



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**



САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

Тошкент 2006

Page 22

Prognosis all

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

Қодиров Т.М., Алимов Х.А.

САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

Тошкент 2006

УДК 65826

Саноат корхоналарининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма /Қодиров Т.М., Алимов Х.А. Тошкент давлат техника университети Тошкент, 2006. - 203 б.

Ушбу ўқув қўлланмада саноат корхоналари электр таъминотининг асосий масалалари кўриб чиқилган. Электр юкламалари графиклари, электр юкламаларини аниқлаш усуллари келтирилади. Бундан ташқари цех электр таъминоти, электр жиҳозларини танлаш, ҳамда реактив қувват компенсацияси ва электр ускуналарда нейтрал режим масалалари кўрилади.

5520200 – «Электроэнергетика» йўналиши буйича бакалаврият талабалари учун мўлжалланган.

“Электр энергетика” кафедраси
48 та расм., адабиётлар 15 номда.

Абу Райҳон Беруний номли Тошкент давлат техника университети илмий-услубий кенгашининг қарорига мувофиқ chop этилди.

Такризчилар: доц. Саидахмедов С.С. ТошДТУ
доц. Азизов А.А. “Узбекэнерго” ДАК

© Тошкент давлат техника университети, 2006.

Кириш

Ўзбекистон Республикасининг электр энергетикаси халқ хўжалигининг асосий соҳаси ҳисобланиб, саноат корхоналари, шаҳарлар, транспорт, қишлоқ хўжалиги истеъмолчиларини электр энергияси билан ишончли таъминлаб келмоқда ва бутун халқ хўжалигининг ривожланишига катта ҳисса қўшмоқда. Ўзбекистон энергетика тизими Туркменистон, Тожикистон, Қирғизистон ва Жанубий Қозоғистон энергетика тизимлари билан 500 кВ ва 220 кВли линиялар билан боғланиб, Марказий Осиё Бирлашган энергетика тизимини ҳосил қилади. Ўзбекистон энергетика тизимидаги қувватлар Марказий Осиё бирлашган энергетика тизимидаги барча электр станциялар қувватларининг ярмисини ташкил этади.

Ўзбекистон Республикаси электр энергетикасида умумий қуввати 12000 МВтдан ортиқ бўлган 38 та иссиқлик ва гидравлик электр станциялари ишлаб турибди. Унда қуйидаги катта электр станциялар мавжуд: Сирдарё иссиқлик электр станцияси (қуввати 3000 МВт), Тошкент ИЭС (1860 МВт), Янги-Ангрен ИЭС (2100 кВт), Навоий ИЭС (1250 МВт). Ушбу станцияларда ўрнатилган энергия блоклари ҳар бирининг қуввати 150 дан 300 МВт гача. Марказий Осиёда энг катта, лойиҳа қуввати 3200 МВт, ҳар бир блокнинг қуввати 800 МВт бўлган Толимаржон ИЭС қурилиши давом этмоқда.

Ўзбекистоннинг сув энергетикаси бир нечта гидростанция каскадларидан иборат бўлиб, уларда Чорвоқ ГЭС (қуввати 600 МВт), Хожикент ГЭС (165 МВт), Фарҳод ГЭС (126 МВт) каби станциялар ишлаб турибди.

Электр станциялар ёқилғи маҳсулотлари (газ, кўмир, нефть) жойлашган ҳудудларда ёки сув энергиясини ишлатиш имконияти бўлган жойларда қурилади ва истеъмолчилар жойлашган узоқ масофага юқори кучланишда электр энергия узатилади.

Ҳозирги кунда Ўзбекистон энергетика тизими халқ хўжалиги ва аҳолининг электр энергиясига бўлган талабини тулиқ қондирмоқда ва энергияни экспорт қилиш имкониятига эга.

Электр таъминоти тизими (ЭТТ) деб электр энергиясини ишлаб чиқарувчи, узатувчи ва тақсимловчи қурилмалар бирлашмасига айтилади. Саноат корхонасининг электр тизими корхона истеъмолчиларини (ҳар хил машина ва механизмларнинг

электр юритгичлари, электр печлар, электролиз қурилмалари, электр пайвандлаш ускуналари, ёритиш қурилмалари, турли электротехнологик ускуналар ва ҳ.к.), электр энергияси билан таъминлаш учун яратилади. Бундай тизим 1 кВ гача ва ундан юқори кучланишли тармоқлар, трансформатор подстанциялари, ўзгартириш ва тақсимлаш қурилмаларидан ташкил топади.

Саноат корхоналарининг электр таъминотини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация жараёнларида қуйидаги масалаларни ечиш талаб этилади.

1. Рационал кучланишни танлаш ва ишлатиш. Маълумки, корхоналарда 220,110,35,10,6,038 ва 0,22 кВ ли кучланишлар ишлатилади. Рационал кучланишларни ишлатиш корxonанинг электр таъминоти тизимини арзонлаштиради ва электр энергияси нобудгарчилигини камайтиради. Шундай корхоналар мавжудки, улардаги электр энергиясининг нобудгарчилиги (30÷35)% гача етади.

2. Трансформациялаш сонини камайтириш. Саноат корхоналари электр тизимида трансформатор энг қиммат ускуналардан бири ҳисобланади. Шунинг учун улар сонини тўғри танлаб, электр тизимини арзонлаштириш ва нобудгарчиликни камайтириш мумкин. Трансформациялаш сонини тўғри танлаш натижасида электр энергияни тежаш корхона умумий энергия сарфининг 10÷15% ини ташкил қилиши мумкин.

3. Бош пасайтирувчи подстанция (БПП) ва бошқа подстанциялар, қурилмаларининг жойланиш ўрнини тўғри танлаш. Бу вазифани рационал бажариш электр тармоқларида ишлатиладиган линиялар узунликларини камайтиради, энергиянинг сифатини оширади ва нобудгарчиликларни камайтиради.

4. Корxonанинг кутилаётган юкларини аниқлаш. Ҳисобий юкларини тўғри аниқлаш электр таъминоти тизимини оптималлаштиради, электр ускуналарни тўғри танлаш имконини яратади.

5. Электр таъминотининг рационал схемасини қабул қилиш. Бунда ҳар хил схемалар учун техник-иқтисодий кўрсаткичлар солиштирилади ва энг ишончли ва кам сарф-харажатлилиги танлаб олинади.

6. Корхона электр таъминоти тизимини оптималлаштириш жараёнида юкларини симметриялаштириш, реактив қувватни компенсациялаш, кучланишни ростлаш, электр таъминоти эле-

ментларини ишончли ҳимоялаш бўйича қатор масалаларни ечиш талаб этилади.

7. Электр таъминоти тизимида мукамал автоматлаштирилган тизимларни жорий этиш. Бунда таъминот тизимининг аҳволи ҳамда барча сигналлар, реле ҳимояси элементларининг ишлари ҳақидаги ахборотлар, автоматика тизимининг хабарлари ЭХМга келиб тушади ва булар асосида электр ва технологик қурилмаларнинг ишлари аниқ бошқарилади.

Электр таъминоти тизимини бошқариш модели қуйидаги поғоналардан ташкил топади:

- а) бирламчи электр ва технологик параметрларнинг ҳолатини махсус қурилмалар орқали узатиш;
- б) бирламчи информацияларни таҳлил қилиш;
- в) текширув - ҳисоблаш операцияларини бажариш;
- г) бажарувчи органларга бошқарув сигналларини узатиш;

8. Автоматлаштирилган бошқарув тизимига ўтишда юқори малакали, автоматика ва ҳисоблаш техникасидан керакли билимга эга бўлган мутахассислар тайёрлаш.

Юқоридагилардан келиб чиқиб шуни таъкидлаш мумкинки, ҳозирги замон корхоналари электр таъминотининг инженер-мутахассисларидан чуқур билимга эга бўлиш, технологик жараёнларни автоматлаштиришнинг электр таъминоти тизимини оптималлаштириш билан бирга олиб бориш ва электр энергиясидан рационал фойдаланиш усулларини билиш талаб этилади.

I боб. ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1.1. Асосий тушунчалар

Европа ва Осиёда электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш 50 Гц частотали уч фазали ўзгарувчан ток билан бажарилади. Буни ўзгарувчан токнинг бошқа турдаги энергияга осон айлантирилиши ва жуда ишончли бўлган асинхрон электр машиналарини ишлатиш мумкинлиги билан тушунтириш мумкин.

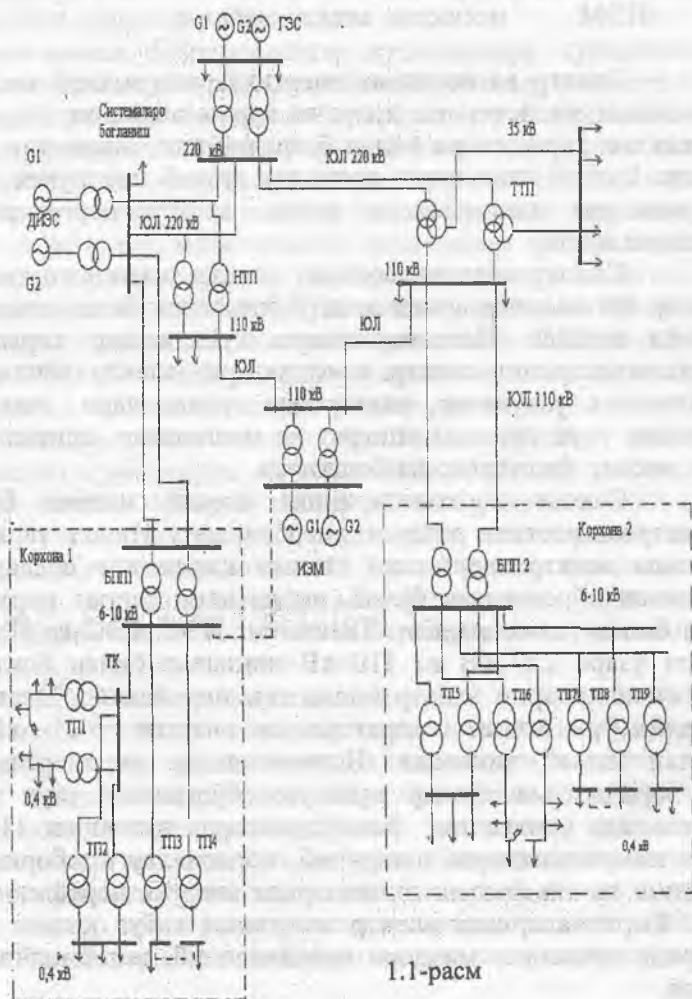
Электр қурилмаларининг тайёрлаш сонини камайтириш мақсадида Давлат стандарти томонидан генераторлар, трансформаторлар, тармоқлар ва истеъмолчилар учун қуйидаги номинал кучланишларнинг муайян қийматлари белгиланган:

1.1-жадвал

Тармоқларнинг номинал кучланишлари, кВ	Генераторларнинг номинал кучланишлари, кВ	Трансформаторларнинг номинал кучланишлари, кВ		Изоляцияларининг узок мuddат ишлаши мумкин бўлган кучланиши, кВ
		Бирламчи чулғам учун	Иккиламчи чулғам учун	
0,22		0,22	0,23	
0,38		0,38	0,4	
0,66		0,66	0,69	
(3)	(3,15)	(3)	(3,15)	(3,6)
(6)	(6,3)	(6)	(6,3)	(7,2)
10	10,5	10	10,5	12,0
20	21	20	21	24,0
35		35	38,5	40,5
110		110	121	126
(150)		(150)	(165)	(172)
220		220	242	252
330		330	347	368
500		500	525	525
750		750	787	787

Илова: Қавсда кўрсатилган кучланишлар янги лойиҳалаштирилаётган тармоқларга тавсия этилмайди.

Электр станциясидаги генераторлар ва электр станциялар параллел ишлайдилар. Бу эса электр таъминоти тизимининг ишончилигини оширади, захирада электр ускуналарининг сонини камайтиради, электр энергиясининг нархини арзонлаштиради ва қурилмаларнинг текис юкланишини таъминлайди.



1.1-расм

ТП	- трансформатор подстанцияси
БПП	- бош пасайтирувчи подстанция
ТК	- тарқатувчи қурилма
ТТП	- тугун тақсимлаш подстанцияси
ТТП	- туман трансформатор подстанцияси
ЮЛ	- юқори кучланиш линияси
ИЭС	- иссиқлик электр станцияси
ГЭС	- гидроэнергетик станция
ИЭМ	- иссиқлик электр маркази

Электр ва иссиқлик энергияларини ишлаб чиқарувчи, тақсимловчи ва истеъмол қилувчи қурилмаларнинг ўзаро электр ва иссиқлик тармоқлари билан боғланишини энергетик тизим дейилади. Бундай тизимнинг иссиқлик ишлаб чиқарувчи ва иссиқлик тармоқлари кирмайдиган қисми электроэнергетика тизимини ташкил этади.

Саноат корхоналарининг электр таъминоти тизими корхоналар истеъмолчиларини электр энергияси билан таъминлаш учун бунёд этилади. Истеъмолчиларга куйидагилар киради: ҳар хил механизмларнинг электр, юритгичлари, электр печлари ва электротермик ускуналар, электролиз қурилмалари, электр пайвандлашлар учун керакли аппарат ва машиналар, ёритиш қурилмалари, электр фильтрлар ва бошқалар.

Саноат корхоналарининг асосий манбаи бўлиб туман электроэнергетика тизими ҳисобланади. Мисол тариқасида 1.1-расмда электроэнергетика тизими қисмининг содалаштирилган схемаси кўрсатилган бўлиб, ундан икки саноат корхонаси энергия билан таъминланади. Тизимнинг ИЭС, ГЭС ва ИЭМ станциялари ўзаро 220 кВ ва 110 кВ линиялар билан боғланиб, барча истеъмолчиларни электр билан таъминлайдилар. Электр станцияларида ўрнатилган генераторларда энергия 6-21 кВ кучланиш билан ишлаб чиқилади. Истеъмолчилар ва энергия манбалари ораларидаги масофалар жуда узоқ бўлганлиги учун электр станцияларида ўрнатилган трансформаторда кучланиш 110 кВ ва ундан юқори миқдорга оширилиб, корхоналарга юборилади. Бу эса узатиш ва тақсимлаш линияларида энергия исрофини камайтиради. Корхоналарнинг электр энергияни қабул қилиш подстанцияларида кучланиш миқдори пасайтирилиб, истеъмолчиларга узатилади.

1.2. Электр қурилмалар ва электр истеъмолчилари

Электр қурилмалари деганда электр энергиясини ишлаб чиқарувчи, трансформацияловчи, узатувчи, тарқатувчи, бошқа турдаги энергияга айлантирувчи, ток турини, частотасини ва фазалар сонини ўзгартирувчи машиналар, аппаратлар, линиялар ва қўшимча жиҳозлар тушунилади.

Электр қурилмалари токнинг тури (ўзгарувчан ва ўзгармас), кучланиши (1кВ гача ва 1 кВ дан юқори) ва ишлатилиши бўйича ҳар хил гуруҳларга бўлинади.

Ишлатилиши бўйича электр қурилмалари қуйидагиларга бўлинади: электр энергиясини ишлаб чиқарувчилар - электр генераторлари; ўзгартирувчи ва тақсимловчилар - трансформатор подстанциялари, ўзгарувчан токни ўзгармас токка ёки бошқа частота токка айлантирувчи ускуналар; электр тармоқлари; электр истеъмолчилар - электр энергиясини бошқа турдаги энергияга айлантирувчи агрегатлар, механизмлар, қурилмалар тушунилади.

Электр қурилмаларининг нейтрал нуқталари ҳолатига қараб қуйидагиларга бўлинади: 1)Кучланиши 1 кВ гача бўлиб нейтралли тўғридан - тўғри заминланган қурилмалар; 2)Кучланиши 1 кВ гача бўлиб нейтралли изоляцияланган қурилмалар; 3)Кучланиши 1 кВ дан юқори, бирор линия ерга уланганда заминга ўтадиган токи кичик ($I_3 \leq 500A$) бўлган, нейтралли изоляцияланган қурилмалар; 4)Кучланиши 1 кВ дан юқори, бир фазали ерга уланиш содир бўлганда заминга ўтадиган токи катта ($I_3 > 500A$) бўлган, нейтралли тўғридан-тўғри заминланган электр қурилмалар; 5)Кучланиши кичик (42 Вгача) электр қурилмалари.

Электр таъминотининг ишончлилигига қўйиладиган талабларга қараб электр истеъмолчилар қуйидаги учта тоифага бўлинади.

I тоифа электр истеъмолчилари - бундай электр истеъмолчиларда электр таъминотидаги узилиш кишиларнинг ҳаётини хавф остига қўяди, халқ хўжалиги учун катта зарар келтиради, қимматли қурилмаларнинг бузилиши ва қўплаб хом ашёнинг чиқитга чиқишига, мураккаб технологик жараённинг узоқ вақтга издан чиқишига, коммунал хўжаликнинг энг муҳим жабҳаларида ишнинг бузилишига олиб келади. I тоифали электр қабул қилувчилар электр энергиясини камида иккита мустақил таъминлаш манбаларидан олишлари керак ва уларнинг электр

таъминотидаги узилиши вақти захирадаги манбани автоматик равишда улашга кетадиган вақт билан белгиланади.

Мустақил манба сифатида икки электр станцияси ёки подстанцияларнинг тақсимлаш қурилмалари ишлатилиши мумкин.

Кўп корхоналарда I тоифали электр истеъмолчиларнинг солиштирма миқдори катта бўлмайди. Нефть кимёси, синтетик каучук ва металлургия корхоналарида I тоифали электр қабул қилувчиларнинг миқдори $70 \div 80$ % ни ташкил этади.

I тоифали истеъмолчилардан айримлари алоҳида гуруҳ истеъмолчилари туркумига киради. Уларнинг тўхтовсиз ишлаши таъминланса, кишилар ҳаёти хавф остида қолмайди, портлашлар, ёнғинлар содир бўлмайди ва қимматбаҳо қурилмалар ишдан чиқмайди. Буларга, масалан, компрессорлар, вентиляторлар, насослар, ер ости конларидан юқорига кўтарувчи ускуналарнинг юритмалари ва авария ҳолатларида ишлайдиган ёритиш қурилмалари киради. Бундай алоҳида гуруҳ истеъмолчилари учун учинчи қўшимча мустақил таъминлаш манбаи бўлиши керак.

II тоифали электр истеъмолчилари - бундай электр истеъмолчиларнинг электр таъминотидаги узилиш кўплаб маҳсулотларни ишлаб чиқарилмаслигига, ишчиларнинг оммавий туриб қолишига, механизмлар ва корхона транспортининг ишламаслигига, шаҳар ва қишлоқ аҳолиси кўп қисмининг нормал фаолияти бузилишига олиб келади. Бу тоифадаги истеъмолчилар корхоналарда энг кўп қисмини ташкил қилади. Уларнинг электр таъминотини иккита мустақил электр манбалар орқали бажарилиши тавсия этилади. II тоифали истеъмолчиларда электр таъминотидаги узилиш вақти захирадаги манбани навбатчи шахс ёки махсус бригада фаолиятининг улашга кетадиган вақти билан белгиланади.

III тоифали электр истеъмолчиларига юқорида танишилган I ва II тоифали истеъмолчилар туркумига кирмайдиган барча электр қабул қилувчилар киради. Уларнинг электр таъминоти битта манба орқали бажарилиши мумкин. III тоифали истеъмолчилар учун электр таъминотидаги узилиш 24 соатдан ошмаслиги керак. Токнинг частотасига қараб истеъмолчилар 50 Гц частотали, юқори (10 кГц гача), ўта юқори (10 кГц дан катта) ва паст частотали манбалардан ишлайдиган истеъмолчиларга бўлинадилар. Корхоналарда асосан 50 Гц частотали истеъмолчилар ишлатилади. Юқори ва ўта юқори частотали қурилмалар металлларни эритишда, тоблашда ва қолиплашда кенг

ишлатилади. Бундай манбаларни ҳосил қилиш учун тиристорли, ионли ёки лампали ўзгартгичлар ишлатилади. Паст частотали истеъмолчилар туркумига транспортда ($16\frac{2}{3}$ Гц), суюлтирилган металлни аралаштиришда (25 Гц гача) ишлатиладиган коллекторли электр юритгичлар киради. Паст частотали электр истеъмолчилар саноат корхоналарида кенг тарқалмаган.

Саноат корхоналаридаги электр истеъмолчиларини иш режимларига қараб уч характерли гуруҳларга бўлиш мумкин:

1. Ўзгармас ёки деярли ўзгармас юклама билан ишлайдиган истеъмолчилар. Бундай режимда ишлайдиган қурилмаларда узоқ вақт ишлаш давомида улар қисмларининг ҳарорати рухсат этилганидан ошмайди. Вентиляторлар, насослар, компрессорларнинг электр юритгичлари ушбу ҳолатда ишлайдилар.

2. Қисқа муддатда ишлайдиган қурилмалар. Бундай ҳолатда машина ёки аппаратларнинг ишлаш вақти кичик бўлиб, иш вақтида улар қисмларининг ҳарорати мўлжалланган турғун қизиш даражасига етмайди. Танаффус вақти эса узоқ бўлиб машина ёки аппаратлар қисмларининг ҳарорати атроф-муҳит ҳароратига тенглашади. Мисол тариқасида бундай истеъмолчиларга металлларга ишлов берувчи станокларнинг ёрдамчи механизмлари юритмаларини келтириш мумкин.

3. Такрорий қисқа муддатда ишловчи истеъмолчилар. Бундай қурилмаларда ишлаш вақти қисқа тўхташ вақти билан алмашиб туради. Такрорланувчи қисқа муддатда ишлаш режими хусусиятини баҳолаш учун нисбий уланиш давомийлиги (продолжительность включения - ПВ%) УД% катталигидан фойдаланилади:

$$УД\% = \frac{t_{иш}}{t_{иш} + t_0} \cdot 100\% = \frac{t_{иш}}{t_{ц}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

Бунда: $t_{иш}$ - истеъмолчининг юк билан ишлаш давомийлиги;

t_0 - истеъмолчининг электр тармоғидан ажратилган ҳолати давомийлиги;

$t_{ц} = t_{иш} + t_0$ - такрорланувчи цикл давомийлиги ($t_{ц} \leq 10$ минут бўлиши керак)

Электротехника саноатида уланиш давомийлиги ($УД_u$) 15,25,40 ва 60% бўлган электр машиналари ишлаб чиқарилмоқда. Такрорланувчи қисқа юкламали электр юритгичларнинг паспортда кўрсатилган қувватни ўзгармас юкламали режимдаги ($УД=100%$) қувватга қуйидаги муносабат орқали келтирилади.

$$P_n = P_{пасп} \sqrt{УД_{пасп}} \quad (1.2)$$

Бу ерда: P_n -номинал давомли қувват

$P_{пасп}$ -электр истеъмолчининг паспортда келтирилган қувват

$УД_{пасп}$ -паспортда кўрсатилган нисбий уланиш давомийлиги

Пайвандлаш машиналари, электр печларининг трансформаторлари учун

$$P_n = S_{пасп} \sqrt{УД_{пасп}} \cos \varphi_{пасп} \quad (1.3)$$

Бунда: $S_{пасп}$, $УД_{пасп}$, $\cos \varphi_{пасп}$ - қурилманинг паспортда берилган тўла қуввати, нисбий уланиш давомийлиги ва қувват коэффициенти.

Мисол. Кран электр юритгичларининг $УД = 1$ га келтирилган, ўрнатилган қувватини топинг. Кран юритгичларининг $УД = 25%$ даги параметрлари қуйидагича:

- а) асосий кўтаргич юритгичининг қуввати 22 кВт;
- б) кўприкни ҳаракатлантирувчи юритгичининг қуввати 16 кВт;
- в) аравача ҳаракатлантирувчи юритгичининг қуввати 3,5 кВт

Ечим. Электр истеъмолчиларнинг $УД = 1$ га келтирилган умумий қуввати қуйидагича аниқланади:

$$P_n = (22 + 16 + 3,5) \sqrt{0,25} = 20,75 \text{ кВт}$$

Жавоб: 20,75 кВт.

1.3. Саноат корхоналари асосий истеъмолчиларининг тафсилотлари

Хозирги замон корхоналарида ишлаб чиқариш жараёнлари ўзларининг мураккаблиги ва кўп энергия қабул қилувчи агрегатларининг мавжудлиги билан ажралиб туради. Саноат корхоналарининг электр юкламалари тайёрланаётган маҳсулотларининг миқдори, технологик жараённинг автоматлаштириш даражаси, атроф-муҳитни ифлослантмасликка қўйиладиган талаблар, ишчи ва хизматчиларнинг иш шароитларини яхшилаш ва муҳофаза қилиш билан боғлиқ бўлган кўрсаткичлари билан белгиланади.

1. Умумсаноат куч қурилмалари. Бу гуруҳ истеъмолчиларга компрессорлар, вентиляторлар, насослар ва кўтарма - транспорт қурилмалари киради. Бу қурилмаларнинг юритгичлари ўзгармас юклама билан узоқ вақтгача ишлайди ва қувватларига қараб $0,22+10$ кВ кучланишда 50 Гц частотали электр энергияси билан таъминланадилар. Юкламалар асосан текис ва симметрик. Бу қурилмаларнинг қувват коэффициентлари барқарор бўлиб, 0,8-0,85 оралиғида. Электр таъминотида узилиш содир бўлиши керак эмас. Масалан, металлургия заводининг насос станцияларидаги электр таъминотидаги узилиш домна печларини ишдан чиқариб, жуда катта миқдорда зарар келтиради. Ёнгин пайтида насос қурилмаларининг электр манбаларидан узилиши қандай оқибатларга олиб келиши ҳақида тушунтирилмаса ҳам бўлади. Айрим цехларда вентилятор юритгичларида электр таъминотининг тўхташи ишлаётган кишилар ялпи заҳарланишига олиб келади. Бундай қурилмалар 1-тоифали истеъмолчилар туркумига киради. Улар камида икки мустақил таъминлаш манбаларидан электр энергиясини олишлари керак.

Катта қувватли компрессор, насос ва вентиляторларда электр юритма сифатида реактив қувват ишлаб чиқарувчи синхрон машиналар ишлатилади.

Кўтарма-транспорт қурилмалари такрорий қисқа муддатли режимда ишлайдилар. Бу қурилмаларда юкламани кескин ўзгариш ҳоллари кўп учрайди. Шунинг учун қувват коэффициенти катта ораликда ўзгаради (0,3-0,8). Бу қурилмалар қаерда ўрнаштирилганига қараб 1-ёки 2-тоифали бўлиши мумкин. Кўтарма - транспорт қурилмаларида 50 Гцли ўзгарувчан ток ёки ўзгармас ток ишлатилади. Ўзгарувчан ток томонидан юклама учта фаза учун симметрик бўлади.

2. Электр ёритиш қурилмалари. Электр ёритгичлари бир фазали истеъмолчи ҳисобланиб, биттасининг қуввати 2 кВт дан ошмайди. Ёритиш қурилмалари фазалар бўйича тўғри тақсимланса, етарли даражадаги симметрик юк ҳосил қилиши мумкин (но-симметриклик даражаси 5-10% дан ошмайди).

Юклама характери бир текис, кескин ўзгаришсиз бўлади, лекин кун, йил давомида унинг миқдори ўзгариши мумкин. Токнинг частотаси 50 Гц. Қувват коэффициенти чўгланувчи лампалар учун 1, разрядли лампалар учун 0,6. Газ разрядли лампалар ишлатилганда ноль линияларда юқори гармоникали тоқлар ҳосил бўлади.

Саноат корхоналарининг ёритиш қурилмаларида 6-220 В кучланиш ишлатилади. Ёритиш қурилмаларининг ишлатилиши ўрнига қараб улар бир ёки икки мустақил манбалардан энергия оладилар. Агар корхоналарда ёритиш қурилмаларининг ўчишидан кишилар ҳаёти хавф остида қоладиган бўлинса, бундай фавқулоддаги ҳолат учун махсус ёритиш тизими ишлатилади.

3. Ўзгартириш қурилмалари. Бундай қурилмалар асосида 50 Гц уч фазали токни ўзгармас токка ёки бошқа частотали токка айлантирилади. Саноат корхоналарида ўзгартгичларнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади: ярим ўтказгичли; симоб қурилмали; юритгич-генераторли; механик тўғрилагичли. Бу қурилмалар электролиз ванналари, корхона ичидаги электр транспорти, электр филтрлар, ўзгармас ток пайвандлаш ускуналари, кўплаб аппарат ва машиналарнинг юритгичларини электр билан таъминлашда ишлатилади.

Рангли металлургия корхоналарида алюминий, мис, руҳ ва бошқа тоза металлларни электролиз усули билан олишда кремний асосида яратилган ўзгартгичлардан кенг фойдаланилади. Бундай қурилмаларда 6-35 кВт ли, 50 Гц ли токни технологик жараён талаб қиладиган кучланишли (835 В гача) ўзгармас токка ўзгартирилади. Электролиз қурилмалари 1- тоифали истеъмолчилар туркумига киради, уларнинг электр таъминотида қисқа муддатли узлишлар бўлиши мумкин. Электролиз қурилмаларининг юкламалари текис ва симметрик. Қувват коэффициенти 0,85-0,9 оралигида. Электролиз жараёнида ўзгармас ток миқдорини бирдек сақлаш талаб этилади ва шу муносабат билан ўзгарувчан ток томонидаги кучланишни ростлаш зарур бўлади.

Завод ичкарасидаги электр транспорт қурилмаларининг қувватлари 100-3000 кВт оралигида бўлиб, қувват коэффициент-

лари 07-0,8 ни ташкил этади. Ўзгарувчан ток томонидаги фазаларидаги юклама симметрик ва кескин ўзгарувчан. Корхоналарда транспортнинг тўхташи катта қийинчиликларга олиб келади. Шунинг учун бу истеъмолчилар 1- ёки 2 - тоифали ҳисобланиб, электр таъминоти тизимида қисқа муддатли узилишларга рухсат этилади.

Газ тозаловчи электр филтрларида ишлатиладиган ўзгартгичларнинг қуввати 100-200 кВт гача бўлади. Улар махсус трансформаторлар орқали (бирламчи чулғам кучланиши 6-10 кВ, иккиламчи чулғам юқори кучланиши 110 кВ гача) уланилади. Бу қурилмаларнинг қувват коэффициентлари 0,7-0,8 оралигида. Ўзгарувчан ток қисмида юклама симметрик ва текис. Электр таъминотида узилиш содир бўлишига рухсат берилади. Кимё заводларида электрофилтрлар 1- ёки 2- тоифали истеъмолчилар туркумига киради.

4. Ишлаб чиқариш механизмларининг электр юритгичлари. Бундай истеъмолчилар барча корхоналарда мавжуд бўлиб, ҳозирги замон станокларида электр машиналарининг барча турлари ишлатилади. Юритгичларнинг қувватлари жуда хилма-хил бўлиб, бир неча Вт лардан юзлаб кВт ларгача боради. Юқори частотали айланма ҳаракат ҳосил қилиш ва уни бошқариш талаб қилинадиган станокларда ўзгармас токда ишлайдиган электр юритгичлардан фойдаланилади. Электр тармоқ кучланишлари 660-380/220В бўлиб, частотаси 50 Гц. Электр таъминоти ишончилиги бўйича, кўп ҳолларда, бу истеъмолчилар 2- тоифали ҳисобланадилар. Айрим станоклар учун хавфсизлик техникаси нуқтаси назаридан электр таъминотида узилиш бўлмаслиги талаб қилинади.

5. Электр печлари ва электротермик қурилмалар. Электр энергиясини иссиқликка айлантириш усулларига қараб, бу қурилмалар қуйидагиларга бўлинадилар: қаршилик печлари, индукцион печлар ва қурилмалар; ёйли электр печлари; аралаш усулларда ишловчи печлар.

Қаршилик печлари қиздириш усулига қараб билвосита ва бевосита таъсир этувчи печларга ажратилади. Билвосита таъсир этувчи печларда ҳосил бўладиган иссиқлик махсус иситиш элементларидан токнинг ўтиши натижасида бунёд этилади. Бундай печь қурилмаларида 1000 В гача кучланиш ишлатилиб, частотаси 50 Гц. Қурилмаларнинг қувватлари минг кВт дан юқори, қувват

коэффициентлари эса кўп ҳолларда 1 га тенг. Улар бир ёки уч фазали қилиб ишлаб чиқарилади.

Бевосита таъсирли печларда ҳосил бўладиган иссиқлик буюм (материал) орқали электр токи ўтиши натижасида ҳосил бўлади. Уларнинг қувватлари 3000 кВт гача бўлиши мумкин. Бундай печлар асосан 380/220 В кучланишли 50Гц тармоққа уланадилар. Қувват коэффициенти 0,7÷0,9 оралиғида бўлади. Қаршилик печлари 2-тоифали истеъмолчилар туркумига кирадилар.

Индукцион ва диэлектрик печлар ва қурилмалар металлларни эритишда, тоблашда ва диэлектрикларни қиздиришда ишлатилади.

Индукцион печларда металлни эритиш ундан индукцион токнинг ўтиши натижасида ҳосил бўладиган иссиқлик ҳисобига бўлади. Эритиш печлари ферромагнит ўзакли ёки ўзаксиз қилиб тайёрланиши мумкин. Ўзакли печлар рангли металллар ва уларнинг қотишмаларини эритишда ишлатилади. Улар бир, икки, уч фазали қилиб ишлаб чиқариладилар ва қувватлари 2000 кВА гача бўлади. Қувват коэффициентининг миқдори алюминий эритишда 0,2÷0,4 оралиғида, мис эритишда эса 0,6÷0,8 оралиғида кузатилади. Ўзаксиз печлар асосан юқори сифатли пўлат эритишда ишлатиладилар. Улар кўп ҳолларда юқори частотали (500-10000 Гц) тиристорли ёки электр машинали ўзгартгичлар орқали ишлайдилар. Юритгичлар эса қорхона частотали манбаларидан таъминланадилар. Бундай печларнинг қувватлари 4500 кВА дан ошмайди, қувват коэффициенти эса кичик (0,05-0,25). Эритиш печлари 2-тоифали истеъмолчилар гуруҳларига кирадилар.

Диэлектрик қиздириш қурилмаларида қиздириладиган буюм конденсаторнинг электр майдони таъсирига жойлаштирилади ва қизиш силжиш токининг ҳисобига бўлади. Бундай қурилмалар ёғочларни қуритишда, пресс-кукунларни қиздиришда, пластинкаларни пайвандлашда ва маҳсулотларни стериллашда кенг ишлатиладилар. Таъминлаш 20-40 МГц ли манбалардан бажарилади. Электр таъминотининг узлуксизлиги бўйича диэлектрик қиздириш ускуналари 2-тоифали истеъмолчилар гуруҳига киради.

Электр ёй печлари бевосита ва билвосита таъсир қилувчи печларга бўлинадилар. Биринчи ҳолда металлни қиздириш ва эритиш электрод ва металл оралиғида бўладиган ёйдан келиб чиқадиган иссиқлик ҳисобига бўлади. Бевосита таъсирли печларнинг кенг тарқалгани пўлат эритувчи ва вакуумли печлардир.

Пўлат эритувчи печлар саноат частотали, 6-110 кВ ли электр манбаига уланадилар. Бир қурилманинг қуввати 45000 кВА гача бўлиб, қувват коэффиценти 0,85-0,9. Металлни эритиш жараёнида эксплуатацион такрорий қисқа туташув содир бўлади ва токнинг миқдори меъёридан 2,5-3,5 маротаба ортади. Бу эса подстанция шиналаридан кучланишнинг пасайишига олиб келиб, бошқа электр истеъмолчиларининг ишига салбий таъсир қилади. Шунинг учун кўп ҳолларда бундай печларга айрим трансформатор подстанцияларидан энергия берилади.

Ёйли вакуум печларининг қуввати 2000 кВА гача бўлиб, таъминлаш 30-40 В ўзгармас ток манбаидан бажарилади. Электр энергиясининг манбаи сифатида 50Гц ли тармоққа уланидиган ярим ўтказгичли ёки электр машинали ўзгартичларни ишлатиш мумкин. Вакуумли ёй печлари 1-тоифали истеъмолчилардан ҳисобланади.

Билвосита таъсир этувчи печларда металлни қиздириш, эритиш кўмир электродлар оралиғидаги ёйдан ҳосил бўлган иссиқлик ҳисобига бажарилади. Бундай печлар мис ва унинг қотишмаларини эритишда ишлатилади. Қуввати 500 кВА дан ошмайди. Билвосита печлар 50 Гц ли тармоққа махсус трансформатор орқали уланилади. Электр таъминотининг ишончлилиги нуқтаи назаридан 1-тоифали истеъмолчи ҳисобланади.

Аралашига қиздириш печларини рудотермик ва электрошлакли қайта эритиш печларига бўлиш мумкин.

Рудотермик печларда материалларнинг эриши шихта орқали электр токининг ўтиши ва ёй натижасида ҳосил бўладиган иссиқлик ҳисобига амалга оширилади. Бу печлар темир қотишмалари, чўян, кўрғошин олишда ва мис қотишмаларини эритишда ишлатилади. Электр таъминоти 50 Гц ли тармоқдан махсус пасайтирувчи трансформатор орқали амалга оширилади. Печнинг қуввати 100.000 кВА гача бориши мумкин. Қувват коэффиценти 0,85-0,92 га тенг. Электр таъминоти узлуксизлиги бўйича 2-тоифали истеъмолчилар туркумига киради. Электрошлакли қайта эритиш печларида қиздириш шлақдан электр токининг ўтиши ҳисобига бўлиб, эритиш эса электр ёйи иссиқлиги натижасида амалга оширилади. Электрошлакли қайта эритиш юқори сифатли пўлат ва уларнинг қотишмаларини олишда ишлатилади. Печларни таъминлаш 6-10 кВ ли тармоқдан махсус пасайтирувчи трансформатор орқали (иккиламчи кучланиш 45-60 В) бажарилади. Улар бир ёки уч фазали бўлишлари мумкин. Қувват коэффиценти 0,85-0,95 га тенг. Электр таъминоти ишончлилиги

бўйича электр шлакли қайта эритиш печлари 1- тоифали истеъмолчилар гуруҳига киради.

Электр пайвандлаш қурилмалари барча корхоналарда мавжуд бўлиб, ўзгарувчан ва ўзгармас токда ишловчи қурилмаларга бўлинадилар. Технологик нуқтаи назардан пайвандлаш қурилмаларини контактли ёки ёйли гуруҳларга ажратиш мумкин.

Ўзгармас токда ишлайдиган пайвандлаш агрегатлари ўзгарувчи ток юритгичли ва ўзгармас ток генераторларидан тузилган бўлади. Бундай қурилмалар уч фазали ўзгарувчан токда симметрик юкломани ташкил этади. Қувват коэффиценти меъёрий юкламада 0,7-0,8 оралиғида бўлади, салт ишлаганда - 0,4 дан ошмайди. Ўзгармас токда ишлайдиган пайвандлаш агрегатларини ярим ўтказгичли тўғрилагичлар асосида ҳам бажариш мумкин.

Ўзгарувчан токдаги электр пайвандлаш қурилмалари 50 Гц ли кучланиши 380, 220 В бўлган тармоқдан ишлайдилар. Уларда бир фазали пайвандлаш трансформатори қўлланилади ва иш режими такрорий қисқа ҳисобланади. Битта қурилманинг қуввати 9-32 кВА оралиғида бўлади. Қувват коэффиценти ёйли пайвандлаш қурилмаларида 0,3-0,35 ни, контактли пайвандлашда эса 0,4-0,7 ни ташкил этади. Электр таъминотининг ишончилиги бўйича 2- тоифали истеъмолчилар гуруҳига киради.

Ўз-ўзини текшириш саволлари:

1. Кучланишнинг стандарт қийматлари нима?
2. Энергетика ва электр энергетикаси тизимларининг фарқини тушунтиринг.
3. Саноат корхоналарининг асосий манбаларини санаб беринг.
4. Электр истеъмолчилари ток, кучланиш, ишончилиқ, иш режими бўйича қандай гуруҳларга бўлинади?
5. Умумсаноат куч қурилмаларига қайси истеъмолчилар киради?
6. Ҳаритиш ускуналарининг қувват коэффицентлари қийматларини айтинг.
7. Корхонада ишлатиладиган ўзгартиргичлар тўғрисида маълумот беринг.
8. Электр юритгичларнинг қандай турлари мавжуд?
9. Қаршилиқ печларининг вазифаларини тушунтиринг.
10. Индукцион ва ёй печлари қандай тамойиллар асосида ишлайди?

II боб. ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИНИНГ СИФАТ КЎРСАТКИЧЛАРИ

2.1. Умумий тушунчалар

Электр энергияси махсулотнинг алоҳида турларидан бири ҳисобланиб, уни турли ишлаб чиқариш жараёнларида ишлатиш мумкинлигини аниқлаш учун айрим кўрсаткичларини таҳлил қилиш керак бўлади. Ушбу кўрсаткичлар орқали электр энергиясининг сифати аниқланади. Ҳозирги вақтда электр энергиясининг сифат кўрсаткичларига жуда катта аҳамият берилаяпти. Чунки бу кўрсаткичлар электр энергиясининг сарфига, электр таъминоти тизимининг ишончлилигига ва корхонанинг технологик жараёнига жуда катта таъсир этади. Электр энергиясининг сифатини оширишда иқтисодий, математик ва техник масалаларни ечишга тўғри келади. Иқтисодий масала деганда, корхона сифатсиз энергия билан таъминланишидан келадиган зиённи ҳисоблаш тушунилади. Математика нуқтаи назаридан эса электр энергиясининг сифатини аниқловчи усулларни асослаш керак бўлади. Техниканинг масалаларга электр энергиясининг сифатини таъминловчи техник ускуналарни ва тадбирларни ишлаб чиқиш, шунингдек, сифат кўрсаткичларини назорат қилувчи ва бошқарувчи тизимларни яратиш керади.

Электр энергиясининг сифатини кўрсатувчи катталиклар куйидагилардан иборат:

1) бир фазали ўзгарувчан тоқларда: частотанинг оғиши (ўзгариши); кучланишнинг оғиши (ўзгариши); частотанинг тебраниши; кучланишнинг тебраниши; кучланишнинг носинусоидаллик коэффициентлари:

2) уч фазали тоқларда: частотанинг оғиши; кучланишнинг оғиши; частотанинг тебраниши; кучланишнинг тебраниши; кучланишнинг носинусоидаллик коэффициентлари; кучланишнинг нонсимметриклик коэффициентлари; кучланишнинг номувозанатлик коэффициентлари:

3) ўзгармас тоқларда: кучланишнинг оғиши; кучланишнинг тебраниши; кучланишнинг пульсацияланиш коэффициентлари.

2.2. Частотанинг оғиши ва тебраниши

Частотанинг оғиши деганда частотанинг ҳақиқий ва номинал қийматлари орасидаги фарқ тушунилади.

$$\Delta f = f - f_n \quad (2.1)$$

ёки

$$\Delta f = \frac{f - f_n}{f_n} 100 \%$$

Энергетика тизимининг нормал иш режимида частотанинг оғиши (10 минут оралиғидаги ўртача миқдори) $\pm 0,1$ Гц дан ошмаслиги керак. Энергетика тизими $\pm 0,2$ Гц частота оғиши билан вақтинча ишлаши мумкин. Маълум вақт оралиғида частотанинг энг катта ва энг кичик миқдорлари орасидаги фарқни частота тебраниши дейилади.

$$\delta f = f_{\max} - f_{\min}$$

$$\text{ёки} \quad \delta f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_n} 100 \% \quad (2.2)$$

Частотанинг тебраниш тезлиги бир дақиқада 0,2 Гц дан кам бўлмаслиги керак, акс ҳолда частотанинг оғиши содир бўлади.

Частотанинг оғиши ва тебраниши истеъмолчиларнинг ишига ва айрим электр жихозларнинг ишончилигига салбий таъсир кўрсатади. Асинхрон ва синхрон электр юритгичларнинг айланиш частотаси тармоқ электр энергиясининг частотасига боғлиқ.

$$\omega = \frac{2 \pi f}{p} (1 - S) \quad (2.3)$$

Бу ерда: f - таъминловчи тармоқ кучланишининг частотаси, S - юритгичнинг сирпаниши, p - юритгичнинг қутблар жуфтлигининг сони. Механизмларнинг истеъмол қиладиган актив қуввати частота билан қуйидагича боғланади.

$$P = af^n \quad (2.4)$$

Бу ерда: a - ўзгармас коэффициент

Металларга ишлов берувчи станокларда даража кўрсаткичи $n=1$, марказдан кўчирма насослар ва вентиляторларда $n=2 \div 4$. Электр қаршилик печларида, чўғланиш лампаларида

ва ёй печларида актив қувватнинг миқдори частотага боғлиқ эмас.

Частотанинг оғиши ва тебраниши корхона электр тармоқларида электр энергиясининг нобудгарчилиги ортишига олиб келади. Бундан ташқари корхоналардаги конденсатор қурилмаларнинг ва қудратли филтрларнинг иш режимларига салбий таъсир кўрсатиб, резонанс ҳодисаларини келтириб чиқариши мумкин.

2.3. Кучланишнинг оғиши

Электр энергияси сифати кўрсаткичининг энг асосийларидан бири бу кучланиш эффектив миқдорининг ўзгаришидир. Кучланишнинг оғиши деганда кучланишнинг ҳақиқий ва номинал эффектив қийматлари орасидаги фарқ тушунилади.

$$\Delta U = U - U_n \quad (2.5)$$

$$\text{ёки} \quad \Delta U = \frac{U - U_n}{U_n} 100\%$$

Электр истеъмолчиларнинг меъерий иш шароитларида электр энергияси кучланишининг оғиши қуйидаги ораликда бўлиши керак:

- 1) $-2,5 \div +5\%$ - ишчи ёритиш қурилмаларининг уланиш қисқичларида;
- 2) $-5 \div +10\%$ - электр юритгичлари ва уларни бошқарувчи аппаратларнинг уланиш қисқичларида;
- 3) $-5 \div +5\%$ - бошқа электр истеъмолчилари учун;
- 4) Энергетика ва электрлаштириш вазирлигининг рухсати билан қишлоқ хўжалигидаги электр тармоқларида ва электрлаштирилган транспорт тармоқларида кучланиш оғишининг бошқача қийматлари ҳам белгиланиши мумкин.

Авариялардан кейинги ҳолатлар учун айрим вақтларда кучланишнинг пасайиши қўшимча 5% га камайишига йўл қўйилади.

Электр таъминотидаги кучланишнинг оғишига асосан истеъмолчиларнинг юкламалар графикларининг ўзгариши, манбаларнинг иш режимларининг ўзгариши, бир фазали ва зарбли юкларнинг электр таъминоти тизимига нораціонал уланиши сабаб бўлади.

Электр истеъмолчиларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари кучланишнинг оғишига боғлиқ. Қуйидаги жадвалда кучланишнинг эффектив миқдори меъёридан -10% дан +10% гача ўзгарганда асинхрон электр юритгичларнинг характеристикаларига таъсири кўрсатилган. Асинхрон электр юритгичларида кучланиш миқдорининг ўзгариши валдаги қувватга таъсир қилмайди, лекин юритгичдаги қувват нобудгарчиликлари эса тармоқлардагидек ўзгаради. Кучланишнинг оғиши асинхрон юритгичларининг ишлаш муддатига салбий таъсир кўрсатади. Масалан: кучланишнинг 10% ортиши натижасида юритгичнинг меъёрий юкланишида ишлаш муддати икки мартаба камаяди.

Асинхрон электр юритгичларининг айланиш частотаси берилаётган кучланишнинг миқдорига боғлиқ. Узлуксиз линиялар ва автоматлаштирилган станоклар бажарадиган технологик жараёнларнинг иш унумдорлиги кучланишнинг ўзгаришига жуда боғлиқдир. Масалан, шуруп ишлаб чиқарувчи ўнлаб станокларнинг иш унумдорлиги кучланишнинг пасайишидан камаяди, аксинча кучланишнинг ортиши эса чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатини пасайтириб юборади.

Асинхрон юритгич параметрларига кучланишнинг меъёридан -10% дан +10% га ўзгартиришининг таъсири.

2.1-жадвал

Юритгичнинг тавсифлари	Кучланишнинг оғишидан юритгич тавсифларининг ўзгариши	
Ишга туширувчи ва максимал айлангирувчи момент	-19%	21%
Синхрон айланиш частотаси	const	const
Сирпаниш	23%	-17%
Номинал юкламада айланиш частотаси	-1,5%	+1%
Фойдали иш коэффиценти, агар юкланиш:		
100% бўлганда	-2%	+1%
75% бўлганда	const	const
50% бўлганда	-1÷2%	1÷2%
Кувват коэффиценти, агар юкланиш:		
100 % бўлганда		
75% бўлганда	1%	-3%
50% бўлганда		

Номинал юкламада ротор токи	2-3%	-4%
Номинал юкламада статор токи	4-5%	-5÷-6%
Ишга тушурувчи ток	14%	11%
Номинал юкламада чулғам ҳароратининг ортиши	10%	7%
	-10÷-12%	10-12%
	5-6 ° C	Ўзгариш йўқ даражада

Электротермик технологик жараёнларнинг иш режимига кучланишнинг оғиши жуда катта таъсир кўрсатади. Кучланишнинг пасайишидан технологик жараённинг давомийлиги узаяди, ийрим ҳолларда эса бу жараён бутунлай ишдан чиқади. Индукцион ва қаршилик печларида кучланишнинг 8-10 % камайиши технологик жараённинг тўхташига олиб келади.

Кучланишнинг оғиши электр пайвандлаш қурилмаларининг ишларига ҳам катта таъсир кўрсатади. Кучланишнинг пасайиши пайвандланаётган чокларнинг сифатсиз бўлишига олиб келади. Кучланиш 10% га камайганда пайвандлаш вақти 20% га ошади. Кучланишнинг ортиши эса пайвандлаш агрегатининг реактив кувватини оширади.

Кучланиш сифатининг ўзгариши ёритиш қурилмаларининг ишига жиддий таъсир кўрсатади. Кучланишни номиналдан 5% ошиши чўғланувчи лампаларнинг ишлаш муддатини икки маротаба камайтиради. Люминесцент лампалар учун кучланишнинг миқдори 10% га ошиши ишлаш муддатини 20-30% га камайтиради. Агар кучланиш 20% га камайса, люминесцент ва газразрядли лампалар умуман ёнмайди. Булардан ташқари кучланишнинг оғиши ёритиш қурилмаларининг ёруғлик оқимларининг ўзгаришига олиб келади ва ишчи-хизматчиларнинг кўриш қобилиятларини сусайтиради.

Вентилли электр юритмалар тизимлари ҳам кучланишнинг оғишига жуда сезгир бўлади. Ўзгарувчан ток кучланишининг оғиши тўғриланган кучланишнинг миқдорига таъсир қилади, бу эса юритгичнинг айланиш частотаси ўзгаришига олиб келади. Шунинг учун бундай қурилмаларда қўшимча ростлаш ускуналари ёрдамида кучланиш стабиллаштирилади. Шундай қилиб, электр таъминоти кучланишининг сифати корхонанинг тех-

нологик жараёнига, истеъмолчиларининг энергетик кўрсаткичларига, қурилмаларнинг иш режимларига жиддий таъсир кўрсатади.

Электр таъминоти тизимида содир бўладиган кучланишнинг оғишини камайтириш мақсадида кучланишни ростловчи қурилмалар ишлатилади ва турли тадбирлар амалга оширилади.

