

***ELEKTR  
TIZIMLARINING  
AVTOMATIKASI***

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**X.A. Shamsiyev, Sh.M. Mirzabekov, G.F. Mo‘sinova**

**ELEKTR TIZIMLARINING  
AVTOMATIKASI**

**O‘quv qo‘llanma**

**TOSHKENT – 2021**

**UDK 621.31:681.5(075.8)**

**BBK 31.27-5-05ya7**

**Sh 21**

Shamsiyev X.A., Mirzabekov Sh.M., Mo'sinova G.F. Elektr tizimlarining avtomatikasi. O'quv qo'llanma. – T.: ToshDTU, 2021. - 152 b.

Taqrizchilar: Sitdikov R.A. ToshDTU «Elektr energetika» fakulteti «Elektr stansiyalari, tarmoqlari va tizimlari» kafedrası, t.f.d., professor.  
Mirzayev A.T. O'zbekiston milliy elektr tarmoqlari AJ tizim xizmatlari bosh boshqarmasi boshlig'i, t.f.n., dotsent.

10200 – Elektr energetikasi” va “5A310204 – Elektr energetika tizimlari va tarmoqlari” yo'nalishlarida tahsil olayotgan bakalavr va magistrarga, shuningdek, tegishli mutaxassisliklar va ta'lim yo'nalishlari talabalariga mo'ljallangan. Taqdim etilgan materialdan elektr energetika tizimlarida qo'llaniladigan avtomatika qurilmalarini o'rganish bilan shug'ullanadigan olimlar, mutaxassislar foydalanishi mumkin.

Учебное пособие предназначен для бакалавров и магистров, обучающихся по специальностям «5310200-Электроэнергетика» и «5A310204 - Электрические системы и сети», а также студентов соответствующих специальностей и направлений подготовки. Представленный материал может быть использован учеными и специалистами в области устройств автоматизация, применяемых в энергосистемах.

The study guide is intended for bachelors and masters studying in the specialties "5310200-Electrical engineering" and "5A310204 - Electrical systems and networks", as well as students of the relevant specialties and areas of training. The presented material can be used by scientists and specialists in the field of automation devices used in power systems.

**ISBN – 978-9943-7195-6-9**

© Toshkent – 2021

## MUNDARIJA

	<b>KIRISH</b> .....	10
	<b>1-BOB. UMUMIY TUSHUNCHALAR VA MA'LUMOTLAR</b> .....	11
1.1.	Energetika tizimida eng keng tarqalgan avariylar.....	11
1.2.	Energetika tizimi holatlarini boshqarish va nazorat qilish. Avtomatika turlari.....	19
	Nazorat savollari.....	24
	<b>2-BOB. GENERATORLARNI AVTOMATIK SINXRONLASH</b> ...	26
2.1.	Generatorlarni aniq sinxronlash .....	26
2.2.	Generatorlarni o'z-o'zini sinxronlash .....	30
2.3.	O'zgarmas o'zish burchakli yarim avtosinxronizator .....	34
2.4.	O'zgarmas o'zish vaqtiga ega avtomatik sinxronizator.....	39
2.5.	Elektr stansiya generatorlarini avtomatik sinxronlashni hisoblash va usullarini tanlash.....	41
	Nazorat savollari .....	47
	<b>3-BOB. AVTOMATIK QAYTA ULASH</b> .....	48
3.1.	Moyli uzgichlar uchun bir karrali AQU qurilmasining sxemasi.....	49
3.2.	Liniyalarning ikki karralik AQUsi .....	52
3.3.	Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarning AQUsi .....	54
3.4.	Liniyalarning bir fazalik AQUsi (BAQU).....	60
3.5.	AQU ni hisoblash .....	65
3.5.1.	AQU ni hisoblash algoritmlari.....	65
3.5.2.	Stansiya va tizimni bog'lovchi liniyaning AQU turini tanlash va o'rnatmalarini hisoblash (Ikki tomonlama ta'minlangan liniya misolida).....	70
	Nazorat savollari .....	82
	<b>4-BOB. ZAXIRANI AVTOMATIK ULASH (ZAU)</b> .....	84
4.1.	ZAU qurilmalariga qo'yilgan talablar.....	84
4.2.	Zaxirani avtomatik ulash (ZAU) qurilmasining o'rnatmalarini hisoblash.....	87
	Nazorat savollari.....	89
	<b>5-BOB. SINXRON GENERATORLARNING QO'ZG'ATISHINI AVTOMATIK ROSTLASH (QAR)</b> .....	90

5.1.	Proporsional tipdagi qo'zg'atishni avtomatik rostlagich (QAR-P).....	90
5.2.	Kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishli avtomatik rostlagich QAR-K (U <sub>G</sub> =o'zgarimas).....	96
5.3.	Qo'zg'atishni avtomatik rostlash tavsiflari .....	98
5.4.	Qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmalari .....	100
	Nazorat savollari .....	109
	<b>6-BOB. CHASTOTA VA AKTIV QUVVATNI AVTOMATIK ROSTLASH (ChQAR)</b> .....	111
6.1.	Avtomatik chastota rostlagich tavsiflari .....	112
6.2.	Zamonaviy energetika tizimlarida chastota va quvvatni avtomatik rostlashni tashkil etish prinsiplari .....	113
6.3.	Elektr stansiya agregatlarining chastota va quvvatni avtomatik rostlash (CHQAR) qurilmasi.....	115
	Nazorat savollari.....	121
	<b>7-BOB. AVTOMATIK CHASTOTAVIY YUKSIZLANTIRISH (ACHYU) VA CHASTOTAVIY AVTOMATIK QAYTA ULASH (CHAQU)</b> .....	123
7.1.	Energetika tizimining chastotaviy tavsifi .....	123
7.2.	Avtomatik chastotaviy o'chirishning bajarilish prinsiplari va hisobi....	125
7.3.	Chastotaviy avtomatik qayta ulash (CHAQU).....	128
7.4.	AChYu va ChAQU qurilmalari .....	128
7.5.	Zamonaviy avtomatik chastotani yuksizlantirish qurilmalari.....	133
7.5.1.	"Sirius-2-AChYu" qurilmasi.....	133
7.5.2.	"AChYu-MP" chastotaviy avtomatika mikroprotsessor qurilmasi.....	134
	Nazorat savollari .....	134
	<b>8-BOB. AVARIYANING OLDINI OLISH AVTOMATIKASI</b>	136
8.1.	Asinxron rejim .....	136
8.2.	Asinxron holatni avtomatik tugatish .....	140
8.3.	Asinxron rejimlarni bartaraf etuvchi zamonaviy raqamli avtomatika qurilmalari .....	142
8.4.	Liniyani o'ta kuchlanishlardan himoyalash avtomatikasi.....	143
	Nazorat savollari .....	149
	Ilova.....	151
	Glossariy.....	160
	Foydalanilgan adabiyotlar .....	162

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	10
	<b>ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ИНФОРМАЦИЯ</b> .....	11
1.1.	Самые масштабные аварии в энергосистемах.....	11
1.2.	Контроль и управление режимами энергосистемы. Виды автоматики.....	19
	Контрольные вопросы.....	24
	<b>ГЛАВА 2. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ</b> .....	26
2.1.	Точная синхронизация генераторов.....	26
2.2.	Самосинхронизация генераторов.....	30
2.3.	Полуавтосинхронизатор с постоянным углом опережения.....	34
2.4.	Автоматический синхронизатор с постоянным временем опережения.....	39
2.5.	Выбор способов и расчет автоматической синхронизации генераторов электрической станции.....	41
	Контрольные вопросы.....	47
	<b>ГЛАВА 3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	48
3.1.	Схема устройства однократного АПВ для масляных выключателей.....	49
3.2.	Двукратное АПВ линий.....	52
3.3.	АПВ линий электропередачи с двухсторонним питанием.....	54
3.4.	ОАПВ линий.....	60
3.5.	Алгоритмы и примеры расчета АПВ.....	65
3.5.1.	Алгоритмы расчета АПВ.....	65
3.5.2.	Пример выбора способа и расчета АПВ линий связи станции с системой (линии с двухсторонним питанием).....	70
	Контрольные вопросы.....	82
	<b>ГЛАВА 4. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА (АВР)</b> .....	84
4.1.	Требования, предъявляемые к устройствам АВР.....	84
4.2.	Расчет уставок устройства автоматического ввода резерва.....	87
	Контрольные вопросы.....	89
	<b>ГЛАВА 5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ</b> .....	90

	<b>ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ (АРВ)...</b>	
5.1.	Регулирование возбуждения пропорционального типа ( $E_q^1 = \text{пост}$ ).....	90
5.2.	Автоматический регулятор возбуждения сильного действия АРВ-с ( $U_T = \text{пост}$ ).....	96
5.3.	Характеристики АРВ .....	98
5.4.	Устройства АРВ.....	100
	Контрольные вопросы.....	109
	<b>ГЛАВА 6. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ И АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ (АРЧМ).....</b>	111
6.1.	Характеристики автоматического регулятора скорости.....	112
6.2.	Принцип организации автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ) в современных энергосистемах.....	113
6.3.	Устройства АРЧМ агрегатов электростанций.....	115
	Контрольные вопросы .....	121
	<b>ГЛАВА 7. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА (АЧР) И ЧАСТОТНОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ (ЧАПВ).....</b>	123
7.1.	Частотная характеристика системы .....	123
7.2.	Принципы выполнения и расчет автоматической частотной разгрузки.....	125
7.3.	Частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ).....	128
7.4.	Устройства АЧР и ЧАПВ .....	128
7.5.	Современные устройства автоматической частотной разгрузки..	133
7.5.1.	Устройства-«Сириус-2-АЧР».....	133
7.5.2.	Микропроцессорное устройство частотной автоматики «АЧР-МП».....	134
	Контрольные вопросы.....	134
	<b>ГЛАВА 8. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА.....</b>	136
8.1.	Асинхронный режим.....	136
8.2.	Автоматика ликвидации асинхронного режима.....	140
8.3.	Современные цифровые устройства автоматики ликвидации асинхронных режимов .....	142
8.4.	Автоматика защиты ЛЭП от повышения напряжения (от перенапряжений).....	143
	Контрольные вопросы.....	149
	Приложение.....	151

	Глоссарий.....	160
	Литературы.....	162

## CONTENTS

	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>10</b>
	<b>CHAPTER 1. GENERAL CONCEPTS AND INFORMATION..</b>	<b>11</b>
1.1.	The most widespread accidents in power systems .....	11
1.2.	Control and management of power system modes. Types of automation.....	19
	Test questions.....	24
	<b>CHAPTER 2. AUTOMATIC SYNCHRONIZATION OF GENERATORS.....</b>	<b>26</b>
2.1.	Accurate synchronization of generators.....	26
2.2.	Self-synchronizing generators.....	30
2.3.	Semi-auto synchronizer with constant advance angle.....	34
2.4.	Automatic synchronizer with constant lead time.....	39
2.5.	Selection of methods and calculation of automatic synchronization of power plant generators.....	41
	Test questions.....	47
	<b>CHAPTER 3. AUTOMATIC RECLOSER (ARC).....</b>	<b>48</b>
3.1.	Single-shot automatic recloser device diagram for oil circuit breakers.....	49
3.2.	Double automatic recloser of lines.....	52
3.3.	Automatic recloser of power lines with two-way power supply.....	54
3.4.	Single-phase automatic recloser of lines.....	60
3.5.	Algorithms and examples of automatic reclosure calculation.....	65
3.5.1.	Automatic reclosing algorithms.....	65
3.5.2.	An example of choosing the method and calculating the automatic reclosure of communication lines between the station and the system (lines with two-way power supply).....	70
	Test questions.....	82
	<b>CHAPTER 4. AUTOMATIC RESERVE SWITCH (ARS).....</b>	<b>84</b>
4.1.	Requirements for ARS devices.....	84



4.2.	Calculation of the settings of the automatic reserve switch (ARS).....	87
	Test questions.....	89
	<b>CHAPTER 5. AUTOMATIC REGULATION OF EXCITATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS (ARE)...</b>	90
5.1.	Automatic excitation control of proportional type ( $E^1_q = \text{const}$ ).....	90
5.2.	Automatic excitation regulator of strong action ( $U_G = \text{const}$ ).....	96
5.3.	ARE characteristics.....	98
5.4.	ARE devices.....	100
	Test questions.....	109
	<b>CHAPTER 6. AUTOMATIC FREQUENCY AND ACTIVE POWER CONTROL (AFPC).....</b>	111
6.1.	Characteristics of automatic speed governor .....	112
6.2.	The principle of organizing automatic frequency and power control (AFPC) in modern power systems.....	113
6.3.	AFPC devices for power plant units.....	115
	Test questions.....	121
	<b>CHAPTER 7. AUTOMATIC FREQUENCY UNLOADING (AFU) AND FREQUENCY AUTOMATIC RECLOSER (FARC).....</b>	123
7.1.	Frequency characteristics in the power system.....	123
7.2.	Principles of implementation and calculation of automatic frequency unloading.....	125
7.3.	Frequency automatic reclosing (FARC) .....	128
7.4.	AFU and FARC devices.....	128
7.5.	Modern devices for automatic frequency unloading .....	133
7.5.1.	«Sirius-2-AFU» device.....	133
7.5.2.	Microprocessor device of frequency automation "AFU-MP".....	134
	Test questions.....	134
	<b>CHAPTER 8. EMERGENCY AUTOMATION.....</b>	136
8.1.	Asynchronous mode.....	136
8.2.	Automatic elimination of asynchronous mode.....	140
8.3.	Modern digital devices for automatic elimination of asynchronous modes.....	142
8.4.	Automatic overvoltage protection of power lines (overvoltage).....	143
	Test questions.....	149

	<b>Application</b> .....	<b>151</b>
	<b>Glossary</b> .....	<b>160</b>
	<b>Literature</b> .....	<b>162</b>

## KIRISH

Energetika tizimidagi biror bir elementning normal ish rejimi buzilishi energetika tizimining boshqa elementlari ishiga, ayrim holatlarda esa butun texnologik jarayonga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Natijada avariya elementning normal ish rejimini iloji boricha tezroq tiklash yoki uni boshqa zaxiradagi element bilan almashtirish hamda ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan energiya balansini tiklash kabi talablar paydo bo'ladi.

Energetika tizimining yana bir xususiyati shundan iboratki, uning normal ish rejimi buzilganida elektromexanik jarayonlar paydo bo'lib, ular, odatda, shu qadar tez o'tadiki, bu jarayonlarning boshlanishini aniqlash va ularning rivojlanib ketishining oldini olish xizmat ko'rsatuvchi personalning qo'lidan kelmaydi.

Shuning uchun energetika tizimining rejimlarini nazorat qilish va boshqarish texnika nuqtayi nazaridan juda ham murakkab masaladir. Bu masalaning yechimi maxsus texnikaviy qurilmalarni qo'llash yordamidagina bajarilishi mumkin.

Energetika tizimlarida normal rejimlarini boshqarish hamda avariya va avariya keyingi rejimlarda uning barqaror ishlashini ta'minlash uchun tizim avtomatikasidan keng foydalaniladi. Tizim avtomatikasi bo'lmagan yoki yetarli darajada samarali bo'lmagan joylarda baxtsiz hodisalarning kaskadli rivojlanishi va kutilmagan salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin.

## **I BOB.**

### **UMUMIY TUSHUNCHALAR VA MA'LUMOTLAR**

#### **1.1. Energetika tizimida eng keng tarqalgan avariyaalar**

##### **Rossiya, Moskva, 2005-yil 23-may**

Quyidagi sodir bo'lgan avariya chaqmoq yoki portlash tufayli yoki qish kunining maksimal yuklama paytida emas, balki may oyining ish paytida barcha podstansiya va elektr tarmoqlari ishchilari, shuningdek, energetika va energoxolding kompaniyasi rahbarlari o'z ish joylarida bo'lganlarida sodir bo'lgan.

Elektr stansiyasidagi uskunalar shikastlanganda va elektr uzatish liniyalari da o'ta yuklanish sodir bo'lgan paytda xodimning malakasiz harakati (va harakatsizligi) tufayli Moskva energetika tizimi soha rahbariyati oldida 35 soat davomida, tom ma'noda misli ko'rilmagan falokatga olib keldi.

Bu kabi hodisalar mamlakatimiz elektr energetikasi tarixida hech qachon bo'lmagan.

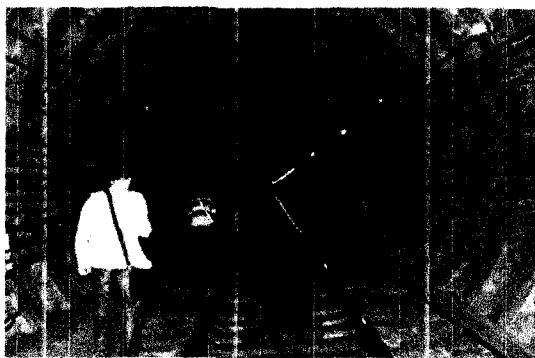
Elektr energiyasining uzilish maydoni 5 ta mintaqadan 6,5 million nafar odamni qamrab oldi. 12 ta elektr stansiyasi umuman to'xtatilgan va 35-500 kV kuchlanishli podstansiyalar kuchsizlangan.

510-raqamli "Chagino" podstansiyasida o'rnatilgan olti transformatorning birida unchalik katta bo'lmagan olov paydo bo'ldi. U karbonat angidridli o't o'chirgich yordamida o'chirildi. Ushbu hodisadan keyin iste'molchilarni elektr bilan ta'minlash qolgan beshta transformatorga o'tkazilgan.

24-may kuni kechqurun to'rtta transformator ham yonib ketdi, ish holatida qolgan yagona transformatorni esa o'chirishga to'g'ri keldi, chunki u Moskvaning janubi-sharqiy okrugidagi barcha iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlay olmas edi. 220 kV kuchlanishli podstansiyaning o'chirish davomida eng yirik iste'molchi bo'lgan Moskva neftni qayta ishlash zavodi (MNQI)ni ham o'chirishga to'g'ri keldi. Ushbu zavodga elektr energiyasini IEM-22 va "Chagino" podstansiyasidan uzatish qayta tiklandi. MNQI zavodining elektr ta'minoti to'xtatilishi uzoq vaqtga kechiktirilmadi, chunki bu nasoslarning to'xtashiga va qizib ketish natijasida halokatga olib kelishi mumkin edi.

25-may kuni ertalab "Chagino"dagi oxirgi transformator yuklamaga chiday olmasdan qulab tushdi. Tizim "buzila" boshlandi, kaskadli o'chirish jarayoni boshlandi. "Ochakova" podstansiyasi ishlamay qoldi, 1-sonli GES, Moskvaning janubidagi yettita IEM lari hamda 4-IES ning ishlab chiqarishi yo'qoldi. Moskva yaqinidagi 500 kVli podstansiyalar, elektr stansiyalari va elektr ta'minoti markazlari to'xtay boshladi. Zanjirli reaksiya Moskva viloyati, Tula, Ryazan va Kaluga viloyatlarini elektrsiz qoldirdi. Avariyaning tezda bartaraf etishning iloji yo'q edi, eng muhim obyektlarning elektr ta'minoti faqat kechga borib tiklandi. Energetika tizimining to'liq tiklanishiga esa bir kun vaqt ketdi. Ushbu vaqt mobaynida uy-joylar, kasalxona va o'likxonalar, ishlab chiqarish obyektlari, infratuzilmalar elektrsiz qoldi. Ba'zi bir xavfli ishlab chiqarishlarda avariyaalar sodir bo'ldi. Uylar va idoralardagi

liftlar, metrolarning yurishi, transportlar to'xtadi, svetoforlar o'chdi. Sovutish tizimi ishlamay qoldi, Moskvaning ba'zi bir tumanlari suvsiz qolib ketdi. Internet va uyali aloqa operatori tarmoqlari hamda telefon tarmoqlari ishlashida uzilishlar paydo bo'ldi.



**1.1-rasm. Rossiyada sodir bo'lgan avariya holati.**

Rossiya aksiyadorlik jamiyati yagona energetika tizimi (RAJ YET) ma'lumotlariga ko'ra, ushbu avariya 3 millionga yaqin odamga zarar yetkazgan. Moskva uchun umumiy zarar 1,708 mlrd rublga, Moskva viloyatlari uchun esa 503 mln rublga baholangan.

**Avariyaning sababi quyidagi muammolar va omillar to'plami hisoblanadi:**

- elektr tarmog'idagi yuklama ortishi natijasida hosil bo'ladigan issiqlik;
- uskunaning eskirishi va texnik xizmat ko'rsatilmasligi;
- RAJ YET va "Mosenergo" kompaniyalari rahbarlarining professional ernasligi, xodimlarning tayyor bo'lmaganliklari;
- asosiy sabab esa Moskvadagi iste'molchilarni favqulotda avtomatlashtirishdan uzib qo'yishga qo'yilgan taqiq.

Moskva energetika tizimidagi avariya Rossiya tarixidagi eng yirik elektr o'chishiga aylandi va moskvaliklar xotirasida chuqur iz qoldirdi.

### **AQSH, Nyu-York, 1965-yil 9-noyabr**

Amerika Qo'shma Shtatlari, ayniqsa, Nyu-York shtatidagi aholi energetika tizimidagi nosozliklar bilan juda yaxshi tanish. "Blackout" so'zi "Shimoli-sharqning buyuk tutilishi" dan keyin aniq elektr energiyasining uzilishi kabi ma'noga ega bo'ldi. Avariyaning sababi xodimning xatosi edi.

Kuinston (Ontario, Kanada) va Niagara dengizlarida joylashgan, "Ser Adam Bek 2" elektr stansiyalari o'rtasidagi 230 kV kuchlanishli EUL dagi rele o'ratmasi noto'g'ri o'rnatilganligi liniya ortiqcha yuklamaga dosh bera olmasligiga olib keldi

va u o'chgandan so'ng qolgan liniyalar bir zumda haddan tashqari yuklanib, Niagara tugunida domino effektini o'rnatdi.

Nyu-Jersi, Nyu-York va Pensilvaniya hamda Kanadaning ikkita provensiyasida elektr energiyasidan uzilish bo'ldi. Hududning 30 mln nafar aholisi yarim sutka davomida markazlashgan energiya ta'minotisiz qoldi. Elektr energiyasining yo'qolishi ishdan uyga qaytayotganlarni kutilmaganda ushlab qoldi, 800 ming nafardan ortiq odam Nyu-York metrosida qolib ketdi. O'chishning umumiy maydoni 200 ming kv. km ni tashkil etdi. Iste'molchilarning elektr ta'minotini to'liq tiklash uchun energetiklarga 13 soat, umuman, tiklash ishlari uchun esa bir oyga yaqin vaqt kerak bo'ldi.

### **AQSh, Nyu-York, 1977-yil 13-iyul**

Momaqaldiroq paytida Nyu-Yorkdagi elektr uzatish liniyalaridan biriga chaqmoq tushdi, shundan so'ng butun millionlab shahar zulmatga botdi. Bir kundan ko'proq vaqt davomida elektr toki yonmadi. Avariya misli ko'rilmagan moliyaviy inqirozni olib keldi. Elektr uzilishidan bir necha soat o'tgach, tunda kambag'al mahallalardan kelgan to'dalar shaharning zamonaviy kvartallariga hujum qilishdi. Politsiya qariyb 3700 kishini hibsga olishga muvaffaq bo'ldi, ammo bu tajovuzkorlar va qaroqchilarning ahamiyatsiz qismi edi. Talonchilar va buzg'unchilar tomonidan Nyu-York shahriga yetkazilgan zarar 1 milliard dollarga baholanmoqda (2000-yildagi hisob-kitoblarga ko'ra).



**1.2-rasm. Nyu-York shahridagi avariya holati**

Shahar hokimiyati 9 mln dollar yo'qotdi: 5 mln soliq sifatida va yana 4 mln ni politsiya hamda o't o'chiruvchilarning ortiqcha ishlagani uchun to'lashga to'g'ri keldi. Nyu-York birjasi elektr o'chishidan 20 mln dollardan ortiqroq zarar ko'rdi.

Biroq eng katta yo'qotishlarga oddiy fuqarolar duch keldi. 2000 dan ortiq do'kon talon-taroj qilindi.

### **AQSh, Nyu-York, 2003-yil 14-avgust**

Shimoliy Ogayoda yuqori kuchlanishli liniyalar ostida o'sib chiqqan daraxtlar qisqa tutashuvga olib keldi va qisqa muddatga liniyaning uzilishiga sabab bo'ldi. Shimoli-sharqdagi uchta elektr uzatish liniyasi o'chirildi, ammo nosoz ogohlantirish tizimi signal bermadi va hodisa energetika kompaniyasi tomonidan e'tiborga olinmadi. Bu barcha qo'shni energetika tizimlarini navbatdagi "blackout" holatiga olib keldi. Mutaxassislarning fikriga ko'ra, o'sha paytdagi AQSh energetika tizimining tizim avtomatikasi shunchalik qadimiy ediki, butun mamlakat zulmatga botishi mumkin edi. Katta elektr uzilishlari AQSH ning shimoli-sharqiy qismidagi eng yirik shaharlari (Nyu-York, Ogoyo, Michigan, Pensilvaniya, Konnektikut, Nyu-Jersi)ni va Kanada (Toronto, Ottava)ni qamrab oldi. Umumiy holatda, avariyaning rivojlanish jarayonida 10 ta AES ni (AQSh da 7 ta va Kanadada 3 ta, jami 19 ta blok) o'z ichiga olgan 263 ta elektr stansiyasi (531 ta energiya bloklari) o'chirildi. Baxtsiz hodisani bartaraf etish deyarli 2 sutka davom etdi.



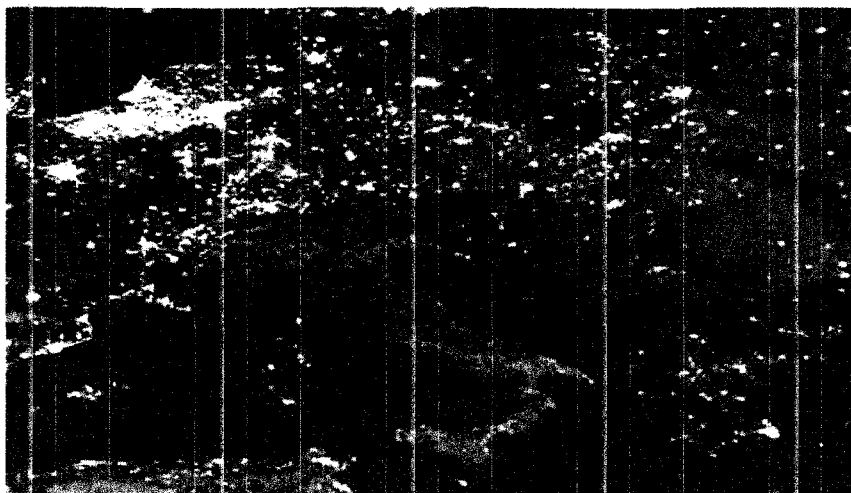
**1.3-rasm. Nyu-York shtatidagi avariya holati**

Bu vaqt davomida 50 mln odamlar yorug'liksiz qolishdi. Jamoat transporti harakati to'liq to'xtatildi, ba'zi fuqarolar transport vositalarini tartibga solish uchun ixtiyoriy ravishda chiqishdi. Metrolar to'xtadi. Uzoq vaqt davomida hokimiyat metroda tiqilib qolgan odamlarni evakuatsiya qilish masalasini hal qila olmadi, minglab odamlar o'zlari vagonlardan tushishga harakat qilishdi. Vaziyatni ishlamaydigan sovutgichlar va issiqlik yanada yomonlashtirdi. Sharqiy sohil bo'ylab aeroportlar yopildi va kompaniyalar millionlab daromadlarini yo'qotdilar. Bu Nyu-

Yorkdagi eng qorong‘u tun bo‘ldi. Umumiy zarar 6 milliard dollarga yetdi. 12 kishi vafot etdi.

### **Italiya, 2003-yil 28-sentabr**

Butun Apennin yarim oroli elektrsiz qoldi. Avariya mahalliy vaqt bilan 03:01 da sodir bo‘ldi. Yiqilgan daraxt tufayli Shvetsariyadan Italiyaga o‘tadigan Mettlen-Lavorgo elektr uzatish liniyasi kuchsizlandi. Bu Sils-Soazzo ikkinchi liniyasini 110 % gacha o‘ta yuklanishga olib keldi. 20 daqiqadan so‘ng San-Bernardino liniyasi muvaffaqiyatsizlikka uchradi va qolgan Shvetsariya yo‘nalishlarida bir necha marta elektr o‘chdi. Keyin Fransiyadan, Avstriyadan va Sloveniyadan Italiyaga yo‘naltirilgan liniyalar o‘chdi. Katta miqdorda elektr energiyasi tanqisligi tufayli “chastota ko‘chkisi” boshlandi va Italiya energetika tizimidagi generatorlar yakuniy nosozlikni keltirib chiqardi, bu esa uning to‘liq so‘nishiga olib keldi.



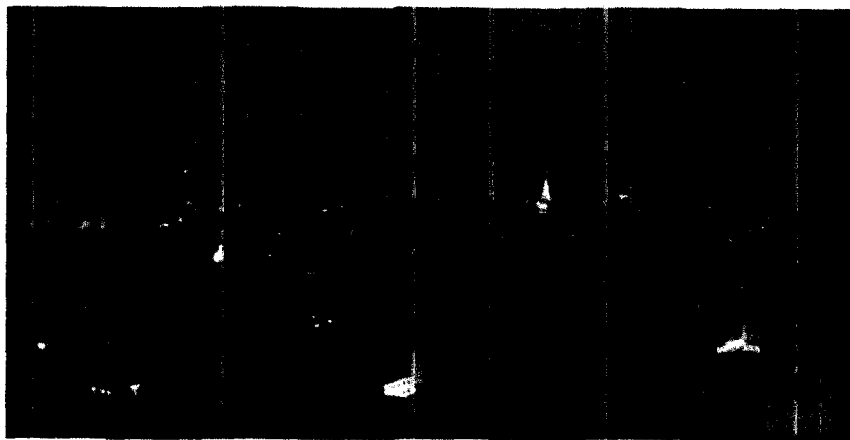
**1.4-rasm. Italiyadagi avariya holati**

Odatda, bir kecha-kunduzda sodir bo‘lgan bunday voqea deyarli sezilmasdan o‘tadi. Biroq o‘sha kuni tunda Rimda “Oq tun” deb nomlangan tadbir o‘tkazilishi vaziyatni yanada og‘irlashtirdi. Shuning uchun teatrlar, magazinlar va restoranlar ishlashda davom etdi. Bayramda minglab shahar aholisi qatnashayotgan edi. Elektr yo‘qolgan paytda poyezdlar yurayotgan edi. 30 mingdan ko‘proq yo‘lovchilarni tashiyotgan 110 ga yaqin poyezdlar to‘xtatildi. Bu Italiyadagi eng yirik avariya bo‘ldi, 56 mln nafar italiyaliklar elektrsiz qoldi. Elektr ta‘minoti to‘laligicha 16 soatdan so‘ng tiklandi.



### **Braziliya, 2009-yil 10-noyabr**

Parana daryosi mintaqasida avj olgan dovul tarmoqning ayrim qismlariga zarar yetkazdi va dunyodagi ikkinchi eng yirik elektr stansiyasi – Itaypu GES tomonidan quvvatlanadigan tarmoqda o'ta yuklanishni keltirib chiqardi. Stansiya Braziliyaning elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojining 20 foizini va Paragvayning elektr energiyasining 90 foizini ta'minlaydi. Stansiyadagi g'ayritabiiy vaziyat keyinchalik tizimning alohida bo'limlarini kuchsizlantirdi. Energetika tizimi milliy operatori matbuot xizmatining xabar berishicha, qariyb 17 ming megavatt elektr energiyasini yetkazib berish to'xtatilgan. Elektr ta'minoti buzilishi Braziliyada yashovchi 60 million aholini shuningdek, Paragvayning deyarli barcha hududini qamrab olgan.



**1.5-rasm. Braziliyadagi avariya holati**

Braziliyaning yirik shaharlaridan Rio-de-Janeyro va San-Pauluda millionlab aholi elektrsiz qoldi.

### **Germaniya va boshqa G'arbiy Yevropa mamlakatlari, 2006-yil 5-noyabr**

2006-yil 5-noyabrda G'arbiy Yevropaning bir qancha mamlakatlarida millionlab odamlar elektr ta'minotidan uzilishi natijasida elektrsiz qoldi. Germaniyada sovutish tizimidagi iste'molning keskin ortishi natijasida avariya yuz berdi. Ushbu katta avariya Germaniyaning shimoli-g'arbida kema havo liniyalari ostidan o'tishi uchun elektr uzatish liniyasining rejalashtirilgan ravishda o'chirilishidan kelib chiqqan. Sentabr oyida kemasozlik qizil va oq Konneford-Diele liniyalarini o'chirishni talab qilgan, bu esa 5-noyabr soat 01:00 da boshlangan. Ushbu o'zgarish qo'shni tizim operatorlariga (QTO) yetkazilgan va ular energiya tizimining barqarorligini ta'minlash uchun simulyatsiyalar o'tkazgan. Natijada QTO lari o'rtasida rejalashtirilgan elektr energiyasi oqimi 5-noyabr soat 00:00 dan 06:00 gacha qisqartirildi. Biroq 3-noyabr kuni kemasozlik korxonasi yopilishni 4-noyabr kuni

kechki soat 22-ga qoldirishni talab qildi. Dispatcher buni foydaliroq deb o'yladi va arizani qabul qildi, o'zgarishni qo'shni TO larga juda kech yetkazdi, shuning uchun to'liq ko'rib chiqish amalga oshirilmadi. Bundan tashqari, ishlab chiqarish allaqachon sotilgan edi va uni o'zgartirish faqatgina fors-majordan tashqari imkonsiz bo'lib qoldi.

Landesbergen-Werendorf liniyasi o'z chegarasiga juda yaqin edi. Keyingi yarim soat ichida ushbu liniyada quvvat kamaydi, lekin keyin yana ko'tarildi va ikkinchi zanjir o'ta yuklanishdan shikatlanish xavfi tufayli o'chirildi. Bu jarayon faqatgina Gernaniya va Fransiya emas, balki Italiya, Belgiya va Ispaniyaga ham ta'sir ko'rsatmasligi, avtomatlashtirish iste'molchilarni birin-ketin uzib qo'ymasligi hamda umuman o'chish sodir bo'lmasligi uchun oradan 28 soniya o'tib Yevropa bo'ylab kaskadli o'chirish boshlandi. Tizim uchta asinxron zonalarga bo'lindi.

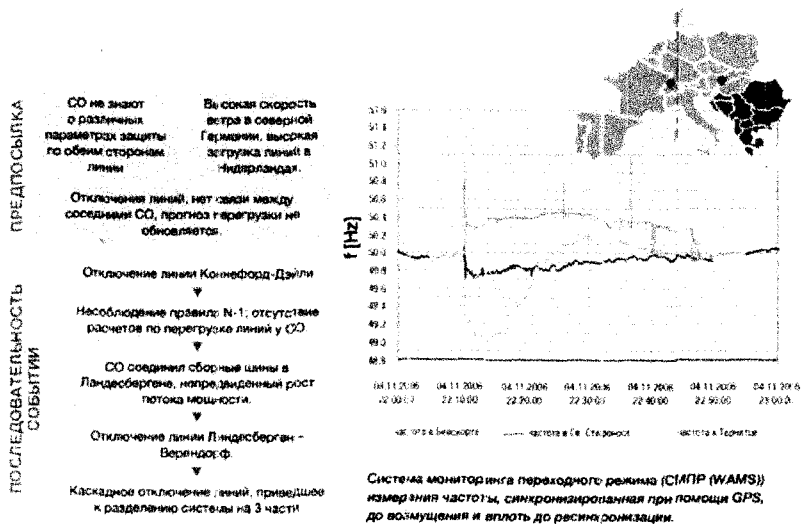


Рис. 5. Разделение системы, которое произошло в переходном состоянии Западной Европы в 2006 году. Источник: Финальный отчет - Развал системы 4 ноября 2006 г., UCTE

## 1.6-rasm. G'arbiy Yevropa mamlakatlaridagi avariya holatida tizimning bo'linishi

### Hindiston, 2012-yil 31-iyul

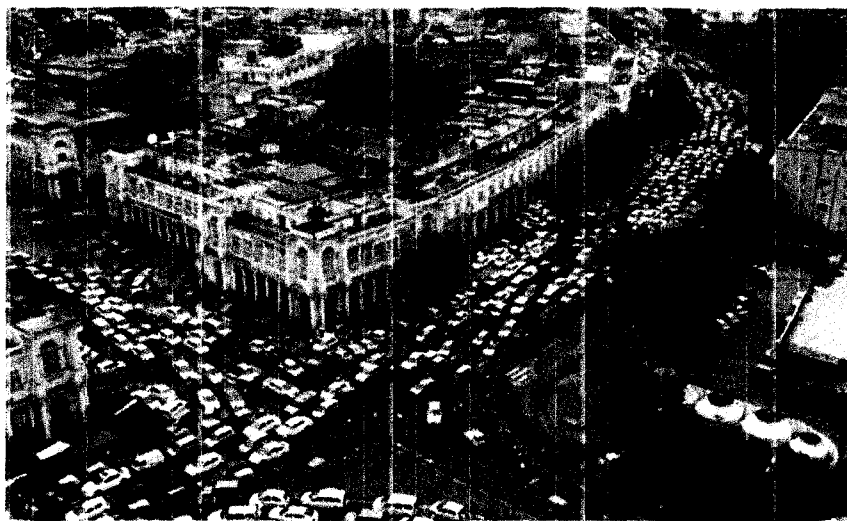
Tarixdagi eng katta elektr uzilishi Hindistonla sodir bo'ldi. Inqiroz mamlakatning shimoliy, g'arbiy va sharqidagi 22 viloyatni qamrab oldi. Eng qiyin vaziyat Rajastan, Haryana, Panjob, Jammu va Kashmir, Himachal Pradesh, Uttaraxand, Uttar Pradesh, G'arbiy Bengal va Orissa shtatlarida yuzaga keldi. Poytaxt okrugi Dehli ham zarar ko'rdi.

Bunga to'rtta shimoliy shtatlar tomonidan energiya iste'molining haddan tashqari ko'payib borganligi va mamlakatning energetika kompleksi tez o'sib borayotgan

aholining doimiy ravishda o'sib borayotgan ehtiyojlarini qondira olmasligi sabab bo'lgan.

Elektr energiya uzilishidan 670 mln aholi aziyat chekdi, bu deyarli mamlakatning yarim aholisi edi.

1-avgust energiya tiklanguniga qadar, taxminan 10 foiz aholining hammasi qorong'ulikda bo'ldi. Aholi jazirama issiq bilan kurashdi, G'arbiy Bengaliyada yuzlab konchilar liftlar to'xtab qolganligi uchun yer ostida qolishdi. 500 dan ortiq poyezdlarning, shu jumladan, 300 nafar yo'lovchilarning harakati to'xtab qoldi. Katta tirbandliklar mamlakat shimolidagi barcha megapolislarni qamrab oldi.



1.7-rasm. Hindistonda sodir bo'lgan avariya

**Yuqorida muhokama qilingan barcha baxtsiz hodisalardagi umumiylik nimada?**

Ularning har birida biron bir elementning ishlamay qolishi sababli quvvat balansida nomutanosiblik paydo bo'ladi va bu ishda qolgan elementlarning ortiqcha yuklanishiga olib keladi. N-1 ishonchlilik prinsipi bo'yicha ishlaydigan g'arbiy energetika tizimlarida bitta elementning uzilishi qolganlarning ortiqcha yuklanishiga olib kelmasligi kerak.

Buning uchun o'z vaqtida choralar qabul qilishi va bu yuklanishni olib tashlashi kerak bo'lgan dispetcherda, birinchidan, sodir bo'lgan jarayonni tezroq hal qilish uchun yuqori malaka va ikkinchidan esa avariya rivojlanib ketishini oldini olish uchun yetarli miqdorda quvvat zaxirasi bo'lishi kerak.

Yuqoridagi keltirilgan avariylar shuni isbotlaydiki, N-1 ishonchlilik prinsipi bajarilgan taqdirda ham “tor” doiradagi vaqtda choralarni qo‘llashga ulgurmagan yoki xato harakat qilishi mumkin bo‘lgan odam ahamiyatga ega bo‘ladi.

O‘xshash tuzilishga va umumiy ildizga ega bo‘lgan MDH energetika tizimida elektr tarmoqlarini loyihalash ko‘pincha tarmoqlarni qurishga minimal mablag‘ sarflash orqali bajariladi (ko‘p hollarda N-1 ishonchlilik prinsipi bajarilmaydi), energetika tizimining turg‘unligi avariya qarshi avtomatikani (QA) keng qo‘llash hisobiga ta‘minlanadi. Iste‘molchilarni avariya qarshi avtomatikadan uzish taqiqlangan yuqori mavqega ega Moskva shahrida bo‘lgan 2005-yildagi avariya shuni isbotlaydiki, avtomatikani ishlatmasdan energetika tizimining yuqori ishonchliligini ta‘minlab bo‘lmaydi.

## 1.2. Energetika tizimi holatlarini boshqarish va nazorat qilish. Avtomatika turlari

Avariyaning rivojlanish jarayonini quyidagi bosqichlarga ajratish mumkin:

1.1-jadval

Normal rejimda	Avariya rejimida	Avariya dan keyingi rejimda	Tiklangan normal rejimda
Normal holatni nazorat qilish va boshqarish	Avariya ni bartaraf etish (releli himoya)	Normal holatni tiklash	Normal holatni nazorat qilish va boshqarish

Energiyani ishlab chiqarishga xos xususiyatlaridan energetika tizimlarini keng jarayonda avtomatlashtirish talabi kelib chiqadi.

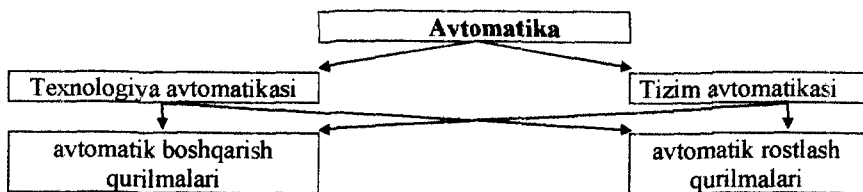
**Energetika tizimlarini avtomatlashtirish** deb, ularni elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash texnologik jarayonlarini avtomatik tarzda boshqaruvchi qurilmalar bilan jihozlashga aytiladi. Ushbu qurilmalar normal va avariya rejimlarda inson ishtirokisiz, ularga o‘rnatilgan dastur hamda o‘rnatmalar asosida ish yuritadi.

Ishlatish nuqtayi nazaridan barcha avtomatika qurilmalarini quyidagi ikkita guruhga ajratish mumkin:

- texnologiya avtomatikasi;
- tizim avtomatikasi.

O‘z navbatida ushbu guruhlardagi avtomatika qurilmalari quyidagilarga bo‘linadi:

- avtomatik boshqarish qurilmalari;
- avtomatik rostdash qurilmalari.



1.8-rasm. Avtomatlashtirishning guruhlanishi

**Texnologiya avtomatikasi** – normal ishlash rejimida avtomatik boshqarish yoki rostdashni ta'minlab beradi (kuchlanishni avtomatik rostdash, generatorlarni avtomatik sinxronlash qurilmalari yordamida) va mahalliy ahamiyatga ega.

**Tizim avtomatikasi** – avariya rejimlarida avtomatik boshqarish yoki rostdashni ta'minlab beradi. Ahamiyat nuqtayi nazaridan ushbu avtomatika umumiy (generatorlarning forsirovkasi, avtomatik chastotaviy yuksizlantirish (AChYu)) va mahalliy (avtomatik qayta ulash (AQU), zaxirani avtomatik ulash (ZAU)) bo'lishi mumkin.

Chastota va quvvatni avtomatik rostdash (ChQAR) qurilmasi energetika tizimining normal rejim avtomatikasiga kiradi.

