаршилигини топамиз:

$$R_{\text{сун}} = \frac{R_e R_{\text{з, доп}}}{R_e - R_{\text{з, доп}}} = \frac{2 \cdot 1,23}{2 - 1,23} = 3,19 \text{ Ом.}$$

Шундай қилиб, подстанциянинг ерга туташтирувчи контурининг қаршилиги $R_s < R_{\text{сун}}$ талабига жавоб беради.

Подстанциянинг ерга туташтирувчи қурилмасининг табиий ерга туташтирувчиларини ҳисобга олгандаги умумий қаршилиги қуйидагича:

$$R'_s = \frac{R_s R_e}{R_s + R_e} = \frac{2,044 \cdot 2}{2,044 + 2} = 1,01 \text{ Ом,}$$

бу ҳолда тегиш кучланиши

$$U_{\text{пр}} = k_n \cdot I_s \cdot R'_s = 0,18 \cdot 1900 \cdot 1,01 = 345 \text{ В,}$$

бу рухсат этиладиган миқдор 400 В дан кичик.

$U_{\text{пр}}$ ни камайтиришнинг бошқа йўли ҳам бор. Подстанциянинг бутун территориясига қалинлиги 0,2 м ли шағал тукамиз. Бу ҳолда тупроқнинг юқори қатламнинг солиштира қаршилиги $\rho_{\text{в.с}} = 3000 \text{ Ом. м}$ бўлади, бунда:

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 3000} = 0,18;$$

$$k_n = \frac{M\beta}{\left(\frac{L_p L_r}{aV S}\right)^{0,45}} = \frac{0,806 \cdot 0,18}{\left(\frac{5 \cdot 125}{57\sqrt{12} \cdot 20}\right)^{0,45}} = 0,057.$$

Ерга туташтиргичларнинг ўрнатилиш чуқурлиги 0,7 м шағал қатламидан катта бўлганлиги учун, ерга туташтирувчи қурилмадан ўтаётган токка шағал тўкилиши таъсир этмайди. Шунинг учун ρ_1/ρ_2 нисбат ва M катталиқ ўзгармай қолади. (7-21) дан

$$U_s = \frac{400}{0,057} = 7017 \text{ В.}$$

(7-24) дан $R_{\text{з, доп}} = \frac{7017}{1900} = 3,69 \text{ Ом,}$

бу $R_s = 2,044 \text{ Ом}$ дан катта.

Тегиш кучланиши

$$U_{\text{пр}} = k_{\text{п}} I_{\text{з}} R_{\text{з}} = 0,057 \cdot 1900 \cdot 2,044 = 221 \text{ В}$$

бу рухсат этилгандан кичик.

Ҳисоблашдан ОРУ территориясига шағал тўкиш самарали эканлигини кўриш мумкин.

Шу подстанциядаги бир фазали қ. т. нинг рухсат этиладиган максимал токини аниқлаймиз:

$$I_{\text{з, max}} = \frac{U_{\text{пр, доп}}}{k_{\text{п}} R_{\text{з}}} = \frac{400}{0,057 \cdot 2,044} = 3433 \text{ А.}$$

Қ. т. токлари катта бўлганда полосалар тўрини кўпайтириш ёки қўшимча вертикал электродлар ҳисобига катталиги кичрайтирилади.

Ерга туташтирувчи қурилмаларни ҳисоблаш [А. 7-4, 7-8] да батафсил баён этилган.

ИЛ.1000 В ДАН ЮҚОРИ КУЧЛАНИШГА МЎЛЖАЛЛАНГАН АСОСИЙ ЭЛЕКТР
АППАРАТЛАРНИНГ ТЕХНИК МАЪЛУМОТЛАРИ

ИЛ.1- жадвал

Ажраткичлар

Типи	Номинал кучланиш, кВ	Номинал ток, А	Қ. т. нинг че- гара паррон токининг амплитудаси, кА		Термик турғунлиги рухсат этилган вақт, кА/С		Юритма типи
			Бош пичоқ- ларнинг	Ерга туташ- тирувчи пи- чоқларнинг	Бош пичоқ- ларнинг	Ерга туташ- тирувчи пи- чоқларнинг	
Ичкарига ўрнатиш учун							
РВ, РВФ	6,10	400	50	—	16/4	—	ПР-10
		630	60	—	20/4	—	ПР-11
		1000	120	—	40/4	—	
РВЗ	6,10	400	50	—	16/4	—	ПР-10,
		630	60	—	20/4	—	ПР-11
		1000	81	—	40/4	—	
РВР (3)	10	2000	85	—	31,5/4	—	ПЧ-50.
		4000	125	—	45/4	—	ПДВ-УЗ
	20	6300	220	—	80/4	—	ПДВ-1УЗ
РВР (3)		8000	300	—	112/4	—	ПЧ-50
	10	2000	200	—	60/10	—	ПР-3
РВҚ	35	2000	115	—	65/10	—	ПЧ-50, ПР-3
РВК	20	12500		—		—	ПД-12УЗ
РВП (3)	35	630	42	—	16/4	—	ПР-3
РВ, РВ (3)		1000	80	—	31,5/4	—	ПР-3
Ташқарига ўрнатиш учун							
РМД; РНД (3)	35	1000	64	—	25/4	—	ПР-180-У1
		2000	84	84	31,5/4	31,5/4	
		3200	84	84	32,5/4	31,5/4	
	110	1000	80	—	31/3	—	ПР-180-У1
		2000	100	—	40/3	—	
		3200	128	128	50/3	50/1	
	220	1000	64	64	25/3	25/1	ПР-180-У1,
		2000	100	100	40/3	40/1	ПДН-1
		3200	128	128	50/3	50/1	
РНД, РНД (3)	330	3200	160	—	63/2	—	ПД-1
	500	3200	160	—	63/2	—	ПД-1
РНВ, РНВ (3)	500	2000	45	45	13,5/10	13,5/10	ПДН
	750	2000					
		4000					
РПН	220	2000	160	—	—	—	—
		3200	160				
	330	2000	160				
		3200	160				
	500	2000	160				
	750	4000	160				

И1. 1- жадвал (давими)

Типи	Номинал кучланиши, кВ	Номинал ток, А	Қ. т. нинг чегара паррон токининг амплитудаси, кА		Термик турғунлиги рухсат этилган вақт, кА/С		Юритма тип
			Бош пичоқларнинг	Ерга туташтирувчи пичоқларнинг	Бош пичоқларнинг	Ерга туташтирувчи пичоқларнинг	
ЗР-10УЗ	10	—	235	—	90/1	—	ПЧ-50
ЗР-24УЗ	24	—	235	—	90/1	—	
ЗР-35УЗ	35	—	235	—	90/1	—	
ЗОН	110	400	16	—	4/10	—	ПРН-1

Э с л а т м а: 1. Ажраткични тўлиқ белгилаш унинг тски билан кучланиши и ўз ичига слади. Масалан, РВ-6/400 ($U_{ном} = 6$ кВ, $I_{ном} = 400$ А).

2. Ерга туташтирувчи гисили ажраткичлар учун тискларебинг ссни кўрсатилади: РВР (3)-1-10/2000 УЗ РРД(3)-2-20/2000(VI). Ракамдан кейинги ҳафлар қубидагиларни билдиради: У — ўртача қилида ишлаш учун. З — ёгък РУ лар учун: 1 — очик РУ лар учун.