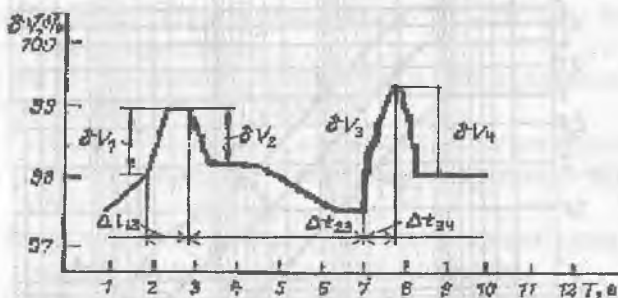
- 1) Корхонанинг бош пасайтирувчи подстанциясида (БПП) ўрнатилган трансформаторлар кучланишини бошқариш имкониятига эга бўлиш учун уларни махсус техник жиҳозлар билан таъминланади. Бундай трансформаторни ЮХБ (юкланган ҳолатда бошқарилувчи) трансформатор деб номлаймиз (трансформатор с РПН).
- 2) ЮХБ трансформатор бўлмаган тақдирда вольт қўшувчи трансформаторларни ёки бошқарилувчи линиявий автотрансформаторни ишлатиш мумкин.
- 3) Корхоналарда косинус конденсаторларини ишлатиш ҳам линиялардан кучланиш пасайишини камайтиришга олиб келади. Юкламаларнинг ўзгаришига қараб конденсаторларнинг қувватини автоматик равишда бошқариш талаб этилади.
- 4) Кўзғатиш чулғамларининг токи бошқарилувчи синхрон юритгичлардан фойдаланилганда ҳам тармоқдан қабул қилинаётган реактив қувватнинг миқдорига таъсир этилади ва кучланиш йўқотуви камайтиради.
- 5) Корхона электр таъминоти схемасини тўғри танлаш ва узатиш линияларининг кўндаланг кесимларини кучланишнинг йўқотилишини ҳисобга олинган ҳолда қабул қилиш ҳам истеъмолчиларга берилаётган кучланишнинг оғишини пасайтиради.

2.4. Кучланишнинг тебраниши

Кучланишнинг тебраниши кучланишнинг ўзгариш қулочи (кучланиш эффектив қийматининг вақт бўйича ўзгарувчи характеристикасида кетма-кет келаётган экстремумлар орасидаги фарқ), кучланишнинг ўзгариш частотаси ва кучланишнинг кетма-кет келаётган экстремумлари орасида вақт интервали билан характерланади.

Қуйидаги расмда кучланишнинг вақт бўйича ўзгариш графиги кўрсатилган бўлиб, унда 10 секунд давомида кучланиш 4 мартаба қулоч ёяди.

Расмда $\delta U_1, \delta U_2, \dots, \delta U_4$ -кучланиш ўзгаришининг кулочлари;



2.1-расм

$\Delta t_{12}, \Delta t_{23}, \dots, \Delta t_{34}$ -кетма-кет келаётган экстремумлар орасидаги вақт интервали; T -ўлчов олиб борилган оралиқ вақт.

Кучланишнинг ўзгариш кулочи қуйидагича аниқланади.

$$\delta V = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\text{ном}}} 100\% \quad (2.6)$$

Кучланишнинг ўзгариш частотаси

$$F = \frac{m}{T} \quad (2.7)$$

Бу ерда: m - кучланишнинг 1% дан юқори тезлик билан ўзгарган ҳолатларининг сони.

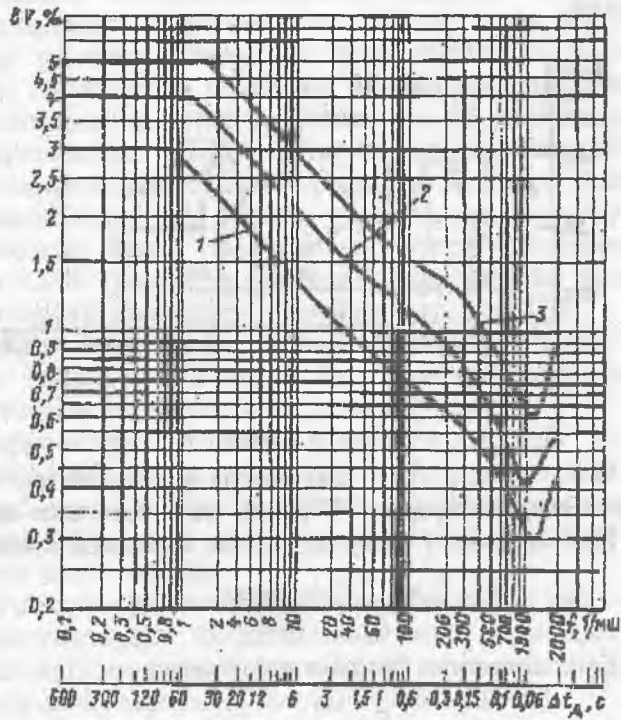
Расмда кўрсатилган ҳолат учун кучланишнинг тебраниши деганда 10 сек. давомида кучланишнинг 4 маротаба кулоч ёйиши тушунилади.

Ҳар бири 2.2-расмдан аниқланадиган қийматлардан ошмайдиган кучланиш ўзгаришининг кулочлари тўпламининг рухсат этилган шарт қуйидагича

$$\sum_{i=1}^n \Delta t_{gi} \leq T \quad (2.8)$$

бу ерда: Δt_{gi} - кулочлар орасидаги минимал рухсат этилган вақт оралиғи (δV_i)

T — кулочлар таъсирининг умумий вақти.



2.2-расм

Кучланиш ўзгариши кулочининг uzunлиги ва сонига қўйиладиган чекланишлар давлат стандарти томонидан фақат ёритиш лампалари ва радио асбоблари учун белгиланган. Ушбу расмда чўгланувчи лампаларда кучланиш ўзгариши кулочи ва унинг частотаси орасидаги талаб этиладиган боғланиш кўрсатилган. Ёруғлик манбаларининг кучланишига қўйиладиган чекланишлар меҳнат шароитини муҳофаза қилиш заруриятидан келиб чиқади. Чунки кучланишнинг тез ўзгариши натижасида ёруғлик оқими кескин ўзгариб туради, бу эса кишиларнинг кўриш қобилиятини сусайтириб, меҳнат унумдорлигини пасайтиради.

Саноат корхоналарининг электр таъминотидаги кучланишнинг тебраниши барча истеъмолчилар, хусусан пайвандлаш қурилмалари, қаршилиқ печлари ва бошқариш аппаратларининг меъёрий иш режимларига салбий таъсир кўрсатади.

Кучланиш тебранишининг вужудга келишига катта қувватли кескин ўзгарувчан юкламали қуйидаги электр қурилмаларининг иш режимлари сабаб бўлади: пўлат эритувчи электр ёй печлари, пайвандлаш агрегатлари, ярим ўтказгичли ўзгартгичлар, асинхрон электр юритгичлар.

Электр таъминоти тизимларини лойиҳалашда кучланишнинг тебранишини чеклаш учун:

- 1) кескин ўзгарувчан юкламали истеъмолчиларнинг цех подстанцияларини четлаб ўтиб, тўғридан-тўғри БПП га улаш;
- 2) катта қувватли электр юритгичларнинг ишга тушириш токини чеклаш усулларини ишлатиш;
- 3) корхонанинг ташқи ва ички электр таъминотидаги линияларнинг индуктив қаршилигини камайтириш;
- 4) катта қувватли синхрон юритгичларда кўзгатиш чулғамлари токини автоматик бошқарувчи қурилмаларни ишлатиш;
- 5) кескин ўзгарувчан юкламали, катта қувватли истеъмолчиларнинг электр таъминоти учун махсус линияларни қабул қилиш мақсадга мувофиқдир.

Мисол. 900 сек. оралиғида 4,5% амплитудали 10 та ва 40 та 3% амплитудадаги кучланишнинг қулоч ёйишини қайд қилинди. Бундай тармоқдан люминесцент лампаларининг энергия билан таъминланиши жоизлигини аниқланг.

Ечим. 2.2-расмдаги 3 эгри чизикдан

$$\delta V_1 = 4,5\%; \quad \Delta'_1 = 45\text{сек}$$

$$\delta V_2 = 3\%; \quad \Delta'_2 = 10\text{сек}$$

(2.8) дан кўрсатилган қулочларнинг содир бўлиши мумкин бўлган минимал оралиғини аниқлаймиз

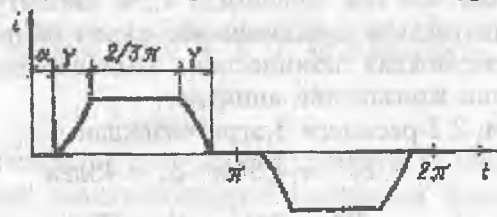
$$T = 10 \cdot 4,5 + 40 \cdot 10 = 850 < 900$$

Шундай қилиб, тармоқнинг ушбу нуктасига люминесцент лампаларини улаш мумкин экан.

2.5. Корхоналарнинг электр таъминоти тизимларида носинусоидаллик режимлари

Электр энергетикаси тизимидаги кучланиш оний қийматининг вақт бўйича ўзгариши синусоидал кўринишда бўлади. Ишлаб чиқариш жараёнларининг жадаллаштирилиши ва корхоналарда янги технологиялар жорий этилиши натижасида электр таъминоти тизимида кўплаб ярим ўтказгичли ўзгартгичлар, бир ва уч фазали электр пайвандлаш қурилмалари, катта қувватли электр ёй печлари, газоразрядли лампалар, магнит кучайтиргичлар ишлатилишига олиб келди. Бу қурилмаларнинг характеристикалари нозиклиги ҳисобланиб, синусоидал формали кучланишга эга бўлган манбага уланганларида истеъмол қилинаётган тоқларнинг формалари носинусоидал бўлади. Носинусоидал тоқларнинг тармоқ элементларидан ўтганда улардаги кучланишлар пасайишининг носинусоидал бўлишига олиб келади. Натижада истеъмолчиларнинг кириш қисмларидаги кучланиш формасининг бузилиши содир бўлади.

Қуйидаги расмда олти фазали тўғрилагичнинг бирламчи тоқининг формаси кўрсатилган бўлиб, унда α - тиристорнинг бошқариш бурчаги; γ - тиристорнинг коммутация бурчаги.



2.3-расм

Ушбу расмда кўрсатилган ток формасини ҳар хил частотали юқори гармоникали синусоидал тоқлар йиғиндиси деб қараш мумкин. Математикадан маълумки, ҳар қандай даврий функцияни, агар у Дирихли шартини қаноатлантирса, (электротехникада учрайдиган барча даврий функциялар бу шартни қаноатлантиради) Фурье қаторига ёйиш мумкин.

$$f(\omega t) = A_0 + \sum_{v=1}^n (a_v \cos v\omega t + b_v \sin v\omega t) \quad (2.9)$$

Бу ерда: A_0 - ўзгармас ташкил этувчи; ν - гармоника тартиби ($\nu=1,2,3,\dots$);

Фурье қаторининг коэффициентлари

$$a_\nu = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos \nu \omega t d\omega t$$

(2.10)

$$b_\nu = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin \nu \omega t d\omega t$$

(2.11)

ν - гармониканинг амплитудаси куйидаги формуладан аниқланади

$$A_\nu = \sqrt{a_\nu^2 + b_\nu^2} \quad (2.12)$$

ν - гармоника бошланғич фазаси

$$\varphi_\nu = \arctg \frac{b_\nu}{a_\nu} \quad (2.13)$$

Тармоқ кучланишининг носинусоидаллик даражасини носинусоидаллик коэффициенти билан баҳоланилади. Бу коэффициент юқори гармоникаларнинг эффектив қийматини асосий гармониканинг эффектив қийматига нисбати орқали аниқланади.

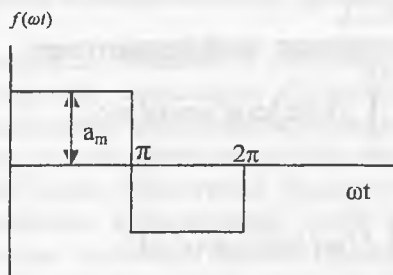
$$K_{nc} = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^n U_\nu^2}}{U_1} 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=1}^n U_\nu^2}}{U_n} 100\% \quad (2.14)$$

Бу ерда: U_ν - ν гармониканинг эффектив қиймати;
 U_1 - асосий гармониканинг эффектив қиймати;
 U_n - номинал кучланиш.

Кучланишнинг носинусоидаллик коэффициентининг миқдори истеъмолчиларнинг кириш қисмларида 5% дан ошмаслиги керак.

Мисол. Манбанинг кучланиши тўғри тўртбурчак кўринишига эга бўлганда, носинусоидаллик коэффициентининг миқдорини аниқланг.

Ечим: Маълумки, бундай кўринишли даврий функция учун Фурье қатори куйидагича бўлади



2.4-расм

$$f(\omega t) = \frac{4a_m}{\pi} (\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots)$$

Биринчи ва юқори гармоникаларнинг эффе́ктив қийматла-
ри ушбу муносабатлар орқали аниқланади:

$$\frac{4a_m}{\sqrt{2}\pi}; \frac{4a_m}{3\sqrt{2}\pi}; \frac{4a_m}{5\sqrt{2}\pi}; \frac{4a_m}{7\sqrt{2}\pi} \dots$$

Еттинчи гармоникагача ҳисобга олсак,

$$K_{нс} = \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{7}\right)^2} \cdot 100\% = \sqrt{0,17} \cdot 100\% = 0,41 \cdot 100\% = 41\%$$

Саноат корхоналарида юқори гармоникаларнинг асосий манбаи бўлиб ярим ўтказгичли ўзгартгичлар ҳисобланади. Корхоналарда вентиль ўзгартгичлар асосан технологик қурилмаларни ўзгармас ток билан таъминлашда ишлатилади. Булар электролиз қурилмалари, гальваник ванналар, электр-лаштирилган темир йўл транспорти, магнит сепараторлари, бошқарилувчи электр юритмалар ва бошқалар.

Электр таъминоти тизимида венти́лли ўзгартгичлар кўп бўлган саноат корхонасида кучланишнинг носинусоидаллик коэффициентининг миқдори 25-40% гача бориши мумкин. Мавжуд алюминий заводлари тармоқларининг кучланишлар формаларини экспериментал текширилганда $K_{нс}$ нинг қиймати меъерий кўрсаткичдан 1,5-2 мартабадан ортиқ бўлган ҳолатлар ҳам кузатишган.

Носинусоидаллик коэффициентининг миқдориға таъсир этувчи омиллардан бири корхоналарда катта қувватли электр ёй

печларининг ишлатилишидир. Пулат эритувчи электр ёй печлари металлургия ва машинасозлик заводларида кенг тарқалган. Печь трансформаторларининг қуввати 0,4 дан 150 МВА гача етади. Электр ёйининг вольт -ампер характеристикаси ночизикли бўлганлиги учун юқори гармоникали тоқлар вужудга келади. Печлар тоқларининг формалари ёйнинг ёниш режимига кўп жиҳатдан боғлиқ. Металлнинг эрий бошлаш жараёнида токнинг миқдори салт ишлаш ҳолати билан технологик қисқа туташув режимидаги тоқлар оралиғида бўлади. Бу даврда токнинг формаси синусоидалдан анча фарқ қилади. Суяқ металл вужудга келганда, токнинг формаси синусоидалга яқинлашади. Куйидаги жадвалда ДСП-10 печида металлни эритиш жараёнининг ҳар хил даврлари учун кучланишнинг носинусоидаллик коэффицентининг миқдорлари келтирилган.

Электростанция печларининг тоқлари таркибида 5, 7, 11, 13 гармоникалар билан бирга 2, 3, 4 ва 6 анормал гармоникалар ҳам мавжуд бўлади. Анормал гармоникаларнинг қийматлари 5- ва 7- гармоникаларнинг қийматларига яқин бўлади.

Ҳозирги замон саноат корхоналарида электр ёй пайвандлиш қурилмалари кенг ишлатилмоқда ва уларда манба вазифасини бошқарилмайдиган венти́ллар асосида йиғилган уч фазали тўғрилагич схемали қурилмалар бажармоқдалар. Тўғрилагич 380/220 В кучланишли манбага уланиб, қуввати (9-31) кВАни ташкил этади. Бундай қурилмаларнинг тоқларида 5- ва 7- гармоникаларнинг таъсири катта бўлади.

2.2-жадвал

Печнинг иш режими	Юқори кучланиш қисми (6 кВ)		Кичик кучланиш қисми	
	К _{нс} % макси- мал қиймати	К _{нс} % ўргача қиймати	К _{нс} % макси- мал қиймати	К _{нс} % ўргача қиймати
Металлнинг эрий бошлаши	8,14	6,62	51	17,91
Эриш даврининг ўргаси	8,43	7,11	55,9	30,72
Рафинациялаш (тозалаш) даври	7,75	1,51	25,55	13,39

Машинасозлик корхоналарида контактли электр пайвандлаш ускуналари жуда кўп ишлатилмоқда. Уларда коммутация жараёнини бажаришда игнитрон ёки тиристорли контакторлар ишлатилади. Пайвандлаш токини бошқариш учун тиристор ва игнитронларнинг уланиш фазаларини ростловчи махсус тизимлардан фойдаланилади. Бу эса пайвандлаш машиналарининг токлари формаларининг бузилишига олиб келади ва уларнинг таркибида 1, 3 ва 5 гармоникалар мавжуд бўлади, бу эса тармоқ кучланишининг носинусоидаллик коэффициентининг ошишига олиб келади.

2.6. Кучланиш формаси носинусоидаллигининг электр ускуналари иш режимига таъсири ва электр тармоқларида кучланишнинг носинусоидаллигини камайтириш усуллари

Кучланиш формасининг бузилиши электр таъминоти элементларининг иш режимларига салбий таъсир кўрсатади. Юқори гармоникали токларнинг электр таъминоти элементларидан ўтиши қўшимча актив қувват нобудгарчилигига олиб келади ва унинг миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta P_{nc} = 3 \sum_{v=3}^n I_v^2 \cdot R_v \quad (2.15)$$

Бу ерда: I_v - v - гармоника токининг эффектив қиймати;

R_v - элементнинг v - гармоникага актив қаршилиги.

Трансформаторлар, юритгичлар ва генераторларда энг кўп қўшимча актив қувват нобудгарчилиги бўлиб, уларда чулғамларнинг актив қаршилигининг ортиши тахминан \sqrt{v} га пропорционал бўлади. Юқори гармоникалар изоляцияларнинг тез эскиришига олиб келади. Юқори гармоникали ток ва кучланишлар электр ўлчов асбобларининг хатоликларини ошириб юборади. Айниқса актив ва реактив энергияларни ўлчовчи индукцион ҳисоблагичларнинг хатоликлари ошиб кетади.

Юқори гармоникалар телемеханик қурилмалар, алоқа воситалари ва реле ҳимоясининг ишларига салбий таъсир кўрсатадилар. Улар корхона тармоқ тизимида ҳар хил зарарли резонанс ҳодисаларини келтириб чиқариши мумкин. Юқори гармоникалар

ийниқса конденсатор батареяларининг иш режимига катта таъсир кўрсатади, уларнинг кўп ҳолларда ишдан чиқишига олиб келади.

Шундай қилиб, корхонанинг электр таъминотида юқори гармоникаларнинг бўлиши халқ хўжалиги учун маълум миқдорда зарар келтиради. Шунинг учун электр тармоқларида кучланишларнинг синусоидаллигини сақлаш асосий вазифалардан биридир. Бунинг учун ҳар хил усуллар ишлатилади.

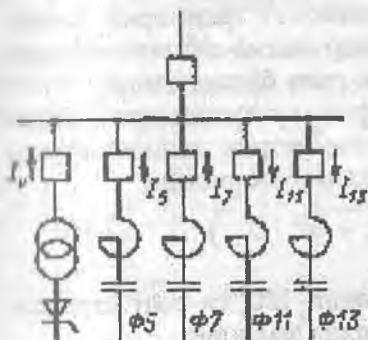
1) Кўп фазали тўғрилагичларни ишлатиш бирламчи токнинг формасини синусоидалга яқинлаштиради. Масалан тўғрилагичнинг олти фазали схемасида бирламчи ток таъсирида 5, 7, 11, 13, 17. . . гармоникалар бўлса, 12 фазали қурилмада эса 11, 13, 23, 25 . . . гармоникалар мавжуд бўлади. Бу билан бирламчи ток таркибида $V=6(2K-1)\pm 1$ гармоникаларнинг бўлмаслигини олиб келинади. Натижада тармоқ кучланишининг носинусоидаллиги 1,4 мартаба камаяди.

2) Юқори гармоникаларга созланган электр филтрларни ишлатиш орқали тармоқ кучланишининг носинусоидаллигини камайтириш мумкин. 2.5-расмда 5, 7, 11 ва 13 гармоникалар электр филтрларини улаш схемаси кўрсатилган. Филтрлар кетма-кет уланган индуктивлик ва сигим элементларидан тузилиб, маълум частотага созланган бўладилар. Улар эгри чизиқ характеристикали қурилмалар ҳосил қилаётган гармоникаларни тўла истеъмол қиладилар. Бундай филтрларни юқори гармоникалар ҳосил қиувчи истеъмолчиларга яқин уланади.

Саноат корхоналарида филтрлардан фойдаланилганда иккита масала ечилади, яъни юқори гармоникалар таъсири камайтирилади ва асосий гармоника учун улар реактив қувват манбаи вазифасини ҳам ўтайдилар.

Электр филтрларни ишлатилганда, уларни тўғри созлаш катта аҳамиятга эга, акс ҳолда юқори гармоникалар таъсири камайиши ўрнига ортиши мумкин.

3) Тармоқ кучланишининг носинусоидаллигини камайтириш учун корхонадаги эгри чизиқли характеристикага эга бўлган қурилмаларни подстанциянинг алоҳида секциясига махсус линиялар орқали улаш мақсадга мувофиқдир.



2.5-расм

4) Саноат корхоналаридаги тармоқлар кучланишларидаги юқори гармоникалар таркибини систематик равишда таҳлил қилиш керак. Бунинг учун осциллографлардан ёки махсус асбоблардан фойдаланилади. Осциллографларнинг спектрал таркибини аниқлашда ЭХМ ишлатилади. Ҳозирги кунда носинусоидалликни таҳлил қилишда анализатор АН-1 дан фойдаланиб, кучланишнинг носинусоидаллик коэффициенти аниқланади ва 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13 гармоникаларнинг амплитудаси топилади. Корхонанинг бош подстанцияси шиналаридаги носинусоидалликни текширув йилига икки маротаба олиб борилади. Бундай текширувлар юқори қувватли эгри чизикли характеристикага эга бўлган истеъмолчилар тармоққа уланганида ҳам бажарилади.

2.7. Кучланишларнинг носимметриклиги

Уч фазали тизимларда кучланиш ва тоқларнинг носимметриклиги электр энергиясининг сифатини белгиловчи асосий кўрсаткичлардан биридир. Носимметрикликни рўёбга келтирувчи сабаблардан асосийлари бу - катта қувватли (10000 кВт гача) бир фазали электротермик қурилмалар ва уч фазали ёй печларининг ишлатилишидир. Бундай истеъмолчилар носимметрик токни рўёбга келтириб, электр таъминот тизимида носимметрик режим ҳосил қиладилар.

Уч фазали тизимларнинг носимметрик режимларини таҳлил қилишда симметрик ташкил этувчиларга ажратиш усули қўлланилади. Назарий электротехника фанидан маълумки, ҳар қандай носимметрик бўлган уч векторни симметрик бўлган учта тизимнинг йиғиндисидир деб қараш мумкин: 1) фазаларни кетма-кетлиги тўғри бўлган тизим; 2) фазалар кетма-кетлиги тескари бўлган тизим; 3) фазалар кетма-кетлиги ноль бўлган тизим.

Агар U_a , U_b , U_c - тармоқнинг фаза кучланишлари маълум бўлса, фазалар тартиби тўғри бўлган симметрик ташкил этувчи U_1 ни аниқлаш куйидаги муносабат орқали бажарилади:

$$U_1 = \frac{1}{3} \cdot (U_A + a \cdot U_B + a^2 \cdot U_C) \quad (2.16)$$

бу ерда: $a = e^{j \cdot 2\pi/3}$, яъни векторни 120° га соат стрелкасининг айланишига тескари томонга буриш демакдир.

$a^2 = e^{j \cdot 4\pi/3}$ - векторни аввалги тартибда 240° га буришдир. Тескари тартибли ташкил этувчи учун:

$$U_2 = \frac{1}{3} \cdot (U_A + a^2 \cdot U_B + a \cdot U_C) \quad (2.17)$$

ноль ташкил этувчи учун:

$$U_0 = \frac{1}{3} \cdot (U_A + U_B + U_C) \quad (2.18)$$

Кучланиш носимметриклигининг ўлчови сифатида носимметриклик коэффициенти олинган. Унинг миқдорини аниқлаш учун тескари тартибли ташкил этувчини фазалараро номинал кучланишга нисбатини олиш керак.

$$K_{нсм.и} = \frac{U_2}{U_H} \cdot 100 \% \quad (2.19)$$

Токлар учун носимметриклик коэффициенти

$$K_{нсм.т} = \frac{I_2}{I_H} \cdot 100 \% \quad (2.20)$$

Ноль ташкил этувчи мавжуд бўлган тақдирда уч фазали тизимда нейтрал силжиш содир бўлади. Бу кўрсаткич номувозанатлик коэффициенти орқали баҳоланади.

$$K_0 = \frac{U_0}{U_H} \cdot 100 \% \quad (2.21)$$

Бу ерда U_0 - носимметрик уч фазали кучланишлар тизимининг ноль ташкил этувчиси.

Кучланишнинг носимметриклик коэффициентининг мсьёрий қиймати мавжуд бўлиб, барча истеъмолчилар учун

$K_{ном,0} \leq 2\%$ бўлиши керак.

Мисол. Уч фазали тизимда $E_A=220$ В $E_B=210$ В $E_C=210$ В. Фазалараро бурчаклар тенг. Носинусоидаллик коэффициентиининг миқдорини аниқланг.

Ечим

$$K_1 = \frac{1}{3} (E_A + a^2 E_B + a E_C) = \frac{1}{3} [(220 + 210(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}) + 210(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})] = 3,33 \text{ В}$$

$$K_{нс} = \frac{E_2}{E_H} \cdot 100 \% = \frac{3,3}{220} \cdot 100 = 1,5\%$$

Демак, $K_{нс} < 2\%$ шунинг учун носимметриклик жоиз че-
гарада экан.

Электр таъминоти тизимида кучланишнинг носимметрик-
лиги тармоқ элементларининг ва истеъмолчиларнинг ишлаш ре-
жимига салбий таъсир этади.

Синхрон машиналарда, хусусан синхрон генераторларда
носимметрик кучланиш ва тоқлар таъсирида статор
чулғамларидан тўғри, тескари ва ноль кетма-кетликни ташкил
этувчи тоқлар ўтади. Натижада қўшимча пульсланувчи моментлар
ҳосил бўлади ва машинанинг ҳаракатланувчи қисмида зарарли
титрашлар содир бўлади. Бундан ташқари пульсланувчи магнит
майdonи таъсирида роторда уярма тоқлар ҳосил бўлиб, унинг
қўшимча қизишига олиб келади. Шунинг учун синхрон компен-
саторлар ва турбогенераторларда статор фаза тоқларининг миқ-
дорлари орасидаги фарқ номинал тоқнинг 10% идан ошмаслиги
керак. Гидрогенератор учун бу кўрсаткич 20% дан ошмаслиги
тавсия этилади.

Асинхрон машиналарнинг иш режимлари ва ишлаш муд-
датларига носимметриклик салбий таъсир кўрсатади. Асинхрон
юритгичнинг қаршилиги тўғри тартибли ташкил этувчи тоқларга
нисбатан тескари тартибли тоқларда 5-7 маротаба кичик бўлади.
Шунинг учун кичик носимметрикликда ҳам катта миқдорда тес-
кари тартибли тоқлар вужудга келади. Бу эса статор ва ротор
қисмларининг қўшимча қизишига олиб келиб, юритгичнинг қув-
вати камайишига сабаб бўлади. Масалан, кучланишнинг носим-
метриклиги 4% бўлганда номинал юклама билан ишлаётган асин-
хрон юритгичнинг ишлаш муддати 2 маротаба камаяди, 5% но-
симметрикликда эса юритгичнинг қуввати 5-10% га қисқаради.
Булардан ташқари кучланишнинг носимметрикликда асинхрон
юритгичларда айлантирувчи моментнинг камайишига ҳам сабаб
бўлади.

Конденсатор батареяларининг носимметрик кучланишга
уланишида ҳар бир фазаларда ишлаб чиқарилаётган реактив қув-
ватларнинг миқдорлари тенг бўлмайди ва конденсатор қурилма-
лари тўла қувват билан ишламайдилар. Бундан ташқари конден-
сатор батареялари қўшимча носимметрикликни келтириб чиқара-
дилар.

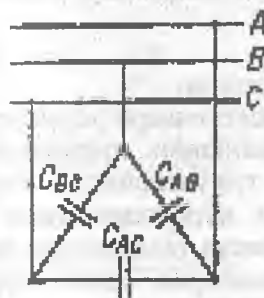
Кўп фазали вентилли тўғрилагичларнинг носимметрик
кучланишли тармоққа уланиши уларнинг ишлашини қийинлаш-

тиради. Фаза кучланишларининг ҳар хиллиги сабабли тўғриланган кучланишнинг пульсацияси ошиб, юқори гармоникалар микдорини орттиради. Кучланишнинг носимметриклиги тиристорли тўғрилагичларнинг фаза-импульсли бошқарув тизимларига ҳам таъсир кўрсатади.

Кучланишнинг носимметриклиги трансформаторлар, кабеллар ва ҳаво линияларида кўшимча нобудгарчиликларга олиб келади. Носимметриклик айниқса куч трансформаторларининг ишлаш муддатини камайтириб беради.

Кучланиш ва тоқларнинг носимметриклигини камайтириш учун:

- бир фазали юкламаларни учала фазаларга бир хил қилиб тақсимлаш;
- катта қувватли бир фазали электр истеъмолчиларни шлоҳида трансформаторга улаш;
- носимметрик юкламаларни қисқа туташув қуввати катта бўлган тармоқларга улаш мақсадга мувофиқдир.



2.6-расм

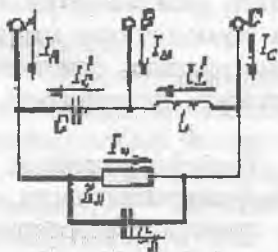
Кичик қувват коэффициентли носимметрик юкламаларни симметриклаштиришда носимметрик уч фазали конденсатор батареяларидан фойдаланиш мумкин (2.6-расм).

Умумий ҳолда ҳар бир фазадаги конденсаторларнинг қувватлари тенг бўлмайди,

яъни $Q_{AB} \neq Q_{BC} \neq Q_{CA}$. Носимметрик конденсаторлар токнинг фақат реактив ташкил этувчиларини компенсациялаб, тармоқдан ўтаётган тоқлар микдорини тенглаштиради.

Носимметрикликни камайтириш учун куч трансформатор чулғамларининг уланишини тўғри танлаш ҳам аҳамиятга эга. Масалан, чулғамлари юлдуз - нолли юлдуз (Y/Y) схемада уланган трансформаторни уч-бурчак - нолли юлдуз (Δ/Y) схемасига ўтказганда учга қаррали тоқлар ноль тартибли тизимни ҳосил қиладилар ва бирламчи чулғамда туташадилар.

Бу эса уч фазали тизимни мувозанатлаштиради. Шунга ўхшаш эффект трансформатор чулғамлари схемасини юлдуз - Z симон (Y/Z) уланганда содир бўлади.



2.7-расм

Агар юқорида кўрсатилган воситалар керакли самара бермаса, кучланиш ва тоқларнинг носимметриклигини камайтириш учун махсус симметрикловчи қурилмалар ишлатилади. Катта қувватли бир фазали юқламани симметриклашда Штейнметц схемасини ишлатиш мумкин (2.7-расм).

Соф актив юқламада ($Z_n=R_n$) фаза тоқларининг миқдорлари симметрик бўлиши учун реактор ва конденсатор батареяларининг реактив қувватлари тенг бўлиши керак, яъни

$$|Q_L| = |Q_C| = \frac{P_n}{\sqrt{3}}$$

бу ерда P_n - бир фазали юқламанинг актив қуввати.

Агар юқламанинг реактив ташкил этувчиси мавжуд бўлса, у ҳолда унга параллел компенсацияловчи конденсатор улаш керак.

Ўз-ўзини текшириш саволлари:

- 1.Электр энергиясининг сифат кўрсаткичлари нималардан иборат?
- 2.Частотанинг оғиши ва тебранишини тушунтиринг.
- 3.Кучланишнинг оғиши ва тебранишини тушунтиринг.
- 4.Электр таъминоти тизимида кучланишнинг сифат кўрсаткичларини яхшилаш чоралари нималардан иборат?
- 5.Электр таъминотида юқори гармоникаларни ҳосил қилувчи қурилмаларни санаб беринг.
- 6.Даврий функцияни даврий қаторга ёйиш формуласини тушунтиринг.
- 7.Носинусоидаллик коэффиценти нима?
- 8.Носинусоидаллик электр усқуналарининг ишларига қандай таъсир қилади?
- 9.Носинусоидалликни камайтириш усуллари нималардан иборат?
- 10.Электр таъминотида носимметрияни ҳосил қилувчи сабаблар нималардан иборат?
- 11.Носимметрик тизимнинг симметрик ташкил этувчилари қандай аниқланади?
- 12.Носимметрия коэффиценти нима?
- 13.Носимметрия истеъмолчиларнинг иш режимига қандай таъсир кўрсатади?
- 14.Кучланиш носимметриясини камайтириш усуллари нималардан иборат?

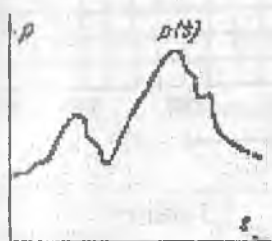
III боб. САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ЮКЛАМАЛАРИ

3.1. Электр юкламаларнинг графиклари

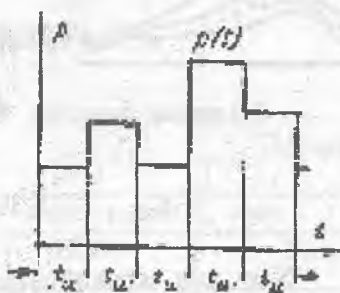
Электр юклама деганда айрим электр қабул қилувчи, цех-нинг электр қабул қилувчилар гуруҳи, цех, бутун корхонанинг электр истеъмоли тушунилади. Саноат корхоналарида асосан уч турдаги юкламалар мавжуд: актив қувват P , реактив қувват Q ва ток I .

Электр юкламани ўлчов асбоблари асосида кузатиш мумкин. Ўзи ёзар асбоб билан юкламаларнинг ўзгариши қайд қилиниди (3.1а-расм). Эксплуатация жараёнида актив, реактив қувватларнинг вақт бўйича ўзгаришини актив ва реактив энергиялар ҳисоблагичларининг бир хил вақт интервалларидаги кўрсаткичлари асосида зинапоя кўринишида чизиш мумкин (3.1б-расм).

Актив ва реактив қувват ва токнинг вақт бўйича



а



б

3.1-расм

ўзгаришини актив қувват, реактив қувват ва ток юкламалари графиклари дейилади. Графикларни икки турга бўлиш мумкин: хусусий ва гуруҳ графиклар. Хусусий графиклар одатда катта қувватли истеъмолчилар учун олинади ва улар кичик ҳарфлар билан белгиланади: $p(t)$, $q(t)$, $i(t)$. Гуруҳ графиклари истеъмолчилар гуруҳига тегишли бўлиб, бош ҳарфлар билан белгиланади: $P(t)$, $Q(t)$, $I(t)$.

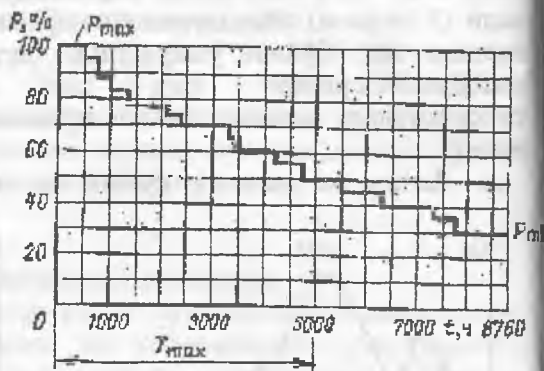
Хусусий графиклар асосида гуруҳ графикларини чизиб мумкин (3.2-расм).

$$P(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t); \quad Q(t) = \sum_{i=1}^n q_i(t); \quad I(t) = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (3.1)$$

Давомийлигига қараб, корхонанинг кунлик ва йиллик графиклари бўлади, одатда йиллик график юкламанин давомийлиги бўйича тузилади (давомийлик йиллик графиги). Бунда аввал қувватнинг катта қийматининг вақт давомийлиги, сўнгра кейинги поғона қувватнинг вақт давомийлиги ва, шу тартибда, бошқа поғонадаги қувватлар вақт давомийликлари кўрсатилади (3.3-расм.).



3.2-расм

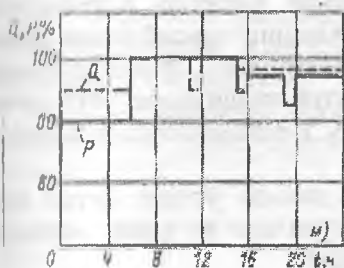


3.3-расм

Ҳар хил корхоналарнинг намунавий кунлик ва йиллик графиклари маълумотномаларда келтирилган. Бу графиклар асосида корхона электр ускуналарининг оптимал режимини танлаш, юкламалар ортиб кетганда қайси агрегатларни тўхтатиш режасини тузиш, электр қурилмаларини таъмирлашни қайси вақтларга мўлжаллаш, истеъмол қилинадиган электр энергияни аниқлаш ва шунга ўхшаш тадбирларни амалга ошириш мумкин. Намунавий график асосида корхонанинг юклама графигини чизиш мумкин. Бунинг учун корхонанинг максимал ҳисобий қуввати P_x маълум бўлиши керак.

$$\text{У ҳолда} \quad P_n = \frac{n\% \cdot P_x}{100} \quad [\text{кВт}] \quad (3.2)$$

Бу ерда: P_n - куннинг маълум вақтидаги қуввати кВт;
 $n\%$ - намунавий графикда керакли поғонага тўғри келадиган ордината;



3.4-расм

P_x - корхонанинг ҳисобий қуввати.
 Масалан, целлюлоза-қоғоз корхонасининг соат 4 даги истеъмол (3.4-расм) қилаётган қуввати намунавий дастурда 80% ни ташкил этса ва корхона учун $P_x=2000$ кВт бўлса, соат 4 даги юклама

$$P_4 = \frac{80 \cdot 2000}{100} = 1600 \text{ кВт бўлади.}$$

Йиллик юклама графигининг юзаси маълум масштабда корхонанинг йил давомида қабул қилган электр энергиясининг миқдорини беради. Йиллик график асосида корхонанинг йиллик ўртача юкласини аниқлаш мумкин: $P_{\text{ўй}} = \frac{W_a}{T_{\text{й}}}$ Бу ерда:

$T_{\text{й}}$ - корхонанинг йил давомидаги ишлаш вақти.

Корхонанинг йиллик ишлаш вақти

3.1-жадвал

Сменанинг да- вомийлиги, соат	Сменалар сонига қараб $T_{\text{й}}$ соат		
	Бир	Икки	Уч
8	2250	4500	6600
7	2000	4000	5870

Йиллик графикнинг юзаси маълум масштабда корхонанинг йилда истеъмол қилган энергиясининг миқдорини беради. Йиллик график асосида юкламалар максимумининг ишлатилиш вақтини аниқлаш мумкин

$$T_{\text{max}} = \frac{W_a}{P_{\text{max}}},$$

бу ерда: W_a - электр энергиясининг йиллик истеъмоли

P_{max} - максимал юклама.

3.2. Юкламалар графикларини тавсифловчи кўрсаткичлар

Юкламаларни ҳисоблаш ва тадқиқ қилишда истеъмолчиларнинг қувват ва вақт бўйича иш режимини тавсифловчи юкламалар графикларининг коэффициентларидан фойдаланилади. Бундай коэффициентлар хусусий ва гуруҳ графиклари учун аниқланиб, мос равишда кичик k ва бош K ҳарфлари билан белгилади.

1. Ишлатилиш коэффициенти деганда ўртача актив қувватнинг номинал қувватга нисбати тушунилади ва унинг миқдори энг кўп юкламали смена учун аниқланади.

$$k_{ua} = \frac{P_c}{P_n}; \quad K_{ua} = \frac{P_c}{P_n} = \frac{\sum_1^n K_{ua} \cdot p_n}{\sum_1^n p_n} \quad (3.3)$$

Бу ерда: p_n, P_n - мос равишда бир ёки гуруҳ истеъмолчиларининг номинал актив қувватлари, P_n нинг миқдорини тақрорий қисқа муддатда ишлайдиган истеъмолчиларда уларнинг паспортларидан олинади.

p_c, P_c - мос равишда айрим гуруҳ истеъмолчиларнинг ўртача актив қувват энергия ҳисоблагичларининг кўрсаткичи бўйича аниқланади:

$$p_c = \frac{\mathcal{E}_a}{t_u}; \quad P_c = \frac{\mathcal{E}_A}{t_u} \quad (3.4)$$

$\mathcal{E}_a, \mathcal{E}_A$ - бир ёки гуруҳ истеъмолчиларнинг қабул қилган актив электр энергияси.

t_u - цикл учун вақт интервали.

Юқорида келтирилган муносабатларни реактив қувватга ҳам ёзиш мумкин:

$$k_{up} = \frac{q_c}{q_n}; \quad K_{up} = \frac{Q_c}{Q_n} = \frac{\sum_1^n K_{up} \cdot q_n}{\sum_1^n q_n} \quad (3.5)$$

$$q_c = \frac{\varepsilon_p}{t_u}; \quad Q_c = \frac{\varepsilon_p}{t_u} \quad (3.6)$$

Ҳар хил режимларда ишловчи электр истеъмолчилари учун ишлатилиш коэффициентларининг ўртача қиймати маълумотларда келтирилган.

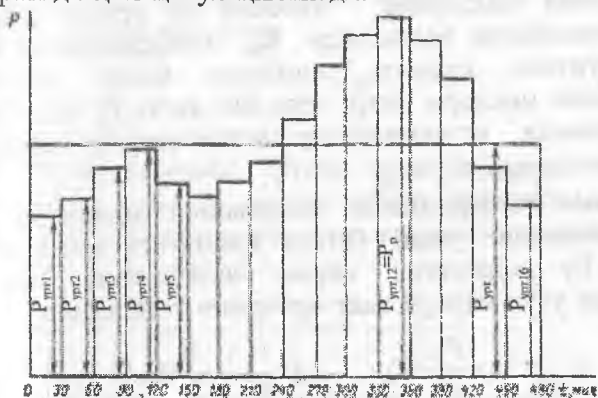
2. **Графикни тўлдириш коэффициенти** деб маълум вақт интервалидаги ўртача қувватнинг максимал қувватга нисбатини айтадилди.

$$K_{Ta} = \frac{P_{\text{ўрт}}}{P_m} \quad (3.7)$$

Одатда $P_{\text{ўрт}}$ ва P_m ларнинг миқдорлари катта юқламали смена даврининг вақти учун олинади.

Актив қувватнинг максимуми деганда маълум вақт интервалида ўртача қувватнинг максимуми тушунилади. Смена давомидаги 30 минутли ўртача қувватларнинг қийматларидан энг максимуми олинади. 3.5-расмда 6 соат давомида ҳар 30 минутга ўттири келадиган ўртача қийматларнинг графиги келтирилган. Қурилган вақт интервалида 30 минутли юқламанинг максимум қиймати 330 минутдан 360 минутгача ораликда содир бўлар экан.

Юқламанинг ушбу қийматини кўп ҳолларда ҳисобий қувват сифатида ҳам қабул қилинади.



3.5-расм

Графикни тўлдириш коэффициенти гуруҳ истеъмолчилари учу топилади. Бу коэффициентни аниқлашнинг реактив қувват учу ифодаси қуйидагича бўлади:

$$K_{TP} = \frac{Q_{урт}}{Q_M}$$

Кунлик графикнинг тўлдириш коэффициентларининг қийматларини турли корхоналар учун маълумотномалардан олиш мумкин.

3. Максимум коэффициенти - графикнинг тўлдириш коэффициентига тескари бўлган миқдор, яъни:

$$K_M = \frac{1}{K_{Ta}} = \frac{P_M}{P_{урт}}; \quad K_M = \frac{1}{K_{TP}} = \frac{Q_M}{Q_{урт}} \quad (3.8)$$

Бу коэффициентнинг қиймати катта юкломали смена учу аниқланади ва гуруҳ истеъмолчиларига тегишли бўлади. Агар максимал қувват деганда ҳисобий қувватни қабул қилиниши эътиборга олинадиган бўлса,

$$K_M = \frac{P_x}{P_{урт}} \quad (3.9)$$

Демак, максимум коэффициенти графикдан аниқланадиган икки энг асосий миқдорлар - ҳисобий ва ўртача юкломалар орасидаги муносабатни белгилайди. K_M коэффициенти ҳисобий қувватнинг ўртача қувватга нисбатан қанча катталигини кўрсатади. Унинг миқдори бирга тенг ёки катта бўлиши мумкин. Ўзгармас юкломани истеъмолчилар (вентиляторлар, насослар ва ш.ў.) учун $K_M = 1$, яъни $P_x = P_{ур}$

4. Форма коэффициенти юкломанинг эффектив (ўртача квадрат) қийматининг унинг ўртача қийматига нисбати билан аниқланади. Бу кўрсаткич айрим истеъмолчи ёки гуруҳ истеъмолчилари учун маълум вақт оралиғига топилади:

$$K_{фа} = \frac{P_{ўк}}{P_{урт}}; \quad K_{ФА} = \frac{P_{ўк}}{P_{урт}} \quad (3.10)$$

$$K_{\phi P} = \frac{q_{\text{ук}}}{q_{\text{урт}}}; \quad K_{\phi P} = \frac{Q_{\text{ук}}}{Q_{\text{урт}}} \quad (3.11)$$

Форма коэффициенти юклама графигининг вақт бўйича потекислигини кўрсатади. Унинг энг кичик қиймати вақт бўйича ўзгармайдиган юкламада бирга тенг бўлади. Ўртача квадрат юк-лима куйидаги ифода орқали аниқланади:

$$P_{\text{жк}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n P_k^2 \cdot t_k}{T}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n P_k^2}{n}} \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{жк}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n Q_k^2 \cdot t_k}{T}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n Q_k^2}{n}} \quad (3.13)$$

Бу ерда: $n = \frac{T}{t_k}$ - юклама графигининг T вақт ора-лигидаги тенг интервалли бўлаклари сони. Форма коэффициенти $K_{\phi n}$ нинг миқдори ишлаб чиқариш жараёни маромида бўлган корхоналарда 1.05 дан 1.15 оралиғида бўлади.

5. Юкланиш коэффициенти деб маълум вақт давомида истеъмолчининг ҳақиқий ўртача қувватининг унинг номинал қув-ватига нисбатига айтилади.

$$K_{\text{юа}} = \frac{P_{\text{урт}}}{P_n} \quad (3.14)$$

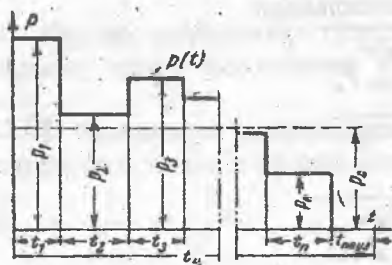
Истеъмолчининг ўртача ҳақиқий юкламаси $P_{\text{урт}}$ деганда, унинг фақат уланган вақтга тўғри келадиган ўртача юклама тушунилади. 6.6-расмда кўрсатилган графикда уланиш вақти $t_{\text{в}} = t_1 + t_2 + \dots + t_n$, бўлиб,

$$K_{\text{юа}} = \frac{P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n}{P_n (t_1 + t_2 + \dots + t_n)} \quad (3.15)$$

Юкланиш коэффициенти истеъмолчининг уланган шиктдаги ишлатилиш (фойдаланиш) даражасини кўрсатади.

6. Талаб коэффициенти истеъмолчилар гуруҳига тегишли бўлиб, у ҳисобий юкламани истеъмолчиларнинг номина қийматига нисбати орқали аниқланади.

$$K_{Ta} = \frac{P_x}{P_n} \quad (3.16)$$



Ишлатилиш ва максимум коэффициентларининг ифодаларини ҳисобга олсак,

3.6-расм

$$K_{Tma} = \frac{P_{\text{урт}}}{P_n} \cdot \frac{P_x}{P_{\text{урт}}} = K_{\text{иа}} \cdot K_{\text{Ма}} \quad (3.17)$$

шунингдек,

$$K_{Tp} = K_{\text{ур}} \cdot K_{Mp} \quad (3.18)$$

Талаб коэффициентларининг қийматлари саноат корхоналаридаги ҳар хил истеъмолчилар гуруҳлари учун эксплуатация шароитида тажриба асосида ушбу ифода орқали аниқланади:

$$K_{Ta} = \frac{P_k}{P_n} \quad (3.19)$$

Бу ерда: P_k - истеъмолчилар гуруҳининг қабул қилган актив қуввати. Талаб коэффициентининг ҳар хил истеъмолчилар гуруҳи ва корхоналар учун қийматлари маълумотномаларда келтирилган.

3.3. Электр юкламаларининг асосий таърифлари

1. **Ўртача юклама.** Корхоналарнинг ҳисобий юкламаларини аниқлашда ва электр таъминоти тизимидаги энергия сарфини, нобудгарчилигини ҳисоблашда ўртача юкламаси ҳисобий юкламанинг энг кичик қиймати тўғрисида маълумот беради. Умумий ҳолда маълум ораликдаги ўртача қувват куйидагича ифодаланadi:

$$P_{\text{ўрт}} = \frac{1}{t} \int_0^t p dt \quad q_{\text{ўрт}} = \frac{1}{t} \int_0^t q dt \quad (3.20)$$

Эксплуатация шароитида гуруҳ истеъмолчиларининг ўртача қувватлари актив ва реактив энергия ҳисоблагичларининг кўрсаткичлари асосида ушбу муносабатлар орқали топилади:

$$P_{\text{ўрт}} = \frac{\mathcal{E}_a}{t_{\text{ц}}}; \quad Q_{\text{ўрт}} = \frac{\mathcal{E}_p}{t_{\text{ц}}};$$

$$S_{\text{ўрт}} = \sqrt{P_{\text{ўрт}}^2 + Q_{\text{ўрт}}^2} \quad (3.21)$$

Бу ерда: \mathcal{E}_a , \mathcal{E}_p - актив ва реактив электр энергияларининг ўриллаётган $t_{\text{ц}}$ вақт оралиғидаги сарфи.

Корхонанинг электр таъминотини лойиҳалаш босқичида гуруҳ истеъмолчиларининг энг катта юкламали сменасидаги ўртача қувватни куйидагича аниқлаш мумкин:

$$P_{\text{ўрт}} = K_{\text{иa}} P_{\text{н}} \quad (3.22)$$

Бу ерда: $P_{\text{н}}$ - истеъмолчилар номинал қувватларининг йиғиндиси бўлиб, такрорий-қисқа муддатли режимда ишловчи истеъмолчиларни УД = 100% режимга келтириш керак;

$K_{\text{и}}$ - гуруҳ истеъмолчиларига тегишли бўлган ишлатилиш коэффиценти.