1.2-jadval

Texnologiya avtomatikasi	Tizim avtomatikasi		
	Avariya holati		Normal holat
Normal holat	Mahalliy ahamiyati	Umumiy ahamiyati	Umumiy ahamiyati
Mahalliy ahamiyati	AQU, ZAU	GF, AChYu	ChQAR

Elektr stansiyalar va energetika tizimlari birmuncha va turli xil o'zaro bog'langan elementlardan tashkil topib, murakkab komplekslar hisoblanadi.

Bugungi kunda elektr stansiyalar va energetika tizimlari ishonchligini, ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini va elektr energiya sifatini oshirish kabi talablar energetika tizimida avtomatikani va avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini (ABT) keng ravishda tatbiq qilishgina orqali amalga oshirilishi mumkin.

**Avtomatika qurilmalari quyidagi masalalarni yechishga yordam beradi:**

- elektr stansiyalar va energetika tizimlarining xizmat ko'rsatuvchi xodimlariga berilgan texnologik rejimni olib borish;
- energetika tizimining turg'unligini va iste'molchilar elektr ta'minotining ishonchligini ko'tarish;
- avariya jarayonini bartaraf etilishini tezlashtirish.

Avtomatika qurilmalarini quyidagi ikki guruhga ajratish mumkin: **stansiya avtomatikasi qurilmalari** va **tizim avtomatikasi qurilmalari**.

**Stansiya avtomatikasining asosiy qurilmalari:**

- yoqilg‘i tayyorlash va uzatish avtomatikasi;
- kimyoviy tozalangan suvni tayyorlash avtomatikasi;
- qozon va turbinaning berilgan rejimini olib borish avtomatikasi;
- agregatlarni ishga tushirish va to‘xtatish avtomatikasi;
- generatorlarni avtomatik sinxronlash;
- sinxron mashinalar qo‘zg‘atish tizimini avtomatik rostdlash;
- sinxron mashinalarning magnit maydonini avtomatik so‘ndirish;
- turbinalarning aylanish tezligini avtomatik rostdlash;
- aktiv va reaktiv quvvatni elektr stansiya generatorlari orasida avtomatik taqsimlash;
- zaxirani avtomatik ulash.

**Tizim avtomatikasiga** quyidagilar kiradi:

- energetika tizimi yuklamasini elektr stansiyalar orasida avtomatik taqsimlash qurilmasi;
- energetika tizimida chastota va aktiv quvvatni avtomatik rostdlash qurilmasi;
- energetika tizimining asosiy bo‘g‘inlarida kuchlanishni avtomatik rostdlash qurilmasi;
- turg‘unlik buzilishini avtomatik oldini olish qurilmasi;
- asinxron rejimni avtomatik bartaraf etish qurilmasi;
- chastota bo‘yicha avtomatik yuklamalarni o‘chirish qurilmasi;
- avtomatik qayta ulash qurilmasi;
- podstansiyalarda zaxirani avtomatik ulash qurilmasi.

Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va iste‘mol qilish jarayonini insonning bevosita ishtirokisiz boshqarish **avtomatika** deb ataladi.

Bugungi kunda faqatgina ayrim elektr energetika obyektlari avtomatik tarzda boshqariladi.

Umuman olganda, hozircha elektr energiyani ishlab chiqarish va uzatish jarayonining boshqaruvi faqatgina energetika tizimi dispetcherining, ya‘ni insonning ma‘lum darajadagi operativ ishtirokida bajarilishi mumkin. Boshqarishning bunday turi **avtomatlashtirilgan** deb ataladi va **avtomatlashtirilgan dispetcherlik boshqaruv tizimi** (ADBT) yordamida bajariladi. Ushbu boshqaruv tizimining asosiy qismini energetika tizimining dispetcherlik punktida joylashgan boshqaruv hisoblash kompleksi tashkil etadi.

Avtomatik boshqaruv elektr energetika obyektlarining xususiyatlari, energetika tizimining rejimiga bog‘liq bo‘lgan parametrlari hamda ularning holati va ishlash rejimlari haqidagi ma‘lumotni tahlil qilish asosida bajariladi.

Elektr energiyani ishlab chiqarish va uzatish jarayonining avtomatik boshqaruvi quyidagi **texnik vositalar** yordamida bajariladi:

- energetika tizimi normal ishlash rejimlarini boshqarish avtomatikasi;
- avariyaning oldini olish avtomatikasi.

Energetika tizimi **normal ishlash rejimlarini boshqarish avtomatikasi** quyidagilarni bajarib beradi:

- energoblok (turbina-generator)larni avtomatik ishga tushirish va sinxron generatorlarni parallel ishlashga ulash (sinxronlash);
- elektr stansiya shinalaridagi kuchlanishni va sinxron generatorlarning reaktiv quvvatini berilgan qiymatda avtomatik tarzda ushlab turish;
- energetika tizimi rejimlarini kuchlanish va reaktiv quvvat bo'yicha avtomatik boshqarish;
- sinxron ishlayotgan generatorlarning aylanish tezligini o'zgartirish holatda ushlab turish hamda chastota va quvvatni avtomatik rostlash (ChQAR).

Avariyaning **oldini olish avtomatikasining** vazifasi energetika tizimida katta uzunlikka ega va katta yuklanish bilan ishlayotgan liniyalarda qisqa tutashuvlar bo'lganda hamda ular bilan bog'liq bo'lgan katta quvvatli energoobyektlar o'chishi oqibatida paydo bo'lgan rejimlarda parallel ishlayotgan elektrostansiyalar majmuasining sinxron turg'unligini saqlab qolishdan iboratdir.

Bunday holatlarda aktiv quvvat yetishmovchiligi yoki ortiqchiligi mavjud avariya rejimi paydo bo'lib, u butun energetika tizimiga oid avariya rivojlanib ketib, birlashgan energetika tizimi turg'unligining buzilishiga va uning bo'linishiga, issiqlik stansiyalar to'xtab qolishiga va iste'molchilar elektr ta'minotini katta hududlarda yo'qolishiga olib kelishi mumkin.

**Avariya holati** asosiy turtki bo'lmish qisqa tutashuvdan hamda unga va uning o'chishiga bog'liq bo'lgan quvvatlar balansi buzulishidan boshlanadi va quyidagicha rivojlanib boradi:

- EET ning quvvat yetishmagan qismida kuchlanish va chastota pasayishi;
- EET ning quvvat ortiqcha qismida esa kuchlanish va chastota ko'tarilishi.

Chastotaning pasayib ketishi issiqlik elektr stansiyalarida ehtiyojlar qurilmalari unundorligining pasayishiga va buning oqibatida uning yana ham keskin, qayta tiklab bo'lmaydigan qiymatgacha tushib ketishiga, ya'ni «**chastota ko'chkisiga**» olib kelishi eng xavfli avariya deb hisoblanadi.

Shunga o'xshash, reaktiv quvvat yetishmovchiligidan paydo bo'lgan kuchlanish pasayib ketishi «**kuchlanish ko'chkisiga**» rivojlanib ketishi mumkin.

Avariyaning oldini olish avtomatikasining eng muhim vazifasi avariya olib kelgan turtkini yo'qotishdan iboratdir.

Bu masala releli himoya va avtomatika (RHA) hamda RHAdan o'chirilgan uzgichlarni avtomatik qayta ulash (AQU) qurilmalari yordamida bajariladi.

Ko'pchilik hollarda qisqa tutashuvlar (ayniqsa, havo liniyalaridagi bir fazali qisqa tutashuvlar) o'tkinchi (elektr yoyi orqali) bo'ladi. Muvaffaqiyatli avtomatik qayta ulash jarayonida avariya turtki, odatda, yo'qoladi va energetika tizimi rejimi qayta tiklanadi.

**Turg'un qisqa tutashuvlar** bo'lganda, ularni releli himoyadan qayta o'chirish jarayonida quvvatlar balansining buzilishi takroran paydo bo'ladi va energetika tizimi **sinxron turg'unligining buzilish xavfi** yuzaga keladi.

Bunday holatda butun **tizimga taalluqli avariyaning oldini olish avtomatikasi** ishga tushadi va uning vazifasi:

- statik va dinamik sinxron turg'unlik buzilishining oldini olishdan;

• yoki qisqa asinxron rejimdan so'ng energetika tizimining natijaviy turg'unligini saqlab qolishdan iboratdir.

**Dinamik turg'unlik** buzilishining oldini olish uchun, masalan, bug' turbinalarni qisqa muddatga impulsli yuksizlantirish yoki gidrogeneratorlarni qisqa muddatli elektr tormozlash kabi tadbirlardan foydalaniladi.

Avaryadan keyin paydo bo'lgan rejimlarda **statik turg'unlik** buzilishining oldini olish elektr liniyalarning statik turg'unlik nuqtayi nazaridan o'ta yuklanishini kamaytirishga qaratilgan quyidagi tadbirlar orqali bajariladi:

- tizimning defitsit qismida sinxron kompensator rejimida ishlab turgan gidrogeneratorlarni faol rejimga o'tkazish;

- tizimning ortiq qismida ishlab turgan gidrogeneratorlarning bir qismini o'chirish;

- boshqa tadbirlar.

Shunga o'xshash tadbirlar asinxron holatni tugatish avtomatikasi (AHAT)ga ham xosdir. Qoidaga ko'ra, AHAT tarmoq bo'linishi (TB) bilan ishlaydi va energetika tizimi ikkita asinxron qismga ajraladi:

- Chastotaning tushishi va AChYu ishlashining yetishmasligi. Agar yetishmovchilik juda katta bo'lsa, u holda AChYu samarasiz bo'lishi mumkin. Buning oldini olish uchun qoidaga ko'ra AHAT ishga tushgandan so'ng aniq yuklamaga ega oldindan tanlangan elektr uzatish liniyasini o'chirish uchun yuklamalarni uzishning maxsus avtomatikasi (YuMA) ishga tushadi va bu yetishmovchilikning kamayishini hamda AchYu ni samarali ishlashini ta'minlaydi.

- Chastotaning haddan tashqari ortishi yuqori chastotali generatorlar uchun xavf tug'diradi va uni kamaytirish uchun oldindan tanlangan generatorlarni uzish avtomatikasi (GUA) ishlaydi.

Energetika tizimining dispetcheri chastotalarni tenglashtirish bo'yicha choralar ko'rgandan so'ng, u energetika tizimining bo'lingan qismlarini sinxronlashtirish, ya'ni sinxronlashtirish tekshiruvini bilan AHATdan uzilgan liniyani yoqish buyrug'ini beradi.

Loyiha bo'yicha o'rnatilishi kerak bo'lgan joylarda AHAT siz ishlash taqiqlanadi. Shuning uchun AHAT ni remontga chiqarish yoki uni ishlamay qolish holatlarini bartaraf etish uchun boshqa liniyaning oxiriga komplekt zaxira AHAT o'rnatiladi.

Bu rejimda energetika tizimining har ikkala qismida quvvat balansi buziladi. Energetika tizimining ortiq quvvatli qismida chastota va kuchlanishlar oshib ketadi, defitsit qismida esa pasayadi.

Bunda energetika tizimi parametrlarining ruxsat etilgan qiymatlardan chiqib ketishi oldini olish avtomatikasi (QA) ishga tushadi:

• kuchlanish tushib ketishini (KTChA) yoki ko'tarilib (KKChA) ketishini cheklash avtomatikasi;

• chastota tushib ketishini (ChTChA) yoki ko'tarilib (ChKChA) ketishini cheklash avtomatikasi.

Ushbu avaryaning oldini olish avtomatikasining vazifasi quyidagidan iborat:

• quvvat balanslarining buzilishini to'xtatish;



- balanslarni to'liq tiklashga yordam berish;
- rejim parametrlarini nominal qiymatlarga qaytarish.

Energetika tizimining bo'lingan qismlari orasidagi bog'lanishni tiklash **sinxronizatsiyali avtomatik qayta ulash avtomatikasi (SAQU)** yordamida bajariladi.

Agar energetika tizimidagi asinxron rejimni yo'qotish amalga oshmay qolsa va "chastota ko'chkisi" paydo bo'lganda alohida-alohida stansiyalarni yoki generatorlarni izolyatsiyalangan ishini ozmi-ko'pmi muvozanatli yuklama bilan taqsimlashni amalga oshiruvchi **chastotani taqsimlash avtomatikasi (ChTA)** ishga tushadi. Bu esa to'liq qaytarilgandan so'ng energetika tizimini "no" dan rivojlantirishga yordam beradi.

### Nazorat savollari:

1. Tizim avtomatikasi bo'lmagan energetika tizimining faoliyati nega mushkul?
2. Agar tizim avtomatikasi ishlamasa yoki mavjud bo'lmasa energetika tizimida qanday voqealar sodir bo'lishi mumkin?
3. Texnologik avtomatikaga qanday avtomatikalar kiradi? Ular qayerda ishlatiladi?
4. Stansiyalar avtomatikasiga qanday qurilmalar kiradi? Stansiya avtomatikasi energetika tizimi yoki uning tarkibiy qismlarining turg'unligiga ta'sir qiladimi?
5. Tizim avtomatikasiga qanday qurilmalar kiradi? Ular qanday rejimlarda ishlatiladi?
6. Avtomatik boshqaruv avtomatlashtirilgan boshqaruvdan nima bilan farqlanadi?
7. Normal rejimlarni boshqarish avtomatikasi avariyaning oldini olish avtomatikasidan nima bilan farqlanadi?
8. Normal rejimlarda avtomatikaning qaysi turlari ishlatiladi? Ularning vazifasi nimadan iborat?
9. Statik turg'unlikni kuchaytirish uchun qanday avtomatika ishlatiladi?
10. Statik turg'unlik buzilishining oldini olish uchun qanday avariyaning oldini olish tadbirlaridan qo'llanadi?
11. Turg'unlik buzilganidan so'ng avtomatikaning qanday turlari ishlaydi? Shunda qanday avtomatika tadbirlari ishlatiladi?
12. Tarmoqni bo'lish avtomatikasi nima uchun mo'ljallangan va ushbu avtomatika ishlaganda energetika tizimida nimalar sodir bo'ladi?
13. Liniyalarni avtomatik qayta ulash avtomatikasi turg'unlikga ta'sir qiladimi? Javobingizni dalillar bilan asoslang.
14. Normal rejimlarni tiklash uchun avtomatikaning qanday turlari ishlatiladi?
15. Energetika tizimida kuchlanish pasayib ketishi nima bilan xavfli? Kuchlanish ko'chkisini nima bilan oldini olish mumkin?
16. Energetika tizimida kuchlanish ko'tarilib ketishi nima bilan xavfli? Kuchlanish ko'tarilishini nima bilan oldini olish mumkin?

17. Energetika tizimida chastota pasayib ketishi nima bilan xavfli? Chastota ko'chkisini nima bilan oldini olish mumkin?

18. Energetika tizimida chastota ko'tarilib ketishi nima bilan xavfli? Chastota ko'tarilishini nima bilan oldini olish mumkin?

19. Liniyalarda asinxron holatni avtomatik to'xtatish avtomatikasining (AHAT) asosiy komplektidan tashqari rezerv komplekti mavjud. Bu nima uchun qilingan? Asinxron rejim energetika tizimiga qanday xavf tug'diradi?

20. Energetika tizimida quvvatlar balansi buzilmay turib (generatorlar o'chmasa va sh.k.) asinxron rejim paydo bo'lishi mumkinmi?

## II BOB. GENERATORLARNI AVTOMATIK SINXRONLASH

Generatorni tarmoqqa muvaffaqiyatli ulash uchun yoqish paytidagi tenglashtiruvchi tokning ko'tarilishi ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligi va yoqilgan generator rotorini uzoq muddatli tebranishlarsiz sinxronlash kerak.

Bu shartlarni bajarish uchun generator aylanish chastotasini shunday boshqarish kerakki, u sinxronga yaqin bo'lishini, generator chiqishidagi kuchlanish esa energetika tizimi kuchlanishiga teng yoki yaqin bo'lishini va uzgichni ulash uchun beriladigan buyruq vaqtini aniq tanlashni bajarish kerak.

Aylanish chastotasi va kuchlanishni tenglashtirish hamda generatorni tarmoqqa ulash momentini tanlash jarayoni **sinxronlash** deb ataladi.

Generatorlarni energetika tizimiga parallel ulashning ikkita asosiy usullaridan foydalaniladi:

- 1) aniq sinxronlash;
- 2) o'z-o'zini sinxronlash.

Generator **aniq sinxronlash** usuli bilan ulanganda sinxronga yaqin chastotada ochiladi va qo'zg'atiladi. Keyin sinxronlashtirilayotgan generator va tarmoqning kuchlanish hamda chastotasi avtomatik yoki qo'l yordamida tenglashtiriladi. Shundan so'ng generatorni tarmoqqa ulash uchun buyruq beriladi.

Yoqish paytida tenglashtiruvchi tokning ruxsat etilgan qiymatdan ortib ketmasligi, generatorning tebranishi tez to'xtashi uchun generator va tarmoqning kuchlanish hamda chastotasini juda aniq tenglashtirish hamda uzgichni yoqish uchun aniq vaqtni tanlash muhim ahamiyatga ega.

**O'z-o'zini sinxronlashda** generator sinxronga yaqin chastotada ochiladi va qo'zg'atilmagan holatda ulanadi. Generator uzgichi yoqilishi bilanoq rotor chulg'amiga qo'zg'atish toki beriladi. Keyin rotor toki va EYK ning o'sishi kuzatiladi, keyin generator sinxronizmga o'tadi.

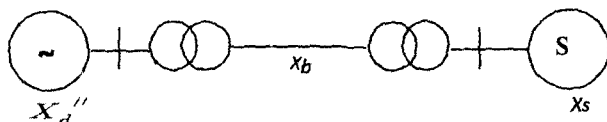
**Aniq sinxronlash shartlari:**

- a) generator va tizim kuchlanishlari tengligi;
- b) ularning chastotalari tengligi;
- d) generator va tizim kuchlanishlari faza bo'yicha bir xilligi;
- e) fazalar ketma-ketligi bir xilligi.

Quyida ushbu shartlar bajarilmasa qanday oqibatlariga olib kelishini ko'rib chiqamiz.

### 2.1 Generatorlarni aniq sinxronlash

Har bir shartning ta'sirini quyidagi sxema misolida alohida ko'rib chiqamiz.



2.1-rasm. Oddiy elektr tizimining sxemasi

Bu yerda:

$X_d''$  – tizimga ulanayotgan generatorming o'ta o'tkinchi qarshiligi;

$X_s$  – tizimning qarshiligi;

$X_b$  – generatorming tizim bilan bog'lanish qarshiligi.

Umumiy holda generatormi tizimga ulayotganda Om qonuniga asosan tenglashtiruvchi tokning o'ta o'tkinchi qiymati quyidagicha topiladi

$$j_{teng}'' = \frac{\dot{U}_t - \dot{U}_g}{X_d'' + X_b + X_s}, \quad (2.1)$$

bu yerda  $U_t$  va  $U_g$  — tizim va generator kuchlanishlari;

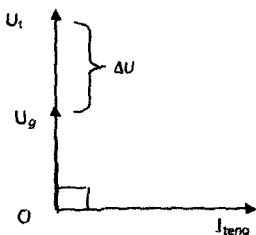
$X_d'' + X_b + X_s$  – tenglashtiruvchi tok oquvchi yo'lining qarshiligi (amalda bu qarshilikni induktiv deb hisoblash mumkin).

a)  $U_t$  va  $U_g$  kuchlanishlari qiymat bo'yicha teng bo'lmaganda, tenglashtiruvchi tok

$$j_{teng} = \frac{\Delta U}{X_{\Sigma}}, \quad (2.2)$$

bu yerda  $\Delta U = U_t - U_g$ ;

$X_{\Sigma}$  - tenglashtiruvchi tok oquvchi yo'lining qarshiligi. Rasmda ko'rsatilgandek  $j_{teng}$  vektori  $\Delta \vec{U}$  vektoridan  $90^\circ$  ga orqadadir (2.2-rasm).



2.2-rasm. Tenglashtiruvchi tok va kuchlanishning vektor diagrammasi

$U_s$  va  $U_g$  kuchlanishlari qiymat bo'yicha teng bo'lnaganda tenglashtiruvchi tokning maksimal qiymati qo'zg'atilmagan generator cheksiz quvvatli tizimga ulanganda bo'ladi.

Bunda  $U_g = 0$ ,  $\Delta U = U_t$ ,  $X_s = X_k = 0$  va  $J_{\text{teng,max}} = \frac{U_t}{-X_d}$ , ya'ni generatorning chiqish

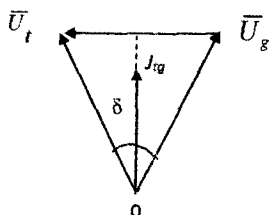
klemmlaridagi qisqa tutashuv tokining o'ta o'tkinchi  $J''$  qiymatidan oshmaydi. Bunday tokga generatorlar mo'ljallangan bo'ladi va uning qisqa muddat davomida oqishi generatorning shikastlanishga olib kelmaydi. Vektor  $\bar{U}_t$  bilan tok  $J_{\text{teng}}$  orasidagi  $\varphi$  burchagi  $90^\circ$  dir, shu sababli generatorning valida aylantiruvchi moment ham nolga teng bo'ladi.

$$M = \frac{U_t * J_{\text{teng}} * \cos \varphi}{\omega} = 0.$$

bu yerda  $\omega$  – agregatning aylanish tezligi.

Aytilgandan shunday xulosa qilish mumkinki, aniq sinxronlash paytida  $\Delta U = |U_t - U_g|$  - ning qiymati nominal kuchlanishning 20 % gacha bo'lishi mumkin.

b) Quyidagi rasmda ko'rsatilgandek  $\bar{U}_t$  va  $\bar{U}_g$  vektorlari faza bo'yicha farqlansa,



2.3-rasm. Kuchlanishlarning vektor diagrammasi

u holda kuchlanishlar farqi quyidagicha:

$$\Delta U = 2U \cdot \sin \frac{\delta}{2}, \quad (2.3)$$

bu yerda  $U = U_s = U_g$ ;  $\delta$  – generator tizimga ulanayotgan vaqtda  $\bar{U}_t$  va  $\bar{U}_g$  vektorlar orasidagi burchak.

Tenglashtiruvchi tokning qiymati:

$$J_{\text{teng}} = \frac{2U}{X_{\Sigma}} \sin \frac{\delta}{2} \quad (2.4)$$

Uning maksimal qiymati  $\delta=180^\circ$  da hamda generator cheksiz quvvatli tizimga ulanganda bo'ladi. Bunda

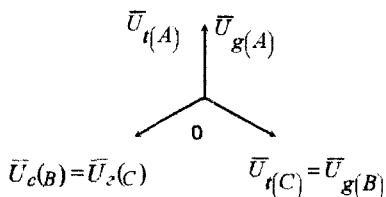
$$J_{\text{teng.max.}} = \frac{2U}{X'_d} \quad (2.5)$$

Bu qiymat  $J''$  qiymatidan ancha kattadir va bunday tokga generatorlar mo'ljallanmagan. Bundan tashqari  $\delta$  burchagi  $0-180^\circ$  oralig'ida bo'lsa, agregatlarning validagi aylantiruvchi moment quyidagicha:

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{U_g \cos \frac{\delta}{2}}{\omega} > 0.$$

Shuning uchun sinxronlash paytida tizim va generator kuchlanish vektorlari ustma-ust tushmasa, generatorga shikast yetishi mumkin va bu shart yetarli darajada aniq bajarilishi shart.

d) Generator va tizim fazalarining ketma-ketligi har xil bo'lsa, unda generator va tizimning nomdosh fazalarida kuchlanishlar vektorlari ustma-ust tusha olmaydi.



2.4-rasm. Kuchlanish vektor diagrammasi

Masalan, yuqoridagi rasmda ko'rsatilgandek, A fazasi kuchlanishlari ustma-ust tushgan taqdirda ham, B fazasi kuchlanishlari orasidagi burchak  $120^\circ$  ni tashkil qiladi (C fazasida ham shunday).

$U_t$  va  $U_g$  kuchlanish vektorlari ustma-ust tushmagandagi holat yuqorida ko'rib chiqilgan edi. O'z-o'zidan tushunarlikki, generator va tizim fazalarining ketma-ketligi bir xil bo'lishi kerak. Bu shart generator montaj qilinayotganda bajarilib, sozlash vaqtida qayta tekshiriladi.

e) Generator va tizimning  $f_k$  va  $f_t$  chastotalari teng bo'lmaganda, tizim agregatlarining va generatorning  $\omega_t$  va  $\omega_g$  aylanish tezliklari ham teng bo'lmaydi. Ularning  $\omega_s = |\omega_t - \omega_g|$  farqi hisobiga hosil bo'ladigan ortiqcha aylanish momenti:

$$M_{ort} = J \frac{\omega_s^2}{2}, \quad (2.6)$$

bu yerda  $J$  – inersiya momenti;  $\omega_s$  – sirpanish burchak chastotasi.

Ortiqcha moment hisobiga generator va tizim kuchlanish vektorlari orasida hosil bo'ladigan burchak quyidagiga teng:

$$\delta = \omega_s t, \quad (2.7)$$

bu yerda  $t$  – generator tizimga ulangandan so'ng o'tgan vaqt.

$\delta$  burchagi paydo bo'lishi  $J_{teng}$  tenglashtiruvchi tokini va agregatlar valida aylantiruvchi momentni paydo qiladi. Ushbu moment quyidagicha:

$$M = \frac{E_q' \cdot J_{teng} \cdot \cos \frac{\delta}{2}}{\omega_g}, \quad (2.8)$$

bu yerda  $E_q'$  – generatorning o'tkinchi elektr yurituvchi kuchi;  $\omega_g$  – generatorning burchak aylanish tezligi.

Bu momentning qiymati generatorning nominal aylanish momentidan 5-6 barobar katta bo'lishi mumkin va unga katta xavf tug'diradi. Shuning uchun generator chastotasi tizimnikidan katta farqlansa, uni tizimga ulash taqiqlanadi.

## 2.2. Generatorlarni o'z-o'zini sinxronlash

Texnik ekspluatatsiya qilish qoidalariga ko'ra, o'z-o'zini sinxronlash usulidan favqulodda vaziyatlarda quvvati 200 MVt gacha bo'lgan turbogeneratorlarda va 500 MVt gacha bo'lgan gidrogeneratorlarda foydalanishga ruxsat beriladi. Katta quvvatli generatorlarni esa o'ta o'tkinchi tok nominalga nisbatan 3 martadan ortib ketmasligi sharti bajarilganda ushbu usulda ulash mumkin.

Normal sharoitlarda generator-transformator sxemasida ishlaydigan bilvosita sovitish chulg'amiga ega turbo va gidrogeneratorlarni (elektr stansiyasi ishlash sharoiti va agregatning holatiga bog'liq ravishda), shuningdek, kuchaytiruvchi motorga ega bo'lgan sinxron kompensatorlarni o'z-o'zini sinxronlash usuli yordamida ulashga ruxsat beriladi.

Shuni ham yodda tutish kerakki, generatorni o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan tarmoqqa ulash jarayoni generator chiqishida kuchlanishning sezilarli darajada

pasayishiga olib keladi, bu esa generatorning shinasiga ulangan iste'molchilarning normal ishlashiga ta'sir ko'rsatadi. Qoldiq kuchlanish qiymatini quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$U_g = U_t \frac{X'_d}{X'_d + Z_{nat}}, \quad (2.9)$$

bu yerda,  $Z_{nat}$  – energetika tizimining generator chiqishiga keltirilgan eng kichik natijaviy qarshiligi;

$X'_d$  – generatorning o'tkinchi qarshiligi.

Sinxron mashinalarni o'z-o'zini sinxronlash usuli yordamida tarmoqqa ulashda quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

- generator qo'zg'atilmagan;
- maydonni so'ndirish avtomati (MSA) o'chirilgan;
- stator chiqishidagi qoldiq kuchlanish  $0,1-0,3U_{nom}$  dan oshmasligi kerak;
- mashinaning sirpanishi ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligi;
- ulash paytida mashinaning tezlanishi ruxsat etilgan qiymatdan oshmasligi (tinchlantiruvchi chulg'amga ega bo'lmagan gidrogeneratorlar uchun  $0,5 \text{ Gs/s}$  va tinchlantiruvchi chulg'amga ega gidrogeneratorlar hamda turbogeneratorlar uchun  $2-5 \text{ Gs/s}$ ).

Agar o'z-o'zini sinxronlash generator chiqishida katta qoldiq kuchlanish bilan sodir bo'lsa, u qo'zg'atilgan generatorni asinxron ulash kabi katta miqdorda zarbaviy tokni hosil qiladi.

Generatorni tarmoqqa katta sirpanish yoki tezlanish bilan ulash holatida o'z-o'zini sinxronlash jarayoni uzoq davom etadi va uzoq tebranishlar bilan birga bo'ladi.

O'z-o'zini sinxronlash usuli bilan tarmoqqa ulangan generator qanchalik qo'zg'atilmagan bo'lsa, tizim faza kuchlanishiga nisbatan tarmoqqa ulash momenti ahamiyatga ega emas.

Maydonni so'ndirish avtomati (MSA) yordamida magnit maydoni o'chirilgan generatorga (rotor chulg'ami qo'zgatgichdan ajratilgan va so'ndirish qarshiligiga ulangan) turbina yordamida sinxron tezlikga yaqin qiymatgacha tezlik beriladi (nominalning  $97\% - 98\%$  ini tashkil qilishi kerak) va u tizimga ulanadi. So'ng maydonni so'ndirish avtomati ajratilib, rotor chulg'amiga salt ishlash qo'zg'atish toki beriladi. Bunda salt ishlash qo'zg'atish toki va nominal tezlik bilan ishlayotgan generatorning kuchlanishi **nominal** qiymatga tengdir.

Shundan so'ng generator o'zi aylanish tezligini oshiradi va sinxronizmga kirib ketadi, ya'ni uning sirpanishi nolgacha kamayadi.

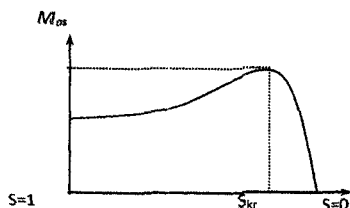


Bu jarayonning fizikaviy mohiyati quyidagidan iborat.

Qo'zg'atilmagan generator tizimga ulangandan so'ng, qo'zg'atish toki berilgunga qadar unga quyidagi aylantiruvchi momentlar ta'sir qiladi:

- $M_T$  turbina momenti;
- $M_{as}$  asinxron moment;
- $M_r$  refaol moment.

Gidroagregatlarda turbinaning yo'naltirish apparati salt ishlash holatiga o'tiriladi, bunda salt ishlash rejimida nominal tezlik bilan aylanayotgan agregatda  $M_T$  turbina momenti ishqalanishga bog'liq qarshilik momenti bilan teng bo'ladi.



2.5-rasm. Asinxron momentning sirpanishga bog'liqlik grafigi

Turboagregatlarda ham bug'ni turbinaga uzatuvchi klapanlar shunga o'xshash holatga o'tiriladi.  $M_{as}$  asinxron momentning kelib chiqishi shundan iboratki, rotori so'ndiruvchi qarshilikka ulangan generatorni tarmoqqa ulaganda, u asinxron motorga aylanadi va tarmoqdan energiya iste'mol qiladi. Bu momentni  $S$  sirpanishga bog'liq ravishda o'zgarishi 2.5-rasmda ko'rsatilgan. Maksimal momentga xos sirpanishning  $S_{kr}$  qiymati zamonaviy generatorlarda 0,05 ga tengdir.

Turbogeneratorlarda maksimal asinxron moment qiymati  $2,5M_{nom}$ , gidrogeneratorlarda esa  $(0,5 \div 1,0)M_{nom}$  gacha yetishi mumkin (bu yerda  $M_{nom}$  – nominal yuklama bilan ishlayotgan agregatning aylantiruvchi momenti).

$M_r$  refaol momentning kelib chiqishi shundan iboratki, statorning aylanuvchan maydoni o'z ortidan generator rotorini ergashtiradi (doira bo'yicha aylanayotgan doimiy magnit temir to'rtburchak shaklidagi plastinani o'z o'qi atrofida aylantirgani kabi). Ayon qutbli gidrogeneratorlarda bu moment sezilarli darajada bo'ladi, noayon qutbli turbogeneratorlarda esa uning qiymati juda ham kichik.

Yuqorida qayd etilgan aylantiruvchi momentlar agregatni sinxron tezlikka juda yaqin holatga olib keladi.

Qo'zg'atish toki berilgandan so'ng uni statorning aylanuvchan maydoni bilan o'zaro ta'siri oqibatida  $M_r$  sinxron momenti paydo bo'ladi

$$M_e = \frac{E_q \cdot U_s}{\omega X_\Sigma} \cdot \sin \delta, \quad (2.10)$$

Bu yerda  $E_q$  – generatorming elektr yurituvchi kuchi;  $U_s$  – tizimning kuchlanishi;  $\omega$  – generatorning burchak aylanish tezligi;  $X_\Sigma$  – generator va tizimning umumiy qarshiligi;  $\delta = \omega_s t$  – generator va tizim kuchlanishlarining vektorlari orasidagi burchak. Bu moment ta'sirida generator tamomila sinxronizmga tortiladi (uning S sirpanishi nolga tenglashadi).

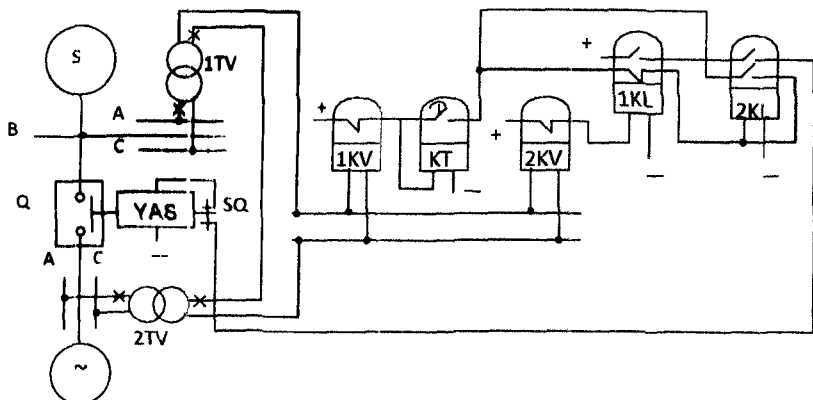
O'z-o'zini sinxronlashning aniq sinxronlashga nisbatan asosiy afzalligi generatorming tizimga tez ulanishidadir. Buning sababi shundan iboratki, generatorming kuchlanishi va chastotasini energotizim kuchlanishi va chastotasiga mos keltirishga, ularning kuchlanish vektorlari faza bo'yicha ustma-ust tushishini kutishga vaqt sarf qilish kerak bo'lmaydi.

Bu afzallik energetika tizimida quvvat defitsiti mavjud avariya holat paydo bo'lganda, ayniqsa, muhim ahamiyatga ega.

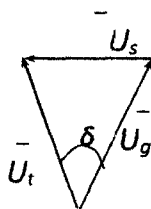
Normal rejimlarda generatormi tizimga o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan sirpanish 5 % dan oshmagan taqdirda ulash mumkin.

Katta quvvat defitsiti mavjud avariya holatlarida esa generatormi o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan ulash sirpanish 20 % gacha bo'lganda ruxsat etiladi.

### 2.3. O'zgarmas o'zish burchakli yarim avtosinxronizator



2.6-rasm. O'zgarmas uzish burchakli yarim avtosinxronizator sxemasi



2.7-rasm. Kuchlanish vektorlari diagrammasi

O'zgarmas o'zish burchakli yarim avtosinxronizator sxemasi ishlatilganda generatorning kuchlanishi va chastotasini energetika tizimi kuchlanishi va chastotasiga mos keltirish dastagi orqali, yuqori mas'uliyatga ega amallar esa (moslash aniqligini nazorat qilish va ulashga impuls yuborish) avtomatik tarzda bajariladi.

Tizim va generatorning nomdosh kuchlanishlariga ulangan 1TV va 2TV kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi cho'lg'amlarining bosh uchlari bilan bir-biriga ulanib, oxirlari esa 1KV va 2KV minimal kuchlanish relolari ta'minot olayotgan shinalarga ulangan.

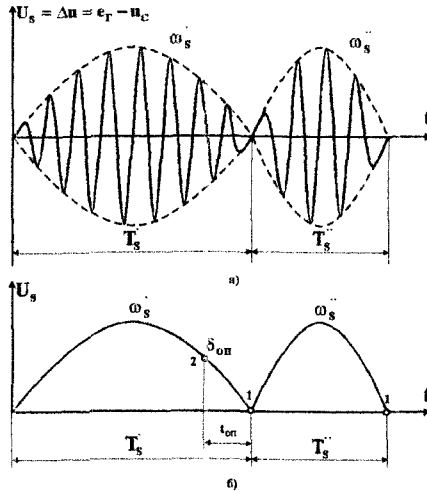
Bu shinalardagi **pulslanish kuchlanishi** deb ataluvchi  $u_p$  kuchlanishi generator va tizim kuchlanishlarining ayirmasiga tengdir:

$$U_p = U_1 \sin \omega_s t - U_g \sin \omega_g t \quad (2.11)$$

Pulslanish kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymati **sirpanish kuchlanishi**  $U_{sr}$  deb ataladi va  $U_i = U_g = U$  bo'lganda quyidagicha topiladi:

$$U_{sr} = 2U_s \sin \delta / 2 \quad (2.12)$$

Bu ifodada tizim va generator kuchlanishlari orasidagi burchak  $\delta = \omega_s t$  deb belgilangan, o'z navbatida sirpanish burchak tezligi  $\omega_s = \omega t - \omega_g$ .



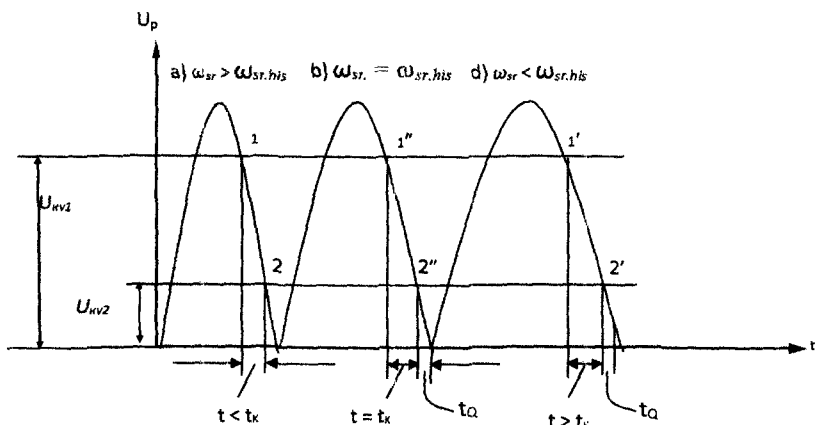
2.8-rasm. Sirpanish kuchlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi

Generator va tizim chastotalar ayirmasi  $\omega_{sr}$  qanchalik katta bo'lsa,  $\delta$  burchagi shunchalik tez o'zgaradi va  $U_p$  pulslanish kuchlanishining o'zgarish davri  $T_p$  ham kichik bo'ladi.

Pulslanish kuchlanishining quyidagicha o'zgarish holatlarini ko'rib chiqaylik:

- a) sirpanish hisobiy qiymatdan katta bo'lganda ( $\omega_{sr} > \omega_{sr,his}$ );
- b) sirpanish hisobiy qiymatga teng bo'lganda ( $\omega_{sr} = \omega_{sr,his}$ );
- d) sirpanish hisobiy qiymatdan kichik bo'lganda ( $\omega_{sr} < \omega_{sr,his}$ ).

**Hisobiy sirpanish**  $\omega_{sr}$  deb, generator va tizim chastotalar ayirmasining shunday eng katta miqdoriga aytiladiki, unda generator asinxron yurishsiz sinxronizmga kirishi ta'minlanadi.



2.9-rasm. Sirpanishning turli qiymatlarida pulslanish kuchlanishining o'zgarishi

Bu rasmda yuqorida qayd etilgan uchala holat tasvirlangan.  $U_{kv1}$  va  $U_{kv2}$  belgilar orqali IKV va 2KV minimal kuchlanish relelarining ishga tushish kuchlanishlari ko'rsatilgan. Q uzgichining ulanishiga signal KL1 va KL2 oraliq relelarining ikkovida ham kontaktlar ulangan taqdirdagina boradi. KL1 rele si KV2 relesining kontaktlari orqali ta'minot oladi, o'z navbatida bu rele  $U_p$  kuchlanishi  $U_{kv2}$  qiymatigacha pasayganda kontaktni ulaydi (2, 2', 2'' nuqtalari).

KV2 rele si ishlagunga qadar kuchlanish  $U_{kv1}$  qiymatigacha pasayganda rele KV1 ishga tushib, KT vaqt relesini ishga tushirib yuboradi. Bu relening ishga tushish  $t_r$  o'rnatmasi  $\omega_{sr,his}$  hisobiy sirpanishga mos bo'lib,  $t_k$  nazorat vaqtiga tengdir.

KT rele si kontaktini ulaganda, KL1 relesining normal ulangan kontakti orqali KL2 rele si ta'minot oladi. Bu zanjir hosil bo'lishi uchun KT rele si kontaktini ochgunga qadar KV2 rele si ishga tushishga ulgurmasligi kerak. Bu esa chastotalar farqi kichik bo'lganda, ya'ni  $\omega_{sr} < \omega_{sr,his}$  sharti bajarilganda ((d)holati) bo'lishi mumkin.

Agar chastotalar farqi katta bo'lsa, ya'ni  $\omega_{sr} > \omega_{sr,his}$ , unda KV2 rele si kontaktini KT rele si kontaktini ulashidan ilgariroq qo'shadi.

Bu holatda KL1 relesining normal qo'shilgan kontaktlari ochilib, KL2 relesining chulg'ami ta'minot ololmaydi va Q uzgichini ulashga signal bormaydi ((a) holati).

Shunday qilib, sinxronizator da KT relesining  $t_k$  o'rnatmasini KV1 va KV2 rele lari ishga tushishi oralig'idagi  $t$  vaqti bilan solishtirib,  $U_g$  va  $U_t$  kuchlanishlari bir-biriga mosligi tekshiriladi.

Sirpanish chastotasi chegaraviy ( $\omega_{sr} = \omega_{sr,his}$ ) qiymatga ega, sinxronlash hali ham bajarilishi mumkin bo'lgan holat 2.9-rasm (b) holatida ko'rsatilgan.

Ushbu holatda ulashga signal kuchlanish nol qiymatidan o'tishidan avvalroq beriladi va shunga mos o'zish vaqti uzgichning ishga tushish  $t_Q$  vaqtiga teng olinadi.

Bu vaqtga mos  $\delta_{o'z}$  burchagi **o'zish burchagi** deb ataladi. Sxema shunday ishlashida tenglashtiruvchi tok paydo bo'lmaydi.

Chastotalar farqi kichik bo'lganda (**(d) holati**) sirpanish kuchlanishining davri yetarlicha kattadir. KV1 relesi ishlagandan so'ng (l'nuqtasi), KV2 relesi ishlagunga qadar KT relesi ishlashga ulguradi ( $t > t_k$ ) va KL1 relesining normal holatda ulangan kontaktlari orqali KL2 relesining chulg'amiga ta'minot beradi. KL2 relesi ishga tushib, o'z-o'zini ushlab turish holatida turadi.

KV2 relesi ishlaganda KL1 relesi ta'minot oladi va ishga tushib, o'zining normal holatda uzilgan kontaktlari yordamida Q uzgichining ulash solenoidiga ta'minot yetkazib beradi. Q uzgichining kontaktlari  $t_Q$  vaqti o'tganidan so'ng ulanadi, bunda  $U_s$  kuchlanishning qiymati hali nolgacha tushmagan bo'ladi.

Ushbu holatga mos keluvchi **xatolik burchagi** quyidagicha:

$$\delta_x = \omega_{sr,his} t_Q \quad (2.13)$$

Ushbu burchakning hisobiga Q uzgichining kontaktlari ulanganda tenglashtiruvchi tok paydo bo'ladi.