3. ЗР — ёгък тск ўтказувчилар учун ерга туташтирувчи ажраткичлар.

4. ЗОН — Трансформаторларнинг нейтраллини ерга туташтириш учун қўлланиладиган ерга туташтирувчи бир кутбли ажраткич.

И1. 2- ж а д в а л

Киска туташтиргичлар

Типи	Номинал кучланиш, кВ	Қ. т. чегара паррон токининг амплитудаси, кА	Термик турғунлик/вақт, кА с	Тўлиқ ула-ниш вақти, с	Юритма
КЗ-35	35	42	14,7/3	0,4	ПРК-1У1
КЗ-110	110	42	13,3/3	0,4	ПРК-1Р1
КЗ-220	220	34	13,3/3	0,4	ПРК-1У1
КЭ-110*	110	70	27,5/3	0,15	ППК
КЭ-220	220	70	27,5/3	0,15	ППК

И1. 3- ж а д в а л

Узгичлар

Типи	Номинал кучланиш, кВ	Номинал ток, А	Бош пичоқларнинг чегара паррон токи, кА	Бош пичоқларнинг термик турғунлиги/вақт, кА/с	Тўлиқ узиш вақти, с	Юритма
ОД-35 / 630	35	630	80	12,5/4	0,5	ПРО-1У1
ОД-110М/630	110	630	80	22/3	0,5	ПРО-1У1
ОД-110У/1000	110	1000	80	31,5/3	0,4—0,5	ПРО-1У1
ОД-220М/630	220	630	80	22/3	0,7	ПРО-1У1
ОД-220М/1000	220	1000	80	27,4/3	0,7	ПРО-1У1
ОЭ-10/100*	110	1000	70	27,5/3	0,15	ППО
ОЭ-220/1000*	220	1000	70	27,5/3	0,15	ППО

* Юқори кучланишли аппаратура ишлаб чиқарадиган Великолук заводи-нинг техник маълумотлари берилган.

Э с л а т м а. 35 ва 110 кВ ли узгичлар бир ёки иккита ерга туташтирувчи пичоқларга эга булиши мумкин.

Типи	Номинал кучланиш, кВ	Номинал ток, А	Номинал узиш токи, кА	Чегара паррон ток, кА		Термик тургунлигининг чегара токи/утиш вақти кА/с	Улчаш вақти, с	Узиш вақти, с	Хусусий узиш вақти, с	Юритма
				таъсир этувчи миқдори	амплитудаси					
Мойли бакли										
С-35М-630-10У1	35	630	10	10	26	10/3	0,4	0,08	0,05	ШПЭ-12
МКП-35-1000-25	35	1000	25	25	64	25/4	0,4	0,08	0,05	ШПЭ-31
МКП-110М-630-20	110	630	20	20	52	20/3	0,5	0,08	0,04	ШПЭ-33
МКП-110М-1000-20	110	1000	20	20	52	20/3	0,5	0,08	0,04	ШПЭ-33
У-110-2000-40У1	110	2000	40	40	102	40/3	0,8	0,08	0,06	ШПЭ-44-У1
У-110-2000-50У1	110	2000	50	50	135	50/3	0,32	0,08	0,06	ШПЭ-46
У-220-1000-25-У1	220	1000	25	25	64	25/3	0,8/0,45	0,08	0,06	ШПЭ-44П, ШПЭ-45П
У-220-2000-25-У1	220	2000	25	25	64	25/3	0,8/0,45	0,08	0,05	ШПЭ-44П
У-220-2000-40	220	2000	40	40	102	40/3	0,45	0,08	0,045	ШПЭ-45П, ШПЭ-46П
Ҳаволи										
ВВГ-20-160/12500У3	20	12500	160	160	410	160/4	0,1	0,14	0,12	ШРПФ-3М
ВВГ-20-160/20000У3	20	20000	160	160	410	160/4	0,1	0,14	0,12	ШРПФ-3М
ВВУ-35-40-2000У1	35	2000	40	40	100	40/3	0,13	0,07	0,05	ШРНА
ВВУ-35-40-3200У1	35	3200	40	40	100	40/3	0,13	0,07	0,05	ШРНА
ВВБМ-110Б-31, 5-2000У1	110	2000	31,5	35	90	35/3	0,15	0,07	0,05	ШРНА
ВВБ-220-31, 5-2000У1	220	2000	31,5	31,5	80	31,5/3	0,20	0,08	0,06	ШРНА
ВВБ-330-35, 5-2000У1	330	2000	35,5	35,5	90	35,5/3	0,25	0,08	0,06	ШРНА
ВВБ-330-40-3200У1	330	3200	40	40	102	40/2	0,25	0,08	0,06	ШРНА
ВВБ-500-35, 5-2000У1	500	2000	35,5	35,5	90	35,5/2	0,25	0,08	0,06	ШРНА
ВВБ-750-40-200У1	750	3200	40	40	102	40/2	0,11	0,06	0,04	ШР
ВНВ-330-3200-40У1	330	3200	40	40	102	40/2	0,1	0,04	0,025	—
ВНВ-330-3200-63У1	330	3200	63	63	160	63/2	0,1	0,04	0,025	—
ВНВ-500-200-40	500	3200	40	40	102	40/2	0,1	0,04	0,025	—

Давоми

Типи	Номинал кучланиш, кВ	Номинал ток, А	Номинал узиш токи, кА	Чегара паррон ток, кА		Термик тургунлигининг чегара токи/утиш вақти, кА/с	Улчаш вақти, с	Узиш вақти, с	Хусусий узиш вақти, с	Юритма
				таъсир этувчи миқдори	амплитудаси					
ВНВ-500-3200-63	500	3200	63	63	160	63/2	0,1	0,04	0,025	—
ВНВ-750-3200-40	750	3200	40	40	102	40/2	0,1	0,04	0,025	—
Кам мойли										
ВМГ-10-630-20У3	10	630	20	20	52	20/4	0,3	0,12	0,1	ПП-67; ПЭ-11
ВМГ-10-1000-20У3	10	1000	20	20	52	20/4	0,3	0,14	0,12	ПП-67, ПЭ-11
ВМП-10-630-20	10	630	20	20	64	20/4	0,3	0,12	0,1	ПЭ-11
ВМПП, ВМПЭ-20У3	10	1000	20	20	52	20/4	0,3	0,12	0,1/0,09	Ичига жойлаштирилган
		1600								
ВМПП, ВМПЭ-31, 5У3	10	630	31,5	31,5	80	31,5/4	0,3	0,12	0,1/0,09	Ичига жойлаштирилган
		1000								
		1600								
МГГ-10-45У3	10	4000	45	70	120	42/5	0,4	0,16	0,12	ПЭ-2
		5000								
МГГ-10-5000-63КУ3	10	5000	63	87	150	58/5	0,4	0,16	0,1	ПЭ-21
МГУ-20-90/6300У3	20	6300	90	105	300	87/4	0,7	0,2	0,15	ПС-31
МГУ-20-90/9500	20	9500	90	105	300	87/4	0,7	0,2	0,15	ПС-31
ВМП-20-90/11200 У3	20	11200	90	125	320	87/4	0,7	0,2	0,15	ПС-31
ВМК-35Э-1000/16	35	1000	16	26	45	16,5/4	0,11	0,08	0,55	Ичига жойлаштирилган