Энг юкланган сменага реактив қувватнинг ўртача қийматини гуруҳ истеъмолчилари учун шундай топилади:

$$Q_{\text{ўрт}} = K_{\text{ир}} Q_{\text{н}} \quad \text{ёки} \quad Q_{\text{ўрт}} = P_{\text{ўрт}} \operatorname{tg} \varphi \quad (3.23)$$

Бу ерда $\operatorname{tg} \varphi$ нинг қийматини топишда маълумотномалард ҳар хил гуруҳ истеъмолчилари учун берилган қувва коэффициентидан фойдаланилади. Цех ёки корхонанинг йиллик ўртача қуввати ушбу муносабатдан аниқланади:

$$P_{\text{ўрт}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ак}}}{T_{\text{и}}}; \quad Q_{\text{ўрт}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{рив}}}{T_{\text{и}}} \quad (3.24)$$

Ифодадаги $\mathcal{E}_{\text{ак}}$ - йиллик истеъмол келтирилган актив энергия миқдори;

$\mathcal{E}_{\text{рив}}$ - йиллик истеъмол қилинган реактив энергия миқдори;

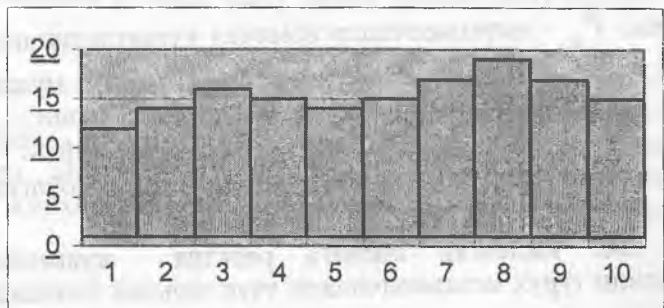
$T_{\text{и}}$ - корхонанинг йиллик иш вақти (соат)

Фаза бўйича олдинда борувчи тоқлар ҳосил қилувчи истеъмолчиларнинг (синхрон машиналар, статик конденсаторлар) реактив қувватлари манфий ифода билан қабул қилинади.

Агар юкламалар графиги бир хил вақт интервалида олинган зинапоё кўринишида бўлса, ўрта қувват қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{ўрт}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}; \quad (3.25)$$

Мисол: Қуйидаги кўрсатилган график учун ўртача қувватни аниқланг:



$$P_{\text{урт}} = \frac{12+14+16+15+14+15+17+19+17+15}{10} = \frac{154}{10} = 15,4 \text{ кВт}$$

2. Ўртача квадрат юклама. Актив ва реактив тоқларнинг маълум интервалдаги ўртача квадрат юкламалари куйидаги муносабатлар билан аниқланади:

$$\begin{aligned} P_{\text{ук}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2 dt}; \\ Q_{\text{ук}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T q^2 dt}; \\ I_{\text{ук}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}; \end{aligned} \quad (3.26)$$

бу ерда: T – кўрилатган вақт оралиғи.

Агар график зинапоё кўринишига эга бўлса,

$$P_{\text{ук}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2}{n}}; \quad Q_{\text{ук}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{n}}; \quad (3.27)$$

бу ерда: $n = \frac{T}{\Delta t}$ - графикнинг бир хил оралиқлари сони.

Мисол: Юқорида келтирилган график учун ўртача квадрат юклама миқдорини аниқланг.

$$P_{\text{ук}} = \sqrt{\frac{12^2 + 14^2 + 16^2 + 15^2 + 14^2 + 15^2 + 17^2 + 19^2 + 17^2 + 15^2}{10}} =$$

$$\sqrt{\frac{2406}{10}} = 15,5 \text{ кВт}$$

3. Ҳисобий юклама. Замонавий саноат корхонасининг электр таъминоти тизимини лойиҳалашда ечилиши керак бўлган мураккаб техник-иқтисодий масалаларнинг асосини кутилатган электр юкламаларни тўғри аниқлаш ташкил этади. Электр юкла-

маларни ҳисоблаш ҳар қандай электр таъминлаш тизимини лойиҳалашда биринчи босқич ҳисобланади. Электр юкламаларнинг кўрсаткичлари электр тизимига сарф бўладиган капитал маблағлар, рангли металллар сарфи, электр энергиясининг нобудгарчилиги ва эксплуатация харажатларини белгилайди. Агар ҳисобий қувватни ошириб аниқланса, капитал маблағларнинг ортшига, танқис бўлган электр қурилмалар ва ўтказгичларнинг тўла имконият даражасида ишламаслигига ва электр энергиясининг нобудгарчилиги ошишига сабаб бўлади. Юкламани камайтириб аниқлаш эса, электр қурилмаларининг тез ишдан чиқишига, айрим агрегатлар иш унумдорлигининг камайишига, электр таъминоти тизимида нобудгарчиликларнинг ошишига, электр энергияси сифат кўрсаткичларининг ёмонлашишига ва электр таъминоти тизимининг ишончилигининг камайишига олиб келади. Шунинг учун кутилаётган юкламаларни тўғри аниқлаш электр таъминоти тизимини оптимал лойиҳалаштиришнинг асосий омилдир.

Ҳисобий актив қувват сифатида шундай давомли ўзгармас юклама қабул қилинадик, унинг таъсирдан ўтказгич ҳароратининг ошиши ёки изоляциянинг иссиқликдан эскириш даражаси кутилаётган ўзгарувчан юкламадагига эквивалент бўлади.

Смена давомида маълум вақт оралиғи (10 мин. ёки 30 мин. ёки 60 мин. ёки.....) учун олинган барча ўртача қувватларнинг энг каттаси максимал қувват сифатида қабул қилинади. Электр таъминоти тизимининг элементларини уларнинг қизиши нуқтаи назаридан қабул қилинса, ҳисобий қувват сифатида 30 минутли максимал юклама олинади. Бу вақт оралиғи кўндаланг кесим юзаси кичик ва ўрта бўлган ўтказгичларининг қизиш вақт доимийлигига яқин ҳисобланади. Агар цех тармоқлари ўтказгичларининг қизиш вақт доимийлиги 0,5 соатдан катта бўлса, максимум коэффициентининг миқдори қуйидаги муносабат орқали қайта ҳисобланади:

$$K_{m t} = 1 + \frac{K_m - 1}{\sqrt{2 t}} \quad (3.28)$$

Бу ерда: K_m - максимум коэффициентининг вақт доимийлиги 0,5 соат бўлгандаги қиймати;
 $K_{m t}$ - максимум коэффициентининг вақт доимийлиги t бўлгандаги қиймати.

Кўндаланг кесим юзаси ҳар хил бўлган ўтказгичлар учун қизиш вақт доимийлиги T нинг миқдорлари (мин.) қуйидаги жадвалда келтирилган.

3.2-жадвал

Ўтказгич	Кўндаланг кесим юзаси, мм ²						
		35	50	70	95	120	150
Очиқ ҳолатдаги резина изоляцияли ўтказгичлар	мин	9	12	15	18	21	21
Уша ўтказгичлар трубада	мин	19	23	27	32	36	40
Қоғоз изоляцияли кабеллар	мин	15	20	25	30	35	40

Кўп ҳолларда жоиз қизиш бўйича 30 минутли максимал юклама ҳисобий юклама сифатида қабул қилинган. Умумий ҳолда максимал, ўртача квадрат, ўртача ва ҳисобий юкламалар ўртасида қуйидаги муносабат сақланади:

$$P_m \geq P_x \geq P_{ук} \geq P_{урт}$$

Ўзгармас ёки деярли ўзгармас юкламада ишлайдиган истеъмолчилар учун (вентиляторлар, насослар, компрессорларнинг электр юритгичлари)

$$P_x = P_m = P_{ук} = P_{урт}$$

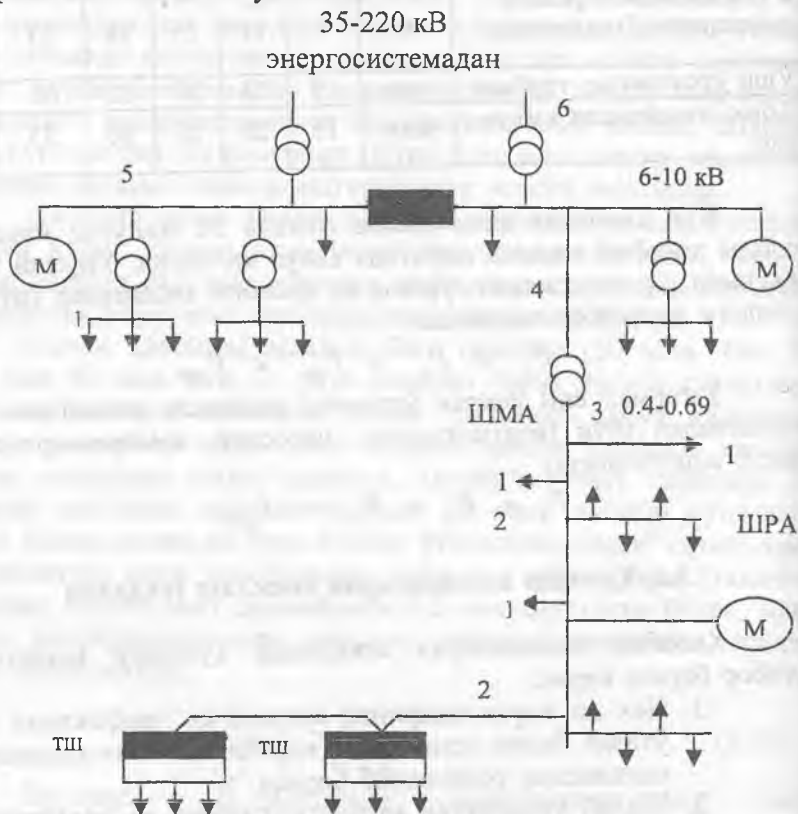
3.4. Ҳисобий юкламаларни аниқлаш усуллари

Ҳисобий юкламаларни аниқлашда қуйидаги вазиятларга эътибор бериш керак:

1. Цех ва корхоналарнинг юкламалар графиклари вақт ўтиши билан технологик жараённинг такомиллашиши натижасида текисланиб боради.
2. Ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва механизациялаш электр энергиясининг сарфи ошишига, яъни электр юкламаларнинг ортишига олиб келади.
3. Саноат корхоналари электр таъминоти тизимларини лойиҳалашда ишлаб чиқаришнинг келажакдаги ри-

вожланишини, яъни корхона электр юклагасининг яқин 10 йилларда ортишини ҳисобга олиш керак.

Саноат корхонаси электр таъминоти тизимининг ҳар хил поғоналарида бир неча характерли жойлар (туғунлар) бўлиб, улардаги ҳисобий қувватларни аниқлашнинг ўз хусусиятлари мавжуд. 3.7-расмда корхона электр таъминоти умумий схемасининг бўлаги келтирилган. Унда рақамлар билан кўрсатилган характерли жойлар учун ҳисобий қувватларни аниқлашнинг хусусиятлари билан танишиб ўтаемиз.



ШМА-Шинали магистрал алюминийли ўтказгич
 ШРА-Шинали радиал алюминийли ўтказгич
 ТШ-Тарқатувчи шчит

3.7-расм.

1. S_{x1} - Битта истеъмолчи томонидан ҳосил бўладиган юклама. Унинг миқдори истеъмолчининг номинал қувватига тенг (такрорланувчи қисқа муддатда ишловчи истеъмолчининг паспортдан қувват $UD=100\%$ га келтирилади). Бу юклама асосида таъминловчи линиянинг кўндаланг кесими аниқланади ва коммутация ҳамда, ҳимоя аппаратлари танланади.

2. S_{x2} - Гуруҳ истеъмолчилари ҳосил қиладиган юклама. Унинг ҳисобий қувватини аниқлашда ёритиш қурилмаларининг юкламаларини ва компенсаторларнинг реактив қувватларини назарда тутиш керак. Бу юклама асосида истеъмолчилар гуруҳини энергия билан таъминловчи линияларнинг кўндаланг кесимлари аниқланади ва коммутация, ҳимоя аппаратлари танланади.

3. S_{x3} - Цех трансформатор подстанциясининг (ТП) кичик кучланиши (КК) томонидаги шиналар юкламаси. Унинг қийматини энг кўп юкламали сменада истеъмол қилинадиган ўртача қувватга тенг деб олинади. Ушбу юклама асосида цех подстанциясининг трансформаторлари қувватлари ва сони, ТП шиналарининг кўндаланг кесимлари, КК томонидаги коммутация ва ҳимоя аппаратлари қабул қилинади.

4. S_{x4} - Цех ТП нинг юқори кучланиши (ЮК) томонидаги ҳисобий юклама. Уни ҳисоблашда ТП нинг КК томонидаги ҳисобий қувватга трансформаторлардаги қувват нобудгарчиликларини кўшиш керак. Бу юклама асосида цех ТП га келувчи ЮК линияларнинг кўндаланг кесимлари ва шу линияларга ўрнатиладиган коммутация ва ҳимоя аппаратлари қабул қилинади.

5. S_{x5} -Бош пасайтирувчи подстанциянинг (БПП) шиналаридаги ҳисобий юклама. Унинг қийматини аниқлашда БПП дан кетувчи линиялардаги ҳисобий юкламалар асос қилиб олинади. Бу юклама базасида БПП нинг трансформаторлари қувватлари ва сони, коммутация ҳамда ҳимоя аппаратлари қабул қилинади.

6. S_{x6} - БПП нинг ЮК томонидаги ҳисобий юклама. Унинг қийматини ҳисоблашга БПП нинг КК томонидаги ҳисобий қувват ва трансформаторлардаги нобудгарчиликлар асос бўлади. Бу юклама базасида БПП га келувчи ЮК линияларнинг кўндаланг кесимлари аниқланади ва коммутация, шунингдек ҳимоя аппаратлари қабул қилинади.

3.5. Ҳисобий юкламаларни аниқлаш усуллари

Электр таъминоти тизимларини лойиҳалашда қутилаётган ҳисобий юкламаларни аниқлаш учун ишлатиладиган усулларни икки гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчиси - асосий усуллар гуруҳи бўлиб, ҳисобий юклама қуйидаги кўрсаткичлар бўйича аниқланади:

- ўрнатилган қувват ва талаб коэффиенти;
- ўртача қувват ва юкламалар графининг форма коэффиенти;
- ўртача қувват ва ҳисобий юкламанинг ўрта юкламадан четлашиши (статистик усул);
- ўрта қувват ва максимум коэффиенти (тартибга солинган диаграммалар усули).

Иккинчиси - ёрдамчи усуллар гуруҳи бўлиб, ҳисобий юкламани топишда қуйидаги кўрсаткичлар асос қилиб олинади:

- маҳсулот бирлигига тўғри келадиган электр энергиясининг солиштирма сарфи;
- корхона майдонининг 1м^2 юзасига тўғри келадиган электр юклама миқдори.

У ёки бошқа усулни танлаш ҳисоблаш усулининг жоиз хатолигига қараб белгиланади. Яхлитлаштирилган ҳисоблашларда цех, корпус бўлимлардаги гуруҳ истеъмолчиларнинг умумий ўрнатилган қувватларидан фойдаланиладиган усуллар ишлатилади. Айрим истеъмолчиларнинг маълумотларига асосланган усуллар нисбатан аниқ деб саналади. Кўрсатилган ҳисоблаш усуллари билан тўлароқ танишиб ўтамиз.

Маҳсулот бирлигига тўғри келадиган электр энергиясининг солиштирма сарфига асосланган усул

Юкламалар графиклари давомли ўзгармас ёки жуда кам ўзгарадиган электр истеъмолчилар учун сменага тааллуқли бўлган ўртача қувватни ҳисобий юклаган сифатида қабул қилинади. Булар туркумига вентиляторлар, насослар, компрессорларнинг электр юритмалари, электролиз ванналарининг тўғрилагич агрегатлари, қаршилик печлари, кимё ва қоғоз саноатидаги кўплаб истеъмолчилар кирди. Бундай истеъмолчиларнинг ҳисобий юкламаларини маҳсулот бирлигига тўғри келадиган электр энергиясининг солиштирма сарфи орқали топиш мақсадга мувофиқдир.

$$P_x = \frac{N_{см} \cdot \mathcal{E}_{ac}}{T_{см}} \quad (3.29)$$

Бу ерда: \mathcal{E}_{ac} - электр энергиясининг маҳсулот бирлигига тўғри келадиган солиштирма сарфи, кВт.с; $N_{см}$ - сменада тайёрланадиган маҳсулотлар сони; $T_{см}$ - энг катта юкламали смена давомийлиги, соат. Маҳсулот бирлигига тўғри келадиган электр энергиясининг миқдори мавжуд корхоналардаги электр сарф кўрсаткичларини таҳлил қилиш натижасида аниқланади. Қуйидаги жадвалда корхоналарнинг баъзи маҳсулотлари учун белгиланган электр энергиясининг ўртача меъёрлари келтирилган.

3.3-жадвал

Маҳсулот	Улчов бири- ги	Сарфнинг ўртача солиштирма меъёри
Чуян	КВт.с/Т	9,7
Электротехник пўлат		677,2
Мартен пўлати		11,9
Қора металл прокати		102,5
Пўлат трубалар		133,3
Сиқик ҳаво	КВт.с/минг м ³	80
Темир маъдани қазиб чиқариш	КВт.с/Т	56,5
Мирганец маъдани қазиб чиқариш		90,2
Нефтьни қайта ишлаш	КВт.с/Т	29,5
Газни қайта ишлаш	КВт.с/минг м ³	15,8
Арраланган ёғоч	КВт.с/минг м ³	19
Цемент	КВт.с/Т	106
Темир бетон конструкциялари	КВт.с/м ³	28,1
Асбест	КВт.с/Т	600,5
Шихта ипли газлама	КВт.с/минг м ³	1100
Жузли газлама		2390
Шойи газлама		1210

Агар айрим технологик агрегатлар бўйича электр энергиясининг солиштирма сарфи $\mathcal{E}_{ас}$ маълум бўлса, у ҳолда шисобий юклама ушбу муносабатлар орқали аниқланиши мумкин:

$$\text{Цех учун} \quad P_{xц} = \frac{\sum_1^n \mathcal{E}_{aci} \cdot N_{\bar{a}i}}{T_{mц}} + P_{xуц} \quad (3.30)$$

$$\text{Завод учун} \quad P_{xз} = \left(\sum_1^m P_{xц} + P_{xуз} \right) \cdot K_{mk} \quad (3.31)$$

Бу ерда: $\mathcal{E}_{aci} \cdot N_{\bar{a}i}$ - айрим агрегат учун электр энергиясининг йиллик сарфи; $P_{xуц}$, $P_{xуз}$ - энг кўп юкланган смена учун умумцех ва умумзавод истеъмолчиларининг ҳисобий қувватлари; $T_{mц}$ - цех актив юкласи максимумининг соатлар сони (маълумотномалардан олинади); n - цехдаги агрегатлар сони; m - завод цехларининг сони; K_{mk} - максимумларнинг ҳар хиллик коэффициенти.

Электрэнергиянинг солиштирма сарфи усулини саноат корхонасининг ишлаб чиқарадиган йиллик маҳсулотининг миқдори маълум бўлганда дастлабки ҳисоблашда ишлатиш мумкин. Бу усулнинг афзаллиги шундан иборатки, ҳисобий юклама аниқланаётганда электр истеъмолчиларнинг номинал қувватларини билишнинг зарурияти йўқ.

Мисол: Бир смена ичида 380 минг m^3 сиқик ҳаво ишлаб чиқарувчи компрессорларнинг ҳисобий юкласини аниқланг. Смена давоми - 8 соат. Электр энергиясининг солиштирма сарфи 80 кВт · соат / минг m^3

Ечим: (3.29) ифода асосида

$$P_x = \frac{380 \cdot 80}{8} = 3800 \text{ кВт}$$

Ҳисобий юкламани корхона майдонининг юза бирлигига тўғри келадиган солиштирма юклама асосида аниқлаш

Истеъмолчилар гуруҳи учун ҳисобий юклама солиштирма қувват бўйича куйидагича аниқланади:

$$P_x = P_o \cdot F \quad (3.32)$$

Бу ерда: F - гуруҳ истеъмолчилари жойлашган майдон оқми, m^2 ; P_0 - ишлаб чиқариш майдонининг $1m^2$ га тўғри келадиган солиштирма ҳисобий қувват, kBt/m^2 .

Қуйидаги жадвалда турли саноат тармоқларининг ишлаб чиқариш биноларида $1m^2$ га тўғри келадиган юкламаларнинг ихминий солиштирма зичлиги кўрсатилган.

3.4-жадвал

Ишлаб чиқариш бинолари	P_0 Вт/ m^2
Қуювчи ва эритувчи цехлар	230÷370
Механика ва йиғув цехлари	200-300
Электр пайвандлаш ва термик цехлар	300-600
Штамповкаловчи ва фрезерлаш цехлари	150-300
Металл конструкция цехлари	350-390
Инструментал цехлар	50÷100
Шистмасса заводининг пресловчи цехи	100-200
Тог-шахта қурилмалари заводи	400-420
Крансозлик заводи	330-350
Нефть аппаратлари заводи	220-270
Пресслаш цехлари	277-300

Ҳисобий қувватни юза бирлигига тўғри келадиган солиштирма юклама асосида ҳисоблаш усулини кичик ва ўрта машина-қурилиш заводлари цехларининг универсал тармоқлари учун фойдаланиш тавсия этилади. Бундай цехларда кўп миқдордаги кичик қувватли истеъмолчилар ишлаб чиқариш майдонларида деярли текис тақсимланадилар. Универсал тармоқлар технологик жараёнларнинг ўзгариши ва қурилмаларнинг жойларини алмаштириш талабларига жавоб беради. Универсал тармоқлар магистрал шина ўтказгичлар асосида бажарилади ва уларнинг ҳисобий юкламалари юқорида келтирилган формула асосида, муайян истеъмолчиларнинг қувватларини ҳисобга олмаган ҳолда, аниқланади.

Мисол: Машинасозлик заводининг механик цехи ҳисобий қувватини аниқланг. Ишлаб чиқариш майдонининг $1 m^2$ га тўғри келадиган солиштирма ҳисобий қувват $P_0 = 300 \text{ Вт}/m^2$, цех юзаси $F = 18000 m^2$.

Ечим: 3.32 ифода асосида

$$P_{\Sigma} = 300 \cdot 18000 = 5400.000 \text{ Вт} = 5400 \text{ кВт}$$

3.6. Ҳисобий юкламани ўрнатилган қувват ва талаб коэффициентлари, ўртача қувват ва форма коэффициентлари асосида аниқлаш

а) Ҳисобий юкламанинг ўрнатилган қувват ва талаб коэффициентлари. Ҳисобий қувватни ушбу усулда аниқлаш учун истеъмолчилар гуруҳининг ўрнатилган P_n қуввати, қувват коэффициентлари $\cos\varphi$ ва талаб коэффициентлари $K_{та}$ нинг қийматлари маълум бўлиши керак.

$$P_x = K_{та} \cdot P_n \quad (3.33)$$

$$Q_x = P_x \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (3.34)$$

$$S_x = \sqrt{P_x^2 + Q_x^2} = \frac{P_x}{\cos\varphi} \quad (3.35)$$

Бу ерда: $K_{та}$ - мазкур гуруҳ истеъмолчилари учун талаб коэффициентлари (қиймати маълумотномалардан олинади); $\cos\varphi$ - гуруҳ истеъмолчилари учун маълумотномадан олинган қувват коэффициентлари; $\operatorname{tg}\varphi$ нинг миқдори $\cos\varphi$ га мос келади. Талаб коэффициентлари усули саноат корхоналарининг электр таъминоти юқори поғоналаридаги ҳисобий қувватни аниқлашда қўлланилади. Электр таъминоти тизимининг тугунларидаги (цеҳлар, корхоналар, корпуслар) ҳисобий қувват алоҳида истеъмолчиларнинг ҳисобий қувватларининг йиғиндиси асосида максимумлар ҳар хиллиги коэффициентини ҳисобга олган ҳолда аниқланади.

$$S_x = \sqrt{\left(\sum_1^n P_x\right)^2 + \left(\sum_1^n Q_x\right)^2} \cdot K_{mx} \quad (3.36)$$

Бу ерда: $\sum P_x$ - мавжуд гуруҳларнинг актив ҳисобий қувватларининг йиғиндиси; $\sum Q_x$ - мавжуд гуруҳларнинг реактив ҳисобий қувватларининг йиғиндиси; K_{mx} - гуруҳлар учун максимумлар ҳар хиллиги коэффициентлари. Унинг қиймати кўрилатган тугуннинг корхона электр таъминоти тизимдаги ўрнига боғлиқ бўлиб, 0,85-1 оралиғида бўлади.

Ҳисобий юкламани ўрнатилган қувват ва талаб коэффициентлари буйича аниқлаш тахминий усул бўлиб, хомаки

Ҳисоблашларда ва умумкорхона юкламаларини аниқлашда ишлатилиши тавсия этилади.

Мисол: Механика цехининг турли иш режимидаги истеъмолчилар гуруҳларининг ҳисобли юкламасини талаб коэффициенти усули билан аниқланг. Бир хил иш режимли истеъмолчилар гуруҳчаларининг ўрнатилган қуввати берилган. K_c ва $\cos\alpha$ нинг қийматлари маълумотномадан олинади. Ҳисобни (3.33) – (3.35) ифодалари асосида олиб борамиз. Ҳисоб натижаларини жадвалга киритамиз.

3.5-жадвал

Истеъмолчилар гуруҳларининг номи	Истеъмолчилар сон	Умумий ўрнатилган қувват P_H кВт	K_c	$\cos\alpha/\text{tg}\alpha$	Ҳисобий юкламалар		
					$P_x = K_c P_H$ кВт	$Q_x = P_x \text{tg}\alpha$ кВАр	$S_x = \sqrt{P_x^2 + Q_x^2}$ кВА
Универсал станоклар	24	216	0,2	0,6/1,33	43,2	57,5	
Қарчиқчи қопари	4	200	0,55	0,95/0,33	110	36,3	
Индукция қопари	2	96	0,7	0,35/2,67	67,2	179,4	
Криогенлиқ пресслар	5	30	0,25	0,65/1,17	7,5	8,8	
Цех бўйича умум	35	542	0,42	0,63/1,24	227,9	282	362,6

б) **Ўртача қувват ва форма коэффициенти асосида аниқлаш.** Мазкур усулда ҳисобий ва ўртача квадрат юкламаларнинг дбб олинади. Бундай жоизлик такрорланувчи қисқа режимда ишлайдиган истеъмолчилар гуруҳи учун ҳамма вақт тўғридир. Иш режими давомли бўлган, кўп сонли ва қувватлари ўзаро кам фарқланадиган истеъмолчилар гуруҳи учун ҳам қабул қилиниши мумкин.

Ўртача қувват ва форма коэффициенти асосида аниқлаш учун цех шина ўтказгичларининг, цех ТП кичик кучланишли шиналарининг, 10 кВли БТК шиналарининг ҳисобий юкламаларини топишда ишлатиш тавсия этилади. Гуруҳ

истеъмолчилар учун ҳисобий юклама куйидаги муносабатда аниқланади:

$$P_x = K_{\phi a} \cdot P_{урт} ; \quad (3.37)$$

$$Q_x = K_{\phi p} \cdot Q_{урт} \quad \text{ёки} \quad Q_x = P_x \operatorname{tg} \varphi ; \quad (3.38)$$

$$S_x = \sqrt{P_x^2 + Q_x^2} \quad (3.39)$$

Бу ерда: $K_{\phi a} = \frac{P_{ук}}{P_{урт}}$ бўлиб, юкламалар графигининг вақт

бўйича нотекислигини кўрсатади. Унумдорлиги барқарор цех ва заводлар учун коэффициентнинг қиймати етарли даражада барқарор бўлади. Лойиҳалаш жараёнида $K_{\phi a}$ коэффициентининг қийматини ўхшаш технологияли корxonанинг тажрибавий кўрсаткичларини таҳлил қилиш натижасидан олинади. Агар бундай тажрибавий натижалар маълум бўлмаса, у ҳолда $K_{\phi a} = 1,1 - 1,2$ оралиғида олиниши мумкин. Электр таъминот тизимининг юқори поғоналарига коэффициентнинг кичик қийматлари тўғри келади.

Юқорида келтирилган формулалардаги катта юкламали сменадаги ўртача қувватларни аниқлашда куйидаги усуллардан фойдаланиш мумкин:

1) Ўрнатилган қувват ва ишлатилиш коэффициентига асосланган усул, бунда:

$$P_{урт} = K_{ua} P_n ; \quad Q_{урт} = K_{up} Q_n \quad \text{ёки} \quad Q_{урт} = P_{урт} \operatorname{tg} \varphi$$

2) Маҳсулот бирлигига тўғри келадиган электр энергиянинг солиштирма сарфи ва сменада тайёрланадиган маҳсулотлар сонига асосланган усул.

3) Корхона майдонининг юза бирлигига тўғри келадиган солиштирма юкламага асосланган усул.

Эксплуатация шароитида ўрта қувватларни актив ва реактив энергия ҳисоблагичларнинг кўрсаткичлари бўйича аниқланади.

3.7. Ҳисобий юкламани аниқлашнинг тартибга солинган диаграммалар усули

Ҳозирги вақтда саноат корхоналарининг ҳисобий юкламани аниқлашда ишлатиладиган асосий усул - тартибга солинган диаграммалар усулидир. Усулни ишлатиш учун корхона ҳудудида ва цехда жойлашган электр истеъмолчиларининг номинал кўрсаткичлари берилган бўлиши керак.

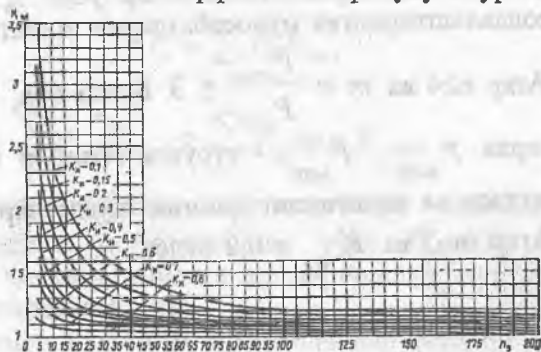
Саноат корхоналарининг электр таъминоти тизимининг қимма поғоналарида ҳисобий юкламани ўртача қувват ва максимум коэффициентлари негизида қуйидагича аниқланади:

$$P_x = K_{ма} \cdot P_{ур} = K_{ма} \cdot K_{иа} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (3.40)$$

Ҳисобий юклама сифатида $T = 3T_0 = 30$ мин. вақт оралиғи учун ҳисобланган ўртача юклама қабул қилинади. Албатта, бу интервал кунлик графикнинг шундай қисми учун олинадики, унда 30 минутли ўртача қувват максимум бўлади. Шунинг учун (3.40) муносабатни ушбу кўринишда ёзиш мақсадга мувофиқдир.

$$P_{x(30)} = K_{ма} K_{иа} \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (3.41)$$

$K_{ма}$ - энг катта юкламали смена учун ҳисобий юкламаниннг ўртача юкламадан қанча катталигини кўрсатади. Бу коэффициентнинг қийматини топиш учун аналитик ифодалар мавжуд бўлиб, улар асосида 3.8-расмдаги кўрсатилган $K_{ма} = f(n_p)$ функциялар турли ишлатилиш коэффициентлари учун қурилган.



3.8-расм

Гуруҳ истеъмолчиларининг ҳисобий реактив қуввати ўртача реактив қувват миқдори билан белгиланади.

$$\text{Агар } n_s \leq 10 \text{ бўлса, } Q_x = 1,1 Q_{\text{ўр}}$$

$$n_s > 10 \text{ бўлса, } Q_x = Q_{\text{ўр}}$$

$$\text{Бу ерда: } Q_{\text{ўр}} = P_{\text{ўр}} \operatorname{tg} \varphi \text{ ёки } Q_{\text{ўр}} = K_{\text{нр}} Q_{\text{н}}$$

$$\text{Ҳисобий тўла қувват } S_x = \sqrt{P_x^2 + Q_x^2} \quad (3.42)$$

Электр истеъмолчиларнинг эффектив сони n_s деганда бир хил режимда ишловчи, қувватлари тенг бўлган шундай истеъмолчилар сони тушуниладики, улар мавжуд ҳар хил режимда ишловчи ва қувватлари тенг бўлмаган истеъмолчилардек ҳисобий қувват содир қилади. Уни қуйидаги формула билан аниқланади.

$$n_s = \frac{\left(\sum_1^n P_{\text{н}i} \right)^2}{\sum_1^n P_{\text{н}i}^2} \quad (3.43)$$

Бу ерда: $\left(\sum_1^n P_{\text{н}i} \right)^2$ - тугунга тегишли бўлган барча истеъмолчилар номинал қувватлари йиғиндисининг квадрати; $\sum_1^n P_{\text{н}i}^2$ - номинал қувватлар квадратларининг йиғиндиси.

Кам сонли электроистеъмолчилар учун n_s ни аниқлашда қуйидаги соддалаштирилган муносабатларни ишлатиш мумкин:

$$1) \text{ Агар } n \geq 4 \text{ ва } m = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{мин}}} \leq 3 \text{ бўлса } n = n_s$$

Бу ерда $P_{\text{макс}}$, $P_{\text{мин}}$ - гуруҳга тегишли истеъмолчиларнинг энг каттаси ва кичигининг номинал қувватлари

$$2) \text{ Агар } m > 3 \text{ ва } K_{\text{ИА}} \geq 0,2 \text{ бўлса,}$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{Hi}}{P_{H\text{макс}}} \quad (3.44)$$

Бу ерда: $P_{H\text{макс}}$ - гуруҳдаги энг катта истеъмолчининг номинал қуввати.

3) Бир фазали электр истеъмолчилари гуруҳи учун

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_1^n P_{Hi}}{3 P_{H\text{макс}}} \quad (3.45)$$

Бу ерда: $\sum_1^n P_{Hi}$ - бир фазали электр истеъмолчиларнинг

номинал қувватларининг йиғиндиси; $P_{H\text{макс}}$ - шу истеъмолчилар энг каттасининг номинал қуввати.

Кам сонли электр истеъмолчилар учун ҳисобий юкламаларни аниқлашда қуйидаги соддалаштирилган усуллар бажарилади:

Агар $n \leq 3$ бўлса

$$P_x = \sum_1^n P_{Hi} ; Q_x = \sum_1^3 q_{ni} = \sum_1^3 P_{Hi} \text{tg } \varphi_i \quad (3.46)$$

Истеъмолчининг қувват коэффициентининг қиймати номаълум бўлса, давомли режимда юритгичлар учун - $\cos \varphi = 0,8$, қисқа такрорланувчи режимли электр юритгичлар учун $\cos \varphi = 0,7$ олинади.

Агар $n > 3$ ва $n_{\text{э}} < 4$ бўлса,

$$P_x = \sum_1^n P_{Hi} K_{\text{юа}} ;$$

$$Q_x = \sum_1^n q_{ni} K_{\text{юрi}} = \sum_1^n P_{Hi} \text{tg } \varphi_i K_{\text{юрi}} \quad (3.47)$$

Коэффициентларнинг кўрсаткичлари номаълум бўлса, давомли режимдаги истеъмолчилар учун $K_{\text{юа}} = 0,9$; $\cos \varphi = 0,8$, такрорланувчи қисқа режимдаги истеъмолчилар учун мос равишда 0,75 ва 0,7 олинади мумкин.

в) Ўзгармас юкламали истеъмолчилар учун

$$P_x = P_{\text{ур}}; \quad Q_x = Q_{\text{ур}}; \quad P_{\text{ур}} = K_{\text{ИА}} \cdot P_H \quad (3.48)$$

(3.48) Синхрон юритгичларнинг ҳисобий реактив юкласини ўртачага тенг деб олинади, яъни $Q_{\text{ур}} = K_{\text{ир}} \cdot Q_H$, конденсатор батареялар учун

$$Q_{\text{ур}} = Q_H \cdot \frac{U_{\text{хак}}}{U_H}$$

Бу ерда: $U_{\text{хак}}$ – конденсатор кутбларидаги ҳақиқий кучланишнинг миқдори. 1000 Вольтгача бўлган электр таъминоти тизими тугунларидаги (куч шкафлари, шина ўтказгичлари, радиал ва магистрал линиялар) ҳисобий юкламаларни аниқлашда қуйидаги усул тавсия этилади:

1) Электр таъминоти тизимининг тугунида ҳар хил режимда ишловчи ва ўзгарувчи графикли истеъмолчилар гуруҳлари мавжуд бўлса, ҳисобий қувват

$$P_{\text{ХТ}} = K_{\text{ма}} \sum_1^n P_{\text{урт}} \quad (3.49)$$

$$\text{Агар } n_s \leq 10 \text{ бўлса, } Q_x = 1.1 \sum_1^n Q_{\text{урт}} \quad (3.50)$$

$$n_s > 10 \text{ бўлса, } Q_x = \sum_1^n Q_{\text{урт}} \quad (3.51)$$

Тугун учун тўла ҳисобий қувват ва ишлатилиш коэффициентининг ўртача муаллақ қиймати мос равишда қуйидагича аниқланади:

$$S_{\text{ХТ}} = \sqrt{P_{\text{ХТ}}^2 + Q_{\text{ХТ}}^2}$$

$$K_{\text{мат}} = \frac{\sum_1^n P_{\text{урт}}}{\sum_1^n P_{\text{Н}}} \quad (3.52)$$

Бу ерда: $P_{\text{ХТ}}$, $Q_{\text{ХТ}}$, $S_{\text{ХТ}}$ – тугун учун ҳисобий актив, реактив ва тўла қувватлар, $P_{\text{урт}}$, $Q_{\text{урт}}$ – тугундаги i гуруҳ истеъмол-

шларининг энг юкламали смена учун ўртача актив, реактив қувватлари; n - тугундаги истеъмолчилар гуруҳларининг сони; n_3 - тугундаги барча истеъмолчиларнинг эффектив сони, $K_{ма}$ - юкламалар максимум коэффициентлари бўлиб, унинг қийматини 3.8 расмида кўрсатилган характеристикалардан n_3 ва $K_{уст}$ асосида аниқ-

ланади; $\sum_1^n P_{ni}$ - i гуруҳ истеъмолчилари номинал қувватларининг йиғиндисиди.

2) Агар таъминот тугунида ўзгармас юкламали график билан ишловчи истеъмолчилар гуруҳлари мавжуд бўлса,

$$P_{ХТ} = K_{ма} \cdot \sum_1^n P_{yri} + \sum_1^m P_{yri} \quad (3.53)$$

$n_3 \leq 10$ бўлса,

$$Q_{ХТ} = 1.1 \sum_1^n Q_{yri} + \sum_1^m Q_{yri} \quad (3.54)$$

$n_3 > 10$ бўлса,

$$Q_{ХТ} = \sum_1^n Q_{yri} + \sum_1^m Q_{yri} \quad (3.55)$$

Бу ерда: m - ўзгармас юкламали графикка эга бўлган гуруҳлар сони

$\sum_1^n P_{yri}$, $\sum_1^n Q_{yri}$ - ўзгарувчан графикли истеъмолчилар гуруҳларининг ўртача актив ва реактив юкламалари;

$\sum_1^m P_{yri}$, $\sum_1^m Q_{yri}$ - кам ўзгарувчи графикли истеъмолчилар гуруҳларининг ўртача актив ва реактив юкламалари.

3) Электр таъминоти тизими тугунида уч фазали ва бир фазали ўзгарувчан графикли ва ўзгармас графикли истеъмолчилар гуруҳлари мавжуд бўлса,

$$P_{ХТ} = K_{ма} \left(\sum_1^{n1} P_{yri} + \sum_1^{n2} P_{yri} \right) + \sum_1^{m1} P_{yri} + \sum_1^{m2} P_{yri} \quad (3.56)$$

Бу ерда: n_1 - уч фазали ўзгарувчан графикли гуруҳлар сони;
 n_2 - бир фазали ўзгарувчан графикли гуруҳлар сони;
 m_1 - уч фазали кам ўзгарувчан графикли гуруҳлар сони;
 m_2 - бир фазали кам ўзгарувчан графикли гуруҳлар сони.

4) 1000 Вольтдан юқори бўлган электр таъминоти тизимининг тугуни учун ҳисобий юклама аниқланганда цех трансформаторларидаги нобудгарчиликларни ҳам ҳисобга олиш зарур бўлади. Бу нобудгарчиликлар қийматларини, қуввати 1000 кВт дан ошмайдиган трансформаторлар учун қуйидаги муносабатлар орқали аниқлаш мумкин:

$$\Delta P_T = (0,02 \div 0,025) S_T \quad (3.57)$$

$$\Delta Q_T = (0,105 \div 0,125) S_T \quad (3.58)$$

Бу ерда: ΔP_T , ΔQ_T - трансформатордаги актив, реактив қувватлар нобудгарчиликлари.

Мисол: Механика цехининг ҳисобий юкласини тартибланган диаграмма усули билан аниқланг. Маълумотлар жадвалда келтирилган.

Ечим:

1. Механика цехининг барча электр истеъмолчиларини иш режими асосан икки гуруҳга бўламиз. Юклама графиги ўзгарувчан электр истеъмолчилар гуруҳи ва юклама графиги кам ўзгарувчан электр истеъмолчилар гуруҳи.
2. Электр истеъмолчиларининг хужжатидаги маълумотлар асосида 1÷5 бандларни тўлдираемиз.
3. I гуруҳ истеъмолчилари учун

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}}$$

4. Маълумотнома материаллари асосида 7- ва 8- бандларни тўлдираемиз.
5. Ўртача актив ва реактив юкламаларни максимал юкланган смена учун ҳисоблаймиз (4- ва 10- бандлар)

$$P_y = P_H \cdot K_{и};$$

$$Q_y = P_y \operatorname{tg} \alpha;$$

6. $m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}} = 2,5 \leq 3$ бўлган истеъмолчилар гуруҳи учун

$n_{\text{об}} = n$ қабул қиламиз (11- банд).

7. I гуруҳ учун ишлатиш коэффициентини ҳисоблаймиз.

$$K_u = \frac{P_y}{P_H} = \frac{76,4}{304} = 0,25$$

8. K_u ва $n_{\text{эф}}$ га боғлиқ ҳолда жадвалдан K_M ни аниқлаймиз (12- банд)

9. Актив ҳисобий юкламани аниқлаймиз

$$P_x = P_{\text{урт}} K_u$$

10. $n_{\text{эф}} > 10$ бўлгани учун, қабул қилиш мумкин:

$$Q_x = Q_y$$

11. I – гуруҳ учун ҳисобий тўла юклама куйидагича аниқланади:

$$S_x = \sqrt{P_x^2 + Q_x^2}$$

12. 2-гуруҳ истеъмолчилари учун 9- ва 10- бандларни 1-гуруҳ истеъмолчиларнинг аниқлаш тартибига ўхшаб аниқланади.

13. Юклама графиги кам ўзгарадиган истеъмолчилар учун максимум коэффициенти 1 га тенг деб олинishi мумкин, яъни.

$$P_x = P_y \text{ ва } Q_x = Q_y$$

14. I – ва 2-гуруҳ электр истеъмолчиларнинг P_x ва Q_x натижаларини қўшиб, механика цехининг умумий P_x ва Q_x динини аниқланади, кейин олинган натижалар асосида механика цехининг тўла юкласи ҳисобланади:

$$S_x = 462,8 \text{ кВА}$$

№	Истеъмолчилар гуруҳи номи	Ист. сон	УД=100%келг. урн.кувват		$m = \frac{P_{\text{н.м.}}}{P_{\text{н.м.}}}$	Копф.	cosφ/ lgφ	Макс. см. учун уртача қувват		Ист.эф.сон	Мак.коэф	Хисобий юклама		
			биттас и P _н	умум P _н				P _у кВТ	Q _у кВАр			P _х кВТ	Q _х кВАр	S _х кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1-гуруҳ графиги узгарувчи истеъмолчи. Металл киркувчи станоклар	18	8-10	164	1,25	0,25	0,7/1	41	41					
2	Юк кўтарувчи механизмлар	5	10-20	80	2	0,18	0,6/1,33	14,4	19,2					
3	Пайвандловчи тр-лар	3	20	60	-	0,35	0,5/1,73	21	36,3					
1	1 гуруҳ якунийси 2 - гуруҳ графиги кам узгарувчи истеъмолчи трансф-лар	26	8-20	304	2,5	0,25	0,62/1,26	76,4	96,5	26	1,3	99,3	96,5	
2	Вентиллятор ва насослар	10	5,6-15	133,8	-	0,7	0,85/0,62	93,7	58,1	-	-	-	-	-
3	Қаршилик печлари	2	35	70	-	0,7	0,85/0,62	49	30,4	-	-	-	-	-
2	гуруҳ якунийси	27	5,6÷35	401,8	-	-	-	261,5	193,3	-	-	261,5	193,3	
	Цех бўйича жами	53	5,6÷35	705,8				337,9	289,8			360,8	289,8	462,8

Тартибга солинган диаграммалар усулини қўллаш тартиби

Ҳисобий юкламани мазкур усул билан аниқланганда қуйидагича тартибга риоя қилинади:

- 1) 1000 Вольтгача ва ундан юқори бўлган ўзгарувчан графикли истеъмолчилар учун;
 - а) ўрнатилган истеъмолчиларнинг умумий сони аниқланади;
 - б) тугунга тааллуқли бўлган истеъмолчиларнинг номинал қувватлари ва ўртача юкламаларнинг йиғиндилари топилади;
 - в) энг катта истеъмолчининг номинал қуввати топилади ва таҳлил қилинаётган гуруҳларнинг актив юклама бўйича ўртача ишлатилиш коэффициенти аниқланади;
 - г) n_z ва $K_{ма}$ лар аниқланиб, P_x ва Q_x топилади.
- 2) Электр таъминоти тугунида ўзгармас юкламали графикада ишловчи гуруҳ истеъмолчилари мавжуд бўлган тақдирда, уларнинг сони, номинал ва ўртача қувватлари аниқланади.
- 3) Кўрилаётган тугун учун кучланиши 1000 Вольтгача истеъмолчиларнинг умумий миқдори номинал қувватлари, ўртача ва ҳисобий юкламалари бўйича умумий натижалар олинади.
- 4) Тугунга тааллуқли ёритиш қурилмаларининг умумий ўрнатилган қувватлари, ўртача ва ҳисобий юкламалари топилади.
- 5) Агар кўрилаётган тугунда компенсацияловчи ускуналар мавжуд бўлса, уларнинг умумий номинал қувватлари, ўртача ва ҳисобий юкламалари аниқланади.
- 6) Тугунга тегишли бўлган барча ишчи трансформаторлардаги актив ва реактив қувватлар нобудгарчиликларининг йиғиндилари топилади. Электр таъминотининг кўрилаётган тугуни бўйича 1000 Вольтдан юқори бўлган истеъмолчиларнинг сони, номинал қуввати, ўртача ва ҳисобий юкламалари бўйича умумий натижалар аниқланади.

Танишиб чиқилган ҳисобий юкламанинг аниқлаш усули бўйича қуйидаги хулосалар қилиш мумкин:

а) Тартибга солинган диаграммалар усули универсал бўлиб, уни ҳар турли уч фазали ва бир фазали, ҳар хил иш режими (давомли, такрорланувчи қисқа муддатли ва қисқа муддат-

ли) истеъмолчиларнинг ҳисобий юкламаларини аниқлашда ишлатиш мумкин;

б) Ҳар хил гуруҳ истеъмолчилари учун ишлатилиш коэффициентининг қиймати ўзгармас бўлиб, гуруҳдаги истеъмолчилар сонига боғлиқ эмас, бу эса гуруҳ истеъмолчилари ўртача юкламасининг ишончли қийматини аниқлаш имкониятини беради;

в) Бирор агрегатнинг иш режимининг ўзгаришини инобатга олиш учун унинг ишлатилиш коэффициенти қиймати ўзгартирилади;

г) Ҳисоблаб топилган ўртача юклама қийматини эксплуатация жараёнида олинган кўрсаткичлар билан солиштириш имконияти мавжуд;

д) Электр таъминоти тизимидаги ҳисобий юкламани ўртача қувват ва максимум коэффициенти асосида аниқлашда эҳтимоллар назариясининг асосий кўрсатмаларидан фойдаланилган.

3.8. Юкламаларнинг чўкки қийматларини аниқлаш

Юкламанинг чўкки қиймати деганда, 1-2 секунд давом этадиган токнинг максимал қиймати тушунилади. Асинхрон юритгичнинг чўкки токи - бу унинг ишга тушириш токи бўлиб, номинал токка нисбатан карралиги машина паспортида кўрсатилади.

$$I_{\text{ч}} = I_{\text{ишт}} = \lambda I_{\text{н}} \quad (3.59)$$

Бу ерда: $\lambda = \frac{I_{\text{ишт}}}{I_{\text{н}}}$ - ишга тушириш токининг карралиги;

$I_{\text{н}}$ - электр юритгичнинг номинал токи, А., $I_{\text{ишт}}$ - ишга тушириш токи, А.

Агар тармоққа 2 дан 5 тагача электр юритгичлар уланса, чўкки токи қуйидагича топилади:

$$I_{\text{ч}} = I_{\text{ишт}} + \sum_1^{n-1} I_{\text{н}} \quad (3.60)$$

Бу ерда: $I_{\text{ишт}}$ - ишга тушириш токларнинг энг каттаси, А;

$\sum_1^{n-1} I_{\text{н}}$ - бошқа барча электр юритгичлар номинал токларининг йиғиндиси, А.

Агар гуруҳ истеъмолчиларининг сони бешдан ортик

бўлса, чўққи токини аниқлашда ушбу муносабатдан фойдаланилади:

$$I_u = I_{\text{ишт}} + (I_x - K_{\text{и}} I_{\text{нм}}) \quad (3.61)$$

Бу ерда: $I_{\text{ишт}}$ - ишга тушириш токларнинг энг каттаси, А;

I_x - истеъмолчилар гуруҳининг ҳисобий токи, А;

$I_{\text{нм}}$ - ишга тушириш токи катта бўлган электр

юритгичнинг номинал токи, А (УД=100% га келтирилган);

$K_{\text{и}}$ - ушбу электр юритгичнинг ишлатилиш коэф-

фициенти.

Айрим истеъмолчининг энг катта ишга тушириш токи мумкам бўлмаса, қуйидаги кўрсатмалардан фойдаланиш мумкин:

- 1) Қисқа туташган роторли асинхрон юритгичлар ва синхрон машиналар учун ишга тушириш токнинг қиймати номинал токнинг беш карралигига тенг деб олиш мумкин;
- 2) Ўзгармас ток электр юритгичлари ва фазавий роторли асинхрон юритгичлар учун ишга тушириш токнинг қийматини номинал токнинг 2,5 карралигига тенг қилиб олиш тавсия этилади;
- 3) Печ ва пайвандлаш трансформаторларининг ишга тушириш токи сифатида номинал токнинг (УД=100% га келтирилмаган) уч карралигини олиш мумкин;
- 4) Контактли пайвандлаш қурилмаларининг ишга тушириш қуввати тахминан номинал қувватнинг (паспортдаги УД учун) уч карралигига тенг деб олиш мумкин.

Мисол: Тақсимлаш пунктига уланган юритгичлар гуруҳининг чўққи токини аниқланг. Электр моторларнинг номинал кўрсаткичлари қуйидаги жадвалда кўрсатилган.