Sirpanishning burchak tezligi qanchalik katta bo'lsa, xatolik burchagi  $\delta_x$  hamda shunga mos ravishda tenglashtiruvchi tok ham shunchalik katta bo'lishi mumkin.

Berilgan turdagi uzgich va sinxronlash qurilmalari uchun  $\Delta t_Q$  ning aniq qiymatlarida tenglashtiruvchi tokning zarbaviy qiymati ruxsat etilgan chegaradan oshmasligi uchun sinxronlashtirilayotgan kuchlanish chastotalarining bir-biriga yaqin kelishi sharti bajarilishi kerak:

$$\omega_s \approx 0 \text{ yoki } f_g \approx f_s \quad (2.14)$$

Ko'rib chiqilayotgan sinxronizatorning **afzalligi** -- uni amalga oshirish soddaligidir. Doimiy burchakka ega bo'lgan ushbu va boshqa sinxronizatorlarning asosiy kamchiligi shundaki, ular ishlash prinsipiga binoan generator sirpanishining past tezligida tenglashtiruvchi tokning zarbasi bilan generatorni yoqishga imkon beradi.

Sirpanishning turlicha chastotalarida doimiy o'zish burchagiga ega sinxronizatorlar uchun o'zish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{o'z} = \frac{\delta_{o'z}}{\omega_S}, \quad (2.15)$$

Bu yerda  $\delta_{o'z}$  – doimiy kattalik bo'lib, sirpanish tezligi qanchalik kichik bo'lsa, shunga mos ravishda sinxronizatoridan berilayotgan o'zish vaqti va generatormi tarmoqqa ulashdagi xatolik burchagi shunchalik katta bo'ladi. Shuningdek, uzgichning ulash vaqti o'zgarmas qoladi.

Haqiqatdan ham, agar  $\omega_s$  sirpanish chastotasida bo'lsa (2.9-rasm. (b)), generatormi tarmoqqa ulash optimal aniq vaqtda amalga oshiriladi ( $t_{o'z}=t_Q$  bo'lgan holatda). Agar  $\omega_s$  sirpanish chastotasidan kichik bo'lsa, optimaldan oldinroq ulanadi ( $t_{o'z}>t_Q$ ).

Doimiy o'zish burchagiga ega bo'lgan yarim avtomatik sinxronizator sxemasidagi relening ishga tushish o'ratmasi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi.

KV2 kuchlanish relesining berilgan o'zish burchagidagi ishga tushish kuchlanishi:

$$U_{ish.t.2} = 2U_{nom} \sin \frac{\delta_x}{2} \quad (2.16)$$

Yoki ikkilamchi kuchlanish  $U_{nom}=100V$  bo'lganda:

$$U_{ish.t.2} = 200 \sin \frac{\delta_x}{2}, \quad (2.17)$$

$\delta_x$  – xatolik burchagining maksimal qiymati bo'lib, tokning zarbasi bilan ulanganda ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketmaydi:

$$\delta_x = 2 \arcsin \frac{I_{rux} Z_T}{2U_{nom}}, \quad (2.18)$$

Bu yerda  $I_{rux}$  – ruxsat etilgan tok (periodik tashkil etuvchi)  $I_{nom}$  ga teng deb olinadi.

Bir qancha kichik burchaklarni  $\sin \delta \approx \delta$  deb olish mumkin va hisoblash quyidagi soddalashtirilgan formulaga keladi:

$$\delta_x \approx \frac{I_{rux} Z_T}{U_{nom}} \quad (2.19)$$

Maksimal ruxsat etilgan sirpanish maksimal bo'lishi mumkin bo'lgan ulash burchagi  $\delta_x$  dan oshmaydigan qilib aniqlanadi:

$$\omega_S \leq \frac{2\delta_x}{t_Q} \quad (2.20)$$

Relening ushlab turish vaqti (boshqarish vaqti)  $t_K = 1 \div 1,5$  s qilib tanlanadi.

KV1 kuchlanish relesining ishlab ketish kuchlanishi quyidagi formula orqali topiladi:

$$U_{ish.t.1} = 2U_{no-n} \sin \frac{\omega_S \max(t_Q + t_K)}{2} \quad (2.21)$$

Yoki ikkilamchi kuchlanishi  $U_{nom} = 100$  V bo'lganda:

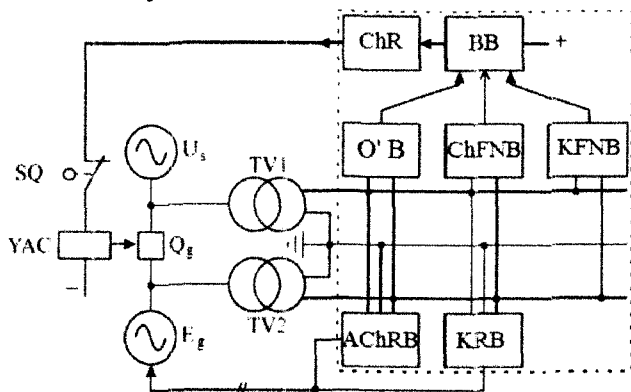
$$U_{ish.t.1} = 200 \sin \frac{\omega_S \max(t_Q + t_K)}{2} \quad (2.22)$$

Ba'zi holatlarda doimiy o'zish burchagiga ega bo'lgan yarim avtomatik sinxronizatorlar operativ xodimning harakatlari to'g'riligini boshqaruvchi bloklovchi qurilma sifatida foydalaniladi.

Buning uchun sinxronizatorning chiqish zanjiri boshqarish kaliti konturi bilan ketma-ket ulanadi. Navbatchi sinxronoskop strelkasini kuzatgan holda sinxronlanayotgan generatorni qo'lda uzgich orqali ulashga buyruq beradi. Sinxronizator esa o'zish burchagi berilgandan kichikroq bo'lganda va ruxsat etilgan sirpanish tezligida uzgichni ulashga ruxsat beradi.

#### 2.4. O'zgaras o'zish vaqtiga ega avtomatik sinxronizator

Quyidagi rasmda tuzilish sxemasi keltirilgan o'zgaras o'zish vaqtiga ega avtomatik sinxronizator (O'O'VAS) aniq sinxronlashdagi barcha jarayonlarni avtomatlashtirishni ta'minlaydi.



2.10-rasm. O'zgaras o'zish vaqtiga ega avtomatik sinxronizator



Avtosinxronizator quyidagi asosiy tugunlarga ega:

O'V (УО) – o'zish bog'lamasi (узел опережения) uzgich ulanishi uchun beriladigan impulsning soniyasini aniqlaydi;

ChFNB (УКРЧ) – chastotalar farqini nazoratlovchi bog'lama (узел контроля разности частот) sirpanish qiymati sinxronlanuvchi generatorni ulash uchun joizligini aniqlaydi;

KFNB (УКРН) – kuchlanishlar farqini nazoratlovchi bog'lama (узел контроля разности напряжений) tarmoqdagi va generatordagi kuchlanishlarni solishtiradi;

AChRB (УРЧВ) – aylanish chastotasini roslash bog'lamasi (узел регулирования частоты вращения) sinxronlanuvchi generator va energotizimning aylanish chastotalarini tenglashtiradi;

KRB (УРН) – kuchlanishni roslash bog'lamasi (узел регулирования напряжения) sinxronlanuvchi generator va energotizimning kuchlanishlarini tenglashtiradi;

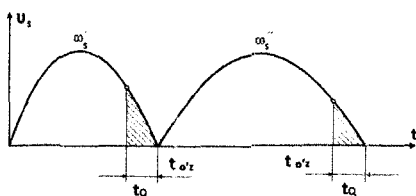
BB (УБ) – bloklash bog'lamasi (узел блокировок) avtosinxronizator sxemasi elementlarini bir-biri bilan munosib harakatda bo'lishini ta'minlab beradi;

ChR (ВР) – chiqish relesi (выходное реле) uzgichning ulash elektromagnitiga signal beradi.

O'zish bog'lamasi uzgich ulanishi uchun beriladigan impulsning soniyasini tanlaydi. Bu impuls sinxronlanuvchi kuchlanishlar farqiga bog'liq bo'lmay, doimiy o'zish vaqti bilan berilishi kerak.

Agar avtosinxronizatorlarda o'zish vaqti uzgichning ulanish vaqti bilan teng o'ratilsa ( $t_{o'z}=t_Q$ ), unda uzgich ulanishi doimo optimal soniyada bo'ladi (agar avtosinxronizator va uzgichda vaqt bo'yicha xatoliklar mavjudligini e'tiborga olmasak).

Quyidagi rasmda o'zgarmas o'zish vaqtiga ega avtosinxronizator turli xil sirpanishlarga mos uzgich ulanishi uchun beriladigan impuls soniyalari ko'rsatilgan.



2.11-rasm. O'O'VAS ning sirpanishlarga mos ravishda impulsiari

O'zgarmas o'zish vaqtiga ega avtosinxronizator bilan o'zgarmas o'zish burchakli avtosinxronizatorni solishtirsak, birinchisi ishlash prinsipi bo'yicha **yuqoriroq aniqlikka** ega, lekin bu qurilmaning **murakkabligi** uning kamchiligi deb hisoblanadi.

## 2.5. Elektr stansiya generatorlarini avtomatik sinxronlashni hisoblash va usullarini tanlash

Avtomatik sinxronlash (AS) usullarini tanlash vaqtida normal sharoitda generatorni tizimga o'zi sinxronlanuvchi usulda ulash mumkinligini tekshirish kerak (ya'ni generator quvvatida keskin yetishmovchilik bo'lganda). Bunday tekshiruv uchun quyidagilarni bajarish lozim:

a) sinxronlovchi generator ulanish shart bo'lgan tizimning ekvivalent almashtirish sxemasini tuzish va sxemaga tegishli bo'lgan barcha elementlarning qarshiligini, kuchlanishini 1-pog'onagan keltirilgan yoki bazis qiymatiga keltirish, NAQU hisobida ko'rsatilganidek. Bunda generatorlarning qarshiligi va EYUK sxemaga o'zining o'tkinchi qiymatlari  $X'_d$  va  $E'_q$  bilan kiritish. Bazis kuchlanish o'miga sinxronlovchi generator nominal kuchlanishini olish maqsadga muvofiq. Hisobda esa solishtirma tizim birligida bazis o'miga shu generatorning nominal quvvatini olish kerak;

b) sxemani 2.12-rasmdagidek soddalashtirish. Bu yerda  $X'_d$  sinxronlovchi generatorning o'tkinchi qarshiligi;  $X'_s$  va  $E'_s$  – tizimning o'tkinchi qarshiligi va EYUK (hisobni osonlashtirish maqsadida  $E'_s$  o'miga tizim kuchlanishi  $U_s$  qabul qilinadi).



2.12-rasm. Elektr tizimining almashtirish sxemasi

d) qo'zg'atilmagan generator ishlab turgan paytdagi tenglashtiruvchi tokning o'tkinchi qiymatini topish (EYuK nolga teng).

$$J'_{Teng} = \frac{U_s}{X'_d + X'_s} \quad (2.23)$$

Quvvat defitsiti bo'lmagan paytda generatorni tizimga o'zi sinxronlanuvchi ulash imkoniyatini tekshirish uchun quyidagi tengsizlik qanoatlanirilishi kerak:

$$J'_{Teng} \leq 3,5 \cdot J_{Nom} \quad (2.24)$$

Bu yerda  $J_{Nom}$  – sinxronlovchi generatorning nominal toki.

Agar tengsizlik bajarilsa, gidrogeneratorlar uchun avtomatik, turbogeneratorlar uchun yarim avtomatik sinxronizatsiya qurilmasi qo'llaniladi. Bu qurilmalarda rele o'ratmasining chastotalar farqi 1,0-1,5 Gs qabul qilinadi.

$J_{Teng} \cdot 3.5 \cdot J_{nom}$  bo'lganda, **elektrotexnologiya** generatorlarini tizim bilan parallel ulash doimiy o'tib ketish burchagiyga ega bo'lgan yarim avtosinxronizatorlar yordamida (turbogeneratorlar uchun) yoki o'tib ketish burchagining doimiy vaqtiga ega bo'lgan avtosinxronizatori bilan ulanadi.

Eslatib o'tish joizki, avtomatikani qo'llashda qo'lda sinxronlash ishlatilmaydi, shuningdek, tizimda quvvat yetishmovchiligi ortib ketganda generatorlarni tizimga o'zidan ishga tushirish umidida ulashga ruxsat beriladi. Qachonki, sirpanish tenglashtiruvchi tok qiymatiga bog'liq bo'lmagan holda 20 % gacha bo'lganida.

Sinxronizatsiyani hisoblash sinxronizatsiya parametrlarini aniqlashdan iborat, ya'ni sirpanishning hisobiy chastotasi ( $\omega_{hch}$ ) va ruxsat etilgan xatolik burchagi ( $\delta_{Rux.Xato}$ ) va sinxronizator o'rnatmasini tanlash.

Ruxsat etilgan xatolik burchagi

$$\delta_{Rux.Xato} = 2 \arcsin \frac{i_{Teng.Rux} (X_d'' + X_{ST} + X_S)}{3.6 \cdot \sqrt{2} \cdot E_q''}, \quad (2.25)$$

Bu yerda:  $i_{Teng.Xato}$  – tenglashtiruvchi tok turtkisining ruxsat etilgan qiymati;

$X_d''$  va  $E_q''$  – o'ta o'tkinchi qarshilik va EYUK generator uchun;

$X_S$  – tizim qarshiligi;

$X_{ST}$  – tizim bilan bog'langan generator qarshiligi.

Sirpanishning hisobiy chastotasi taxminan quyidagilardan aniqlanadi: doimiy o'zish burchakli sinxronizator uchun

$$\omega = \frac{\delta_{Rux.Xato}}{t_{UV}}, \quad (2.26)$$

Bu yerda  $t_{UV}$  – generator (yoki blok) zanjiridagi uzgichni ulash vaqti; doimiy o'zish vaqtilik sinxronizator uchun:

$$\omega_s = \frac{\delta_{Rux.Xato}}{\Delta t_{UV} + \Delta t_s}, \quad (2.27)$$

Bu yerda  $\Delta t_{UV}$  – uzgichni ulash vaqtidagi tanlash;

$\Delta t_s$  – avtosinxronizator operejeniyasi relesining xatoligi.

Keyin sirpanishning hisobiy chastotani hisoblangan qiymatini tekshirish amalga oshiriladi.

$$\cos \delta_{\text{cheg}} = \cos \delta_{\text{cheg.xato}} - 157 \cdot T_j \cdot \left( \frac{\omega_{\text{SR}}}{\omega_N} \right)^2 \cdot (X'_d + X'_{Sj^*} + X_{S^*}), \quad (2.28)$$

Bu yerda  $\delta_{\text{cheg}}$  – generatorning tizimga ulangandan keyingi rotorining chegaraviy qochish burchagi;

$\delta_{\text{Cheg.xato}}$  – ruxsat etilgan burchak xatoligi;

$T_j$  – sinxronizatsiyalovchi agregatning inersiya doimiysi;

$\omega_{\text{SP}}$  – sirpanishning hisobiy chastotasi;

$\omega_N$  – nominal chastota;

$X'_d, X'_{Sj^*}, X_{S^*}$  – tizimning, generatorning va uning tizim bilan bog'lanish qarshiligini keltirilgan qiymatdagi o'ta-o'tkinchi qarshiligi (generatorning nominal parametrlari qiymatiga keltirilgan).

Agar hisoblashda  $\cos \delta_{\text{cheg}} < -1$  bo'lsa, unda  $\omega_{\text{SR}}$  ning qiymati  $\cos \delta_{\text{cheg}} \geq -1$  tengsizlik qanoatlantirilguncha kamaytirish kerak.

Sinxronizatsiyaning ma'lum qiymatlarida operejening doimiy burchagi sinxronizator o'ratmasi quyidagicha topiladi:

Vaqt relesi o'ratmasi ( $t_K$ ) ni  $t_K = 0,3 - 0,5s$  deb qabul qilinadi.

Minimal kuchlanish relesi o'ratmasi:

$$U_{Or2} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{\text{SR}} \cdot t_{UV}}{2}, \quad (2.29)$$

Bu yerda:  $U_N$  - kuchlanish transformatorining ikkilamchi nominal kuchlanishi:

$$U_{Or1} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{\text{SR}} \cdot (t_K \cdot t_{UV})}{2}. \quad (2.30)$$

Doimiy o'zish vaqtliga ega sinxronizator qayidagicha qabul qilinadi:

- o'zish vaqti  $t_{ii} = t_{UV}$ ;
- chastotalar farqini boshqaruvchi rele o'ratmasi

$$U_{CPKv} = 2U_H \sin \frac{\omega_{\text{SP}} \cdot t_{BB}}{2}, \quad (2.31)$$

- kuchlanishlar farqini boshqaruvchi rele o'ratmasi  $U_{Or.RR} = (0,1 - 0,15)$ ;
- qaytish kuchlanish relesi «chastota qo'shadi» va rele «chastota kamaytiradi»

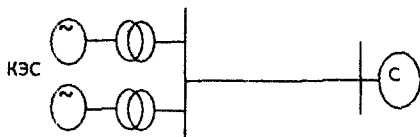
$$U_{CH.K.K.} = U_{CH.K.K.} = (0,05 - 0,1) \cdot U_N \quad (2.32)$$

- kontur vaqt relesining o'zgarishi (sirpanish kuchlanishining bir davriga mos keluvchi chastota o'zgarishining impuls davomiyligi)  $t_{imp} = 0,2 - 0,3s$ .

### Sinxronlashni hisoblashga oid misol:

KES generatorining o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan ulash imkoniyatini tekshirish. KES cheksiz quvvatli tizim bilan bog'langan ( $S_s = \infty$ ). EUL kuchlanishi  $U_L = 110kV$  va uzunligi  $l = 100km$ . Elektrostansiyada ikkita blok TVF-60-2 generatori va TDS-80 tipidagi transformatoriga ega. EULda VMK-110 uzgichlari o'rnatilgan (2.13-rasmda prinsipial sxema ko'rsatilgan).

Shu KES generatorlarini parallel ishlashga ulash uchun doimiy o'zish burchakli yarim avtosinxronizator o'rnatilganini tanlash.



2.13-rasm. Elektr tizimining prinsipial sxemasi

### Yechish:

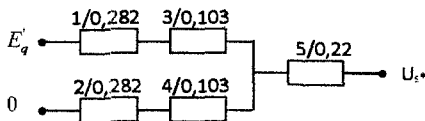
Generator parametrlari: quvvat  $S_{Nom} = 75$  MVA; kuchlanishi  $10,5kV$ ; quvvat koeffitsiyenti  $\cos\varphi = 0,8$ ; o'ta-o'tkinchi qarshilik  $X'_d = 0,195$ ; o'tkinchi qarshilik  $X_d = 0,282$ ; inersiya doimiysi  $T_j = 15s$ .

Transformator parametrlari: quvvati  $S_{Nom} = 80$  MVA; qisqa tutashuv kuchlanishi  $e = 11\%$ ;

VMK-110ning xususiy ulash vaqti  $t_{UL} = 0,18s$

Hisobni keltirilgan qiymatlar tizimida olib boramiz. Bunda har bir manbalar EYUKlar o'zaro teng. Bazis qiymatlar:  $U_B = 10,5kV$ ;  $S_B = S_{Nom,gen} = 75MVA$ . Bunda  $I_B = I_{Nom} = 188A$ .

Generatorlarning o'tkinchi qarshiliklarini kiritib, ekvivalent almashtirish sxemasini tuzamiz (2.14-rasm). Buning uchun barcha elementlar qarshiliklarini bazis qiymatga keltiramiz.



2.14-rasm. Elektr tizimining almashtirish sxemasi

Generator qarshiligi –

$$X_1 = X_2 = X_d'' \frac{S_B}{S_{Nom}} = 0,282 \frac{75}{75} = 0,282.$$

Transformator qarshiligi –

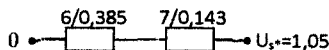
$$X_3 = X_4 = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{Nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{75}{80} = 0,103.$$

Elektr uzatish liniyalari qarshiligi –

$$X_5 = X_{so'l} \cdot l \cdot \frac{S_B}{U_{Dr}^2} = 0,4 \cdot 100 \cdot \frac{75}{115^2} = 0,227.$$

Tizimning nisbiy kuchlanishini 1,05 deb qabul qilamiz.

Sxemani soddalashtirib, 2. 15-rasm ko'rinishiga keltiramiz. Bu yerda:



2.15-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$X_6 = X_2 + X_4 = 0,282 + 0,103 = 0,385;$$

$$X_7 = \frac{(X_1 + X_3) \cdot X_5}{X_1 + X_3 + X_5} = \frac{(0,282 + 0,103) \cdot 0,227}{0,282 + 0,103 + 0,227} = 0,143.$$

Generatorning o'tkinchi tenglashtiruvchi tokining nisbiy qiymati:

$$J_{toig}'' = \frac{U_{S''}}{X_{\Sigma}} = \frac{1,05}{0,385 + 0,143} = 1,99 < J_{Doip} = 3,5.$$

Ketma-ket KES generatorini tizim bilan parallel ishlash uchun ulash mumkin, o'z-o'zini sinxronlash usuli bilan.

5.2-rasmda generator qarshiligi  $x_1$  va  $x_2$  larni o'ta-o'tkinchi qarshilik  $X_d'' = 0,195$  ga almashtiramiz va

$$X_7 = \frac{(X_1 + X_3) \cdot X_5}{X_1 + X_3 + X_5} = \frac{(0,195 + 0,103) \cdot 0,227}{0,195 + 0,103 + 0,227} = 0,129.$$

Generator o'ta-o'tkinchi EYUKning nisbiy qiymati:

$$E_q'' = (1 + X_d'' \sin \varphi_N) \cdot U_{N\text{nom}} = (1 + 0,195 \cdot 0,6) \cdot 1 = 1,12.$$

Tenglashtiruvchi tok turtkisi o'rniga generator nominal tokining amplitudasi olinadi (nisbiy qiymati  $i_{\text{dop}} = \sqrt{2}$ ), ruxsat etilgan burchak xatolik qiymatini topamiz.

$$\delta_{\text{cheg.rux}} = 2 \arcsin \frac{i_{\text{dop}} \cdot (X_d'' + X_{S1''} + X_{S2''})}{3,6 \cdot \sqrt{2} \cdot E_q''} = 2 \arcsin \frac{\sqrt{2} \cdot (0,195 + 0,103 + 0,129)}{3,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,12} = 12^\circ.$$

Sirpanishning hisobiy chastotasi:

$$\omega_{SR} = \frac{\delta_{\text{cheg.rux}}}{t_{UV}} = \frac{12}{0,8} = 66,7^\circ / \text{s}.$$

$\omega_{SR}$  ning olingan qiymatini ruxsat etilganligini tekshiramiz.

Buning uchun generator rotorining chegaraviy yugurishining kosinusini topamiz.

$$\begin{aligned} \cos \delta_{\text{cheg}} &= \cos \delta_{\text{cheg.xato}} - 157 \cdot T_j \cdot \left( \frac{\omega_{SR}}{\omega_N} \right)^2 \cdot (X_d'' + X_{S1''} + X_{S2''}) = \\ &= \cos 12^\circ - 157 \cdot 15 \cdot \left( \frac{66,7}{18000} \right)^2 \cdot (0,282 + 0,103 + 0,143) = 0,976 \end{aligned}$$

$$(\omega_N = 360 \cdot f_{\text{nom}} = 360 \cdot 50 = 18000^\circ / \text{s})$$

Demak,  $\cos \delta_{\text{cheg}} = 0,976 > -1$ , oldin topilgan  $\omega_{SR}$  qiymatida KES blokini tizimga asinxron kirishni ulashni ta'minlab beradi.

Sinxronizator vaqt relesi o'ratmasini  $t_K = 0,5 \text{ s}$  qabul qilib, relening ishlash kuchlanishini topamiz.

$$U_{o'v2} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot t_{UV}}{2} = 2 \cdot 100 \cdot \sin \frac{66,7 \cdot 0,18}{2} = 21 \text{ V}.$$

$$U_{o'v1} = 2 \cdot U_N \cdot \sin \frac{\omega_{SR} \cdot (t_K \cdot t_{UV})}{2} = 2 \cdot 100 \cdot \sin \frac{66,7 \cdot (0,5 \cdot 0,18)}{2} = 77 \text{ V}.$$

### Nazorat savollari:

1. Generatorni sinxronlash nima? Sinxronlash shartlari.
2. Sinxronlash jarayonida  $U_t$  va  $U_g$  ning qiymat jihatdan teng bo'lmisligi nimalarga olib keladi?
3. Sinxronlash jarayonida  $U_t$  va  $U_g$  ning faza jihatdan mos kelmasligi nimalarga olib keladi?
4. Sinxronlashtirilayotgan generator va tizimning chastotasi mos kelmasligi qanchalik xavfli?
5. Sinxronlashning qanday usullari mavjud?
6. Generatorlarni o'z-o'zini sinxronlash usuli.
7. O'z-o'zini sinxronlashda nima uchun MAS o'chirilgan holatda generator ulanadi?
8. O'z-o'zini sinxronlashda generatorni kechikishiga nima sababchi bo'ladi?

9. Yarim avtomatik sinxronizator tarkibiga qanday asosiy elementlar kiradi?
10. Pulslanish kuchlanishi deb nimaga aytiladi? Agar generator kuchlanishi tarmoq kuchlashidan farqlansa, pulslanish kuchlanishining ko'rinishi qanday o'zgaradi?
11. Sirpanish kuchlanishi deb nimaga aytiladi?
12. Sinxronizatorida sirpanish burchak tezligi qanday nazorat qilinadi?
13. Sinxronizatorida generator va tarmoq kuchlanishlarining farqi qanday nazorat qilinadi?
14. Kuchlanishlar farqli bo'lganda yarim avtomatik sinxronizator generatorni tizimga ulashga qanday yo'l qo'ymaydi?
15. Chastotalar farqli bo'lganda yarim avtomatik sinxronizator generatorni tizimga ulashga qanday yo'l qo'ymaydi?
16. Nega yarim avtomatik sinxronizatorning nomida "o'zgarmas o'zish burchakli" iborasi mavjud?
17. Nega avtomatik sinxronizator nomida esa "o'zgarmas o'zish vaqtilik" iborasi mavjud?
18. Yarim avtomatik sinxronizator bilan avtomatik sinxronizatorning prinsip jihatidan farqlari nimadan iborat?
19. Avtomatik sinxronizator tarkibidagi asosiy qismlar.
20. Generatorni tizim bilan sinxronlash paytida tenglashtiruvchi tok paydo bo'lishi qanday xavf tug'diradi?
21. Yarim avtomatik sinxronizator sxemasida xato burchagi mavjudligi nimaga olib keladi?



### III BOB. AVTOMATIK QAYTA ULASH

Havo elektr uzatish liniyalaridagi (EUL.) qisqa tutashuvlarning (QT) asosiy qismi izolyatsiyaning yemirilishi, simlarning o'ralib qolishi va boshqa sabablar tufayli kelib chiqadi. Bunday shikastlanishlarni rele himoyasi yetarli darajada tez o'chiradi va shikastlanish o'z-o'zini yo'qotadi. Bunday o'z-o'zini yo'q qiluvchi shikastlanishlar **noturg'un deb nomlanishi** qabul qilingan.

Statik tadqiqotlar natijasiga ko'ra, noturg'un shikastlanishlar ulushi 50-90 % ni tashkil etadi.

Odatda, avariyalarni bartaraf etishda operativ xodim liniyani kuchlanish ostida qayta ulash orqali sinovdan o'tkazadi. Bu jarayon **qayta ulash** deb nomlanadi.

Noturg'un shikastlanish sodir bo'lgan liniya qayta ulash jarayonida ish rejimida qoladi. Shuning uchun noturg'un shikastlanishlardagi qayta ulash **muvaffaqiyatli** hisoblanadi.

Turg'un shikastlanish sodir bo'lgan liniyalarni qayta ulashda yana QT sodir bo'ladi va himoyani qayta o'chiradi. Shuning uchun turg'un shikastlanishdagi liniyalarni qayta ulash **muvaffaqiyatsiz** deb nomlanadi.

Liniyalarni qayta ulash tezligini oshirish hamda iste'molchilarni elektr ta'minotidan uzilish vaqtini kamaytirish uchun avtomatik qayta ulash (AQU) maxsus qurilmasidan foydalaniladi.

Elektr uskunalarning tuzilish qoidalari (EUTQ)ga asosan, AQU barcha havo EUL larida va ba'zi hollarda esa kuchlanishi 1kV dan yuqori bo'lgan aralash liniyalarda o'rnatilishi shart.

AQU ning muvaffaqiyati 50-90 %ni tashkil etadi. AQU rele himoyasining noto'g'ri harakatlari holatida ham normal sxemani tiklaydi.

Noturg'un QT podstansiya shinalarida ham tez-tez uchrab turadi. Shuning uchun podstansiyalar tez ta'sir etuvchi himoyalar bilan jihozlangan bo'ladi hamda AQU ham qo'llaniladi.

Quvvati 1000 kVA va undan yuqori bo'lgan yakka ishlaydigan hamda mas'uliyatli yuklamani ta'minlaydigan kichik quvvatli transformatorlar ham AQU qurilmasi bilan ta'minlanadi. Transformatorlar **maksimal tok himoyasi** orqali o'chirilgandagina transformator AQU si harakatlanishi kerak. Transformatorning o'zi shikastlanganda, ichki shikastlanishdan himoya o'chirganda uni qayta ulash amalga oshirilmaydi. Shina va transformatorlardagi AQU ning muvaffaqiyati 70-90 %ni tashkil etadi.

Kuchlanishi 6-10 kV bo'lgan kabel liniyalarida ham AQU ishlatiladi. Kabellarning shikastlanishi qoidaga ko'ra turg'un bo'lishiga qaramasdan, AQU larning muvaffaqiyati 40-60 % ni tashkil etadi. Buning sababi shundaki, AQU shinalardagi noturg'un shikastlanishlarda, o'ta yuklanish natijasida kabel liniyalari o'chganda va himoyaning yolg'on hamda tanlanmagan harakatlarida iste'molchilar ta'minotini qayta tiklaydi.

AQU ni qo'llash RH si sxemasini soddalashishiga va tarmoqlardagi QT ni tezroq o'chishiga imkon beradi, bu esa ushbu turdagi avtomatlashtirishning ijobiy sifati hisoblanadi.

AQU qurilmalariga quyidagi **asosiy talablar** qo'yiladi:

- a) iloji boricha tez ishlash;
- b) uzgich operativ xodim tomonidan masofali boshqarish orqali o'chirilganda yoki liniya qisqa tutashuvda ulanganda u himoya orqali o'chirilganda avtomatik bo'lmasligi kerak;
- d) sxema dastlabki holatiga avtomatik tarzda qaytishi kerak;
- e) sxemada nosozliklar bo'lganda ko'p martalik ulashlardan blokirovka bo'lishi shart.

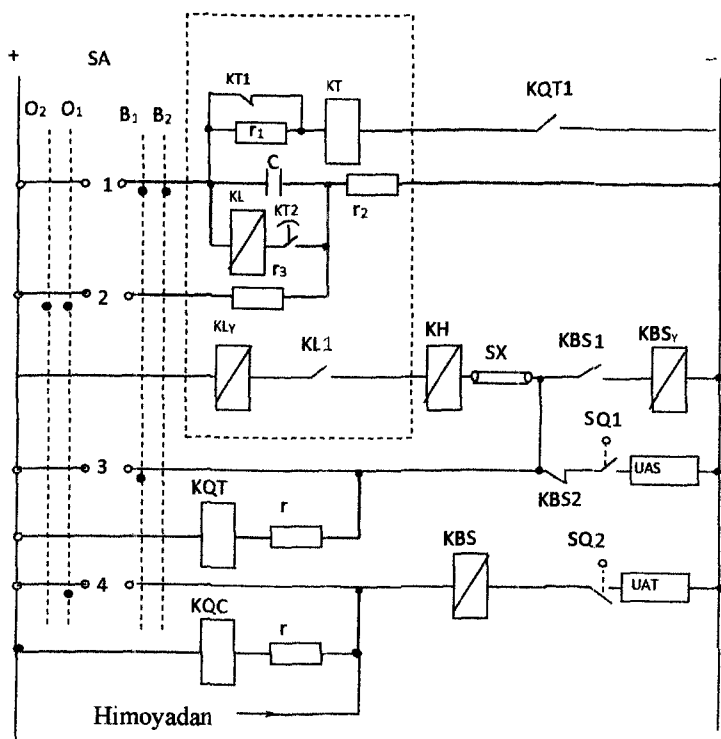
AQU quyidagi holatlarda **ishga tushishi** mumkin:

- boshqarish kaliti bilan uzgich holatlari bir-biriga mos bo'lmaganda (boshqarish kaliti «ulangan» holatida, uzgich esa himoyadan o'chirilgan);
- bevosita himoyadan.

Bulardan birinchisi afzalroqdir. Buning sababi shundaki, birinchi holatda operativ o'chirishlardan istisno tariqasida AQU barcha avariyaaviy o'chishlarda bajariladi, ikkinchi holatda esa faqat releli himoya ishlaganda bajariladi.

### 3.1. Moyli uzgichlar uchun bir karrali AQU qurilmasining sxemasi

Quyidagi sxemada RPV-58 komplet qurilmasidan foydalanilgan.



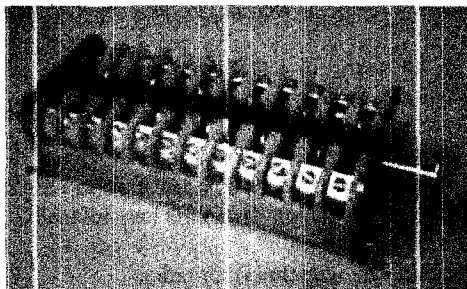
3.1-rasm. AQU ning sxemasi

SQ1 va SQ2 uzgich blok-kontaktlarining holati uzgichning ulangan holatiga mosdir.

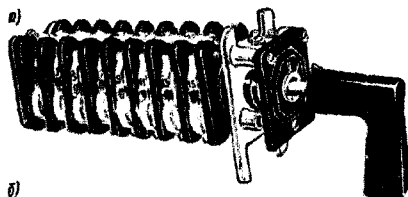
Solenoiddan oldingi SQ1 ulanganda YAC – o‘chiq, solenoiddan oldingi SQ2 uzilganda YAT – ulangan holatda.

Sxemada KSVF yoki KFV turidagi SA boshqarish kaliti (3.2-rasm) ishlatilgan. Bu kalitda quyidagi holatdagi kontaktlar mavjud:

- “ulash” (B1) va “uzish” (O1) kontaktlari;
- “ulangan” (B2) va “uzilgan” (O2) muayyan holatida qayd etilgan kontaktlar (3.3-rasm).



3.2-rasm. Boshqarish kalitining ko‘rinishi



b)

Jarayon	Kalit holati	1		2		3		4	
		1/2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16
Ulash	$\overrightarrow{D}_{45}^{\circ}$	+	+	-	-	+	+	-	-
Ulangan	$\overrightarrow{D}_{27}^{\circ}$	+	+	-	+	-	-	-	-
Uzish	$\overrightarrow{S}_{55}^{\circ}$	-	-	+	-	-	-	+	+
Uzilgan	$\overrightarrow{Q}_{44}^{\circ}$	-	-	+	+	-	-	-	-

+Kontaktlar yopilgan

- Kontaktlar ochiq

3.3-rasm. Boshqarish kalitining kontaktlari

SA kaliti “ulangan” holatida bo‘lib, uzgich ulangan bo‘lsa, sxemada quyidagi zanjir hosil bo‘ladi:

- plyus;
- “ulangan” holatini ko‘rsatuvchi KQC relesining chulg‘ami;
- r qarshiligi;
- ko‘p martalik ulanishlarning oldini oluvchi (blokirovka etuvchi) KBS relesining ish chulg‘ami;
- SQ2 uzgichining blok-kontaktlari;
- uzgichning o‘chirish chulg‘ami YAT.

Bu zanjir orqali oquvchi tokning qiymati r qarshiligi bilan chegaralangan bo‘lib, “ulangan” holatini ko‘rsatuvchi KQC relesi ishga tushishi uchun yetarlidir, lekin blokirovka etuvchi KBS relesi ishga tushishi uchun va uzgichning o‘chirish

chulgʻami YATda uzgich ulanishi uchun, kerakli magnit maydonini hosil qilish uchun yetarli emasdir.

“Ulangan” holatini koʻrsatuvchi KQC relesi keyinchalik ishlatiluvchi “uzilgan” amali zanjirining butunligini nazorat qiladi (uzgich holatini koʻrsatuvchi signallash zanjirlari rasmda koʻrsatilmagan).

$r_2$  qarshiligi orqali C kondensatorini zaryadlash zanjiri ham ulangan. Ushbu qarshilik qiymati shunday tanlanganki, C kondensatori akkumulyator batareyasining kuchlanishi qiymatigacha 20-25 soniya davomida zaryadlanadi.

#### **Himoya ishlaganda:**

- YAT oʻchirish chulgʻami uzgichni oʻchiradi;
- uzgich blok-kontaktlari SQ2 uziladi, SQ1 esa ulanadi;
- KQCning taʼminoti yoʻqoladi va “uzilgan” holatini koʻrsatuvchi KQT relesi taʼminot oladi. Bu rele ulash zanjirlari butunligini nazorat qiladi va KQT1 kontaktlari orqali RPV-58 komplekt relesidagi termik nuqtayi nazaridan chidamli EV-133 rusumidagi vaqt relesining taʼminot zanjirini ulaydi.

- elektr yoyi oraligʻi deionizatsiya boʻlishi uchun va uzgichni qayta ulanishiga talab etiladigan  $0,3 \pm 0,5$  soniya vaqti oʻtgach, KT relesi oʻzining KT2 kontaktlari orqali kondensatorning razryadlash zanjirini qayta ulash KL oraliq relesining ishchi chulgʻamiga ulaydi.

- KL relesi ishga tushib, KL1 kontaktlari bilan oʻzini-oʻzi ushlab turuvchi KLY chulgʻami zanjirini yopadi va KH koʻrsatkich relesi, SX nakladkasi, KBS2 blokrovka relesining ulangan kontaktlari va SQ1 uzgichining blok-kontaktlari orqali uzgichning UAS ulash chulgʻamini ulaydi. Uzgich qayta ulanadi.

- agar qisqa tutashuv yoʻqolgan boʻlsa (muvaqqiyatli AQU), sxema dastlabgi holatiga qaytadi va C kondensatori yana zaryadlanib boshlaydi. Zaryadlanish vaqti oʻtgach, AQU uskunasi yana ishlashga tayyor boʻladi.

- agar qisqa tutashuv yoʻqolmagan boʻlsa (muvaqqiyatsiz AQU), unda releli himoya liniyani yana oʻchiradi. Himoya ishlash vaqtida kondensator C zaryadlanishga ulgurmagani sababli ikkinchi marotaba AQU qayta boʻlmaydi.

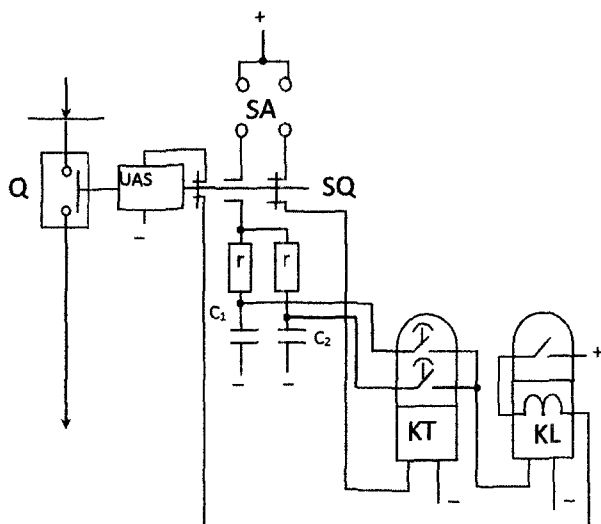
- agar oʻchirilgan uzgich masofadan ulansa, u yana himoyadan oʻchiriladi va bu holatda ham AQU boʻlmaydi, chunki kondensator zaryad olishga ulgurmagan boʻladi.

- uzgich masofali boshqarish yordamida oʻchirilsa, unda SA boshqarish kalitining 2-kontakti orqali kondensator kichik  $r_3$  qarshiligiga razryadlanadi. RPV-58 relesining KT2 kontaktlari qoʻshilgunga qadar kondensator razryadlanishga ulguradi. Shuning uchun qayta ulanish boʻlmaydi.

### **3.2. Liniyalarning ikki karralik AQUsi**

Statistika maʼlumotlariga qaraganda, AQUning birinchi siklida muvaqqiyatsiz boʻlgan qayta ulashlarning 15 % iga yaqini taxminan 15-20 soniyali vaqt saqlamasidan soʻng boshlanuvchi ikkinchi sikl davomida muvaqqiyatli boʻladi.

Shuning uchun elektr qurilmalarning tuzilish qoidalari ikki karrali AQUni (3.4-rasm) bir tomonlama ta'minlanuvchi 110 kV liniyalarda o'rnatishni talab qilib, zaxira ta'minotiga ega bo'lmagan 35 kV va undan past kuchlanishli bir tomonlama ta'minlanuvchi liniyalarda esa tavsiya qiladi.



3.4-rasm. Ikki karrali AQU sxemasi

Uzgich Q ning SA boshqarish kaliti "ulangan" holatida bo'lganda uning kontaktlari qo'shilgan. Uzgich masofali o'chirilganda esa ushbu kontaktlar ajraydi.

Uzgich Q ulangan bo'lganda uning rasmda ko'rsatilgan SQ blok-kontaktlarining o'rtadagisi ajratilgan, chetdagilari esa qo'shilgan holatda bo'ladi. "r" qarshiliklari orqali C<sub>1</sub> va C<sub>2</sub> kondensatorlarining zaryadlanish zanjirlari ulangan bo'lib, ularning zaryadlanish vaqti  $t_{zary} \approx 100$  soniyani tashkil etadi.

Uzgich Q himoyadan o'chganda kondensatorlarga zaryad yetkazib turgan uning o'rtadagi blok-kontaktlari ajraydi va qolgan ikkita blok-kontaktlar juftliklari esa ulanadi. KT vaqt rele si ta'minot ola boshlaydi. 0,5-0,7 soniyadan so'ng uning sirpanib o'tuvchi kontaktlari ulanadi va ular orqali KL oraliq relesining ishchi chulg'amiga C<sub>1</sub> kondensatorining razryadlanish toki oqa boshlaydi. Ishga tushgach, u o'z kontaktlari va ushlab qoluvchi chulg'ami orqali Q uzgichning UAS ulash chulg'amiga zanjimi ulaydi. AQU muvaffaqiyatli bo'lsa, sxema dastlabki holatiga qaytadi va C<sub>1</sub> kondensatori yana zaryad olishni boshlaydi.

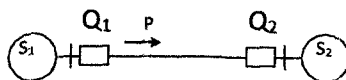
Agar birinchi sikldan so'ng qisqa tutashuv yo'qolmasa, himoya uzgichni qayta o'chiradi va KT vaqt relesi yana ta'minot olna boshlaydi va ishga tushadi. Lekin uning sirpanib o'tuvchi kontaktlari ulanganda KL oraliq relesi ta'minot olmaydi, chunki kondensator  $C_1$  zaryadini yo'qotgan bo'ladi. Uzgich qayta o'chganidan so'ng 15-20 soniya o'tgach, KT relesining tirqak kontaktlari qo'shiladi. Ular orqali  $C_2$  kondensatori KL relesining chulyaniga razryadlanishni boshlaydi va u Q uzgichini ulashga impuls yuboradi. Agar qisqa tutashuv AQUning ikkinchi siklidan so'ng ham yo'qolmagan bo'lsa, unda himoya liniyani uchinchi marta o'chiradi. Ikkala kondensator razryadlangan bo'lgani tufayli boshqa qayta ulanish bo'lmaydi.