И2 КУЧ ТРАНСФОРМАТОРЛАРИ ВА АВТОТРАНСФОРМАТОРЛАРИНИНГ АСОСИЙ ТЕХНИК МАЪЛУМОТЛАРИ

И2- 1- жадвал

35 кВ ва ундан кичик бўлган уч фазали трансформаторлар (ГОСТ 11920—73 бўйича)

Трансформатор тип	Номинал қувват, кВ А	Номинал кучланишларнинг юқори чегараси, кВ		Исрофлар, кВт		η, %	I _x , %	Максимал ўлчамлар, м			Тўлиқ масса, т
		ВН	НН	ΔР _х	ΔР _к			узунлиги	эни	тўлиқ баландлиги	

Уч фазали 35 кВ ва ундан кичик

ТМ	1000	10 35	0,69 10,5	2,45 2,75	12,2 11,6	5,5 6,5	1,4 1,5	2,7 2,7	1,75 1,57	3,0 3,15	5,0 6,0
ТМН	1000	10 35	0,69 11,0	2,4 2,75	12,2 11,6	5,5 6,5	1,4 1,5	3,45 3,7	2,0 1,85	3,4 3,8	8,0 8,1
ТМ	1600	10 35	6,3 11	3,3 3,65	16,5 16,5	5,5 6,5	1,3 1,4	2,45 2,65	2,3 2,3	3,4 3,4	7,0 7,1
ТМ	2500	10 35	6,3 11	4,6 5,1	23,5 23,5	5,5 6,5	1,0 1,1	3,5 3,8	2,26 2,45	3,6 3,8	8 9,6
ТМН	2500	10 35	6,3 11	4,6 5,1	23,5 33,5	5,5 6,5	1,0 1,1	3,65 3,7	2,23 3,5	4,0 4,0	12,2 12,3
ТМ	4000	10 35	6,3 11	6,4 6,7	33,5 33,5	6,5 7,5	0,9 1,0	3,9 3,9	3,65 3,65	3,9 3,9	13,2 13,2
ТМ	6300	10 35	6,3 11	9,0 9,4	46,5 46,5	6,5 7,5	0,8 0,9	4,3 4,3	3,7 3,7	4,05 4,05	17,3 14,4
ТМН	6300	10 35	6,3 11	9,0 9,4	46,5 46,5	6,5 7,5	0,8 0,9	4,1 4,15	3,65 3,65	4,2 4,4	19 19,6
ТД	10000	38,5	10,5	14,5	65	7,5	0,8	3,0	3,76	4,35	21,8
ТД	16000	38,5	10,5	21	90	8	0,6	3,95	3,97	4,86	31,2
ТД	40000	38,5	10,5	36	165	8,5	0,4	5,3	4,4	5,7	52,3
ТДЦ	80000	38,5	10,5	60	280	9,5	0,3	5,9	4,5	6,05	78,5

Қ.т. кучланиши оширилган трансформаторлар

ТМС	1000	10,5	0,525	2,75	12,2	8	1,5	2,7	1,57	3,15	6,0
ТМС	6300	10,5	6,3	9,4	46,5	8	0,9	4,12	3,61	4,2	18,2
ТДНС	10000	36,75	6,3	14,5	85	14	0,8	4,5	3,9	5,6	30
ТДНС	16000	36,75	6,3	21	100	10	0,60	5,6	4	6	39

Эслатма: 1. ТМ ва ТД трансформаторлари ПБВ ± 2 × 2,5% ли қилиб тайёрланади.
2. ТМН ва ТДН трансформаторлари РПН ли: 1000 дан 6300 кВ·А гача бўлганда ВН 6 ва 10 кВ да ±10% га ўзгартирилиб, бу камида ±8 порога қилинади; ВН 20 ва 35 кВ да ±9% га ўзгартирилиб, бу камида ±6 порога: 10 000 дан 60 000 кВ·А да ±12% ўзгартирилиб, бу камида ±8 порога қилиб тайёрланади.

И2. 2- жадвал

НН чулгами ажратилган 35 кВ ва ундан кичик уч фазали трансформаторлар

Трансформатор тип	Номинал қувват, кВ·А	Чулгам кучланиши, кВ		Исрофлар, кВт		цк, %		I _x , %	Максимал ўлчамлари, м			Тўлиқ массаси, т
		ВН	НН	ΔP _x	ΔP _к	ВН-НН	НН-НН ₂		Узунлиги	Эни	Тўлиқ ба-ландлиги	
ТРДНС	25000	10,5 15,75 18; 20; 26,75	6,3—6,3 6,3—10,5 10,5—10,5	25	115	9,5	15	0,5	6,5	4,3	5,35	55
ТРДНС	32000	15,75 20; 24 36,75	6,3—6,3 6,3—10,5 10,5—10,5	30	145	11,5	20	0,45	6,5	4,3	5,35	61,0
ТРДНС	40000	15,75 20,24 36,75	6,3—6,3 6,3—10,5 10,5—10,5	36	170	11,5	20	0,40	6,8	4,5	5,5	75
ТРДНС	63000	20; 24 36,75	6,3—6,3 6,3—10,5	50	250	11,5	20	0,35	7,0	4,6	6,1	91
ТРДНС	80000	24 27	10,5—10,5 6,3—6,3	62	500	11,5	20	0,30	—	—	—	—
ТРДНС _{эки}	36,75	10,5—10,5	6,3—10,5									

Эслатма. ВН-НН га тегишли цк катталиги паст кучланишдаги чулгам қуввати $S_{НН1} = S_{НН2} = 0,55$ номга киритилган.

И2. 3- жадвал

110 кВ ли кучланиш классдаги икки чулгамли уч фазали трансформаторлар (ГОСТ 12965—74 буйича)

Трансформатор тип	Номинал қувват, кВ·А	Номинал кучланишларнинг юқори чегараси, кВ		Исрофлар, кВт		цк, %	I _x , %	Максимал ўлчамлар, м			Тўлиқ массаси, т
		ВН	НН	ΔP _x	ΔP _к			Узунлиги	Эни	Тўлиқ ба-ландлиги	
ТМН	2500	115	22	6,5	22	10,5	1,5	5,1	3,5	4,1	24,5
ТМН	6300	115	11	11,5	48	10,5	1,0	6,1	3,2	5,15	37,3
ТДН	10000	115	11	15,5	60	10,5	0,9	6,28	3,4	5,4	42,5
ТДН	16000	115	22	24	85	10,5	0,85	6,9	4,5	6,33	54,5
ТРДН	25000	115	10,5—10,5	30	120	10,0	0,8	6,58	4,65	5,82	67,2
ТРДН	32000	115	10,5—10,5	40	145	10,0	0,75	—	—	—	—
ТРДН	40000	115	10,5—10,5	50	160	10,0	0,7	6,9	4,85	6,2	27,0
ТРДНС	63000	115	10,5—10,5	70	245	10,5	0,65	8,4	4,45	6,4	28,5
ТРДНС	80000	115	10,5—10,5	85	310	10,0	0,6	—	—	—	—
ТД	40000	121	10,5	50	160	10,5	0,7	—	—	—	—
ТД	80000	121	13,8	85	310	10,5	0,6	7,8	5,4	7	110
ТДЦ	125000	121	13,8	120	400	10,5	0,55	8	4,7	7	113
ТДЦ	200000	121	18,0	170	550	10,5	0,5	7,6	3,5	7,1	187
ТДЦ	250000	121	15,75	200	640	10,5	0,5	—	—	—	—
ТДЦ	400000	121	20,0	320	900	10,5	0,8	11,8	3,8	7,8	297

Эслатмалар: 1. 32000 ва 40000 кВ·А қувватли трансформаторлари цк = 16%нинг оширилган микдори билан ишлаб чиқарилиши мумкин.