3.6-жадвал

Истеъмолчининг номери	номинал қуввати	ФИК	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$K_{\text{и}}$	λ	$I_{\text{н}}$	$I_{\text{ишт}}$
1	4	0,80	0,8/0,75	0,15	2,5	9,5	24
2	4	0,80	0,8/0,75				
3	10	0,86	0,83/0,68	0,2	5	21,3	106
4	10	0,86	0,83/0,68				
5	5	0,82	0,93/0,68	0,2	5	10	50
6	5	0,82	0,93/0,68				

Ечим:

1. Гуруҳ истеъмолчиларининг эффектив сонини аниқлаш

$$n_{\text{эф}} = \frac{\sum_1^6 (P_{H_i})^2}{\sum_1^6 P_{H_i}^2} = \frac{38^2}{(2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 5^2)} = \frac{38^2}{32 + 200 + 50} = \frac{1600}{280} \approx 6$$

2. Актив ва реактив юкларлар:

$$P_y = \sum_1^6 P_{y_i} = \sum_1^6 K_n \cdot P_{H_i} = 0,15 \cdot 8 + 0,2 \cdot 20 + 0,2 \cdot 10 = 1,2 + 4 + 2 = 7,2 \text{ кВт}$$

$$Q_y = \sum_1^6 P_{y_i} \cdot \text{tg} \varphi = 1,2 \cdot 0,75 + 4 \cdot 0,68 + 2 \cdot 0,68 = 0,9 + 4,08 = 4,28 \text{ кВт}$$

3. Гуруҳий ишлатилиш коэффициентини топамиз:

$$K_{na} = \frac{P_y}{\sum P_{H_i}} = \frac{7,2}{38} \approx 0,19$$

1. Тақсимлаш пункти уланган юритгичларнинг ҳисобий токи

$$I_x = \frac{S_x}{\sqrt{3} U_H} = \frac{\sqrt{(K_M P_y)^2 + Q_y^2}}{\sqrt{3} U_H} = \frac{\sqrt{(2,2 \cdot 7,2)^2 + 4,28^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,380} \approx 24,8 \text{ A}$$

$n_{\text{эф}} = 6$ ва $K_{na} = 0,19$ бўлганда, максимум коэффициенти $K_M = 2,2$

5. Электр юритгичларнинг ишга тушириш токлари

$$I_{\text{иш}12} = \gamma \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = 2,5 \frac{4}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8} \approx 24 \text{ A}$$

$$I_{\text{иш}34} = 5 \cdot \frac{10}{0,66 \cdot 0,83 \cdot 0,86} \approx 106 \text{ A}$$

$$I_{\text{иш}45} = 5 \cdot \frac{5}{0,66 \cdot 0,93 \cdot 0,82} = 50 \text{ A}$$

максимал ток учинчи ва тўртинчи юритгичларда $I_{ш34} = 106 A$

6. (3.61) муносабатдан юритгичларнинг чўкки ток -

$$I_v = 109,5 + (24,8 - 0,2 \cdot 21,3) = 130 A$$

Ўз-ўзини текшириш саволлари:

1. Электр юклама деганда нима тушунилади?
2. Хусусий графиклар асосида гуруҳ графиги қандай чизилади?
3. Намунавий график асосида корхона юклама графиги қандай ҳисобланади?
4. Юкламалар графикларини тавсифловчи коэффициентлар қий-миллари қандай аниқланади?
5. Ўртача қувватни аниқлаш форму-ларини келтиринг.
6. Эксплуатация шароитида ўртача қувват қандай аниқланади?
7. Ҳисобий қувватга таъриф беринг.
8. Ярим соғли максимал юклама нима?
9. Электр таъминоти схемасида қандай характерли жойлар мавжуд?
10. Ҳисобий қувватни аниқ-лаш усуллариининг икки гуруҳини тушунтиринг.
11. Маҳсулот бир-лигига тўғри келадиган электр энергияси асосида ҳисобий қувват қандай аниқланади?
12. Юза бирлигига тўғри келадиган юклама асосида ҳисобий қувватни аниқлаш усулини тушунтиринг.
13. Талаб коэффициенти усулининг моҳияти нимадан иборат?
14. Ўртача қувват ва форма коэффициенти асосида ҳисобий қув-ватни аниқлаш қандай истеъмолчилар учун тўғри ҳисобланади?
15. Тартибга солинган диаграммалар усулининг асосий формула-сини тушунтиринг.
16. Истеъмолчиларнинг эффектив сони нима?

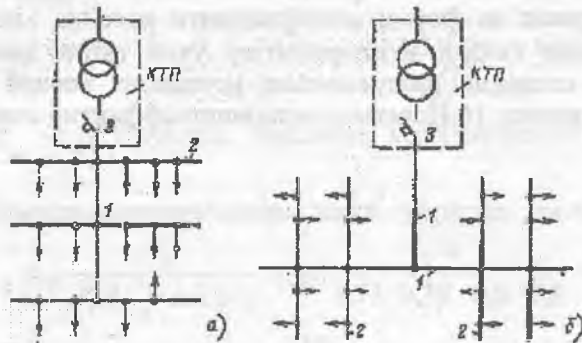
IV боб. ЦЕХ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ МАСАЛАЛАРИ

4.1. Цехларнинг электр тармоқлари

Цех электр тармоқларининг схемалари электр истеъмолчиларнинг қувватлари, уларнинг сони, жойланиши ва бошқа омилларга боғлиқ бўлган ҳолда,

- электр таъминоти тизими истеъмолчиларнинг тоифаларига қараб керакли даражадаги ишончлилиқни таъминлаши;
- эксплуатация шароитида қулай бўлиши;
- капитал сарфи, рангли металлларнинг ишлатилиши, эксплуатация харажатлари ва энергиянинг нобудгарчилиги бўйича техник - иқтисодий кўрсаткичлари оптимал бўлиши;
- электр тармоқлари монтажида индустриал ва тезкор усулларни жорий қилиш имконияти бўлиши керак.

Цех ичкарасида таъминловчи ва тақсимлаш тармоқлари мавжуд бўлиб, улар трансформатор подстанциясининг кичик кучланишли шиналарини тақсимлаш шкафлари (ТШ), тақсимлагич шина ўтказгичлари ёки катта қувватли истеъмолчилар билан боғлайдилар. Айрим ҳолларда таъминловчи тармоқлар БТМ (блок трансформатор магистрал) схемасида бажарилади. (4.1 а, б-расм)

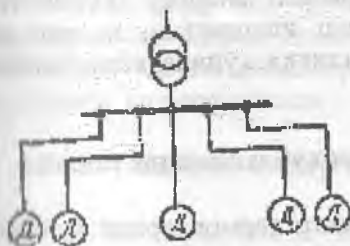


4.1-расм

1-таъминловчи магистрал; 2-тақсимловчи шина ўтказгичлари.

Цех ичкарасидаги истеъмолчиларга энергия

тақсимлаш тармоқлари орқали бевосита узатилади. Тақсимлаш тармоқлари тақсимловчи шина ўтказгичлари ва тақсимлаш шкафлари орқали бажарилади.



4.2-расм

Цех ичкарасидаги электр тармоқларини тузилиши бўйича радиал, магистрал ва аралаш схемаларга бўлиш мумкин. Радиал схемаларда катта қувватли истеъмолчилар ТП дан чиқадиган махсус линиялар орқали электр энергиясини қабул қиладилар (4.2-расм).

Радиал тармоқлар одатда ўтказгич ёки кабель линиялари орқали бажарилади. Радиал схеманинг афзаллиги унинг юқори даражадаги ишончлиликини таъминлаши ва қисқа туташув токи микдорининг озлигидир. Камчиликлари эса қуйидагилардан иборат: кўп микдорда ўтказгич материаллар, трубалар, тақсимлаш шкафларининг сарфланиши; ишлатиладиган ҳимоя ва коммутация аппаратлари сонининг кўплиги; тармоқларнинг технологик жариёнлар ўзгаришига мослашувининг чегараланганлиги; юқори даражадаги индустриаллашган монтаж технологияларининг ишлатишга олинмаслиги.

Магистрал схемалар корхона майдонида текис тақсимланган истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлашда кенг ишлатилади (4.1 а, б-расм).

Магистрал схемалар қуйидаги характерли хусусиятларга эга:

1. Магистрал схеманинг ишончлилиги даражаси радиал схемага нисбатан паст ҳисобланади, чунки магистрал бузилганда барча истеъмолчилар энергия манбаидан узилади.
2. Ўрнатиладиган аппаратларнинг озлиги ва монтаж ишларининг арзонлиги ҳисобига магистрал тармоқларни тайёрлаш радиал тармоқларга нисбатан арзон тушади.
3. Магистрал схемаларни шинали ўтказгичлар асосида индустриал усуллар билан тез ва осон йиғиш мумкин.
4. Магистрал тармоқларнинг қисқа туташув тоқлари катта бўлади, лекин улардаги қувват ва кучланиш нобудгар-

чиликлари радиал тармоқлардагига нисбатан кам бўлади.

Амалиётда цех истеъмолчиларининг энергия таъминотида магистрал ва радиал схемалар аралаш ишлатилади ва ҳар хил тоифали истеъмолчиларнинг ишончилиликка қўйиладиган талаблари кониқтирилади.

4.2. Цех электр тармоқлари кучланишини танлаш

1000 Вольтгача бўлган цех электр тармоқларида қуйидаги кучланишли уч фазали тизимлар ишлатилиш мумкин.

127-220; 220-380; 380-660,В

Кучланиш 127 ва 220 В бўлган уч фазали тизимни электр таъминоти учун ишлатилса, электр энергияси нобудгарчилигининг миқдори катта бўлади ва рангли металлнинг сарфи кўп бўлади. Шунинг учун бундай тизимлар фақат ер ости қурилмаларида ишлатилади. Саноат корхоналарининг электр таъминотида 220-380В тизим энг кўп тарқалган. Цех подстанциясидаги куч трансформаторларининг иккиламчи чулғамлари юлдуз схемасида уланилади. Бундай ҳолда фаза линиялариаро кучланиш 380 В бўлса, ноль ва фаза линиялари орасидаги кучланиш 220В ни ташкил этади. Кучланиши 220-380 В тизим ишлатилганда ёритиш ускуналари ва электр юритгичларни бир тизимга улаш мумкин.

Цех майдонининг юза бирлигига тўғри келадиган солиш-тирма юклама миқдори катта бўлган ҳолларда кучланиши 380-660 В бўлган уч фазали тизим ишлатилади. Бундай тизим бошқаларига нисбатан қуйидаги афзалликларга эга:

1. Кучланиши 660 В бўлган цех тармоқлари учун рангли металл кам ишлатилади; бундай тармоқларда электр энергиясининг нобудгарчилиги 380 В ли тармоқларга нисбатан оз бўлади.
2. Кучланиши 660 В бўлган электр юритгични 380 В ли тармоққа улаш мумкин. Бунинг учун юритгичнинг чулғамларини учбурчак схемасида улаш кифоя.
3. Электр юритгичларнинг қуввати 600-700 кВт атрофида бўлганда, уларни 660 В кучланишга тайёрланса, қурил-манинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари энг оптимал бўлиши исботланган.

нобудгарчиликлари радиал тармоқлардагига нисбатан кам бўлади.

Амалиётда цех истеъмолчиларининг энергия таъминотида магистрал ва радиал схемалар аралаш ишлатилади ва ҳар хил топфали истеъмолчиларнинг ишончилиikka қўйиладиган талаблари кониктирилади.

4.2. Цех электр тармоқлари кучланишини танлаш

1000 Вольtgача бўлган цех электр тармоқларида қуйидаги кучланишли уч фазали тизимлар ишлатилиш мумкин.

127-220; 220-380; 380-660,В

Кучланиш 127 ва 220 В бўлган уч фазали тизимни электр таъминоти учун ишлатилса, электр энергияси, нобудгарчилигининг миқдори катта бўлади ва рангли металнинг сарфи кўп бўлади. Шунинг учун бундай тизимлар фақат ер ости қурилмаларида ишлатилади. Саноат корхоналарининг электр таъминотида 220-380В тизим энг кўп тарқалган. Цех подстанциясидаги куч трансформаторларининг иккиламчи чулғамлари юлдуз схемасида унанилади. Бундай ҳолда фаза линиялариаро кучланиш 380 В булса, ноль ва фаза линиялари орасидаги кучланиш 220В ни ташкил этади. Кучланиши 220-380 В тизим ишлатилганда ёритиш ускуналари ва электр юритгичларни бир тизимга улаш мумкин.

Цех майдонининг юза бирлигига тўғри келадиган солиштирма юклама миқдори катта бўлган ҳолларда кучланиши 380-660 В бўлган уч фазали тизим ишлатилади. Бундай тизим бошқаларига нисбатан қуйидаги афзалликларга эга:

1. Кучланиши 660 В бўлган цех тармоқлари учун рангли металл кам, ишлатилади; бундай тармоқларда электр энергиясининг нобудгарчилиги 380 В ли тармоқларга нисбатан оз бўлади.
2. Кучланиши 660 В бўлган электр юритгични 380 В ли тармоққа улаш мумкин. Бунинг учун юритгичнинг чулғамларини учбурчак схемасида улаш кифоя.
3. Электр юритгичларнинг қуввати 600-700 кВт атрофида бўлганда, уларни 660 В кучланишга тайёрланса, қурилманинг техник-иктисодий кўрсаткичлари энг оптимал бўлиши исботланган.

Ишлаб чиқарилган кабеллар учун механик мустаҳкамлик ва тожланишнинг бўлмаслиги завод томонидан қафолатланади. Шунинг учун кабелларга S_m ва S_k лар аниқланмайди.

Ўтказгич, кабеллар кесимини жоиз қизиш бўйича танлаш

Ўтказгич ва кабелларнинг ўтиш токидан қизишини ҳисобга олиб танлашда қуйидаги икки муносабатдан фойдаланилади:

$$I_{жс} \geq I_{иш} / K_m \quad (4.1)$$

$$I_{жс} \geq K_{хим} \cdot I_{хим} / K_m \quad (4.2)$$

Бу ерда: $I_{жс}$ – ўтказгичнинг жоиз давомийли токи;

$I_{иш}$ – ишчи (ҳисобий) ток;

$I_{хим}$ – ҳимояловчи аппаратнинг номинал токи;

K_m – ўтказгич ва кабелларнинг ўтказиш шароити

тини ҳисобга олувчи тўғрилаш коэффициентини;

$K_{хим}$ – ҳимоянинг коэффициентини.

Ўтказгичлар ва кабелларнинг ҳар хил кесимлари учун токнинг жоиз давомли қийматлари "Электр қурилмаларининг тузилиш қоидалари" (ЭТК) жадвалларида келтирилган. Бу жадваллар қуйидаги шароитларга тузилган:

1. Атроф-муҳитнинг ҳарорати - 25°C;

2. Тупроқнинг кабель ётқизиладиган чуқурлигидаги (0,7м) ҳарорати - 15°C;

3. Траншеяга битта кабель ётқизилади.

Ушбу шароитлар бажарилмаса, K_m -тўғрилаш коэффициентини киритилади. Тўғрилаш коэффициентларининг миқдори ҳам ЭТК жадвалларида келтирилган.

Нормал шароитлар учун (4.1) ва (4.2) муносабатлар қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$I_{жс} \geq I_{иш} \quad (4.3)$$

$$I_{жс} \geq K_{хим} \cdot I_{хим} \quad (4.4)$$

Ишчи ток бўйича қабул қилинган кесим (4.4) муносабат ёрдамида ҳимояловчи аппаратнинг ишлаш токини ($I_{хим}$) аниқлаш учун линияда қандай ҳимоялар (эрувчан сақлагичлар, автоматик узгичлар, магнит ишлатгичларнинг иссиқлик релеси) қўлланилганлигини билиш керак. Агар бу ўринда сақлагичлар

ишлатилса, эрувчан киритманинг номинал токи ҳимоялаш токи ҳисобланади. Якка асинхрон мотор учун ҳимоялаш токининг миқдорини танлаш қуйидаги муносабатлар асосида аниқланади.

$$I_{\text{ҳим}} \geq I_{\text{иш}} \quad (4.5)$$

$$I_{\text{ҳим}} \geq \frac{I_{\text{max}}}{\alpha} \quad (4.6)$$

Якка асинхрон моторни енгил ишга туширилганда (ишга тушиш вақти 2,5 секундгача) $\alpha=2,5$;

Якка асинхрон моторни оғир режимда ишга туширилганида (ишга тушиш вақти 2,5 секунддан ортиқ) $\alpha=1,6$.

I_{max} – моторнинг ишга тушириш токи.

Агар сақлагич бир нечта моторлар уланган линияни ҳимояласа,

$$I_{\text{max}} = I_{\text{муш}} + I_{\text{иш}(n-1)} \quad (4.7)$$

Бу ерда: $I_{\text{муш}}$ - энг катта қувватли моторнинг ишга тушириш токи, А;

$I_{\text{иш}(n-1)}$ - қолган барча моторларнинг ишчи (ҳисобий) тоқларининг йиғиндиси, А;

Қуйидаги жадвалда сақлагичларнинг айрим турларига тегишли номинал тоқлар келтирилган.

4.1-жадвал

Сақлагичнинг тури	Номинал тоқ, А	
	Сақлагич учун	Сақлагичнинг эрувчан киритмаси учун
Н – 20	20	6; 10; 15; 20
Н – 60	60	10; 15; 20; 25; 35; 60
ПР – 60	60	15; 20; 25; 35; 60
ПР – 100	100	60; 80; 100
НПН – 15	15	6; 10; 15
НПН – 60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60

Электр тармоқлари ҳимояланишига қараб иккига бўлинади:

- 1) Ута юкланиш ва қ. т токидан ҳимояланувчи тармоқлар;
- 2) Фақат қ. т токидан ҳимояланувчи тармоқлар.

Биринчи ҳолда ҳимоянинг коэффиценти $K_{\text{ҳим}}=1,25$, яъни

$$I_{ж} \geq 1,25 \cdot I_{хим} \quad (4.8)$$

Қоғоз изоляцияли кабеллар ишлатилганда $K_{хим}=1$, яъни

$$I_{ж} \geq I_{хим} \quad (4.9)$$

Линия фақат қисқа туташув токидан ҳимояланса, $K_{хим}=0,33$

Ҳозирги вақтда цехларнинг тармоқларида ҳимоялаш аппаратлари вазифасини автоматлар бажармоқда. Ҳар қандай автомат учун

$$I_{ном} \geq I_{иш} \quad (4.10)$$

Бу ерда: $I_{ном}$ - электромагнит реле (расцепитель) учун номинал ток, $I_{иш}$ - линиянинг ишчи (ҳисобий) токи. Электромагнитли ёки қўшма (электромагнитли ва қизувчи элементли) элементли узгичлар учун ишга тушириш токи ва линиянинг қисқа муддатли максимал токлари солиштириб кўрилади:

$$I_{ит} \geq 1,25 I_m \quad (4.11)$$

Бу ерда: $I_{ит}$ - ишга тушиш токи

Якка мотор учун I_m вазифасини ишга тушириш токи ўтади. Линия автомат орқали ҳимоя қилинганда ҳам $I_{ж} \geq K_{хим} \cdot I_{хим}$ шартни бажариши керак. Бу ерда: $I_{хим}=I_{ном}$ - узгичнинг номинал токи.

Мисол. 380/220 Вольтли магистрал линия электр моторлар гуруҳини энергия билан таъминлайди. Уч фазали, қоғоз изоляцияли алюминий симли кабель бино ичкарасига ётқизилган, атроф-муҳит ҳарорати $+25^{\circ}\text{C}$, линиянинг ҳисобий ишчи токи $I_{иш}=100\text{A}$, моторлар енгил ишга туширилади, қисқа муддатли ишга тушириш токи $I_m=500\text{A}$. Кабелнинг кесимини қуйидаги шароитлар учун аниқлансин:

а) Линия ўта юкланишдан сақлагич билан ҳимояланади. Хона ёнғиндан хавфли эмас;

б) Линия ўта юкланишдан сақлагич билан ҳимояланади. Хона ёнғиндан хавфли;

в) Линия фақат қ.т. токидан ҳимояланади;

г) Линия автомат билан ҳимояланган. Хонада меъёрий шароит.

Ечим:

а) ЭТҚ жадвалидан қоғоз изоляцияли алюминий симли, уч физвали кабелни танлаймиз. Хона ҳарорати меъерий бўлганлиги учун $K_T=1$. У ҳолда (4.3) ни ҳисобга олинса, кабелнинг жоиз токи $I_{ж} > 100A$ бўлиши керак. Иккинчи шарт бўйича текшириш учун сақлагични танлашимиз керак. (4.7); (4.6) муносабатларни ҳисобга олсак,

$$I_{жим} \geq \frac{500}{25} = 200A$$

ЭТҚ жадвалида ПН 2-250 типдаги сақлагичнинг эрувчи киритмасининг номинал токи 200А меъерий шароитда $K_{жим}=1$, у ҳолда

$$I_{ж} \geq I_{жим} = 200A$$

Иккинчи шарт бўйича жоиз токнинг миқдори катта бўлганлиги учун ЭТҚ жадвалида $I_{ж}=200A$, кесими 120мм^2 бўлган кабелни қабул қиламиз.

б) Хона ёнғиндан хавфли бўлганлиги учун $K_{жим}=1,25$. У ҳолда $I_{ж} \geq 1,25 \cdot I_{жим} = 1,25 \cdot 200 = 250A$. Жадвалдан $I_{ж}=255A$, кесими 150мм^2 бўлган кабелни қабул қиламиз.

в) Линия фақат қисқа туташув токидан ҳимояланса, $K_{жим}=0,33$. У ҳолда $I_{ж} \geq 0,33 \cdot I_{жим} = 0,33 \cdot 200 = 66A$ ва жадвалдан кесими 50мм^2 ва $I_{ж}=120A$ бўлган кабелни оламиз.

г) Номинал токи 160А бўлган АЗ710Б типдаги автоматни қабул қиламиз. Узгичнинг номинал токи 100А. 4 · 10 шартга биноан $I_{ном} \geq I_{иш}$. Бизнинг ҳолда $I_{ном} = I_{иш} = 100A$.

Қисқа муддатли ишга тушиш вақтида автоматнинг ишлатмаслигини текшириб кўрамиз.

$$I_{иш} = 1,25 \cdot I_{м} = 1,25 \cdot 500 = 625A, \text{ яъни } 625 < 1000A.$$

Бу ерда: 1000А - автоматнинг бир онда ишлаш токи.

Линиянинг кесимини танлаш учун ҳисобий ток $I_{иш}=100A$ бўлгани учун кесими 50мм^2 , $I_{ж}=120A$ бўлган кабелни танлаймиз ($I_{ж} > I_{иш}$) Кабель нормал шароитда ишлатилиши ва АЗ700 сериядаги автоматларда ўрнатма (уставка) токи бошқарилмаслигини ҳисобга олсак, $K_{жим}=1$. У ҳолда (4.4) дан $I_{ж} \geq I_{жим}$ шарт бажарилади, яъни $120 > 100A$.

4.4. Ўтказгич ва кабель кесимларини кучланишнинг йўқотуви бўйича танлаш

Электр энергетика тизими истеъмолчиларини сифатли энергия билан таъминлаш зарур. Электр энергиясининг энг асосий сифат кўрсаткичларидан бири бу истеъмолчиларга берилаётган кучланишнинг миқдори ҳисобланади. Кучланишни керакли поғонада ушлаб туриш электротехниканинг мураккаб масалаларидан бири ҳисобланади. Кучланишни барқарорлаштириш учун ўтказгичларнинг кесимини жоиз кучланиш бўйича қабул қилиш мақсадга мувофиқдир.

Уч фазали тармоқларда кучланиш йўқотувининг тахминий қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_x (r_{\text{л}} \cos \varphi + x_{\text{л}} \sin \varphi) \quad (4.12)$$

Бу ерда: I_x - ҳисобий ток;

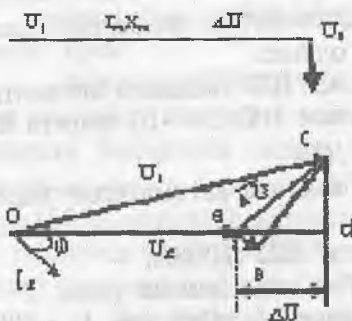
$r_{\text{л}}$, $X_{\text{л}}$ - линиянинг актив ва индуктив

қаршиликлари;

$\cos \varphi$ - истеъмолчининг қувват коэффициентини.

Қуйидаги расмда актив ва индуктив қаршиликка эга бўлган линиянинг индуктив характерли истеъмолчини энергия билан таъминлаётган ҳолат учун вектор диаграммаси кўрсатилган.

Вектор Oa линия охиридаги кучланиш U_2 ни кўрсатади. Юқламанинг қувват коэффициентини ҳисобга олиб, φ бурчак остида ток вектори I ни қўямиз. Вектор ab вектор I



4.3-расм

билан бир фазада бўлиб, линия актив қаршилигидаги кучланишнинг пасайишини кўрсатади. bc вектори линиянинг индуктив қаршилигидаги кучланишнинг пасайиши. ac вектори линиядаги кучланишнинг тушуви бўлиб, $\Delta U = U_1 - U_2$, яъни кучланишнинг пасайиши - бу вектор миқдор. ad оралиқ линияда кучланишнинг йўқотуви - бу линиянинг боши ва охири қисмларидаги кучланишларнинг алгебраик фарқи (вектор қиймат эмас).

Ўтказгич ва кабель симларининг кичик кесимларида (25мм² гача) асосий қаршилик сифатида актив қаршилик олинади. 70 мм² дан катта бўлган кесимларда индуктив қаршилик албатта ҳисобга олинishi керак.

Кесимнинг 25-70 мм² оралиғида линиянинг индуктив қаршилигини аниқ ҳисоблашларда эътиборга олинади.

Линиянинг фақат актив қаршилиги ҳисобга олинганда (4.13) дан

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_x r_x \cos \varphi \quad (4.13)$$

Бу ерда: $r = l/\gamma S$ бўлганлиги учун

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_x l \cos \varphi}{\gamma S}$$

У ҳолда

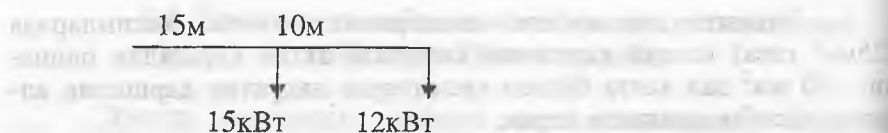
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I_x l \cos \varphi}{\gamma \Delta U} \quad (4.14)$$

Бу ерда: γ - нисбий ўтказувчанлик, $\left[\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right]$

l - линиянинг узунлиги, (м)

Жоиз кучланиш йўқотувининг миқдори маълум бўлганлиги учун (4.14)дан линия кўндаланг кесимини осон аниқлаш мумкин. Ушбу формулани тахминий ҳисобларда ишлатиш мумкин бўлиб, хатолиги 20% гача. Саноат корхоналарининг электр тармоқларини ҳисоблашда линияларнинг актив ва индуктив қаршиликларини ҳисобга олиб (4.11) формуладан фойдаланилса, хатолик 1,5% дан ошмайди. Агар линияларнинг кучланиши 35-200кВ, узунлиги 200 км дан ошса, уларнинг сизим қаршиликларини ҳам ҳисобга олишга тўғри келади ва линияларни "П" шакли алмаштириш схемаларини ишлатиш зарур бўлади. Бундай линиялар саноат корхоналарида жуда кам учрашини эътиборга олиб, биз уларни махсус адабиётлардан фойдаланиб мустақил ўрганишни тавсия қиламиз.

Мисол: Схемаси расмда келтирилган кўндаланг кесими 3×25 мм² АПВ – 660 симдан бўлган, кучланиши 380 В уч фазали тармоғидаги кучланиш йўқотилишини аниқланг. Юклама учун $\cos \alpha = 0,85$



Ечиш: 1. Жадвалдан кесим юзаси 25 мм^2 бўлган симнинг актив қаршилигини аниқлаймиз: $\chi_0 = 1,25 \text{ Ом/км}$. Кесим юзаси 16 мм^2 дан юқори бўлган симлар учун индуктив қаршилиқни $x_0 = 0,06 \text{ Ом/км}$ га тенг деб қабул қиламиз.

2. $\cos\varphi = 0,85$, $\text{tg } \varphi = 0,62$

3. Кучланиш йўқотилишини қуйидагича аниқлаймиз

$$\Delta U\% = \frac{10^5}{U^2} \sum P\ell(r_0 + x_0 \text{tg } \varphi) = \frac{10^5}{380^2} (27 \cdot 0,015 + 12 \cdot 0,01) \cdot (1,25 + 0,06 \cdot 0,62) = 0,47\%$$

4.5. Электр тармоқларни иқтисодий кўрсаткичлар бўйича танлаш

Электр энергиясини истеъмолчиларга узатишдаги харажатлар кўп жиҳатдан ишлатилаётган ўтказгичнинг кўндаланг кесими-га боғлиқдир. Маълумки, линиянинг кесими қанчалик катта бўлса, электр энергиясининг нобудгарчилиги шунчалик камаяди. Лекин бу ҳолда рангли металлларнинг сарфи ва линияни қуришга кетадиган харажатлар ошади. Иқтисодий маъқул линияни танлаш учун линиянинг ҳар хил кесимлари учун кетадиган капитал маблағлар ва йиллик эксплуатация харажатларини солиштириш зарур бўлади.

Узатиш линиясининг иқтисодий мақсадга мувофиқ кесими деганда, кесимнинг шундай стандарт қиймати тушуниладики, унда келтирилган йиллик сарф-харажатларнинг миқдори минимум бўлади.

Электр қурилмаларининг тузилиши қоидаларида иқтисодий мақсадга мувофиқ кесим иқтисодий ток зичлиги $j_{ик}$ (А/мм^2) қийматидан фойдаланиб, қуйидаги муносабат орқали топиш тавсия этилади:

$$S_{ик} = \frac{I_x}{j_{ик}} \quad (4.15)$$

Бу ерда: I_x - линиянинг ҳисобий токи. Иқтисодий ток зичлигининг қиймати симнинг материали, конструкцияси ва юк-цима максимумининг вақт давомийлиги асосида 4.2 жадвалдан аниқланади. Бунда электр энергиясининг кучланиши, нархи ҳисобга олинмайди.

4.2-жадвал

Йил давомида юкламалар максимумининг ишлатилиш вақти, соат	Иқтисодий ток зичлиги, А/мм ²					
	Изоляцияланмаган сим ва шиналар учун		Қоғоз изоляцияси кабеллар ва резинали ва поливинилхлорид изоляцияли симлар учун		Резина ва пластмасса изоляцияли кабеллар учун	
	мисли	алюминий	мисли	алюминий	мисли	алюминий
1000-3000	2,5	1,3	3,0	1,6	3,5	1,9
3000-5000	2,1	1,1	2,5	1,4	3,1	1,7
5000-8760	1,8	1,0	2,0	1,2	2,7	1,6

Кучланиш 1000 Вольтгача бўлган тармоқларда иқтисодий ток зичлиги бўйича қабул қилинган кесим техник кўрсаткичлар (қизиш, кучланишни йўқотув, механик мустаҳкамлик) асосида олинган кесимга нисбатан 2-3 маротаба катта бўлади. Бундай номутаносибликни йўқотиш мақсадида 16 мм² ва ундан кам бўлган кесимларга иқтисодий ток зичлиги миқдори 40% га ошириш тавсия этилади. Юкламалар максимумининг ишлатилиш вақти 4000-5000 соатдан кам бўлган электр тармоқлари, ёритиш тармоқлари, якка истеъмолчига энергия узатувчи шохобча, вақтинчалик қурилмаларнинг тармоқлари, подстанция ва тарқатиш қурилмаларининг шиналари иқтисодий ток зичлиги бўйича текширилмайди.

Юқорида келтирилган чекланишлардан келиб чиқиб, иқтисодий мақсадга мувофиқ кесим танлашда келтирилган йиллик харажатлар ҳар хил кесимлар учун қуйидаги формула орқали аниқланиб, энг маъқули танланиши тўғри бўлади:

$$Z = K + 0,15C_3 \quad (4.16)$$

Бу ерда: K - линия қуришга кетадиган бошланғич маблаг;
 C_3 - йиллик эксплуатация харажатлари;
 Z - келтирилган йиллик харажатлар.

Иқтисодий мақсадга мувофиқ кесимни танлаш учун йиллик келтирилган харажатлар ва линиянинг кесими орасидаги муносабатнинг аналитик ифодаси топилади. Бунинг учун Лагранжнинг интерполяциялаш формуласи асосида $Z=f(S)$ функция аппроксимацияланади ва бу функциянинг минимуми аниқланиб, иқтисодий маъқул бўлган ностандарт кесим топилади.

4.6. Пўлат шиналарни кучланиш нобудгарчилиги бўйича ҳисоблаш

Ёнғиндан ва портлашдан хавфли бўлмаган биноларда кўчма истеъмолчилар (кўприкли, консолли, минорали кранлар, кран-балкалар ва шу қабилар) электр энергияни контактли симлар, пўлат шиналар ёки троллейлар орқали қабул қиладилар. Улар катта механик мустаҳкамликка эга бўлиб, керакли ишончлиликни таъминлайдилар. Пўлат шиналарнинг ишлатилиши кимматбаҳо рангли металлларни тежашга олиб келади, лекин пўлатнинг ўтказувчанлиги кичик бўлганлигидан линияда кучланишнинг йўқотилиши катта бўлади. Шунинг учун уларни танлашда биринчи навбатда кучланишнинг йўқотувини ҳисобга олинади. Кичик тоқларда юмалоқ ёки тасмасимон пўлат, катта тоқларда эса ўлчамлари 40x40x5мм дан 75x75x8мм гача бўлган бурчаксимон пўлат ишлатилди.

Пўлат шинали ўтказгичдан ўзгарувчан тоқ ўтганда X_o^1 - ташқи ва X^{11} - ички индуктив қаршиликлар содир бўлади. X_o^1 - ташқи магнит майдони таъсиридан ҳосил бўлади. X^{11} -ички магнит майдони таъсиридан вужудга келади. Уларнинг қийматлари пўлат шина орқали ўтадиган тоқнинг миқдорига боғлиқ бўлади.

Пўлат ўтказувчидаги кучланишнинг йўқотуви қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\Delta U\% = K \cdot I_x l \quad (4.17)$$

Бу ерда: I_x - юкламанинг тоқи, А

l - узунлик, км

K - ушбу формуладаги коэффициент

$$K = \frac{\sqrt{3} [r_n \cos \varphi + (x' - x'') \sin \varphi]}{U_H} 100\% \quad (4.18)$$

Бу ерда: r_n - пўлат шинанинг актив қаршилиги, Ом/км (маълумотномадан олинади)

U_H - фазалараро кучланиш;

$\cos \varphi$ - истеъмолчининг қувват коэффиценти.

К коэффицентининг қиймати тасмасимон, бурчаксимон ва юмалоқ пўлат ўтказгичлар учун жадвалларда келтирилган бўлиб, унинг миқдори истеъмолчининг ҳар хил қувват коэффицентлари учун берилади [6]. Пўлат ўтказувчилардаги кучланишнинг йўқотувини аниқлаш қуйидаги тартибда бажарилади:

1. Келтирилган (4.17) муносабатдан жоиз кучланиш йўқотувини ҳисобга олиб К аниқланади:

$$K = \frac{\Delta U\%}{I_K l} \quad (4.19)$$

2. Маълумотномада келтирилган жадвалдан $\cos \varphi$ қийматига мос равишда энг яқин K_1 ва I_1 аниқланади. Агар $I^1 \approx I_K$ бўлса, K_1 нинг қиймати К га тенг деб қабул қилинади. Агар I^1 юклама токи I_x дан катта фарқ қилса, шу профилдаги шина учун ўша жадвалдан K_2 ва I^2 топилади.

3. Қуйидаги формула асосида К нинг тўғри қиймати ҳисобланади:

$$K = K_1 - (K_1 - K_2) \frac{I_x - I^1}{I^2 - I^1} \quad (4.20)$$

4. (4.17) муносабатдан фойдаланиб, кучланиш йўқотувининг ҳақиқий миқдори топилади.

Мисол. Пўлат шина ўтказгичининг ҳисобий токи $I_x = 115A$, истеъмолчининг қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,65$. Кучланишнинг йўқотуви 3% дан ошмаслиги зарур. Шинанинг узунлиги 60м. Цехнинг пўлат шина ўтказгичи танлансин.

Ечиш. Юклама шина бўйлаб текис тарқалганлиги учун $l = 60/2 = 30m$

(4.19) дан

$$K = \frac{\Delta U\%}{I_K l} = \frac{3}{115 \cdot 0,03} = 0,87$$

Келтирилган 4.3 жадвалдан К ва $\cos \varphi$ мос қийматлари асосида, I_x ни ҳисобга олиб, ўлчови (100x4) бўлган тасмасимон шина қабул қиламиз. Унинг кўрсаткичлари қуйидагича $K_1 = 0,82$,

$I^I=90A$. $I < I_x$ эканлигини ҳисобга олиб, шу шина учун $K_2=0,77$ ва $I^{II}=130A$ топамиз ва (4.20) муносабатдан K нинг тўғри қийматини аниқлаймиз.

$$K=0,82-(0,82-0,77)(115-90)/(130-90)=0,79$$

Шина ўтказгичдаги кучланишини ҳақиқий йўқотуви (4.17) формуладан аниқланади.

$$\Delta U\% = 0,79 \cdot 115 \cdot 0,03 = 2,72\%$$

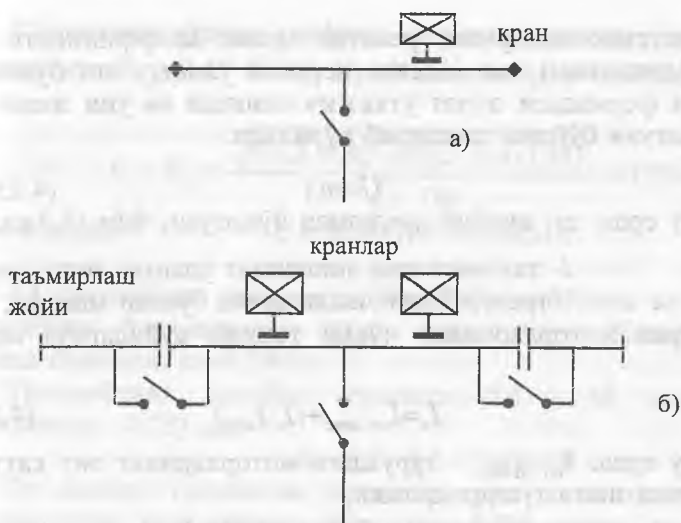
Демак, кучланиш йўқотуви 3% дан кичик бўлганлиги учун ўлчамлари (100x4) бўлган тасмасимон пўлат шина қабул қиламиз.

4.3-жадвал

Тасмасимон шинанинг ўлчамлари ва жоиз ток, А.	Ҳар хил $\cos\phi$ учун K -хисобий коэффициент							Минимал ва максимал ток $I^I I^{II}$
	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,9	
50x4мм, 154А.	1,35 1,26	1,46 1,33	1,49 1,36	1,52 1,38	1,54 1,395	1,56 1,41	1,55 1,4	50\85
60x4мм, 184А.	1,2 1,125	1,27 1,18	1,296 1,21	1,315 1,225	1,33 1,245	1,345 1,252	1,33 1,245	50\95
80x4мм, 241А.	0,93 0,86	0,975 0,9	0,99 0,915	1,01 0,93	1,02 0,936	1,025 0,942	1,02 0,933	70\120
100x4мм, 299А	0,773 0,725	0,81 0,755	0,82 0,77	0,832 0,78	0,84 0,785	0,845 0,79	0,83 0,775	90\130

4.7. Троллейли линияларни ҳисоблаш

Троллейли линиялар кранлардаги кўприк, арава ва кўтарувчи қурилмаларнинг моторларини электр энергияси билан таъминлашда ишлатилади. Бу истеъмолчиларнинг қувват коэффициентлари кичик бўлиб, такрорланувчи қисқа режимларда ишлайдилар. Троллейли линиялар давомли юклама токининг қиздириши бўйича қабул қилинади ва кучланишнинг жоиз йўқотуви бўйича текширилади. 4.4-расмда битта ва иккита крани бўлган троллейли линияларнинг уланиш схемалари кўрсатилган.



4.4-расм

Саноат корхоналари цехларининг кўприкли кранларининг троллейлари ишчи ва таъмирлаш қисмларидан тузилган бўлади. Бир кран учун троллейда таъмирлаш қисми ажратилмайди. Троллейли линияларни ҳисоблашда ўттиз минутли юкломани қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$I_x = I_{30} = \frac{\sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{\sqrt{(P_u K_{30})^2 + (P_{30} \operatorname{tg} \phi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (4.21)$$

Бу ерда: P_H -истеъмол қилинаётган қувват бўлиб, номинал қувват ва ФИК орқали аниқланади:

$$P_u = \frac{P_{ном}}{r}$$

K_{30} - талаб коэффиценти бўлиб, у 4.5-расмдаги характеристикалардан краннинг иш режими ва моторларнинг эффектив сонига қараб аниқланади.

$$n_{\phi} = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2} \quad (4.22)$$

$\operatorname{tg} \varphi$ - истеъмолчиларнинг реактив қувват коэффициентлари. (4.21)
 бўйича аниқланган ток асосида керакли ўлчовга эга бўлган бурчаксимон формадаги пўлат ўтказгич олинади ва уни жоиз кучланиш йўқотуви бўйича текшириб кўрилади.

$$U = m \cdot l \quad (4.23)$$

Бу ерда: m - нисбий кучланиш йўқотуви, %/м (4.3жадвал)

l - таъминловчи линиянинг уланган нуқтасидан троллейнинг чеккасигача бўлган масофа, м.

Кран моторларининг чўкки токани қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$I_c = I_{\text{ит макс}} + (I_x - I_{\text{ном}}) \quad (4.24)$$

Бу ерда: $I_{\text{ит макс}}$ - гуруҳдаги моторларнинг энг катта қувватлилигини ишга тушириш токи;

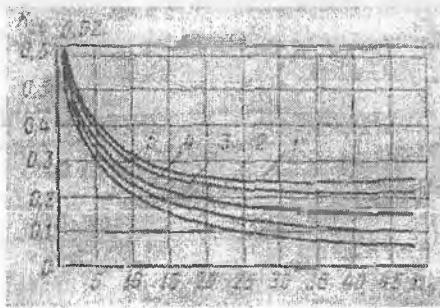
I_x - троллейнинг ҳисобий токи ($I_x = I_{30}$);

$I_{\text{ном}}$ - энг катта моторнинг номинал токи.

Бир троллейли линияда иккита кран ишлаганда унинг ҳисобий узунлиги 0,8 га кўпайтирилади.

Мисол. Иккита кўприкли кранлар учун бурчаксимон пўлат троллей танлансин. Троллейнинг узунлиги 55М. Кранлар ўртача режимда ишлайдилар. Ҳар бир кран 3 тадан асинхрон моторлар билан жиҳозланган. Биринчи крандаги ўрнатилган қувват $P_1 = 52 \text{ кВт}$, иккинчисидagi - $P_2 = 33 \text{ кВт}$, $\eta = 0,915$. Энг катта қувватли моторнинг номинал ва ишга тушириш тоқлари $I_n = 75 \text{ А}$, $I_{\text{ит макс}} = 300 \text{ А}$.

Ечим. Иккита кранлардаги ўрнатилган қувват $P = P_1 + P_2 = 85 \text{ кВт}$,



4.5-расм

истеъмол қуввати

$$P_n = \frac{P}{\eta} = \frac{85}{0,915} = 93,5 \text{ кВт};$$

(4.22) ифодадан

$$n_p = \frac{93,5^2}{\left(\frac{52}{0,915}\right)^2 + \left(\frac{33}{0,915}\right)^2} \approx 2$$

4.5-расмдан ўртача режимда ишловчи кранлар учун талаб коэффициентлари $K_{30}=0,4$. (4.21) муносабатдан $\operatorname{tg} \varphi=1,98$ ($\cos \varphi=0,45$) бўлганда

$$I_x = I_{30} = \frac{\sqrt{(93,5 \cdot 0,4)^2 + (93,5 \cdot 0,4 \cdot 1,98)^2}}{\sqrt{3} \cdot 380} = 125 \text{ A}$$

(4.24)дан $I_r = 300 + (125 - 75) = 350 \text{ A}$

4.4. жадвалдан ўлчамлари (50x50x5)мм бўлган ва $I_q=358 \text{ A}$ мўлжалланган бурчаксимон пўлат танлаймиз. Унда нисбий кучланиш йўқотуви $m=0,2\%/м$.

Троллейнинг ҳисобий узунлиги $0,8 \cdot 55$ эканлигини ҳисобга олсак, (4.23) дан

$$U = 0,2 \cdot 0,8 \cdot 55 = 8,8\%$$

Бу миқдор троллейли линиялар учун жоиз ҳисобланади. Қабул қилинган троллейнинг жоиз токи 345 A , яъни $I_{ж} > I_x$ шарт бажарилади.

4.4-жадвал

Кучланишнинг нисбий йўқотуви % м	Бурчаксимон пўлатнинг ўлчамлари, мм, чўққи тоқлари, А.		
	50x50x5	60x60x6	75x75x8
0,17	277	334	427
0,18	304	368	472
0,19	331	402	520
0,2	358	436	562

Ўз-ўзини текшириш саволлари:

1. Тартибга солинган диаграммалар усулининг афзалликларини тушунтириб беринг.
2. Юкламанинг чўққи қийматига таъриф беринг.
3. Цех электр тармоқларига қандай талаблар қўйилади?
4. Радиал ва магистрал схемаларни солиштиринг.
5. Цех электр тармоқларида қандай кучланишлар ишлатилади?
6. Техник ва иқтисодий омиллар нималардан иборат?
7. Жоиз қизиш бўйича кесим қандай танланади?
8. Кучланишнинг йўқотуви бўйича танлашни тушунтиринг.
9. Линиянинг индуктив қаршилиги қандай ҳолларда ҳисобга олинади?
10. Пўлат пиналарни танлаш қандай кўрсаткичлар асосида олиб борилади?
11. Троллейли линияларни ҳисоблаш усулини тушунтиринг.
12. Тармоқлар иқтисодий кўрсаткич бўйича қандай танланади?
13. Иқтисодий ток зичлиги нима?

У 606. ҚОРХОНАЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТ МАСАЛАЛАРИ

5.1. Саноат корхоналарига узатилаётган электр энергияси кучланишининг рационал қийматини аниқлаш

Маълумки, саноат корхоналари электр энергиясини кўп ҳолларда туман подстанцияларининг 6, 10, 35, 110, 220 кВ кучланишли шиналаридан олади. Қабул қилинадиган электр энергияси кучланиши қийматининг тўғри қабул қилиниши электр узатиш линиялари ва корхона БПП ёки МТП қурилмаларининг оптимал параметрларини танлашга, бу эса бошланғич капитал харажатлар, рангли металллар сарфи, электр энергияси нобудгарчилиги ва эксплуатация жараёнидаги сарф-харажатларнинг камайишига олиб келади. Шунинг учун ушбу масалани ечишда ҳар хил вариантларнинг техник ва иқтисодий кўрсаткичлари таҳлил қилинади.

Электр энергиясини манбадан корхонага узатишдаги харажатлар қувватнинг миқдорига ва корхона билан манба орасидаги масофага кўп жиҳатдан боғлиқ бўлади.

Электр таъминотини бунёд этишга кетган капитал маблағлар куйидагича аниқланади:

$$K = K_{\text{л}} + K_{\text{к}} + K_{\text{км}} \quad (5.1)$$

Бу ерда: $K_{\text{л}}$ -ҳаво ва қабул линияларини ўтказиш учун сарфланадиган харажатлар;

$K_{\text{к}}$ -ўрнатилган электр қурилмаларнинг нархлари (қудратли трансформаторлар, узгичлар, айиргичлар, ажратгичлар, қисқа туташтиргичлар, ўлчов трансформаторлари, реакторлар, шиналар, разрядниклар ва ҳ.к.);

$K_{\text{км}}$ -электр таъминотидаги нобудгарчиликларни қоплашга манба томонидан сарфланган капитал маблағлар.

Электр таъминотидаги эксплуатация харажатлари ушбу муносабат орқали топилади:

$$C = C_{\text{а}} + C_{\text{н}} + C_{\text{х}} \quad (5.2)$$

$C_{\text{а}}$ - амортизация учун ажратилган харажатлар.

$C_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot K$ формула орқали аниқланади. Бу ерда: $K_{\text{а}}$ амортизация коэффициенти бўлиб, миқдори ҳар хил

электр қурилмалари учун маълумотномалардан олинади;

K - электр қурилманинг нархи;

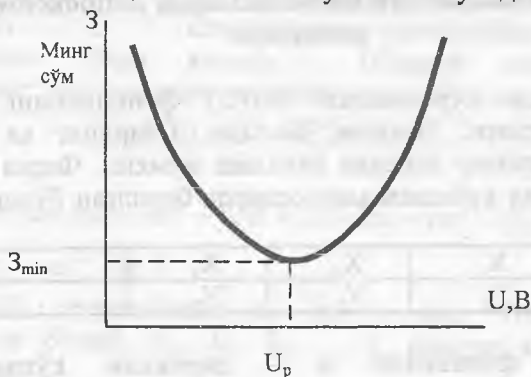
C_n - электр энергияси исрофининг нархи, минг сўм/йил;

C_x - электр таъминоти тизимидаги хизматчиларнинг маошларига ва жорий таъмирлашга кетадиган сарф-харажатлар, минг сўм/йил.

Кўп ҳолларда C_x нинг миқдори ҳар хил вариантлар учун бир хил ёки жуда камга фарқланганлиги учун вариантлар солиштирилаётганда йиллик эксплуатация харажатларини икки ташкил этувчидан иборат деб қаралади, яъни $C=C_a+C_n$ деб қабул қилинади.

Саноат корхонасига узатилаётган электр энергиясининг рационал кучланишини аниқлаш деганда, кучланишнинг шундай стандарт поғонаси тушуниладики, унда электр таъминот тизими минимал келтирилган йиллик харажатларга эга бўлади.

5.1-расмда келтирилган йиллик харажатларнинг кучланиш миқдорига нисбатан ўзгариши кўрсатилган бўлиб, рационал кучланишда 3 нинг қиймати минимумга эга бўлади.



5.1-расм

$$3=C_0+0,15K \quad (5.3)$$

Рационал кучланишнинг ностандарт қийматини аниқлаш учун бир нечта формулалар мавжуд. Шулардан айримларини келтирамиз:

$$U_p = 3 \cdot \sqrt{S} + 0,51l - \text{Вейкерт формуласи (ГФР)} \quad (5.4)$$

$$U_p = 4,34 \cdot \sqrt{l+16P} - \text{Стилл формуласи (АҚШ)} \quad (5.5)$$

$$U_p = 17 \cdot \sqrt{\frac{l}{16}} + P - \text{Швеция маълумотномаларидан} \quad (5.6)$$

Бу формулаларда S - узатилаётган тўла қувват, минг кВА;

P - узатилаётган актив қувват, минг кВт;

l - масофа, км;

U_p - рационал кучланиш, кВ.

Рационал кучланишнинг аниқроқ қийматини топиш учун $Z=f(U)$ муносабатнинг аналитик ифодасини топиб, ундан кучланиш бўйича ҳосиласи олинади ва нольга тенглаштирилиб, функциянинг экстремуми аниқланади. Натижада минимал харажатларга мос келадиган ностандарт рационал кучланишнинг миқдори топилади.

Техник-иқтисодий ҳисоблашларда аппроксимациялаш методлари

5.1-расмда кўрсатилган $Z=f(U)$ функциянинг аналитик ифодасини Лагранж, Ньютон, Бессель, Стирлинг ва бошқалар таклиф этган усуллар асосида аниқлаш мумкин. Фараз қилайлик, эмпирик функция куйидаги миқдорларда берилган бўлсин:

X	X_1	X_2	X_3	...	X_n
Y	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_n

Бундай функцияни n - даражали кўпҳад билан аппроксимация қилиш мумкин.

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots + kx^n \quad (5.7)$$

Бунда a, b, c, \dots, k - аппроксимациялаш коэффициентлари бўлиб, уларнинг керакли қийматларини энг кичик квадратлар усули асосида аниқланади. Масалани содалаштириш мақсадида берилган эмпирик функцияни иккинчи даражали кўпҳад билан аппроксимациялаш мумкин деб қарайлик.

Агар

$$y = a + bx + cx^2 \text{ бўлса,} \quad (5.8)$$

а, в, с коэффициентларнинг шундай қийматларини аниқлаш керакки, унда эмпирик ва аппроксимацияловчи функциялар орасидаги фарқ кам бўлсин, яъни кўпхад графиги эмпирик функциянинг X_i, Y_i нуқталарига жуда яқин ўтсин.