Uzgich SA boshqarish kaliti yordamida masofali o'chirilganda, operativ tokning plyusi sxemadan ajratiladi va AQU qurilmasi ish holatidan chiqariladi.

### 3.3. Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarning AQUsi

Dastlab ikki tomonlama ta'minotli yakka liniyaning AQUsini ko'rib chiqamiz (3.5-rasm).

Ushbu liniya orqali  $S_1$  tizimdan  $S_2$  tizimiga P quvvati beriladi deb faraz qilaylik.



3.5-rasm. Elektr tizimining sxemasi

Liniyada qisqa tutashuv bo'lib, u releli himoyadan o'chganda  $S_1$  tizimining yuklamasi tushib ketib,  $S_2$  tizim yuklamasi ortib ketadi.  $S_1$  tizimining agregatlari tezlashib,  $S_2$  tizimi agregatlari tormozlashadi. Bu tizimlar agregatlarining sinxron ishi buziladi.

Shuning uchun liniya ikkala tomondan qayta ulansa,  $S_1$  tizimi bilan  $S_2$  tizimi kuchlanish vektorlari orasidagi burchak  $180^\circ$  ga yaqin bo'lib, tenglashtiruvchi tokning qiymati ushbu tizimlarning generator va transformatorlari uchun ruxsat etilgan qiymatdan ortiq bo'lishi mumkin.

Shunday ekan, umumiy holda liniyaning  $Q_1$  va  $Q_2$  uzgichlarini bir tomonlama liniyalar kabi qayta ulash mumkin emas.

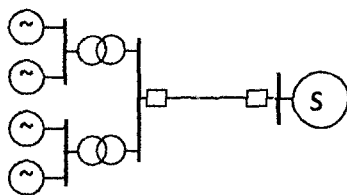
Ko'rilayotgan liniyalarda AQUning bir nechta bajarish usuli mavjud.

Ularning eng soddasi – **nosinxron avtomatik qayta ulashdir (NAQU)**. Tuzilishi bo'yicha u bir tomonlama ta'minotli liniyalarning bir karrali AQUsidan farq qilmaydi. Bu usulning ishlatish ko'lami nosinxron ulanishda elektr jihozlari orqali oquvchi maksimal toklar qiymati bilan belgilanadi va ular ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmasligi kerak.

Aytish joizki, NAQUning ishlatish mumkinligini aniqlovchi hisobiy rejim sifatida ishlab turgan generator va transformatorlar soni eng kam bo'lgan rejim olinadi,

chunki bu holatda ularning har biri orqali liniyadagi tenglashtiruvchi tokning eng katta ulushi o'qib o'tadi.

Masalan, quyidagi sxema (3.6-rasm) uchun bir vaqtda ishlovchi generatorlar soni ikkita, transformatorlar soni esa bitta bo'lsa, shu rejim hisobiy deb olinadi.



3.6-rasm. Hisobiy rejim uchun elektr tizimining sxemasi

Generatorlar (yoki transformatorlar)ning har biri uchun tenglashtiruvchi tokning maksimal qiymati quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$J_{teng} = \frac{2 \cdot 1U_{nom}}{X_{\Sigma}} \cdot K_{t.r.}, \quad (3.1)$$

bunda,  $J_{teng}$  – liniya qayta ulanganda generator (yoki transformator) tokining qiymati (bu yerda generator va tizim kuchlanishlarining qiymati nominaldan 5 % ga katta va ularning vektorlari  $180^0$  gacha uzoqlashgan deb (ya'ni,  $1,05+1,05=2,1$ ) qabul qilingan;

$U_{nom}$  – generatorming nominal kuchlanishi.

Liniya bo'yicha oquvchi tenglashtiruvchi tok yo'lining umumiy qarshiligi quyidagicha:

$$X_{\Sigma} = \frac{X_d''}{2} + X_l + X_l + X_s, \quad (3.2)$$

$K_{t.r.}$  – tenglashtiruvchi tokning generator (transformator)aro taqsimlanish koeffitsiyenti.

Agar liniya yuqori chastotali himoya va tez ishlovchi havo uzgichlar bilan jihozlangan bo'lsa, unda **tez ishlovchi avtomatik qayta ulash (TAQU)** ishlatilishi mumkin.

Bunday holatda AQU siklining ishlash vaqti himoyaning ishlash vaqti  $t_x$ , uzgichning o'chirish vaqti  $t_{Qo}$  va uzgichning ulash vaqti  $t_{Qu}$  dan tashkil topib, ya'ni  $t = t_x + t_{Qo} + t_{Qu}$ , odatda, 0,5 soniyadan kam bo'ladi.

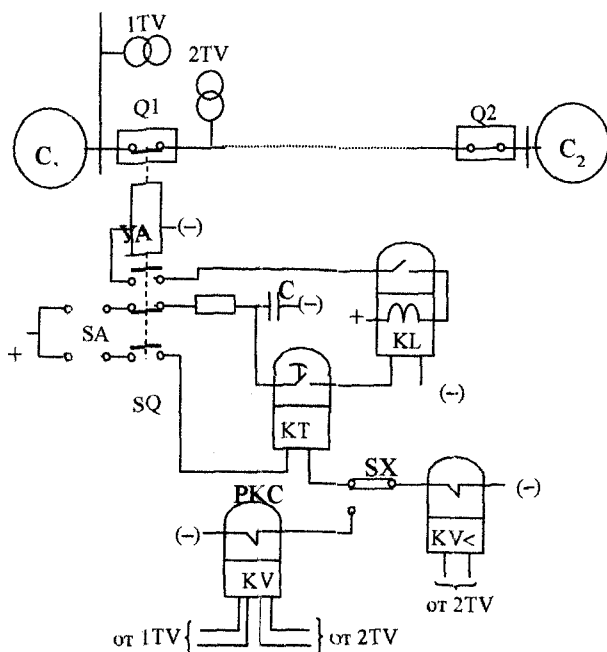


Bunday qisqa vaqt davomida liniya orqali bog'langan tizimlarning kuchlanish vektorlari mexanik inersiya tufayli katta burchakga uzoqlashishga ulgurmaydi va qayta ulash soniyasida  $\delta = 60^{\circ} \div 70^{\circ}$  dan katta bo'lmaydi.

Bunday burchakda tenglashtiruvchi tok zarbasi energetika tizimining jihozlari uchun ruxsat etilgan qiymatlardan oshmaydi. Shuning uchun TAQU qurilmasida bu burchakni nazoratlovchi maxsus elementlar talab etilmaydi. Lekin hisob-kitob orqali burchak qiymati aytilgandan katta bo'lmashligiga ishonch hosil qilish kerak.

Agar ko'rib chiqilgan usullardan foydalanib bo'lmasa, unda ishlab chiqariluvchi va iste'mol qilinuvchi quvvatlar balansi mavjud energotizimlarni bog'lovchi liniyalar uchun (bu degani, liniya bo'yicha kam miqdorda quvvat uzatiladi) liniyaning bir boshida kuchlanish yo'qligini nazorat qilib, ikkinchi boshida sinxronizm mavjudligini tekshiruvchi AQU qurilmasi ishlatiladi (3.7-rasm).

Liniyada kuchlanish yo'qligi u ikkala tomondan o'chirilgani haqida dalolat beradi va uni bir tomondan qayta ulash mumkin.



3.7-rasm. Liniyaning bir boshida kuchlanish yo'qligini nazorat qilib, ikkinchi boshida sinxronizm mavjudligini tekshiruvchi AQU ning sxemasi

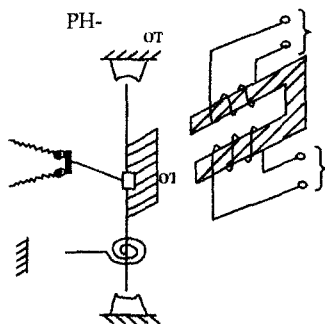
Qarshi tomonida qayta ulash faqat sinxronizm mavjudligida bo'radi. Agar qisqa tutashuvgacha rejimda liniya bo'yicha kam miqdorda quvvat oqqan bo'lsa, unda u o'chirilgandan so'ng har bir ajrab ketgan tizimda generatsiya va iste'mol quvvat balanslari saqlanib qoladi. Bu degani, ularning chastotalari va kuchlanishlari, kuchlanish vektorlari orasidagi burchak qiymatlari deyarli o'zgarmaydi, ya'ni  $S_1$  va  $S_2$  tizimlarining sinxron ishlashi davom etadi. Shuning uchun qisqa tutashuv bartaraf etilsa, liniyaning ikkala tomonidan qayta ulash muvaffaqiyatli bo'radi.

Agar  $S_1$  va  $S_2$  tizimlarining sinxron ishlashi buzilgan bo'lsa, unda uzgich liniyaning faqat bir tomonida qayta ulanadi.

Liniyaning bir boshida kuchlanish yo'qligini nazorat qilib, ikkinchi boshida sinxronizm mavjudligini tekshiruvchi AQU qurilmasining soddalashtirilgan sxemasini ko'rib chiqamiz.

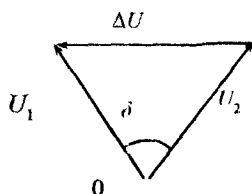
$S_2$  tizimi tomonidagi AQU sxemasi  $S_1$  tizimi tomonidagi sxema bilan bir xil, faqatgina SX nakladkasi vertikal holatda ulangandir.

Sxemada **sinxronizmni nazoratlovchi PKC relesi** ishlatiladi. U 3.8-rasmda ko'rsatilgan.



3.8-rasm. Sinxronizmni nazoratlovchi PKC relesi.

Bu rele PH-55 rusumidagi kuchlanish relesi. Rele ikkita bir xil chulg'amga ega. Ulardan biri 1TVdan, ikkinchisi esa 2TV dan ta'minlanadi. Tizimning  $U_1$  va liniyaning  $U_2$  kuchlanishlarining orasidagi burchak  $\delta = 0$  bo'lsa, unda bu chulg'amlardagi toklar teng va qarama-qarshi yo'nalgan MYKlar hosil qiladi. Shu sababli rele o'zagidagi magnit oqimi ham nolga tengdir. Relening qarshi ta'sir ko'rsatuvchi prujinasi qo'zg'aluvchan tizim o'qini qo'zg'almas kontaktlar tomon aylantirib, kontaktlar ko'prikchasi yordamida ulami qo'shilgan holatda ushlab turadi.



3.9-rasm. Vektor diagramma

Burchak  $\delta$  oshib borgach,  $U_1$  va  $U_2$  kuchlanishlar geometrik  $\Delta U$  ayirmasi ham oshib boradi (3.9-rasm). Proporsional ravishda magnit tizimidagi oqim bilan rele yakorining unga tortish kuchi ham oshadi. Burchak  $\delta$  ma'lum qiymatga yetganda, bu kuch prujina qarshiligini yengib, rele o'qini buradi va kontakt ko'prikchasi qo'zg'almas kontaktlarni ajratib yuboradi. Rele ishga tushadi. Relening ishga tushish burchagi  $\delta_{i.t.}$  prujinaning dastlabki holatini rostlash bilan o'rnatiladi. Relening shkalasi graduslarda darajalangan.

Barcha zamonaviy generatorlar qo'zg'atishni avtomatik rostlash QAR qurilmalari, turbinalar esa – tezlik rostlagichlari bilan jihozlanadi. Liniya himoya tomonidan o'chirilib, tizimning bo'lingan qismlari sinxronizmdan chiqib ketganidan so'ng bir oz vaqt o'tgach, ularning sinxronizmi bu rostlagichlar ishi ta'sirida dam-badam tiklanib turadi.

Bu hodisa liniyaning bir boshida kuchlanish yo'qligini nazorat qilib, ikkinchi boshida sinxronizmni kutib turuvchi (SKAQU) yoki tutib oluvchi (STAQU) AQU qurilmalari ishining asosiga qo'yilgan.

SKAQU va STAQU larning fizikaviy mohiyati bir xil bo'lib, ular bajarilish sxemasi bilan farqlanadi. Bu usul bo'yicha bajarilgan AQUning kamchiligi shundan iboratki, bir qator hollarda sinxronizm shartlari uzoq vaqt muddatida tiklanadi (ayrim hollarda bunga 20 daqiqagacha vaqt sarf qilingan).

Shu sababli SKAQU yakka zanjirli liniyalardagi avariya holatida dispetcherga dastlabki sxemani tiklash uchun yordamchi vosita sifatida ishlatiladi.

Ko'rib chiqilgan AQU usullari uch fazali avtomatik qayta ulash (TAQU) usullari turkumiga kiradi.

#### **Turg'un bo'lmagan qisqa tutashuvlarda sxema quyidagicha ishlaydi.**

Q1 va Q2 uzgichlari o'chirilgandan so'ng, liniyada kuchlanish yo'qoladi va  $KV <$  minimal kuchlanish relesi ta'minotsiz qolib kontaktlarini qo'shadi. SQ uzgichining o'rtacha blok-kontaktlari qisqa tutashuvgacha zaryadlanib turgan C kondensatorining zaryadlanish zanjirini uzadi. Pastki blok-kontaktlar va  $KV <$  minimal kuchlanish relesi orqali KT vaqt relesining chulg'amiga ta'minot beriladi. Ishga tushgach, bu rele kontaktlari bilan C kondensatorining razryadlanish zanjirini KL oraliq relesining chulg'amiga ulaydi. Uning kontaktlari va ushlab turuvchi chulg'ami orqali UAS uzgichining ulash chulg'amida zanjir hosil bo'ladi.

#### **Uzgich ulangandan so'ng:**

• uning yuqorigi blok-kontaktlari KL oraliq relesini ish holatda ushlab turgan zanjirini uzadi va u dastlabki holatiga qaytadi;

• pastki blok-kontaktlar KT vaqt relesining ta'minotini uzadi va o'rancha blok-kontaktlar C kondensatorining zaryadlash zanjirini qayta ulaydi ( $r$  qarshiligi yordamida zaryadlash vaqti 20-25 soniyaga teng o'rnatiladi).

Agar Q1 uzgichi liniyani **bir tomonlama o'chirsa**, liniyada kuchlanish saqlanib qoladi. Qarshi tarafdin kuchlanish berilishining oldini olish maqsadida minimal kuchlanish KV< relesining kontaktlari orqali vaqt relesining ta'minot zanjiri uzilgan bo'ladi va **qayta ulanish bo'lmaydi**.

Q1 uzgichining samarali qayta ulanishidan so'ng **sinxronizm shartlari saqlanib qolgan bo'lsa** (ya'ni  $\delta < \delta_{cp}$  va RKS relesining kontaktlari ulangan), S<sub>1</sub> tizimi tarafida bo'lganidek, KT vaqt relesi ta'minot oladi. Sxema davomiga xuddi liniyaning qarshi tarafidagidek ishlaydi. Q2 uzgichi qayta ulanadi.

Agar **sinxronizm shartlari saqlanib qolmagan bo'lsa** ( $\delta > \delta_{cp}$ ), unda RKS relesining kontaktlari ajragan holatda bo'lib, **Q2 uzgichining qayta ulanishi bajarilmaydi**.

**Qayta ulashda** Q1 uzgichi liniyani **turg'un qisqa tutashuvga** ulasa, himoya uni qayta o'chiradi. Kondensator C zaryadi bo'lmaganligi sababli, u boshqa ulanmaydi. S<sub>2</sub> tizimi tomonida RKS relesiga kuchlanish faqat 2TV kuchlanish transformatoridan beriladi. Bu rele ishga tushib, kontaktlarini ajratadi va Q2 uzgichining AQU sxemasini ish holatdan chiqarib qo'yadi.

Shunday qilib, turg'un qisqa tutashuv jarayonida Q1 uzgichi ikki marta, Q2 uzgichi esa bir marta ishlaydi.

Uzgichlar masofali boshqaruv orqali o'chirilganda, sxemada ko'rsatilgan SA boshqarish kalitining kontaktlari yordamida AQU qurilmasi ish holatidan chiqariladi va qayta ulash bo'lmaydi.

STAQU qurilmasi SKAQU qurilmasi sifatida ham ishlatilishi mumkin. Haqiqatdan ham, agar sinxronizmni nazoratlovchi **RKS** relesi kontaktlarini ulab, **KT** vaqt relesini ishga tushirib yuborgan soniyadan to **KT** relesining kontaktlari qo'shilmagunga qadar vaqt oralig'ida uning (RKS) kontaktlari ajrab ketmasa (ya'ni  $\delta$  burchagi  $\delta_{cp}$  ishga tushish burchagi qiymatigacha yetib bormasa), **Q2** uzgichining **qayta ulanishi bajariladi**.

Bu jarayonda  $\delta$  burchagi sekin o'sishi S<sub>1</sub> va S<sub>2</sub> tizimlaridagi chastotalar farqi kamligi haqida dalolat beradi.

Bundan tashqari, RKS relesining kontaktlari ulangan bo'lishi uchun U<sub>1</sub> va U<sub>2</sub> kuchlanishlarining qiymatlari teng bo'lib, orasidagi burchak kichik bo'lishi kerak.

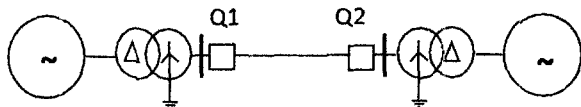
Kuchlanishlar tengligi, chastotalar deyarli tengligi va kuchlanishlar vektorlari orasidagi burchak kichikligi – bular hammasi sinxronizm shartlaridir. Demak, **Q2** uzgichining qayta ulanishi SKAQU qurilmasi kutib turuvchi sinxronizm shartlari **tiklangandan** so'ng bajariladi.

### 3.4. Liniyalarning bir fazalik AQUsi (BAQU)

110 kV va undan yuqori kuchlanishli havo liniyalarda fazalar orasidagi masofa yetarlicha kattadir va shu sababli bunday liniyalardagi shikastlanishlarning aksariyati izolyatorlar shodasi bo'ylab o'tuvchi bir fazali qisqa tutashuvlardir.

Bunday liniyalarda uch fazali qayta ulash bilan birgalikda **bir fazali avtomatik qayta ulash (BAQU)** qurilmalari ishlatiladi. BAQU ning mohiyati shundan iboratki, bir fazali qisqa tutashuvlarda faqatgina shikastlangan faza o'chirilib, qayta ulanadi.

BAQU ishlatilganda liniyaning ikkala tomonida transformatorlar neytrallari 3.10-rasmda ko'rsatilgandek zamin hosil qiladi:



3.10-rasm. Ikki tomonlama ta'minotga ega tizimning sxemasi

Shu sababli shikastlangan faza o'chirilganda energotizim qismlari orasidagi bog'lanish shikastlanmagan fazalar va yer orqali saqlanib qoladi. Shu tufayli tizimning bu qismlaridagi elektr mashinalar sinxron ishlashdan tez chiqib ketishga ulgurmaydilar va BAQU siklining vaqti uch fazali AQU siklining ruxsat etilgan vaqtiga nisbatan o'nlab marotaba katta olinishi mumkin.

Bu BAQU ning eng asosiy afzalligidir va u har qanaqa sekin ishlovchi himoya bilan birgalikda ishlatilishi mumkin.

Shu bilan birga unga bir necha **kamchiliklar** mansubdir:

- har bir faza uchun alohida uzgich yuritmalari kerak;
- releli himoya shikastlangan fazani tanlash organlari (tanlagichlar) bilan jihozlanishi kerak;
- faza o'chirilgandan so'ng teskari ketma-ketlik oqimi paydo bo'lib, u generator rotorlariga qarama-qarshi tomonga aylanadi va ularning chulg'amlarida ikkilangan chastotalik parazit toklar paydo ettiradi;
- liniya fazalarining tarqalish oqimlari kompensatsiya bo'lmaganligi sababli, unga parallel o'tgan kam tokli aloqa (telegraf, telefon) liniyalarida xalaqitlar paydo bo'ladi.

Shuning uchun energotizim qismlariaro parallel ishlash turg'unligini saqlash zaruriyati mavjud bo'lgandagina ularni bog'lovchi liniyada BAQU o'rnatilishi lozim.

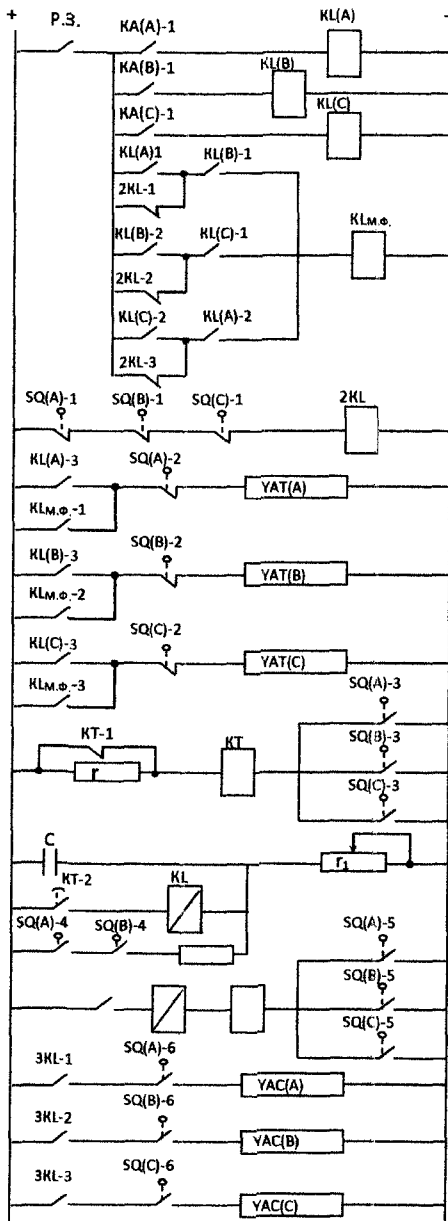
Bir qator hollarda liniyalarda bir necha turdagi AQU lar qo'yiladi, masalan, BAQU (OAIB) va TAQU (BAIB), yoki TAQU (BAIB) va SKAQU (AIBOC).

BAQU bir tomonlama va ikki tomonlama ta'minotli liniyalarda o'rnatiladi.

Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarning BAQUi bir tomonlama ta'minotli liniyalarning BAQUidan farqi shundaki, birinchi holatda muvaffaqiyatsiz qayta



BAQU sxemasining misoli sifatida quyidagi sxemani (3.13-rasm) ko'rib chiqamiz. Unda operativ tok zanjirlari, bir tomonlama ta'minotli liniyaning ta'minot tarafidagi bir fazali AQU uzgichlarining uzib/ulash zanjirlari, shikastlangan fazani tokli tanlash organi ko'rsatilgan.



3.13-rasm. BAQU ning sxemasi



Sxemada SQ uzgichlarining blok-kontaktlari ularning ulangan holati uchun mos holatda ko'rsatilgan. Normal rejimda uchala faza uzgichlarining SQ(A)-1, SQ(B)-1 va SQ(C)-1 blok-kontaktlari orqali 2KL oraliq relesi chulg'amining zanjiri qo'shilgan. Shu sababli 2KL-1, 2KL-2 va 2KL-3 relelarning kontaktlari uzilgan holatda bo'ladi (ular normal holatda qo'shilgan kontaktli relelardir).

Bir fazali qisqa tutashuvda sxema ishlashini ko'rib chiqamiz (A faza misolida). Bunda shikastlangan fazani tanlash organining A faza relesi ishga tushib, KA(A)-1 kontaktini qo'shadi. Bu kontakt va releli himoyaning chiqish relesi kontakti orqali KL(A) oraliq relesiga ta'minot beriladi. U ishga tushib, o'zining KL(A)-1, KL(A)-2, KL(A)-3 kontaktlarini ulyadi.

Fazalararo qisqa tutashuvda ishlovchi  $KL_{m.f}$  relesining ta'minot zanjiri uzilgan holatda qoladi, KL(A)-3 kontakt orqali esa A faza uzgichining UAT(A) o'chirish chulg'amiga tok beriladi. Uzgich EUL ning shikastlangan fazasini o'chiradi.

Bular bo'lgunga qadar  $r_1$  qarshiligi orqali kondensator C zaryad olib turgan (zaryadlanish vaqti 15-20 soniya).

O'chirilgan uzgichning SQ(A)-3 blok-kontakti orqali KT vaqt relesiga ta'minot beriladi. Relening tez ishlovchi KT-1 kontakti uzilgach, tok r qarshiligi orqali oqadi (bu KT relesining termik turg'unligini ta'minlab beradi), KT-2 kontakti orqali esa  $t_{AQ}$  vaqti o'tgach, C kondensatori KL oraliq relesiga razryadlanib boshlaydi. U ishga tushib, KL-1 kontakti orqali o'zini-o'zi ushlab turish KLY chulg'ami bilan 3KL oraliq relesining ta'minot zanjirini ulyadi (SQ(A)-5 blok-kontaktlari shikastlangan faza uzgichi o'chirilganda ulangan).

3KL-1 kontakti va SQ(A)-6 blok-kontaktlari orqali o'chirilgan A faza uzgichining UAS(A) ulash chulg'amiga ta'minot beriladi. U qayta ulanadi. Sxema dastlabki holatiga qaytadi, kondensator C yana zaryadlanib boshlaydi.

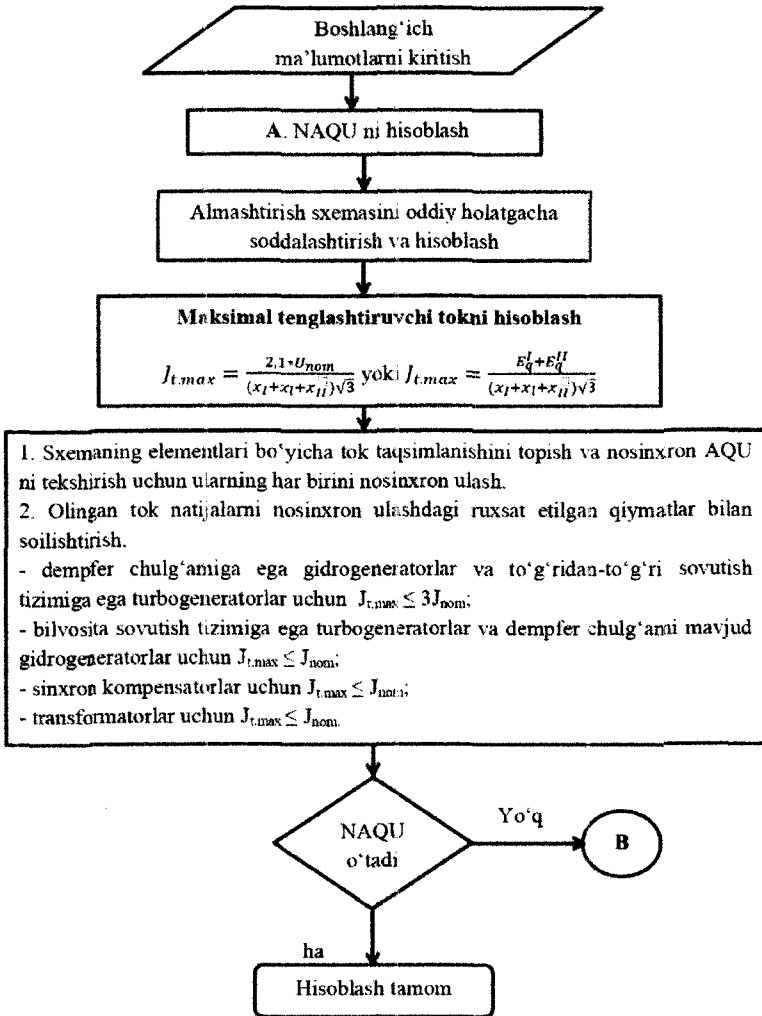
Agar qisqa tutashuv turg'un bo'lsa, himoya bilan shikastlangan fazani tanlash organi yana qayta ishlaydi. Shikastlangan faza ikkinchi marotaba o'chiriladi, lekin kondensator C zaryad olishga ulgurmagani tufayli qayta ulanish bo'lmaydi. Shikastlangan faza o'chganligicha qoladi, liniya ikki faza va yer bo'yicha uzoq muddatli ishlash rejimiga o'tadi.

**Fazalararo qisqa tutashuvda** (masalan, A va B fazalari orasida) shikastlangan fazani tanlash organining KA(A)-1 va KA(B)-1 tok relelari ishga tushadi. KL(A) va KL(B) oraliq relelari ta'minot oladi. Ular o'zining KL(A)-1 va KL(B)-1 kontaktlari orqali  $KL_{m.\phi}$  relesining chulg'amiga ta'minot beradi. U ishga tushgach,  $KL_{m.\phi-1}$ ,  $KL_{m.\phi-2}$ ,  $KL_{m.\phi-3}$  kontaktlari orqali uchala faza uzgichlarining UAT(A), UAT(B), UAT(C) o'chirish chulg'amlariga ta'minot beradi. **Uchala faza o'chiriladi. Qayta ulash bajarilmaydi.** Buning sababi shundaki, KT-2 relesi kontaktlarini ulagunga qadar, o'chirilgan uzgichlarning SQ(A)-4 va SQ(B)-4 blok-kontaktlari orqali C kondensatorini kichik qiymatli  $r_2$  qarshiligiga razryadlanish yo'li hosil qilinadi va u razryadlangan bo'ladi.

### 3.5. AQU ni hisoblash

#### 3.5.1. AQU ni hisoblash algoritmlari

Ikki tomonlama ta'minlanuvchi yakka liniyalarning AQU sining usulini aniqlash jarayoni soddaroq usul hisoblangan nosinxron AQU ni (NAQU) qo'llash mumkinligi bilan tushuntiriladi (3.14-rasm).



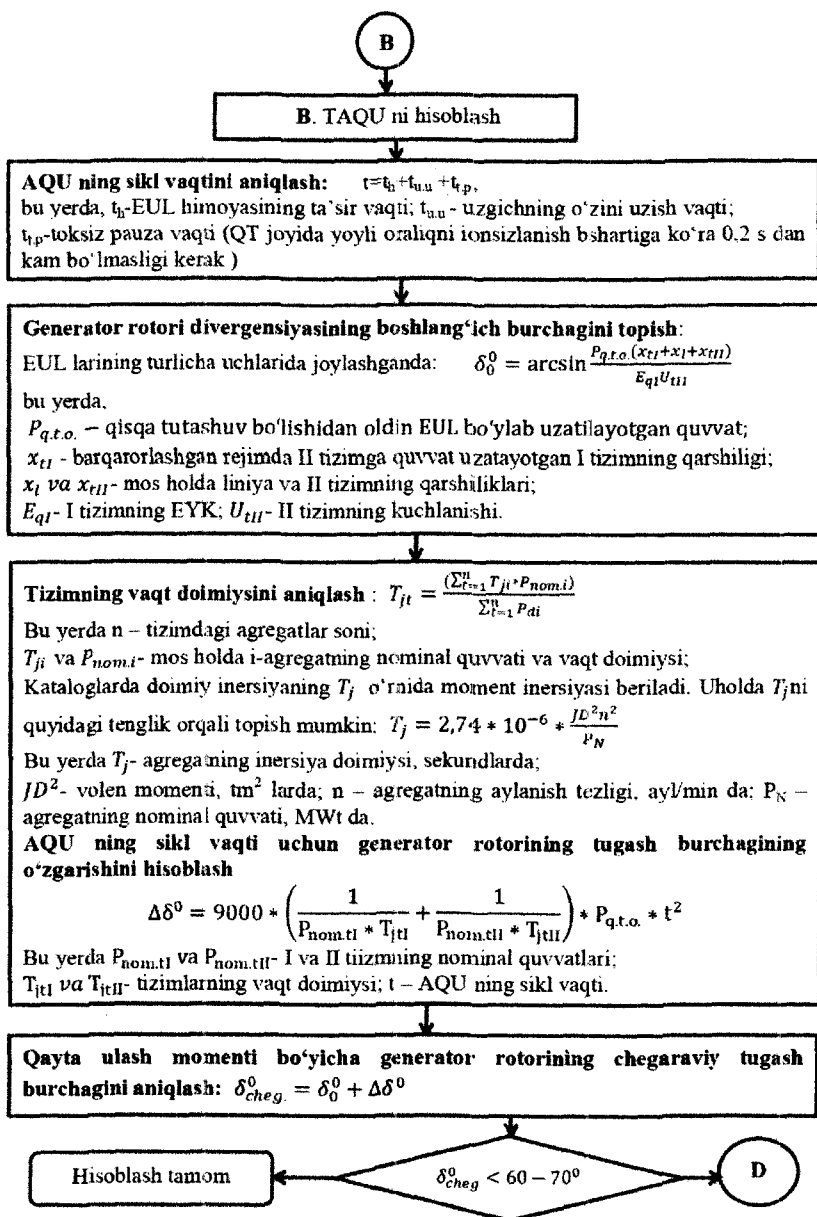
3.14-rasm. NAQU ni hisoblash algoritmi

Agar hisoblash natijasida topilgan nosinxron yoqish toki sxemaning qaysidir bir elementi uchun ruxsat etilgan chegaradan oshib ketsa, demak, NAQU hisob-kitob bo'yicha o'tmaganini anglatadi va undan murakkabroq AQU sxemasini qo'llash kerak bo'ladi.

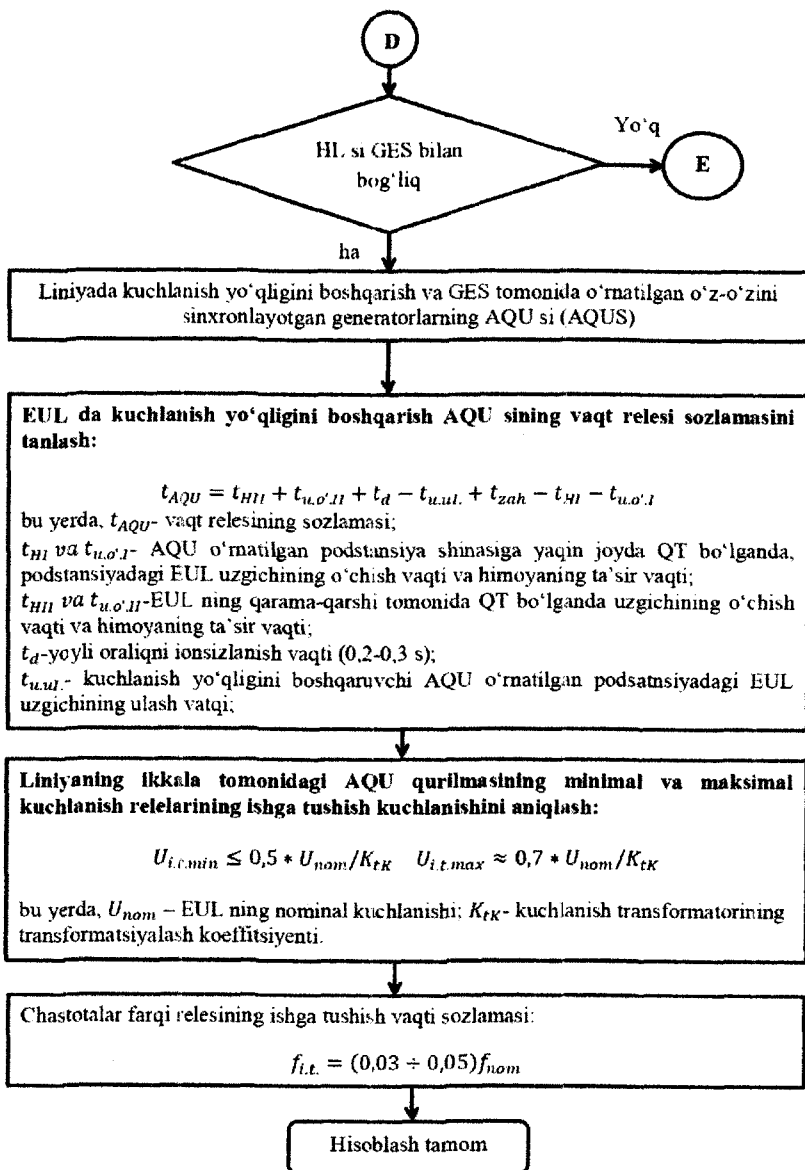
Agar liniya yuqori chastotali himoya va tez ta'sir etuvchi uzgich bilan jihozlangan bo'lsa, u holda tez ta'sir etuvchi avtomatik qayta ulash (TAQU) ni o'rnatish imkoniyatini tekshirish lozim (3.15-rasm).

EUL si GES va tizimni bir-biriga bog'lasa hamda undagi barcha quvvat tizimga uzatilayotgan bo'lsa, agar ushbu joyda NAQU va TAQU ni qo'llash mumkin bo'lmasa, u holda EUL ning oxiri, ya'ni tizim tomoniga kuchlanish yo'qligini boshqaruvchi, GES tomonga esa generator o'z-o'zini sinxronlashini boshqaruvchi AQU ni (AQU) o'rnatish mumkin (3.16-rasm).

Agar liniya tizimlararo joylashgan va odatda u orqali juda kam quvvat uzatiladigan bo'lsa, uning bir tomoniga elektr uzatish liniyasida kuchlanish yo'qligini nazorat qilib, ikkinchi tomonida esa sinxronizmi tekshiruvchi AQU qurilmasini o'rnatish mumkin (3.17-rasm).



3.15-rasm. TAQU ni hisoblash algoritmi



3.16-rasm. AQU S ni hisoblash algoritmi

E

Liniyaning bir tomonida kuchlanish yo'qligini va boshqa tomonida sinxronizmni tekshiruvchi AQU (AQUKS)

**EUL da kuchlanish yo'qligini boshqarish AQU sining vaqt relesi sozlamasini tanlash:**

$$t_{AQU} = t_{HI} + t_{u.o.II} + t_d - t_{u.u.} + t_{zah} - t_{HI} - t_{u.o.I}$$

bu yerda,  $t_{AQU}$ - vaqt relesining sozlamasi;

$t_{HI}$  va  $t_{u.o.I}$ - AQU o'rnatilgan podstansiya shinasiga yaqin joyda QT bo'lganda, podstansiyadagi EUL uzgichining o'chish vaqti va himoyaning ta'sir vaqti;

$t_{HI}$  va  $t_{u.o.II}$ -EUL ning qarama-qarshi tomonida QT bo'lganda uzgichining o'chish vaqti va himoyaning ta'sir vaqti;

$t_d$ -yoyli oraliqni ionsizlanish vaqti (0,2-0,3 s);

$t_{u.u.}$ - kuchlanish yo'qligini boshqaruvchi AQU o'rnatilgan podstansiyadagi EUL uzgichining ulash vaqti;

**Liniyaning ikkala tomonidagi AQU qurilmasining minimal va maksimal kuchlanish releslarining ishga tushish kuchlanishini aniqlash:**

$$U_{i.t.min} \leq 0,5 * U_{nom} / K_{TK} \quad U_{i.t.max} \approx 0,7 * U_{nom} / K_{TK}$$

bu yerda,  $U_{nom}$  - EUL ning nominal kuchlanishi;  $K_{TK}$ - kuchlanish transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyenti.

**Sinxronizmni boshqarish relesining sozlamasi (SBR):**

$$\delta_{i.t.} = \frac{t_{AQU} \delta_{rux}}{K_i [(1 + K_q) t_{u.u.} + t_{AQU}]}$$

bu yerda,  $\delta_{i.t.}$ - SBR ning ishga tushish burchagi;

$t_{AQU}$ - AQU vaqt relesining sozlamasi;

$\delta_{rux}$ - EUL sini qayta ulash momentida generator rotorining muvozanat o'qidan chetlashishining ruxsat etilgan burchagi ( $\delta_{rux} = 60 - 70^\circ$ );

$t_{u.u.}$ - EUL uzgichining ulash vaqti;  $K_q = 0,8$  - SBR ning qaytish koeffitsiyenti;

$K_i = 1,1-1,2$  ishonchlik koeffitsiyenti.

Hisoblash tamom

**3.17-rasm. AQUKS ni hisoblash algoritmi**

### 3.5.2. Stansiya va tizimni bog'lovchi liniyaning AQU turini tanlash va o'rnatmalarini hisoblash (Ikki tomonlama ta'minlangan liniya misolida)

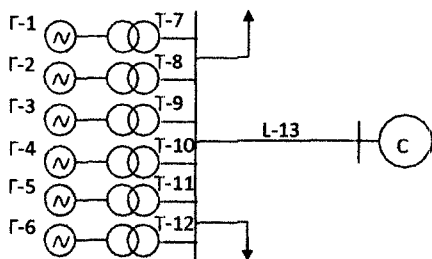
**1-misol.** Uzunligi 40 km nominal kuchlanishi 220 kV bo'lgan KES va cheksiz quvvatli tizimni bog'lab turuvchi liniyaning uch fazali AQUsini hisoblash usulini tanlash.

KES da 4 ta TVF-60-2 tipidagi generator va 4 ta quvvati 80 MVA yuqori kuchlanishi 220 kV bo'lgan TDS-80000/220 tipidagi transformator hamda 2 ta TVF-100-2 turidagi generator va TDS-125000/220 tipidagi kuchaytiruvchi transformator o'rnatilgan.

Quvvati  $P_{yuk}=200$  MWt va quvvat koeffitsiyenti  $\cos\varphi_{yuk} = 0,8$  bo'lgan yuklamaga liniya orqali quvvat uzatiladi.

Stansiyaning qolgan quvvati iste'molchilarga bir tomonlama ta'minlangan liniyalar orqali uzatiladi. Tizim bilan bog'langan liniya xususiy o'chirish vaqti  $t_{ov} = 0,08$  s va ulash vaqti  $t_{uv}=0,2$  s bo'lgan VVB-220 tioidagi uzgich bilan jihozlangan. U yerda harakatlanish vaqti  $t_h=0,06$  s bo'lgan yuqori chastotali himoya o'rnatilgan.

Quyidagi rasmda ko'rilayotgan elektr tarmog'ining prinsipial sxemasi ko'rsatilgan.



3.18-rasm. Ko'rib chiqilayotgan elektr tarmog'ining prinsipial sxemasi

Ushbu sxemani hisoblashda quyidagi parametrlar talab qilinadi /L-11/:

**TVF-60-2 tipidagi G-1,2,3,4 generatorlarning parametrlari:**

- nominal aktiv quvvati  $P_{nom}=60$  MWt;
- to'la quvvat  $S_{nom} = 75$  MVA ( $\cos\varphi=0,8$ );
- aylantiruvchi moment  $JD^2 = 4 \cdot 9,7$  tm<sup>2</sup>;
- sinxron qarshilik  $x_d = 1,606$ ;
- o'ta o'tkinchi qarshilik  $x'_d = 0,195$ .

**TVF-100-2 tipidagi G-5,6 generatorlarning parametrlari:**

- nominal aktiv quvvati  $P_{\text{nom}}=100 \text{ MWt}$ ;
- to'la quvvat  $S_{\text{nom}}=117,5 \text{ MVA}$  ( $\text{Cos}\varphi=0,85$ );
- aylantiruvchi moment  $JD^2=4 \cdot 13 \text{ tm}^2$ ;
- sinxron qarshilik  $x_d=1,79$ ;
- o'ta o'tkinchi qarshilik  $x''_d=0,183$ .

#### **TDS-80000/220 transformatorning parametrlari:**

- to'la quvvati  $S_{\text{nom}}=80 \text{ MVA}$ ;
- qisqa tutashuv kuchlanishi  $u_k=11 \%$ .

#### **TDS-125000/220 transformatorning parametrlari:**

- to'la quvvati  $S_{\text{nom}}=125 \text{ MVA}$ ;
- qisqa tutashuv kuchlanishi  $u_k=11 \%$ .

#### **Tizimni bog'lovchi liniya:**

- liniyaning uzunligi  $l=40 \text{ km}$ ;
- liniyaning solishtirma qarshiligi  $x_{\text{soil}}=0,4 \text{ Om/km}$ ;
- EUL si bo'ylab uzatilayotgan aktiv quvvat  $P_{\text{yuk}}=200 \text{ MWt}$ ;
- EUL si bo'ylab uzatilayotgan to'la quvvat  $S_{\text{yuk}}=250 \text{ MVA}$ .