2. РПН ли трансформаторлар ВН ± 9 × 1,78% нейтралда бошқарилади 500 кВ·А ли трансформаторлар НН томонда РПН га эга (±10 × 1,5—8 × 1,5%).

3. Оширувчи трансформаторлар ПБВ ± 2 × 2,5% га эга.

4. 250 ва 400 мВ·А ли трансформаторларнинг шохобчалари йуқ.

110 ва 35 кВ кучланиш классдаги уч чулгамли уч фазали трансформатор (ГОСТ 12925—74 ва 11920—73 буйича)

Трансформатор тип	Номинал қуввати, кВ·А	Кучланиш, кВ			Исрофлар, кВт		ηк, %			I _x , %	Максимал ўлчамлари, м			Тўлиқ массаси, т
		ВН	СН	НН	ΔP _x	ΔP _к	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		Узунлиги	Эни	Тўлиқ баландлиги	
ТМТН	6300	115	22; 38,5	6,6; 11	17	58	10,5	17	6	1,2	6,2	3,5	5,4	42
ТДТН	10000	115	22; 38,5	6,6; 11	23	76	10,5	17	6	1,1	6,9	3,75	5,4	52
ТДТН	16000	115	22; 38,5	6,6; 11	32	105	10,5	17	6	1,0	7,2	4,7	6,2	66
ТДТН	25000	115	11,22; 38,5	6,3; 10,5	45	140	17	10,5	6	1,0	—	—	—	—
ТДТН	40000	115	11,22; 38,5	6,3; 10,5	63	200	10,5; 17;	17;	6	0,9	7,4	4,6	6,4	78
ТДТН	6300	115	38,5	6,3; 10,5	87	290	10,5	17	6	0,8	7,5	4,9	6,3	104
ТДЦТН	80000	115	38,5	6,6; 11	102	390	17;	10,5	6	0,7	8,2	4,7	7	131
ТДЦТН	80000	115	38,5	6,6; 11	102	390	17;	10,5	6	0,6	9,6	4,8	7,2	146
ТМТН	6300	35	10,5; 13,8	6,3	12	55	10,5	17	6	0,6	9,6	4,8	7,2	146
ТМТН	10000	36,75	10,5; 13,8; 15,75	6,3	19	75	7,5	7,5	16,5	1,2	5,2	4,3	4,5	25
ТМТН	16000	36,75	10,5; 13,8	6,3	28	115	8	16,5	7,0	1,0	6,0	4,3	5,2	35
		15,75					8	16,5	7,0	0,95	6,5	4,5	5,5	47

Эслатиш: НН-ли 115 кВ кучланишли трансформаторлар ВН±9×1,78% чулгамнинг нейтралда РПН га эга; 35; 36, 75 кВ ли ВН трансформаторлар РПН±8×1,5% га эга.

220 кВ кучланиш классдаги уч фазали трансформатор ва автотрансформаторлар (ГОСТ 15957—70 ва ГОСТ 1754—72 буйича)

Икки чулгамлилар

Трансформатор тип	Номинал қувват, МВ·А	Кучланиш, кВ		Исрофлар, кВт		ηк, %	I _x , %	Максимал ўлчамлар, м			Тўлиқ массаси, т
		ВН	НН	ΔP _x	ΔP _к			Узунлиги	Эни	Тўлиқ баландлиги	
ТРДН*	32	230	6,6—6,6; 11—11; 6,6—11; 38,5	53	167	12	0,9	8,5	5,5	8,3	135
ТРДЦН*	63	230	6,6—6,6; 11—11; 6,6—11; 38,5	82	300	12	0,8	8,0	5,5	8,6	145
ТРДЦН*	100	230	11—11; 38,5	115	360	12	0,7	—	—	—	—
ТРДЦН*	160	230	11—11; 38,5	167	525	12	0,6	10,7	6,14	7,4	249
ТДЦ	80	242	6,3; 10,5; 13,8	105	320	11	0,6	—	—	—	—
ТДЦ	125	242	10,5; 13,8	135	380	11	0,6	9,5	5,6	7,14	169
ТДЦ	200	242	13,8; 15,75; 18	200	580	11	0,45	12,6	6,34	7,4	195
ТДЦ	250	242	13,8; 15,75	240	650	11	0,45	11,7	5,65	8,8	248
ТДЦ	400	242	15,75; 20	330	880	11	0,4	12,55	4,48	7,97	352
ТЦ	630	242	15,75; 20	380	1300	12,5	0,35	12,2	5,2	8,1	374

Уч чулгамлилар

Трансформатор тип	Номинал қувват, МВ·А	Кучланиш, кВ			Исрофлар, кВт		Қ. т. кучланиши, %			I _x , %	Максимал ўлчамлар, м			Тўлиқ массаси, т
		ВН	СН	НН	ΔP _x	ΔP кВ·С	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		Узунлиги	Эни	Тўлиқ баландлиги	
ТДТН	25	230	22; 38,5	6,6; 11	50	135	12,5	20	6,5	1,2	10,16	5,12	8,4	114,3
ТДТН	40	230	22; 38,5	6,6; 11	66	240	12,5	22	9,5	1,1	11,1	5,4	7,5	169
ТДЦТН	63	230	38,5	11	91	320	12,5	24	10,5	1,0	—	—	—	—
±6×2% ли линиядаги СН томондаги РПН ли автотрансформаторлар														
АТДТН	32	230	121	6,6; 11; 38,5	32	145	11	34	21	0,6	11,6	5,7	7,6	145,6
АТЦТН	63	230	121	6,6; 11; 38,5	45	215	11	35	21	0,5	10,75	5,3	7,65	150
АТДЦТН	100	230	121	6,6; 10,5; 38,5	75	260	11	31	19	0,5	—	—	—	—
АТДЦТН	125	230	121	6,3; 10,5; 38,5	85	290	11	31	19	0,5	13,1	6,0	8,05	187
АТДЦТН	160	230	121	6,3; 10,5; 13,8; 15,75	100	380	11	32	20	0,5	—	—	—	—
АТДЦТН	200	230	121	10,5; 13,8	125	430	11	32	20	0,5	13,6	6,0	8,15	255
АТДЦН	250	230	121	15,75; 13,8; 10,5; 13,8; 15,75; 38,5	145	520	11	32	20	0,5	—	—	—	—

* 38,5 кВ ли НН нинг чулгами ажратилмай тайёрланиши мумкин.