Агар y_i билан аппроксимацияловчи функциянинг x_i қиймати учун аниқланган миқдори орасидаги фарқни E деб белгиласак, қуйидаги ифодаларни ёзишимиз мумкин:

$$\begin{aligned} E_1 &= a + bx_1 + cx_1^2 - y_1 \\ E_2 &= a + bx_2 + cx_2^2 - y_2 \\ E_3 &= a + bx_3 + cx_3^2 - y_3 \\ &\dots \dots \dots \\ E_n &= a + bx_n + cx_n^2 - y_n \end{aligned} \quad (5.9)$$

Бу ерда а, в, с коэффициентларининг энг маъқул қийматлари E квадратлари суммасининг энг кичик миқдорларига тўғри келади. Шундай қилиб, қуйидаги функциянинг минимумини аниқлаш керак бўлади:

$$f(a, b, c) = E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2$$

ёки

$$\begin{aligned} f(a, b, c) &= (a + bx_1 + cx_1^2 - y_1)^2 + (a + bx_2 + cx_2^2 - y_2)^2 + \dots \\ &\dots + (a + bx_n + cx_n^2 - y_n)^2 \end{aligned} \quad (5.10)$$

(5.10) муносабатда а, в, с лар топилиши керак номаълумлар бўлиб, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ маълум коэффициентлар ҳисобланади.

$f(a, b, c)$ функциянинг минимал қийматини аниқлаш учун

(5.10) муносабатдан а, в, с лар бўйича хусусий ҳосиласини олиб, уни нольга тенглаштириш зарур:

$$\frac{\partial f}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial b} = 0; \quad \frac{\partial f}{\partial c} = 0;$$

(5.10) муносабатдан

$$\left. \begin{aligned} (a+bx_1+cx_1^2-y_1)+(a+bx_2+cx_2^2-y_2)+\dots+(a+bx_n+cx_n^2-y_n) &= 0 \\ x_1(a+bx_1+cx_1^2-y_1)+x_2(a+bx_2+cx_2^2-y_2)+\dots+x_n(a+bx_n+cx_n^2-y_n) &= 0 \\ x_1^2(a+bx_1+cx_1^2-y_1)+x_2^2(a+bx_2+cx_2^2-y_2)+\dots+x_n^2(a+bx_n+cx_n^2-y_n) &= 0 \end{aligned} \right\} (5.11)$$

Бу тенгламалар системаси а, b, с ларга нисбатан мавжуд алгебраик усуллар асосида ечилади. (5.11) системанинг тенгламалари сони номаълумларнинг сонига тенг, (5.9) муносабатдаги тенгламалар сони эса X_i, Y_i жуфтликларнинг сони билан белгиланади.

Аппроксимацияловчи функциянинг аниқлик даражасини топиш учун куйидаги муносабат ҳисобланади:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n-1}} \quad (5.12)$$

Бу ерда: σ - ўртача квадрат хатолик бўлиб, унинг қиймати эмпирик функциянинг жадвалдаги қийматларининг ўрта арифметик миқдорининг 10% дан ошмаслиги керак. Акс ҳолда аппроксимация функцияси сифатида юқорироқ даражали кўнҳад ишлатилади.

Лагранжнинг интерполяциялаш формуласи асосида рационал кучланишни аниқлаш

Иккита бир-бирига боғланган миқдорларнинг Декарт координат системасидаги n - та нуқталари берилган бўлса, бундай функциянинг аналитик ифодасини, маълум аниқликда, Лагранжнинг интерполяциялаш формуласи асосида ушбу кўринишда ёзиш мумкин.

$$F(x) = F_0(x) \cdot y_0 + F_1(x) \cdot y_1 + \dots + F_n(x) \cdot y_n \quad (5.13)$$

Бу ерда: $F_0(x), F_1(x), \dots, F_n(x)$ (5.13) муносабатнинг коэффициентлари бўлиб куйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} F_0(x) &= \frac{(x-x_1) \cdot (x-x_2) \cdot \dots \cdot (x-x_n)}{(x_0-x_1) \cdot (x_0-x_2) \cdot \dots \cdot (x_0-x_n)} \\ F_1(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_2) \cdot \dots \cdot (x-x_n)}{(x_1-x_0) \cdot (x_1-x_2) \cdot \dots \cdot (x_1-x_n)} \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$F_n(x) = \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot \dots \cdot (x-x_{n-1})}{(x_n-x_0) \cdot (x_n-x_1) \cdot \dots \cdot (x_n-x_{n-1})}$$

(2.13), (2.14) муносабатлардаги $X_0, Y_0; X_1, Y_1; \dots X_n, Y_n$ берилган нуқталарнинг координатлари.

Корхоналарнинг электр таъминоти масалаларида стандарт кучланиш билан келтирилган йиллик харажатлар орасидаги аналитик ифодани аниқлаш талаб этилади. Бу муносабат координатлари куйидагича бўлган нуқталардан ўтиши керак:

$$U_1, Z_1; U_2, Z_2; U_3, Z_3; \dots U_n, Z_n$$

Бу ерда $U_1, U_2, \dots U_n$ - стандарт кучланишлар ва $Z_1, Z_2, \dots Z_n$ шу кучланишларга мос келадиган келтирилган йиллик харажатлар. Берилган бошлангич маълумотлар асосида Лагранж формуласи ушбу кўринишда ёзилади:

$$Z = F_1(U) \cdot Z_1 + F_2(U) \cdot Z_2 + \dots + F_n(U) \cdot Z_n \quad (5.15)$$

Бу ерда:

$$F_1(U) = \frac{(U-U_2) \cdot (U-U_3) \cdot \dots \cdot (U-U_n)}{(U_1-U_2) \cdot (U_1-U_3) \cdot \dots \cdot (U_1-U_n)}$$

$$F_2(U) = \frac{(U-U_1) \cdot (U-U_3) \cdot \dots \cdot (U-U_n)}{(U_2-U_1) \cdot (U_2-U_3) \cdot \dots \cdot (U_2-U_n)}$$

$$\dots$$

$$F_n(U) = \frac{(U-U_1) \cdot (U-U_2) \cdot \dots \cdot (U-U_{n-1})}{(U_n-U_1) \cdot (U_n-U_2) \cdot \dots \cdot (U_n-U_{n-1})}$$

(5.15) муносабат асосида электр таъминоти тизимининг барча вариантлари учун U ва Z орасидаги аналитик формулаларни ёзиш мумкин. Масалани соддалаштириш мақсадида (2.15) муносабатни Декарт координат системасида учта нуқта берилган ҳолат учун, яъни $U_1, Z_1; U_2, Z_2; U_3, Z_3$ координатли нуқталар учун ёзамиз:

$$Z = F_1(U) \cdot Z_1 + F_2(U) \cdot Z_2 + F_3(U) \cdot Z_3 \quad (5.17)$$

Бу ерда:

$$\begin{aligned}
 F_1(U) &= \frac{(U-U_2) \cdot (U-U_3)}{(U_1-U_2) \cdot (U_1-U_3)} \\
 F_2(U) &= \frac{(U-U_1) \cdot (U-U_3)}{(U_2-U_1) \cdot (U_2-U_3)} \\
 F_3(U) &= \frac{(U-U_1) \cdot (U-U_2)}{(U_3-U_1) \cdot (U_3-U_2)} \quad (5.18)
 \end{aligned}$$

Куйидаги белгилашларни киритиб:

$$A = (U_1 - U_2) \cdot (U_1 - U_3),$$

$$B = (U_2 - U_1) \cdot (U_2 - U_3),$$

$$C = (U_3 - U_1) \cdot (U_3 - U_2),$$

(5.18) муносабатларни (5.17)га қўямиз. У ҳолда $z=f(U)$ функциясининг аналитик ифодаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$\begin{aligned}
 z = & \frac{3_1}{A} [U^2 \quad U(U_2 + U_3) + U_2 \quad U_3] + \frac{3_2}{3} [U^2 \quad U(U_1 + U_3) + U_1 \quad U_3] + \\
 & + \frac{3_3}{e} [U^2 \quad U(U_1 + U_2) + U_1 \quad U_2] \quad (5.19.)
 \end{aligned}$$

Келтирилган йиллик харажатлар бўйича рационал кучланишни топиш учун (5.19) муносабатни кучланиш бўйича дифференциаллаб, нольга тенглаштирамиз.

$$\frac{\partial z}{\partial U} = \frac{3_1}{A} [2U - (U_2 + U_3)] + \frac{3_2}{3} [2U - (U_1 + U_3)] + \frac{3_3}{e} [2A - (U_1 + U_2)] = 0$$

Бундан

$$\begin{aligned}
 U_{\text{opt}} = & \frac{\frac{3_1}{A} (U_2 + U_3) + \frac{3_2}{3} (U_1 + U_3) + \frac{3_3}{e} (U_1 + U_2)}{2 \left(\frac{3_1}{A} + \frac{3_2}{3} + \frac{3_3}{e} \right)} \quad (5.20)
 \end{aligned}$$

(5.20) муносабат асосида корхонага узатиладиган электр энергиясининг ностандарт рационал кучланиши аналитик усулда аниқланади. Берилган тўртта ёки бешта нуқталарнинг координатлари асосида рационал кучланишни аниқлашнинг (5.20) га нисбатан мураккаб бўлган формулалари адабиётларда келтирилган.

Рационал кучланишни аниқлашдаги қийин меҳнат жараёнларини камайтириш мақсадида лойиҳалаштиришда учрайдиган вариантлар учун барча ҳисоб-китоблар бажарилган ва керакли

цифрограммалар, номограммалар тузилган. Улардан фойдаланиб, саноат корхонасининг қувватини, манбадан узоқлигини, электр энергиясининг нархини ва электр таъминоти схемаларини ҳисобга олган ҳолда рационал кучланишнинг тахминий қийматини аниқлаш мумкин.

Мисол: Учта стандарт кучланишлар ва буларга тўғри келадиган йиллик келтирилган харажатлар қийматлари бўйича рационал кучланишни Лагранж усули асосида аниқланг.

$$U_1 = 6кВ \quad Z_1 = 6540 \text{ минг сўм}$$

$$U_2 = 10кВ \quad Z_2 = 4860 \text{ минг сўм}$$

$$U_3 = 35кВ \quad Z_3 = 6970 \text{ минг сўм}$$

Ечим: Учта нукта бўйича рационал кучланиш катталигини аниқлаш тенгламаси

$$U_{opt} = \frac{\frac{Z_1}{A}(U_2 + U_3) + \frac{Z_2}{B}(U_1 + U_3) + \frac{Z_3}{Q}(U_1 + U_2)}{2\left(\frac{Z_1}{A} + \frac{Z_2}{B} + \frac{Z_3}{Q}\right)}$$

$$\text{бу ерда: } A = (U_1 - U_2)(U_1 - U_3) = (6 - 10)(6 - 35) = 116$$

$$B = (U_2 - U_1)(U_2 - U_3) = (10 - 6)(10 - 35) = -100$$

$$Q = (U_3 - U_1)(U_3 - U_2) = (35 - 6)(35 - 10) = 725$$

унда

$$U_{opt} = \frac{\frac{6540}{116}(10 + 35) + \frac{4860}{-100}(6 + 35) + \frac{6970}{725}(6 + 10)}{2\left(\frac{6540}{116} + \frac{4860}{-100} + \frac{6970}{725}\right)} = 20,5кВ$$

5.2. Куч трансформаторларини танлаш

Корхонанинг рационал электр таъминоти тизимини яратишда БПП ва цех подстанцияларидаги куч трансформаторларининг сони ва қувватларини техник ва иқтисодий нуктаи назардан тўғри танлаш катта аҳамиятга эга. Техник кўрсаткичларга электр таъминоти схемасининг ишончилиги, эксплуатацияда қулайлиги,

жиҳозларнинг узок муддат ишлай олиши, автоматлашганлик даражаси ва ҳ.к. киради. Иқтисодий кўрсаткичларни эса асосан бошланғич капитал маблағ ва йиллик сарф-харажатлар ташкил қилади. Корхона учун куч трансформаторларининг сони ва қувватларини танлашда икки ёки кўп вариантлар таҳлил қилиниб, улардан энг маъқули олинади.

Вариантларнинг иқтисодий эффе́ктивлигини аниқлашда қуйидаги формулалардан фойдаланилади:

$$T = \frac{K_B - K_A}{C_A - C_B} \quad (5.21)$$

ёки

$$Z = P_n K + C \quad (5.22)$$

Бу ерда: K_A, K_B - А ва Б вариантлар учун кетадиган бошланғич капитал маблағлар, [минг сўм]; C_A, C_B - ушбу вариантлар учун йиллик эксплуатация сарф - харажатлари, [минг сўм/йил]; Z йиллик келтирилган сарф-харажатлар; T -чиқимларни қоплаш муддати, бу даврда капитал маблағи катта бўлган вариантда йиллик эксплуатация сарф-харажатларининг камлиги ҳисобига бошланғич маблағнинг қўшимча чиқимлари қопланади. T га тесқари бўлган миқдорни иқтисодий эффе́ктивлик коэффи́циенти дейилади.

$$P_n = \frac{1}{T} \quad (5.23)$$

Энергетиканинг ҳисоб-китоб ишларида чиқимларни қоплаш меъёрий (норматив) қиймати белгиланган. Шунга биноан

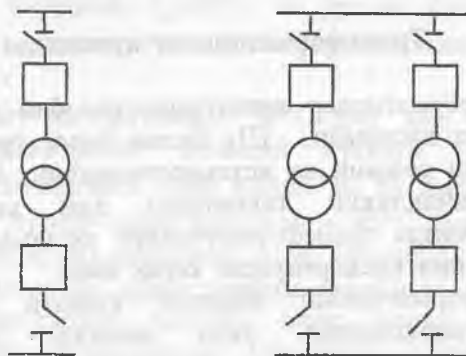
$$P_n = \frac{1}{T_n} \quad - \quad \text{меъёрий иқтисодий эффе́ктивлик}$$

коэффи́циенти бўлиб, унинг қийматини 0,15 га тенг деб қабул қилинган. У ҳолда чиқимларни қоплашнинг меъёрий муддати

$$T_n = \frac{1}{P_n} = 6,67 \quad \text{-йилни ташкил этади.}$$

Корхона электр таъминоти тизимидаги трансформаторлар танланганда уларнинг иккита ёки учта стандарт қувватли бўлишига эришиш мақсадга мувофиқдир. Бунда захирадаги трансформаторлар сони камайиб, бузилганини алмаштириш осонлашади.

35 кВ ва ундан катта кучланишли подстанцияларнинг схемаларида юқори кучланишли томонларида узгичлар ишлатилмаса, таъминот тизими катта миқдорда арзонлашади. Барча чекка подстанциялар лойиҳалаштирилганда юқори кучланишли қисмга узгичлар ўрнига қисқа туташтиргичлар ва ажратгичлар қабул қилиш тавсия этилади. Цех подстанцияларида трансформаторларни юқори кучланишли линияларига айиргичлар ёки айиргич - сақлагичлар, ёки юкломани ўчиргич - сақлагичлар орқали улаш тўғри бўлади.



5.2-расм

БШП ва МТП лардаги трансформаторлар сони электр таъминотига бўлган ишончлилик даражаси билан аниқланади. Кўрсатилган тасвирда бир ва икки трансформаторли подстанциянинг схемалари келтирилиб, уларда юқори кучланишли айиргич, узгич ва трансформатор ҳамда кичик кучланишли узгич ва айиргичлар кетма-кет уланган.

Келтирилган схемалардан иккинчиси истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлашда ишончли ҳисобланади. Бир трансформатор ишдан чиқса, иккинчиси бузилган трансформаторни таъмирлаш ёки алмаштиришга кетадиган вақт оралиғи учун 100% - ли ишончлиликни таъминлайди.

Биринчи тоифали истеъмолчиларни иккита трансформаторли подстанциялардан таъминлаш зарур бўлиб, ҳар бир трансформатор айрим шина секцияларига уланиши керак. Кичик кучланишли ишчи шиналар секциялари ҳам алоҳида сақланади. Бу эса кичик кучланишли тармоқларнинг иш

шароитларини яхшилаб, қ.т. токининг микдорини икки мартаба камайтиради.

Иккинчи тоифали истеъмолчиларни икки трансформаторли ёки бир трансформаторли подстанциядан (захирадаги трансформаторни бирор соат давомида алмаштириш имкони бўлганда) энергия билан таъминлаш мумкин.

Учинчи тоифали истеъмолчилар захирада трансформатор мавжуд бўлганда, бир трансформаторли подстанцияга уланишлари мумкин.

Трансформаторнинг қувватини танлаш

Трансформаторлар қувватлари ҳисобий юкламаларга мос равишда қабул қилинади. Шу билан бирга трансформаторнинг иқтисодий иш режими ва истеъмолчиларнинг электр таъминоти бўйича ишончликни таъминлаш ҳам ҳисобга олинади. Меъёрий шароитда трансформаторнинг юкмаси унинг табиий ишлаш муддатини қисқартириши керак эмас.

Трансформаторнинг номинал қуввати деганда шундай юкланиш тушуниладики, унда номинал иш шароитида, белгиланган ишлаш муддати давомида (тахминан 20 йил) трансформатор узлуксиз ишлай олади. Трансформаторнинг нормал иш шароитида қуйидаги шартлар бажарилиши зарур:

1. Совитувчи муҳитнинг ҳарорати - 20 °С;
2. Трансформатор ёғининг ўртача ҳарорати атроф-муҳит ҳароратидан 44°С га (М ва Д совитиш тизимлари учун) ёки 36°С га (ДЦ, Ц совитиш тизимлари учун) ошмаслиги керак;
3. Чулғамнинг энг қизиган нуқтасидаги ҳарорат унинг ўртача ҳароратидан 13°С га ошмаслиги зарур;
4. Қ. т. нобудгарчилигининг салт ишлаш нобудгарчилигига нисбати тахминан бешга тенг бўлиши керак;
5. Изоляция ҳарорати ўртача (85°С) ҳароратга нисбатан 6°С ўзгарса, унинг ишлаш муддати икки мартабага ўзгаради;
6. Ўтиш жараёнларида трансформатор ёғининг юза қисмидаги ҳарорат 95°С дан, чулғам металлининг энг қизиган қисмининг ҳарорати эса 140° С дан ошмаслиги керак.

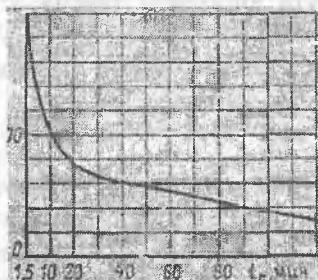
Атроф-мухит ҳароратининг ошиши трансформатор изоляцияси эскиришини тезлаштиради. Атроф-мухитнинг йиллик ўртача ҳарорати $\theta_{\text{ўрт}} \neq 5^\circ\text{C}$ бўлса, трансформаторнинг номинал қуввати унинг паспортида кўрсатилган қувватдан фарқли бўлади, яъни

$$S_{\text{итт}} = S_{\text{итт}} \left(1 + \frac{5 - \theta_{\text{ўрт}}}{100} \right) \quad (5.24)$$

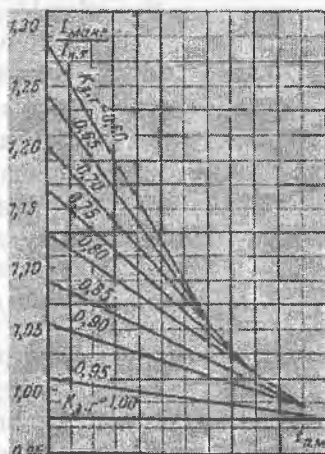
Бу ерда: $S_{\text{итт}}$ - трансформаторнинг номинал қуввати; $S_{\text{итт}}$ - атроф-мухитнинг ҳарорати $\theta_{\text{м}}=35^\circ\text{C}$ ва ўртача йиллик ҳарорат $\theta_{\text{ўрт}} \neq 5^\circ\text{C}$ бўлган шароит учун трансформаторнинг паспортида кўрсатилган қувват.

Атроф-мухит ҳароратининг 35°C дан ҳар бир градусга ошиши трансформаторнинг номинал қуввати мос равишда кўшимча 1% га камайишига олиб келади ва бу жараён $\theta_{\text{м}}=45^\circ\text{C}$ гача давом этади. Атроф-мухит ҳарорати $+45^\circ\text{C}$ дан ортса, совитиш тизими ишини жадаллаштириш зарур бўлади.

Трансформаторлар қувватларини танлашда уларнинг ўта юкланиш имкониятларини ҳисобга олиш керак. Акс ҳолда, ўрнатилаётган трансформаторнинг қувватини заруриятсиз катта қабул қилишга тўғри келади. Эксплуатация жараёнида трансформаторларни систематик ёки фавқулодда ҳолатларда ўта юклатиш мумкин.



5.3-расм



5.4-расм

юклатиш мумкин.

1. Трансформаторни фавкулудда (авария) ҳолатда 5 сутка давомида 40% гача ўта юклатишга рухсат этилади. Бундай юклатишнинг вақти ҳар суткада 6 соатдан ошмаслиги керак. Бунинг учун авария ҳолатигача трансформаторнинг юкламаси унинг паспортда кўрсатилган қувватнинг 0,93 қисмидан ошмаган бўлиши зарур. Қисқа муддатли ўта юклатиш миқдорининг совитиш тизими М, ДЦ ва Ц бўлган трансформаторлар учун 5.3-расмда кўрсатилган график ёрдамида аниқланади.

Трансформаторнинг систематик равишда ўта юкланиш имконияти юкланиш графигининг тўлдириш коэффициентига боғлиқ.

$$K_m = \frac{S_{\text{ўрм}}}{S_m} \quad (5.25)$$

Бу ерда: $S_{\text{ўрм}}$ - юкламанинг ўртача қиймати.

S_m - юкламанинг максимал қиймати.

5.4-расм дан фойдаланиб, максимал юкламанинг давомийлиги ва K_T нинг миқдорига қараб, трансформаторнинг, сутка давомида жоиз систематик ўта юкланишнинг қийматини аниқлаш мумкин. Трансформаторнинг қўшимча систематик юкламасини қуйидаги ифода орқали ҳам аниқлаш мумкин:

$$S_k = S_{\text{нмм}}(1 - K_m)0,3 \quad (5.26)$$

Бу ерда: S_k - трансформаторнинг максимал юкланиш вақти учун жоиз қўшимча юкланиш миқдори. Бундан ташқари трансформаторни ёз фаслида кам юклама билан ишлаганлигини ҳисобга олиб, қишда уни ўта юклатиш мумкин. Ёз давридаги ҳар 1% кам юкланишга қишда шунча ўта юкланиш тавсия этилади. Лекин, унинг миқдори 15% дан ошмаслиги керак. Умуман олганда систематик ўта юкланишда қуйидаги шарт бажарилиши талаб этилади.

$$S_m \leq 1,3 S_{\text{нмм}}$$

Бу ерда: S_m - трансформаторнинг юкламаси. Эксплуатация жараёнида трансформаторнинг иқтисодий рационал иш режимини таъминлаш талаб этилади. Бу дегани трансформаторларда ва бутун электр таъминоти тизимида актив қувват нобудгарчилигининг миқдори энг кам бўлиши керак. Бундай нобудгарчиликни келтирилган нобудгарчилик деб аталади ва у қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\Delta P'_m = \Delta P_{cu} + K_{\text{ю}}^2 \Delta P'_{\text{км}} \quad (5.27)$$

Бу ерда:

$\Delta P'_{cu} = \Delta P_{cu} + K_{\text{y}} \Delta Q_{cu}$ - трансформаторнинг салт иш режими учун келтирилган қувват нобудгарчилиги;

$\Delta P'_{\text{км}} = \Delta P_{\text{км}} + K_{\text{y}} \Delta Q_{\text{км}}$ - трансформаторнинг қ.т. режими учун келтирилган қувват нобудгарчилиги;

K_{y} - нобудгарчиликнинг ўзгариш коэффициенти;

ΔP_{cu} - трансформаторнинг юксиз ҳолатидаги актив қувват исрофи (маълумотномаларда берилади);

$\Delta P_{\text{км}}$ - қисқа туташув режимидаги актив қувват нобудгарчилиги (маълумотномалардан олинади);

$$K_{\text{ю}} = \frac{S_{\text{ю}}}{S_{\text{нтт}}} \text{ - юкланиш коэффициенти;}$$

$S_{\text{ю}}$ - трансформаторининг юкламаси;

$S_{\text{нтт}}$ - трансформаторнинг паспортида кўрсатилган қувват;

$$\Delta Q_{cu} = S_{\text{нтт}} \frac{I_{cu} \%}{100} \text{ - трансформаторнинг салт иш режимидаги реактив қувват;}$$

$$\Delta Q_{\text{км}} = S_{\text{нтт}} \frac{U_k \%}{100} \text{ - трансформаторнинг қисқа туташув режимидаги реактив қувват;}$$

$I_{cu} \%$ - салт иш режимидаги ток (маълумотномаларда берилади);

$U_k \%$ - трансформатор қ.т. режимида кучланиши (маълумотномаларда берилади)

(5.27) муносабатни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\Delta P'_m = \Delta P'_{cu} + \frac{\Delta P'_{\text{км}}}{S_{\text{нтт}}^2} S_{\text{ю}}^2 \quad (5.28)$$

Ифодани соддалаштириш мақсадида ушбу белгилашларни

киритамиз: $\Delta P'_{cu} = a$; $\frac{\Delta P'_{\text{км}}}{S_{\text{нтт}}^2} = b$

У ҳолда

$$\Delta P'_m = a + bS_{ю}^2 \quad (5.29)$$

(5.29) асосида электр таъминоти тизимидаги келтирилган нобудгарчилик миқдори ва электр юклама орасидаги боғланишни чизишимиз мумкин. 5.5-расмда 1 ва 2 трансформаторларнинг алоҳида ва параллел ишлаган ҳолатлардаги актив нобудгарчилигининг ўзгариш графиклари келтирилган. Келтирилган графикларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, юклама $0+S_1$ оралиғида бўлганда, биринчи трансформатор юкланиши керак, чунки бу ҳолда биринчи трансформаторнинг келтирилган актив қувват нобудгарчилиги минимум бўлади. Агар $S_{ю} \leq S_{ю} \leq S_3$ шарт бажарилса, иккинчи трансформаторни юклатиш мақсадга мувофиқ. Агар $S_{ю} > S_3$ бўлса, иккала трансформаторларни параллел улаб юклатилганда нобудгарчиликларнинг миқдори кичик бўлади.

А нуктада $\Delta P'_{T1} = \Delta P'_{T2}$ бўлганлиги учун

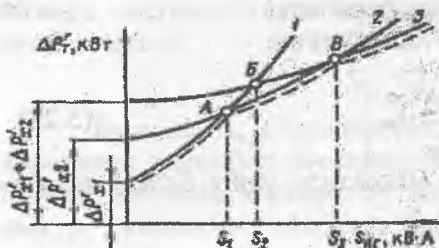
$$\text{ва } S_{ЮА} = \sqrt{\frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}} \quad \text{ёки } S_{ЮА} = \sqrt{\frac{a_1 - a_2}{b_2 - b_1}} \quad (5.30)$$

Подстанцияда бир хил иккита трансформатор мавжуд бўлса,

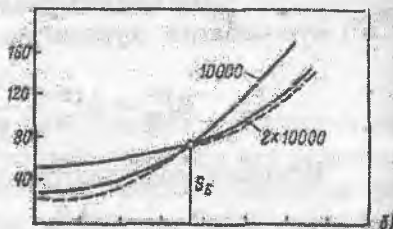
$$a_1 = \Delta P'_{cu}; \quad b_1 = \frac{\Delta P'_{\kappa m}}{S_{\text{мин}}^2}$$

$$a_2 = \Delta P'_{cu}; \quad b_2 = \frac{2 \Delta P'_{\kappa m}}{(2 S_{\text{мин}}^2)^2} = \frac{\Delta P'_{\kappa m}}{2 S_{\text{мин}}^2}$$

$$S_{ЮА} = \sqrt{\frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}} = S_{\text{мин}} \sqrt{2 \frac{\Delta P'_{cu}}{\Delta P'_{\kappa m}}} \quad (5.31)$$



5.5-расм



5.6-расм

Мисол. Подстанцияда ўрнатилган иккита $S_{\text{нмн}}=10\text{МВА}$ қувватли трансформаторларнинг иқтисодий мақсадга мувофиқ режимлари аниқлансин. Трансформаторнинг техник кўрсаткичлари қуйидагича: $\Delta P_{\text{cu}}=15\text{кВт}$, $\Delta P_{\text{км}}=58\text{ кВт}$, $U_{\text{к}}=10,5\%$, $I_{\text{cu}}=0,75\%$;

Ечиш. Битта трансформатордаги нобудгарчиликлар юқорида келтирилган формулалар орқали қуйидагича аниқланади:

$$\Delta Q_{\text{cu}} = 10 \cdot \frac{0,75}{100} \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{\text{км}} = 10 \cdot \frac{105}{100} = 1050 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P'_{\text{cu}} = 15 + 0,05 \cdot 75 = 19 \text{ кВт}$$

$$\Delta P'_{\text{км}} = 58 + 0,05 \cdot 1050 = 110 \text{ кВт}$$

Бу ерда нобудгарчиликнинг ўзгариш коэффициенти миқдори $K_{\text{у}}=0,05\text{ кВт/кВАр}$ деб қабул қилинади.

$$\Delta P'_T = \Delta P'_{\text{cu}} + K_{\text{ю}}^2 \Delta P'_{\text{км}} = 19 + K_{\text{ю}}^2 \cdot 110 \text{ кВт}$$

(5.31) муносабатдан

$$S_A = 10 \cdot \sqrt{2 \frac{19}{110}} \approx 5,8 \text{ МВА}$$

Демак, подстанциянинг юкламаси 5,8 МВА дан кам бўлса, (5.6-расм) фақат битта трансформатор юкланиши керак. Агар юклама бу миқдордан катта бўлса, иккала трансформаторни параллел улаб ишлатиш зарур.

Трансформаторларнинг сони ва қувватларини аниқлаш бўйича умумий кўрсатмалар

Саноат корхоналари истеъмолчиларининг электр таъминотида зарур бўлган қудратли трансформаторларнинг сони, қуввати ва типларини танлашда қуйидаги тартиб тавсия этилади:

1. Подстанцияда ўрнатиладиган трансформаторларнинг сони истеъмолчиларнинг электр таъминотининг ишончилигига бўлган талабидан келиб чиқади. Масалан, биринчи тоифали истеъмолчилар учун подстанцияга иккита трансформатор ўрнатилиши мақсадга мувофиқдир.

2. Подстанциядаги трансформаторлар қувватини ҳисобий тўла қувват асосида танланади.

$$S_{X\Sigma} = \sqrt{P_{X\Sigma}^2 + Q_{X\Sigma}^2} \quad (5.32)$$

Бу ерда: $P_{X\Sigma}$, $Q_{X\Sigma}$ - корхонанинг ҳисобий актив ва реактив қувватлари. $Q_{X\Sigma}$ аниқланганда корхонада ўрнатилган реактив қувватни компенсацияловчи қурилмаларнинг қувватини ҳисобга олиш керак. Агар саноат корхонасининг БПП иккита трансформатор ўрнатилиши зарур бўлса, уларнинг ҳар бирининг номинал қуввати қуйидагича аниқланади:

$$S_{nm} \geq \frac{S_{X\Sigma}}{2 \cdot 0,7} \quad (5.33)$$

Авария ҳолатлари учун трансформаторнинг ўта юкланиш имконияти текшириб кўрилади.

$$1,4 \cdot S_{nm} \geq S_{X\Sigma} \quad (5.34)$$

Бу ерда ҳисобий қувват $S_{X\Sigma}$ аниқланганда, III тоифали истеъмолчилар эътиборга олинмайди.

Цех подстанцияларида трансформаторларни қабул қилишда юклама зичлиги ҳам ҳисобга олинади:

$$\sigma_{ю} = \frac{S_X}{F} \quad (5.35)$$

Бу ерда: S_X - цех, корпус ёки бўлимнинг ҳисобий юкламаси;

F - цех, корпус ёки бўлим майдонининг юзаси.

Агар $\sigma_{ю} \leq 0,2 \text{ кВА} / \text{м}^2$ бўлса, трансформаторнинг қуввати 1000 кВА ёки ундан кичик бўлгани маъқул $\sigma \leq (0,2 \div 0,3) \text{ кВА} / \text{м}^2$ оралиғида-1600кВА ва $\sigma_{ю} > 0,3 \text{ кВА} / \text{м}^2$ да 1600 ёки 2500 кВА ли трансформаторнинг қабул қилиниши мақсадга мувофиқ бўлади.

Трансформаторларнинг рационал юкланиш коэффициенти куйидагича олиш тавсия этилади:

Икки трансформаторли подстанцияларнинг юкламаларида I тоифали истеъмолчилар кўпчиликни ташкил этганда, $K_{\text{ю}}=0,65 \div 0,7$;

бир трансформаторли подстанцияларда, кичик кучланишда бошқа подстанциядан резерв линия мавжудлигида, $K_{\text{ю}}=0,7 \div 0,8$;

II тоифали истеъмолчилар кўпчиликни ташкил қилиб, марказлаштирилган захирада трансформатор мавжуд бўлганида ёки подстанция юкламалари III тоифали истеъмолчилардан иборатлигида, $K_{\text{ю}}=0,9 \div 0,95$.

3. Подстанциядаги трансформаторлар қувватларининг мумкин бўлган вариантлари, фавқулодда ҳолатдаги ва систематик ўта юкланишларни ҳисобга олган ҳолда кўриб чиқилади. Белгиланган вариантлардан техник-иқтисодий кўрсаткичлари энг оптимал бўлгани қабул қилинади.

4. Подстанциянинг келажакда юкласининг ортишини ҳисобга олиб, унинг биноси фундаментини юқори қувватли трансформаторга мўлжаллаб бажарилади ёки подстанциянинг кўшимча трансформатор ўрнатиш эвазига кенгайтириш назарда тутилади.

Мисол: Корхона бош пасайтирувчи подстанциясидаги трансформаторнинг сони ва қувватини, максимал юклама $S_{\text{MAX}} = 22000 \text{ кВА}$ ва максимум вақти 2,5 соат бўлганда аниқланг. Ўртача кунлик юклама $S_y = 19000 \text{ кВА}$. I ва II категория истеъмолчилари 73% S_{MAX} ни ташкил қилади.

Ечиш: 1) Корхонада I категория истеъмолчилари бўлгани сабабли БПП да 2 та трансформатор ўрнатамиз.

2) Юклама графигини тўлдириш коэффициентини аниқлаймиз:

$$k = S_y / S_{\text{MAX}} = 19000 / 22000 = 0,86$$

3) k_k нинг қиймати ва $t = 2,5$ соат максимум вақти бўйича рухсат этилган юкламанинг карралик коэффициенти $k_k = I_{\text{MAX}} / I_{\text{НОМ}} = S_{\text{MAX}} / S_{\text{НОМ}}$.

Бу катталиқни эгри чизиклардан, $t = 2,5 \text{ с}$ ва $k = 0,86$ учун рухсат этилган юклама карралиги коэффициенти $k_k = 1.08$ эканлигини аниқлаймиз.

4) Трансформаторларнинг номинал қувватини аниқлаймиз

$$S_{ном} = S_{max} / k_k = 22000 / 1.08 = 20370 \text{кВА}$$

БПП да қуввати 16 000 кВА бўлган иккита трансформатор қабул қиламиз.

Бунда, номинал режимда юкланиш коэффициенти

$$k_{ю} = \frac{S_{max}}{2S_{ном}} = \frac{22000}{2 \cdot 16000} = 0,68, \text{ бу иқтисодий режимга тўғри келади.}$$

Трансформаторларнинг танланган қувватини, трансформаторларни 40% га ўта юклаш қобилиятини ҳисобга олган ҳолда, авария режимига текшираемиз:

$$1,4S_{ном} = 1,4 \cdot 16000 = 22400$$

Демак, трансформаторнинг танланган қуввати (2x16000кВА) корхонани нормал ва авария ҳолатларида электр билан таъминлайди.

5.3. Корхона бош пасайтирувчи подстанциясининг ўрнатиш жойини аниқлаш

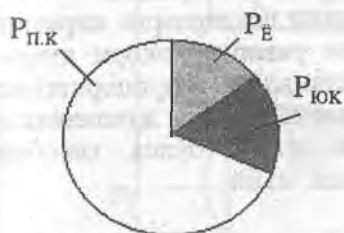
Саноат корхоналарининг бош пасайтирувчи подстанцияларида электр энергетикаси тизимидан узатилган юқори кучланишли (35,110,220 кВ) электр энергиясини 6 ёки 10 кВ ли кучланишга пасайтирилади.

БПП нинг ўрнатилиши жойини тўғри танлаш саноат корхонасининг электр таъминоти тизимини оптимал лойиҳалашдаги асосий масалалардан бири ҳисобланади.

Корхонанинг электр таъминотини лойиҳалаштиришда унинг бош плани берилиб, унда барча цехлар ва бошқа объектлар кўрсатилади. Цехларнинг жойланиши корхонанинг технологик жараёнидан келиб чиқади. Планда цех ва бошқа объектлардаги қурилмаларнинг ўрнатилган қувватлари кўрсатилади. Булардан ташқари айрим цех ва корхонанинг актив ва реактив қувватларининг ёзги ва қишки фаслларида тегишли бўлган характерли кунлик графиклари бериледи.

Корхонанинг БПП, МТП ларнинг жойланиш ўринларини тўғри танлаш электр таъминоти тизимига кетадиган сарф-харажатларни камайтиради.

БПП жойланиш ўрнини танлаш учун корхона бош планига юкламалар картограммаси чизилади. Картограмма деганда ҳар бир цех, объектлар майдонларида чизилган доиралар тушунилади. Уларнинг марказлари қилиб объектлар, цехлар планларининг марказлари олинади. Чизилган доираларнинг юзалари, олинган



5.7-рәсм

масштабда, цех юкламаларига тенг бўлади. Цех ёки корхона юкламаларининг марказлари электр энергия қабул қилувчиларнинг символик маркази ҳисобланади. БПП ва цех подстанцияларини имконият борича ушбу марказга жойлаштириш керак. Бу эса юқори кучланишли электр энергиясини истеъмолчиларга яқинлаштиради, юқори ва паст кучланишли тарқатувчи электр тармоқларининг узунлигини қисқартиради,

сарфланадиган ўтказгичлар узунликларини камайтиради ва электр энергиясининг нобудгарчилиги озайишига олиб келади. Булардан ташқари юкламалар картограммаси асосида электр юкламаларни корхона худудида қандай тақсимланганлигини тассавур қилиш имконияти яратилади.

Картограммани актив ва реактив юкламалар учун алоҳида алоҳида қуриш мақсадга мувофиқдир. Чунки актив ва реактив қувват истеъмолчиларнинг корхона майдони бўйича жойлашишлари ҳар хил бўлиб, улар айрим-айрим манбаларга уланишлари мумкин.

Картограмма доираларининг радиуслари қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$r_{ia} = \sqrt{P_{xi}/\pi m}; \quad r_{ip} = \sqrt{Q_{xi}/\pi m}; \quad (5.36)$$

Бу ерда: P_{xi} - i - цехнинг ҳисобий актив қуввати;
 Q_{xi} - i - цехнинг ҳисобий реактив қуввати;
 m - доира юзини аниқлаш учун масштаб.

Актив юкламаларнинг таъминоти электр системасидан ба- жарилса, реактив қувват манбаи сифатида махсус конденсатор бигареяларини, синхрон компенсаторларни, реактив қувватнинг инертилли статик манбалари ишлатилиши мумкин. Реактив қувват манбаларини ўрнатиш жойи реактив қувват картограммаси асоси-

да юкламаларнинг символик марказини аниқлаш натижасида топилди. Реактив қувват компенсаторлари ўринларини нотўғри танлаш реактив қувват оқимларини электр таъминоти тизими элементларидан кераксиз ҳаракатларига олиб келади ва электро-энергиянинг қўшимча нобудгарчиликларига сабаб бўлади.

Картограмманинг ҳар бир доирасини секторларга ажратиб мумкин. Бу секторларнинг юзалари мос равишда юқори кучланишли, паст кучланишли ва ёруғлик юкламаларига пропорционал бўлади. Агар бирор цехда юқори кучланишли, паст кучланишли истеъмолчилар ва ёритиш қурилмалари мавжуд бўлса, ҳисобий қувват уч ташкил этувчидан иборат бўлади, яъни

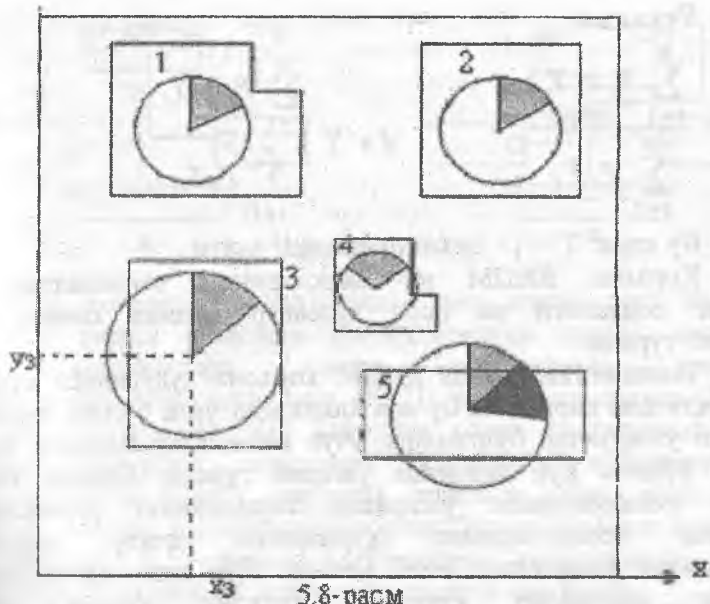
$$P_X = P_{\text{ю.к}} + P_{\text{п.к}} + P_E \quad (5.37)$$

- Бу ерда: P_X - цехнинг умумий ҳисобий актив юкласи,
 $P_{\text{ю.к}}$ - цехдаги юқори кучланишли истеъмолчиларнинг ҳисобий қуввати;
 $P_{\text{п.к}}$ - паст кучланишли истеъмолчиларнинг ҳисобий қуввати;
 P_E - ёритиш қурилмаларининг ҳисобий юкласи

5.7-расмда цех юкласининг доираси ва юқори кучланишли истеъмолчилар, ёритиш қурилмалари ҳосил қилинган юкламаларнинг секторлари кўрсатилган. Секторларнинг марказлари бурчаклари қуйидагича аниқланади.

$$\alpha_1 = \frac{P_{\text{ю.к}} \cdot 360^\circ}{P_X}; \quad \alpha_2 = \frac{P_E \cdot 360^\circ}{P_X}; \quad (5.38)$$

5.8-расмда мисол тариқасида ўртача қувватли корхонасининг юкламалар картограммаси кўрсатилган. Картограмма таҳлили кўрсатишича, корхонанинг 3- ва 5- цехлари кўп актив юкламаларга эга. Юқори кучланишли истеъмолчилар фақат 5- цехда мавжуд бўлиб, барча цехлар кичик кучланишли юкламалар ва ёритиш қурилмаларига эга. Картограмманинг асосида доираларнинг марказлари цех шаклларининг марказларига жойлаштирилган.



5.8-расм

Курилган картограмма асосида корхона юкламаларининг геометрик маркази (ЮШМ) аниқланади. Цех юкламалари унинг буйича текис тақсимланган деб фараз қилинса, ЮШМ геометрик шаклининг марказида деб қабул қилинади. Корхонанинг ЮШМини аниқлашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad (5.39)$$

Бу ерда: P_i ; x_i ; y_i - i - цехнинг ҳисобий актив қуввати ва геометрик марказининг координатлари.

Агар корхона кўп этажли бинога жойлашган бўлса, унинг геометрик марказинингани ҳам ҳисобга олиш керак. Корхонанинг геометрик марказинингани аниқлашда цехларнинг юкламалари ва уларнинг вақтларини назарда тутиб, ушбу формулалардан фойдаланиш мумкин:

Ўтказгич

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i T_i}{\sum_{i=1}^n P_i T_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i T_i}{\sum_{i=1}^n P_i T_i}; \quad (5.40)$$

Бу ерда: T_i - i - цехнинг ишлаш вақти.

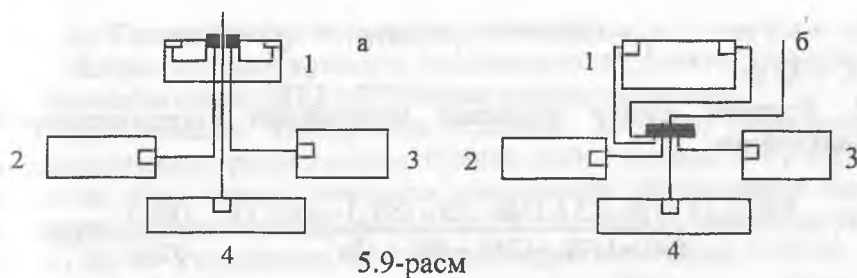
Корхона ЮШМ ни аниқлашнинг танишилган усули ўзининг соддалиги ва осон тассавур қилина олиши билан ажралиб туради.

Танишилган усулда ЮШМ корхона худудидаги қўзғалмас бир нуқта деб қаралади. Бу эса ҳақиқатан узоқ бўлиб, юкламалар графиги ўзгарувчан бўлганлиги учун юкламалар маркази корхона худуди бўйича кун давомида ўзгариб туради. Бундан ташқари цехлар сменаларининг ўзгариши, корхонанинг ривожланиши, қўшимча объектларнинг қурилиши электр юкламалар марказининг ўзгаришига олиб келади. Кун давомида юкламалар маркази қандайдир мураккаб шаклни чизади. Махсус изланишларнинг кўрсатишича бу шакл эллипсдан иборат бўлади.

Агар ҳар хил сабабларга (технологик, архитектуравий, экологик в. ҳ. к) биноан БПП ни корхонанинг ЮШМ га ўрнатишнинг иложи бўлмаса, уни ташқи электр манбаи томонга силжитиш тасвия этилади.

Агар электр энергияси системадан марказий тарқатиш пункти (МТП) орқали корхона цехларига узатиладиган бўлса, унинг ўрнатилиш жойини аниқлашда ЮШМни аниқлаш шарт эмас. МТП ўрни танланганда электр энергиясининг тескари томонга узатилишига йўл қўймаслик керак. Бундай талаб бажарилганда ўтказгич материаллари тежалади ва электр энергияси нобудгарчилиги камаяди. 5.9-расмда МТП ўрнининг тўғри (а) ва нотўғри (б) жойланишлари кўрсатилган. 5.9.б-расмда биринчи цех подстанцияларига келаётган энергиянинг йўналиши ташқи манбаи томонига тескари йўналган.

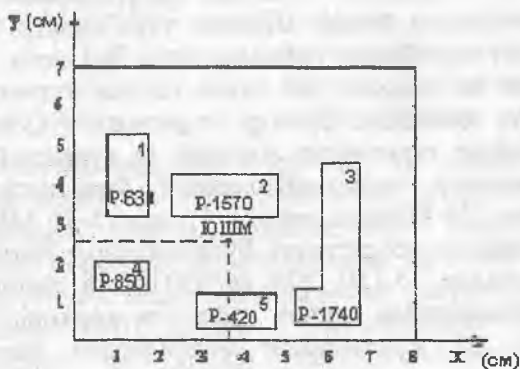
Цехларнинг трансформатор подстанцияларини иложи борича истемолчилар гуруҳига яқин жойлаштириш зарур. Бундан ташқари подстанциянинг ўрни танланганда ишлаб чиқариш биносининг шакли, технологик қурилмаларининг жойланиши, совитиш шароитлари, ёнғиндан хавфсизлиги ва ишлатиладиган электр жиҳозларининг турларини ҳисобга олиш керак бўлади.



5.9-рasm

Кўп ҳолларда подстанциялар цех ичида, цех биносига ички ёки ташқи томондан бириктирилган тарзда қурилади. Саноат корхоналари электр таъминотида комплект трансформатор подстанциялари (КТП) кенг ишлатилади. Бундай КТП лар заводлардан тўла йиғилган ҳолда келтирилади. Улар трансформаторлардан, комплект тақсимлаш қурилмаларидан (КТК) тузилган бўлиб, манзилга етказиш осон, кам жойни эгаллайди, монтаж ишларини тезкорлик билан бажариш мумкин.

Мисол: 5.10-рasmда кўрсатилган корxonанинг электр юкламалари марказининг координаталарини аниқланг:



5.10 - рasm

Ечиш: 1. Юклама жойлашишининг маркази цех майдонининг оғирлик маркази билан тўғри келади деб қабул қилиб, ушбу корхона цехларининг координаталарини аниқлаймиз. Бунинг учун завод режасида координат ўқларини чизамиз.

$$x_1 = 1,3 \text{ см} \quad x_2 = 3,5 \text{ см} \quad x_3 = 5,8 \text{ см} \quad x_4 = 1 \text{ см}$$

$$x_5 = 3,8 \text{ см}$$

$$y_1 = 4,2 \text{ см} \quad y_2 = 3,5 \text{ см} \quad y_3 = 2,5 \text{ см} \quad y_4 = 1,6 \text{ см}$$

$$y_5 = 0,8 \text{ см}$$

2. Корхона электр юкламаси марказининг координаталарини аниқлаймиз:

$$X_0 = \frac{630 \cdot 1,3 + 1570 \cdot 3,5 + 1740 \cdot 5,8 + 850 \cdot 1 + 420 \cdot 3,8}{630 + 1570 + 1740 + 850 + 420} = \frac{18852}{5210} = 3,6 \text{ см}$$

$$y_0 = \frac{630 \cdot 4,2 + 1570 \cdot 3,5 + 1740 \cdot 2,5 + 850 \cdot 1,6 + 420 \cdot 0,8}{630 + 1570 + 1740 + 850 + 420} = \frac{14187}{5210} = 2,7 \text{ см}$$

5.4. Саноат корхоналарнинг электр таъминоти схемалари

Саноат корхонасининг электр таъминоти схемаси истеъмолчилар учун зарур бўлган ишончлиликни таъминлаши, эксплуатацияда содда ва қулай бўлиши, корхонанинг келажак тарққиётини ҳисобга олиши, энг кам нобудгарчиликка эга бўлиши, таъмирлаш ишларини тезкор бажаришга имконият яратишни ҳисобга олиши ва бошланғич капитал сарф-харажатларнинг кам бўлишини таъминлаши лозим. Шунинг учун электр таъминотини лойиҳалаштириш жараёнида схемаларнинг бир неча вариантлари ишлаб чиқилади ва улардан энг яхши техник-иқтисодий кўрсаткичилиги қабул қилинади. Электр таъминотига қўйиладиган талаблар корхонанинг технологик жараёни ва қуввати билан белгиланади. Корхонадаги истеъмолчиларнинг ўрнатилган қувватига қараб улар катта (75 МВтдан ортик), ўртача (5-75 МВт) ва кичик (5 МВтгача) қувватли объектларга бўлинадилар. Йирик ва ўртача қувватли корхоналар 35,110, 220 ва 330 кВли линиялар орқали ноҳия подстанцияларидан, кичик қувватли корхоналар эса, кўп ҳолларда, 6,10 кВ кучланишли манбалардан энергия билан таъминланадилар.

Корхона таъминоти тизимини ташқи (энергосистема подстанциясидан корхонанинг БПП ёки МТП гача бўлган ҳаво ёки кабель линиялари) ва ички (БПП ёки МТП дан цех трансформатор подстанцияларигача бўлган тарқатиш линиялари) электр таъминоти тизимларига бўлиш мумкин.

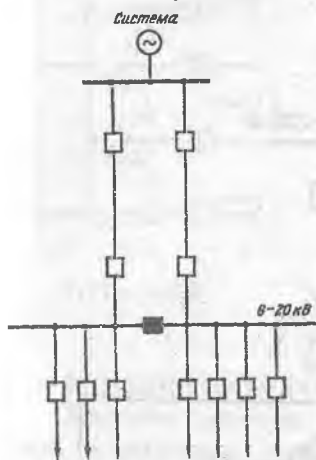
а) Ташқи электр таъминоти схемалари.

Кичик ва ўрта қувватли корхоналарнинг электр таъминотида битта қабул пункти (БПП, МПП) бўлган схемалар ишлатилади.