#### **Tizimning parametrlari:**

- quvvati  $S_t=\infty$ ;
- kuchlanishi  $U_t=220 \text{ kV}$ .

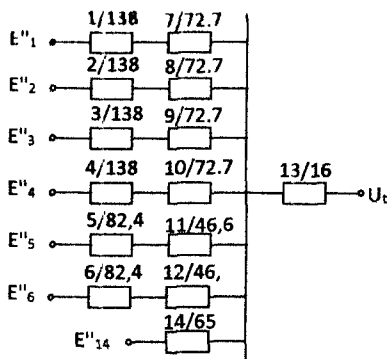
#### **Yechish:**

Dastlab NAQU ni o'rnatish imkoniyatini tekshiramiz.

Hisoblashlarni o'rta kuchlanish bo'yicha nomlangan birliklarda olib boramiz. Bazis kuchlanish sifatida  $U_b=230 \text{ kV}$  ni qabul qilamiz. Elektr tarmog'i elementlarining barcha qarshiliklarini shu kuchlanish pog'onasiga keltiramiz va ekvivalent almashtirish sxemasini quramiz (3.19-rasm).

Bir tomonlama ta'minlangan liniyalar orqali KES quvvatining katta qismi oqib o'tadi, hisoblashlarda bu yuklamalarni solishtirma qarshiligi  $x^*=0,35$  va EYuk  $E=0,9$  bo'lgan ekvivalent shunt bilan almashtiramiz.





3.19-rasm. Elektr tarmog'ining ekvivalent almashtirish sxemasi

Basis kuchlanish pog'onasiga keltirilgan qarshiliklar:

- generatorlar:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_d^* \frac{U_b^2}{S_{nom}} = 0,195 \frac{230^2}{75} = 138 \text{ Om}$$

$$x_5 = x_6 = 0,183 \frac{230^2}{1175} = 82,4 \text{ Om}$$

- transformatorlar:

$$x_7 = x_8 = x_9 = x_{10} = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{U_b^2}{S_{nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{230^2}{80} = 72,7$$

$$x_{11} = x_{12} = \frac{11}{100} \cdot \frac{230^2}{125} = 46,6 \text{ Om}$$

- elektr uzatish liniyalari:

$$x_{13} = x_{sof} \frac{U_b^2}{U_{or}^2} = 0,4 \cdot 40 \frac{230^2}{230^2} = 16 \text{ Om}$$

- shunt ko'rinishidagi yuklama:

$$x_{14} = x_{sh}^* \frac{U_b^2}{S_{sh}} = 0,35 \frac{230^2}{4 \cdot 75 + 2 \cdot 117,5 - 250} = 65 \text{ Om}$$

( $S_{sh}$  – shunt ko'rinishidagi yuklamaning to'la quvvati).

Basis kuchlanish pog'onasiga keltirilgan o'ta o'tkinchi EYuK:

- generatorlar:

$$E_1'' = E_2'' = E_3'' = E_4'' = (1 + x_d' \sin \varphi_N) U_b = (1 + 0.195 \cdot 0.6) \cdot 230 = 257 \text{ kV};$$

$$E_5'' = E_6'' = (1 + 0.183 \cdot \sqrt{1 - 0.85^2}) \cdot 230 = 274 \text{ kV};$$

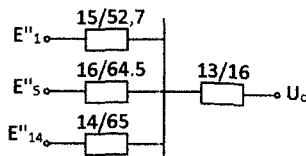
$$\sin \varphi_N = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_N};$$

- yuklamalarning EYuK

$$E_{14}'' = E_{ih}'' \cdot U_b = 0.9 \cdot 230 = 207 \text{ kV}.$$

- tizimning kuchlanishi  $U_t = 230 \text{ kV}$ .

almashtirish sxemasini soddalashtirib, quyidagi ko'rinishga keltiramiz (3.20-rasm):



3.20-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

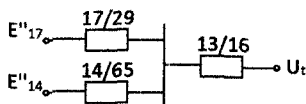
Bu yerda:

$$x_{15} = \frac{x_1 + x_7}{4} = \frac{138 + 72.7}{4} = 52.7 \text{ Om};$$

$$x_{16} = \frac{x_5 + x_{11}}{2} = \frac{82.4 + 46.6}{2} = 64.5 \text{ Om};$$

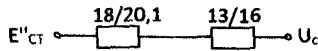
Soddalashtirishni davom ettirib quyidagini hosil qilamiz (3.21-rasm):

$$x_{17} = \frac{x_{15} x_{16}}{x_{15} + x_{16}} = \frac{52.7 \cdot 64.5}{52.7 + 64.5} = 29 \text{ Om};$$



3.21-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$E_{17}'' = \frac{E_6'' x_{16} + E_5'' x_{15}}{x_{16} + x_{15}} = \frac{257 \cdot 64.5 + 274 \cdot 52.7}{64.5 + 52.7} = 265 \text{ kV}$$



3.22-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$x_{18} = \frac{x_{17} \cdot x_{14}}{x_{14} + x_{17}} = \frac{29 \cdot 65}{29 + 65} = 20,1 \text{ Om}$$

$$E''_{ST} = \frac{E''_{CT} \cdot x_{14} + E''_{14} \cdot x_{17}}{x_{14} + x_{17}} = \frac{265 \cdot 65 + 207 \cdot 29}{65 + 29} = 247 \text{ kV}$$

Tenglashtiruvchi tokning maksimal qiymati:

$$J_{\text{teng.max}} = \frac{E''_{ST} + U_T}{\sqrt{3}(x_{18} + x_{13})} = \frac{247 + 230}{\sqrt{3}(20,1 + 16)} = 7,64 \text{ kA}$$

Stansiya shinasining faza kuchlanishi (stansiyaning EYuK va tizim kuchlanishi orasidagi burchak  $180^\circ$  dan katta bo'lsa, manfiy qiymat qabul qilinadi).

$$\frac{U_{sh}}{\sqrt{3}} = -\frac{U_T}{\sqrt{3}} + J_{\text{teng.max}} x_{13} = -\frac{230}{\sqrt{3}} + 7,64 \cdot 16 = -11 \text{ kA}$$

TVF-60-2 generatorni asinxron ulash toki:

$$J_{A,1} = \left( \frac{E''_{ST}}{\sqrt{3}} - \frac{U_{sh}}{\sqrt{3}} \right) / (4 \cdot x_{15}) = \left( \frac{257}{\sqrt{3}} + 11 \right) / (4 \cdot 52,7) = 0,757 \text{ kA}$$

TVF-60-2 generatorining basis kuchlanish pog'onasiga keltirilgan toki:

$$J_{nom} = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,188 \text{ kA}$$

Bu generator uchun ruxsat etilgan zarbaviy tenglashtiruvchi tok:

$$J_{ruh} = \frac{0,625}{x_d} J_{nom} = \frac{0,625}{0,195} 0,188 = 0,6 \text{ kA}$$

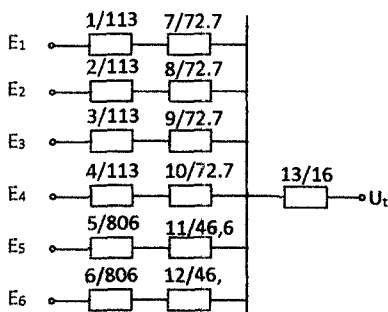
Bundan ko'rinadiki,  $J_{A,1} = 0,757 \text{ kA} > J_{ruh} = 0,6 \text{ kA}$ , demak, hisoblashni davom ettirmaymiz, ya'ni NAQU ni qo'llab bo'lmaydi degan xulosaga kelamiz.

EUL da tez ta'sir etuvchi himoya va uzgichlar ishlatilganligi sababli, unga TAQU qurilmasini o'ratilishini tekshirish mumkinligi imkonini beradi.

Uzgichning ulash vaqti  $t_{uu}=0,2s$  toksiz pauza vaqti  $t_{t.p.} = 0,2 s$  dan oshib ketmaganligi sababli, TAQU davri:

$$t = t_H + t_{ou} + t_{t.p.} = 0,06 + 0,08 + 0,2 = 0,34 s.$$

Qisqa tutashuvdan keyingi rejim (barqarorlashgan rejim) uchun ko'rilayotgan elektr tarmog'ining almashtirish sxemasini tuzamiz va generator EYuK hamda tizim kuchlanishi vektorlari orasidagi bog'lang'ich ( $\delta_o$ ) burchakni aniqlaymiz. Almashtirish sxemasi 3.23-rasmda keltirilgan. Basis kuchlanish sifatida yuqoridagilar kabi  $U_b=230 kV$  ni qabul qilamiz.



3.23-rasm. Ekvivalent almashtirish sxemasi

Bu sxemaning oldingi hisoblashlardagi sxemadan faqri, unda shunt qarshiligi yo'q va generatorlarning o'ta o'tkinchi qarshiligi ( $x''_d$ ) va EYuK (E'') o'miga sinxron qarshiligi ( $x_d$ ) va o'ratilgan rejimning EYuki (E) kiritilgan.

Bu yerda:

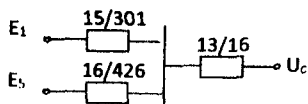
$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_d \frac{U_b^2}{S_{nom}} = 1,606 \frac{230^2}{75} = 1133 \text{ Om}$$

$$x_5 = x_6 = 1,79 \frac{230^2}{117,5} = 806 \text{ Om}$$

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = (1 + x_d \sin \varphi_N) U_b = (1 + 1,606 \cdot 0,6) \cdot 230 = 457 \text{ kV};$$

$$E_4, E_6 (1 + 1,79 \cdot \sqrt{1 - 0,85^2}) \cdot 230 = 447 \text{ kV};$$

Sxemani soddalashtirib, quyidagi holatga keltiramiz:

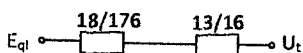


3.24-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$x_{15} = \frac{x_1 + x_7}{4} = \frac{1133 + 72,7}{4} = 301 \text{ Om};$$

$$x_{16} = \frac{x_5 + x_{11}}{2} = \frac{806 + 46,6}{2} = 426 \text{ Om};$$

Undan keyin quyidagini hosil qilamiz:



3.25-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$x_{CT} = x_{18} = \frac{x_{15} x_{16}}{x_{15} + x_{16}} = \frac{301 \cdot 426}{301 + 426} = 176 \text{ Om}$$

$$E_{qt} = \frac{E_1 x_{16} + E_5 x_{15}}{x_{15} + x_{16}} = \frac{457 \cdot 426 + 447 \cdot 301}{301 + 426} = 453 \text{ kV}$$

Stansiya generatorlarining EYuK va tizim kuchlanishi orasidagi boshlang'ich ( $\delta_0$ ) burchakni hisoblaymiz:

$$\delta_0 = \arcsin \frac{P_{\text{yuk}} (x_{st} + x_t + x_t)}{E_{qt} U_c} = \arcsin \frac{200(176 + 16 + 0)}{453 \cdot 230} = 22^\circ$$

TVF-60-2 tipidagi generatorlarning doimiy inersiyasi (turbogenerator-turbina agregatining doimiy inersiyasi generatorning doimiy inersiyasidan deyarli farq qilmasligi tufayli uni hisobga olmaslik mumkin; bu esa o'z navbatida stansiya

generatorlari rotorining hisobiy ruxsat etilgan o'zish burchagi haqiqiy o'zish burchagidan ozgina katta bo'lishiga olib keladi):

$$T_{j1} = 2,74 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{JD^2 n^2}{P_N} = \frac{2,74 \cdot 10^{-6} (4 \cdot 97) 3000^2}{60} = 15 s.$$

TVF-60-2 generatorining doimiy inersiyasi:

$$T_{j5} = \frac{2,74 \cdot 10^{-6} (4 \cdot 13) 3000^2}{100} = 13 s.$$

Elektr stansiyasining doimiy inersiyasi:

$$T_{jSS} = \left( \sum_{i=1}^n T_{ji} \cdot P_{nomi} \right) \cdot \sum_{i=1}^n P_{nomi} = \frac{4T_{j1} P_{nom1} + 2T_{j5} P_{nom5}}{4P_{nom1} + 2P_{nom5}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 15 \cdot 60 + 2 \cdot 13 \cdot 100}{4 \cdot 60 + 2 \cdot 100} = 14 s$$

( $P_{nom1}$  va  $P_{nom5}$  – mos ravishda TVF-60 va NVF-100 generatorlarning aktiv quvvatlari).

Tizimning quvvati cheksiz  $S = \infty$ , u holda TAQU davri vaqtida rotorning o'zish burchagi:

$$\Delta \delta^{\circ} = 9000 \cdot \frac{P_{yuk} t^2}{T_{jSS} P_{nomST}} = 9000 \cdot \frac{200 \cdot 0,34^2}{14(4 \cdot 60 + 2 \cdot 100)} \approx 34^{\circ}.$$

KES uchun rotor o'zish burchagining chegaraviy qiymati:

$$\delta_{cheg} = \delta_0 + \Delta \delta^{\circ} = 22 + 34 = 56^{\circ}.$$

Demak,  $\delta_{cheg} = 56^{\circ} < \delta_{ruh} = 60^{\circ}$  bo'lganligi uchun TAQU hisoblariga ko'ra to'g'ri keladi.

## 2-misol.

1-misoldagi elektr tarmoq uchun tizim bilan bog'lovchi liniya uchun BAQU o'rtmatmalarini hisoblang va shikastlangan faza tanlash organini sezuvchanlikka tekshiring.

**Yechish:**

Liniyaning minimal ishchi kuchlanishi:

$$U_{ish.min.} = 0,9 U_{nom} = 0,9 \cdot 230 = 207 \text{ kV}$$

Maksimal ishchi tok:

$$J_{ish.max} = \frac{S_{yuk}}{\sqrt{3} U_{ish.min}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 207} = 0,698 \text{ kA}$$

Minimal ishchi qarshilik:

$$Z_{ish.min} = \frac{U_{ish.min}}{\sqrt{3} J_{ish.max}} = \frac{207}{\sqrt{3} \cdot 0,698} = 171 \text{ Om.}$$

Ta'limish organining ishga tushish qarshiligi:

$$z_{TOD} = \frac{z_{shimn}}{\kappa_n \cdot \kappa_s} = \frac{171}{1,15 \cdot 1,2} = 124 \text{ Om.}$$

Organni sezgirlikka tekshirishda  $z_L = x_L$  deb olishimiz mumkin. U holda

$$\kappa_S = \frac{z_{TOD}}{z_L} = \frac{124}{16} = 7,75 > 1,5.$$

O'lchov transformatorlarini ishchi tok va kuchlanish orqali topamiz [L-1].

NKF-220-58 turdagi kuchlanish transformatori yuqori va pastki nominal kuchlanishlari  $220000/\sqrt{3}$  va 100 V. Transformatsiyalash koeffitsiyenti esa:

$$\kappa_{TK} = \frac{220000/\sqrt{3}}{100} = 2200/\sqrt{3}$$

TFND-220-1 tipidagi tok transformatorining birlamchi va ikkilamchi tokleri mos ravishda 750A va 5A. Uning transformatsiyalash koeffitsiyenti:

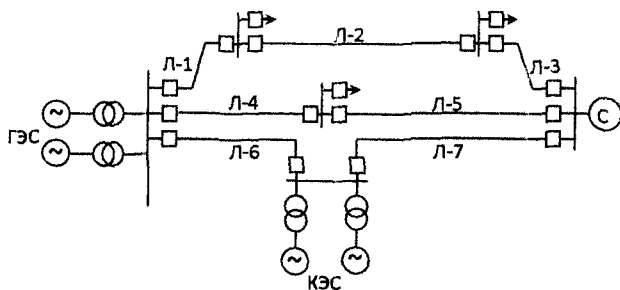
$$\kappa_{TT} = \frac{750}{5} = 150$$

Shikastlangan fazani aniqlash organining qarshilik rele o'qmatmasi:

$$z_{TORI} = z_{TOR} \frac{\kappa_{TT}}{\kappa_{TK}} = 124 \frac{150}{2200 \cdot \sqrt{3}} = 14,6 \text{ Om}$$

### 3-misol.

3.26-rasmda keltirilgan elektr tarmog'ining liniyani TAQU o'qmatmasi usuli va hisoblashni tanlash.



3.26-rasm. Elektr tarmog'ining sxemasi

GESda quvvati 80 MVA bo'lgan transformatorli 2 ta blok o'rnatilgan. GES generatorining o'ta-o'tkinchi qarshiligi  $X'_d = 0,22$ ; QT kuchlanishi  $e_x = 11\%$ .

Bulardan tashqari KESda quvvati 30 MVA bo'lgan generator va 32 MVA transformatorli 2 ta blok o'rnatilgan. Generatorning o'ta-o'tkinchi qarshiligi

$X_d'' = 0,125$ ; transformatorning QT kuchlanishi  $e_x = 10,5\%$ . Tizim quvvati  $S_T = 500MVA$ ; tizimning solishtirma qarshiligi  $X_{tot}'' = 0,3$ .

EUL kuchlanishi  $U_L = 110kV$ ; liniyalarning uzunligi  $l_1 = l_3 = 20km; l_2 = 40km; l_4 = l_5 = 35km; l_6 = 25km; l_7 = 30km$ .

Liniyada o'zi ishga tushish vaqtiga ( $t_{UV} = 0,09s$ ) ega bo'lgan va ulash vaqti ( $t_{TT} = 0,18s$ ) bo'lgan va AQUga toksiz tanaffus vaqti  $t_{TT} = 0,4s$  bo'lgan VMK-110 uzgichi bilan jihozlangan. Liniyaning himoyasi 1-bosqichida sabr vaqtli  $t_X' = 0s$  va 2-bosqichida  $t_X'' = 0,5s$  bo'lgan masofali himoya o'rnatilgan.

### Yechish:

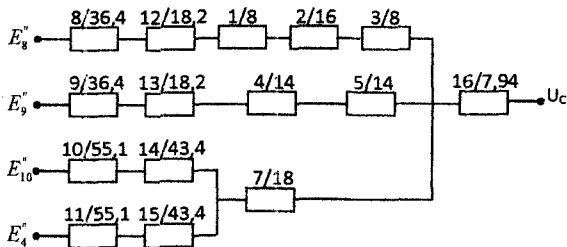
3 ta bog'lanishga ega bo'lgan L1-L5 liniyalar GES va tizimni bir-biri bilan bog'laydi. Shuning uchun ularda bir tomonlama liniyalarda bo'lganiday oddiy AQU o'rnatiladi.

Bu liniyalarning ikkala tomonida o'chish va toksiz tanaffus vaqtlari bir xil bo'lgan uzgichlar qo'yilganidan, ko'rsatilgan EULLar AQU rele vaqti o'rnatiladi:

$$t_{AQU} = t_X'' + t_{TT} + t_{zah} - t_{UV} = 0,5 + 0,4 + 0,1 - 0,18 = 0,82s.$$

KES tarmoqning boshqa qismi bilan faqatgina ikkita liniya orqali (L6 va L7 liniyalar) bog'langanligi uchun, ularda NAQU qurilmasi imkoniyatlarini sinab ko'rish kerak.

L7 liniyaga bunday imkoniyatni aniqlashtirish uchun L6 liniya o'chiq holda elektr tarmoqning ekvivalent almashtirish sxemasini quramiz (3.27-rasm). Bu sxemani tuzishda, bir vaqtda ishlovchi KES agregatlarining nominal sonini kiritish kerak. Bunda ularning har biridan katta bo'lmagan nosinxron ulash toki oqib o'tadi.



3.27-rasm. Ekvivalent alamshtirish sxemasi



3.27-rasmda barcha elementlar qarshiligi kuchlanishning  $U_B = 115kV$  dagi qiymatiga keltirilgan. Bu qiymatlar quyidagicha olingan:

GES generatorlari uchun:

$$X_8 = X_9 = X_{d'}^* \cdot \frac{U_B^2}{S_{nom}} = 0,22 \cdot \frac{115^2}{80} = 36,4 \text{ Om}$$

KES generatorlari va tizim uchun:

$$X_{10} = X_{11} = 0,125 \frac{115^2}{30} = 55,1 \text{ Om}; \quad X_{16} = 0,3 \frac{115^2}{500} = 7,94 \text{ Om}$$

Transformatorlar uchun:

$$X_{12} = X_{13} = \frac{e_k \%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_{nom}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{115^2}{80} = 18,2 \text{ Om};$$

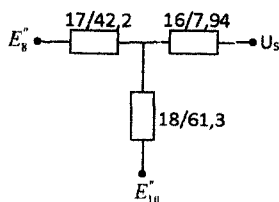
$$X_{14} = X_{15} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{32} = 43,4 \text{ Om};$$

EUL qarshiligi:

$$X_1 = X_3 = X_{sol} \cdot l = 0,4 \cdot 20 = 8 \text{ Om}; \quad X_2 = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{ Om};$$

$$X_4 = X_5 = 0,4 \cdot 35 = 14 \text{ Om}; \quad X_7 = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ Om};$$

Sxemani soddalashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz (3.28-rasm):

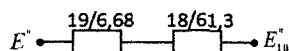


3.28-rasm. Soddalashtirilgan almashtirish sxemasi

$$X_{17} = \frac{X_8 + X_{12}}{2} + \frac{(X_1 + X_2 + X_3) \cdot (X_4 + X_5)}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5} = \frac{36,4 + 18,2}{2} + \frac{(8 + 16 + 8) \cdot (14 + 14)}{8 + 16 + 8 + 14 + 14} = 42,2 \text{ Om};$$

$$X_{18} = \frac{X_{10} + X_{14}}{2} + X_7 = \frac{55,1 + 43,4}{2} + 12 = 61,3 \text{ Om};$$

Sxemani sodda ko‘rinishga keltirib (3.29-rasm), quyidagini topamiz:



**3.29-rasm. Soddashtirilgan almashtirish sxemasi**

$$X_{19} = \frac{X_{17} \cdot X_{16}}{X_{17} + X_{16}} = \frac{42,2 \cdot 7,94}{42,2 + 7,94} = 6,68 \text{ Om.}$$

Tenglashtiruvchi tok hisobini osonlashtirilgan usulda ishlaymiz, generatorlar EYUK va tizim kuchlanishi  $1,05 \cdot U_B$  ga teng deb qabul qilamiz.

$$J_{\text{teng,max}} = \frac{2,1 \cdot U_B}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{21 \cdot 115}{\sqrt{3} (6,68 + 61,3)} = 2,05 \text{ kA};$$

1 ta KES agregatining nosinxron ulash toki:

$$J_{\text{nosinx}} = \frac{J_{\text{teng,max}}}{2} = \frac{2,05}{2} = 1,025 \text{ kA.}$$

Kuchlanishning bazis qiymatiga keltirilgandagi KES generatorining nominal toki:

$$J_{\text{Nom}} = \frac{S_{\text{Nom}}}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,15 \text{ kA};$$

Nosinxron ulash tokining ruxsat etilgan turtkisi:

$$J_{\text{Rux}} = \frac{0,625}{X_d''} \cdot J_{\text{Nom}} = \frac{0,625}{0,125} \cdot 0,15 = 0,75 \text{ kA.}$$

L-1 liniya L-7 liniyaga nisbatan qisqa. Shuning uchun unda NAQU ham o‘tmaydi. Bulardan kelib chiqib, L-6 va L-7 liniyalarda qarama-qarshi kuchlanish yo‘qolishini boshqaruvchi va sinxronizmni tekshiruvchi (kutuvchi) o‘rnatish zarur.

Bu AQUlar o‘rnatmalarini tanlaymiz. Vaqt rele o‘rnatmasi xuddi L-1-L-5 liniyalar AQU bilan minimal kuchlanish relesi o‘rnatmasi:

$$U_{o'v.min} \leq 0,5 \cdot U_{Nom} / K_{KT}$$

$U_{o'v.min} = 0,3 \cdot U_{Nom} / K_{KT}$  deb qabul qilamiz. Unda, transformatsiya koeffitsiyenti

$$K_{KT} = \frac{110000 / \sqrt{3}}{100} = 1100 / \sqrt{3} \text{ bo'lgan NKF-110-1 tipidagi kuchlanish transformatorini}$$

tanlaymiz.

EUL o'ratmasida

$$U_{o'v.min} = 0,3 \cdot \frac{115000}{\sqrt{3} \cdot 1100 / \sqrt{3}} = 32V \text{ ni topamiz.}$$

Sinxronizmni boshqaruvchi rele o'ratmasi:

$$\delta_{o'v} = \frac{t_{AQU} \cdot \delta_{rur}}{K_f [(1 + K_K) \cdot t_{UV} + t_{AQU}]} = \frac{0,82 \cdot 60}{1,1 [(1 + 0,8) \cdot 0,18 + 0,82]} = 39^{\circ}$$

### Nazorat savollari:

1. AQU sxemalariga qanday talablar qo'yiladi. Ularni izohlang.
2. Bir tomonlama ta'minotli liniyalarda AQUning qaysi turlari ishlatiladi?
3. AQU sxemasida bir marotabalik ishlash qanday bajariladi?
4. AQU ning sabr (kechiktirish) vaqti nimaga bog'liq?
5. RPV-58 relesida termik chidamli vaqt relesi nega ishlatilgan?
6. RPV-58 relesining sxemasida kondensatoming zaryadlanish vaqti nimaga bog'liq?
7. RPV - 58 sxemasida KL oraliq relesi nega ikkita chulg'amga ega?
8. AQU sxemasidagi boshqarish kalitining ishini tushuntirib bering. Boshqarish kaliti yordamida uzgich o'chirilganda nega AQU bo'lmaydi?
9. Ikki qaytalik AQU qanday holatlarda ishlatiladi?
10. Ikki qaytalik AQU sxemasidagi vaqt relesida nega ikkita kontakt mavjud? Ularning sabr vaqti qanday tanlanadi?
11. Ikki qaytalik AQU sxemasidagi KL oraliq relesida "o'z-o'zini ushlab" prinsipi nima maqsadda ishlatiladi?
12. Ikki tomonlama ta'minotli liniyalar AQUsining bir tomonlama ta'minotli liniya AQUsidan prinsip nuqtayi nazaridan farqi nimada?
13. Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarda nosinxron AQU va tez ishlovchi AQU qaysi holatlarda ishlatiladi?
14. Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarning AQU sxemasida RKS relesi nima uchun kerak va qanday ishlaydi?
15. Ikki tomonlama ta'minotli liniya bir tomondan o'chganda AQU nega bo'lmashligi shart? Bu qanday bajariladi? Bunday holatda liniyani qanday ulash kerak?

16. Ikki tomonlama ta'minotli liniyalarda muvaffaqiyatsiz AQU bo'lganda (turg'un qisqa tutashuvga qayta ulash) liniyaning har bir tomonida bir marotabalik AQU bajarilishi qanday ta'minlab beriladi?

17. Bir fazalik AQUning uch fazalik AQUga nisbatan afzalliklari nimadan iborat?

18. Bir fazalik AQU sxemasi faqatgina shikastlangan fazaning uzgichini qanday o'chiradi?

19. Bir fazalik AQU sxemasida o'chirilgan uzgichning avtomatik qayta ulanishi qanday bajariladi?

20. Bir fazalik AQU sxemasi fazalararo qisqa tutashuvlarda qanday ishlaydi? Bunday holatda bir fazalik AQU sxemasi o'chirilgan uzgichlarni avtomatik qayta ulanishini nega bajarmaydi? Bunday holatda AQU qaysi sxema yordamida bajariladi?

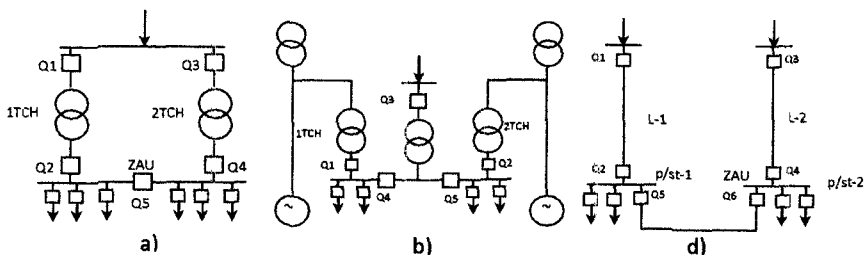
## IV BOB. ZAXIRANI AVTOMATIK ULASH (ZAU)

Podstansiyalar ikki va undan ko'proq manbalardan ta'minlansa, iste'molchilar ta'minotining ishonchligi jiddiy ravishda ko'tariladi.

Lekin bir qator hollarda ikki va undan ko'proq manbalardan bo'lishiga qaramasdan elektr ta'minotini bir manbadan bajarish ma'qulroq bo'ladi. Buning hisobiga qisqa tutashuv toklarini kamaytirishga, releli himoyani soddalashtirishga, toklar nojo'ya taqsimlashining oldini olishga erishish mumkin.

Manbalardan biri avariya yoki o'chqanda iste'molchilar ta'minoti uzilmasligi uchun shinalarda kuchlanish yo'qolishi bilan avtomatik holda uzgichlar qo'shib, iste'molchilarga boshqa manbadan ta'minot berish zanjirlarini ulaydi.

Buni bajaruvchi qurilmalar zaxirani avtomatik ulash (ZAU) qurilmalari deb ataladi. Quyida ZAU sxemalarining bir nechta turlari ko'rsatilgan.



**4.1-rasm. Zaxirani avtomatik ulash sxemalari**

**a:** Seksion uzgich Q5 normal holatda o'chirilgan. 1TCH va 2TCH o'z ehtiyojlar transformatorlari o'zining seksiyalariga ta'minot beryapti. Birorta seksiyada kuchlanish yo'qolsa, ZAU qurilmasi Q5 uzgichini ulaydi va shu seksiyaga ta'minot berilishini tiklaydi. Q5 ulangunga qadar ZAU qurilmasi Q2 (yoki Q4)ni o'chiradi.

**b:** Elektr stansiyasining o'z ehtiyojlar shinalarining birinchi seksiyasida kuchlanish yo'qolsa, ZAU qurilmasi Q1ni uzib, Q3 va Q4 larni ulaydi. Kuchlanish ikkinchi seksiyada yo'qolsa, Q2ni o'chirib, Q3 va Q5 larni ulaydi.

**d:** 2-podstansiyada kuchlanish yo'qolsa, ZAU qurilmasi Q4 uzgichini o'chirib, Q6 uzgichini ulaydi va shu tufayli podstansiya ta'minotini L-3 liniyasi tomonidan tiklaydi.

### 4.1. ZAU qurilmalariga qo'yilgan talablar

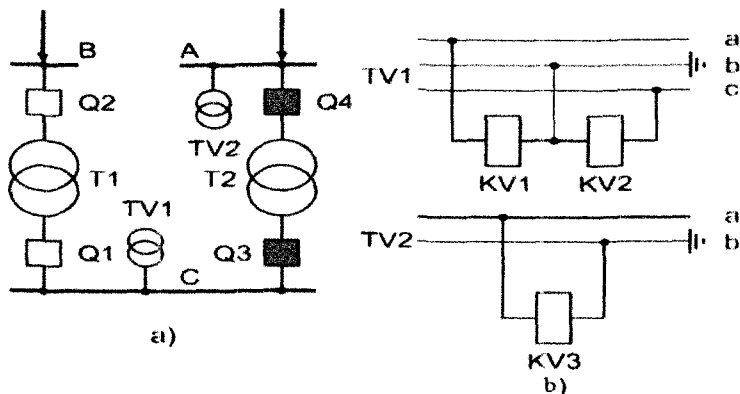
- Shinalarda kuchlanish yo'qolishining sababiga bog'liq bo'lmagan holda, har qanday kuchlanish yo'qolishida zaxirani avtomatik ulash bajarilishi shart.
- ZAU bir karra ishlashi shart.

- Tez ishlash. ZAU qurilmasidagi vaqt releining oʻrnatilishi odatda  $0,3 \pm 0,8$  soniyadan oshmaydi.
- Zaxira tarafida kuchlanish boʻlmasa, ZAU ishlamasligi shart.

Ikki transformatorli podstansiya misolida ZAUning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqamiz (4.2-rasm).

Normal holatda isteʼmolchilarning taʼminoti T1 ishchi transformator orqali bajariladi.

T2 zaxira transformatori oʻchirilgan va avtomatik zaxira holatidadir.



4.2-rasm. Ikki transformatorli podstansiya uchun ZAU sxemasi

Kuchlanish yoʻqolishining quyidagi (4.3-rasm) turli hollarini koʻrib chiqamiz.

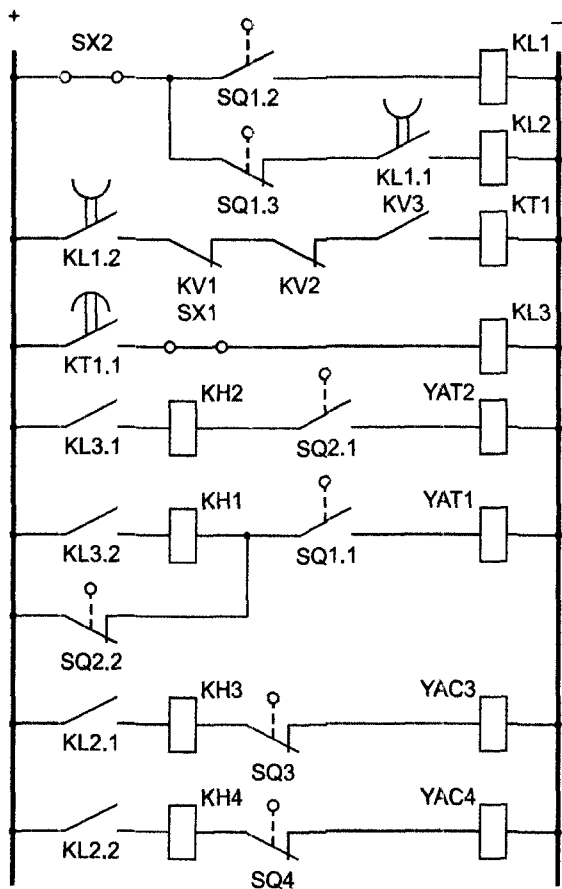
1. T1 transformatorining Q1 uzgichi turli sabablar boʻyicha oʻchganda, uning SQ1.2 blok-kontakti KL1 oraliq releli chulgʻaminin zanjirini uzadi. Buning oqibatida uzgich ulangan paytida oʻzakga tortilib turgan KL1 relelining yakori qoʻyib yuboriladi, lekin uning kontaktlari bir qancha sabr vaqtdan soʻng ajraydi.

Q1 uzgichi oʻchganda uning SQ1.3 ikkinchi blok-kontakti KL2 oraliq relelining hali uzilishga ulgurmagani KL1.1 kontakti orqali KL2 oraliq relelining chulgʻamiga operativ tokning “plyusini” beradi. U oʻz navbatida qoʻshilib, oʻzining kontaktlari orqali YAC3 va YAC4 uzgichlarining ulash kontaktorlariga taʼsir qiladi va zaxiradagi transformatorning Q3 va Q4 uzgichlarini ulaydi.

Belgilangan sabr vaqti oʻtgach, KL1 oraliq releli kontaktlarini ajratadi va KL2 relelining chulgʻam zanjirini uzadi.

Shu tufayli, mabodo, ZAU qurilmasi yordamida zaxira transformatori turgʻun qisqa tutashuvga ulansa, u himoyadan oʻchadi, lekin qayta ulanmaydi. Demak, KL1 releli ZAU ning bir karra ishlashini taʼminlab berar ekan va shuning uchun uni bir karra ulab berish releli deb atashadi.

Faqatgina normal sxema tiklanib, ya'ni Q1 uzgichi ulanib, uning SQ1.2 blok-kontakti qo'shilgandan so'ng, KL1 rele si o'zining kontaktini qayta qo'shadi va ZAU sxemasini qayta ishlashga tayyorlab qo'yadi. Q3 va Q4 uzgichlari ishonarli ulanishga ulgurishi uchun KL1 rele si kontaktlarining ajralishga sabr vaqti uzgichlarning ulanish vaqtiga nisbatan kattaroq bo'lishi kerak. Yuqorida ishchi transformatorning Q1 uzgichi o'chganda ZAU sxemasining ishlashi ko'rib chiqildi.



4.3-rasm. Kuchlanish yo'qolishining turli hollarida ZAU sxemasi

2. Shu bilan birga ishchi transformatorning yuqori tarafidagi Q2 uzgichi o'chib qolish ehtimoli borligini ham e'tiborda tutish kerak. Bunday holatda ham C podstansiyasi iste'molchilari ta'minotini yo'qotishadi.

ZAU sxemasining bu holatda ham ishlashi uchun Q2 o'chganda uning SQ2.2 blok-kontakti orqali Q1 uzgichining YAT1 o'chirish chulg'amiga impuls beriladi.

Ishchi T1 transformatorining Q1 uzgichi o'chgandan so'ng ZAU sxemasi ishga tushib ketib, yuqorida ko'rib chiqilgan ketma-ketlikda ishlaydi.

**3. Birorta sababga ko'ra B podstansiyasining yuqori kuchlanish shinalari kuchlanishsiz qolsa, iste'molchilar bu holatda ham ta'minotsiz qoladi.**

Bunda ZAU sxemasi ishlamaydi, chunki ishchi transformatorning ikkala uzgichi ulanganligicha qoladi. Bu holatda ham ZAU ni ishlatish uchun KV1, KV2, KV3 va KL3 relelarini tarkibiga olgan minimal kuchlanish bo'yicha ishga tushish maxsus organi ko'zda tutilgan.

B podstansiyasining shinalarida kuchlanish yo'qolganda (demak, C podstansiyasida ham kuchlanish yo'q), TV1 kuchlanish transformatoriga ulangan KV1 va KV2 kuchlanish relelari o'z kontaktlarini ulab, KV3 relesining kontakti orqali KT1 vaqt relesining chulg'amiga operativ tokning plyusini yetkazib beradi.

KT1 relesi ishga tushib, belgilangan sabr vaqti o'tgach, KL3 chiqish oraliq relesi chulg'amiga ta'minot beradi va u ishchi transformatorning Q1 va Q2 uzgichlarini o'chiradi. Q1 o'chgach, ZAU sxemasi yuqorida ko'rib chiqilgan ketma-ketlikda ishlaydi.

Agar A podstansiyasida T2 zaxira transformatorining yuqori kuchlanish shinalarida kuchlanish bo'lmasa, unda oldindan ma'lumki, ZAU ishlashi behuda bo'ladi. Minimal kuchlanish bo'yicha ishga tushish organidan T1 transformatori bekorga o'chirilishining oldini olish maqsadida, sxemada KV3 kuchlanish relesi ko'zda tutilgan. KV3 relesi T2 kuchlanish transformatoriga ulangan va kuchlanish bo'lmaganda u o'zining kontaktini ajratib yuboradi. Shu tufayli KV1 va KV2 relelaridan KT1 vaqt relesi chulg'amiga zanjir uziladi. ZAU sxemasi ishga tushmaydi.

#### **4.2. Zaxirani avtomatik ulash (ZAU) qurilmasining o'rnatmalarini hisoblash**

##### **Bir martalik ulovchi rele.**

Bir martalik ulovchi oraliq relesining vaqtini  $t_{bu}$  uning chulg'amidan kuchlanishni olish vaqtidan boshlab kontaktlarni ochishgacha oraliqda ushlab turish kerak, ya'ni zaxiradagi manbani ulovchi uzgichning vaqtidan ozgina qo'shimcha zaxira bilan bo'lishi kerak:

$$T_{bu} = t_{uz} + t_{zak}, \quad (4.1)$$

bu yerda:

$t_{uz}$  – uzgichning zaxiradagi quvvat manbayini ulash vaqti (agar uzgichlar ikkita bo'lsa, ulash vaqti kattarog'i olinadi);

$t_{zak}$  – zaxira vaqti, 0,3-0,5 s ga teng deb olinadi.

**Past kuchlanishni ishga tushiruvchi qismi.**



Ishga tushiruvchi elementni bajarishdagi past kuchlanish relesining ishlab ketish kuchlanishi shunday tanlanadiki, bunda ishga tushiruvchi element kuchlanish to'liq yo'qolgandagina ishga tushishi va elektr dvigatellarining o'zini ulashi hamda qisqa tutashuv natijasida hosil bo'ladigan kuchlanish pasayishlarida harakatga kelmasligi lozim. Minimal kuchlanish relesining ishga tushish kuchlanishini (rele ning yakori qaytishidagi kuchlanish) shartlarini bajarish uchun quyidagilar bo'lishi lozim:

$$U_{C.P.} = \frac{U_{OCT.K.}}{k_H n_H};$$

$$U_{C.P.} = \frac{U_{3All}}{k_H n_H}, \quad (4.2)$$

Bu yerda:  $U_{qol.QT-QT}$  dagi qoldiq kuchlanishning eng kichik hisobiy qiymati;

$U_{zax}$  – elektr motorlarining o'z-o'zidan ishga tushgandagi eng kichik kuchlanish;

$k_i$  – ishonchlilik koeffitsiyenti, 1.1-1.2 ga teng olinadi;

$n_k$  – kuchlanish transformatorining transformatsiyalash koeffitsiyenti.

Eng kichik qoldiq kuchlanishni topish uchun elektr motorlarini o'z-o'zidan ishga tushishidagi va uch fazali QT dagi hisoblari olinadi. Formulalarga asoslanib topilgan ishlab ketish kuchlanishining eng kichik qiymati tanlab olinadi.

Ko'pgina hollarda, ikkala shart ham teng ishlaydigan quyidagi kuchlanish bilan qondiriladi:

$$U_{ish.t} = (0,25 \div 0,40) U_{nom}, \quad (4.3)$$

Bu yerda:  $U_{nom}$  – elektr qurilmasining nominal kuchlanishi.

Shuning uchun, odatda, ishlab ketish kuchlanishini formulaga asosan qabul qilish mumkin. Minimal kuchlanishli ishga tushiruvchi elementlarning sxemalarida o'ratma chegarasi 15-60 V va 110 hamda 220 V kuchlanish ostida uzoq muddatli ishlashga ruxsat beruvchi RN-53/60 D tipidagi issiqlikka chidamli rele tanlanadi.

### **Zaxira quvvat manbayida kuchlanish mavjudligini nazorat qiluvchi rele.**

Ushbu rele ning ishga tushish kuchlanishi minimal ishchi kuchlanishdan o'chish shartiga muvofiq quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U_{C.P.} = \frac{U_{paf.ome}}{k_H k_B n_H}, \quad (4.4)$$

Bu yerda:  $U_{ish.min}$  – minimal ishchi kuchlanish;

$k_i$  – ishonchlilik koeffitsiyenti, 1.2 ga teng;

$k_q$  – relening qaytish koeffitsiyenti.

### Nazorat savollari:

1. Bir necha tomonlama ta'minotli podstansiyalarda bir tomonlama ta'minotli sxemalari nimaga ishlatiladi?
2. ZAU ning vazifasi nimadan iborat?
3. ZAU uskunalariga qanday talablar qo'yiladi? Ularni izohlang.
4. Ta'minot transformatori past kuchlanish tarafidan o'chganda ZAU sxemasi qanday ishlaydi?
5. ZAU sxemasining bir marotabalik ishlashi qanday bajariladi?
6. ZAU sxemasida bir marotabalik ulash relesi kontaktlarining ajratilish sabr vaqti qanday talablarga javob berishi kerak?
7. Podstansiyaning asosiy (ishchi) transformatori yuqori kuchlanish tarafidan o'chganda ZAU sxemasi qanday ishlaydi?
8. ZAU sxemasida minimal kuchlanishdan ishga tushish organining vazifasi nimadan iborat?
9. Ta'minlovchi liniya tarafidan kuchlanish yo'qolganda ZAU sxemasi qanday ishlaydi?
10. Ta'minlovchi liniya tarafidan kuchlanish yo'qolganda ZAU sxemasining ishga tushishi KT1 relesidagi belgilangan sabr vaqtdan so'ng nega bajariladi?
11. Zaxira tomonida kuchlanish bo'lmaganda ZAU sxemasining ishlashi qanday bartaraf etiladi?