330 кВ кучланиш классигаги уч фазали трансформаторлар ва автотрансформаторлар (ГОСТ 17544—72 бўйича)

Икки чулғамли трансформаторлар

Типи	Номинал қувват МВ·А	Кучланиш, кВ		Исрофлар, кВт		$u_k, \%$	$I_x, \%$	Тўлиқ мас- саси, т
		ВН	НН	ΔP_x	ΔP_k			
ТРДН	32	330	6,3—6,3; 6,3—10,5	82	170	11	0,85	150
ТРДЦН	63	330	10,5—10,4; 38,4 6,3—6,3; 6,3—10,5;	120	265	11	0,7	220
ТРДЦН	125	330	10,5—10,5; 38,5	180	420	11	0,5	250
ТДЦ	125	347	10,5; 13,8	145	360	11	0,5	—
ТДЦ	200	347	13,8; 15,75; 18	220	560	11	0,45	260
ТДЦ	250	347	13,8; 15,75	240	605	11	0,45	279
ТДЦ	400	347	15,75; 20	365	810	11	0,4	390
ТЦ	630	347	20	405	1300	11	0,3	800
ТЦ	1000	347	24	450	2150	11,5	0,3	515

Автотрансформаторлар

Типи	Қувват, МВ·А		Кучланиш, кВ			Исрофлар, кВт		$u_k, \%$			$I_x, \%$	Тўлиқ мас- саси, т
	номинал	НН чулғамли- нинг	ВН	СН	НН	ΔP_x	ΔP_k	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		
АТДЦТН	63	32	330	115	6,6; 11; 38,5	70	280	10	32	21,5	0,6	150
АТДЦТН	125	63	330	115	6,6; 11; 38,5	115	370	10	35	22	0,5	211
АТДЦТН	200	80	330	115	6,6; 11; 38,5	180	600	10	34	22,5	0,5	235
АОДЦТН	83	33	$330/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5; 11; 38,5	—	—	—	—	—	—	—
АОДЦТН	133	33	$330/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	11; 38,5	—	—	—	—	—	—	—

И2. 7- жадвал

550 кВ кучланиш классигаги икки чулғамли трансформаторлар (ГОСТ 17544—72 бўйича)

Типи	Номинал қуввати МВ·А	Кучланиш, кВ		Исрофлар, кВт		$u_k, \%$	$I_x, \%$	Максимал ўлчамлар, м			Тўлиқ мас- саси, т
		ВН	НН	ΔP_x	ΔP_k			Узунлиги	Эни	Тўлиқ баландлиги	
ТДЦ (ТЦ)	250	525	13,8; 15,75; 20	250	600	13	0,4	—	—	—	—
ТДЦ (ТЦ)	400	525	13,8; 15,75; 20	386	800	13	0,4	17,6	6,9	9,9	388
ТДЦ (ТЦ)	630	525	15,75; 20; 24	500	1300	14	0,35	13,75	7,07	10,3	484
ОРЦ	333	$525/\sqrt{3}$	15,75; 15,75	200	950	12,5	0,30	—	—	—	—
ОЦ	417	$525/\sqrt{3}$	20—20; 24/24	—	—	—	—	—	—	—	—
ОРЦ	533	$525/\sqrt{3}$	15,75	255	1180	13	0,30	11,4	4,7	10,2	361
ОРЦ	533	$525/\sqrt{3}$	18/18; 24/24	300	1400	13,5	0,3	11,5	4,45	10,1	331

И2. 8- жадвал

500 ва 750 кВ ли кучланиш классигаги автотрансформаторлар

Типи	Қуввати, МВ·А		Кучланиш, кВ			Исрофлар, кВт		$u_k, \%$			$I_x, \%$
	номинал	НН чулғам- мининг	ВН	СН	НН	ΔP_x	$\Delta P_{кв-с}$	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	
АТДЦТН	125	50	500	121	6,6; 11; 38,5	150	330	10,5	24	13	0,5
АТДЦТН	250	100	500	121	11; 38,5	250	550	10,5	24	13	0,45
АОДЦТН	167	50	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	11; 38,5; 15,75	125	325	9,5	29,3	17,9	0,4
АОДЦТН	167	83	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	20	125	340	9,5	29,3	17,9	0,4
АОДЦТН	167	33	$500/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	11; 38,5	70	320	9,5	67	61	0,3
АОЦТН	267	53	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	11; 15,75; 38,5	160	435	8,5	23,9	12,4	0,35
АОЦТН	267	53	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	20	160	435	8,8	23,9	12,4	0,35
АОЦТН	267	53	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	20	160	435	8,8	23,9	12,4	0,35
АОЦТН	267	53	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	20	160	435	8,8	23,9	12,4	0,35
АОЦТН	417	83	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	11; 38,5; 20	250	760	8,5	24	12,5	0,25
АОДЦТН	417	120	$750/\sqrt{3}$	$500/\sqrt{3}$	10,65	180	770	9,65	63,5	51	0,3

Утказгичларнинг асосий характеристикалари

Утказгич маркаси	Утказгич ташқи диа- метри, мм	Ток нагрукка- си, А		Утказгич маркаси	Утказгич ташқи диа- метри, мм	Ток нагруккаси, А	
		хонадан ташқарида	хона ичи- да			хонадан ташқарида	хона ичида
М-6	2,7	70	35	АС-10/1,8	4,5	80	50
М-10	3,6	95	60	АС-16/2,7	5,6	105	75
М-16	5,1	130	100	АС-25/4,2	6,9	130	100
М-25	6,3	180	135	АС-35/6,2	8,4	175	135
М-35	7,5	220	170	АС-50/8,0	9,6	210	165
М-50	9,0	270	215	АС-70/11	11,4	265	210
М-70	10,6	340	270	АС-70/72	15,4	265	210
М-95	12,4	415	335	АС-95/16	13,5	330	260
М-120	14,0	485	395	АС-95/141	19,8	330	260
М-150	15,8	570	465	АС-120/19	15,2	380	305
М-185	17,5	640	530	АС-120/27	15,5	380	305
М-240	19,9	760	685	АС-150/19	16,8	445	365
М-300	22,1	780	740	АС-150/24	17,1	445	365
М-400	25,6	1050	895	АС-150/34	17,5	445	365
А-16	5,1	105	75	АС-185/24	18,9	510	425
А-25	6,3	135	105	АС-185/29	18,8	510	425
А-35	7,5	170	130	АС-185/29	19,6	510	425
А-50	9,0	215	165	АС-185/128	23,1	510	425
А-70	10,6	265	210	АС-240/32	21,6	610	505
А-95	12,4	320	255	АС-240/39	21,6	610	505
А-120	14,0	375	300	АС-300/39	24,0	690	585
А-150	15,8	440	355	АС-300/48	24,1	690	585
А-185	17,4	500	410	АС-400/22	26,6	835	715
А-240	20,1	590	490	АС-400/51	27,5	835	715
А-300	22,2	680	570	АС-500/27	29,4	945	815
А-400	25,6	815	690	АС-500/64	20,6	945	815
А-500	29,1	980	820	АС-600/72	33,2	1050	920
А-600	32,0	1070	930	АС-700/86	36,2	1220	1075