5.11а-расмда келтирилган схемада корхона энергияни энергосистемадан радиал схема бўйича қабул қилади. Бу ерда ташқи ва ички электр таъминоти схемаларида кучланишлар бир хил бўлиб, фазалик трансформатор ишлатилмайди. Бундай схема 6,10 ва 20 кВ кучланишда ва корхона энергосистемадан 5-10 км

узюқликда бўлганда қўлланилади. Кўрсатилган линиялардан бирида электр таъминоти узилса, секциялараро узгич ёрдамида таъминот автоматик равишда иккинчи линия орқали тикланади.

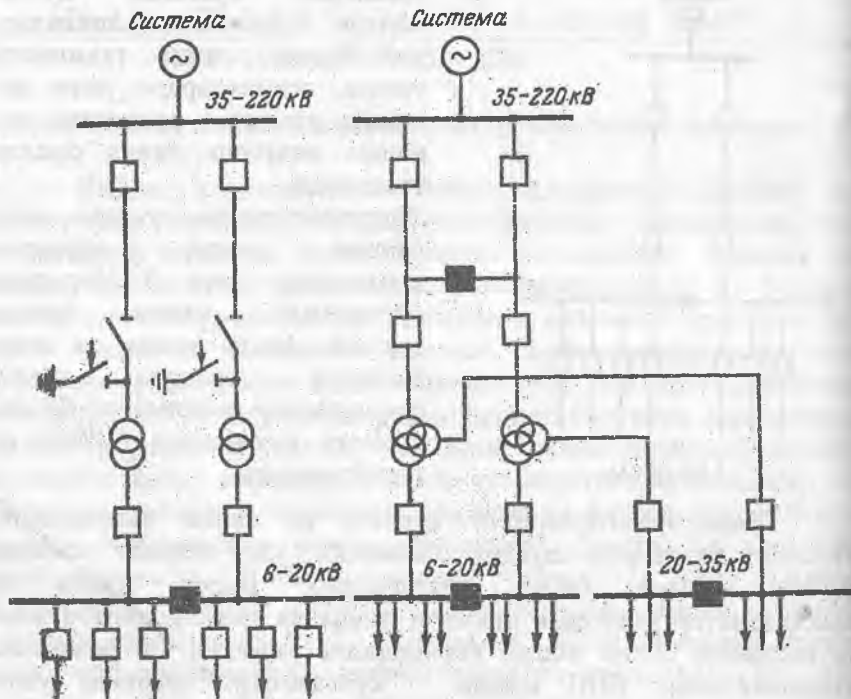
Энергосистемадан узюқда жойлашган катта қувватли корхоналар учун 5.11б-расмда кўрсатилган схема тавсия этилади. Бунда ташқи ва ички схемалар орасида трансформаторлар жойлашган бўлиб, система кучланиши 6-20кВ га пасайтирилади.



5.11а-расм

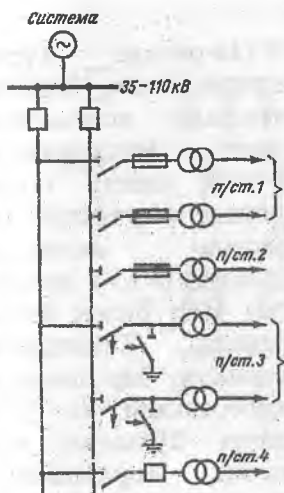
Трансформаторларнинг қуввати ва линия симларининг кўндаланг кесимлари шундай олинадики, улар нормал режимда 60-70% юклама билан ишлайдилар. Бирор линия ва трансформатор узилганда иккинчи линия ва трансформатор жоиз ўта юкланиш билан ишлаб корхонанинг узлуксиз иш режимини таъминлайдилар. БПП юқори кучланишли томонида узгич ўрнига ажратгич ва қисқа туташтиргичларнинг ишлатилиши электр схеманинг анча арзонлашишига олиб келади. Бирор трансформатор шикастланганида реле химояси таъсиридан қисқа туташтиргич ишга тушади ва сунъий ҚТ режимини содир этади. Натижада линиянинг бош қисмида жойлашган узгич орқали линия узилади ва автоматик қайта улаш (АҚУ) тизими ишга тушади. Линиядаги "токсиз" пауза давомида ажратгич шикастланган трансформаторни узади. АҚУ тизими "токсиз" пауза вақти тамом бўлганидан сўнг линияни яна улайди ва шикастланмаган

трансформатор манбага бирикади. Ўрта ва катта қувватли корхоналар аксарият электр энергиясини ичкарига кириб боровчи (глубокие вводы) юқори кучланишли линиялар орқали қабул қиладилар. Ичкарига кириб боровчи электр таъминоти /схемаси деганда минимал миқдорда аппаратлар ва трансформаторлаш поғонасига эга бўлган ва юқори кучланишни (35, 110, 220 кВ) максимал равишда электр қурилмаларига яқинлаштирувчи схемалар тушунилади.



5.116-расм

Ичкарига кириб боровчи ҳаво ёки кабель линиялари корхона худуди бўйлаб ўтказилиб, катта миқдорда энергия қабул қилувчи пунктларга келади. Кўп ҳолларда бундай схемалар ишлатилганда, БПП га ҳожат қолмайди, чунки юқори кучланишли линиялар тўғридан-тўғри цех трансформатор подстанцияларига келади ва у



5.11в-расм

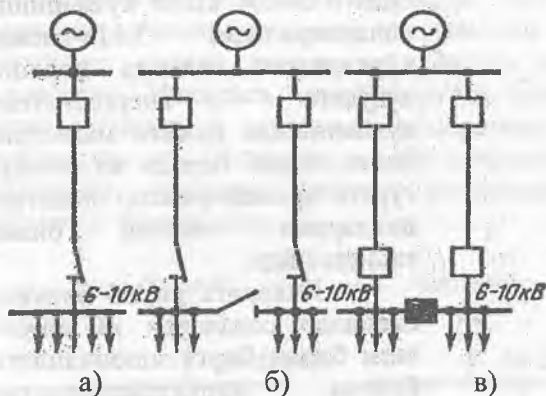
ерда 0,66-0,4 кВли кучланишга айлантирилади. 5.11в-расмда кўрсатилган схемада корхона худудига энергосистема кучланишида иккита магистрал линия кириб боради ва мавжуд тўртта трансформатор подстанцияларини энергия билан таъминлайди.

Ичкарига кириб борувчи схемалар соддалиги ва арзонлиги билан бирга ишончлилиги бўйича марказлаштирилган электр таъминоти схемаларидан қолишмайди. Уларни ҳар қандай тоифали истеъмолчиларга ишлатиш мумкин.

б) Ички электр таъминоти схемалари.

Корхона худудида электр энергияси радиал, магистрал ёки аралаш схемаларда тақсимланади. Схемаларни танлашда истеъмолчиларнинг ишончлилиги бўйича тоифаси, уларнинг корхона худудида жойланишлари, атроф-муҳитнинг экологик ҳолати ва бошқа факторлар ҳисобга олинади. Айтилган уч турдаги схемалар кўп хил модификацияларга эга бўлиб, уларни ҳар қандай тоифадаги истеъмолчиларни энергия билан таъминлашда ишлатиш мумкин. Ички таъминот схемалари кенг тармоқланганлиги сабабли кўплаб электр линиялари ва аппаратлар ишлатилади, бу эса электр таъминоти тизимига катта техник - иқтисодий талабларни қўяди.

Радиал схемаларда электр энергияси БПП ёки МТП дан тўғридан-тўғри цех подстанцияларига узатилади. Бундай схемалар мосланувчанлик хусусиятига эга бўлиб, эксплуатацияда қулай ҳисобланади. 5.12а схемани учинчи тоифали, 5.12б схемани эса иккинчи тоифали истеъмолчилар учун ишлатиш мумкин. Иккинчи схема учун электр таъминотидаги танаффус 1-2 соатдан ошмайди.



5.12-расм

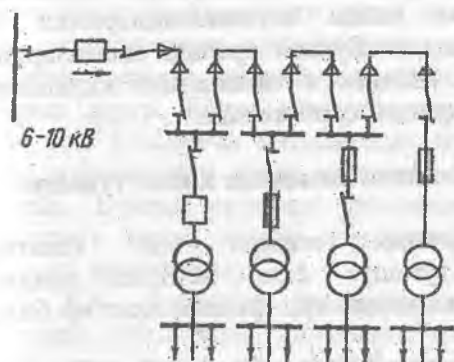
5.12в-расмда кўрсатилган схема биринчи тоифали истеъмолчиларга мўлжалланган бўлиб, электр таъминотидаги узилиш резервни автоматик улашга (РАУ) кетадиган вақт билан белгиланади. Танишилган схемалар бир поғонали ҳисобланади ва ўрта, катта бўлмаган қувватли корхоналарда

марказдан ҳар томонга тарқалган ғужланган истеъмолчиларни (насос станциялари, печлар, ўзгартириш қурилмалари, цех подстанциялари) энергия билан таъминлашда ишлатилади. Радиал схемалар манбадан цех подстанцияларининг йиғма шиналаригача бўлган ораликдаги электр таъминоти схемасини секциялаш имконини беради.

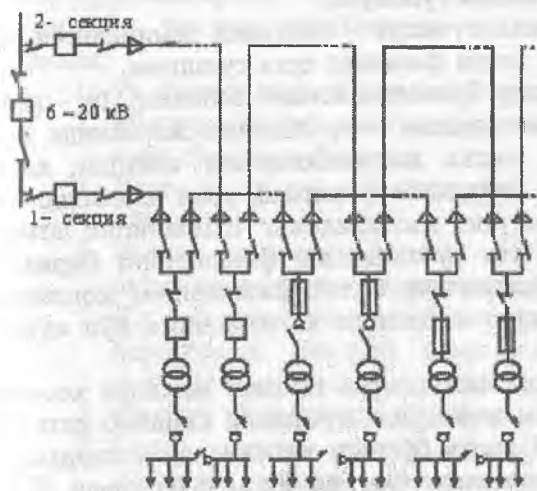
Магистрал схемаларда бир нечта трансформатор подстанциялари якка ёки қўш магистралга шоҳобчалар орқали уланади. 5.13а-расмда якка линияли, 5.13б расмда эса кўп линияли магистрал схемалар келтирилган. Магистрал схемаларнинг қўлланилиши коммутация аппаратларининг сонини камайтириб, тармоқларни қуришни арзонлаштириб, корхона электр таъминоти тизимига кетадиган сарф-харажатларни камайтиради.

Бир манбага уланган якка магистралли схемаларнинг ишончлилик даражаси кичик бўлганлиги учун учинчи тоифали истеъмолчиларга тавсия этилади. Қўш магистралли схемаларнинг ишончлилиги юқори ва уларни қар қандай тоифали истеъмолчиларга ишлатиш мумкин.

Узатилаётган қувватнинг миқдорига қараб бир магистрал 2-5 подстанцияни энергия билан таъминлайди. Трансформатор подстанцияларининг секциялари нормал ҳолатда айрим-айрим ишлайдилар.



5.13а-расм.



5.13б-расм.

Бирор магистралда авария содир бўлса трансформатор подстанцияларининг юк-ламалари иккинчи магистралга ўтказилади. Бу вазифа секциялараро узгич ёки автомат орқали бажарилади.

Магистрал схемаларнинг куйидаги гуруҳлари мавжуд: бир томонлама ва икки томонлама таъминланувчи якка линияли схемалар; ҳалқасимон схемалар; икки ва ундан кўп параллел магистралли схемалар. Бир томондан таъминланувчи якка линия ва ҳалқасимон магистрал схемаларнинг ишончлилик даражаси радиал схемаларга нисбатан паст ҳисобланади. Ҳалқасимон ва икки томонлама таъминланадиган 10 кВли магистрал схемаларда ҳи мойлаш тизимларининг мураккаблиги учун улар нормал режимда ёпиқ ҳолатда бўлмайдилар.

Корxonанинг ички таъминоти тизимида фақат радиал ёки фақат магистрал тамойилида қурилган схемалар ишлатилмайди.

Одатда катта ва масъул электр истеъмолчиларнинг таъминоти радиал схемаларда, ўрта ва майда истеъмолчиларники эса магистрал схемаларда бажарилади. Бундай аралаш схемаларнинг ишлатилиши корхона ички таъминоти тизимининг иқтисодий-техник кўрсаткичларини яхшилашга олиб келади.

5.5. Электр таъминоти тизимида қисқа туташув

Қисқа туташув деганда, нормал иш ҳолатида учрамайдиган, фазалараро туташув ёки, нейтрал нуқтаси заминланган тизимларда, бир ва ундан кўп фазаларнинг ер билан туташуви тушунилади.

Уч фазали тизимда қуйидаги ҚТ лар бўлиши мумкин:

1. Уч фазали қисқа туташув - учта фазанинг битта жойда ва бир вақтда ўзаро туташуви.
2. Икки фазали қисқа туташув - уч фазали тизимда иккита фазанинг бевосита туташуви.
3. Бир фазали қисқа туташув - нейтрал заминланган уч фазали тизимда битта фазанинг ерга туташуви.

Қисқа туташув содир бўлишига асосий сабаблар, бу - изоляциянинг механик шикастланиши - ер ишлари жараёнида кабелнинг ишдан чиқиши; чинни изоляцияларнинг синиши; ҳаво линиялари устунларининг йиқилиши; эскириш, яъни изоляциялаш хусусиятларининг ёмонлашуви; изоляциянинг намланиши; атмосферада содир бўладиган ўта кучланишдан фазаларнинг бирикиши; ҳар хил ўтказгич материаллар билан фазаларнинг қопланиши; оператив коммутациялар жараёнида хатоликларга йўл қўйилиши ва ҳ.к.

Қ.т. содир бўлганда, занжирларда токнинг миқдори кескин ортади ва тизимнинг айрим жойларида кучланиш камайиб кетади. Қ.т. бўлган нуқталарда ёй ҳосил бўлиши натижасида аппаратлар, машиналар ва бошқа қурилмалар тўла ёки қисман бузилади. Қ.т. жойига яқин бўлган ўтказгичлар, изоляторлар ва электр машиналарининг чулғамларига катта механик кучлар таъсир этади. Юқори миқдордаги тоқлар натижасида ўтказгичларнинг қизишидан кабель тармоқларида, тарқатиш қурилмаларида ва электр таъминоти тизимининг бошқа элементларида ёнғин чиқиши мумкин. Кучланишнинг пасайиши механизмларнинг нормал иш ҳолатининг бузилишига, юритгич ва агрегатларнинг тўхташига олиб келади. Қ.т. электроэнергетика тизимида катта салбий таъсир

кўрсатиб, генераторларнинг параллел ишлашининг бузилишига ва системанинг барқарорлиги издан чиқишига олиб келиши мумкин. Қ.т. оқибатларини камайтириш учун тизимнинг шикастланган қисмини тезкор ишлайдиган узгичлар орқали жадаллик билан ўчириш зарур. Барча электр аппаратлари, электр қурилмаларининг ток ўтказувчи қисмларини шундай танлаш керакки, улар ўтиш жараёнидаги катта миқдорли қ.т. тоқларига бардош бераолишсин. Бунинг учун қ.т. тоқларини тўғри ҳисоблаш ва унинг миқдорига қараб электр аппаратлари ва қурилмаларни танлаш мақсадга мувофиқдир.

Қ.т. тоқининг таъсирини камайтиришда генераторлар кўзғатиш тоқларини автоматик ростлашнинг аҳамияти катта бўлиб, улар авария ҳолатларда кучланишнинг керакли миқдорини ушлаб туриш имконини беради.

Электр таъминоти тизимида бир фазали қ.т. энг кўп содир бўлади. Кам учрайдигани ва энг хавфлиси - уч фазали қ.т. бўлиб, электр қурилмаларини танлаш жараёнида ушбу қ.т. тоқи ҳисобланади. Қ.т. тоқини ҳисоблаганда қуйидаги чекланишлар қабул қилинади:

1. Уч фазали тармоқлар симметрик;
2. Мавжуд электр манбалари электр юритувчи кучларининг фазалари бир хил;
3. Ҳаво ва кабель тармоқларида сиғимлар ҳисобга олинмайди;
4. Электр таъминоти тизими элементлари фақат бўйланма актив ва индуктив қаршилиқлардан иборат;
5. Қ.т. тоқининг манбалари вазифасини турбо- ва гидрогенераторлар, синхрон компенсаторлар ва юритгичлар, асинхрон машиналар ўтайдилар;
6. Магнит тизимларида тўйиниш содир бўлмайди;
7. Барча электр станциялардаги синхрон генераторлар кўзғатиш тоқини ростловчи автоматик қурилмалар билан жиҳозланган.

Бу чекланишлар ҳисобий қ.т. тоқини аниқлашни осонлаштиради ва кўп бўлмаган жоиз хатоликларга олиб келади.

Электр таъминоти тизимидаги ўтиш жараёнларининг ичида энг хавфлиси уч фазали қисқа туташувдир. Маълумки, индуктив ва актив қаршилиқлардан тузилган электр занжиридаги ўтиш жараёни биринчи даражали дифференциал тенглама билан ёзилади. Бундай тенгламанинг ечими икки ташкил этувчидан иборат

бўлиб, бири - эркин ташкил этувчи, иккинчиси - турғун ҳолат ташкил этувчиси.

Биринчи ташкил этувчини топиш учун дифференциал тенгламанинг ўнг томонини нольга тенглаб ечилади ва у вақт ўтиши билан йўқолиб боради. Уни аperiодик ташкил этувчи дейилади. Иккинчи хусусий ечим бўлиб мажбурий режимдаги токни белгилайди ва унинг қийматини аниқлашда дифференциал тенгламанинг ўнг томонини, яъни электр манбаини ҳисобга олиб ечилади ва турғун ҳолат учун ток аниқланади.

Кетма-кет уланган актив қаршилик r ва индуктивлик L лардан тузилган электр занжирини электр манбаига улангандаги жараён қуйидаги дифференциал тенглама билан тавсифланади:

$$ir + L \frac{di}{dt} = u \quad (5.41)$$

Бу ерда: i , u - ток ва кучланишларнинг оний қийматлари. Ушбу тенгламанинг ечими қ.т. токининг миқдорини беради. Агар занжир барқарор синусоидал манбага уланса:

$$i_k = i_n + i_a = I_{n \max} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) + i_{a0} e^{-\frac{t}{T}} \quad (5.42)$$

i_n - даврий ташкил этувчиси.

i_a - аperiодик ташкил этувчи

$I_{n \max}$ - турғун ҳолатида синусоидал қисқа тугашув токининг максимал қиймати.

$\omega = 2\pi f$ - ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси

α - синусоидал кучланишга уланиш фазаси.

φ_k - қ.т. ток билан манба кучланиши орасидаги фазалар фарқи

($\varphi_k \approx 90^\circ$).

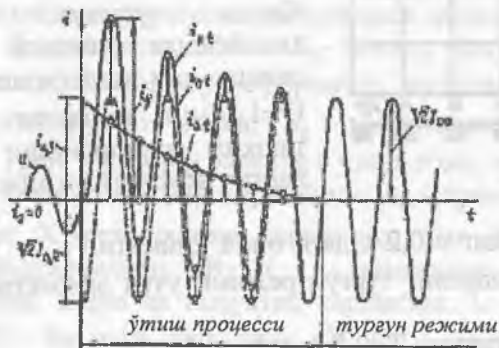
i_{a0} - аperiодик ташкил этувчининг $t=0$ вақтдаги қиймати.

T - вақт доимийлиги, $T = \frac{L}{r} = \frac{X_L}{\omega r}$

Агар қ.т. кучланишнинг нольдан ўтаётган вақтида бўлса, яъни $\alpha=0$ бўлса, $t=0$ ҳолат учун (5.42) дан

$$I_{n \max} \sin(-90^\circ) + i_{a0} = 0 \quad \text{ёки} \quad i_{a0} = I_{n \max} \quad (5.43)$$

5.14-расмда қ.т. токи ва унинг ташкил этувчиларининг вақт бўйича ўзгариш эгри чизиқлари кўрсатилган. Даврий ва аperiодик ташкил этувчиларнинг йиғиндиси қ.т. токининг вақт бўйича ўзгариш эгри чизигини беради.



5.14-расм

$$i_3 = I_{n \max} \sin(180^\circ + 0 - 90^\circ) + I_{n \max} e^{-\frac{0.01}{T}} = I_{n \max} (1 - e^{-\frac{0.01}{T}}) = K_3 I_{n \max} = K_3 \sqrt{2} I_{n0} \quad (5.44)$$

Қисқа тугашиш токининг энг катта оний қийматини зарб токи деб аталади ва қ.т. бошланганидан ярим давр ўтгандан сўнг, яъни $t=0,01\text{c}$ да содир бўлади. У ҳолда (5.42) дан (5.43) ни инобатга олиб қуйидаги муносабатни ёзишимиз мумкин:

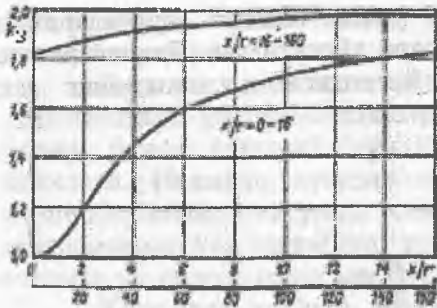
Бу ерда K_3 - зарб коэффициенти бўлиб, у зарб токининг миқдорини даврий ташкил этувчининг максимал қийматидан неча маротаба катта-лигини кўрсатади. Кучланиши 1000В дан юқори бўлган электр тармоқлари учун $K_3 = 1,8$.

У ҳолда (5.44) дан

$$i_3 = 1.8 I_{n \max} = 1.8 \sqrt{2} I_{n0} \quad (5.45)$$

Бу ерда: I_{n0} - даврий ташкил этувчи токининг бошланғич эффектив қиймати. Қисқа тугашув биринчи давридаги эффектив қийматини энг катта эффектив қ.т. токи дейилади ва у қуйидагича аниқланади.

$$I_y = I_{n0} \sqrt{1 + 2(K_3 - 1)^2} \quad (5.46)$$



5.15-расм

$I_{0,2}$ - қ.т. токининг $t=0,2$ с даги оний қиймати.

$I_k = I_\infty$ - қ.т. токининг турғун режими учун эффектив қиймати.

$S_{0,2}$ - қ.т. қувватининг $T=0,2$ с даги қиймати.

K_3 коэффициентининг миқдори қ.т. занжирининг актив ва индуктив қаршиликларининг қийматларига боғлиқ (5.15-расм).

Қисқа туташув токини ҳисоблашда қуйидаги белгилашлар ҳам ишлатилади:

$I^{11}=I_{по}$ - қ.т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич эффектив қиймати.

Қисқа туташув занжирининг параметрларини аниқлаш.

Қ.т. токини топиш учун электр таъминоти тизимининг нормал шароитига мос келадиган бир линияли ҳисоблаш схемаси тузилади ва ундаги энергия манбалари параллел уланган деб қаралади. Ҳисоблаш схемасида барча манбалар (генераторлар, синхрон компенсаторлар, катта қувватли синхрон ва асинхрон машиналар, энергосистемалар), трансформаторлар, ҳаво ва кабель линиялари, реакторлар кўрсатилади. Ҳисоблаш схемаси асосида алмаштириш схемаси тузилади. Унда тизимдаги барча элементларнинг қаршиликлари кўрсатилади ва қ.т. токи аниқланиши керак бўлган нукта белгиланади.

Генераторлар, катта қувватли трансформаторлар, ҳаво линиялари, реакторлар алмашлаш схемасида индуктив қаршилик сифатида кўрсатилади. Кучланиши 6-10 кВ бўлган кабель линиялар, қуввати 1600 кВА ва ундан кичик бўлган трансформаторлар алмашлаш схемасида актив ва индуктив қаршиликлар деб олинади. Барча қаршиликлар номли ёки нисбий birlikларда олинishi мумкин.

Қ.т. токини ҳисоблашда кучланиш ва қувватнинг базавий миқдорлари қабул қилинади. Базавий кучланиш сифатида қ.т. то-

ки ҳисобланаётган нуқтанинг ўртача кучланишини олиш мумкин. Бу эса қуйидаги қийматлардан бири бўлиши мумкин:

$U_8 = 230; 115; 37; 105; 63; 3,15; 0,4; \dots 0,23$ кВ

Базавий қувват тариқасида 100 ёки 1000 МВА олинади. Электр таъминоти тизими айрим элементларининг қаршиликлари аниқлаш формулалари қуйидаги жадвалда келтирилган.

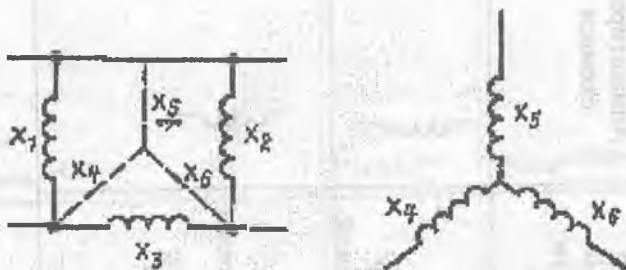
5.1-жадвалга илова. S_H - электр ускунанинг тўла номинал қуввати (генератор, трансформатор, энергосистеманинг), МВА; S_6 - базавий қувват, МВА; S_K - энергосистеманинг қ.т қуввати, МВА; $I_{уз.н}$ - узгични номинал узиш токи, кА; $X_{*сн}$ - энергосистемани нисбий номинал қаршилиги; u_k - трансформаторни қ.т. кучланиши; X_p - реакторнинг қаршилиги, Ом; P_k - трансформаторнинг қ.т нобудгарчилиги, кВт; $ч_о$, $x_о$ - линиянинг 1 км узунлигига тўғри келадиган актив ва индуктив қаршилик; L - линиянинг узунлиги, км; U_6 - базавий кучланиш, кВ; $U_{ур}$ - электр ускуна ўрнатилган жойдаги кучланишнинг ўртача қиймати, кВ; x_d - генераторнинг ўта ўтиш индуктив қаршилиги.

Схема элементларининг бошланғич параметрлар x_d %, U_k %, P_k , $X_о$, $Ч_о$ каталоглар ёки маълумотномалардан аниқланади. Қ.т. алмаштириш схемасида қ.т. нуқтасигача бўлган натижавий қаршиликни аниқлашда қуйидаги ўзгартишлар ишлатилади:

- 1) Қаршиликларни кетма-кет уланганда




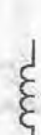
$$X_{эқв} = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad (5.47)$$

- 2) Қаршиликлар параллел уланганда









5.16-расм

5.1-жадвал

Электр қурилма элементи	Алмаштириш схемаси	Хисоблаш формулалари	
		номли бирликларда, Ом	нисбий бирликларда
 Генератор		$x = \frac{x_d \% U_6^2}{100 S_{ном}}$	$x_* = \frac{x_d \% S_6}{100 S_{ном}}$
 Энергосистема		$x = \frac{U_6^2}{\sqrt{3} I_{уз, ном} U_{ур}}$ $x = \frac{U_6^2}{S_k}$ $x = x_{e, ном} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{S_6}{\sqrt{3} I_{уз, ном} U_{ур}}; x_* = \frac{S_6}{S_k}$ $x_* = x_{*c, ном} \frac{S_6}{S_{ном}}$

128

5.1-жадвалнинг давоми

 Трансформатор		$x = \frac{u_k \% U_6^2}{100 S_{ном}}$ Актив қаршилик ҳисоба олинганда $r = \frac{P_k U_6^2 10^{-3}}{S_{ном}^2}$ $x = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{Pk}{S_{ном}}\right)^2} \frac{U_6^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{u_k \% S_6}{100 S_{ном}}$ Актив қаршилик ҳисоба олинганда $r_* = \frac{P_k S_6 10^{-3}}{S_{ном}^2}$ $x_* = \sqrt{u_{*k}^2 - \left(\frac{Pk}{S_{ном}}\right)^2} \frac{S_6}{S_{ном}}$
 Реактор		$x = x_p \frac{U_6^2}{U_{ур}^2}$	$x_* = x_p \frac{S_6}{U_{ур}^2}$
 Линия		$x = x_0 l \frac{U_6^2}{U_{ур}^2} \quad x = x_0 l \frac{U_6^2}{U_{ур}^2}$	$x_* = x_0 l \frac{S_6}{U_{ур}^2} \quad r_* = r_0 l \frac{S_6}{U_{ур}^2}$

129

$$X_{\text{эКВ}} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}} \quad (5.48)$$

3) Учбурчакдан юлдузга ўтишда ишлатиладиган муносабатлар:

$$X_4 = \frac{X_1 X_3}{X_1 + X_2 + X_3}; \quad X_5 = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2 + X_3}; \quad X_6 = \frac{X_2 X_3}{X_1 + X_2 + X_3} \quad (5.49)$$

4) Юлдуздан учбурчакка ўтишда ишлатиладиган формулалар:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_4 + X_5 + \frac{X_4 X_5}{X_6}; & X_2 &= X_5 + X_6 + \frac{X_5 X_6}{X_4}; \\ X_3 &= X_4 + X_6 + \frac{X_4 X_6}{X_5} \end{aligned} \quad (5.50)$$

Алмаштириш схемасида ўзгартиришлар манбадан қ.т. нуктасига томон олиб берилди.

Агар қаршиликлар нисбий бирликларда ҳисобланган бўлса, қ.т. токи қуйидагича аниқланади:

$$I_{n0} = \frac{I_6}{X_{*n}} \quad \text{ёки} \quad I_{n0} = \frac{I_6}{Z_{*n}};$$

Бу ерда: $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{\text{yp}}}$

X_{*n} - қ.т. нуктасидан манбага бўлган натижавий қаршилик;

U_{yp} - қ.т. содир бўлган нуктадаги ўртача кучланиш.

Агар манба кучланиши ўзгармас бўлса, яъни $X_{*n} \geq 3$ муносабат бажарилганда,

$$I_{\text{но}} = I_n = I_k$$

Ҳисоблаш номли бирликларда олиб берилганда Қ,Т токи қуйидагича аниқланади.

$$I_{n0} = \frac{U_{\text{yp}}}{\sqrt{3}X_n} \quad (5.51)$$

Бу ерда: $U_{ур}$ - қ.т содир бўлган жойдаги кучланишнинг ўртача қиймати, кВ; X_H -манбадан қ.т нуқтасигача бўлган натижавий қаршилик, Ом. Ҳисоблашда актив қаршилик ҳам инobatга олинса.

$$I_{н0} = \frac{U_{ур}}{\sqrt{3}Z_H} \quad (5.52)$$

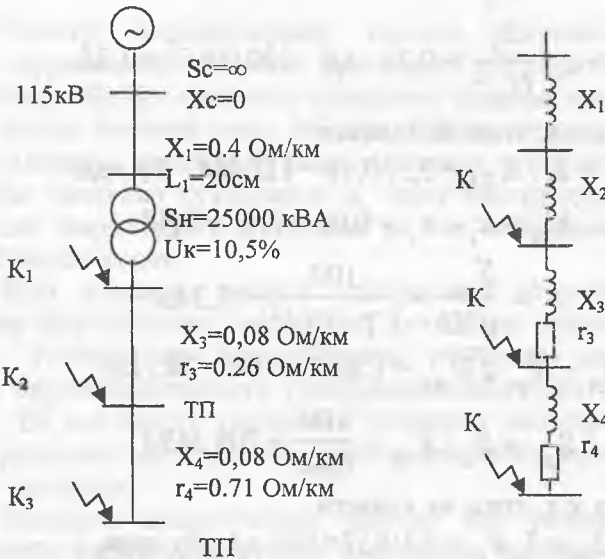
Бу ерда:

$$Z_H = \sqrt{X_H^2 + R_H^2} - \text{натижавий тўла қаршилик}$$

Қ.т. токининг микдорига қараб электр аппаратлари, изоляторлар, шина ва кабеллар қабул қилинади.

Мисол: Чексиз қувватли системадан таъминланаётган истеъмолчилар учун K_1, K_2, K_3 нуқталардаги қисқа туташув тоқларини ҳисобланг.

Ҳисоб маълумотлари расмда келтирилган.



Ҳисоб: 1) Ҳисобни нисбий бирликда олиб борамиз. Базис қувватни қабул қиламиз: $S_G = 100 \text{ MVA}$.

2) Базисли нисбий қаршиликни ҳисоблаймиз:

а) ЭУЛ қаршилиги

$$x_1 = x_0 \cdot l / U_{ном}^2 = 0,4 \cdot 20 \cdot 100 / 115^2 = 0,06.$$

б) трансформатор қаршилиги:

$$x_2 = \frac{U_{к \%}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{н}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0,42$$

в) подстанциядан РП гача бўлган кабель линияси қаршилиги:

$$x_3 = X_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,08 \cdot 0,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,04$$

$$r_3 = z_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,26 \cdot 0,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,14$$

г) ТП гача бўлган кабель линиясининг қаршилиги

$$x_4 = X_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,08 \cdot 1,6 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,14$$

$$r_4 = z_0 \ell \frac{S_{\sigma}}{U_H^2} = 0,71 \cdot 1,6 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,25$$

3) К₁ нуктасида қ.т. токи ва қуввати

$$I_{K1} = I_{\sigma} / X_{\Sigma 1} = 5,3 / 0,48 = 11,04 \text{ kA} \quad \text{бу ерда}$$

$$X_{\Sigma 1} = x_1 + x_2 = 0,06 + 0,42 = 0,48$$

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U} = \frac{100}{1,7 \cdot 10,5^2} = 5,3 \text{ kA}$$

$$i_y = K_{v1} \sqrt{2} I_{K1} = 1,8 \sqrt{2} \cdot 11,04 = 28,1 \text{ kA}$$

$$S_{K1} = S_{\sigma} / X_{\Sigma 1} = \frac{100}{0,48} = 208 \text{ MVA}$$

4. К₂ нуктасида қ.т. токи ва қуввати

$$I_{K2} = I_{\sigma} X_{\Sigma 2} = 5,3 / 0,52 = 10,2 \text{ kA} \quad \text{бу ерда}$$

$$X_{\Sigma 2} = x_1 + x_2 + x_3 = 0,06 + 0,42 + 0,04 = 0,52$$

$$i_y = 1,8 \sqrt{2} \cdot 10,2 = 25,96 \text{ kA}$$

$$S_{K2} = S_{\sigma} / X_{\Sigma 2} = 100 / 0,52 = \frac{100}{0,52} = 192 \text{ МВА}$$

5. К₃ нуктасида қ.т. токи ва қуввати

$$I_{K3} = I_{\sigma} / Z_{\Sigma 3} = 5,3 / \sqrt{0,66^2 + 1,39^2} = 5,3 / 1,54 = 3,44 \text{ кА}$$

бу ерда:

$$X_{\Sigma 3} = X_{\Sigma 2} + x_4 = 0,52 + 0,14 = 0,66$$

$$\tau_{\Sigma 3} = \tau_3 + \tau_4 = 0,14 + 1,25 = 1,39$$

$$X_{\Sigma 3} / r_{\Sigma 3} = \frac{0,66}{1,39} \text{ бўлгани учун, 3 фазали қисқа туташув токининг}$$

даврий таркиби карралиги $K_y=1$

$$\text{унда } i_y = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,44 = 4,86 \text{ кА}$$

$$S_{K3} = S_{\sigma} / Z_{\Sigma 3} = 100 / 1,54 = 64,9 \text{ МВА}$$

5.6. Электр аппаратларини танлаш

Электр аппаратларини танлаш каталоглар ёрдамида электр қурилманинг нормал режимдаги кўрсаткичлари бўйича бажарилади. Қабул қилинган аппаратни уланиш нуктасидаги максимал қисқа туташув токи таъсири бўйича текшириб кўрилиши зарур. Албатта, каталог бўйича танланган аппаратларнинг параметрлари (номинал кучланиши ва токи) электр қурилманинг эксплуатация шароитидаги кучланиш ва ток микдорларига тенг ёки катта бўлиши керак.

Кўп ҳолларда электр аппаратлари комплект панеллар, шкафлар ёки комплект тақсимлаш пунктлари сифатида қабул қилинади. Аппаратлар, қурилмаларни танлашда уларни корхона бўйича бирхиллаштиришга (унификациялашга) катта эътибор берилади. Бу эса электр таъминоти тизимини кам сарф- харажатлар билан рационал эксплуатация қилиш имконини яратиб, ишончлигини оширади.

Конкрет аппаратларни маълум иш режим шароитлари учун қабул қилинганда кўплаб омилларни ҳисобга олишга тўғри келади. Биз булардан фақат аппаратларни қисқа туташув токи таъсирига чидамлилигига эътибор берамиз, яъни аппаратларнинг турғунлигини ҳисобга оламиз.

1. **Кабелларни танлаш.** Кабеллар, шиналар номинал ток ва кучланишлар бўйича қабул қилиниб, қисқа туташув токининг термик таъсирига текшириб кўрилади. 10 кВ гача бўлган мис ёки алюминий симли ва қоғоз изоляцияли кабелларда қ.т. режимида ҳароратнинг қисқа муддатли ошиши 250°C дан ошмаслиги керак. Бунинг учун кабель сими кўндаланг кесимининг қиймати қуйидагича аниқланиши керак:

$$S_T = \alpha \cdot I_k \cdot \sqrt{t_k} \quad (5.53)$$

бу ерда: I_k - қисқа туташув режимининг турғун токи;
 t_k - келтирилган вақт давомийлиги, бу вақт давомида қ.т. турғун токи шундай иссиқлик ҳосил қиладики, унинг миқдори ўзгарувчан қ.т. токининг ҳақиқий t вақтидагига эквивалент бўлади. t_k миқдори махсус адабиётларда келтирилган графиклар асосида аниқланади.

α - кабель симининг жоиз қизиши ҳароратининг қийматига боғлиқ бўлган коэффициент, унинг миқдори 10 кВ гача бўлган мис ва алюминий симли кабеллар учун мос равишда 7 ва 12 га тенг.

Кабель кесимини (5.53) формула бўйича аниқланганда энг яқин кичик стандарт кесим танланади.

2. **Юқори кучланишли узгичларни танлаш.** Юқори кучланишли электр энергиясини узатиш ва тақсимлаш жараёнида электр занжирларини улаш ва узишга тўғри келади. Бу операциялар махсус узгичлар (выключатели) воситасида бажарилади. Узгичлар ёрдамида электр тоқларни фақат номинал режимларда эмас, балки ҳар хил авария ва қисқа туташув ҳолатларда ҳам узиш ёки улаш операцияларини бажариш мумкин. Маълумки, қисқа туташув режимидаги токнинг миқдори жуда катта бўлади. Шунинг учун узгичлар тақсимлаш қурилмаларининг энг масъул элементларидан бири ҳисобланади. Токли занжирни узиш жараёнида узгич контактлари оралиғида кучли электр ёйи ҳосил бўлади. Ушбу ёйни ўчириш учун контактларнинг ўзаро ажралиши маълум муҳитда содир этилади. Электр ёйини ўчирувчи муҳитга қараб, узгичлар ёғли ёки сиқилган ҳаволи бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда ёй ўчирувчи муҳит вазифасини махсус трансформатор мойи бажаради; иккинчи ҳолда эса юқори босимли сиқилган ҳаво таъсиридан электр ёйи ўчирилади.

Юқори кучланишли узгичларнинг номинал кучланиши ва токи, ўчирилувчи токнинг қиймати ва қуввати бўйича қабул қи-

линади. Одатда, узгичнинг каталогдаги кўрсаткичлари ва ҳисобий миқдорлар ўзаро солиштирилади.

Қисқа тугашув токи бўйича текширилганда, узгичнинг максимал узиши мумкин бўлган токи узгич ўрнатилган нуқтадан ўтадиган зарб токи билан қиёсланади:

$$i_{max} \geq i_y$$

Бундан ташқари узгичнинг узиш қуввати ҳисобий узиш қувватидан катта бўлиши керак, яъни $S_{н.у} \geq S_{р.у}$.

Узгичнинг термик бардошлилигини текшириш учун қ.т. токининг иссиқлик импульси - В қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$B = I_m^2 \cdot t$$

Бу ерда: I_T - узгичнинг қ.т. вақти (t,с) давомийлигида термик турғунлик токи (каталогда кўрсатилади).

Қуйидаги шарт бажарилиши талаб этилади:

$$I \frac{2}{T} \geq I \frac{2}{k} \cdot t_k \quad (5.54)$$

бу ерда: I_k - қ.т. турғун токи; t_k - қ.т. режимининг келтирилган вақти.

Каталогларда беш (I_5) ёки ўн секундли (I_{10}) турғун термик тоқларнинг миқдорлари берилади. (1.2)дан термик бардошлилик шarti қуйидагича бўлади.

$$I_t \geq I_k \cdot \sqrt{\frac{t_k}{t}} \quad (5.55)$$

3. Айиргичларни танлаш. Айиргичлар (разъединители) кучланиш таъсиридаги токсиз электр занжирларини узиш ёки улаш учун ишлатилади. Айиргичлар электр занжирларида кўришиб турувчи узун ораликни ҳосил қилади. Айиргичларда электр ёйни ўчирадиган мосламалари бўлмаганлиги учун улар узгичлардан кейин ёки олдин ўрнатилади. Айиргичлар таъмирлаш ишларида ёки узувчи аппаратларни ревизия қилинаётганда хавфсизликни таъминлашда қўлланилади.

Айиргичлар ёрдамида трансформаторларнинг салт иш режимидаги токни; трансформаторларнинг нейтрал токини, катта бўлмаган заминлаш тоқларни, заряд тоқларини узиш мумкин. Ай-

иргичлар 6 кВ ва ундан юқори кучланишларга мўлжалланган бўлиб, номинал токлари 200А дан катта бўлади.

Айиргичларни танлаш ва текшириш узгичлар учун кўрсатилган тартибда бажарилиб, узиш токи ва қуввати бўйича текширилмайди.

4. Юқори кучланишли сақлагичларни - номинал кучланиш ва ток орқали қабул қилинади ва максимал узувчи ток ва қувват бўйича текшириб кўрилади.

$$I_{уз} \geq I_k$$

Бу ерда: $I_{уз}$ - сақлагичнинг энг катта узиш токи (каталогда келтирилади).

5. Ток трансформаторларини танлаш. Ток трансформаторлари номинал ток, номинал кучланиш, иккиламчи чулғамнинг юкламасига боғлиқ бўлган аниқлик даражасига қараб қабул қилинади ва электродинамик ва термик турғунликлар ($K_{дин}$ ва K_T) бўйича текширилиб кўрилади. Электродинамик бардошлилик қуйидаги шарт бажарилганда содир бўлади:

$$K_{дин} \geq \frac{i_3}{\sqrt{2} \cdot I_{н1}} ёки K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н1} \geq i_3$$

Бу ерда: $K_{дин}$ - ток трансформаторлари учун каталогларда берилган бўлади; $I_{н1}$ - трансформатор бирламчи чулғамининг номинал токи.

Термик бардошлилик қарралиги каталогларда 1 сек. давомийлик учун берилди ва

$$K_T \geq \frac{I_k \cdot \sqrt{t_k}}{I_{н1}} ёки (I_{н1} \cdot K_T)^2 \geq I_k^2 \cdot t_k$$

бўлиши керак.

Агар ток трансформаторининг иккиламчи чулғамдаги юклама қуйидаги шартни қаноатлантирса, унинг аниқлиги талаб даражасида бўлади:

$$S_{2н} \geq S_x$$

Бу ерда: $S_{2н}$ - иккиламчи чулғамнинг номинал юкламаси маълумотномаларда келтирилади.

S_x - ток трансформаторининг иккиламчи чулғамининг ҳисобий қуввати (В А)

$$S_x \approx I_{2н}^2 \cdot (r_n + r_c + r_k)$$

Бунда: $I_{2н}$ - иккиламчи чулғамнинг номинал токи ($I_{2н}=5A$)

r_n - ушбу чулғамга уланган асбоблар чулғамларининг актив қаршилиги

r_c - ўлчашда ишлатилувчи симларнинг қаршилиги;

r_k - контактларнинг қаршилиги ($r_k=0,1$ Ом)

Иккиламчи чулғамдаги симларнинг кўндаланг кесим алюминийли ўтказгичлар учун $2,5 \text{ мм}^2$, мисли ўтказгичларда эса $1,5 \text{ мм}^2$ дан кам бўлмаслиги керак.

6. Кучланиш трансформаторини танлаш. Электр ўлчов асбобларини улаш учун қўлланиладиган кучланиш трансформаторлари номинал кучланиш ва юкламанинг миқдори асосида қабул қилинади. Заминлаш токи кам бўлган тармоқларда изоляция ҳолатини назорат қилиб туриш учун беш стерженли кучланиш трансформатори ишлатилади. Кучланиш трансформаторининг қуввати чулғамлари параллел уланган электр асбобларнинг қабул қиладиган тўла қувватидан катта бўлиши керак, яъни

$$S_H \geq S_2 = \sqrt{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}$$

Бу ерда: $P_\Sigma=S_2 \cos \varphi$ - асбоблар ғалтақларининг истеъмол қиладиган актив қуввати;

$Q_\Sigma=S_2 \cdot \sin \varphi$ - асбоблар ғалтақларининг истеъмол қиладиган реактив қуввати

Мисол: Номинал токи $I_n=320$ А, кучланиши 10 кВ, $i_3=17$ кА, $I_k=10$ кА, $t_k=2,1$ секунд бўлган линия учун узгич, ажратгич ва ток трансформатори танлансин.

Ечиш: ВМП-10К (600А; 10кА) типли ёғли узгич, РВ-10/400 типдаги ажратгич ва ТПШМ -10/400-0,5/Р типдаги қўш иккиламчи чулғамли ток трансформаторини қабул қиламиз; $K_{дин}=160$, $K_t=65$. Танланган қурилмаларнинг жоиз кўрсаткичлари ва ҳисобий натижалар келтирилган жадвалда берилган. Қиёсий таҳлилдан маълум бўладики, қабул қилинган узгич, ажратгич ва ток трансформаторлари мақсадга мувофиқ танланган.

Узатиқнинг қўрсаткичлари		Ажратиқнинг қўрсаткичлари		Трансформаторнинг қўрсаткичлари	
Ҳисобий	ЖоиЗ	Ҳисобий	ЖоиЗ	Ҳисобий	ЖоиЗ
$U_H=10\text{кВ}$ $I_H=320\text{А}$ $i_y=17\text{кА}$ $I_k=10\text{кА}$ $i^2 \cdot t_k=10^2$ $\cdot 2,1=210$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_k=\sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_k=$ $=1,73 \cdot 10 \cdot$ $\cdot 10=173$ кВА	$U_H=10\text{кВ}$ $I_H=600\text{А}$ $I_{\text{макс}}=52\text{кА}$ $I_{\text{отвл}}=20\text{кА}$ $I^2 t_k=20^2 \cdot 5$ $=2000\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_{\text{орк}}=350\text{МВА}$	$U_H=10\text{кВ}$ $I_H=320\text{А}$ $i_y=17\text{кА}$ $I_k=10\text{кА}$ $i^2 \cdot t_k=10^2$ $\cdot 2,1=210$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_H=10\text{кВ}$ $I_H=400\text{А}$ $I_{\text{макс}}=50\text{кА}$ $I_k=10\text{кА}$ $I^2 \cdot t_{10}=10^2$ $\cdot 10=1000$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$U_H=10\text{кВ}$ $I_H=400\text{А}$ $I_{\text{макс}}=K_{\text{дин}} \sqrt{2} I_1 =$ $160 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,4 = 90\text{кА}$ $(i \cdot t_k)^2 = (65 \cdot 0,4)^2 \cdot 1 =$ $=800\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	

Ўз-ўзини текшириш саволлари:

1. Капитал маблағлар ва эксплуатация сарф-харажатларининг ташкил этувчиларини тушунтиринг.
2. Рационал кучланиш нима?
3. Функцияни аппроксимациялашни тушунтиринг.
4. Лагранж формуласини тушунтиринг.
5. Подстанциянинг техник ва иқтисодий кўрсаткичлари нималардан иборат?
6. Подстанциядаги трансформаторлар сони қандай кўрсаткичлар бўйича олинади?
7. Трансформаторнинг нормал иш шароити қандай тушунилади?
8. Трансформаторни систематик ва авария ҳолатларда ўта юклатиш нима?
9. Подстанция трансформаторининг оптимал иш режаларини тушунтиринг.
10. Корхона БПП ўрнини тўғри танлашнинг аҳамияти нимада?
11. Картограмма тузиш тартибини тушунтиринг.
12. Картограмма доираларининг секторлари нималарни кўрсатади?
13. МТП ўрнатиш жойи қандай аниқланади?
14. Корхоналарнинг ўрнатилган қувватлари бўйича бўлишини тушунтиринг.
15. Ташқи таъминот схемаларининг турларини чизинг.
16. Қандай ички таъминот схемаларини биласиз?
17. Аралаш схемалар қандай тузилади?
18. Қисқа туташувга таъриф беринг.
19. К.Т. содир бўлиш сабаблари нималардан иборат?
20. К.т. токини ҳисоблашдаги чекланишларни тушунтириб беринг.
21. К.т. жараёнининг дифференциал тенгламаси ечимларини ташкил этувчиларини тушунтиринг.
22. К.т. занжирининг параметрларини қандай формулалар асосида аниқланади?
23. К.т. занжирларининг натижавий қаршиликни аниқлаш усулларини тушунтириб беринг.
24. Электр аппаратлари қандай кўрсаткичлар бўйича танланади?
25. Кабелларни танлашни тушунтириб беринг.
26. Иссиқлик импульсини аниқлашда ишлатиладиган муносабатни таҳлил қилинг.
27. Электродинамик ва термик бардошлилик нима?
28. Ток на кучланиш трансформаторлари қандай танланади?

VI боб. РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ КОМПЕНСАЦИЯЛАШ

6.1. Реактив қувватни компенсациялашнинг асосий тушунчалари

Реактив қувватни компенсациялаш халқ хўжалиги учун катта аҳамиятга эга бўлиб, электр таъминоти тизимининг фойдали иш коэффициентини ошириш, унинг иқтисодий ва сифат кўрсаткичларини яхшилашда асосий омиллардан бири ҳисобланади. Ҳозирги вақтда реактив қувват истеъмолининг ўсиши актив қувват истеъмолининг ўсишидан анча юқори бўлиб, айрим корхоналарда реактив юклама актив юкламага нисбатан 130% ни ташкил этади. Реактив қувватни линиялар бўйлаб узоқ масофага узатиш электр таъминоти тизимининг техник-иқтисодий кўрсаткичларининг ёмонлашувига олиб келади.

Агар истеъмолчи синусоидал манбага уланса, яъни

$$u = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

бўлса, қабул қилинадиган синусоидал ток $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \varphi)$

кучланишдан φ бурчакка силжиган бўлади. У ҳолда истеъмол қилинаётган оний қувват куйидагича аниқланади:

$$p = ui = 2UI \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi) \quad (6.1)$$

Бу ерда қувват икки микдорнинг йиғиндисидан иборат бўлиб, бири вақт бўйича ўзгармас қийматни, иккинчиси эса $2\omega t$ частота билан ўзгарувчан синусоидал микдorni ташкил этади.

Қувватнинг ўртача қийматини аниқлаш учун (6.1) ифодани манба кучланишининг тўла даври T оралиғидаги интегралининг ифодасини топамиз.

$$P_{\text{ор}} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T [UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)] dt = UI \cos \varphi \quad (6.2)$$

Қувватнинг ўртача микдори фойдали иш бажариш учун сарф бўлади.

$$P_{\text{ор}} = UI \cos \varphi \quad (6.3)$$

Бу ерда: $\cos \varphi = \frac{r}{Z}$ эканлигини эйтиборга олсак,

$$P_{\text{yp}} = \frac{U}{Z} Ir = I^2 r$$

Демак, $I^2 r$ актив қаршиликда сарф бўладиган қувват, шунинг учун ўртача қувватни актив қувват деб аталади ва P билан белгиланади, яъни

$$P = UI \cos \varphi \quad (6.4)$$

6.4 муносабатдаги $U \cdot I = S$ микдорни тўла қувват дейилади. Бунинг маъноси шуки, бирор линия орқали истеъмолчилар гуруҳига нормал режимда энергия узатилганда, истеъмолчиларнинг қабул қилаётганда актив қуввати энг маъкул шароитда (истеъмолчилар гуруҳи учун $\cos \varphi = 1$ бўлганда), тўла қувватга тенг бўлади.