## V BOB.

### SINXRON GENERATORLARNING QO'ZG'ATISHINI AVTOMATIK ROSTLASH (QAR)

Elektr qurilmalarning tuzilish qoidalariga (ETQ) muvofiq energetika tizimidagi barcha sinxron generatorlar va kompensatorlar qo'zg'atishni avtomatik rostdash (QAR) qurilmalari bilan jihozlangan bo'lishi kerak.

QAR qurilmalari energotizimning asosiy tugunlarida kuchlanishni belgilangan chegaralarda ushlab turish, energotizimning statik va dinamik turg'unligini oshirish uchun mo'ljallangan.

QAR qurilmalari yordamida elektr stansiya generatorlaridaro reaktiv quvvatning talab etilgan taqsimlanishi va releli himoyaning sezgirligini oshirilishi bajariladi.

#### 5.1. Proporsional tipdagi qo'zg'atishni avtomatik rostlagich (QAR-P)

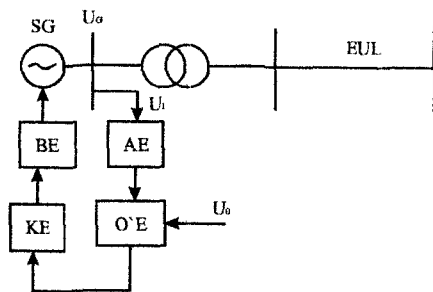
QARning strukturaviy sxemasi bilan tanishamiz (5.1-rasm).

Faraz qilaylik, biror sababga ko'ra generatoming kuchlanishi  $U_G$  kamaydi. Ushbu o'zgarish aylantirish elementiga (AE) uzatiladi. Uzatilgan kuchlanish o'zgarish kattalikka aylantiriladi va o'lchov elementiga (O'E) uzatilib, real kuchlanish  $U_0$ , etalon yoki nominal kuchlanish bilan solishtiriladi va  $\Delta U = U_G - U_0$ , ya'ni kuchlanishlar farqi topiladi.  $\Delta U$  ning kattaligi va ishorasiga bog'liq ravishda kuchaytirish elementi (KE) bilan qayta ishlanuvchi signal ishlab chiqariladi, keyin esa ta'sir bajaruvchi elementga (BE) uzatiladi. Generatoming qo'zg'atish toki kuchlanishini rostdash  $\Delta U = 0$  shart bajarilguncha davom etadi, yani generator kuchlanishi nominal (etalon) yoki boshlang'ich holatga qaytguncha davom etadi. E'tiborga olish kerakki, rostdash tizimining turidan qat'i nazar kuchaytirish elementi – ostki qo'zg'atkich, bajaruvchi element esa qo'zg'atkichdir.

Agar o'lchov elementi  $U_G$  kuchlanishning har qanday kichik o'zgarishini sezsa, yani yuqori sezgirlikka ega bo'lsa, bu QAR sezmaslik zonasi mavjud bo'lmagan tizim deb yuritiladi.

Agar o'lchov elementi mexanik qurilmalarni o'z ichiga olsa va inersionligi hisobiga  $U_G$  ning kichik o'zgarishlarini sezmasa, u holda ushbu QAR sezmaslik zonasiga ega tizim deb yuritiladi.

Ushbu toifaga mansub qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari holat parametrlarining o'zgarishiga muvofiq ishlaydi va shu sababli "proporsional tipdagi qo'zg'atishni rostdash" deb yuritiladi (5.1-rasm).



5.1- rasm. Sinxron generator qo'zg'atishini avtomatik rostlashning strukturaviy sxemasi

Holatning rostlanayotgan parametrining ishorasi va kattaligini sezuvchi avtomatik qo'zg'atishli rostlagichlar (QAR-P) proporsional tipdagi rostlagichlar deyiladi.

Energetika tizimlari bilan uzun EUL orqali bog'langan zamonaviy katta elektr stansiyalari generatorlarida ancha murakkab QAR, ya'ni (QAR-K) kuchli ta'sir etuvchi rostlagichlar qo'llaniladi. Ushbu QAR generatorning qo'zg'atish toki va kuchlanishini murakkab qonun bo'yicha rostlaydi. Ular  $U_G$  va  $I$  ning nafaqat ishorasi va kattaligi, balki ularning o'zgarish tezligini va tezlanishini ham sezadi. Fizik jihatdan bu generatorning, ortidagi EYuKni o'zgarimas deb hisoblash mumkin bo'lgan, refaol qarshiligini kompensatsiyalashni bildiradi.

Ushbu holatda bu o'tkinchi qarshilik ortidagi o'tkinchi EYuKdir. Hisoblarda bu hol quyidagicha yoziladi:  $E' = const, X_d$

QAR sxemasidagi har bir element rostlagichning dinamik xossasini karakterlovchi xususiy vaqt doimiysi va kuchaytirish koeffitsiyentiga ega.

O'tish holatlarida EYuKni ikkita tashkil etuvchidan iborat qilib tasvirlash mumkin:

$$\Delta E_q = \Delta E_{qsv} + \Delta E_{qce}, \quad (5.1)$$

bu yerda  $\Delta E_{qsv} = T_{dc} p \Delta E'_q$  - erkin toklar hosil qiluvchi EYuK;  $\Delta E_{qce}$  - qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'amiga qo'yilgan EYuK.

Quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta E_{qce} = E_{qo} - E_{qce} = -\Delta U_v = K_v \Delta i_{qq}, \quad (5.2)$$

bu qo'zg'atkichning qo'zg'atish chulg'amiga qo'yilgan EYuK va bu chulg'amdagi tok  $i_{qq}$  ning o'zgarishi natijasida generatorning qo'zg'atish tokini o'zgarishini hisobga oladi.

$i_{qq}$  va EYuKning o'zgarishi quyidagi munosabatga muvofiq amalga oshadi:

$$\Delta e = R_c \Delta i_{\text{qq}} + L \cdot \frac{d(\Delta i_{\text{qq}})}{dt} = \Delta i_{\text{qq}} (R_c + L_c p), \quad (5.3)$$

bu yerda  $R_c, L_c$  – qo‘zg‘atish chulg‘amining parametrlari (bajaruvchi element).

Yuqoridagidan:

$$\Delta i_{\text{u}} = \frac{\Delta e}{(R_v + L_v \cdot p)} = \frac{\Delta e}{R_c (1 + T_v \cdot p)}, \quad (5.4)$$

bu yerda  $T_v = \frac{L_v}{R_v}$  – qo‘zg‘atkich qo‘zg‘atish chulg‘amining ekvivalent vaqt

doimiysi.

(5.3) ni (5.4) ga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta E_{\text{qe}} = \frac{k_v \cdot \Delta e}{R_v (1 + T_v \cdot p)} = \frac{k_v \cdot \Delta e}{(1 + T_v \cdot p)}, \quad (5.5)$$

bu yerda  $k_v = \frac{R_c}{R_v}$  – bajaruvchi elementning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Kuchaytirgich, shuningdek, vaqt doimiysi  $T_u$  va kuchaytirish koeffitsiyenti  $K_u$  parametrlariga ega bo‘lgan inersion elementdir. Bunga mos ravishda

$$\Delta e = \frac{K_u \cdot \Delta U}{1 + T_u \cdot p}. \quad (5.5)$$

Bundan keyin o‘lchash, almashtirish va o‘zgartirish elementlarini mos kuchaytirish koeffitsiyenti  $K_n$  va vaqt doimiysi  $T_u$  bilan bir butun va

$$\Delta U = \frac{K_n \cdot (-\Delta U_r)}{1 + T_u \cdot p}, \quad (5.6)$$

deb qarash mumkin.

(5.6) va (5.3) ni (5.4a) ga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta E_{\text{qe}} = \frac{K_u \cdot (-\Delta U_r) \cdot K_n \cdot K_c}{(1 + T_u \cdot p) \cdot (1 + T_v \cdot p) \cdot (1 + T_e \cdot p)} = \frac{K_{\text{uq}} \cdot (-\Delta U_r)}{(1 + T_u \cdot p) \cdot (1 + T_v \cdot p) \cdot (1 + T_e \cdot p)};$$

$$\Delta E_{\text{qe}} = \gamma(p) \cdot \Delta U_r, \quad (5.7)$$

bu yerda  $\gamma(p) = \frac{-K_{ou}}{(1+T_u \cdot p) \cdot (1+T_n \cdot p) \cdot (1+T_e \cdot p)}$  – roslash tizimi parametrlariga

bog‘liq bo‘lgan funksiya.

$K_{ou} = K_u \cdot K_n \cdot K_e$  – tizimning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Barqaror holatda holat parametrlarining, roslash tizimini ishga tushiruvchi, og‘ishlari mavjud emas ( $r=0$ ). Shu sababli,

$$\Delta E_{qe} = -K_{ou} \cdot \Delta U_r; \quad \Delta U_r = U_r - U_{r0}.$$

$\Delta E_{qe} = E_{qe} - E_{qe0}$  bo‘lganligi sababli kuchaytirish koeffitsiyentini quyidagicha topish mumkin:

$$K_{ou} = \frac{-\Delta E_{qe}}{\Delta U_r} = \frac{E_{qe} - E_{qe0}}{\Delta U_r}. \quad (5.8)$$

$E_{qe} = E_{qe0} - \frac{\partial E_q}{\partial U_r} \cdot \Delta U_r$  bo‘lganligi sababli,

tizimning kuchaytirish koeffitsiyenti esa

$$K_{ou} = -\frac{\partial E_q}{\partial U_r}.$$

Bunday  $K_{ou}$  ga ega bo‘lgan roslagichli tizim turg‘un ishlay olishi mumkinligini tekshirish uchun roslanuvchi tizim ishini ifodalovchi tenglamalarni turg‘unlik bo‘yicha tahlil qilish lozim.

$$\Delta E_q = \Delta E_{qe} + \Delta E_{qe} = T_{do} p \cdot \Delta E'_q + \gamma(p) \cdot \Delta U_r$$

$$T_j p^2 \Delta \delta = -\Delta P;$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{Bq}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{Bq}}{\partial E_q} \cdot \Delta E_q = c_1 \cdot \Delta \delta + e_1 \cdot \Delta E_q. \quad (5.9)$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{E_q}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{E_q}}{\partial E_q} \cdot \Delta E'_q = c_2 \cdot \Delta \delta + e_2 \cdot \Delta E'_q$$

$$\Delta P = \frac{\partial P_{U_r}}{\partial \delta} \cdot \Delta \delta + \frac{\partial P_{U_r}}{\partial U_r} \cdot \Delta U_r = c_3 \cdot \Delta \delta + e_3 \cdot \Delta U_r,$$

$$\text{bu yerda } c_1 = \frac{\partial P_{\varepsilon q}}{\partial \delta}; \quad b_1 = \frac{\partial P_{\varepsilon q}}{\partial E_q}; \quad c_2 = \frac{\partial P_{\varepsilon q}}{\partial \delta}; \quad b_2 = \frac{\partial P_{\varepsilon q}}{\partial E_q}; \quad c_3 = \frac{\partial P_{Uq}}{\partial \delta}; \quad b_3 = \frac{\partial P_{Uq}}{\partial U_q} -$$

generatorming salt ishlash EYuK, o'tkinchi EYuK va kuchlanish orqali ifodalangan quvvatining hosilalari.

Bu yerda tenglamalar beshta bo'lib, noma'lumlar ham beshta:  $\Delta\delta$ ,  $\Delta E_q$ ,  $\Delta E'_q$ ,  $\Delta U_g$ ,  $\Delta P$ . Bunga mos holda tenglamalar tizimi yechiladi.  $T_u=0$  va  $T_n=0$  deb hisoblaymiz, ya'ni o'lchagich va rostlagichlarning inersionligini hisobga olmaymiz. Bunday holda soddalashtirilgan xarakteristik tenglama quyidagi to'rtinchi tartibli ko'rinishda bo'ladi:

$$\begin{aligned} & T'_d T'_d T'_j \cdot p^4 + T'_j \cdot (T'_d + T'_e) \cdot p^3 + (T'_j + T'_d \cdot T'_e \cdot c_2 + K_{ou} \cdot T'_j \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2}) p^2 + \\ & + (T'_d c_2 + T'_e \cdot c_1) p + (c_1 + K_{ou} \cdot c_3 \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_3}) = 0 \end{aligned} \quad (5.10)$$

yoki

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0, \quad (5.11)$$

$$\text{bu yerda } a_0 = T'_e T'_d T'_j, \quad a_1 = T'_j (T'_d + T'_e), \quad a_2 = T'_j + T'_d T'_e s_2 + K_{ou} \frac{b_1}{b_3} T'_j,$$

$$a_3 = T'_d c_2 + T'_e c_1, \quad a_4 = c_1 + K_{ou} c_3 \frac{b_1}{b_3},$$

Ushbu tenglamani Gurvis mezoni bo'yicha tadqiq qilamiz. Agar  $T'_d > 0$  bo'lsa,  $a_0$  va  $a_1$  doimo musbat bo'ladi.  $s_2 > 0$  va  $K_{ou} > 0$  bo'lganda  $a_2 > 0$  shart doimo bajariladi.

$a_3 = T'_d c_2 + T'_e c_1 > 0$  bo'lishi uchun  $c_2 > -c_1 \cdot \frac{T'_e}{T'_d}$  bo'lishi zarur.  $s_1$  manfiy bo'lganda

(chegaraviy holatlarda)  $s_2 > 0$  bo'ladi.

$$a_4 = c_1 + K_{ou} c_3 \frac{\sigma_1}{\sigma_3} > 0 \text{ shart } K_{ou \min} = \frac{(-c_1) \sigma_3}{c_3 \sigma_1} \text{ bo'lishini talab etadi, ya'ni qiymati}$$

qandaydir minimal ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lgan kuchaytirish koeffitsiyenti o'rnatilgan bo'lishi talab etiladi.

$U_g$  ni tutib turish uchun katta qiymatga ega bo'lgan kuchaytirish koeffitsiyenti  $K_{ou \max}$  kerak bo'ladi, biroq  $K_{ou}$  ning haddan tashqari ortib ketishi  $\Delta g$ urning kamayishiga olib keladi. Shu sababli qo'zg'atishni kuchaytirish koeffitsiyentini

$$K_{ou \min} \leq K_{ou} \leq K_{ou \max} \quad (5.12)$$

oraliqda olish lozim.

Bu yerda  $K_{ou\ min} = \frac{|-c_1|}{c_3} \cdot \frac{b_3}{b_1}$ ,

$$K_{ou\ max} = \left[ \frac{(c_2 - c_1)}{(c_3 - c_2)} \cdot \frac{b_3}{b_1} \left( 1 + \frac{T_e^2}{T_j} \cdot \frac{(T_d' c_2 + T_e c_1)}{(T_d' + T_e)} \right) \right] \left( 1 + \frac{T_e}{T_d'} \cdot \frac{(c_3 - c_1)}{(c_3 - c_2)} \right) \quad (5.13)$$

Agar kuchlanishning og'ishiga bog'liq holda ishlovchi QAR mavjud bo'lganda  $K_{ou} < K_{ou\ min}$  bo'lsa, u holda burchakning monoton oshib borishi bilan xarakterlanuvchi turg'unlikning elektromexanik buzilishi, ya'ni turg'unlikning aperiodik buzilishi sodir bo'ladi.

$K_{ou} > K_{ou\ max}$  bo'lganda ham statik turg'unlikning elektromexanik buzilishi sodir bo'lib, u tebranuvchan xarakterda bo'ladi, ya'ni tizim o'z-o'zidan chayqaladi.

Belgilash lozimki, proporsional tipdagi QARni ishlatish tajribalari asosida bu koeffitsiyentning, generatorni har xil holatlarida kuchlanishni tutib turishning katta aniqligi va uzatiluvchi quvvat chegarasining ortishi ta'minlanadigan qiymatlari  $K_{ou} \geq 25-50$  (qo'zg'atish birligi/kuchlanish birligi) oraliqda aniqlangan.

Kuchlanishning birligi sifatida generatorning nominal kuchlanishi, qo'zg'atish birligi sifatida, salt ishlash holatida kuchlanishning nominal qiymati  $U_G$  ni ta'minlovchi, generator qo'zg'atishining stator chulg'amiga keltirilgan qiymati qabul qilinadi.

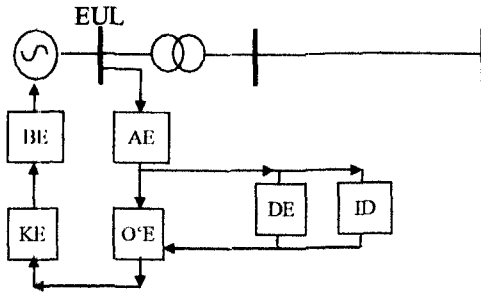
Elektr tizimlarining holatlarini, xususan, og'ir holatlarini, tadqiq qilishda proporsional tipdagi QARning mavjudligi, soddalashtirish maqsadida, o'tkinchi qarshilik ortidagi o'zgarmas o'tkinchi EyUK orqali tasvirlanadi. Bunday QARning mavjudligi generatorning ichki qarshiligini qisman kompensatsiyalashga ekvivalent bo'lib, u sinxron generatorning burchak xarakteristikasi maksimumini ortishida ifodalanadi.

Shunday qilib, proporsional tipdagi QARga ega bo'lgan generatorning turg'un ishlashi uchun holat parametrlarining og'ishi bo'yicha rostlash kanallaridagi kuchaytirish koeffitsiyentlari  $K_{op\ min} < K_{op} < K_{op\ max}$  shart bo'yicha tanlanishi lozim.

Bu shartning buzilishi turg'unlikning aperiodik ( $K_{op} < K_{op\ min}$ ) yoki tebranma ( $K_{op} > K_{op\ max}$ ) buzilishiga olib keladi.



## 5.2. Kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishli avtomatik rostlagich QAR-K ( $U_G = o'zgarimas$ )



5.2- rasm. Kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishli avtomatik rostlagichning strukturaviy sxemasi QAR-K

Holat parametrlarining nafaqat og'ishi, balki ularning o'zgarish tezligi, ya'ni ularning birinchi va ikkinchi tartibli hosilalari bo'yicha ishlovchi qo'zg'atishning avtomatik rostlagichlari kuchli ta'sir etuvchi qo'zg'atishni avtomatik rostlagichlar deb yuritiladi (QAR-K) (5.2-rasm). Bunday QARni "kuchli" deb yuritilishiga sabab shundan iboratki, ular berilgan holat parametrlari, masalan, generator kuchlanishini, generatorning ichki qarshiligini to'liq kompensatsiyalab, o'zgarimas tutib tura oladi. Shu sababli hisoblashlarda QAR-K generator kuchlanishining o'zgarimasligi bilan tasvirlanadi.

QAR-K elektr tizimining statik turg'unligini katta miqdorga yaxshilash imkonini beradi. QAR-P va QAR-K larning strukturaviy sxemalarini solishtirib, kuchli ta'sir etuvchi rostlagichlarda holat parametrlarining ( $\Delta U'$ ,  $\Delta I'$ ,  $\Delta f$ ,  $\Delta U''$ ,  $\Delta I''$ ,  $\Delta f'$ ) birinchi (DE) va ikkinchi (I DE) hosilalariga mos signallar ishlab chiqaruvchi qo'shimcha kanallar mavjudligini ko'ramiz.

Albatta, yangi kanallarning paydo bo'lishi va QAR tizimining qo'shimcha elementlarini hisobga olish tenglamalar tuzishdagi mehnat hajmini, ularning tartibini oshiradi va, eng asosiy, ularni analitik tadqiq qilish, hattoki bitta sinxron generator mavjud bo'lganda ham imkonini yo'qotadi.

Masalan, generator kuchlanishi va tokining og'ishi ( $\Delta U$ ,  $\Delta I$ ), ularning birinchi va ikkinchi tartibli hosilalari bo'yicha ishlovchi QAR-K, rostlagichning differensiallovchi va ikki marta differensiallovchi vaqt doimiylari teng bo'lgan taqdirda  $T_1 = T_2 = T_p$ , yettinchi darajali xarakteristik tenglamaga ega bo'ladi. Agar o'lchash va kuchaytirish elementlarining inersionligini hisobga olmasak,  $T_n = T_u = 0$ , u holda xarakteristik tenglama beshinchi darajali bo'ladi:

$$a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5 = 0, \quad (5.14)$$

bu yerda

$$a_0 = T_j T'_d T_e T_p ;$$

$$a_1 = T_j (T'_d T_e + T'_d T_p + T_e T_p) + k_{2i} h_1 ;$$

$$a_2 = T_j (T'_d + T_e + T_p) + T'_d T_e T_p c_2 k_{1i} h_1 ;$$

$$a_3 = T_j + T_e T_p c_1 + T'_d (T_e + T_p) c_2 + k_{ou} T_j \frac{b_1}{b_3} + k_{oi} h_1 + k_{2i} h_2 ;$$

$$a_4 = (T_e + T_p) c_1 + T'_d c_2 + k_{1i} h_2 ;$$

$$a_5 = c_1 + k_{ou} c_3 + k_{oi} h_2 ;$$

$$h_1 = -T_j \frac{(E_q - U \cdot \cos \delta)}{I \cdot X_{\Sigma}^2}$$

$$h_2 = b_1 \frac{U}{X_{\Sigma}} (I_q \cdot \cos \delta + I_d \cdot \sin \delta)$$

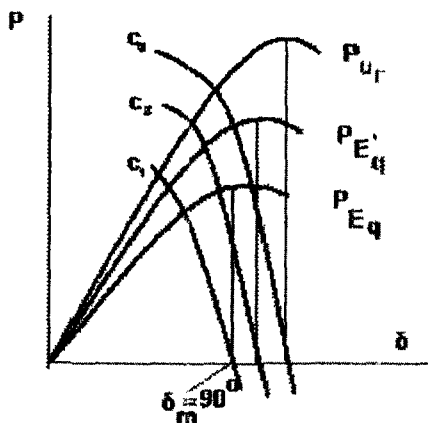
$$I_d = \frac{E_q - U \cos \delta}{X_{\Sigma}} ; \quad I_q = \frac{U}{X_{\Sigma}} \cdot \sin \delta$$

( $I_d$ ,  $I_q$ ) koeffitsiyentlarga kiruvchi holat parametrlari sinxron generatorming vektor diagrammasidan aniqlanadi. Bu yerda  $k_{oi}$  – generator statori tokining og‘ish kanali bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti [qo‘zg‘.birl./nom.tok birl.],  $k_{1i}$  – stator tokining birinchi hosilasi kanali bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti [qo‘zg‘.birl./nom.tok birl./sek.],  $k_{2i}$  – stator tokining ikkinchi hosilasi kanali bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti [qo‘zg‘.birl./nom.tok birl./sek<sup>2</sup>]. Belgilab qo‘yish lozimki, QAR-K da kuchlanish og‘ishi bo‘yicha kuchaytiruvchi koeffitsiyentlar qiymati  $k_{ou} = (100-200)$  [qo‘zg‘.birl./kuchlanish birl.] oralig‘ida joylashgan.

Ko‘rinib turibdiki, xarakteristik tenglamaning koeffitsiyentlari holat, tizim parametrlari va QAR kanallari bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyentlariga bog‘liq.

Keltirilgan munosabatlardan ko‘rinadiki, qabul qilingan soddalashtirishlarda xarakteristik tenglama koeffitsiyentlari, hatto bitta generator mavjud bo‘lganda, murakkablashadi va natijada ulami analitik tadqiq qilish mumkin bo‘lmay qoladi.

Shu sababli, xususan, qo'zg'atish tokini bir nechta holat parametrlari bo'yicha rostdash vaziyatlarida QARning optimal kuchaytirish koeffitsiyentlarini aniqlashda sonli usullar qo'llaniladi.



5.3-rasm. QAR turlicha bo'lganda burchak xarakteristikalari va sinxronlovchi quvvatlarni solishtirish

Mexanik elementlarda teskari ta'sirning mavjudligi va inersionlik ta'sirida paydo bo'luvchi sezmaslik sohasini hisobga olish, tenglamalarni tuzish va tahlil qilishni yanada murakkablashtiradi. Biroq bu faktorlar generatorning turg'un ishlash shartlariga kuchli ta'sir etishi mumkin. Ularni noto'g'ri hisobga olish QAR ning noto'g'ri ishlashi natijasida sinxron generator turg'unligining buzilishiga sabab bo'lishi mumkin.

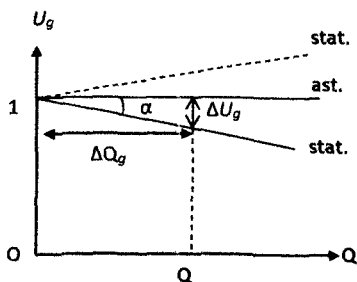
QAR-K ning mavjud bo'lishi burchak xarakteristikasining maksimumini oshiradi, chunki u  $U_g = \text{const}$  va  $X_g = 0$  sharti bilan ifodalanadi (5.3- rasm)

### 5.3. Qo'zg'atishni avtomatik rostdash tavsiflari

Quvvat koeffitsiyenti o'zgarmas ( $\cos\varphi = \text{const}$ ) bo'lganda rostlagich yordamida hosil qilingan  $U_g$  generator kuchlanishini uning reaktiv quvvati  $U_g = f(Q_g)$  yoki tokiga  $U_g = f(I_g)$  bog'lanishi **qo'zg'atishni avtomatik rostdash tavsifi** deb ataladi.

Agar generator kuchlanishi uning reaktiv quvvatiga bog'liq bo'lmasdan o'zgarmas ( $U_g = \text{const}$ ) qolaversa, unda bunday QAR tavsifi **astatik** deb ataladi (5.1-rasm).

Agar generator kuchlanishi  $U_g$  uning reaktiv  $Q$  quvvatiga mos ravishda o'zgarsa, unda bunday QAR tavsifi **statik** deb ataladi. Bu tavsifning gorizontol o'qqa nisbatan

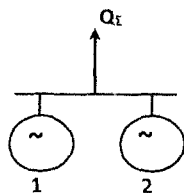


5.4-rasm. QAR tavsiflari

og'ish burchagining tangensi tga **statizm koeffitsiyenti**  $K_s$  deb ataladi.

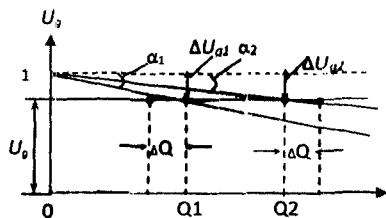
Quyidagi 5.5-rasmda ko'rsatilgan umumiy shinada ishlayotgan generatorlar uchun ularning QAR larini astatik tavsif bo'yicha o'rnatib bo'lmaydi.

Buning sababi shundaki, generatorlararo reaktiv quvvatlarning ixtiyoriy taqsimlanishida kuchlanish o'zgarmas qolaveradi, ya'ni taqsimlanish barqaror bo'la olmaydi.



5.5-rasm. Generatorlarning umumiy generator kuchlanish shinasida ishlash sxemasi

Rostlagichlarni statik tavsiflar bo'yicha sozlaganda,  $U_{g1} = U_{g2} = U_g$  kuchlanishlar tengligidan  $\Delta U = Q_1 \cdot \text{tg} \alpha_1 = Q_2 \cdot \text{tg} \alpha_2$  yoki  $Q_1 / Q_2 = K_{s2} / K_{s1}$  tengligi kelib chiqadi, ya'ni generatorlararo reaktiv quvvat taqsimlanishi rostlagichlarning statizm koeffitsiyentlariga teskari proporsional bo'ladi (5.6-rasm).



5.6-rasm. Qo'zg'atishni rostdlash tavsiflari

Agar birorta turtki sababli bu quvvatlar taqsimlanishi o'zgarib ketsa, masalan, birinchi generatorda  $\Delta Q$  ga kamayib, ikkinchi generatorda  $\Delta Q$  ga ko'paysa, unda  $U_{g1}$  kuchlanishi  $U_{g2}$  kuchlanishidan kattaroq bo'lib qoladi.

Kuchlanishlar farqi oqibatida tenglashtiruvchi tok paydo bo'ladi. Kattaroq kuchlanishli generator kichikroq kuchlanishli generatordan reaktiv quvvatni tortib olishi hisobiga reaktiv quvvatni oshirib boradi.

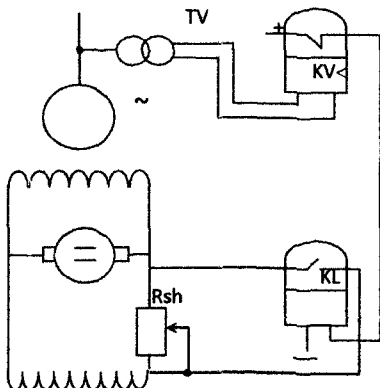
Bu holat ikkala generatorlar kuchlanishlari teng bo'lmagunga qadar, ya'ni reaktiv quvvatlar taqsimlanishi dastlabki holatga qaytmaguncha davom etadi.

#### 5.4. Qo'zg'atishni avtomatik rostdlash qurilmalari

Sinxron mashinalar QAR qurilmalarining orasidagi eng soddasi **releli qo'zg'atishni jadallashtirish** (5.7-rasm) qurilmasidir.

Kuchlanish (0,7-0,85)  $U_{nom}$ -gacha pasayganda, generator chiqishidagi TV kuchlanish transformatoridan ta'minot oluvchi  $KV <$  minimal kuchlanish relesi ishga tushadi (kontaktlarini qo'shadi). KL oraliq relesi ta'minot olib, qo'zg'atgichning qo'zg'atish zanjirida joylashgan  $R_{sh}$  shunt reostatini o'z kontaktlari bilan shuntlab qo'yadi.

Bu esa qo'zg'atgichning qo'zg'atish tokini, uning yakoridagi kuchlanishni, generatorming rotor tokini va stator EYuK ini maksimal, chegaraviy qiymatgacha ko'tarilishiga olib keladi. Buning oqibatida parallel ishlashning dinamik turg'unligi, qisqa tutashuv toklarining darajasi va releli himoyaning sezgirligi oshadi.



5.7-rasm. Releli qo'zg'atishni jadallashtiruvchi QAR qurilmasining sxemasi

Kuchlanish qaysi darajada pasayishiga qaramasdan, qo'zg'atishni jadallashtirish qurilmasi generator qo'zg'atishini chegaraviy qiymatgacha ko'taradi va shu sababdan kuchlanishni o'zgarmas qiymatda ushlab bera olmaydi.

Qo'zg'atishni avtomatik roslash qurilmalari ta'minotni alohida kuchlanish transformatoridan olishadi. Saqlagichlar kuyib qolishi oqibatida qo'zg'atishni avtomatik roslash qurilmalari noto'g'ri ishlab ketmasligi uchun kuchlanish transformatorining ikkilamchi zanjirida saqlagichlar (yoki avtomatlar) ishlatilmaydi.

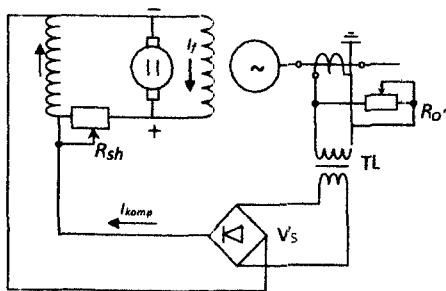
Kichik quvvatli mashinalar qo'zg'atishining o'zgarishi zamonaviy katta quvvatga ega energetika tizimining asosiy tugunlaridagi kuchlanishlarga deyarli ta'sir ko'rsata olmaydi. Shu sababdan elektr qurilmalari tuzilishi qoidalari (ETQ)ga muvofiq 2,5 MVtgacha bo'lgan sinxron mashinalarda qo'zg'atishni jadallashtirish qurilmasini o'rnatish bilan kifoya qilinadi.

Bilvosita sovitish tizimli va elektr mashinaviy qo'zg'atish tizimiga ega turbogeneratorlarda **kompaundlash qurilmasi** ishlatiladi. Uning vazifasi stator toki o'zgarishiga proporsional ravishda generatorning qo'zg'atish tokini roslash hisobiga stator kuchlanishini o'zgarmas ushlab turishdan iboratdir.

Yuklama toki oshgan sari yakor reaksiyasi ham oshib boradi va bu generator chiqishidagi kuchlanishning pasayishiga olib keladi:

$$U_g = E_q - jJ_d X_d \quad (5.15)$$

Bu qurilmaning ishlash prinsipi shundan iboratki, stator toki oshganda kompaundlash qurilmasini ta'minlovchi TA tok transformatorlarining ikkilamchi toki ham oshib boradi (5.8-rasm).



5.8-rasm. Kompaundlash qurilmasining sxemasi

Generatorning salt ishlash rejimida uning nominal kuchlanishiga mos qo'zg'atish toki  $R_{sh}$  reostati yordamida o'rnatiladi. Generator yuklanganda TA tok transformatorining ikkilamchi toki TL ajratish transformatori orqali transformatsiya bo'lib, VS to'g'rilagichida to'g'rilanib, qo'zg'atgichning qo'zg'atish chulg'amiga tushadi va unda qo'zg'atgich yakorining toki bilan qo'shiladi (to'g'rilangan tok **kompaundlash toki** deb ataladi).

Buning oqibatida generatorning qo'zg'atish toki va EYuK oshadi. EYuK oshishi stator reaksiyasini kompensatsiya qiladi. TL ajratish transformatorining transformatsiya koeffitsiyentini tanlash hisobiga shunday kompaundlash toki o'rnatiladiki, u nominal yuklangan generatorda nominal kuchlanishni ta'minlab berishi kerak.

O'ratish reostati  $R_o'$  yordamida kompaundlash qurilmasi ta'minlab beradigan kuchlanish darajasi rostlanadi.

Bu reostat qarshiligi qanchalik katta bo'lsa, TA tok transformatoridan unga shoxobchalanadigan tok mos ravishda kichik bo'lib, kompaundlash toki bilan kuchlanish katta bo'ladi.

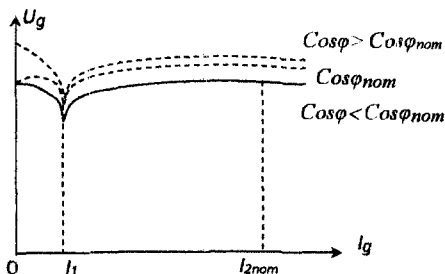
#### **Kompaundlash qurilmasining afzalliklari:**

- ulovchi va ajratuvchi kontaktlar hamda harakatlanuvchi qismlar mavjud emas;
- sxemaning soddaligi.

#### **Kamchiliklari:**

- katta qiymatli qisqa tutashuvlarda tok transformatorlarining to'yinishi hisobiga qo'zg'atishni jadallashirib bo'lmasligi;
- generator tashqi tavsifmng ( $U_g = f(J_g)$ ) boshlang'ich qismida kuchlanish pasayib ketishi;
- yuklamaning quvvat koeffitsiyenti  $\cos\phi$  o'zgarishiga ta'sirlanmasligi.

Birinchi kamchilik releli qo'zg'atishni jadallashtirish qurilmasi yordamida hal qilinadi.



### 5.9. Kompaundlash tokining tavsifi

Tashqi tavsifning boshlang'ich qismida kuchlanish pasayishining sababi shundan iboratki, kichik yuklama toklarida TA tok transformatorlarining ikkilamchi EYuKi kichik bo'ladi. Buning oqibatida VS to'g'rilagichning chiqishidagi to'g'rilangan kuchlanish qo'zg'atgichning qo'zg'atish chulg'amidagi  $U_{v.v.x.x}$  kuchlanishidan kichik bo'lib, kompaundlash toki paydo bo'lmaydi. Generatorning kuchlanishi tabiiy tashqi tavsif bo'yicha o'zgaradi (5.9-rasm).

Yuklama tokining qandaydir bir qiymatida to'g'rilangan kuchlanish  $U_{v.v.x.x}$  dan kattaroq bo'la boshlaydi va qo'shimcha tok (kompaundlash toki) paydo bo'ladi, generator kuchlanishi tiklanadi. Kompaundlash toki paydo bo'lishiga mos generatorning  $I_1$  yuklama toki **kompaundlash chegarasi** deb ataladi.

Kompaundlash toki yuklama tokining absolyut qiymatiga bog'liq bo'lib,  $\cos\phi$  quvvat koeffitsiyentiga bog'liq emasdir. Bundan farqli ravishda generator kuchlanishi yuklama toki bilan uning orasidagi  $\phi$  burchagiga bog'liqdir. Bu holat generator kuchlanishini kompaundlash qurilmasi yordamida rostlaganda, yuklamaning turli quvvat koeffitsiyentlari  $\cos\phi$  uchun olingan tavsiflardan ko'rinib turibdi.

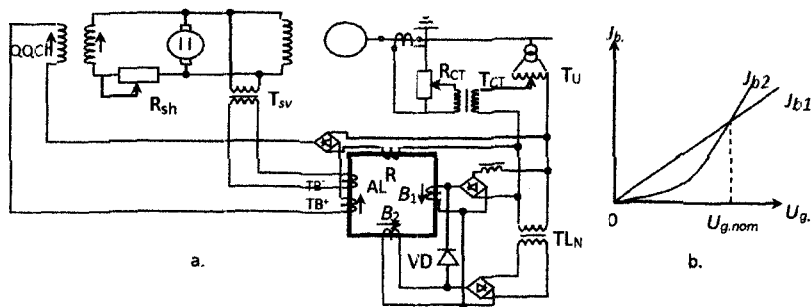
Generatorlar salt ishlashga yaqin kichik quvvat bilan ishlamasligi sababli, tavsifning boshlang'ich qismidagi kuchlanish pasayishlari amaliy ahamiyatga ega emasdir. Lekin yuklamaning  $\cos\phi$  si o'zgarishidan ta'sir olmasligi, kompaundlash qurilmasini katta nuqsoni hisoblanadi. Shuning uchun, avval aytilganidek, kompaundlash qurilmasi **elektromagnit korrektor** bilan qo'shimcha jihozlanadi (korrektor kompaundlashsiz ishlatilmaydi).

Korrektorning asosiy qismi AL magnit kuchaytirgichdir. Uning ishlash prinsipi magnit o'zak to'yingan sari o'zakning induktiv qarshiligi kamayishiga asoslangan (5.7-rasm).



Korrektorning ishlash prinsipi quyidagidan iborat: AL magnit kuchaytirgichining  $B_1$  boshqarish chulg'amiga to'yinmagan D drosselidan to'g'rilangan tok tushadi,  $B_2$  boshqarish chulg'amiga esa – to'yinuvchan  $TL_N$  transformatorining to'g'rilangan toki tushadi.  $B_1$  va  $B_2$  chulg'amlarning o'ramlar soni va qarshiliklari bir xildir, ulanishi esa qarama-qarshi.

TV kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg'amiga  $T_U$  o'ratuvchi avtotransformatori ulangan. U orqali generatorming kuchlanishiga proporsional bo'lgan kuchlanish D drosseliga va  $TL_N$  transformatoriga beriladi.



5.10-rasm. Elektromagnit korrektor bilan jihozlangan kompaundlash qurilmasining sxemasi

Drossel D to'yinmas bo'lganligi uchun uning qarshiligi o'zgarmasdir. Shuning uchun  $B_1$  boshqarish chulg'amidagi  $J_{B1}$  toki generator kuchlanishiga proporsionaldir.

$TL_N$  transformatori to'yinuvchan bo'lganligi sababli,  $B_2$  boshqarish chulg'amidagi  $J_{B2}$  toki generator  $U_g$  kuchlanishiga nochiqli bog'liqdir.

Drossel D to'yinmas bo'lganligi uchun uning qarshiligi o'zgarmasdir. Shuning uchun  $B_1$  boshqarish chulg'amidagi  $J_{B1}$  toki generator kuchlanishiga proporsionaldir.

$TL_N$  transformatori to'yinuvchan bo'lganligi sababli,  $B_2$  boshqarish chulg'amidagi  $J_{B2}$  toki generator  $U_g$  kuchlanishiga nochiqli bog'liqdir.

Drossel va to'yinuvchan transformator parametrlari shunday tanlanganki, generatorming  $U_{gnom}$  nominal kuchlanishida  $B_1$  va  $B_2$  boshqarish chulg'amlaridagi toklar biri-biriga tengdir:  $J_{B1}=J_{B2}$ .

Ular qarama-qarshi yo'nalganligi uchun ularning umumiy MYuKi nolga tengdir va AL magnit kuchaytirgichning o'zagi qo'shimcha magnitlanmaydi. Shunda ishchi R chulg'amining induktiv qarshiligi maksimal qiymatga ega.

Qo'shimcha qo'zg'atish chulg'ami QQChga tushuvchi ishchi chulg'amning to'g'rilangan toki minimal qiymatga ega.

Qo'shimcha va asosiy qo'zg'atish chulg'amlarining umumiy MYuKi ham minimal qiymatga egadir.

Agar generator kuchlanishi nominaldan kichik bo'lsa, masalan, yuklamaning  $\cos\varphi$  koeffitsiyenti kamayganda,  $J_{B1}$  toki  $J_{B2}$  tokidan katta bo'lib qoladi.

AL kuchaytirgichning o'zagi qo'shimcha magnitlanadi. Uning ishchi chulg'amining qarshiligi kamayadi.

MYuK va unga mos ravishda generatorming qo'zg'atish toki oshadi va uning kuchlanishi dastlabki  $U_{g,nom}$  qiymatigacha ko'tariladi.

Shunda  $J_{B1}$  va  $J_{B2}$  toklari yana tenglashadi.

Ishchi chulg'amining qarshiligi qayta ko'paymasligi uchun, unga bog'liq ravishda qo'zg'atishning MYuK si va generatorming  $U_g$  kuchlanishi kamaymasligi uchun kuchaytirgich o'zagini qo'shimcha magnitlab turishni saqlab qolish kerak.

Buni ta'minlab berish uchun qo'shimcha qo'zg'atish chulg'ami QQCh bilan ketma-ket kuchaytirgichning musbat teskari bog'lanish  $TB^+$  chulg'ami ulangan.

Shu tufayli, QQChdagi tok oshgan sari  $TB^+$  chulg'amining MYuK si ko'payadi va AL kuchaytirgichning qo'shimcha magnitlanishi saqlanib qoladi.

Qo'zg'atgichning yakori, generatorming rotori va statori induktivliklari hisobiga generator kuchlanishi QQChdagi tok o'zgarishidan kechikib o'zgaradi. Buning hisobiga rostlashning o'tkinchi jarayonida QQChdagi tok generatorming dastlabki kuchlanishiga mos qiymatgacha ko'tarilsa ham, kuchlanish tiklanishga ulgurmasligi mumkin.

Shu tufayli QQChdagi tok ko'tarilishi davom etardi va bir qancha vaqt o'tgandan so'ng generator kuchlanishi talab etilgandan yuqori bo'lib ketar edi, ya'ni o'ta rostlash deb ataluvchi hodisa paydo bo'lar edi. Buning oldini olish uchun AL kuchaytirgichda manfiy teskari bog'lanish  $TB^-$  chulg'ami ishlatiladi. U qo'zg'atgichning yakoriga ulangan teskari bog'lanish  $T_{sv}$  transformatoridan ta'minot oladi.

Barqarorlashgan rejimda o'zgaras tok transformatsiya bo'lmasligi tufayli OO's chulg'amida tok bo'lmaydi. QQCh chulg'amida tok oshayotgan rejimda esa qo'zg'atgich kuchlanishi ham vaqt davomiyligida oshib boradi va bog'lanish  $T_{sv}$  transformatori orqali transformatsiya bo'ladi –  $TB^-$  chulg'amiga tok tushadi.

Bu tok  $TB^-$  chulg'amida MYuK hosil qiladi va u AL kuchaytirgichining to'yimishini sekinlashtiradi. Buning oqibatida QQChdagi tok oshishi sekinlashadi va o'ta rostlash hodisasiga yo'l qo'yilmaydi.