Бўялган, кесими тўғри бурчакли мис ва алюминий шиналар

Шина ўлчамлари, мм	Бир полосо кесими, мм ²	Битта полосо масса-си, кг/м		Рухсат этиладиган ток, А*					
		Мис	Алюминий	Битта голоса		Иккита полосо		Учта полосо	
				Мис	Алюминий	Мис	Алюминий	Мис	Алюминий
15 × 3	45	0,400	0,122	210	165	—	—	—	—
20 × 3	60	0,534	0,162	275	215	—	—	—	—
25 × 3	75	0,668	0,203	340	265	—	—	—	—
30 × 4	120	1,066	0,324	475	365	—	—	—	—
40 × 4	160	1,424	0,432	625	480	—	—	—	—
40 × 5	200	1,780	0,540	700	540	—	—	—	—
50 × 5	250	2,225	0,675	860	665	—	—	—	—
50 × 6	300	2,675	0,810	955	740	—	—	—	—
60 × 6	360	3,204	0,972	1125	870	1740	1350	2240	1720
60 × 8	480	4,272	1,295	1320	1025	2160	1680	2790	2180
60 × 10	600	5,340	1,620	1475	1115	2560	2010	3300	2650
80 × 6	480	4,272	1,295	1480	1150	2110	1630	2720	2100
80 × 8	640	5,698	1,728	1690	1320	2620	2040	3370	2620
80 × 10	800	7,12	2,160	1900	1480	3100	2410	3990	3100
100 × 6	600	5,340	1,620	1810	1425	2470	1935	3170	2500
100 × 8	800	7,120	2,16	2080	1625	3060	2390	3930	3050
100 × 10	1100	8,900	2,7	2310	1820	3610	2860	4650	3650
120 × 8	960	8,460	2,6	2400	1900	3400	2650	4340	3380
120 × 10	1200	10,650	3,245	2650	2070	4100	3200	5200	4100

* Полосанинг катта қирраси вертикал текисликда жойлашгандаги горизонтал ўрнатишга тўғри келади. Шиналар горизонтал ўрнатилганда ва полосанинг катта қирраси горизонтал текисликда жойлаштирилганда рухсат этиладиган токни эни 60 мм ва ундан кичик полосалар учун 5% га ва эни катта голосалар учун 8% га камайтириш лозим.

Бўялган, қутисимон кесимли мис ва алюминий шиналар

Ўлчамлар, мм				Битта шина кесими, мм ²	Қаршилик моментлари, см ³			Инерция моментлари, см ⁴			Иккита шинага рухсат этиладиган ток, А	
					Битта шина-нинг		Бир-лашган иккита шина-нинг	Битта шина-нинг		Бир-лашган иккита шина-нинг	мис	алюминий
h	b	c	r		W _{x-x}	W _{y-y}	W _{yo-yo}	J _{x-x}	J _{y-y}	J _{yo-yo}		
75	35	4	6	520	10,1	2,52	23,7	41,6	6,2	89	2730	—
75	35	5,5	6	695	14,1	3,17	30,1	53,1	7,6	113	3250	2670
100	45	4,5	8	775	22,2	4,51	48,6	111	14,5	243	3620	2820
100	45	6	8	1010	27	5,9	58	135	18,5	290	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	50	9,5	100	290,3	36,7	625	5500	4640
150	65	7	10	1785	74	14,7	167	560	68	1260	7000	5650
175	80	8	12	2440	122	25	250	1070	114	2190	8550	6430
200	90	10	14	3435	193	40	422	1930	254	4220	9900	7550
200	90	12	16	4040	225	46,5	490	2250	294	4900	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	307	66,5	645	3450	490	7250	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	360	81	824	4500	660	10300	—	10800

АДАБИЁТ РЎЙХАТИ

- 1 - 1. Энергетика Страны Советов к 60 - летию Великого Октября. — Электрические станции, 1977, №11, 2 — 21-б.
- 1 - 2. Электрификация СССР (1967 — 1977 гг.) /Под ред. П. С. Непорожного. —М. Энергия, 1977. —312 б.
- 1 - 3. Жимерин Д. Г. Энергетика: настоящее и будущее. —М. Знание, 1978. —192 б.
- 1 - 4. Электрификация СССР /Под ред. П. С. Непорожного. —М. Энергия, 1970. —544 б.
- 1 - 5. Электрические сети и станции /Под ред. Л. Н. Баптиданова. —М.: Госэнергоиздат, 1963 — 464 б.
- 1 - 6. Электрическая часть станций и подстанций /Под ред. А. А. Васильева. Ч. П. — М.: Энергия, 1972. —344 б.
- 1 - 7. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции. —М.: Высшая школа, 1978 — 360 б.
- 1 - 8. Славнин М. И. Электрооборудование электрических станции и трансформаторных подстанций. —М.: Госэнергоиздат, 1963. —552 б.
- 1 - 9. Электрическая часть станций и подстанций (справочные материалы) /Под ред. Б. Н. Неклепаева. —М.: Энергия, 1978 — 336 б.
- 1 - 10. Инструкция по выбору, установке и эксплуатации дугогасящих катушек. —М.: Энергия, 1971.— 104 б.
- 1 - 11. Баптиданов Л. Н., Тарасов В. И. Электрооборудование электрических станций и подстанций. Ч. I и II. —М.: Госэнергоиздат, 1959 и 1960. — 408 б. ва 320 б.
- 1 - 12. Правила устройства электроустановок. —М.: Энергия, 1965. —484 б.
- 1 - 13. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. 13-е изд. —М.: Энергия, 1977. —224 б.
- 1 - 14. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций. — М.: Энергия, 1976 —552 б.
- 1 - 15. Электрическая часть электростанций /Под ред С. В. Усова. —Л.: Энергия. Ленингр. отд -ние, 1977. —556 б.
- 1 - 16. ГОСТ 721 — 74. ГОСТ 19431 — 74, ГОСТ 21027 — 75.
- 1 - 17. Правила устройства электроустановок 5—е изд., I, II, III, IV, V. — М.: Атомиздат, 1977, 1978. —54 б; 43 б; 96 б.; 48 б.
- 2 - 1. Важнов А. И. Электрические машины. —Л: Энергия Ленингр. отд -ние, 1969. — 761 б.
- 2 - 2. Вульман Г. Л. Эксплуатация генераторов на электростанциях. —М.: Госэнергоиздат, 1963. — 344 б.

2 - 3. Турбогенераторы. Расчет и конструкция /Под ред. Н. П. Иванова и Р. А. Лютера. —Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1967.-896 б.

2 - 4. Турбогенераторы 500 и 800 МВт / Под. ред. В. С. Кильдишева и Л. Я. Станиславского. — Киев: Техника, 1977. — 140 б.

2 - 5. Грудинский П. Г., Мандрыкин С. А., Улицкий М. С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций / Под ред. П. И. Устинова. —М.: Энергия, 1974. —576 б.

2 - 6. Брон О. Б. Автоматы гашения магнитного поля. —М.: Госэнергоиздат, 1961. —139 б.

2 - 7. Справочник по турбогенераторам. — М. —Л.: Теплоэлектропроект. 1967. — 16 б.

2 - 8. Материалы Информэлектро по турбо- и гидрогенераторам, синхронным компенсаторам. Серии 01.11; 01.12; 01.13.

2 - 9. ГОСТ 183 — 74, ГОСТ 533 — 76, ГОСТ 609 — 75, ГОСТ 5616 — 72, ГОСТ 17154 — 71, ГОСТ 21558 — 76.

2 - 10. ГОСТ 16110 — 70, ГОСТ 11677 — 75, ГОСТ 9680 — 61, ГОСТ 12022 — 76, ГОСТ 11920 — 73, ГОСТ 12965 — 74, ГОСТ 15957 — 70, ГОСТ 14209 — 69, ГОСТ 14074 — 76, ГОСТ 17546 — 72, ГОСТ 17544 — 72, ГОСТ 17545 — 72.