Истеъмолчининг кириш қисмидаги тўла қувват комплекс кўринишда куйидагича ёзилади

$$S = U \dot{I} = UI e^{j\varphi} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi = P + jQ \quad (6.5)$$

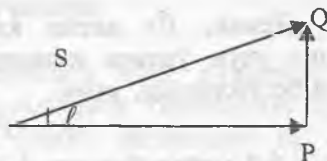
Бу ерда: U - комплекс кучланиш, I -қўшма комплекс токи, $Q = UI \sin \varphi$ - реактив қувват. Комплекс қувватнинг модули тўла қувватни беради: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$. Истеъмолчилар учун P ва S ҳаммавақт мусбат ҳисобланади, реактив қувват мусбат ($\varphi > 0$, истеъмолчи индуктив характерли бўлса) ёки манфий ($\varphi < 0$, истеъмолчи сиғим характерли бўлса) қийматларга эга бўлиши мумкин. Реактив қувватнинг мусбат қийматларида реактив қувват истеъмол қилинади, манфий қийматларида эса реактив қувват ишлаб чиқарилади (генерация қилинади). Саноат корхоналарида реактив қувватнинг асосий қисмини асинхрон юритгичлар (истеъмол қилинаётган умумий реактив қувватнинг 60-65%), трансформаторлар (20-25%), ҳаво электр линиялари, реакторлар, ўзгартгичлар (10% атрофида) истеъмол қиладилар.

Актив қувват электр станцияларининг генераторлари томонидан ишлаб чиқилса, реактив қувват эса станциянинг генераторлари, синхрон компенсаторлар, синхрон юритгичлар, конденсаторлар батареяси, линиялар, тиристорли реактив қувват манбалари томонидан генерация қилинади.

6.1-расмда актив, реактив ва тўла қувватлар ҳосил қилган вектор учбурчаги кўрсатилган. Кўриниб турибдики, истеъмол қилинаётган реактив қувват қанчалик кичик бўлса, φ бурчак ҳам шунчалик кичик бўлади. Бурчакни қуйидаги функциялар характерлайди:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}; \quad \sin \varphi = \frac{Q}{S};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}; \quad \operatorname{ctg} \varphi = \frac{P}{Q}$$



6.1-расм

Бу ерда: $\cos \varphi$ - қувват коэффициенти; $\operatorname{tg} \varphi$ - реактив қувват коэффициенти. Электр таъминоти тизимини лойиҳалаштириш жараёнида реактив қувват коэффициентининг кўрсаткичи билан ишлаш мақсадга мувофиқдир. Корхонанинг реактив қувват коэффициенти қандай бўлишлигини энергосистема ҳал қилади, чунки реактив қувватни компенсациялаш масаласи тўғри ечилганда истеъмолчилар, линиялар, электр тарқатувчи қурилмалар, трансформаторлар, ўзгартгичлар ва генераторларни ўз ичига олган тизим ишининг эффективлиги таъминланади.

Реактив қувватни линия ва трансформаторлар орқали узатиш электр энергиясининг қўшимча нобудгарчилигига, кучланиш йўқотувининг ошишига ва таъминот тизимига кетадиган харажатларнинг ортишига олиб келади.

1. Линия ва трансформаторлардан реактив қувват ўтиши натижасида қўшимча актив қувват ва энергия нобудгарчилиги содир бўлади. Агар R қаршилиққа эга бўлган линия орқали P ва Q қувватлари узатилса, актив қувват нобудгарчилиги қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P = I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + \Delta P_p \quad (6.6)$$

Демак, реактив қувватни линиядан узатиш натижасида қўшимча актив қувват нобудгарчилиги ($\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R$) содир бўлиб, унинг қиймати Q нинг квадратага тўғри пропорционалдир.

Шунинг учун электр станциялари генераторларидан истеъмолчиларга реактив қувват узатиш мақсадга мувофиқ эмас.

2. Актив ва реактив қаршиликлари R ва X бўлган энергетика тизими элементидан P ва Q қувватли энергия узатилганда ундаги кучланишнинг йўқотуви куйидагича топилади:

$$\begin{aligned} \Delta U &= IR \cos \varphi + IX \sin \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{U} R + \frac{UI \sin \varphi}{U} X = \\ &= \frac{P}{U} R + \frac{Q}{U} X = \Delta U_a + \Delta U_p \end{aligned} \quad (6.7)$$

Бу ерда: ΔU_a - актив қувватни узатиш билан боғлиқ бўлган кучланишнинг йўқотуви; ΔU_p - реактив қувватни узатиш билан боғлиқ бўлган кучланишнинг йўқотуви.

Демак, реактив қувват узатилиши натижасида электр таъминоти тизими элементида қўшимча кучланиш йўқотуви

($\Delta U_p = \frac{Q}{U} X$) содир бўлиб, унинг миқдори Q ва X ларга тўғри

пропорционалдир.

3. Корхона электр таъминоти тизимининг катта миқдорда реактив қувват билан юкланиши ҳаво ва кабель линияларининг кесими ошишига ва трансформаторлар қувватларининг ортишига олиб келади. Маълумки, линияларнинг кесимлари ва трансформаторларнинг қувватлари ҳисобий ток ва тўла қувват бўйича қабул қилинади.

Агар

$$S_X^2 = P_X^2 + Q_X^2, \quad I_X^2 = \frac{P_X^2}{U_X^2} + \frac{Q_X^2}{U_X^2} \quad (6.8)$$

ёқанлигини эътиборга олсак, S_X ва I_X қийматларни Q нинг ҳисобига қўшимча ортишини кўрамиз. Шунинг учун, реактив қувват электр таъминоти тизими элементнинг ўтказиш қобилиятини камайтиради дейилади.

Юқорида айтилган мулоҳазалардан кўринадики, электр таъминоти тизимида реактив қувватни камайтириш бўйича тадбирлар ишлаб чиқиш зарур аҳамиятга эга. Саноат корхоналарида реактив қувватни энергосистемадан кам қабул қилишнинг икки йўли мавжуд:

1. Табиий усул;
2. Махсус компенсацияловчи қурилмаларни ишлатиш усули.

6.2. Электр энергияси қабул қилувчиларнинг реактив қувват истеъмолини камайтириш усуллари

Табиий усуллар асосида реактив қувват истеъмолини камайтиришни биринчи навбатда кўриб чиқиш керак, чунки бунда катта миқдордаги харажатлар талаб қилинмайди.

Реактив қувват истеъмолчилари асосан асинхрон юритгичлар, трансформаторлар ва вентилли ўзгартгичлар бўлганлиги учун қуйидаги масалаларни тўла кўриб чиқиш керак:

1. Кам юкланган юритгичларни кичик қувватлилиги билан алмаштириш;
2. Систематик равишда кам юклама билан ишлайдиган юритгичларнинг кучланишларини камайтириш;
3. Юритгичлар ва пайвандлаш трансформаторининг салт иш режимларини чеклаш;
4. Технологик жараёнга салбий таъсир бўлмаган ҳолларда, асинхрон юритгичларни синхрон юритгичлар билан алмаштириш;
5. Вентиль ўзгарткичнинг энг маъқул бўлган схемасини ишлатиш.

Кам юкламанинг асинхрон юритгичларини керакли кичик қувватлилиги билан алмаштириш истеъмол қилинадиган реактив қувват миқдорининг камайишига олиб келиши табиийдир. Давлат томонидан энергия истеъмолини назорат қилувчи ташкилот ходимларининг ҳисоб-китобларининг кўрсатишича, агар электр юритгичнинг юкласи унинг номинал миқдорининг 45% идан кичик бўлса, уни кам қувватлилиги билан алмаштириш иқтисодий фойда беради. Агар юритгичнинг юкланиши 70% дан ортиқ бўлса, уни кам қувватлиги билан алмаштириш зарур эмас. Юритгичнинг юкланиши 45% дан 75% оралиғида бўлганда уни алмаштириш масаласи техник-иқтисодий кўрсаткичларнинг таҳлили асосида ҳал қилиниши керак.

Агар кам юкланган асинхрон юритгични алмаштириш имконияти бўлмаса, уни кириш қисмидаги кучланишни камайтириш имкониятини қидириш керак. Маълумки, юритгичнинг киришидаги кучланиш жоиз миқдоргача пасайтирилса, магнитланиш токининг камайиши ҳисобига истеъмол қилинаётган реактив қувват озаяди ва нобудгарчилик камайиб, ФИК ортади. Эксплуатация жараёнида кам юкламали асинхрон юритгичларнинг кучланишини камайтириш учун қуйидаги усуллар ишлатилади:

1. Статор чулғамларини учбурчакдан юлдуз схемасига ўтказиш;
2. Статор чулғамларини секциялаш;
3. Пасайтирувчи трансформатор чулғамларининг шохобчаларини алмаштириб кучланишнинг миқдорини камайтириш.

Кўп технологик жараёнларда асинхрон юритгичларнинг салт ишлаши бутун иш вақтининг 50-65% ини ташкил этади. Салт иш режимида юритгич фойдали иш бажармасдан катта миқдорда реактив қувват истеъмол қилади. Агар юритгичнинг номинал қувват коэффициенти $\cos\varphi_n = 0,91 \div 0,93$ атрофида бўлса, салт иш режимида истеъмол қилинадиган реактив қувват номинал режимдагига нисбатан 50% ни ташкил этади. Шунинг учун бундай режим вақтида истеъмолчини тармоқдан узиб қўйиш реактив қувват истеъмолини камайтиради.

Айрим ҳолларда кам юкланган трансформаторларни тармоқдан узиб қўйиш ёки 30% гача юклама билан ишлаётган трансформаторларни кам қувватлиги билан алмаштириш реактив қувват истеъмолининг сезиларли даражада камайишига олиб келади.

Умуман олганда, корхоналарда технологик жараёнларни автоматлаштирувчи тизимларнинг ишлатилиши электр қурилмаларининг энергетик режимларини яхшилайти ва реактив қувват истеъмолини камайтиради.

Саноат корхоналарида ўзгарувчи токни ўзгармас токка айлантирувчи катта қувватли вентиль тўғрилагичлар кенг ишлатилади. Бундай қурилмалар реактив қувват истеъмолчилари бўлиб, уларда кучланиш билан токнинг асосий гармоникалари орасидаги φ_1 нинг тахминий қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\varphi_1 = \arccos \frac{U_T}{U_{TO}} \quad (6.9)$$

Бу ерда: U_T - тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати;

U_{TO} - салт иш режимидаги тўғриланган кучланиш.

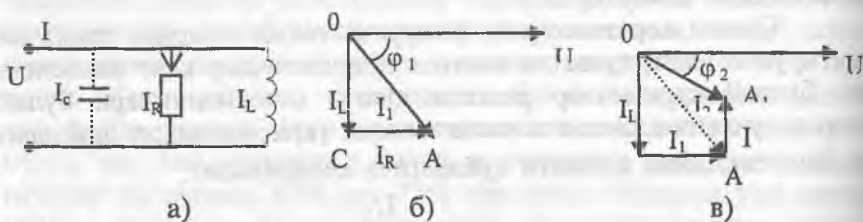
(6.9) муносабатдан кўриб турибдики, тўғриланган кучланишни қанчалик кенг диапазонда бошқарилса, шунчалик кўп реактив қувват талаб қилинади. Реактив қувват истеъмолини камайтириш усулларида бири бу икки ёки ундан кўп бўлган тўғрилагич кўприк схемаларини кетма-кет улаб, уларни навбатманавбат бошқаришдан иборат. Албатта, бундай схемалар анча му-

раккаб ва қиммат ҳисобланади, шунинг учун уларни катта қувватли электр юритмаларда ишлатиш тавсия этилади.

6.3. Реактив қувватни компенсацияловчи воситалар

Корхонада ўрнатиладиган реактив қувватни компенсацияловчи воситаларнинг умумий қуввати энергосистеманинг топшириғи билан белгиланади.

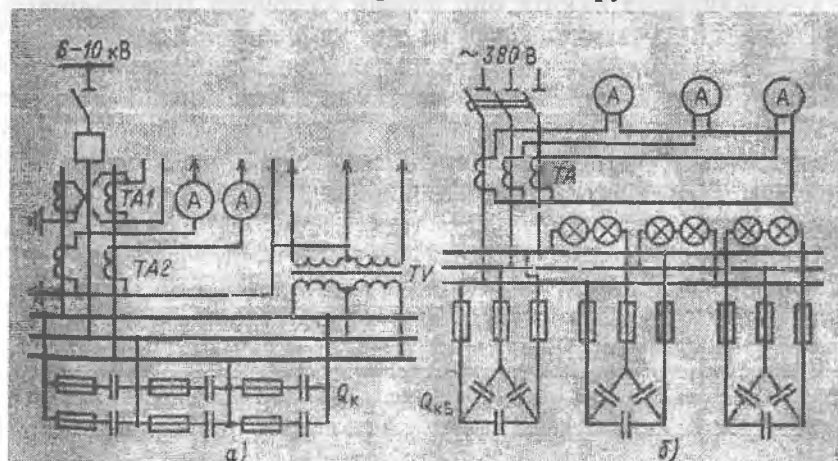
Реактив қувват компенсацияловчи техник воситаларга қуйидаги қурилмалар киради: конденсатор батареялари, синхрон юритгичлар ёки компенсаторлар, вентилли статик реактив қувват манбаи. Реактив қувватни компенсациялашнинг моҳиятини 6.2-расмда кўрсатилган схема ва вектор диаграммалари орқали осон тасаввур қилиш мумкин. Актив-индуктив характерли истеъмолчи учун кўрсатилган диаграммада (6.2б-расм) \overline{OC} векторининг қиймати истеъмол қилинаётган реактив қувват Q_1 ни ёки ток I_L ни кўрсатади. \overline{CA} вектори эса истеъмол қилинаётган актив қувват P_1 ни ёки ток I_R ни кўрсатади. Тўла қувват S_1 ёки ток I_1 \overline{OA} вектори билан белгиланади. Реактив қувват коэффициенти $\text{tg}\varphi_1$ орқали аниқланади. Компенсациянинг вектор диаграммага таъсири 6.2в-расмда кўрсатилган.



6.2-расм

Юкламага параллел Q_k қувватли конденсатор уланганда, умумий реактив қувват $Q_L - Q_k$ (ток $I_L - I_c$) бўлади, вектор диаграммасидаги А нуқта A_1 нуқтага силжийди ва φ_1 бурчаги φ_2 бурчагигача камаяди. Актив қувват истеъмоли ўзгармаган ҳолди (вектор \overline{CA}) тўла қувват истеъмоли S_1 (вектор \overline{OA}) дан S_2 (вектор

OA_1) гача камаяди. Шундай қилиб, компенсациялаш натижасида ўтказгичнинг кесимини сақлаган ҳолда тармоқдан узатиладиган актив қувват миқдорини ошириш имконияти рўёбга чиқади.



6.3-расм

Саноат корхоналарида конденсатор батареялари энг кўп ишлатилади. Улар 220, 380, 660, 6000 ва 10000 Вольтли кучланишларга мўлжалланган бўлиб, бино ичкарасига ёки ташқарисига қўйилиши мумкин. Конденсаторлар бир ёки уч фазали қилиб ишлаб чиқарилади. Конденсаторларнинг реактив қувватини компенсациялашда кенг ишлатилишига асосий сабаблар қуйидагилардан иборат: актив қувватнинг солиштирма исрофи 0,005 кВт/кВАр гача кичик бўлиши мумкин; эксплуатацияси ва монтаж ишлари осон бажарилади; нархи нисбатан арзон; массаси енгил; шовқинсиз ишлайди; конденсатор батареясини истеъмолчилар тўруҳи жойлашган майдонга ўрнатиш мумкин.

Конденсатор батареяларининг камчиликлари: ёнғиндан хавфлилиги, қолдиқ заряднинг мавжудлиги; ўта кучланиш ва токнинг сакрашларига сезгирлиги; генерация қилинаётган қувват миқдорининг кучланишга узвий боғлиқлиги ($Q=U^2\omega C$).

Конденсатор батареялари уч фазали тармоққа учбурчак шаклида уланади. Бундай уланганда ҳар бир элементдаги кучланиш қиймати юлдуз схема бўйича уланишга нисбатан $\sqrt{3}$ мартаба катта бўлиб, ишлаб чиқарилаётган реактив қувватнинг миқ-

дори эса, 3 маротаба ортик бўлади. Конденсаторлар тармоқдан узилганда қолдиқ заряд автоматик равишда актив қаршиликка разрядланиши керак. Зарядсизловчи қаршилиқ сифатида (6-10) кВ кучланишларда иккита бир фазали кучланиш трансформаторлари, 0,38 кВ кучланишда чўгланувчи лампалар ишлатилади (6.3-расм). Электротехника саноат корхоналарида конденсаторлар батареяларга бирлаштирилиб, комплект компенсацияловчи қурилмалар тарзида ишлаб чиқарилади. Қуйидаги жадвалда ишлаб чиқарилаётган 380 Вольтли айрим комплекс конденсатор қурилмаларнинг техник характеристикалари келтирилган.

6.1-жадвал

тури	номинал қувват, кВАр	ўлчамлари, мм			Массаси, кг
		узунлиги	эни	баландлиги	
УК-0,38-75УЗ	75	700	560	1260	150
УК-0,38-150-УЗ	150	700	560	1660	245
УКН-0,38-75-УЗ	75	700	560	1660	175
УКТ-0,38-108-УЗ	108	700	560	1660	300

Илова. УК-конденсатор қурилмаси; УЗ-бино ичкарасига ўрнатиловчи; Н, Т-бошқарув кучланиш ёки ток бўйича.

Конденсатор қурилмаларини ўрнатиш хусусий, гуруҳий ва марказлаштирилган бўлиши мумкин.

Айрим истеъмолчининг кириш қисмига конденсатор тўғридан-тўғри уланса, хусусий ўрнатиш содир бўлади. Бундай уланишда конденсаторнинг ишлатилиши тўла бўлмайди, чунки истеъмолчининг узилиши конденсаторнинг ҳам тармоқдан узилишига олиб келади.

Гуруҳ истеъмолчилари учун ўрнатишда конденсатор батареяси тармоқнинг тақсимлаш пунктига уланади. Марказлаштирилган равишда ўрнатишда конденсаторлар батареяси трансформатор подстанциясининг юқори кучланишли қисмига уланади. Бу ҳолда конденсаторларнинг ўрнатиш қувватларининг ишлатилиши энг юқори даражада бўлади.

Ўлчов асбоблари ва коммутация аппаратларига кетадиган харажатларни камайтириш мақсадида 6-10кВ кучланишда қуввати 400 кВАр дан кам бўлган конденсатор батареяларни айрим узинч орқали ўрнатиш тавсия этилмайди. Шунингдек, ушбу кучланишда

куват 100 кВАр дан кам бўлган конденсаторларни трансформаторлар, асинхрон юритгичлар ёки бошқа истеъмолчилар билан умумий узгичлар орқали ўрнатиш ҳам мақсадга мувофиқ эмас.

Компенсацияловчи қурилмаларнинг яна бир тури - синхрон юритгичлар (СЮ) билан танишиб ўтамиз. Маълумки, СЮ нинг ишга тушириш токининг миқдорини номиналдан оширилганда реактив қувват ишлаб чиқарилади. Синхрон юритгичларнинг асинхрон юритгичлардан фарқи шундаки, уларда ўзгармас магнит майдони ҳосил қилиш учун алоҳида ўзгармас ток манбаи ишлатилади. Нормал режимда СЮ тармоқдан реактив қувват олмайди, лекин ўзгармас манбадан берилаётган кўзгатиш токининг миқдори меъёрдагидан ошганда реактив қувват генерация қилади. СЮ нинг актив юкламаси ва кучланиши номинал бўлганда, фаза бўйича олдинда борувчи қувват коэффиценти 0,9 ни ташкил этса, ишлаб чиқарилаётган реактив қувватнинг номинал қиймати қуйидагича аниқланади.

$$Q_H \approx 0,5P_H$$

Агар СЮ актив қувват бўйича тўла юклатилмаса, яъни

$$\beta = \frac{P}{P_H} < 1$$

шарт бажарилса, уни реактив қувват бўйича ўта юклатилиш имконияти яратилади. Бундай ҳолда СЮ ишлаб чиқарадиган реактив қувват шундай аниқланади:

$$Q = \alpha P \operatorname{tg} \varphi_n / \eta_n \quad (6.10)$$

Бу ерда: $\alpha = Q/Q_H$, P - СЮ актив юкламаси; $\operatorname{tg} \varphi_n$ ва η_n - СЮ паспортида кўрсатилган реактив қувват коэффиценти ва ФИК α нинг қиймати номинал кучланишда β миқдорига қараб 6.2 жадвалдан аниқланади.

6.2-жадвал

Серия, номинал кучланиш ва айланиш частотаси	Ҳар хил β учун α нинг миқдори		
	0,9	0,8	0,7
СДН,6ва10кВ,барча айланиш частотаси учун	1,21	1,27	1,33
СТД,6ва10кВ,3000айланиш/мин.	1,15	1,24	1,32

Синхрон компенсатор (СК) салт иш режимида ишловчи СЮ бўлиб, ўқида механик юклама бўлмайди ва у фақат реактив қувват ишлаб чиқаришга мўлжалланган. Шунинг учун СК нинг конструкцияси СЮ га нисбатан энгил қилиб тайёрланади. Ҳозирги кунда ишлаб чиқарилаётган СК ларнинг қувватлари 5000 кВАрдан ортиқ. Саноат корхоналарининг электр тармоқларида СК лар катта қувватли электр истеъмолчиларга (электр ёй печлари; прокатлаш қурилмалари ва ш.ў) берилаётган электр энергиясининг кучланиш бўйича сифатини яхшилаш учун ишлатилади.

СК афзалликлари қуйидагилардан иборат: ишлаб чиқариладиган реактив қувват миқдорини автоматик равишда текис бошқариш имконияти мавжудлиги туфайли система иш режими-нинг турғунлигини ошириш ва тармоқнинг режим параметрларини яхшилаш мумкин; қисқа туташув жараёнларида ҳосил бўладиган термик ва электродинамик таъсирларга чидамлик; таъмирлаш ишларини бажариш натижасида шикастланган СК ни қайтадан тиклаш имконияти мавжудлиги. СК ларнинг камчиликлари: эксплуатациянинг мураккаблиги ва қурилманинг қимматлиги; ишлаш жараёнида катта шовқиннинг мавжудлиги; актив қувват нобудгарчилигининг катталиги (0,011 - 0,03 кВт/кВАр).

Кичик қувватли СК нисбатан қиммат бўлиб, актив нисбий нобудгарчилигининг миқдори катта ҳисобланади, шунинг учун уларни катта қувватли қилиб ишлаб чиқарилади ва йирик подстанцияларда ишлатиш тавсия этилади.

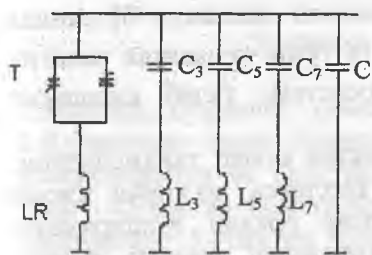
Кескин ўзгарувчан ва зарбдор юкламали 6-10 кВли электр тармоқларида реактив қувватни компенсациялаш учун махсус тез ишлайдиган реактив қувват манбалари қўлланилади. Бундай юкламали тармоқларда кучланиш тебраниши юқори ҳисобланади, истеъмолчилар ночизиқли элементлар туркумидан бўлганлиги учун ток ва кучланишларнинг таркибларида юқори гармоникалар содир бўлади. Шулардан келиб чиққан ҳолда компенсацияловчи қурилмалардан

-ишлаб чиқараётган реактив қувватнинг миқдорини тез ўзгартира олиш;

-реактив қувват ўзгариш диапазонининг кенглигини таъминлаш;

-реактив қувватни бошқариш ва истеъмол қилиш мумкинлиги;

-манба кучланиши формаси бузилишини камайтира олиш талаб қилинади.



6.4-расм

Статик компенсацияловчи қурилма-нинг асосий элементлари сифатида конденсаторлар, бошқарилувчи индуктивлик (дроссел) ва тиристорли венти́ллар ишлатилади. Бундай компенсаторларнинг асосий афзаллиги - тезкор ишлай олиши, юқори даражадаги ўта юкланишларга чидамлилиги ва кам актив қувват сарфланишидир. Камчилиги эса, қўшимча бошқарилувчи дросселнинг зарурлиги ва чуқур бошқарувларда

юқори гармоникаларнинг ҳосил бўлишидир.

Статик компенсациялаш қурилмасининг схемалари икки қисмдан иборат: кучланиш тебранишини компенсацияловчи бошқарилувчи индуктивлик элементи LR ва бошқарилмайдиган қисм - конденсатор батареялари ва юқори гармоникалар учун филтёрлар (6.4-расм). Индуктивликни ростлаш тиристорлар гуруҳи орқали бажарилади.

6.4. Компенсацияланувчи реактив қувватнинг миқдорини аниқлаш

Компенсацияловчи қурилмаларнинг зарурий қувватини аниқлашда энергосистеманинг корхонага узатадиган реактив қувват миқдорини ҳисобга олиш керак. Умумий ҳолда қуйидаги шарт бажарилиши талаб қилинади:

$$Q_k \geq Q_X - Q_{\text{э}} \quad (6.11)$$

Бу ерда: Q_X - корхонанинг ҳисобий (истеъмол этадиган) реактив қуввати;

$Q_{\text{э}}$ - энергосистема томонидан узатиладиган реактив қувват;

Q_k - корхонада компенсацияланиши зарур бўлган реактив қувват;

Компенсацияловчи қурилмаларнинг қувватини қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$Q_k = P_m (\text{tg}\varphi_m - \text{tg}\varphi_{\text{э}}) \quad (6.12)$$

Бу ерда: P_m - энергосистема юкламаси максимум бўлганида корхонанинг актив қуввати; $\operatorname{tg} \varphi_m$ - P_m га тўғри келадиган реактив қувват коэффиценти $\operatorname{tg} \varphi_0$ - энергосистема талаб қиладиган реактив қувват коэффиценти.

Шундай қилиб, корхонанинг реактив қувват танқислигини, бир қисми энергосистема томонидан қопланса, иккинчи қисми корхонага ўрнатиладиган компенсаторлар орқали тўлдирилади. Қуввати 750 кВА дан ошмаган корхоналарда реактив қувват, кучланиши 1 кВ гача бўлган томондан тўла компенсацияланиши зарур. Истеъмолчиларни реактив қувватни компенсациялашга иқтисодий рағбатлантириш учун электр энергиясига тўлов нархини камайтириш ёки кўпайтириш усули қўлланилади.

Компенсацияловчи қурилмаларнинг иш графиклари корхонанинг реактив қувватга бўлган эҳтиёжига мос келиши мақсадга мувофиқдир. Бунинг учун ишлаб чиқарилаётган реактив қувват миқдорига СЮ ва СК ларнинг юргизиш токлари ростлагичлар орқали бошқарилиб ёки конденсатор батареяларнинг секциялари сонларини ўзгартириб таъсир кўрсатиш мумкин. Албатта, бу жараён автоматик равишда кучланиш, ток, реактив қувватнинг йўналиши ва вақт бўйича бажарилиши мумкин.

1. Кучланиш бўйича бошқарилганда, бир вақтнинг ўзида реактив қувватни ва кучланишни ростлаш масалалари ҳал қилинади. Маълумки, реактив қувватнинг ортиши натижасида истеъмолчиларнинг кириш қисмларидаги кучланиш пасаяди.
2. Юкламалар графиклари кескин ўзгарувчан истеъмолчилар учун реактив қувватни бошқариш юклама токининг миқдори бўйича бажарилганда яхши натижага эришилади.
3. Айрим чекка, узокда жойлашган подстанцияларда бошқариш реактив қувватнинг йўналиши бўйича бажарилиши мумкин.
4. Корхонанинг реактив қувват истеъмоли графигининг кўриниши барча кунлар учун бир хил қолаверса, реактив қувватни бошқаришни вақт бўйича олиб бориш мақсадга мувофиқдир. Бунинг учун ЭВУС-24 типдаги сигнал соатлари ишлатилиб, куннинг маълум вақтларида конденсатор батареяларининг секциялари уланади ёки ўчирилади.

Ўз-ўзини текшириш саволлари

1. Реактив қувватни компенсациялашнинг аҳамияти нимада?
2. Қувватнинг оний, ўртача қийматларини тушунтиринг.
3. Қувват коэффициенти ва реактив қувват коэффициенти қандай аниқланади?
4. Реактив қувват истеъмолини камайтириш усулларини тушунтиринг.
5. Реактив қувватни компенсациялашнинг моҳиятини вектор диаграммалар орқали тушунтиринг.
6. Конденсатор батареяларининг уланиш схемаларини чизиб кўрсатинг.
7. Синхрон компенсаторлар ва синхрон моторларнинг ишлаш тамойилини тушунтиринг.
8. Статик компенсацияловчи қурилмаларининг асосий элементлари нималардан иборат?

VII бoб. ЭЛЕКТРОТЕХНИК ҚУРИЛМАЛАРИ НЕЙТРАЛИНИНГ РЕЖИМЛАРИ

7.1. Электротехник қурилмалари нейтралининг режимини танлаш ва ҳимоявий заминлаш

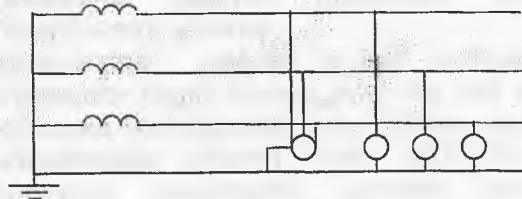
Электр қурилмасининг нейтрални деганда потенциали нолга тенг бўлган нуқталарнинг бирлашмаси тушунилади. Бу нуқта ердан изоляцияланган (7.1а-расм), ерга актив ёки реактив қаршилиқ орқали уланган (7.1б-расм), ерга бевосита уланган бўлиши мумкин (7.1в-расм). Нейтралнинг қайси ҳолатда бўлишлигини электр хавфсизлиги, электр таъминотининг ишончилиги ва иқтисодий кўрсаткичларнинг тафсилотлари асосида қабул қилинади.



7.1-расм

Нейтрални бевосита ерга улаш схемалари 110кВ ва ундан юқори кучланишли тармоқларда, 220/127 ва 380/220 Вольтли, тўрт симли тармоқларда ишлатилади. Кучланиши 6, 10, 35 кВ бўлган тармоқлар, 380/660 Вольтли уч фазали, уч симли тармоқлар нейтрални изоляцияланган ҳолда бажарилади.

Уч фазали тўрт симли 380/220 Вольтли тармоқнинг схемаси 7.2-расмда кўрсатилган бўлиб, унда трансформаторнинг иккиламчи чулғамлари юлдуз шаклида уланиб, нейтрал ноль симга ва ерга уланган.



7.2-расм

Нейтрални заминланган уч фазали тармоқларда бир фазали ерга туташув содир бўлганда катта миқдорда қисқа туташув токи ўтади ва тезкор ҳимоя ишга тушиб, тармоқнинг шикастланган қисмини узиб қўяди. Шикастланмаган фазаларда ер билан линия орасидаги кучланишнинг миқдори ўзгармайди ва изоляцияни фаза кучланишига қараб қабул қилиш мумкин бўлади.

Нейтрални заминланган тизимларда электр қурилмасининг ток ўтказувчи қисмларига теккан шахснинг танасидан ўтайдиган токнинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$I_m = \frac{U_\phi}{R_m} \quad (7.1)$$

Бу ерда: U_ϕ - манбанинг фаза кучланиши; R_m - киши танаси, пойафзали ва оёқ ости сатҳининг қаршилиги. Нейтрални заминланган уч фазали тизимларнинг афзалликлари: 380/220 В кучланишли уч фазали тўрт линияли тармоқларда ёритиш ва куч юктамаларини бир тизимга улаш имконияти яратилади; электрлаштирилган транспортда ерни ишчи ўтказгич сифатида ишлатиш мумкин; линияларнинг изоляцияси фаза кучланишига ҳисобланганлиги учун изоляцияга кетадиган сарф-харажатлар кам бўлади, айниқса бу кўрсаткич юқори кучланишларда (110 кВ ва ундан юқори) сезиларли бўлади; бир фазали қисқа туташувлар кам вақтли бўлганлиги учун 1 кВ дан юқори кучланишли тармоқларда автоматик қайта улаш тизимининг ишлатилиши имконияти яратилади.

Нейтрални заминланган уч фазали тизимнинг камчиликлари: иқтисодий нуқтаи назардан бундай тизимлар қиммат ҳисобланади, чунки тўртинчи сим ишлатилади ва учинчи ток трансформатори ва реле керак бўлади; фаза линияларидан бирининг ерга уланиши тезкор реле ҳимоясини ишга туширади ва тармоқнинг шикастланган қисми узилади, бу эса электр таъминотида танаффулга олиб келиб, корхонага маълум зарар келтиради; шахс электр қурилмаларининг ток ўтказувчан қисмига текканда танадан ўтайдиган токнинг миқдори нисбатан катта бўлади.

Уч линияли, уч фазали нейтрални изоляцияланган тармоқнинг схемаси 7.3а-расмда кўрсатилган бўлиб, унда линия билан ер орасидаги сиғим кўрсатилган.

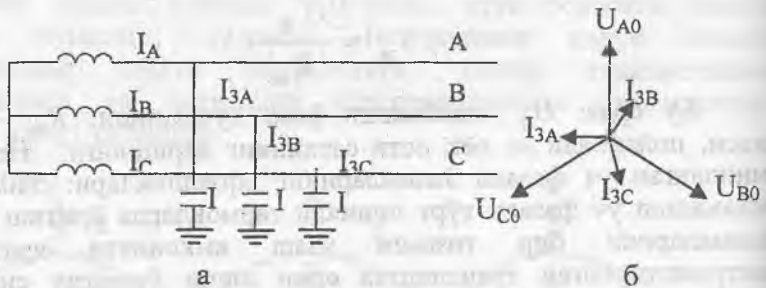
7.3б-расмда истеъмолчи узилган ҳолат учун сиғим токини ҳисобга олиб, вектор диаграммаси чизилган. Бунда U_{AO} , U_{BO} , U_{CO}

- линия билан ер орасидаги кучланиш; i_{3A} , i_{3B} , i_{3C} - сиғим орқали заминга ўтувчи тоқлар.

Нейтрални изоляцияланган тизимда қурилманинг электр ўтказувчан қисмига теккан шахснинг танасидан ўтайдиган токнинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$I_m = \frac{3U_\phi}{3R_m + r} \quad (7.2)$$

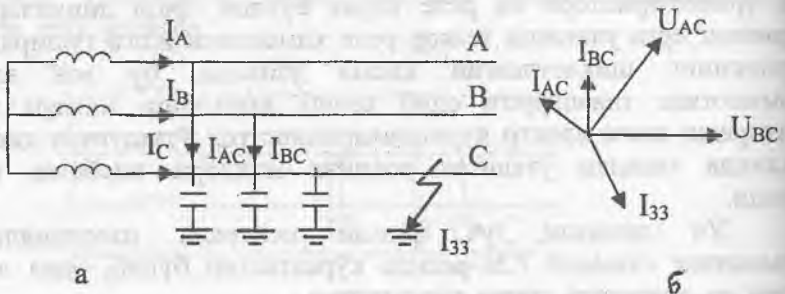
Бу ерда: r - фаза билан ер орасидаги актив қаршилик.



7.3-расм

Бирор фаза изоляцияси бузилса, тармоқнинг маълум нуқтасида бир фазага ерга туташиб содир этилади ва бу фазанинг кучланиши нолга тенглашади, бошқа линияларнинг ерга нисбатан кучланиши линиялараро кучланишга тенг бўлади (7.4-расмлар). Фазалардаги заряд тоқлари ва ерга уланиш тоқларининг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Шунинг учун

$$I_{33} = 3I_3$$



7.4-расм

Бу ерда: I_{3A}, I_{3B}, I_{3C} - нормал режимда линия ва ер оралиғидаги заряд токи;

I_{BC}, I_{BC} - бирор линия ерга уланганида, бошқа фазалардаги заряд токи;

I_{33} - ерга қисқа туташган линиядан ўтадиган ток.

I_{33} токнинг миқдори тармоқнинг юклама токига нисбатан кам. Бирор линиянинг заминланиши фазалараро кучланишнинг миқдорига таъсир кўрсатмайди ва истеъмолчиларнинг режимлари ўзгармайди. Шундай қилиб, нейтрал изоляцияланган тармоқларда бирор линиянинг ерга уланиши авария ҳолати деб ҳисобланмайди ва бундай режимда тармоқ маълум вақтгача (икки соатдан ортик) уланиб туриши мумкин, яъни электр таъминотида узилиш бўлмайди.

Нейтрал изоляцияланган уч фазали тизимнинг афзаликлари: бундай тизим иқтисодий томонидан арзон, чунки ноль сим, учинчи ток трансформатори ва реле талаб қилинмайди; бирор линиянинг ерга уланиши натижасида электр таъминотида узилиш бўлмайди, шунинг учун ишончилилик юқори; (7.1) ва (7.2) муносабатларни солиштиришдан кўриниб турибдики, электр хавфсизлиги нуқтаи назаридан нейтрал изоляцияланган тизим хавфсизроқ ҳисобланади.

Нейтрал изоляцияланган тизимнинг камчиликлари: бир фазали қисқа туташув содир бўлганда, шикастланмаган линияларнинг ерга нисбатан кучланиши линиялараро кучланишга тенг бўлиши изоляция поғонасини юқори олишга мажбур этади ва капитал маблағларнинг миқдорини оширади; бундай тизимларда изоляция ҳолатини текшириб туриш мақсадида қўшимча қурилмалар ишлатилади, бу эса қўшимча харажатларга олиб келади; линиянинг ерга қисқа туташган жойида кўчма электр ёйининг содир бўлиши натижасида ҳосил бўладиган коммутациявий ўта юкланишлар ($4U_H \div 6U_H$) таъсиридан изоляциянинг ишдан чиқиши ва истеъмолчиларнинг нормал иш режимлари бузилиши мумкин.

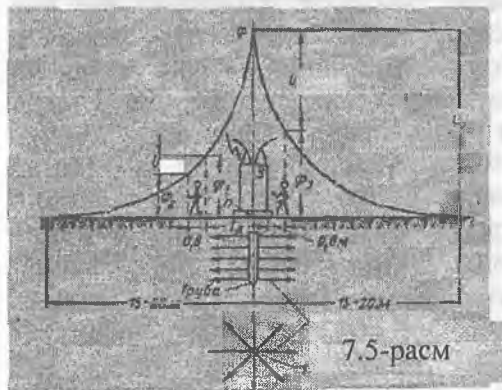
Бундай тизимларда бир фазали қ.т. токи таъсирини камайтириш мақсадида қуйидаги чекланишлар киритилган: 35кВ тармоқларда ерга ўтувчи қ.т. токининг миқдори 10А дан, 10кВ да - 20А дан, 6 кВ да 30 А дан ошмаслиги керак. Бунга эришиш учун манбанинг нейтрал нуқтаси ерга индуктивлик орқали

уланади ва қ.т. занжирида тоқлар резонанси ҳосил бўлади, натижада заминга ўтувчи тоқнинг миқдори камаяди. Бундай тармоқлар нейтрални компенсацияланган тармоқлар деб аталади.

7.2. Ҳимоявий заминлаш

Электр қурилмаларига хизмат кўрсатишда тоқ ўтказувчи изоляцияланмаган қисмлар билан бир қаторда нормал режимда кучланиш таъсирида бўлмаган электр ускуналарнинг металл қисмлари ҳам хавфли ҳисобланади. Чунки улар изоляциянинг шикастланиши натижасида тоқ ўтказувчи қисмларга тегиб қолиши мумкин. Буларга юритгичларнинг корпуслари, трансформаторларнинг баклари, шинали ўтказгичларнинг қобиклари, шчитларнинг металл каркаслари, ҳар хил дастгоҳларнинг корпуслари ва барча электр қурилмаларининг металл корпуслари киради.

Ҳимоявий заминлаш деганда электр қурилмаларнинг нормал режимда кучланиш таъсирида бўлмаган металл қисмларини, эҳтиёткорлик шартидан келиб чиққан ҳолда, ерга улаш тушунилади. Ҳимоявий заминлаш бажарилган бўлса, изоляцияси шикастланиб металл корпус тоқли симга тегиб қолган тақдирда, корпус билан контактда бўлган шахс хавфли кучланиш таъсирида бўлмайди. Заминлаш қурилмаси деб заминлагич ва



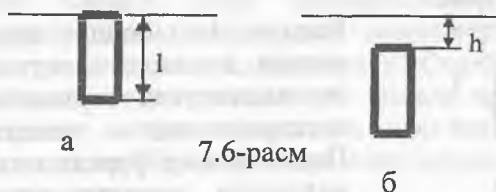
7.5-расм

заминловчи симлар бирлашмасига айтилади. Заминлагич ер билан бевоқифа контактда бўладиган металл ўтказгичдан иборат. Заминловчи симлар қурилмаларнинг металл корпусларини заминлагичлар билан бирлаштиради.

Фараз қилайлик, ўтказгич билан узгич корпуси оралиғидаги изоляция шикастланиб, бирор фаза корпусга уланиб қолган бўлсин. Тоқ корпус, заминловчи сим ва заминлагич орқали, 7.5-расмда кўрсатилган йўналишда, ерга ўтади. Вольтметр ёрдамида заминлагичдан ҳар хил масофадаги ер юзасининг потенциаллар фарқини ўлчаб расмда кўрсатилган

потенциалнинг тарқалиш графигини чизиш мумкин. Кўриниб турибдики, энг юқори потенциал заминлагичга тўғри келади ва унда 15-20 м узоқликда эса потенциалнинг қиймати нолга яқинлашади.

Корпуси заминланган электр қурилмасидан 0,8 м масофада жойлашган ер сатҳидаги нуқта билан заминлагич орасидаги потенциаллар фарқини тегиш кучланиши (напряжение прикосновения) деб аталади. Заминлагич яқиндаги 0,8 м оралиқдаги потенциаллар фарқини одим кучланиши (қадам оралиғидаги кучланиш) дейилади.



Ернинг ток тарқалаётган қисмидаги қаршиликни ёйилиш қаршилиги дейилади ва бу қаршиликни заминлагичга тегишли деб қаралиб, унинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}$$

Бу ерда: U_3 - заминлагич билан ноль потенциаллик нуқта орасидаги кучланиш; I_3 - заминлагич орқали ўтувчи ток.

Тупроқнинг нисбий қаршилиги унинг структураси, ҳарорати, таркибининг намлиги ва электролитларга боғлиқ. Энг катта қаршилик қиш кунлари тупроқ музлаганда ва ёз кунларида тупроқнинг қуриганида кузатилади.

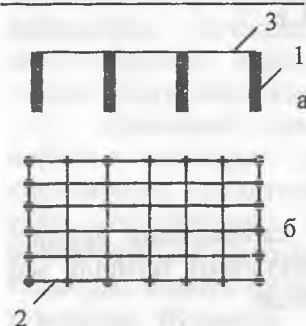
Ўзгарувчан тоқларда заминловчи қурилмалар сифатида биринчи навбатда табиий заминлагичларни ишлатиш керак. Бундай заминлагичларга водопровод трубалари, кабелларнинг металл қобиклари, электр тармоқларнинг ноль симлари, бинолар ва иншоотларнинг металл ва темирбетон конструкциялари киради.

Юқори ҳароратли суюқлик, портлаши мумкин бўлган газларни узатувчи трубалар, кабелларнинг алюминий қобиклари, туннеллардан ўтказилган алюминий ўтказгичлар ва кабелларни заминлагич воситалар сифатида ишлатиш мумкин эмас. Табиий

заминлагичларнинг энг яхши афзаллиги, бу ёйилиш қаршилигининг кичик бўлишидир.

Сунъий заминлагич деганда, ерга кўмиладиган махсус металл электродлар тушунилади. Одатда улар вертикал электродлардан (труба, стержень, бурчаксимон металл) ташкил топган бўлиб, юқори қисми ер сатҳи билан бир хил ёки ер сатҳидан 0,5÷0,7 м чуқурликда бўлиши мумкин (7.6а,б-расм).

Кўп ҳолларда битта вертикал электрод заминлагичнинг керакли қаршилигини таъминлай олмайди. У ҳолда n та вертикал электродлар ишлатилиб, улар металл тасма билан бирлаштирилади ва заминлаш қатори ёки ёпиқ контури ҳосил қилинади. (7.7а,б-расм).



7.7-расм

Расмда 1- металл электрод; 2- металл тасма; 3- потенциаларни тенглаштирувчи горизонтал металл электродлардан тузилган тўр. Потенциаллар фарқини камайтириш мақсадида заминланиши керак бўлган объектнинг атрофига электродлар ёпиқ контур қилиб жойлаштирилади ва уларни горизонтал электродлар билан бирлаштирилади.

Бундан ташқари контур ичкарисида кўшимча горизонтал электродлар ёрдамида, ўлчовлари 6 х 6 м бўлган ячейкалардан тузилган тўр ҳосил қилинади. (7.7б-расм).

Вертикал электродларнинг ўлчамларини қабул қилишда

- кам металл сарфлаб, заминлагичнинг керакли қаршилигини;
- электродни тупроққа киргизиш жараёнида механик чидамликни;
- тупроқда жойлаштирилган электродларни коррозиядан (занглашдан) сақлашни таъминлашга эътибор бериш керак.

Электродни тупроққа киритишда труба ва бурчаксимон металллар катта механик чидамликка эга, юмалоқ стерженнинг механик мустаҳкамлиги эса кам ҳисобланади. Одатда вертикал электродларнинг узунликлари 2-3 м бўлади. Трубаларнинг 1 - 2 диаметриги, бурчаксимон металлларнинг №50 ва №60 (ўлчамлари 50 х 50 ва 60 х 60 мм) лари, думалоқ стерженларнинг диаметри 12 - 16 мм лари ишлатилади.

Коррозияга чидамлилиги нуқтаи назаридан заминлагичларнинг қуйидаги энг кичик ўлчамлари белгиланган: юмалоқ стерженларнинг диаметрлари 6 мм; тасмаларнинг юзаси 43 мм²; труба деворларининг ва бурчаксимон металлларнинг қалинликлари мос равишда 3,5 мм ва 4 мм дан кам бўлмасликлари керак.

Заминлагич қурилмаларига қўйиладиган талаблар

Кучланиши 1000 Вольтгача бўлган қурилмаларда заминлагич ва заминловчи симларнинг қаршилиги 4 Омдан ошмаслиги керак. Агар истъёмолчилар 100 кВА ли трансформатор ёки генератордан энергия билан таъминланса, заминлаш қурилмасининг қаршилиги 10 Омгача бўлиши мумкин.

Нейтралли заминланган уч фазали тармоқларда электр қурилмаларнинг металл корпуслари, ҳаво линияларининг металл устунлари ва темир-бетон устунларнинг металл қисмлари нейтрал симга бевосита уланади.

Нейтралли заминланган тармоқларда бир фазали қисқа туташув содир бўлган қисмни автоматик равишда узиш учун қуйидаги шартлар бажарилиши талаб этилади:

1. Металл корпусига қ.т. содир бўлган жойга яқин ўрнатилган сақлагичнинг эрувчан қисмининг номинал токи қ.т. токидан камида уч маротаба кичик бўлиши керак;
2. Агар сақлагич ўрнида автоматик узгич ишлатилган бўлса, уни максимал релесининг номинал токи қ.т. токидан камида 1,4 маротаба кичик бўлиши зарур.

Кучланиши 1000 Вольтдан юқори бўлган, нейтралли изоляцияланган электр ускуналари учун заминлаш қурилмасининг қаршилиги 10 Омдан ошмаслиги керак.

Кучланиши 1000 Вольтдан юқори бўлган, нейтралли бевосита ерга уланган электр ускуналари учун заминловчи қурилманинг қаршилиги 0,5 Омдан ошмаслиги керак. Бундай ускуналарнинг заминлаш қурилмалари бажарилаётганда, потенциалларни тенглаштиришга катта эътибор берилиши керак, чунки уларда бир фазали қисқа туташув содир бўлганда, заминлаш қурилмасидаги кучланишнинг миқдори ортиб кетади.

Заминловчи симларни қабул қилинаётганда унинг кесими қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$S = I_x \frac{\sqrt{t_n}}{C}$$

Бу ерда: I_x - ўтказгичдан ўтайдиган токнинг ҳисобий қиймати, А; t_n - қ.т токининг вақт давомийлигининг келтирилган қиймати, с; C - ўзгармас сон (пўлат учун $C=74$, мис учун $C=195$, мис симли кабеллар учун $C=182$, алюминий ва алюминий симли кабеллар учун $C=112$).

Ўз-ўзини текшириш саволлари

1.Электр нейтрал деганда нима тушунилади? 2.Нейтралнинг ҳолатлари қандай бўлиши мумкин? 3.Нейтрални компенсацияланган тармоқни чизинг. 4.Химоявий заминлаш нима учун қўлланилади?

1. **Электр қурилмалари** деб электр энергияни ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва бошқа турдаги энергияга ўзгартирувчи машиналар, аппаратлар, линиялар ва ёрдамчи ускуналар (улар ўрнатилган иншоот ва хоналар билан бирга) мажмуига айтилади.
2. **Энергетик тизим** деб бир-бири билан ўзаро боғланган электростанциялар, электр ва иссиқлик тармоқлари мажмуининг электр энергиясини узлуксиз ишлаб чиқариш, ўзгартириш ва тақсимлаш жараёнларини умумий режимда бирлашганлиги ва шу режимнинг умумий ҳолда бошқарилишига айтилади.
3. **Электр энергетик тизим** деб энергетик тизимнинг электр қисмига ва ундан таъминланувчи, электроэнергияни ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш умумий жараёнлари билан боғланган электроэнергия қабул қилувчиларга айтилади.
4. **Электр таъминоти тизими** деб истеъмолчиларни электроэнергия билан таъминлаб бериш учун мўлжалланган электр қурилмалар мажмуига айтилади.
5. **Электр тармоғи** деб маълум бир ҳудудда ишловчи подстанциялар, тақсимловчи қурилмалар, ҳаво ва кабель электр узатув линияларидан ташкил топган, электроэнергияни узатиш ва тақсимлаш учун мўлжалланган электр қурилмалар мажмуига айтилади.
6. **Электр энергия қабул қилувчиси** деб электр энергиясини бошқа турдаги энергияга айлантирувчи аппарат, агрегат ва механизмга айтилади.
7. **Электр энергия истеъмолчиси** деб технологик жараён билан бирлашган ва маълум бир ҳудудда жойлашган электр қабул қилувчи ёки бир гуруҳ электр қабул қилувчиларга айтилади.
8. **Мустақил энергия манбаи** деб кучланиш бошқа энергия манбаларида йуқолганида, ушбу қоидаларда авариядан кейинги режим учун белгиланган ораликда,

- кучланиш сақланиб қолувчи энергия манбаига айтилади.
9. **Заминлаш** деб электр қурилмасининг қандайдир қисмини заминловчи қурилмага электр улашишга айтилади.
 10. **Аппаратлар** – барча турдаги кучланиш ўчиргичлари, бўлгичлар, ажраткичлар, узгичлар, қисқа туташтиргичлар, сақлагичлар, разрядниклар, токни чегараловчи реакторлар, конденсаторлар.
 11. **Хаво электр узатув линияси** деб электр энергиясини симлар орқали узатиш учун мўлжалланган, очик хавода жойлашган ва изоляторлар ва арматуралар билан таянчларга ёки кронштейнларга ва муҳандислик иншоотларидан стойкаларга қотирилган мосламага айтилади.
 12. **Тақсимловчи қурилма** деб электр энергияни қабул қилиб, уни тақсимлаш учун хизмат қиладиган ва коммутацион аппаратлардан, йиғма ва уланма шиналардан, ёрдамчи қурилмалардан, шунингдек, ҳимоя ва автоматика қурилмалари ва ўлчов мосламаларидан ташкил топган электр қурилмага айтилади.
 13. **Комплектли тақсимловчи қурилма** деб тўлиқ ёки қисман ёпиқ шкафлардан ёки аппаратлар ўрнатилган блоклардан, ҳимоя ва автоматика қурилмаларидан ташкил топган тақсимловчи қурилмага айтилади.
 14. **Подстанция** деб электр энергияни ўзгартириш ва тақсимлаш учун хизмат қиладиган электр қурилмага айтилади ва у трансформаторлар ва бошқа энергия ўзгартиргичлардан, тақсимловчи қурилмалардан, бошқариш қурилмалари ва ёрдамчи мосламалардан иборат бўлади.
 15. **Автоматик ўчиргич (коммутацион аппарат)** авария ҳолатлари занжирларини коммутациялаш (узиш, ўчириш) учун, шунингдек, электр занжирларини кўн бўлмаган (суткасига 6 дан 30 маротабагача) оператив улаш ва узиш учун хизмат қилади.