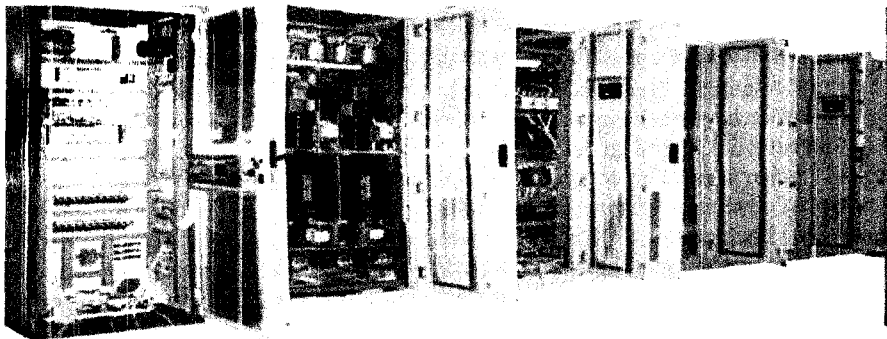
Ko'rib chiqilgan elektr magnet korrektorli kompaundlash sxemasida generatorming qo'zg'atish tokini rostlash stator toki o'zgarishining moduliga proporsional ravishda bajariladi va shu tufayli bu sxema **tokli kompaundlash** sxemasi deb ataladi.

Nisbatan katta quvvatga ega generatorlarda **fazaviy kompaundlash** sxemasi qo'llanadi. U tok qiymati o'zgarishidan tashqari quvvat koeffitsiyentining o'zgarishidan ham ta'sirlanadi.

Bir qator issiqlik elektr stansiyalarida **yuqori chastotali qo'zg'atish tizimiga** ega generatorlar ishlatiladi. Tiristorli qo'zg'atish tizimli qo'zg'atgichlar ulardan zamonaviyroq va samaraliroq deb hisoblanadi. Bu QAR qurilmalari yuqorida ko'rilgandan ancha murakkabdir.

Tiristorli qo'zg'atish tizimlari yangidan ishga qo'yilayotgan quvvati 2,5 – 800 MVtga ega turbogeneratorlarga o'rnatish uchun hamda eskirgan elektr mashinaviy qo'zg'atish tizimlarini almashtirish uchun ishlatiladi.

Konstruktiv nuqtayi nazardan bu qo'zg'atgichlar ikki tomonlama xizmat qilishga ruxsat beradigan shkaflar ko'rinishida yasaladi. Shkaflar soni qo'zg'atgichning quvvatiga bog'liqdir. Boshqarish tizimi hamda qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmasida dasturlashtirilgan mikroprotsessorlar ishlatiladi.



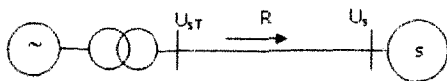
5.11-rasm. Tiristorli qo'zg'atish tizimli qo'zg'atgichlarning sxemasi

Elektr qurilmalarning tuzilish qoidalariga asosan 100 MVt va undan ortiq quvvatli generatorlarda zamonaviy va yuqoriroq samaraga ega **tiristorli qo'zg'atish tizimlari va kuchli ta'sirli QARlar** ishlatilishi tavsiya etiladi.

Bunday QARlar yuqorida ko'rib chiqilganlardan ancha murakkabdir.

**Kuchli ta'sirli QAR (KTQAR)** ishlash prinsipi bilan tanishib chiqamiz.

Quyidagi 5.12-rasmda elektr energiyasini elektr stansiyadan energetika tizimiga uzatish sxemasi ko'rsatilgan.



5.12-rasm. Elektr tizimining sxemasi

Yuqori kuchlanishli liniya bo'yicha uzatilayotgan quvvat quyidagicha topiladi:

$$P = \frac{E_q U_c}{X_\Sigma} \cdot \sin \delta, \quad (5.16)$$

bu yerda

$E_q$  – generatorning EYuKi;

$U_s$  – tizim kuchlanishi;

$\delta$  – ularning vektorlari orasidagi burchak;

$X_\Sigma$  – quvvat beriluvchi bog‘lanishning umumiy qarshiligi.

Ko‘rilayotgan sxema uchun

$$X_\Sigma = X_d + X_t + X_l + X_s, \quad (5.17)$$

bu yerda

$X_d$  – generator qarshiligi;

$X_t$  – transformator qarshiligi;

$X_l$  – liniya qarshiligi;

$X_s$  – tizim qarshiligi.

Cheksiz quvvatli tizimning kuchlanishi o‘zgarmasdir ( $U_s = \text{const}$ ), qarshiligi esa  $X_s = 0$ . Agar QAR yordamida elektr stansiya shinalarida vaqt davomiyligida o‘zgarmas kuchlanish ushlab turilganda ( $U_{st} = f(P, t) = \text{const}$ ), unda  $X_d + X_t = 0$  bo‘lar edi. Bu holatda  $X_\Sigma = X_l$  bo‘lar edi va buning hisobiga uzatilayotgan quvvatning chegaraviy qiymati keskin oshar edi:

$$P = \frac{E_q \cdot U_c}{X_l}. \quad (5.18)$$

Bu o‘ta yuqori kuchlanishli uzoq masofali liniyalar uchun juda ham muhimdir. Ularni qurish uchun katta mablag‘ sarf qilinadi va shu sababli ularni samarasiz ishlatish iqtisodiy nuqtayi nazardan nomaqbuldir.

Avval ko‘rib chiqilgan **proporsional ta’sir etuvchi QAR** qurilmalari kuchlanishni dastlabki qiymatigacha tiklashni kuchlanish og‘ishi paydo bo‘lganidan so‘ng boshlaydi, ya’ni ular kuchlanishni o‘zgarmas holda ushlab turishni bajara berolmaydi.

Elektr stansiya shinalarida deyarli o‘zgarmas kuchlanishni saqlab turish KTQAR yordamida bajariladi.

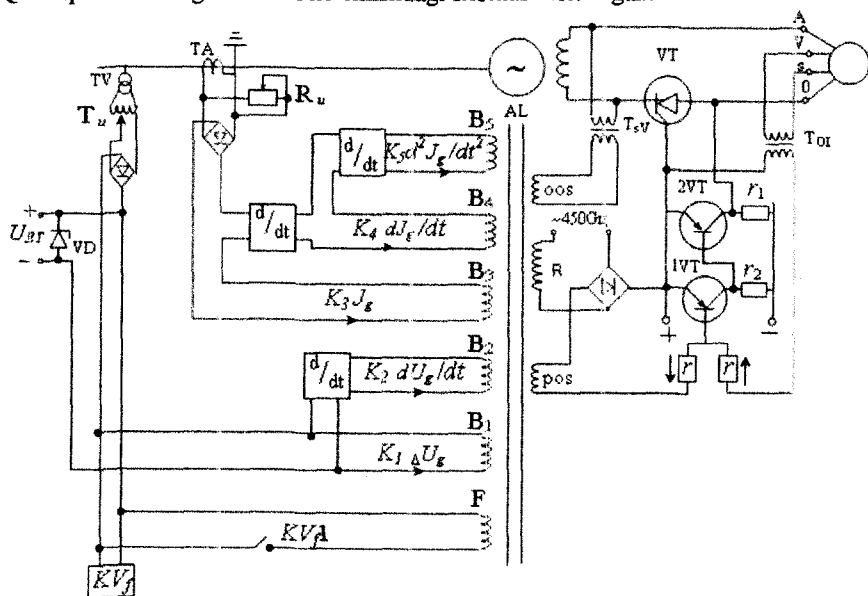
Qo'zg'atishni rostlashning kuchli ta'sirli turi proporsional turidan shu bilan farq qiladiki, unda kuchlanish va tokka proporsional bo'lgan rostlash ta'sirlaridan tashqari ularning hosilasiga proporsional ta'sirlari ham mavjuddir:

$$U_f = K_0 + K_1 \Delta U_g + K_2 \frac{dU_g}{dt} + K_3 \Delta J_g + K_4 \frac{dJ_g}{dt}. \quad (5.19)$$

Shu tufayli kuchli ta'sirli qo'zg'atish rostlagichlari yuklama o'zgarishi zahoti ishga tushib boshlaydi va o'zgarish qanchalik tez kechsa, ularning ish samarasi shunchalik yuqoriroq bo'ladi. Bu esa kuchlanishni o'zgarmas ushab turishga yordam beradi.

KTQAR vazifasi – katta quvvat uzatilyotganda kuchlanishni o'zgarmas holatda ushlab turish va parallel ishlash turg'unligini ta'mirlab berishdir.

Quyidagi rasmda **mustaqil tiristor qo'zg'atish tizimli sinxron generatorning KTQAR** qurilmasining bir fazali ko'rinishdagi sxemasi keltirilgan.



5.13-rasm. Mustaqil tiristor qo'zg'atish tizimli sinxron generatorning KTQAR sxemasi

AL magnit kuchaytirgichi 5-ta boshqarish  $B_1+B_5$  va bitta jadallashtirish F chulg'amlariga ega.

O'matuvchi  $T_u$  avtotransformatorning to'g'rilangan ikkilamchi kuchlanishi generator kuchlanishi  $U_g$  ga proporsionaldir. Bu kuchlanish stabilashtirilgan etalon

$U_{ET}$  kuchlanishi bilan solishtiriladi va ularning ayirmasi  $U_1$  boshqarish chulg'amiga beriladi.  $U_1$  chulg'ami bo'yicha  $K_1 \Delta U_g$  ga teng tok oqadi.

$U_1$  chulg'amiga parallel  $d/dt$  differensial (hosila olish) bog'lamasi ulangan bo'lib, uning chiqishiga  $U_2$  boshqarish chulg'ami ulangan. U orqali  $K_2 dU_g/dt$  toki oqadi.

TA tok transformatorining to'g'rilangan ikkilamchi toki  $U_3$  boshqarish chulg'amiga beriladi. Uning qiymati  $K_3 J_g$  ga tengdir.

$U_3$  chulg'ami bilan ketma-ket yana bir differensial  $d/dt$  bog'lamasi ulangan. Uning chiqishidagi  $K_4 dJ_g/dt$  ga teng tok  $U_4$  boshqarish chulg'ami bo'yicha oqib o'tib, uchinchi differensial bog'lamasining kirishiga beriladi. Bu bog'lamaning  $K_5 d^2 J_g/dt^2$  ga teng chiqish toki  $U_5$  boshqarish chulg'ami bo'yicha oqadi.

Barcha boshqarish chulg'amlarining MYUKlari qo'shib, ularning yig'indisi kuchlanish  $U_g$  va tok  $J_g$  larning o'zgarish qiymatiga va o'zgarish tezligiga proporsional ravishda o'sadi. Bunga mos ravishda AL kuchaytirgichining o'zagi to'yinadi, ishchi R chulg'amining qarshiligi kamayadi va u orqali oquvchi tok qiymati oshadi.

AL kuchaytirgichning gabaritlarini kamaytirish maqsadida ishchi R chulg'amining ta'minoti 450 Gs yuqori chastotali kuchlanish orqali bajariladi.

Kuchlanish qattiq (0,85  $U_{nom}$  dan past) darajada kamayib ketganda,  $KV_f$  jadallashtirish relesi ishga tushib ketadi va uning  $KV_{f1}$  kontakti orqali kuchaytirgichning F jadallashtirish boshqarish chulg'amiga tok beriladi. Uning MYUKsi AL kuchaytirgichning o'zagini qattiq darajada to'yinishiga olib keladi va shu tufayli generatorning jadallashtirilishi bajariladi.

Kuchlanish TV va tok TA transformatorlari, o'matuvchi  $T_u$  transformatori va  $R_u$  qarshiligi, musbat  $TB^+$  va manfiy  $TB^-$  teskari bog'lanishlar vazifasi avval ko'rib chiqilgan proporsional tipdagi qo'zg'atish rostagichi kabidir.

Har bir rostlash kanalining kuchaytirish koeffitsiyentlarini tanlash murakkab masaladir. Uning yechimi sinxron generator ishlayotgan energotizimning parametrlari va tavsiflariga bog'liq bo'lib, energotizimning o'mashgan va o'tkinchi rejimlarini o'rib chiqishni talab qiladi.

Bunda quyidagilar aniqlanadi:

- generatorning turli ish rejimlarida kuchlanishning belgilangan aniqligini ta'minlab beruvchi,  $\Delta U_g$  kuchlanish og'ishiga mos rostlash kanalining parametrlari;
- dastlabki o'mashgan rejimdan kichik qiymatdagi og'ishlardagi o'tkinchi jarayonlarning sifatini va statik turg'unligini ta'minlab beruvchi stabilashtirish kanallarining parametrlari ( $dU_g/dt$ ,  $\Delta f$ ,  $J_g$ ,  $d^2 J_g/dt^2$  va sh.k.)
- energotizimning dinamik turg'unligini yaxshilovchi jadallashtirish qurilmasining parametrlari.

## Nazorat savollari:

1. QARning vazifasi
2. QAR mavjud bo'lganda sinxron generatorlari parallel ishlashining turg'unligi nega oshadi?
3. QAR qisqa tutashuv toklari va himoyalar sezgiriligiga qanday ta'sir qiladi?
4. QARning astatik xarakteristikasi (tavsifi) amalda nega kam qo'llanadi?
5. QAR uskunasi statizm koeffitsiyenti nimani ko'rsatadi va uning fizikaviy ma'nosi nimada?
6. Parallel ishlayotgan har xil statizmga ega generatorlar orasida reaktiv quvvat qanday taqsimlanadi?
7. Statik turg'unlik buzilishini bartaraf etish uchun qanday avariyaning oldini olish tadbirlari ishlatiladi?
8. Qo'zg'atishni jadallashtirish (forsirovka) sxemasining ishlash prinsipi.
9. Qo'zg'atishni jadallashtirish (forsirovka) – ishlatish jarayoni, afzalliklari va kamchiliklari.
10. Generatorlarning kompaundlash uskunasi nima uchun kerak?
11. Generatorning kompaundlash uskunasi – ishlatish jarayoni, afzalliklari va kamchiliklari.
12. Generatorlardagi kompaundlash qurilmasining ishlash prinsipi.
13. Kompaundlash pog'onasi deb nimaga aytiladi va u nega paydo bo'ladi?
14. Generator kuchlanishining yuklamaning  $\cos\phi$  sig'a qanday bog'liqligi bor?
15. Kuchlanishning elektromagnit korrektorining vazifasi nimadan iborat?
16. Kuchlanish elektromagnitli korrektorining ishlash prinsipi.
17. Yuklama toki o'zgarganda kuchlanish o'zgarishini elektromagnit korrektor qanday bajarib beradi?
18. Elektromagnitli korrektorsiz ishlatilayotgan tokli kompaundlash uskunasi generator chiqarmalarida kuchlanish o'zgarishini ta'minlab berolmasligining sababi nimada?
19. Elektromagnitli korrektor sxemasida musbat teskari bog'lanish nima uchun kerak?
20. Elektromagnitli korrektor sxemasida manfiy teskari bog'lanish nima uchun kerak?
21. QAR sxemasida kuchlanishni ortiqcha rostlab yuborish qanday bartaraf etiladi?
22. Tokli kompaundlash sxemasi fazaviy kompaundlash sxemasidan nima bilan farqlanadi?
23. QARning qanday turlari mavjud? Ularning ishlatish borasi.
24. Kuchli ta'sirli QARning boshqa rostlash sistemalaridan farqi nimada?
25. Kuchli ta'sirli QARning ishlash prinsipi (energosisitemaning normal rejimlarida).
26. Kuchli ta'sirli QAR energosisitemada qisqa tutashuv bo'lganda qanday ishlaydi?

**VI BOB.**  
**CHASTOTA VA AKTIV QUUVATNI AVTOMATIK ROSTLASH**  
**(ChQAR)**

Turli xildagi elektr mexanizmlarining ish samarasi chastotaga turlicha bog'liqdir. Umumiy holda bu mexanizmlar iste'mol qilayotgan quvvatning chastotaga bog'liqligi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$P = k f^n, \quad (6.1)$$

bu yerda  $k$  – proporsionallik koeffitsiyenti;  $f$  – chastota;  $n$  – darajaning ko'rsatkichi.

Turli iste'molchilar uchun “ $n$ ” har xil qiymatlarga, shu jumladan, kasr sonlarga ham teng bo'lib,  $n = 0 \div 8$  oralig'ida o'zgarishi mumkin.

Masalan:

- qizish elektr lampalari uchun  $n = 0$ ;
- yuritma valida o'zgarmas qarshilik momentiga ega mexanizmlar uchun  $n=1$ , chunki  $P = \omega M$ ;

- ventilyatorli momentga ega mexanizmlarda  $n$  kattaroq qiymatga ega.

Shu sabablarga ko'ra, energetika tizimidagi chastotani o'zgarmas qiymatda ushab turish uchun qattiq talablar qo'yiladi.

Elektr qurilmalarning tuzilish qoidalariga asosan chastotani nominal qiymatdan  $\Delta f_{rub.} = \pm 0,1$  Gs og'ishi uzoq muddat davomida ruxsat etiladi, 0,5 Gs va undan ziyod og'ishi 30 daqiqa davom etsa, bunday holat avariya deb hisoblanadi.

Chastotaning o'zgarماسligi ishlab chiqarish va iste'mol qilish (yo'qolishlar bilan birgalikda) quvvatlar balansiga bog'liq:

$$P_{g\Sigma} = P_{i\Sigma} + P_{y\Sigma}, \quad (6.2)$$

bu yerda,  $P_{g\Sigma}$  – umumiy ishlab chiqarilayotgan quvvat;

$P_{i\Sigma}$  – umumiy iste'mol qilinayotgan quvvat (yuklama);

$P_{y\Sigma}$  – elektr energiyani iste'molchilarga yetkazishdagi umumiy yo'qolishlar.

Ushbu balansning har qanday buzilishi chastota o'zgarishiga olib keladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{g\Sigma} = P_{i\Sigma} + P_{y\Sigma} + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (6.3)$$



bu yerda,  $J$  – energetika tizimi agregatlarining umumiy inersiya momenti;  
 $\omega$  – tizimning burchak chastotasi.

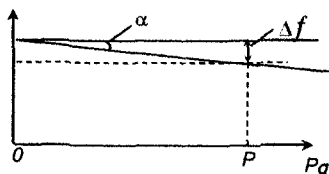
Shunday qilib, energetika tizimidagi yuklanish (yo‘qolishlar bilan birgalikda) o‘zgaranda chastotani o‘zgarmas holda ushlab qolish (rostlash) uchun ishlab chiqarilayotgan quvvatni mos ravishda o‘zgartirish lozim.

Elektr stansiyalarning barcha turbinalari chastota rostlagichlari bilan ta‘minlangan. Chastotaning birlamchi rostlagichi sifatida turbinaning tezlik rostlagichi ishlatiladi.

Avtomatik chastota rostlagichi (AChR) tomonidan o‘rnatiluvchi chastotaning generator quvvatiga  $f=F(P_g)$  bog‘lanishi AChR tavsifi deb ataladi.

### 6.1. Avtomatik chastota rostlagich tavsiflari

Quyidagi rasmda generator avtomatik chastota rostlagichining astatik va statik tavsiflari keltirilgan.



6.1-rasm. Generator avtomatik chastota rostlagichining astatik va statik tavsiflari

Astatik tavsifda chastota  $f$  generator quvvati  $P_g$  ga bog‘liq emasdir. Statik tavsifda esa generator quvvati  $P_g$  o‘sib borgani sari chastota  $f$  kamayib boradi. Gorizontall o‘qqa nisbatan tavsif og‘ish burchagining tangensi  $tg\alpha$ , statizm koeffitsiyenti  $K_s$  deb ataladi.

$P_g$  o‘sishiga  $f$  kamayishi mos kelishi hisobiga ularning bog‘lanishi quyidagicha bo‘ladi:

$$-f = K_s P_g, \quad (6.4)$$

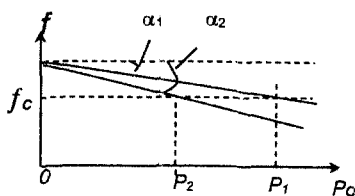
Bu yerdan ACHR statik tavsifining tenglamasi:

$$\Delta f + K_s P_g = 0$$

Energetika tizimining barcha agregatlarini **astatik** tavsif bo'yicha sozlash maqsadga muvofiq emas, chunki bu generatorlararo noaniq quvvat taqsimlanishiga olib keladi. Astatik rostlash kichik, alohida ishlayotgan, rostlash uchun bitta agregat ajratilishi yetarli energetika tizimi uchun qo'llanadi.

Zamonaviy energetika tizimlarda chastotani rostlash uchun maxsus, yuklanishini tez o'zgartirishga qodir agregatlarga ega birmuncha elektr stansiyalar jalb qilinadi. Bunday stansiyalar sifatida asosan suv omboriga ega gidroelektr stansiyalari va qisman baraban qozonli issiqlik elektr stansiyalari ishlatiladi.

To'g'ri oqimli qozon agregatlariga ega katta quvvatli issiqlik stansiyalari yuklanishni keskin o'zgartirishga qodir emas. Shuning uchun ularning agregatlari chastotani rostlashda ishtirok etmaydi va rostlagichlari statik tavsif bo'yicha sozlanadi.



## 6.2. Chastota rostlagichning tavsiflari

Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki, rostlagichi **statik** tavsif bo'yicha sozlangan agregat o'zgarimas chastotada **o'zgarimas** yuklama olib boradi. Bunda kattaroq  $K_s$  statizm koeffitsiyentiga ega agregat kichikroq yuklama olib boradi (2-tavsif).

## 6.2. Zamonaviy energetika tizimlarida chastota va quvvatni avtomatik rostlashni tashkil etish prinsiplari

Yuqorida aytib o'tilganidek, chastotani rostlashda boshqariladigan agregatlardan foydalaniladi. Chastotani rostlash usullaridan biri **ulushli statizm usuli** (statik tavsiflarning minimumligi usuli) hisoblanadi. Statik tavsiflarning minimumligi usuliga ega har bir boshqariladigan agregatlar tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

$$\Delta f + K_{\alpha_i} (P_{z, \phi_i} - \beta_i \cdot \sum_{i=1}^n P_{z_i}) = 0,$$

bu yerda

$\Delta f$  – chastotaning nominaldan og'ishi;

$K_{\alpha_i}$  – rostlovchi agregatning statizm koeffitsiyenti;

$P_{z,i}$  – ushbu agregatning haqiqiy quvvati;

$\sum_{i=1}^n P_{z,i}$  – barcha rostlovchi agregatlarning umumiy yig'indisi;

$\beta_i$  – tizimdagi barcha rostlovchi agregatlarning umumiy quvvatining ushbu generatorga yuklanadigan ulushi.

Ushbu tenglama quyidagi holatda qanoatlanadi (rostlovchi o'tkinchi jarayon tugaydi).

$$P_{z,d} = \beta_i \cdot \sum_{i=1}^n P_{z,i} \quad \Delta f = 0 \quad (6.5)$$

Bu boshqariluvchi bloklar tizimdagi barcha yuklama o'zgarishlarini o'z zimmasiga olganda (ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan quvvatlar balansi tiklanadi) va bu bloklarning har biri tizim umumiy yuklamasining o'zi uchun berilgan  $\beta_i$  ulushini qabul qilganda sodir bo'ladi.

Ulushli statizm usuli yordamida chastotani rostlash EHM va telemexanika qurilmalarida foydalaniladi.

Rostlashning maqsad funksiyasi tizimdagi **yoqilg'i sarfini** (xarajatlarni) minimumga keltirish hisoblanadi:

$$B_1 \cdot P_{st,1} + B_2 \cdot P_{st,2} + \dots + B_n \cdot P_{st,n} \rightarrow \min, \quad (6.6)$$

bu yerda  $P_{st,i}$  – i-stansiyaning yuklamasi ( $i=1 \div n$ );

$B_i = \frac{\Delta B_i}{\Delta P_i}$  – yoqilg'i sarfining nisbiy o'sishi.

bo'lganda maqsad funksiyasi qanoatlanadi.

Buni 2 ta elektr stansiyasi misolida oson ko'rish mumkin.

Agar  $B_1 < B_2$  bo'lsa  $P_{st,1}$  ni  $\Delta P$  ga oshirish (stansiyaning yuklash) va shunga mos ravishda  $P_{st,2}$  ni kamaytirish tavsiya etiladi. Bu holatda yoqilg'i sarfi

$$B_1 = B_2 = \dots = B_n$$

$\Delta B = B_1 \Delta P - B_2 \Delta P = \Delta P (B_1 - B_2) < 0$ , ya'ni kamayadi.

$B_1 > B_2$  bo'lganda, stansiyalar o'rtasida yuklamani taqsimlash foydasiz bo'lgan bo'lardi, chunki  $\Delta B = \Delta P (B_1 - B_2) > 0$ , ya'ni yoqilg'i sarfi oshadi. Shuning uchun yoqilg'i sarfining optimal qiymati  $B_1 = B_2$  tenglik bajarilgan sharoitga to'g'ri keladi ("B" ning "P" ga bog'liqlik grafigi chiziqli emasligini ta'kidlash lozim).

Markaziy dispetcherlik punktida oʻrnatilgan elektron hisoblash mashinalari telekanallarda quvvatlarning qiymatlarini elektr stansiyalarining quvvat sensorlaridan oladi. Bu qiymat umumlashtiriladi va ular telekanallar boʻylab elektr stansiyalararo optimal koʻrinishda qayta taqsimlanadi.

Umumlashgan energetika tizimlarida (UET) bu jarayon iyerarxik sxema boʻyicha sodir boʻladi.

Dastlab, har bir tizimning elektr stansiyalarining quvvati toʻgʻrisidagi maʼlumotlar ularning boshqaruv xonalariga, u yerdan esa ushbu quvvatlarning miqdori toʻgʻrisida maʼlumotlar markaziy boshqaruv punktiga (MBP) yuboriladi.

Umumiy quvvatning taqsimlanishi esa teskari tartibda amalga oshiriladi.

Dastlab, uni umumlashgan energetika tizimlari oʻrtasida taqsimlash va har bir energetika tizimidan – ushbu energetika tizimlarining har birining stansiyalari oʻrtasida quvvatni taqsimlash boʻyicha vazifalar olinadi.

Soʻng stansiyalarda oʻrnatilgan EHM lari agregatlar boʻyicha quvvatlarni taqsimlaydi.

Chastotani toʻgʻrilash elektr stansiyalarida birlamchi tezlikni nazorat qilish moslamalari tomonidan amalga oshiriladi.

Agar tizimdagi ishlab chiqarilayotgan va isteʼmol qilinayotgan quvvatlar (isrofni hisobga olganda) bir-biriga teng boʻlsa, u holda chastota ogʻishi  $\Delta f$  nolga teng boʻladi.

Energetika tizimida EHM dan foydalanib chastota va quvvatni avtomatik rostlash (ChQAR) dasturini ishlab chiqish juda ham murakkab vazifa hisoblanadi.

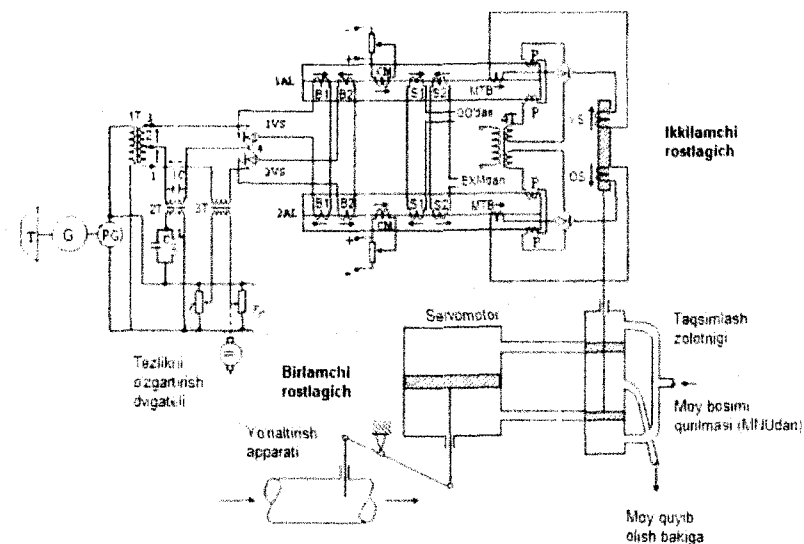
Ushbu dasturda isroflar va solishtirma xarajatlarning yuklama agregatlariga bogʻliqligi bilan bir qatorda quyidagi cheklovlar hisobga olinadi:

- EUL si boʻylab quvvat oqimi (ularning ruxsat etilgan oʻtkazuvchanligi boʻyicha);

- GES dagi suv oqimi boʻyicha;

- Tizimdagi kommutatsion oʻzgarishlar boʻyicha.

### 6.3. Elektr stansiya agregatlarining chastota va quvvatni avtomatik rostlash (ChQAR) qurilmasi



6.3-rasm. Chastota va quvvatni avtomatik rostlash (ChQAR) qurilmasi

6.3-rasmda **birlamchi rostlagich** sifatida ishlatiluvchi elektr-gidravlik tezlik rostlagichi va unga ta'sir o'tkazuvchi **ikkilamchi rostlagich** – magnit filtrlri chastota rostlagichi ko'rsatilgan.

Turbina T yordamida aylanuvchi generator bilan bir valda kichkina, pendel-generator deb ataluvchi sinxron generator joylashgan. Uning rotori sifatida o'zgarmas magnit ishlatilgan. Bu generatordan chiquvchi kuchlanish 1T transformatorining birlamchi chulg'amiga, 2T transformatoriga (uning birlamchi chulg'amiga rezonans LC konturi ulangan) va potensimetrlar  $r$  va  $r_p$  larga beriladi.

1T transformatorining ikkilamchi chulg'amidagi "2" belgili nuqtasi chulg'amning o'rtasida joylashgan va shu tufayli 1 va 2 hamda 2 va 3 nuqtalariaro kuchlanishlar bir-biriga tengdir:  $U_{12}=U_{23}$ .

**Astatik tavsifli** rostlagichda **chastota rostlanishi** qanday bajarilishini ko'rib chiqamiz. Bunday rostlagichni hosil qilish uchun yuqoridagi sxemada 1AL va 2AL magnit kuchaytirgichlarning s1 va s2 statizm chulg'amli ishlatilmaydi.

Faraz qilaylik, 3T transformatoriga beriladigan kuchlanish nolga teng bo'lsin. Bu  $r_p$  potensimetrining o'ratgichini mos holatga o'ratish yordamida qilinadi.

Nominal chastotada LC tebranish konturi rezonans holatga sozlangandir ( $j\omega_{nom}L=1/j\omega_{nom}C$ ).

Shu tufayli nominal  $f_{nom}$  chastotada bu kontur qarshiligi cheksiz qiymatga tengdir va 2T transformatorining birlamchi kuchlanishi nolga teng bo'ladi.

$$X = \frac{j\omega_{nom}L \cdot 1 / j\omega_{nom}C}{j\omega_{nom}L + 1 / j\omega_{nom}C} \quad (6.7)$$

Shunday ekan, 2T transformatorning ikkilamchi kuchlanishi va 1C kondensatoridagi kuchlanish tushuvi ham nolga teng bo'ladi. Buning oqibatida  $U_{14}$  va  $U_{34}$  kuchlanishlari (mos ravishda 1- va 4- nuqtalar hamda 3-chi va 4-chi nuqtalar orasidagi kuchlanishlar) biri-biriga teng bo'lib ( $U_{14}=U_{34}$ ), 1Vs va 2Vs to'g'rilovchi ko'priklar orasidagi muvozanat saqlanib qoladi.

1AL va 2AL magnit kuchaytirgichlarning **boshqarish U1 va U2 chulg'amlari** bo'yicha qiymati bir xil, yo'nalishi esa biri-biriga teskari toklar oqadi. Bu chulg'amlar mutlaqo bir xil yasalgan bo'lgani sababli, ularning umumiy MYUK-si nolga tengdir. Kuchaytirgichlarning **siljtitish sM chulg'amlari** bo'yicha bir xil tok o'atiladi. Shuning uchun ikkala kuchaytirgichlarning o'zaklari bir xil to'yingan bo'lib, ularning **ishchi R chulg'amlarining qarshiliklari** o'zaro teng bo'ladi.

1AL va 2AL kuchaytirgichlarning ishchi chulg'amlariga 4T transformatoridan bir xil kuchlanishlar beriladi. Shunday ekan, ishchi chulg'amlar bo'yicha oquvchi toklar ham bir xil bo'lib, ularning to'g'rilangan qiymatlari ham teng bo'ladi. Bu to'g'rilangan toklardan biri turbinadagi yo'naltiruvchi apparatning ochish solenoidi (OS), ikkinchisi esa yopish solenoidiga (YS) beriladi.

Bu solenoidlarning o'zakni tortish kuchlari o'zaro baravarlashtirilgan bo'lgani sababli, o'zak o'rta holatda bo'ladi. U bilan sterjen orqali bog'liq bo'lgan **taqsimlash zolotnigi** ham o'rta holatda bo'ladi va **moy bosish qurilmasidan moy SM** servomotorga tushmaydi. Uning porsheni o'zgarmas holatda qolib, turbinaning yo'naltirish apparatining ochilishi ham o'zgarmasligicha qoladi.

Generator yuklanishi kamayganda uning **turbina momenti** generatorming **qarshilik momentidan katta** bo'ladi. Agregatning aylanish tezligi oshadi va bu pendel-generator chastotasining oshishiga olib keladi. Tebranish konturining induktiv  $X_L=\omega L$  qarshiligi oshadi, sig'im  $X_C=1/\omega C$  qarshiligi esa kamayadi. Oqibatda 2T transformatori orqali kuchlanishning  $90^\circ$  ga oshuvchi **sig'im toki** oqib boshlaydi.

Bu tok 1s kondensatorida **kuchlanish tushuviga** olib keladi. U kondensator orqali oqayotgan tokdan  $90^\circ$  ga orqada bo'lib, 1T transformatorining **ikkilamchi kuchlanishi** bilan faza bo'yicha bir xildir (kuchlanishlar yo'nalishi strelkalar bilan ko'rsatilgan).

Rasmdan ko'rinib turibdiki, 1C kondensatoridagi kuchlanish tushuvi  $U_{23}$  kuchlanishiga qo'shilib,  $U_{12}$  kuchlanishidan ayriladi. Buning oqibatida 1VS

ko'prikchasiga keltirilayotgan  $U_{34}$  kuchlanishi 2VS ko'prikchasiga berilayotgan  $U_{14}$  kuchlanishidan katta bo'lib,  $U_1$  boshqarish chulg'amidagi tok  $U_2$  boshqarish chulg'amidagi tokdan katta bo'ladi. Bu chulg'amlar MYuKlarining ayirmasi **1AL** kuchaytirgichidagi siljitish MYuKsiga qo'shiladi, **2AL** kuchaytirgichidagidan esa ayriladi. **1AL** kuchaytirgichining o'zagi to'yinib, ishchi chulg'amining qarshiligi kamayadi, **2AL** kuchaytirgichida esa ishchi chulg'am qarshiligi oshadi. Buning oqibatida yopish **YOS** solenoidida tok ochish **OS** solenoididagi tokdan katta bo'ladi.

Taqsimlash zolotnigining sterjeni va u bilan bog'liq tarelkalari rasimga mos yuqori tomon siljib, servomotor **SM**ning pastki qismiga moy bosish qurilmasidan moy kelishiga yo'l ochib beradi. Porshen tepa tomon siljib, moyni quyib olish bakiga siqib chiqaradi va turbina **yo'naltirish apparatining** ochilish darajasini kamaytiradi.

Agregatning aylanish tezligi va  $f$  chastotasi kamaya boshlaydi va bu jarayon **YOS** solenoididagi tok ochish **OS** solenoididagi tok bilan tenglashmaguncha davom etadi. Bu esa  $U_1$  boshqarish chulg'amidagi tok bilan  $U_2$  boshqarish chulg'amidagi toklar tengligi, ya'ni **chastotaning** boshlang'ich qiymati **tiklanganda** bo'ladi.

Shunday qilib, generator yuklanishi o'zgartirganda dastlabki chastota tiklanishi bajariladi. Tiklanish quvvatga bog'liq bo'lmaganligi sababli rostlash tavsifi  $f=F(P_g)$  **astatik** ko'rinishga egadir. Musbat teskari bog'lanish (POS) hisobiga rostlash turg'unligi ta'minlanadi.

**Statik** tavsifni hosil qilish uchun  $s_1$  statizm chulg'amiga quvvatni o'lchash **QO'** organidan generatorming aktiv quvvati  $P_g$  ga proporsional  $U_{s1}$  kuchlanishi beriladi (bunda ishlatiladigan quvvat o'zgartirgichining sxemasi quyiroq izohlanadi).

Bu holatda generator quvvatining qandaydir qiymatiga  $f$  chastotasi mos keladi. Bu chastotadaga mos o'mashgan rejimda  $U_2$  boshqarish chulg'amidagi tok  $U_1$  boshqarish chulg'amidagi tokdan katta bo'lib, ularning MYuKlari ayirmasi  $s_1$  statizm chulg'amining MYuKsi tomonidan kompensatsiya bo'ladi (bu MYuK generatorming aktiv quvvatiga proporsional tok orqali hosil qilingandir). Buning oqibatida **1AL** va **2AL** kuchaytirgichlarining o'zak to'yinishlari bir xil bo'lib, yopish **YS** va ochish **OS** solenoidlardagi toklar ham bir xil bo'ladi.

Generator yuklanishi kamayganda statizm chulg'amidagi tok va MYuKlar ham kamayadi. Buning oqibatida **1AL** va **2AL** kuchaytirgichlarining muvozanati tiklash uchun  $U_2$  va  $U_1$  boshqarish chulg'amlarining MYuKlar ayirmasi kamroq qiymatga ega bo'lsa ham bo'ladi, ya'ni  $U_2$  boshqarish chulg'amidagi tok ham kamroq bo'lishi mumkin.

Bu esa chastota  $f$  dastlabki qiymatdan bir oz kattaroq bo'lganda. Ya'ni generatorming kamroq quvvatiga yuqoriroq chastota mos kelyapti. Bu degani, rostlagich tavsifi haqiqatdan ham **statik** ko'rinishga egadir.

Potensiometr  $r_p$  da o'ratgich joyini o'zgartirish hisobiga 3T transformatoriga beriladigan kuchlanishning qiymatini va ishorasini o'zgartirish mumkin. Bunda transformatorming ikkilamchi kuchlanishi o'zgarishi hisobiga **1VS** va **2VS** to'g'rilovchi ko'prikchalarga beriladigan kuchlanishlarning o'zaro nisbatini

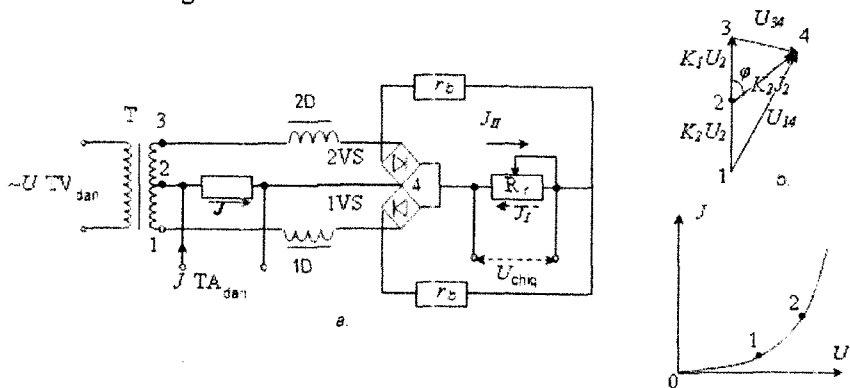
o'zgartirish mumkin. Bu o'zgarishni rostlagich generator yuklanishining o'zgarishi kabi qabul qiladi va uning chastotasini o'zgartiradi. Bunda rostlagich tavsifi o'zi-o'ziga parallel joyini o'zgartiradi. Potensiometr o'rnatgichining joylashuvini **tezlikni o'zgartirish dvigateli** yordamida masofadan boshqarish mumkin.

Energotizimda chastotani rostlashda bir nechta generatorlar ishtirok etadi. Ular orasida quvvatni taqsimlash maxsus algoritmlar yordamida bajariladi, masalan, **ulushiy statizm usuli** bo'yicha. Bu usulni yuqoridagi sxemada bajarish uchun, S2 statizm chulg'amlariga (ular S1 statizm chulg'amlaridan farq qilmaydi) EHM yordamida generator uchun belgilangan, quvvatga proporsional qarshi kuchlanish beriladi.

Bunda rostlashning o'tkinchi jarayoni chastota EHM belgilagan qiymatdan farq qilmaganda, ya'ni chastota og'ishi  $\Delta f=0$  bo'lib, har bir generator unga belgilangan tizim quvvatining ulushini olganda tugaydi.

Energotizimda ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan quvvatlar balansi tiklanganda  $\Delta f$  nolga teng bo'ladi. Shunda U1 va U2 boshqarish chulg'amlaridagi **toklar** va **MYuKlar** tenglashadilar. Generator quvvati unga belgilangan tizim quvvatining ulushiga teng bo'lganda, S1 va S2 statizm chulg'amlaridagi **toklar** va **MYuKlar** ham tenglashadilar. Natijada 1AL va 2AL magnit kuchaytirgichlarning o'zaklar to'yinishi bir xil darajada bo'lib, **YOS** va **OS** solenoidlaridagi **toklar** ham tenglashadi.

Quyidagi 6.4.a-rasmda **statik quvvat o'zgartirgichining** soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan.



6.4-rasm. Statik quvvat o'zgartirgichining sxemasi:

a) statik quvvat o'zgartirgichning sxemasi; b) kuchlanish diagrammasi

U generator quvvatini yuqorida ko'rilgan chastota rostlagichining s1 statizm chulg'amiga beriladigan **kuchlanishga** proporsional ravishda **o'zgartirib** beradi.

2-nuqta transformator T ikkilamchi chulg'amining o'rtasida joylashganligi sababli  $U_{12}$  va  $U_{23}$  biri-biriga tengdir. Bu transformator ta'minoti generator



chiqishdagi TV kuchlanish transformatoridan olingan, shuning uchun (b) rasmda ko'rsatilgan diagrammalari kuchlanishlar generator kuchlanishiga proporsionaldir:

$$U_{12} = U_{23} = K_1 U_g \quad (6.8)$$

Generator sarfida TA tok transformatoridan  $J$  toki  $R$  qarshiligiga beriladi.  $J$  tokining vektori generator kuchlanishidan  $\varphi$  burchagiga orqadadir.  $J$  toki  $R$  qarshiligida  $u$  bilan faza bo'yicha bir xil kuchlanish tushuvi  $K_2 J$  hosil qiladi. Raundan ko'rinib turibdiki, bu kuchlanish 2 va 4 nuqtalari orasidagi kuchlanishdir. 1 va 4 nuqtalari orasidagi kuchlanish  $U_{14}$  to'yinuvchan drossel 1Dga, 3 va 4 nuqtalari orasidagi kuchlanish  $U_{34}$  drossel 2Dga beriladi. Trigonometriya formulalariga asosan:

$$U_{14}^2 = (K_1 U_g)^2 + (K_2 J_g)^2 + 2K_1 \cdot K_2 U_g J_g \cdot \cos \varphi, \quad (6.9)$$

$$U_{34}^2 = (K_1 U_g)^2 + (K_2 J_g)^2 - 2K_1 \cdot K_2 U_g J_g \cdot \cos \varphi,$$

1D va 2D drossellar to'yinuvchandir, ya'ni ular orqali oquvchi tok bilan kuchlanish orasidagi bog'lanish (c) rasmda ko'rsatilgandek **nochiqliq**dir.

Ishchi oraliqda (1 va 2 nuqtalari orasi) bu bog'lanishni kvadratik ifodalash mumkin:

$$J = K' U_{14}^2 \quad (6.10)$$

Shuning uchun IVS ko'priksida to'g'rilangan tok

$$J_I = K' U_{14}^2 \quad (6.11)$$

2VS ko'priksida to'g'rilangan tok esa

$$J_{II} = K' U_{34}^2 \quad (6.12)$$

$R_r$  qarshiligi orqali  $J_I - J_{II}$  toklar ayirmasi oqadi va  $u$  quyidagi kuchlanish tushuvini paydo ettiradi:

$$U_{chiq} = (J_I - J_{II}) R_r = K' (U_{14}^2 - U_{34}^2) R_r \quad (6.13)$$

$U_{14}$  va  $U_{34}$  kuchlanishlarni bu ifodaga qo'yib, chiqishdagi kuchlanish ifodasini hosil qilamiz:

$$U_{chiq} = 4K' R_r K_1 \cdot K_2 \cdot U_2 J_g \cdot \cos \phi = K_s P_g \quad (6.14)$$

Ko‘rinib turibdiki, o‘zgartirgichning chiqishidagi  $U_{chiq}$  kuchlanishi generator quvvatiga proporsionaldir.