2 - 11. Порудоминский В. В. Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой. — М.: Энергия, 1974. — 288 б.

2 - 12. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов.—М.: Энергия,1976.—544б

2 - 13. Справочник по проектированию электроэнергетических систем /Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро, 2-е изд., перераб. и доп. —М.: Энергия, 1977. — 288 б

2-14. Васютинский С. Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. —Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1970. — 432 б.

2-15. Боровиков В.А., Косарев В. К., Ходот Г. А. Электрические сети энергетических систем. —Л.: Энергия. — Ленингр. отд-ние, 1977. — 392 б.

3 - 1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. — М.: Энергия, 1970. — 520 б.

3 - 2. Ульянов С. А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. — М.: Энергия, 1938 — 496 б.

3 - 3. Евдокимов Ф. Е. Теоретические основы электротехники. —М.: Высшая школа, 1971. — 544 б.

3 - 4. Электротехнический справочник / Под. ред. П. Г. Грудинского, Г. Н. Петрова, М. М. Соколова и др., т. 1 и 2,5—е изд., испр. — М.: Энергия, 1975.— 776 и 752 б.

3 - 5. Васильев А. А. Электрическая часть станций и подстанций, ч. 1. — М. Госэнергоиздат, 1963. —495 б.

3 - 6. Руцкий А. И. Электрические станции и подстанции, ч. 1. Высшая школа, 1974.—438 б.

3 - 7. Руководящие указания по расчету токов коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания, 1 - я редакция, Главтехуправление Минэнерго СССР — МИ, 1975. — 331 б.

3 - 8. Каталог-справочник. Реакторы внутренней установки одинарные и двоянные. Рижское отд. ТЭ. — Рига, 1972. — 22 б.

3 - 9. Будницкий А. Б., Калниболотский М. Л., Недзельский С. И. Электрооборудование тепловых электрических станций. — Киев: Техника, 1967. — 395 б.

- 3-10. Сборник директивных материалов (электрическая часть) / Министерство энергетики и электрификации СССР. — М.: Энергия, 1971. — 464 б.
- 3-11. Неклепаев Б. Н. Координация уровней токов короткого замыкания в электрических системах. — М.: Энергия, 1978. — 152 б.
- 3-12. Вайнер И. Г., Крючков И. П. Кривые изменения периодической составляющей тока короткого замыкания мощных генераторов с учетом влияния энергосистемы. — Электричество, 1975, № 10, б. 53 — 56.
- 3-13. Околович М. Н. Расчет теплового импульса тока короткого замыкания. — Электрические станции, 1974, № 5, б. 56 — 60.
- 3-14. Шелков Е. А. Расчет нагрева силовых кабелей при коротком замыкании. — Электрические станции, 1973, № 10, б. 36 — 38.
- 3-15. Шелков Е. А. О прозерке кабелей собственных нужд электростанций на термическую стойкость. — Электрические станции, 1978, № 3, б. 41 — 43.
- 3-16. Шелков Е. А. Расчет нагрева прозодников при коротком замыкании. — Электрические станции, 1975, № 4, б. 59 — 62.
- 4-1. Кузнецов Р. С. Аппараты распределения электрической энергии напряжением до 100 В. — М.: Энергия, 1970. 544 б.
- 4-2. Таев И. С. Электрические аппараты управления. — М.: Высшая школа, 1969, — 444 б.
- 4-3. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1971. — 392 б.
- 4-4. Кукеков Г. А. Выключатели переменного тока высокого напряжения. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1972. — 336 б.
- 4-5. Афанасьев В. В. Конструкция выключающих аппаратов. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние 1969, — 640 б.
- 4-6. Семянов А. М. Токопроводы промышленных предприятий. — Л.: Энергия Ленингр. отд-ние. 1972. — 200 б.
- 4-7. Электротехническая промышленность. Информационный научно-технический сборник. — М.: Информэлектро, серия «Аппараты высокого напряжения, силовые конденсаторы, трансформаторы», 1972 — 1978.
- 4-8. Каталоги, информационные материалы Информэлектро. Серии 02.01; 02.02; 02.03; 02.04; 02.05; 02.06; 02.07; 02.10; 07.01; 07.02; 07.09; 07.12; 07.13; 07.14; 07.17; 07.39.
- 4-9. Воздушные выключатели серии ВНВ на 110 — 650 кВ с номинальным током отключения 40 кА / Бирюхоза С. В. и др. — Электротехника, 1975 № 7, б. 11 — 14.
- 4-10. Зотов А. Я. Автогазовый выключатель на 35 кВ типа УПС — 35У1 для защиты подстанций трансформаторов. — Электрические станции, № 5, 1977, б. 47 — 50.
- 4-11. Указания по проектированию контрольно-измерительной системы понижающих подстанций энергосистем. — Главпроект, 1977. — 53 б.
- 4-12. Руководящие указания по объему оснащения тепловых электрических станций контрольно-измерительными приборами, средствами регулирования, технологической защиты, блокировки и сигнализации. СНТИ, 1969. — 66 б.
- 4-13. Единые технические указания (ЕГУ) по выбору и применению силовых кабелей. — Энергетик, 1973. № 5, б. 37 — 39.
- 4-14. Кудрявцев Е. И., Долян А. И., Васильев А. А. Методика расчета шин и опорных изоляторов распределительных устройств напряжением до 35 кВ

на электродинамическую стойкость. — Промышленная энергетика, 1975, № 11 б. 36 — 39.

5-1. **Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей.** — Теплоэлектропроект. — М.: 1973. — 164 б.

5-2. **Нормы технологического проектирования понижающих подстанций с высшим напряжением 35 — 750 кВ.** — Энергосетьпроект. М.: 1973. — 48 б.

5-3. **Лисовский Г. С., Хейфиц М. Э.** Главные схемы и электротехническое оборудование подстанций 36 — 750 кВ. — М.: Энергия, 1977. — 46 б.

5-4. **Синьчугов Ф. И.** Выбор главных схем электрических соединений блочных электростанций. — Электрические станции. 1967. № 5. б. 9 — 19.

5-5. **Мандрыкин С. А., Филатов А. А.** Эксплуатация и ремонт электрооборудования электрических станций и сетей. — М.: Энергия, 1975. — 416 б.

5-6. **Открытое распределительное устройство 500 кВ с подвижными разъединителями.** — Электрические станции, 1977, № 5, б. 43 — 46.

5-7. **Фельдман М. Л., Черновец А. К.** Особенности электрической части атомных электростанций. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1972, — 168 б.

5-8. **Добродеев Е. Д., Рожкова Л. Д.** Электрооборудование тепловых электростанций. — М.: 1979. — 192 б.

5-9. **Двоскин Л. И.** Эволюция главных схем электрических соединений ГРЭС и АЭС. — Электрические станции, 1974, № 4, б. 50 — 57.

5-10. **О введении в действие главы 1 — 2 «Электроснабжение и электрические сети» новых правил устройства электроустановок.** — Электрические станции 1978, № 3, б. 92 — 93.

5-11. **Крикунич А. Б.** Основные направления проектирования электрической части тепловых электростанций. — Электрические станции, 1978, № 3. б. 32 — 38.