16. **Ажратгич** – бу шундай контактли коммутацион аппаратки, у хавфсизликни таъминлаш учун ўчган ҳолатда контактлар орасида изоляцион оралиққа эга бўлган, токсиз ёки жуда кичик токли электр занжирларни улаш ва узиш учун мўлжалланган.
17. **Бўлгич** – ўзгармас ва ўзгарувчан ток кучланиши 1000 Вдан кам бўлган электр занжирларини қўлда узиш ва улаш учун хизмат қилади.
18. **Қисқа туташтиргич** – бу электр занжирлари сунъий қисқа туташув ҳосил қилиши учун мўлжалланган коммутацион аппарат.

2-илова. СИ тизимида механик катталикларнинг бирликлари

Катталикларнинг номланиши	Бирликларнинг номланиши	СИ бирлигида ёзилиши	Бирликларнинг белгиланиши	
			рус	халқаро
Узунлик	метр	м	м	m
Масса	килограмм	кг	кг	kg
Вақт	секунд	с	с	s
Юза	кв.метр	м ²	м ²	m ²
Ҳажм	куб метр	м ³	м ³	m ³
Куч, оғирлик	Ньютон	кг·м/с ²	Н	N
Зичлик	килограммнинг метр кубга нисбати	кг/м ³	кг/м ³	kg/m ³
Куч моменти	Ньютон-метр	кг·м ² /с ²	Нм	Nm
Иш, энергия	Жоуль	кг·м ² /с ²	Дж	J
Кувват	Ватт	кг·м ² /с ² =дж/с	Вт	W
Бурчак тезлиги	радианнинг секундга нисбати	с ⁻¹	рад/с	rad/s
Бурчак тезланиши	радианнинг секунд квадратага нисбати	с ⁻²	рад/с ²	rad/s ²
Давр	секунд	с	с	s
Даврий жараён частотаси	Герц	с ⁻¹	Гц	Hz

3-илова. СИ тизимида электромагнит катталикларнинг бирликлари

Катталикларнинг номланиши	Бирликларнинг номланиши	СИ бирлигида ёзилиши	Бирликларнинг белгиланиши	
			рус	халқаро
<i>Электр катталиклари</i>				
Электр ток кучи	Ампер	А	А	A
Электр миқдори, заряд	Кулон	А·с=Кл	Кл	C
Электр потенциал, кучланиш, ЭОК	Вольт	кг·м ² /(А·с ²)=В	В	V
Электр майдон кучланиши	Вольтнинг метрга нисбати	кг·м/(А·с ²)=В/м	В/м	V/m
Абсолют диэлектрик синдирувчанлик	Фараднинг метрга нисбати	А ² ·с ⁴ /(кг·м)	Ф/м	F/m
Диполнинг электр моменти	Кулон-метр	А·см=Кл·м	Кл·м	Cm
Электр сиёжиш	Кулоннинг метр квадратага нисбати	А·с/м ² =Кл/м ²	Кл/м ²	C/m ²
Кутбланиш	Кулоннинг метр квадратага нисбати	А·с/м ² =Кл/м ²	Кл/м ²	C/m ²
Электр сиём	Фарад	А ² ·с ⁴ /(кг·м) ² =с/Ом	Ф	F
Ток зичлиги	Ампернинг метр квадратага нисбати	А/м ²	А/м ²	A/m ²
Электр қаршилик	Ом	кг·м ² /(А ² ·с ³)=В/А	Ом	Ω
Электр ўтказувчанлик	Сименс	А ² ·с ³ /(кг·м) ² =1/Ом	См	S
Солиштирама электр қаршилик	Ом/метр	кг·м ³ /(А ² ·с ³)=Ом/м	Ом/м	Ωm

Солишарма электр ўлқазувчанлик	Сименснинг метрга нисбати	$A^2/(kM^2) = 1/OMM$	См/м	S/m
Тула қувват	Вольт-ампер	kM^2/c^2	ВА	V A
Актив қувват	ватт	kM^2/c^2	Вт	Wt
Реактив қувват	вар	kM^2/c^2	Вар	var
Магнит катталиклар				
Магнит оқими	Вебер	$kM^2/(A^2) = Bc$	Вб	Wb
Магнит индукцияси	Тесла	$kM/(A^2) = BcM^2$	Тл	T
Абсолют магнит ўлқазувчанлик	Генрининг метрга нисбати	$kM/(A^2)$	Гн/м	H/m
Электр тоқнинг магнит momenti, дугонинг магнит momenti	Ампер · метр квадрат	A^2	A^2	A^2
Магнитлашиш	Ампернинг метрга нисбати	A/m	A/m	A/m
Магнит майдон қучланганлиги	Ампернинг метрга нисбати	A/m	A/m	A/m
Индуктивлик, ўзаро индуктивлик	Генри	$kM^2/(A^2) = Bc/A = Bb/A = Omc$	Гн	H
Магнит юрилувчи қуч, скаляр магнит потенциаллар фарқи	Ампер	A	A	A
Магнит қаршилиқ	Ампернинг Веберга нисбати	$c^2 A^2/(M^2 k) = A/Bb = 1/H$	A/Bb	A/Wb
Магнит ўлқазувчанлик	Вебернинг Амперга нисбати	$M^2 k/(c^2 A^2) = 1/H$	Bb/A	Wb/A
Вектор магнит потенциал	Вебернинг метрга нисбати	$kM/(A^2) = BcM$	Bb/m	Wb/m

4-илова. Физик катталикларнинг бирликлари

Энергия бирликлари

	Ж	кВт	кгк м	Ккал
1 Ж	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,102	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кВт с	$3,60 \cdot 10^6$	1	$3,67 \cdot 10^5$	860,0
1 кгк м	9,81	$2,72 \cdot 10^6$	1	$2,34 \cdot 10^{-4}$
1 ккал	$4,19 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	427	1

5-илова. Қувват бирликлари

	Вт	кВт	кгс м/с	о.к.	ккал/с
1 Вт	1	10^{-3}	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кгс м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
1 л.с.	736	0,736	75	1	0,176
1 ккал/с	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	427	5,69	1

6-илова. Амалиётда фойдаланиладиган физик катталиклар бирликлари

Узунликнинг бошқа бирликлардаги ўлчов бирликлари

1 мк (микрон-эск.)=1 микрометр (мкм)= 10^{-6} м= 10^{-4} см

1 нм (миллимикрон-эск.)=1 нанометр= 10^{-9} м= 10^{-6} мм

1 А (ангстрем -- 01.01.1980 йилгача.)= 10^{-10} м= 10^{-8} см

1 д. миля (денгиз миляси)=1852 м

Иш ва энергия ўлчов бирликлари

1 кал (халқаро)=4,1866 Ж

1 от кучи соат (о.к. с)= $2,648 \cdot 10^3$

1 терт=29,3 квт.с=105,5 · 10⁶ Ж

Қувват ўлчов бирликлари

1 килокалория соат=1,163 Вт

1 от кучи (о.к.)=75 кгк м/с=735,499 Вт

Куч ўлчов бирликлари

1 дин (дина)=10⁻⁵ Н

1 гк (грамм-куч)=9,80665 · 10⁻³ Н

1 кгк (килограмм-куч)=9,80665 Н

1 тк (тонна-куч)=9806,65 Н

Босим ўлчов бирликлари

1 кгк/см²=98066,5 Па

1 та (техник атмосфера)= 1 кгк/см²=98066,5 Па

1 атм (физик атмосфера)=10,1325 · 10⁴ Па

1 бар=1,02 та=10⁵ Па

1 мм с. уст. (миллиметр симоб устуни)=13,595 кгк/м²=133,322 Па

1 мм сув. ст.= 1 кгк/м²=9,80665 Па

Тезлик ўлчов бирликлари

1 км/соат=0,278 м/сек

1 уз. (узел)= 1 денгиз миляси соатда =1,852 км/соат =0,514 м/с

Электр катталарнинг ўлчов бирликлари

10 м мм²/м=10⁻⁶ Ом м

1 Мкс (Максвелл)=10⁻⁸ Вб

1 Гс (Гаусс)=10⁻⁴ Тл

1 Гб (Гильберт)=(10/4π)А

1 Э(эрстед)=(10³/4π)А/м

1 эрг (эрг)=1 · 10⁻⁷ Ж

7-илова. Электротехникада фойдаланиладиган физик константалар

Элементар заряд (электрон заряди):

$$e=1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Электр доимийси:

$$\epsilon_0=1/\mu_0 \quad C_0=8,85418782 \cdot 10^{12} \text{ Ф/м} \approx 1/4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ Ф/м,}$$

бу ерда: $C_0=299792458 \text{ м/с}$ – нурнинг вакуумдаги тезлиги

Магнит доимийси:

$$\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}=4\pi \cdot 10^9 \text{ Гн/см.}$$

**8-илова. Электр магнит катталикларини белгилаш учун
қабул қилинган латин ва юнон алфавити ҳарфлари**

- A – чизиқли ток зичлиги, магнит потенциали вектори.
B – магнит индукция.
B, b – реактив ўтказувчанлик.
C – сифим.
c – электромагнит тўлқин тарқалиш тезлиги (c_0 – вакуумда).
D – электр силжиш.
E – электр майдон кучланганлиги.
E, e – электр юритувчи куч (ЭЮК).
F – магнит юритувчи куч.
f – тебраниш частотаси (f_0 - резонанс частотали).
G, g – актив ўтказувчанлик.
H – магнит майдон кучланганлиги.
I, i – ток.
J – ток зичлиги; инерция моменти.
k – алоқа коэффиценти.
L – хусусий индуктивлик.
M – ўзаро индуктивлик; магнитланиш; моторнинг айланиш моменти.
m – магнит момент.
N – чулғамлар сони; магнитсизлантириш коэффиценти.
n – трансформация коэффиценти; чулғамлар сони нисбати.
P – қувват, актив қувват; кутбланиш.
p – электр момент; солиштира қувват; кутб жуфтликларининг сони.
Q – реактив қувват; иссиқлик миқдори.
Q, q – заряд.
R, r – электр қаршилик; актив қаршилик.
S – тўла қувват; ўтказгич кесими.
T – тебраниш даври.
U, – кучланишнинг эффектив қиймати.
W – электромагнит энергия.
w – чулғамлар сони; солиштира электромагнит энергия.
X, x – реактив қаршилик.
Y, y – тўла ўтказувчанлик.
Z, z – тўла қаршилик.

Юнон алфавити ҳарфлари

- А – сўниш доимийси.
 α - сўниш коэффиценти.
В – фазалар доимийси.
 β - фаза коэффиценти.
Г – узатиш доимийси.
 γ - тарқалиш коэффиценти; солиштирма электр ўтказувчанлик.
 δ - нобудгарчилик коэффиценти.
 ϵ - диэлектрик сингдирувчанлик (ϵ_0 - электр доимийси).
 θ - тебранишнинг логарифмик декременти.
х – магнит таъсирчанлик.
 λ - электромагнит тўлқин узунлиги; кувват коэффиценти.
 μ - магнит сингдирувчанлик (μ_0 - магнит доимийси).
П – Пойнтинг вектори.
 ρ - қайтариш коэффиценти; электр заряднинг ҳажмий зичлиги; солиштирма электр қаршилиқ.
 σ - электр заряднинг ташқи зичлиги; солиштирма электр ўтказувчанлик.
 τ - электр заряднинг чизиқли зичлиги; вақт доимийси.
Ф – магнит оқими.
 ϕ - электр потенциал; ток ва кучланиш орасидаги бурчак.
 χ - диэлектрик таъсирчанлик.
 ψ - оқим илакиши.
 Ω, ω - тебранишнинг бурчак частотаси; айланиш бурчак частотаси.

Индексларни қўллашга мисоллар

- ϵ_a – абсолют диэлектрик сингдирувчанлик.
 $Z_{\text{тк}}$ – тўлқин қаршилиги.
 $r_{\text{ик}}$ – ички қаршилиқ.
 $Z_{\text{хк}}$ – характеристик қаршилиқ.
 $L_{\text{диф}}$ – дифференциал индуктивлик.
 r_k – қисқа туташув қаршилиги.
 W_m – магнит энергияси.
 I_m – ток амплитудаси.
 I_{max} - токнинг максимал қиймати.
 I_{min} - токнинг минимал қиймати.
 μ_r – нисбатли магнит сингдирувчанлик.

9-илова. Ўтказгич ва кабелларнинг маълумотномаларда келтирилган кўрсаткичлари.
Мис ўтказгичларнинг асосий ҳисоб тавсифлари

M маркали ўтказгичнинг ҳисоб тавсифи						
Номинал кесими, мм ²	Кесим юзаси, мм ²	Диаметр, мм	20°С да ўзгармас токка қаршилик, Ом/км, кагта эмас	Ўтказгичнинг узилиш кучи, N кичик эмас		Масса кг/км
				1-тоифали СТ маркали мис симли	Олий сифатли МТ маркали мис симли	
4	3,94	2,2	4,60092	1520	1630	35
6	5,85	2,7	3,07019	2290	2430	52
10	9,89	3,6	1,81978	3630	3820	88
16	15,90	5,1	1,15730	5600	6020	142
25	24,90	6,4	0,73367	8830	3490	224
35	34,61	7,5	0,52386	12300	13220	311
50	49,40	9,0	0,36822	16620	17490	444
70	67,70	10,7	0,27238	24750	26600	612
95	94,00	12,6	0,19449	34460	37000	850
120	117,0	14,0	0,15603	42960	46180	1058
150	148,0	15,8	0,12388	50500	54100	1338
185	183,0	17,6	0,10015	67110	72140	1659
240	234,0	19,9	0,07809	86070	92530	2124
300	288,0	22,1	0,06379	100090	105360	2614
350	346,0	24,2	0,05309	120270	126600	3135
400	389,0	25,5	0,04713	135490	142620	3528

Алюминий ўтказгичларнинг асосий ҳисоб тавсифлари

A, АКП маркали ўтказгичнинг ҳисоб тавсифлари							
Номинал кесими, мм ²	Кесим юзаси, мм ²	Диаметр, мм	20°С да ўзгармас токка қаршилик, Ом/км, кагта эмас	Ўтказгичнинг узилиш кучи, N кичик эмас		Масса кг/км (мойсиз)	Масса марка АКП учун мойли, кг
				АТ маркали ва алюминий симли	АТШ маркали ва алюминий симли		
16	15,9	5,1	1,83763	-	2670	43	-
25	24,9	6,4	1,16496	-	4040	68	-
35	34,3	7,5	0,85013	-	-	94	-
50	49,5	9,0	0,58798	7060	7620	135	-
70	69,2	10,7	0,42098	9110	10460	189	-
95	92,4	12,3	0,31465	10140	13500	252	-
120	117,0	14,0	0,25095	-	19190	321	16
150	148,0	15,8	0,19780	22320	23670	406	20
185	183,0	17,5	0,16085	27450	29110	502	25
240	239,0	20,0	0,12279	35950	37040	655	33
300	288,0	22,1	0,10186	43460	46100	794	54
350	346,0	24,2	0,08478	52220	55390	952	65
400	389,0	25,6	0,07567	58510	62050	1072	73
450	442,0	27,3	0,06655	66980	69000	1217	83
500	500,0	29,1	0,05870	73130	77700	1378	94
550	544,0	30,3	0,05400	77790	82490	1500	117
600	587,0	31,5	0,05032	83480	88540	1618	126

давоми

50	641,0	32,9	0,04597	91380	96920	1769	138
700	691,0	34,2	0,04261	98590	104560	1907	149
750	747,0	35,6	0,03935	106610	109840	2061	161
800	805,0	36,9	0,03654	111460	118430	2220	173

Изоляцияланмаган пўлат алюминий ўтказгичларнинг асосий ҳисоб тавсифлари

АС, АСКС, АСКП, АСК маркали ўтказгичнинг ҳисоб тавсифлари

Номинал кесим юзаси, мм ² , алюмин/мис	Кесим юзаси, мм		Диаметр, мм		20 ⁰ С да ўзгармас токка қаршилик, Ом/км, катга эмас	Ўтказгичнинг узилиш кучи, Н кичик эмас		Масса кг/км мойсиз
	Алюминий	Пўлат	Ўтказгич	Пўлат ўзакли		Алюминий симли ва ПТ маркали	Алюминий симли ва АТИ маркали	
10/1.8	10.6	1,77	4,5	1,5	2,76630	-	3790	43
16/2.7	16.1	2,69	5,6	1,9	1,80934	-	5810	65
25/4.2	24.9	6,15	6,9	2,3	1,17590	-	8730	100
35/6.2	36.9	6,15	8,4	2,8	0,78970	-	12720	148
50/8.0	48.2	8,04	9,5	3,2	0,60298	15710	16140	195
70/11	68.0	11,3	11,4	3,8	0,42859	22170	22770	276
70/72	68.4	72,2	15,4	11,0	0,42760	-	90180	755
95/16	95.4	15,9	13,5	4,5	0,30599	30690	31530	385
120/19	118.0	18,8	15,2	5,5	0,24917	-	40520	471

давоми

95/141	91.2	141,0	19,8	15,4	0,32108	-	168050	1357
120/27	114.0	26,6	15,4	6,6	0,25293	-	48680	528
150/19	148.0	18,6	16,8	5,5	0,19919	-	45060	554
150/24	149.0	24,2	17,1	6,3	0,19798	-	50960	559
185/24	187.0	24,2	18,9	6,3	0,15701	54950	56750	705
185/29	181.0	29,0	18,8	6,9	0,16218	58370	60640	728
185/43	185.0	43,1	19,6	8,4	0,15954	-	76020	846
185/128	187.0	128,0	23,1	14,7	0,15762	-	171610	1525
205/27	205.0	26,6	19,8	6,6	0,14294	60380	62350	774
240/32	244.0	31,7	21,6	7,2	0,12060	70940	73280	921
240/39	236.0	38,6	21,6	8,0	0,12428	76880	79260	952
240/56	241.0	56,3	22,4	9,6	0,12182	94090	96410	1106
300/39	301.0	38,6	24,0	8,0	0,09747	87280	88730	1132
300/48	295.0	47,8	24,1	8,9	0,09983	95720	98550	1186
300/66	288.0	65,8	24,5	10,5	0,10226	116460	119240	1313
300/67	288.0	67,3	24,5	10,5	0,10226	112460	115230	1317
300/204	298	204	29,2	18,6	0,09934	-	266830	2428
300/27	319	26.6	24,2	6,6	0,09387	-	86310	1106
330/43	332	43.1	25,2	8,4	0,08888	-	101540	1255
400/22	394	22.0	26,6	6,0	0,07501	-	92740	1261
400/51	394	51.1	27,5	9,2	0,07477	113200	118130	1490
400/64	390	63.5	27,7	10,2	0,07528	123100	126850	1572
400/93	406	93.2	29,1	12,5	0,07247	160760	164660	1851

Давоми

400/56	434	56.3	28,8	9,6	0,06786	124720	128900	1640
500/27	481	26.6	29,4	6,67	0,06129	104000	110010	1537
500/64	490	63.5	30,6	10,2	0,06005	140960	145680	1852
500/204	496	204	34,5	18,6	0,06025	293960	301100	2979
500/336	490	336	37,5	23,9	0,06040	433120	437845	4005
550/71	549	71.2	32,4	10,8	0,05381	157700	162965	2076
600/72	580	72.2	33,2	11,0	0,05091	169750	175314	2170
650/79	634	78.9	34,7	11,5	0,04655	183500	191411	2372
700/86	687	85.9	36,2	12,0	0,04289	199550	208140	2575
750/93	748	93.2	37,7	12,5	0,03839	217030	224230	2800
800/105	821	105	39,7	13,3	0,03586	241030	248940	3092
1000/56	1002.9	56.3	42,4	9,6	0,02936	210100	219740	3062

178

10-илова. Изоляцияланмаган ўтказгич учун рухсат этилган узок муддатли ток, А

Кесим юзаси, мм ²	Ўтказгич маркази	Бино ташқарисида	Бино ичкари-сида	Ўтказгич маркази			
				М	А	М	А
				Бино ташқарисида		Бино ичкари-сида	
10	АС - 10/1,8	84	53	95	-	60	-
16	АС - 16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	АС - 25/4.2	142	109	183	136	137	106
35	АС - 35/6.2	175	135	223	170	173	130
50	АС - 50/8	210	165	275	215	219	165

Давоми

70	АС - 70/11	265	210	337	265	268	210
95	АС - 95/16	330	260	422	320	341	255
120	АС - 120/19	390	313	485	375	395	300
120	АС - 120/27	375	-	485	375	395	300
150	АС - 150/19	450	365	570	440	465	355
150	АС - 150/24	450	365	570	440	465	355
150	АС - 150/34	450	-	570	440	465	355
185	АС - 185/24	520	430	650	500	540	410
185	АС - 185/29	510	425	650	500	540	410
185	АС - 185/43	515	-	650	500	540	410
240	АС - 240/32	605	505	760	590	685	490
240	АС - 240/39	610	505	760	590	685	490
240	АС - 240/56	610	-	760	590	685	490
300	АС - 300/39	710	600	880	680	740	570
300	АС - 300/48	690	585	880	680	740	570
300	АС - 300/66	980	-	880	680	740	570
330	АС - 330/27	730	-	-	-	-	-
400	АС - 400/22	830	713	1050	815	895	690
400	АС - 400/51	825	705	1050	815	895	690
400	АС - 400/64	860	-	1050	815	895	690
500	АС - 500/27	960	830	-	980	-	820
600	АС - 600/72	1050	920	-	1100	-	955
700	700/86	1180	1040	-	-	-	-

179

11-илова. Шина ўтказгичнинг техник кўрсаткичлари

Шина ўтказгич тури	I _н , А	U _н , В	Бир фаза учун R _н , Ом/км	Бир фаза учун X _н Ом/км	Бир фаза учун Z _н Ом/км	cosα=0.8 да 100 м учун кучланиш исрофи	Зарбавий ток, кА
ШЗМ 16	1600	380/220	0.018	0.012	0.022	-	70
ШМА 73	1600	660	0.031	0.017	0.036	9.7	70
ШМА 68Н	2500	660	0.027	0.023	0.035	15.4	70
	4000	660	0.013	0.020	0.024	16.4	100
ШРА 73	250	380/220	0.20	0.10	0.24	9.5	-
ШРА 74	400	380/220	0.15	0.13	0.20	-	-
	630	380/220	0.14	0.10	0.17	-	-
ШРМ 75	100	380/220	-	-	-	-	-
	250	380/220	0.75	0.13	0.25	-	-
ШРА У	630	380/220	0.085	0.075	0.11	-	-
ШТА 75	250	660	-	-	-	-	10
ШТМ 73							
ШТА 76	100	≈36-380 ≈24-220	-	-	-	-	5

12-илова. Уч томирли кабеллар

Марканинг белгиланиши	Томирлар сони	Кабелларнинг номинал кучланиши, кВ			
		1	3	6	10
ААГ, ААШв, ААШп, ААБл, ААБ2лШв, ААБ2лШп, ААБлГ, ААБ2л, АСГ, СГ, АСШв, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СВГ, АСБ2л, СБ2л, АСБ2лШв, СБ2лШв, АСБ2лГ, СБ2лГ	3	6-240	6-240	10-240	16-240
Сшв, СБШв	3	16-240	-	10-240	16-240
ААПл, ААП2л, ААПлГ, ААП2лГ, ААП2лШв, АСП, СП, АСПл, СПл, АСП2л, СП2л, АСПлн, СПлн, АСПГ, СПГ, АСКл, СКл, АСП2лГ, СП2лГ	3	25-240	25-240	16-240	16-240
СПШв	3	25-240	-	16-240	16-240
АОАБ, ОАБ, АОАБ2л, ОАБ2л, АОАБ2лГ, ОАБ2лГ, АОСБ, ОСБ, АОСБл, ОСБл, АОСБн, ОСБн, АОСБГ, ОСБГ, АОАШвБ, ОАШвБ	3	-	-	-	-
АОСК, ОСК	3	-	-	-	-
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2лГ, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В, СБн-В, ААГ-В, АСБлн-В, СБлн-В, АСБГ-В, СБГ-В, АСБ2л-В, СБ2л-В, ААШп-В	3	6-120	6-120	16-120	-
ААБв, ААБвГ	3	-	-	10-240	16-240
ААШв-В, ААБГл-В, АСБГ-В, СБГ-В	3	185-240	-	-	-
ААПл-В, ААПлГ-В, АСП-В, СП-В, АСПл-В,	3	25-150	25-150	16-120	-

АСПлн-В, СПЛлн-В, АСП2л-В, СП2л-В					
АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2лГ-В	3	185-240	-	-	-

13-илова. кВ ли тўрт томирли куч кабеллари

Марканинг белгиланиши	Томир кесими юзаси, мм ²
ААГ, ААШп, ААШв, ААБлГ, ААП2лШв, ААБл, ААБ2л, АСГ, СГ, АСБ, СБ, АСБл, СБл, АСБн, СБн, АСБлн, СБлн, АСБГ, СБГ, АСБ2л, СБ2л, АСШв, СШв, СБШв	10-185
ААПл, ААП2л, ААПлГ, АСП, СП, АСПл, СПл, АСПлн, АСПГ, СПГ, АСП2л, СПШв, АСКл, СКл	16-185
АСКл, СКл	25-185
ААШв-В, ААП2лШв-В, ААБл-В, ААБ2л, АСБ-В, СБ-В, АСБл-В, СБл-В, АСБн-В, СБн-В, АСБлн-В, АСБ2л-В, СБ2л-В	10-120
ААБлГ-В	16-120
АСБГ-В, СБГ-В	10-185
ААПл-В, ААПлГ-В, СП-В, АСП-В, АСПл-В, СПн-В, АСПлн-В, СПлн-В, АСПГ-В, СПГ-В, АСП2л-В, СП2л-В	16-120

14-илова. Ерга ётқизиладиган мис томирли, қозғоз изоляцияли қўргошин ёки алюминий қобиқли кабеллар

Томир кесим юзаси, мм ²	Юклама токи, А					
	Бир томирли кабеллар 1 кВ гача	Икки томирли кабеллар 1 кВ гача	Уч томирли кабеллар			Тўрт томирли кабеллар 1 кВ гача
			3 кВ гача	6 кВ гача	10 кВ гача	
2,5	-	45	40	-	-	-
4	80	60	55	-	-	50
6	105	80	70	-	-	60
10	140	105	95	80	-	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	-	490	440	400	450
240	880	-	570	510	460	-
300	1000	-	-	-	-	-
400	1220	-	-	-	-	-
500	1400	-	-	-	-	-
625	1520	-	-	-	-	-
800	1700	-	-	-	-	-

15-илова. Хавода ўрнатиладиган канифоль мойли оқмайдиған массали, қўргошин қобиқли, мой сингдирилган қогоз изоляцияли мис томирли кабеллар

Томир кесим юзаси, мм ²	Юклама токи, А					
	Бир томирли кабеллар 1 кВ гача	Икки томирли кабеллар 1 кВ гача	Уч томирли кабеллар			Тўрт томирли кабеллар 1 кВ гача
			3 кВ гача	6 кВ гача	10 кВ	
2,5	40	30	28	-	-	-
4	55	40	37	-	-	35
6	75	55	45	-	-	45
10	95	75	75	55	-	60
16	120	95	95	65	60	80
25	160	130	130	90	85	100
35	200	150	150	110	105	120
50	245	185	185	145	135	145
70	305	225	225	175	165	185
95	360	275	275	215	200	215
120	425	320	320	250	240	260
150	470	375	375	290	270	300
185	525	-	430	325	305	340
240	610	-	-	375	350	-
300	720	-	-	-	-	-
400	880	-	-	-	-	-
500	1020	-	-	-	-	-
625	1180	-	-	-	-	-
800	1400	-	-	-	-	-

184

16-илова. Сувда ўрнатиладиган канифоль мойли оқмайдиған массали, қўргошин қобиқли, мой сингдирилган қогоз изоляцияли мис томирли кабеллар

Томир кесим юзаси, мм ²	Юклама токи, А			
	Уч томирли кабеллар			Тўрт томирли кабеллар 1 кВ гача
16	-	135	120	-
25	210	170	150	195
35	250	205	180	280
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	-
185	615	545	510	-
240	715	625	585	-

185

17-илова. Ерда ва ҳавода ўрнатиладиган қўргошин ёки алюминий қобиқли қозғоз изоляцияли алюминий томирли кабеллар учун рухсат этилган тоқлар

Тоқ ўтказувчи томирнинг кесим юзаси, мм ²	Рухсат этилган юклама тоқи, А			Тўрт томирли кабеллар
	Уч томирли кабеллар			
6	55/35	-	-	46/-
10	75/46	60/42	-	65/45
16	90/60	80/50	75/46	90/60
25	125/80	105/70	90/65	115/75
35	145/95	125/85	115/80	135/95
50	180/120	155/110	140/105	165/110
70	220/155	190/135	165/130	200/140
95	260/190	225/165	205/155	240/165
120	300/220	260/190	240/185	270/200
150	335/225	300/225	275/210	305/230
185	380/290	340/250	310/235	345/260
240	440/330	390/290	355/270	-

186

18-илова. Трансформаторлар
ТМ и ТСЗ серияли 10 (6) кВ ли куч трансформаторлари

Маржаси	Қуввати	Бирламчи кучланиши, кВ	Иккиламчи кучланиши, кВ	Қисқа туғашув кучланиши, %	Қувват исрофи, кВт		Салт ишлаш тоқи, %	Ўлчамлари	Масса, т.
					Салт ишлаш	Қисқа туғашув			
ТМ-25/10 ТМ-40/10	25 40	10; 6 10; 6	0,4; 0,69 0,4; 0,69	4,5 4,5	0,135 0,19	0,6 0,88	3,2 3	1120x46 0x1225 1120x48 0x1270	0,38 0,485
ТМ-63/10 ТМ-100/10	63 100	10; 6 10; 6	0,4; 0,69 0,4; 0,69	4,5 4,5	0,265 0,365	1,28 1,97	2,8 2,6	1120x56 0x1400 1200x80 0x1470	0,6 0,72
ТМ-160/10 ТМ-250/10	160 250	10; 6 10; 6	0,4; 0,69 0,4; 0,69	4,5 4,5	0,565 0,82	2,65 3,7	2,4 2,3	1220x10 20x1600 1310x10 50x1760	1,1 1,425
ТМ-400/10 ТМ-630/10	400 630	10; 6 10; 6	0,4; 0,69 0,4; 0,69	4,5 5,5	1,05 1,56	5,5 7,6	2,1 2	1400x10 80x1900 1750x12 75x2150	1,9 3
ТМ-1000/10 ТМ-1600/10	1000 1600	10 10	0,4 0,4	5,5 5,5	2,45 3,3	12,2 18	1,4 1,3	2700x17 50x3000	5 7

187

								2450x2300x3400	
TM-2500/10	2500	10	0,4	5,5	4,6	25	1	3500x2200x3600	8
TM-4000/10	4000	10	0,4	5,5	6,4	33,5	0,9	3900x3600x3900	13,2
TM-6300/10	6300	10	0,4	6,5	9,0	46,5	0,8	4300x3700x4050	17,3
TC3-160/10	160	10	0,4	5,5	0,7	2,7	4	1800x950x1700	1,4
TC3-250/10	250	10	0,4	5,5	1,0	3,8	3,5	1850x1000x1850	1,8
TC3-400/10	400	10	0,4	5,5	1,3	5,4	3	2250x1000x2150	2,4
TC3-630/10	630	10	0,4	5,5	2,0	1,3	1,5	2250x1100x2300	2,8
TC3-1000/10	1000	10	0,4	5,5	3,0	11,2	1,5	2400x1300x2250	3,4
TC3-1600/10	1600	10	0,4	5,5	4,2	16,0	1,5	2650x1300x3200	4,6

19-илова. ТМ, ТДЦ, ТРДНЦ 35, 110 кВ серияли куч трансформаторлари

Трансформатор тури	Ук, %	Қувват исрофи, кВт		I ₀ , %	Масса, т		Ўлчамлар, мм		
		P _x	P _k		тула	мой	баландлиги	узунлиги	эни
ТМ-100/35	6,5	0,465	1,970	2,6	1300	-	2200	1330	900
ТМ-160/35	6,5	0,700	2,65	2,4	1700	-	2260	1400	1000
ТМ-250/35	6,5	1,000	3,70	2,3	2000	-	2320	1500	1250
ТМ-400/35	6,5	1,35	5,50	2,1	2700	-	2500	1650	1350
ТМ-630/35	6,5	1,90	7,60	2,0	3500	-	2750	2100	1450
ТМ-1000/35	6,5	2,75	12,2	1,5	6,0	2,02	3150	2700	1570
ТМ-1600/35	6,5	3,65	18,0	1,4	7,1	2,43	3400	2650	2300
ТМ-2500/35	6,5	5,1	25,0	1,1	9,6	2,70	3800	3800	2450
ТМ-4000/35	7,5	6,7	33,5	1,0	13,2	4,10	3900	3900	3650
ТМ-6300/35	7,5	9,4	46,5	0,9	17,4	4,80	4050	4300	3700
ТМ-10000/35	7,5	14,5	65,0	0,8	27,8	5,20	4350	3000	3760
ТД-16000/35	8,0	21,0	90,0	0,6	31,3	8,20	4860	3950	3970
ТД-40000/35	8,5	36,0	165,0	0,4	52,3	-	5700	5300	4400
ТДЦ-80000/35	9,5	60,0	280,0	0,3	78,6	11,9	6100	5950	4550
ТМН-2500/110	10,5	6,5	22,0	1,5	24,5	10,15	4090	5150	3540
ТМН-6300/110	10,5	11,5	48,0	0,8	37,3	14,7	5150	6080	3170
ТДН-10000/110	10,5	15,5	60,0	0,7	38,0	12,9	5380	5900	4270

ТДН-16000/110	10,5	24,0	85,0	0,7	54,5	19,7	6300	6910	4470
ТРДН-25000/110	10,5	30,0	120,0	0,7	67,2	20,0	5820	6580	4650
ТРДН-32000/110	10,5	40,0	145,0	0,7	-	-	-	-	-
ТРДН-40000/110	10,5	50,0	160,0	0,65	91,2	27,0	6190	6930	4850
ТРДЦН-63000/110	10,5	70,0	245,0	0,60	107,2	28,5	6500	8300	4400
ТРДЦН-80000/110	10,5	85,0	310,0	0,60	-	-	-	-	-
ТРДЦН-125000/110	10,5	120,0	410,0	0,55	-	-	-	-	-

20-илова. Уч фазали қуруқ ҳимояланган, умуммақсадли куч трансформатори

Трансформатор тури	Номинал қувват, кВт А	Ук, %	Исроф, кВт		I ₀ , %	Трансформатор, масса-си кг	Улчамлари, мм		
			P _x	P _k			Баландлиги	Узунлиги	эни
ТС3-10/0,66	10	4,5	90	280	7,0	150	650	700	440
ТС3-16/0,66	16	4,5	125	400	5,8	180	680	760	480
ТС3-25/0,66	25	4,5	180	560	4,8	240	720	820	520
ТС3-40/0,66	40	4,5	250	800	4,0	320	820	890	540
ТС3-63/0,66	63	4,5	355	1090	3,3	440	920	970	580
ТС3-100/0,66	100	4,5	500	1500	2,7	580	980	1060	620
ТС3-160/0,66	160	4,5	710	2060	2,3	800	1150	1150	680

21-илова. Ток трансформаторлари

Тур	Ун, кВ	Баҳарлигиш варианти	I _{ном} , А	S _н , В А	
				Улчов чулгами	Ҳимоя чулгами
ТШ-0,5	0,5	0,5/Р	14000	-	-
ТНШ-0,66	0,66	3	1600; 2500	-	-
ТНШЛ-0,66	0,66	0,5	800; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000	20	-
ТШН-0,66	0,66	3	100; 150;	5	-
		1	200;	5	-
		0,5	300; 400;	5	-
		0,5	600; 800; 1000	10	-
ТЛМ-6	6	1/Р	300; 400;	10	15
		0,5/Р	600; 800; 1000; 1500;	10	15
ТОЛК-6	6	1	20; 30; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 600	30	-
ТШМ-10	10	Р; 0,5/Р	5; 10; 15; 20; 30;	10	15
		Р/Р	40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400		
ТШЛ-10	10	8; 0,5/Р	600; 800; 1000	10	15
		Р/Р	1500		
ТОЛ-10	10	0,5/Р	30; 50; 100; 150;	10	15
		Р/Р	200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500		
ТЛ-10	10	0,5/Р	50; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	10	15
		0,5/Р/Р	1500; 2000; 3000		
ТШЛ-10К	10	0,5/Р;	10; 15; 30; 50;	10	15
		Р/Р	100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500		

22-илова. Кучланиш трансформаторлари

Тури	Ун, В		Сн, ВА (аниқлик классиди)		Smax, ВА
	ВН	НН	1	0,5	
НОС-0,5	380	100	50	25	100
	500	100	50	25	100
НОМ-6	3000	100	50	30	240
	6000	100	75	50	400
НОМЭ-6	6000	100	75	50	400
НТМК-10	10000	100	200	120	960
НТМИ-10-66	10000	100; 100/3	200	120	960
НОЛ-08-10	10000	100	150	75	640
	11000	100-110			
ЗНОЛ-06-10	$10000/\sqrt{3}$	100/3	150	75	640
	$11000/\sqrt{3}$	100/3-100			
НОМ-15	13800	100	150	75	640
	15750				
	18000				
ЗНОМ-15-63	$6000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	75	50	400
	$10000/\sqrt{3}$		150	75	640
	$13800/\sqrt{3}$				
	$15750/\sqrt{3}$				

23-илова. "Электрон" автоматларининг техник кўрсаткичлари

Автомат тури					
Параметрлари	Э06	Э10	Э16	Э25	Э40
Номинал ток, А	630	1000	1600	2500	4000
Коммутациялаш қобилияти, кА	50	84	84	105	160
Ўлчамлари, мм	470x400x320	580x570x430	730x580x570	550x520x450	600x570x410

24-илова. А3000 серииядаги автоматик ҳаво ўчиргичлари

Тур	Номинал ток, А	Кучланиш, В	Полюслар сони	Урнатма токи, А	Энг катта ўчиш токи, кА		Узиш вақти, С	Ўлчамлари, мм
					ўзгармас	ўзгарувчан		
А3160	50	110, 220	1,2,3	15-50	1,6-3,6	2,5-4,5	0,025	158x105x89
А3110	100	220	2,3	15-100	5	2,5-10	0,015	237x105x112
А3120	200	220	2,3	15-100	20	18	0,015	258x153x105
А3130	200	220	2,3	100-200	17-28	14-25	0,015	300x199x106
А3140	600	220	2,3	100-200	17-28	14-25	0,015	561x217x141
А3710Б-	160-	440	2,3	250-600	25-50	32-40	0,03	225x500x190
А3740Б	630	660	-	-	110	40-60	-	-
А3710Ф-	160-	220	2,3	-	25-50	25-50	-	225x400x160
А3730Ф	630	380	-	-	-	-	-	-

25-илова. АК, АЕ, АС, АП сериядаги автоматларнинг техник кўрсаткичлари

Тур	Номинал ток, А	Номинал кучланиш, В	Полослар сони	Урнатма токи	Энг катта узиш токи, кА		Узиш вақти, с	Юризма	Ўлчамлар
					Узгармас	Узгарувчан			
АК-63	63	200-440	2,3	0,63-63	5	9	0,03	Қўлда	145x68x124
АК-50	50	320-400	2,3	2-50	4,5	9	0,04		113x160x143
АП-50	50	220-500	2,3	1,6-50	1,252	0,3-2	0,02		210x160x143
А-63	25	110-220	1	0,63-25	2	2,5	-		134x28x88
АЕ-1000	25	240	1	6-25	-	1,5	-		90x21x77
АЕ-2000	25,63,100	220-500	1,2,3		10	16	-		220x112x115
АС-25	25	220-380	2,3	1-20	3,2	2	-		73x90x109
АВ-45/1000	6000	500	1	-	-	до 200	-	Электродвигателлар	1216x500x695
АСГ-2/3	25	380	2,3	-	90	-	0,08	Электромангнитли	120x75x95
АЕ-2443	16,20,25,5,31,40,50,63	380		-	-	-	-	Қўлда	-

194

26-илова. Баъзи тез ишга тушувчи сақлагичларнинг параметрлари

Тур	Ток, А	Кучланиш, В	Ток квадрати интегралли, А ² хс	Энг катта узиш токи, А	Нисбий кучланиш
ППД12-43133	1600	150	1100	100	1,6
ППД12-40433	6300	450	3000	200	1,8
ПП51-3340354	160	380	10	-	-
ПП41	31-630	760 440	630 А да 1350	100	1,5
ПП57-31	100	до 660	1,4	-	-
ПП57-34	250	до 660	1,3	-	-
ПП57-37	400	до 660	140	-	-
ПП57-39	630	до 1150	300	-	-
ПП57-40	800	до 1250	-	-	-
ПП71	550-750	1300	-	-	1,5
ПП61	40-160	380	100	-	1,5

195

27-илова. ПР-2 турдаги сақлагичларнинг турлари, 500В

Сақлагич тури	Номинал ток, А	Эрувчан ўрнатманинг номинал токи, А	Кучланишда энг катта узиш токи		Улчамлар, мм
			380 В	500 В	
ПР-2-15	15	6; 10; 15	8000	7000	171x24,5x33
ПР-2-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4500	3500	173x30,5x43
ПР-2-100	100	60; 80; 100	-	-	247x43x56
ПР-2-200	200	100; 125; 160; 200	11000	10000	296x56x76,5
ПР-2-350	350	200; 225; 260; 300; 350	13000	11000	346x72x10
ПР-2-600	600	350; 430; 500; 600	23000	-	442x140x154
ПР-2-1000	1000	600; 700; 850; 1000	20000	20000	580x155x154

196

28-илова. Мойли ўчиргичлар

Ўчиргич тури	Номинал кучланиш, кВ	Номинал ток, А	4 секундги термик чидамлик, кА	Номинал узиш ток, кА	Юритма билан уранишнинг хусусий вақти, с	Узиш вақти, с	Масса, кг	Юритма тури
ВМЭ-6-200-4	6	200	4	4	-	-	-	ПМ-300
ВМЭ-6-200-1,5				1,25				1,25
ВМГ-10	10	630	20	20	0,3	-	140	ПЭ-11
		1000						145
ВМП-10	10	630	20	20	0,3	-	140	ППВ-10
		1000						145
ВМПЭ-10	10	630	20	20	0,3	0,12	225	Кирилган электромагнитли
		1000	31,5	31,5				
		1600						
ВММ-10	10	400	10	10	0,2	0,12	94	Кирилган пружинали
		630						
ВММ-10*	10	400	10	10	0,2	0,12	93,5	Кирилган пружинали
ВК-10	10	630	20	20	0,075	0,07	150	Кирилган пружинали
		1000						
		1600						
МПГ-10-3200-45	10	3200	45	45	0,4	0,15	-	ПЭ-21
МПГ-10-4000-45		4000						ПЭ-21А
МПГ-10-500-45		5000						
МПГ-10-5000-63	10	5000	64	63	0,4	0,15	-	ПЭ-21 ПЭ-21А

197

29-илова. Электромагнитли ўчиргичлар

Ўчиргич тури	4 секундли термик чидамлилик, кА		Ўчиргични юритма билан узишнинг хусусий вақти, с, катта эмас		Масса, кг
	амплитуда	жорий	Учиргични юритма билан улашнинг вақти, с, катта эмас	Учиргични юритма билан улашнинг хусусий вақти, с, катта эмас	
ВЭМ-6-2000/40-125	40	29	0,06	0,08	1000
ВМЭ-6-3200/40-125	40	35	0,06	0,08	1236
ВМЭ-10Э-1000/12,5	20(5с)	71	0,05	-	610
ВМЭ-10Э-1250/12,5	20(с)	71	0,05	-	600
ВЭМ-10Э-1000/20	20	71	0,05	-	600
ВМЭ-10Э-1250/20	20	71	0,05	-	599
ВЭ-10-1250-20	20	71	0,06	0,075	522
ВЭ-10-1600-20	20	71	0,06	0,075	522
ВЭ-10-2500-20	20	71	0,06	0,075	533
ВЭ-10-3600-20	20	71	0,06	0,075	565
ВЭ-10-1250-31,5	31,5	71	0,06	0,075	563
ВЭ-10-1600-31,5	31,5	71	0,06	0,075	563
ВЭ-10-2500-31,5	31,5	71	0,06	0,075	574
ВЭ-10-3600-31,5	31,5	71	0,06	0,075	606

30-илова. Ичкарида ўрнатилувчи ажратгичлар

Тур	Энг катта оралиқ қисқа тугашув токи, кА		4 секундли термик чидамлилик, кА	Ажратгич ва битта кутбнинг массаси (бажарилиш кутбли) массаси, кг
	амплитуда	жорий		
РВО-6/400	50	29	16	5,9
РВО-6/630	60	35	20	6,3
РВО-6/1000	120	71	40	12,5
РВ-6/400	50	29	16	24
РВ-6/630	60	35	20	27
РВ-6/1000	120	71	40	42
РВЗ-6/400	50	29	16	28
РВЗ-6/630	60	35	20	29
РВЗ-6/1000	81	47	40	46
РВФ-6/400	50	29	16	35
РВФ-6/630	60	35	20	38
РВФ-6/1000	81	47	40	67
РВО-10/400	50	29	16	5,9
РВО-10/630	60	35	20	6,3
РВО-6/1000	120	71	40	12,5
РВ-10/400	50	29	16	26
РВ-10/630	60	35	20	28
РВ-10/1000	120	71	40	44
РВЗ-10/400	50	29	16	30
РВЗ-10/630	60	35	20	32

РВЗ-10/1000	81	47	40	48
РВФ-10/400	50	29	16	41
РВФ-10/630	60	35	20	45
РВФ-10/1000	81	47	40	83
РЛВОМ-10/1000	81	47	40	16,19
РВР-Ш-10/2000	85	-	31,5	82
РВРЗ-Ш-10/2000	85	-	31,5	112

31-илова. Ташқарига ўрнатиладиган ажратгичлар

Ажратгич тури	Оралиқ қисқа тугашув токининг энг катта амплитудаси, кА	Термик чидамлик токи, кА		Масса, кг
		Асосий пичоқларга (4с)	Заминловчи пичоққа (1с)	
РЛН-6/200	15	5(10с)	-	12
РЛН-6/400	25	10(10с)	-	12
РЛН-10/200	15	5(10с)	-	20
РЛН-10/400	25	10(10с)	-	20
РЛН-10/600	35	14(10с)	-	20
РЛНД-10/400	25	10	10	96*
РЛНД-10/630	80	-	-	-
РОН-10К/5000	180	31,5	31,5	105

Адабиётлар

1. Федоров А.А. Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1983
3. Гладиллин Л.В. Основы электроснабжения горных предприятий. М.: Недра, 1980.
4. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Т.1 и 2. М.: Энергоатомиздат, 1986, 1987.
7. Насритдинов Ш.Г. Кон электротехникаси, III қисм, Тошкент, 1995.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. Григорьев В.И., Киреева Э.А., Миронов В.А., Минтюков А.П., Чохонелидзе А.Н. Электроснабжение и электрооборудование цехов. М.: Энергоатомиздат, 2003.
10. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию М.: Высшая школа, 2002.
11. www.worldenergy
12. www.energostar.com
13. www.energetica.ru
14. www.vc-energetik.ru
15. www.electrosnab.ru

Мундарижа

Кириш.....	3
I боб. Электр таъминоти тизими ҳақида умумий маълумотлар	6
1.1. Асосий тушунчалар.....	6
1.2. Электр қурилмалар ва электр истеъмолчилари.....	9
1.3. Саноат корхоналари асосий истеъмолчиларининг тафсилотлари.....	13
II боб. Электр энергиясининг сифат кўрсаткичлари.....	19
2.1. Умумий тушунчалар.....	19
2.2. Частотанинг оғиши ва тебраниши.....	20
2.3. Кучланишнинг оғиши.....	21
2.4. Кучланишнинг тебраниши.....	24
2.5. Корхоналарнинг электр таъминоти тизимларида носинусоидаллик режимлари.....	28
2.6. Кучланиш формасининг носинусоидаллигининг электр ускуналарининг иш режимига таъсири ва электр тармоқларида кучланишнинг носинусоидаллигини камайтириш усуллари.....	32
2.7. Кучланишларнинг носимметриклиги.....	34
III боб. Саноат корхоналарининг электр юкламалари.....	39
3.1. Электр юкламаларнинг графиклари.....	39
3.2. Юкламалар графикларини тавсифловчи кўрсаткичлар...	42
3.3. Электр юкламаларининг асосий таърифлари.....	47
3.4. Ҳисобий юкламаларни аниқлаш усуллари.....	51
3.5. Ҳисобий юкламаларни аниқлаш усуллари.....	54
3.6. Ҳисобий юкламанинг ўрнатилган қувват ва талаб коэффициенти, ўртача қувват ва форма коэффициенти асосида аниқлаш.....	58
3.7. Ҳисобий юкламани аниқлашнинг тартибга солинган диаграммалар усули.....	61
3.8. Юкламаларнинг чўққи қийматларини аниқлаш.....	70
IV боб. Цех электр таъминоти масалалари.....	74
4.1. Цехларнинг электр тармоқлари.....	74
4.2. Цех электр тармоқлари кучланишини танлаш.....	76
4.3. Ўтказгичлар, кабеллар ва шишаларнинг кесимларини	

танлаш	77
4.4. Ўтказгич ва кабел кесимларини кучланишнинг йўқотуви бўйича танлаш.....	82
4.5. Электр тармоқларни иқтисодий кўрсаткичлар бўйича танлаш	84
4.6. Пулат шиналарни кучланиш нобудгарчилиги бўйича ҳисоблаш.....	86
4.7. Троллейли линияларни ҳисоблаш.....	88
V боб. Корхоналарнинг электр таъминоти масалалари.....	92
5.1. Саноат корхоналарига узатилаётган электр энергияси кучланишининг рационал қийматини аниқлаш.....	92
5.2. Куч трансформаторларини танлаш.....	99
5.3. Корхона бош пасайтирувчи подстанциясининг ўрнатиш жойини аниқлаш.....	110
5.4. Саноат корхоналарининг электр таъминоти схемалари.....	116
5.5. Электр таъминоти тизимида қисқа тугашув.....	122
5.6. Электр аппаратларни танлаш.....	133
VI боб. Реактив қувватни компенсациялаш.....	140
6.1. Реактив қувватни компенсациялашнинг асосий тушунчалари	140
6.2. Электр энергияси қабул қилувчиларнинг реактив қувват истеъмолини камайтириш усуллари.....	144
6.3. Реактив қувватни компенсацияловчи воситалар.....	146
6.4. Компенсацияланувчи реактив қувватнинг миқдорини аниқлаш.....	151
VII боб. Электротехник қурилмалари нейтралининг режимлари.....	154
7.1. Электротехник қурилмалари нейтралининг режимини танлаш ва химоявий заминлаш.....	154
7.2. Химоявий заминлагичлар.....	158
Илова	163
Адабиётлар	201

Мухаррир М.М. Ботирбекова