5-12. **Электрическая часть гидроэлектростанций / Г. С. Лисовский, Б. З. Уманский, Б. С. Успенский, М. Э. Хейфиц.** — М.: Энергия, 1965. — 368 б.

6-1. **Двоскин Л. И.** Схемы и конструкции распределительных устройств. — М.: Энергия, 1974. — 224 б.

6-2. **Дорошев К. И.** Новые комплектные распределительные устройства до 35 кВ. — М.: Энергия. 1972. — 80 б.

6-3. **Прибылов И. И.** Комплектное распределительное устройство генераторного напряжения. — Электрические станции, 1966, № 6, б. 58 — 63.

6-4. **Опытное комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией на напряжение 110 кВ / И. М. Бортник.** — В кн.: Электротехническая промышленность. Серия «Аппараты высокого напряжения, трансформаторы, силовые конденсаторы», выпуск 2(46). — М.: 1975, б. 3 — 5.

6-5. **Батурин Л. А., Струк Г. А., Шульгина Л. А.** Подстанции с элегазовым оборудованием. — Электрические станции, 1977, № 5, б. 21 — 27.

6-6. **Каталоги и информации Информэлектро. Серии 02.12; 03.06; 08.01; 08.03.**

7-1. **Гумин И. А., Гумин М. И., Устинов В. Ф.** Вторичные схемы электрических станций и подстанций. — М.: Энергия, 1964. — 176 б.

7-2. **Устинов П. И.** Стационарные аккумуляторные установки. — М.: Энергия, 1970. — 312 б.

7-3. **СПЭ. Постоянный ток. Установки постоянного тока тепловых электростанций с аккумуляторными батареями.** — Л.: ТЭП, 1971. — 127 б.

7- 4. Найфельд М. Р. Заземление и защитные меры безопасности. — М. Энергия, 1971. — 312 б.

7- 5. О введении временных норм на напряжение прикосновения для РУ и трансформаторных подстанций выше 1000 с глухим заземлением нейтрали. Решение № Э — 13/76 Минэнерго СССР от 29 декабря 1976.

7- 6. Об изменении норм на заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с заземленной нейтралью / В. В. Бургсдорф и др. — Электрические станции, 1975, № 3, б. 35 — 39.

7- 7. Воронина А. А., Шибенко Н. Ф. Охрана труда в энергосистемах. — М.: Энергия, 1973. — 256 б.

7- 8. Рябкова Е. Я. Заземления в установках высокого напряжения. — М.: Энергия, 1978. — 224 б.

77 15900

МУНДАРИЖА

Сўз боши	3
Биринчи боб. Электроустановкалар ҳақида умумий маълумотлар	6
1-1 Асосий таърифлар	6
1-2 Электр станцияларида электр энергия ҳосил қилиш технологик процесси	15
1-3. Нейтралларнинг электр установкаларидаги иш режимлари	25
1-4 Электр нагруккалар графиклари	36
Иккинчи боб. Электр станция ва подстанцияларнинг асосий жиҳозлари	45
2- 1. Синхрон генераторлар	45
2- 2. Қуч трансформаторлари ва автотрансформаторлари	81
2- 3. Синхрон компенсаторлар	110
Учинчи боб. Электроустановкаларда қисқа туташувлар	114
3- 1. Процесснинг асосий таърифлари ва умумий характеристикаси	114
3- 2. Уч фазали қисқа туташув	118
3- 3. Уч фазали қисқа туташув тоқини ҳисоблаш методлари	128
3- 4. Носимметрик қисқа туташувлар	166
3- 5. Электрстанцияларнинг уз эҳтиёжини таъминлаш системасидаги қисқа туташув тоқларини ҳисоблашнинг ўзига хослиги	183
3- 6. Қисқа туташув тоқларининг электродинамик таъсири	189
3- 7. Қисқа туташув тоқларининг термик таъсири	193
3- 8. Қисқа туташув тоқларини чеклаш методлари	200
3- 9. Қисқа туташув режими бўйича аппаратлар ва ток ўтказувчи қисмларни текшириш учун ҳисоблаш шартлари	212
Тўртинчи боб. Электр аппаратлар ва ток ўтказувчи қисмлар	219
4- 1. Аппарат ва ўтказгичларни давомли иш режимлари бўйича танлаш учун ҳисоблаш шартлари	219
4- 2. Тақсимлаш қурилмаларининг шиналари ва куч кабеллари	222
4- 3. Электр ёйни сундириш	249
4- 4. 1000 В гача бўлган аппаратлар	256
4- 5. Сақлагичлар	270
4- 6. Ақваткичлар қисқа туташтиргичлар, узгичлар	279
4- 7. Юқори кучланшли виключателлар	294
4- 8. Ток трансформаторлари	349
4- 9. Кучланиш трансформаторлари	357
4- 10. Электрстанция ва подстанциялардаги ўлчаш системалари	357
4- 11. Ўлчаш трансформаторларида танлаш	357
Бешинчи боб. Электрстанция ва подстанцияларнинг шиналари	357
5- 1. Электроустановкаларнинг схемалари ҳақида умумий маълумотлар	357
5- 2. 6 — 10 кВ томондаги электрик уланешларнинг схемалари	357
5- 3. 35 кВ ва ундан юқори томондаги электрик уланешларнинг схемалари	357

Ташкилотнинг Давлат
 ишлари бирлашмасининг
 Ташкилотнинг
 «Матбуот»
 ишлари бўлими
 «Матбуот»
 ишлари бўлими
 Мухоммадова, 1.

На узбекском языке

РОЖКОВА ЛЕНИЗА ДМИТРИЕВНА
КОЗУЛИН ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов

Перевод с издания издательства «Энергия», 1980

Ташкент — «Ўқитувчи» — 1986

Таржимон К. Неъматжонов
Махсус муҳаррир *Ф. Шойқубов*
Нашриёт муҳаррирлари *А. Аҳмедов, Р. Мирзаев*
Бадий муҳаррир *Ф. Неққадимбоев*
Техн. муҳаррир *Т. Грешикова*
Корректор *Д. Абдуллаева*

ИБ№ 2626

Теришга берилди 27.05.85. Босишга рухсат этилди 31.01.86. Формат 60X90/16. Тип қоғози № 3. Литературная гарн. Қегли 10,8 шпониз. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 37,0. Шартли кр.-отт. 37,19. Нашр. л. 40,7. Тиражи 3000, Зак. 2817. Баҳоси 1 с. 50 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома 11—127—80.

Ўзбекистон ССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат комитети Тошкент «Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасининг Бош қорхонасида теришиб, 3-босмаҳонасида босилди. Тошкент, Юнусобод массиви, Мурадов кўчаси, 1. 1986.

Набрано на головном предприятии, отпечатано в тип. № 3. ТПО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, массив Юнусабод, ул. Мурадова, 1.

✓
Р 67

Рожкова Л. Д., Козулин В. С.

Станция ва подстанцияларнинг электр асбоб-ускуналари: Энергетика ва энергоқурилиш техникумларининг ўқувчилари учун дарслик.— 2-қайта ишланган русча нашр. тарж.— Т.: Ўқитувчи, 1986.— 592 б., расм. жадвал.

1. Автордош.

Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций.

ББК 31.277.1

№ 151-86

Навой номли ЎзССР

Давлат кутубхонаси.

Тираж 1200

Карт. тиражи 2400

120
10