Qo‘shimcha aytish joizki,  $r_b$  ballast qarshiliklari yordamida  $J_I - J_{II}$  toklar ayirmasi  $R_r$  qarshiligi orqali oqishi ta‘minlanadi. Agar bu qarshiliklar bo‘lmaganda, unda 1VS va 2VSDa to‘g‘rilangan toklar eng kichik qarshilikli yo‘ldan o‘tib,  $R_r$  qarshiligiga tushmas edi.

Hosil qilingan  $U_{chiq}$  kuchlanishi yuqorida ko‘rib chiqilgan rostlagich sxemasidagi S1 statizm chulg‘amiga beriladi.  $K_s$  statizm koeffitsiyentini  $R_r$  potensimetri o‘rnatgichining joyini o‘zgartirish hisobiga o‘zgartirish mumkin ( $K_s = P_g / U_{chiq}$ ).

### Nazorat savollari:

1. O‘zgaruvchan tok chastotasining nominal qiymatlari va uning ruxsat etilgan og‘ish (chetlanish) qiymatlari nechaga teng? Turbina, o‘z-ehtiyoj mexanizmlari va iste‘molchining mexanizmlariga energotizimda chastotaning o‘zgarishi qanday ta‘sir etadi?

2. Energotizimda aktiv quvvat ishlab chiqarish va iste‘mol qilish balansi buzilganda chastota nega o‘zgaradi?

3. Chastotani avtomatik rostlash zaruriyatining sabablari nimadan iborat?

4. Turbinalarning aylanish chastotasini avtomatik rostlash uskunalarning vazifasi va tavsiflari.

5. Elektr stansiya agregatlari hamda elektr stansiyalararo aktiv quvvatni tejamli taqsimlash prinsipi nimadan iborat?

6. Chastotani astatik rostlash qayerda ishlatiladi?

7. Chastotani rostlashda ulushiy statizm usuli nimadan iborat?

8. Chastotaning avtomatik regulyatorida statik xarakteristika astatikdan farqi nimada? Statizm koeffitsiyenti nimani ko‘rsatadi?

9. Energotizimda chastota va aktiv quvvatni avtomatik rostlashda EHMning vazifasi nimadan iborat?

10. ChQAR uskunasi belgilangan chastotaga sozlash qanday bajariladi?

11. Tizimlararo liniyalarda aktiv quvvat oqimlarini avtomatik rostlashning vazifasi nimadan iborat?

12. Chastotani avtomatik rostlash uskunasi oqimlarni avtomatik rostlash uskunasidan farqi bormi?

13. Quvvatni statik o‘zgartirgichi nima uchun kerak, uning tuzilmasida ishlatilgan asosiy prinsiplar?

14. Quvvatni statik o‘zgartirgichi sxemasida ishlatilgan drossellar nega to‘yinuvchan magnit tizimiga ega, chiziqli xarakteristikali emas?

15. Energoblokning statizm koeffitsiyentini qanday o‘zgartirish mumkin va bu nima uchun qilinadi?

16. Har xil statizm koeffitsiyentlariga ega energobloklar orasida aktiv quvvat qanday taqsimlanadi?

17. Energoblok yoki elektr stansiyaning ChQAR uchkunasini quvvat topshirgichi (zadatchigi) rejimida (belgilangan yuklanish grafigini olib borish uchun) ishlatish mumkinmi?

18. Energotizimda aktiv quvvat rezervlari mavjud bo'lmasa, chastotani avtomatik rostlash mumkinmi?

19. Generator yuklanishi oshganda turbinaning birlamchi tezlik rostlagichi nima qiladi: turbinaga bug' (yoki suv) berishni oshiradimi yoki kamaytiradimi?

20. ChQAR sxemasi energetizimda chastota o'zgarganligini qanday "sezadi"?

21. ChQAR tuzilmasida elektrogidravlik tezlik rostlagichining ishlash prinsipi.

22. ChQAR tuzilmasida magnit filtrli chastota rostlagichining ishlash prinsipi.

23. ChQAR sxemasidagi statik quvvat o'zgartirgichining vazifasi nimadan iborat?

24. Ilgari energetizimda yoqilg'ini tejash maqsadida pastroq chastotada ishlash qo'llanardi. Bunday nostandart chastotali rejimda ChQAR tizimi ishlay oladimi yoki uni ishdan chiqarib qo'yish kerakmi?

## VII BOB.

### AVTOMATIK CHASTOTAVIY YUKSIZLANTIRISH (AChYu) VA CHASTOTAVIY AVTOMATIK QAYTA ULASH (ChAQU)

Energetika tizimida tezkor zaxira qiymatidan katta quvvat yetishmovchiligi paydo bo'lganda, chastota ko'chkisi va kuchlanish ko'chkisi deb ataluvchi xavfli hodisalar kechishi mumkin.

**Chastota ko'chkisi va kuchlanish ko'chkisi** deb, ularning qiymati beto'xtov, tizimni buzilishiga olib keluvchi darajagacha kamayishiga aytiladi.

**Chastota ko'chkisi** quyidagicha sodir bo'ladi:

**Quvvat yetishmasligi** paydo bo'lganda energotizim agregatlarining tezligi, ya'ni **chastota pasayadi**. Bu elektr stansiyalarning o'z ehtiyoj mexanizmlarining unumdorligiga salbiy ta'sir qilib, stansiyalarning quvvatini kamaytiradi va natijada **quvvat defitsiti yanada oshadi**. Bu esa chastota pasayishini davom etishiga va quvvat yetishmovchiligi oshishiga olib keladi. **Bu hodisa ko'chkisimon davom etadi**.

**Kuchlanish ko'chkisi** quyidagicha kechadi:

Energotizimda quvvat defitsiti natijasida **chastota kamayganda, generatorlarning EYuKlari ham kamayadi** (ular chastotaga proporsionaldir), **asinxron dvigatellar esa tormozlanib boshlaydi**. Tormozlanayotgan asinxron dvigatel energotizimdan **qo'shimcha reaktiv tok iste'mol qiladi**. Bu esa generatorlarning statorida **yakor reaksiyasining oshishiga** va generator chiqishidagi **kuchlanish kamayishiga** olib keladi:

$$U_g = E_g - j I_d x_d \quad (7.1)$$

Kuchlanish kamayishi natijasida asinxron dvigatellarining aylantirish momenti kamayadi (moment kuchlanishning kvadrat darajasiga proporsionaldir). Dvigatellar tormozlanishi davom etib, ular tizimdan olayotgan **reaktiv tok iste'molining yanada oshishiga** va tizimdagi kuchlanishlarning pasayishiga olib keladi. Bu holat beto'xtov davom etib, tizimning batamom buzilishiga olib keladi.

Chastota 45Gs dan pasayganda, kuchlanish ko'chkisini generatorlar qo'zg'atishining forsirovkasi yordamida ham to'xtatib bo'lmaydi.

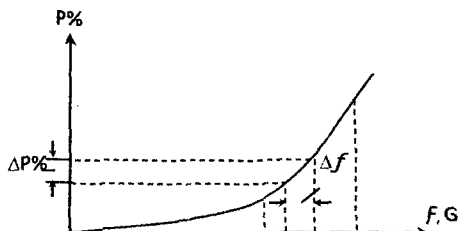
Bu holatda ham stansiyalarda o'z ehtiyoji mexanizmlarining unumdorligi keskin kamayib ketadi. Masalan, sirkulyatsion nasoslarning unumdorligi 60 % gacha, suv ta'minlash nasoslari esa nolgacha pasayadi.

#### 7.1. Energetika tizimining chastotaviy tavsifi

Energotizimning chastotaviy tavsifi tizim yuklamasining chastotaga bog'liqligini ko'rsatadi. Bu bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$P_0 \% + P_1 \% \frac{f}{f_n} + P_2 \% \left(\frac{f}{f_n}\right)^2 + \dots + P_n \% \left(\frac{f}{f_n}\right)^n, \quad (7.2)$$

bu yerda,  $P_0 \%$ ,  $P_1 \%$ ,  $P_2 \%$ , ...,  $P_n \%$  – nominal chastotada iste'molchilar quvvatlarining tizimning umumiy 100 % deb qabul qilingan qiymatiga nisbatan ulushi.



7.1.-rasm. Tizimning chastotaviy tavsifi

Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu tavsif nochiziqlidir, lekin amalda  $f = 45Gs$  dan  $f_{nom} = 50Gs$  gacha oraliqda uni chiziqli deb hisoblasa ham bo'ladi. Shuning uchun ushbu oraliqda deb hisoblasa ham bo'ladi.

Koeffitsiyent  $K_{r.e}$  yuklamaning rostlash effekti koeffitsiyenti deb ataladi. Iste'molchilarning chastota pasayganda ular iste'mol qilayotgan quvvatini kamaytirish xususiyatini **yuklamaning rostlash effekti** deb atashadi.

$$\frac{\Delta P \%}{\Delta f \%} = K_{b.e.} = const \quad (7.3)$$

Chastotatni foizda emas, balki Gersda ifoda etsak, quyidagini hosil qilamiz:

$$K_{r.e} = \frac{\Delta P \%}{2 \Delta f Gs} \quad (7.4)$$

Yuklamaning tartibga soluvchi ta'sir koeffitsiyenti chastotani kamaytirishning har bir foiziga yuklamaning aktiv quvvat sarfi necha foizga kamayganligini ko'rsatadi.

U sutka davomida o'zgarib turadi va tunda, yoritish moslamalari yoqilganda va chastota o'zgarishini sezmaydigan istemolchilar ulanganda eng kichik qiymatga ega bo'ladi.

Yuklamani rostlash effekti koeffitsiyentining qiymati maxsus sinovlar bilan aniqlanishi kerak va zamonaviy tizimlarda quyidagini tashkil etadi:  $K_{b.e.} = 2+2,5$ .

Chastota 45 Hz dan pastga tushganda, stansiyaning o'z ehtiyoj mexanizmlarini ishlab chiqaruvchanligini juda pasaytiradi va ularning ishini falaj qiladi. Masalan, aylanuvchan nasoslarning ishlovchanligini 60 % ga pasaytiradi, iste'mol nasoslarini bo'lsa 0 gacha pasaytiradi. Bu energobloklarning ishlashini to'xtashiga va energotizimni qulashiga sabab bo'ladi.

## 7.2. Avtomatik chastotaviy yuksizlantirishning bajarilish prinsiplari va hisobi

Energotizimda chastota va kuchlanish ko'chkarini bartaraf etish maqsadida avtomatik chastotaviy yuksizlantirish tashkil etiladi.

Paydo bo'lishi mumkin bo'lgan quvvat defitsitining qiymati oldindan ma'lum bo'lmaganligi sababli tizimda ortiqcha iste'molchilar o'chirilmaligi uchun o'chirishlar navbatma-navbat bajariladi.

Chastota ma'lum qiymatgacha tushguncha eng past toifali iste'molchilarning bir qismi o'chiriladi. Agar chastota tushishni davom ettirsa, unda chastotaning bir qancha tushishiga mos holda yana iste'molchilarning bir qismi o'chiriladi va shu kabi davom etadi. O'chirilayotgan iste'molchilarning mas'uliyati navbati oshgan sari oshib boradi.

Barcha navbatlar yordamida tizimda mavjud bo'lishi mumkin eng katta quvvat defitsiti  $P_{d,max}$  % o'chirilishi kerak. Har qanday energotizim uchun quvvat yetishmovchiligining maksimal qiymatini doim aniqlash mumkin.

Masalan, tizimda u bilan yagona liniya bo'yicha bog'langan katta quvvatli stansiya bo'lsa, unda bu liniya o'chganda tizimdagi yetishmovchilik bu stansiyaning quvvatiga teng bo'ladi (stansiyadagi qaynoq rezerv e'tiborga olinmasdan zaxiraga qoladi).

Stansiyalar aro ishonchli bog'lanishlar mavjud bo'lsa, tizimdagi maksimal yetishmovchilik eng katta quvvatli blok o'chishida aniqlanadi.

Yuqorida ta'riflanganlar birinchi toifali avtomatik chastotaviy yuksizlantirish (AChYu-I) qurilmasi yordamida bajariladi.

Chastotaviy yuksizlantirish tizimdagi chastota qisqa muddatga tushish ehtimoli bor qiymatdan bir oz kattaroq qiymatda boshlanishi kerak (odatda, bu chastota AES yoki IES larining yirik energobloklari ishlash shartlaridan olinadi va 49 Gs ga teng).

Amaliy holatda, AChYu birinchi bosqichi  $f_{i,t,1}=48,8$  Gs ga o'rnatiladi.

Eng katta quvvat yetishmovchiligiga mos chastotaning maksimal og'ishi quyidagiga teng:

$$\Delta f_{maks} = \frac{P_{d,maks} \%}{2K_{r,e}} \quad (7.5)$$

Bu chastotaning  $f_{min.} = 50 - \Delta f_{maks}$ . minimal qiymatiga mosdir.

Agar hisob bo'yicha  $f_{min.} > 46,5Gs$  bo'lib chiqsa, unda shu qiymat AChYu-Ining eng oxirgi navbatining ishga tushish chastotasi sifatida olinadi:

$$f_{ish,n} \quad f_{min.} \quad (7.6)$$

Agar  $f_{min.} < 46,5Gs$  bo'lib chiqsa, unda oxirgi navbatning ishga tushish chastotasi sifatida  $46,5Gs$  olinadi. Buning sababi shundaki, yuqorida aytilgandek, chastota qisqa muddatga ham  $45Gs$ dan past bo'lishi mumkin emas. Mavjud maksimal  $R_{d,maks}$  yetishmovchilikni chastota bu qiymatga tushgunga qadar bartaraf etish kerak, chunki u inersiya bo'yicha yana bir oz kamayishi mumkin. Shuning uchun  $f_{ish,n}=46,5 Gsga$  teng deb olinadi.

Katta yetishmovchiliklarda chastota keskin tushib ketish xavfi bor. Unga yo'l qo'ymaslik uchun AChYu-Ining sabr vaqti 0,5 soniyadan oshmasligi kerak.

Ikki ta qo'shni navbatlarning chastota bo'yicha ishga tushish o'ratmalari farqi  $\Delta f_{ish}=0,1Gsga$  teng deb qabul qilinadi. Bunda AChYu-Ining navbatlar soni quyidagicha topiladi:

$$n_1 = \frac{f_{ish,1} - f_{ish,n}}{\Delta f_{ish}} + 1. \quad (7.7)$$

Barcha navbatlar yordamida maksimal quvvat yetishmovchiligi to'la to'kis bartaraf etilishi lozim bo'lganligi uchun, har bir navbat orqali o'chiriladigan quvvat quyidagicha bo'ladi

$$P_{o'ch} \% = \frac{P_{d,maks} \%}{n_1}. \quad (7.8)$$

Bir nechta navbatlar ishlagandan so'ng quvvat yetishmovchiligi kamayadi. Bunga qo'shimcha yuklamaning rostlash effekti hisobiga ishda qolgan iste'molchilarning quvvati ham chastota pasayganda kamayadi. Natijada past chastotada ishlab chiqarilayotgan va iste'mol qilinayotgan quvvatlar balansi hosil bo'lishi mumkin. Bunday holatda chastota o'zgarishining davom etishi to'xtaydi va **chastota osilib qolishi** deb ataluvchi vaziyat hosil bo'ladi.

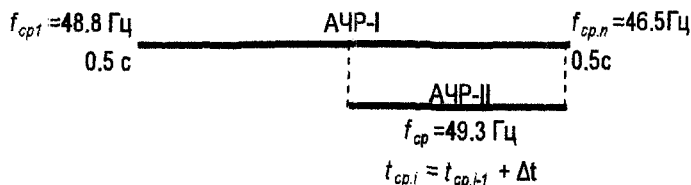
Past chastotada energotizim uskunalarning ishlashiga ruxsat etilmaydi. Bunday holatda, masalan, podshipniklarni moylovchi moy nasoslarning ish unumdorligi kamayadi va ular qizishni boshlaydi.

Chastota osilib qolishining oldini olish uchun va uni nominalgacha yaqin bo'lgan qiymatgacha ko'tarish uchun ikkinchi toifali chastotaviy yuksizlantirish AChYu-II ishlatiladi.

AChYu-II ning barcha navbatlari orqali maksimal yetishmovchilikning  $0,4 \rightarrow 0,5$  qismi o'chiriladi. Shuni hisobga olish kerakki, AChYu-II ning navbatlari chastota

osilib qolishidan oldin AChYu-I ning oxirgi navbatlari orqali o'chirilishi kerak bo'lgan iste'molchilarga ta'sir qiladi.

Masalan,  $n_I = 16$  bo'lsa va AChYu-II tomonidan  $P_{d,max}$  ning 50 foizi o'chirilsa, unda AChYu-II navbatlarining soni  $n_{II} = 8$  bo'ladi.



7.2-rasm. AChYu-I va AChYu-II larning ishlash prinsipi

AChYu-II ning birinchi navbati ACnYu-I ning to'qqizinchi navbatidan, ikkinchisi esa – o'ninchi navbatidan va sh.k. o'chirilishi kerak bo'lgan iste'molchilarni o'chiradi (7.2-rasm).

AChYu-II ning chastota bo'yicha ishga tushish o'ratmalari barcha navbatlar uchun bir xil, ACHYU-Ining birinchi navbat o'ratmasidan 0,5Gs ga kattaroq olinadi:

$$f_{ish II} = f_{ish I} + 0,5 Gs. \quad (7.9)$$

AChYu-IIning birinchi navbati uchun  $t_I = 10-20$  soniya sabr vaqti olinadi. Qo'shni navbatlarning sabr vaqti  $\Delta t_{ish} = 3 \div 5$  soniyaga farq qiladi.

Ayrim hollarda AChYu-IIning oxirgi navbatlarida sabr vaqtini 60÷90 soniyagacha oshirishadi. Bu vaqt sovuq rezervda bo'lgan gidrogeneratorlarni yoki sinxron kompensator rejimida ishlayotgan gidrogeneratorlarni aktiv rejimga o'tkazishga ulgurish uchun kerakdir.

AChYu-IIning navbatlar soni quyidagi ifodadan topiladi:

$$n_{II} = \frac{(0,4 \div 0,5) P_{d,max} \%}{P_{o'ch} \%} \quad (7.10)$$

AChYu-I va AChYu-II dan tashqari **qo'shimcha (yoki mahalliy)** deb ataluvchi **chastotaviy yuksizlantirish** ham mavjud. Uni keyinroq ko'rib chiqamiz.



### 7.3. Chastotaviy avtomatik qayta ulash (ChAQU)

AChYu qurilmasidan o'chirilayotgan liniyalarda AQU bo'lmashligi shart. Lekin amalda AChYuning noto'g'ri ishlash holatlari uchrab turadi.

Ularning sabablari quyidagicha:

- mavjud yetishmovchilik bartaraf etilgandan so'ng chastota pasayishi inersiya bo'yicha davom etishi;
- sinxron yuklamasi mavjud podstansiyalarda AQU va ZAUlar ishlaganda toksiz to'xtam oralig'ida chastota tushib ketishi;
- tizimdagi chayqalishlarda qiymati nominal chastotadan ancha past sirpanish  $f_s$  chastotasi paydo bo'lishi ( $f_s < f_{nom}$ ).

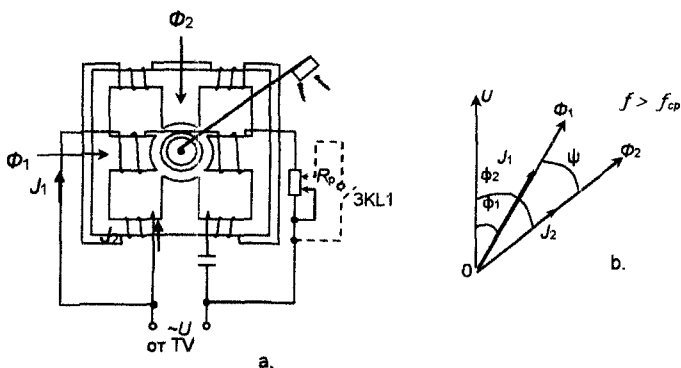
AChYuning noto'g'ri ishlashidan tashqari tizimdagi chastota sovuq rezerv kiritalgandan so'ng hamda minimal yuklamali soatlarda tiklanishi mumkin. Bu degani, tizimdagi chastota tiklanganda AChYudan o'chirilgan iste'molchilarni qayta ulash maqsadga muvofiqdir. Bu vazifa avtomatik qayta ulash qurilmasiga yuklatiladi (ChAQU).

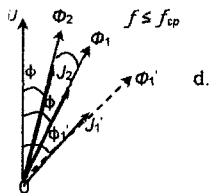
ChAQU ham alohida navbatlar bilan bajariladi: 49,2 Gsdan 50,2 Gsgacha oraliqda qo'shni navbatlarning farqi chastota bo'yicha  $\Delta f = 0,1$  Gs, vaqt bo'yicha esa  $\Delta t = 3-5$  soniya bo'lishi kerak. Shuni e'tiborga olish kerakki, ChAQUda mas'uliyati yuqoriroq bo'lgan iste'molchilarning ulanish navbati ilgariroq bo'ladi.

ChAQU birinchi navbatining sabr vaqti  $t_{ish.1} = 10-15$  soniyaga teng qabul qilinadi. ChAQU bir marta ishlovchi qurilma bo'lishi kerak.

### 7.4. AChYu va ChAQU qurilmalari

Quyidagi 7.3-rasmda AChYu va ChAQU sxemalarida ishlatiladigan IVCh-3 induksion chastotani tiklash relesi ko'rsatilgan. U induksion quvvat relesi asosida bajarilgan.





**7.3-rasm. IVCh-3 chastotani tiklovchi induksion rele:**

- a) induksion chastotani tiklash relesining sxemasi;**  
**b)  $f > f_{cp}$  bo'lgandagi diagramma;** d)  $f \leq f_{cp}$  holatdagi diagramma.

Barcha induksion prinsipda ishlovchi asboblari kabi rele barabanchasidagi aylanturuvchi moment  $M = kF_1F_2 \sin \psi$ , bu erda  $F_1$  – gorizontall qutblar oqimi,  $F_2$  – vertikal qutblar oqimi,  $\psi$  – ular orasidagi burchak.

Transformator TVdan olinuvchi  $U$  kuchlanishi bilan gorizontall qutbda joylashgan chulg'amdagi  $J_1$  toki orasidagi burchak

$$\varphi_1 = \arctg \frac{\omega L_1}{R_1 + R_c}, \quad (7.11)$$

bu yerda:

$L_1$  – bu chulg'am induktivligi;

$R_1$  – uning aktiv qarshiligi;

$R_c$  – uning zanjiridagi rostlanuvchan qarshilik.

Yarmoda joylashgan va  $F_2$  oqimini paydo ettirgan chulg'am uchun:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{\omega L_2 - 1/\omega C}{R_2}, \quad (7.12)$$

bu yerda  $L_2$  va  $R_2$  – bu chulg'amning induktivligi va aktiv qarshiligi;

$C$  – u bilan ketma-ket ulangan kondensatorning sig'imi;

$\omega$  – burchak chastotasi;

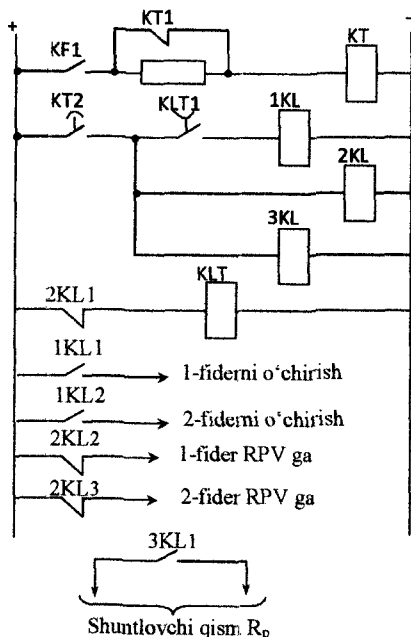
$\varphi_2$  – bu chulg'amga keltirilgan  $U$  kuchlanishi bilan undagi  $J_2$  (yoki  $F_2$  oqimi) orasidagi burchak.

Rele parametrlari shunday tanlanganki tarmoqdagi chastota rele ishga tushish chastotasidan katta ( $f > f_{cr}$ ) bo'lganda (7.3.b-rasmi),  $\varphi_2 > \varphi_1$  bo'ladi. Bunda burchak  $\psi = \varphi_1 - \varphi_2 < 0$  bo'lgani uchun,  $\sin \psi < 0$  va reledagi aylantiruvchi moment  $M < 0$  bo'ladi, ya'ni relening barabanchasi kontaktlarning ochish tarafiga aylanadi. Rele ishlamaydi.

Chastota pasayganda  $\varphi_1$  burchagi ham,  $\varphi_2$  burchagi ham kamayadi.

Amimo  $\varphi_2$  kamayishi  $\varphi_1$  ga nisbatan tezrok kechadi, chunki  $\omega = 2\pi f$  kamaygan sari  $1/\omega C$  o'sishi hisobiga  $(\omega L_2 - 1/\omega C)$  ning kamayishi  $\omega L_1$  ning kamayishidan nisbatan tezroq bo'ladi.

Chastotating qandaydir, relening ishga tushish chastotasidan kam qiymatida ( $f < f_{sr}$ ),  $\varphi_2$  burchagi  $\varphi_1$  burchagidan kam bo'lib qoladi va  $\psi$  burchagining qiymati musbatga aylanadi ( $\psi = \varphi_1 - \varphi_2 > 0$ ). Aylantirish momenti ham musbat ishoraga ega bo'ladi ( $M > 0$ ).



7.4-rasm. AChYu va ChAQU ning bitta navbati sxemasi

Rele, kontaktini qo'shib, ishga tushadi. Bu vektor diagrammada ko'rsatilgan (7.3.v-rasmi).

Ishga tushish chastotasi  $R_r$  qarshiligini o'zgartirish hisobiga rostlanadi. Rele ishlagandan so'ng  $R_r$  ning bir qismini shuntlab quyilsa,  $\varphi_1$  burchagini  $\varphi_1'$  burchagigacha oshirish mumkin (rasmda punktir bilan ko'rsatilgan). Bu relening qaytish chastotasini oshirish uchun qilinadi (bunda  $\varphi_2 > \varphi_1'$  bo'lishi shart,  $\varphi_2$  ning o'sishi esa chastota  $f$  ko'tarilgan sari oshadi).

7.4-rasmda AChYu va ChAQUlar bir navbatining sxemasi ko'rsatilgan.

Chastota  $f$  ishga tushish chastotasi  $f_{cr}$  gacha pasayganda IVCh-3 rusimidagi KF releli o'zining KF1 kontakti bilan KT vaqt relesininig ta'minot zanjirini qo'shadi.

KT rele si ishga tushib, o'zining KT1 kontaktini uzadi. Tok  $r$  qarshiligi orqali oqib boshlab, qiymatini kamaytiradi. Buning hisobiga relening termik turg'unligi bajariladi.

Ko'rilayotgan navbatning sabr vaqti o'tgach, vaqt relesining KT2 kontaktlari qo'shiladi va u orqali 1KL, 2KL va 3KL relelariga baravvar ta'minot beriladi.

Rele 1KL, o'zining 1KL1 va 1KL2 kontaktlarini qo'shib, ushbu navbat orqali o'chiriladigan 1-chi va 2-chi fiderlarni o'chirishga impuls yuboradi.

Rele 2KL o'zining ochiluvchi 2KL1 kontakti orqali KLT relesining chulg'am zanjirini uzib yuboradi. Bu rele 1-chi va 2-chi fiderlarni o'chirishga yetarli bir oz sabr vaqti bilan KLT1 kontaktini uzadi va 1KL relesini ish holatidan chiqarib qo'yadi.

Buning yordamida 1-chi va 2-chi fiderlarni o'chirishga impuls davomiyligi cheklanadi. Ochilib ketuvchi 2KL2 va 2KL3 kontaktlar yordamida 2KL rele si o'chirilayotgan fiderlarning AQU sidan operativ tokning plyusini uzib tashlaydi.

3KL oraliq rele si 3KL1 kontakti orqali KF relesidagi  $R_r$  qarshiligining bir qismini shuntlab qo'yadi. Buning oqibatida KF relesining qaytish chastotasi ko'rilayotgan navbatning CHAQU qiymatigacha oshiriladi. Agar chastota shu qiymatgacha ko'tarilsa, KF rele si dastlabki holatiga qaytadi.

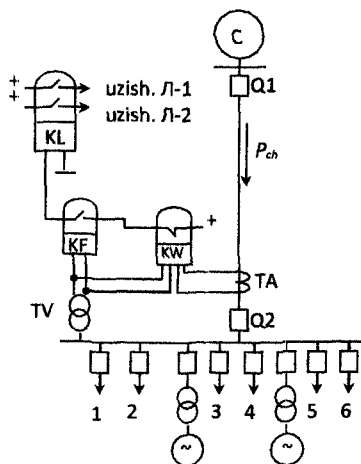
Uning KF1 kontakti orqali KT vaqt relesining ta'minot zanjiri uziladi. Uning KT2 kontakti ochilib ketadi. 2KL va 3KL relelar chulg'amlari ta'minotsiz qoladi.

2KL oraliq rele si o'zining 2KL2 va 2KL3 kontaktlari yordamida ACHYU orqali o'chirilgan fiderlarni qayta ulash relesini (RPV) ishga tushirib yuboradi. Fiderlar qayta ulanadi.

Agar CHAQU dan so'ng chastota qayta pasaysa, ACHYU ushbu fiderlarni yana, ikkinchi marta o'chiradi. Birinchi CHAQU siklida RPV relesining kondensatorlari zaryadini yo'qotgani sababli, ikkinchi marta qayta ulash bo'lmaydi. Shunday qilib CHAQU ning bir marta ishlashi bajariladi.

Quyidagi 7.5-rasmda **qo'shimcha (mahalliy) chastotaviy yuksizlantirishning** qo'llash doirasi va ishlash prinsipini tushuntirish sxemasi ko'rsatilgan.

Unda elektr stansiya ko'rsatilgan bo'lib, uning shinalaridan ta'minot oluvchi iste'molchilarning quvvati stansiya agregatlarining o'rnatilgan quvvatidan kattadir. Yetishmayotgan quvvatni stansiya tizimdan bog'lanish liniyasi orqali olmoqda.



7.5-rasm. Qo‘shimcha (mahalliy) chastotaviy yuksizlantirishning ishlash prinsipi

Stansiya shinalaridan ketuvchi liniyalardan ta‘minlovchi iste‘molchilar toifasi tizimdagi podstansiyalardan ta‘minlovchi iste‘molchilarnikidan yuqoriroqdir. Shuning uchun tizimda chastota pasayganda tizimdagi podstansiyalardagi AChYu-I va AChYu-II lar ishga tushadi.

Ammo tizim bilan bog‘lanish liniyasi o‘chganda stansiyaning chastotasi pasayib ketadi (agar uning quvvati mahalliy yuklamalarni ta‘minlashga yetmasa). Bunda **qo‘shimcha AChYu qurilmasi** ishga tushib, liniyalarning bir qismini, masalan, 1- va 2-liniyalarni o‘chiradi.

Qo‘shimcha AChYu qurilmasini bunday ishlashi yo‘naltirilgan quvvat KW relesi yordamida bajariladi.

Agar chastota pasayganda liniya orqali oquvchi quvvat R tizimdan stansiya tomon yo‘nalgan bo‘lsa, KW quvvat relesi kontaktini ochiq holatda ushlab turadi. Buning hisobiga KF chastota relesi kontaktini qushishiga qaramasdan operativ tok KL oraliq relesiga o‘tmaydi va uning kontaktlari ochiqlikicha qoladi. Mahalliy AChYu ishlamaydi va faqatgina tizimdagi AChYular ishlab, toifasi pastroq iste‘molchilarni o‘chiradi.

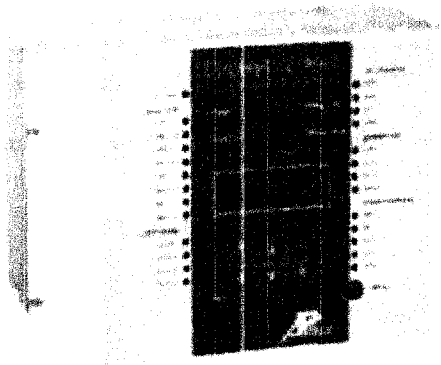
Agar bog‘lanish liniyasi o‘chib qolsa, unda KW quvvat relesi kontaktini qo‘shadi. Stansiyadagi chastota KF chastota relesining ishga tushish qiymatigacha pasaysa, unda u kontaktini qo‘shib KL relesini ishga tushirib yuboradi va u L-1 va L-2 liniyalarini o‘chirishga impuls yuboradi.

Agar tizimda chastota pasayganda stansiyada ortiqcha quvvat mavjud bo‘lib, bog‘lanish liniyasi bo‘yicha quvvat stansiyadan tizim tomon yo‘nalgan bo‘lsa, unda mahalliy AChYu ishga tushib, tizimdagi chastotani tiklashga yordam beradi.

## 7.5. Zamonaviy avtomatik chastotani yuksizlantirish qurilmalari

### 7.5.1. “Sirius-2-AChYu” qurilmasi

Sirius-2-AChYu avtomatik chastotani pasaytirish qurilmasi (7.6 rasm) chastota pasayganda iste'molchilarni avtomatik ravishda uzib, chastota tiklanganda uzilgan iste'molchilarni avtomatik ravishda qayta ulash orqali aktiv quvvat taqchilligini bartaraf etish maqsadida elektr stansiyalari va energotizim podstansiyalarida foydalanishga mo'ljallangan.



7.6-rasm. «Sirius-2-AChYu» - avtomatik chastotani yuksizlantirish qurilmasi

Qurilma 3-110 (500) kV podstansiyalarida va elektr stansiyalarining boshqaruv pultida va rele zallaridagi shkafalarda va panellarda, shuningdek, taqsimlash punktlarida va podstansiyalardagi KTQ va 6–10 kV li KCO yacheykalarda o'ratish uchun mo'ljallangan.

Sirius-2-AChYu qurilmasi quyidagilarni ta'minlab beradi:

- chastotani pasaytirish uchun mo'ljallangan ulanishlarni avtomatik ravishda uzib qo'yish;
- chastota ko'tarilganda uzilgan ulanishlarni avtomatik tarzda ulash;
- bir vaqtning o'zida ikkita bo'limni boshqarish;
- AChYu va ChAQU ning har qanday navbatiga blokirovkani tezkor kiritish;
- har qanday kanallardan kuchlanish yo'qolib qolganda signal berish;
- Tashqi rele signallari bilan ishlashni to'xtatish.

### 7.5.2. “AChYu-MP” chastotaviy avtomatika mikroprotsektor qurilmasi

«AChYu-MP» chastotaviy avtomatika mikroprotessor qurilmasi elektr tarmoqlarining ish holatlarni boshqarish va AChYu-I qurilmalarining algoritmlariga muvofiq ishlash uchun mo'ljallangan.

#### **Asosiy funksiyalari:**

- ikki kanalga analog kuchlanishlarni kiritish;
- ikki donagacha boshqariladigan tok kanallarini kiritish;
- tashqi shovqinni bostirish va signallarning birinchi garmonikasini ajratish maqsadida raqamlashtirilgan kirish signallarini matematik qayta ishlash;
- boshqaruv pultiga o'rnatilgan displeyli shaxsiy kompyuter yoki texnologik jarayonlarni boshqarish avtomatikasi yordamida chastotani o'zgarish tezligini, chastota yoki vaqt o'g'ishining integralini va chastota ko'rsatkichlarini o'zgartirish;
- Quyidagi algoritmlarni matematik tatbiq etish: energetika tizimida boshqariladigan quvvatning yetishmasligida chastotani avtomatik pasaytirish (chastotaning og'ishida AchYu-I va AChYu-II yoki chastota og'ish tezligi bo'yicha – AchYu-T);
- Kommutatsiya qurilmalarining mavjud boshqaruv tizimlariga boshqarish harakatlarining chiqishi.

#### **Nazorat savollari:**

1. AChYu vazifasi.
2. "Chastota ko'chkisi" nima?
3. "Kuchlanish ko'chkisi" nima?
4. Energotizimda chastota 45 Gsdan past bo'lishi nimaga taqiqlanadi?
5. AChYu tizimi nega bir nechta pog'onali bo'ladi? AChYu iste'molchilarni meyordan ortiq o'chirib yuborishi mumkinmi?
6. «Yuklamaning rostdash effekti» nimadan iborat?
7. Asinxron rejim qanday sharoitlarda paydo bo'lishi mumkin?
8. Yuklama rostdash effektining fizikaviy ma'nosi nimada?
9. Chastota qisqa vaqtga pasayganda iste'molchilar noto'g'ri o'chib qolmasligini AChYu sxemasi qanday ta'minlab beradi?
10. AChYu o'rnatmalarini hisoblash uchun energetizimdagi maksimal quvvat defisiti qanday aniqlanadi?
11. AChYu-I nima uchun kerak?
12. AChYu-I ning birinchi va oxirgi pog'onalar o'rnatmalari nimaga teng?
13. ChAQUning chastota va vaqt o'rnatmalari qanday tanlanadi?
14. AChYu-II vazifasi nimadan iborat?
15. Qo'shimcha chastotaviy yuksizlantirish tizim faktorlari bo'yicha ishlamasdan, mahalliy faktorlar bo'yicha ishlashi qanday bajariladi?
16. AChYu dan o'chgan liniyalarning avtomatik qayta ulanishi nima uchun taqiqlanadi? Bu AChYu sxemasida qanday bajariladi?
17. ChAQUning vazifasi nimadan iborat?

18. Qo‘shimcha (mahalliy) chastotaviy yuksizlantirishning vazifasi nimadan iborat?

19. Qo‘shimcha (mahalliy) AChYu faqatgina mahalliy faktorlar bo‘yicha emas, balkim energotizimda chastota pasayganda ham ishlashi qaysi holatlarda bo‘lishi mumkin?

20. Chastota relesi chastota o‘zgarishini qanday «sezadi»?

21. Chastota o‘rnatmalarini tanlashda AChYu-I va AChYu-II larning prinsipial farqi nimada?

22. Vaqt o‘rnatmalarini tanlashda AChYu-I va AChYu-II larning prinsipial farqi nimada?

23. Chastota relesida chastota o‘rnatmasini qanday o‘zgartirish mumkin?

24. AChYu sxemasida ChAQU qachon va qanday bajariladi?

25. Chastota relesida qaytish chastotasi qanday o‘rnatiladi?

26. AChYu-Ining pog‘onalar soni qanday topiladi?

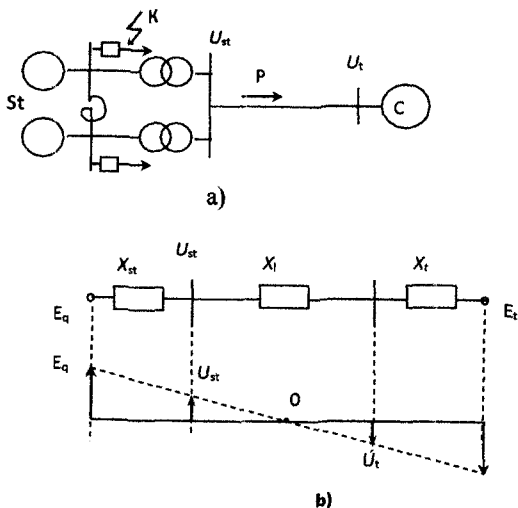


## VIII BOB. AVARIYANING OLDINI OLISH AVTOMATIKASI

### 8.1. Asinxron rejim

Parallel ishlayotgan generatorlar yoki tizimlar orasida turg'unlik buzilsa, asinxron rejim paydo bo'ladi. Asinxron rejim liniyaning qayta ulanishi nosinxron bajarilganda ham paydo bo'lishi mumkin.

Quyidagi sxema (8.1-rasm) misolida asinxron rejim qanday kechishini ko'rib chiqamiz:



**8.1-rasm. Asinxron rejimning paydo bo'lishi:**  
**a) elektr tarmog'ining prinsiplial sxemasi;**  
**b) ekvivalent almashtirish sxemasi.**

Normal ish rejimida stansiya tizimga quvvat beradi:

$$P = \frac{E_q \cdot E_t}{X_{\Sigma}} \cdot \sin \delta, \quad (8.1)$$

bu yerda  $E_q$  – stansiya generatorlarining EYuKi;  $E_t$  – tizim EYuKi;

$X_{\Sigma}$  – stansiyadan tizimga uzatilayotgan quvvat yo'lidagi umumiy qarshilik;

$\delta$  – generator va tizim EYuKlari orasidagi burchak.

$$X_{\Sigma} = X_{st} + X_l + X_r, \quad (8.2)$$

bu yerda  $X_{st}$  – stansiya qarshiligi;

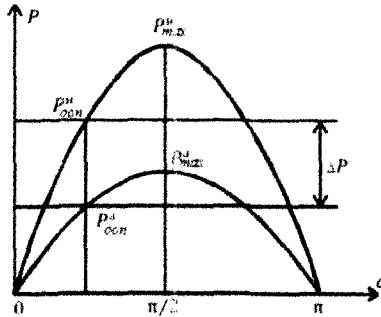
$X_l$  – liniya qarshiligi;

$X_r$  – tizim qarshiligi.

Bunda burchak

$$\delta = \arcsin \frac{PX_{\Sigma}}{E_q \cdot E_c} \quad (8.3)$$

Misol uchun, K nuqtada qisqa tutashuv sodir bo‘lib, turg‘unlik buzilsa, stansiya agregatlarida yuklama tushib ketadi va ularning tezligi oshib ketadi, tizimdagi agregatlar esa stansiyadan tizimga quvvat  $P$  kelishi to‘xtay boshlaganligi uchun tormozlanib boshlaydi.



8.2-rasm. Sinxron generatorning burchak xarakteristikasi

Elektr stansiya va tizim agregatlari orasida sirpanish chastotasi deb ataluvchi chastotalar farqi paydo bo‘ladi:  $f_s = f_g - f_t$ .

Sirpanish chastotasi hisobiga asinxron yurish paydo bo‘ladi.  $\delta$  burchagi uzluksiz o‘zgaradi:

$$\dot{\delta} = 2\pi f_s t \quad (8.4)$$

Vaqtı-vaqtı bilan u  $180^\circ$  ga ham tenglashishi mumkin. Bu holatga mos diagrammani yuqoridagi rasmda ko‘rish mumkin.

Tizimning turli nuqtalarida kuchlanish  $E_q$  dan  $E_t$  gacha o‘zgarishi mumkin va shu sababli tarmoqning ayrim nuqtasida kuchlanish nolga teng bo‘ladi. Bu nuqta **tebranishlarning elektr markazi (TEM)** deb nomlanadi.

Asinxron yurish rejimida tenglashtiruvchi tok paydo bo‘ladi:

$$J_{\text{avg}} = \frac{2P'}{X_{\Sigma}} \cdot \sin \frac{\delta}{2}, \quad (8.5)$$

bunda  $E_q = E_t = E$

Bu tokning maksimal qiymati generator chiqishidagi qisqa tutashuv toki qiymatidan katta bo'lishi mumkin.

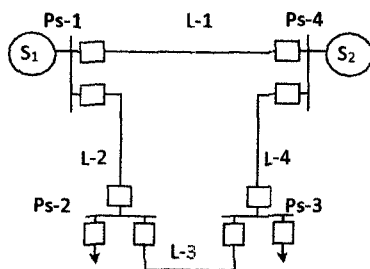
$$P = \frac{E_q \cdot U_s}{X_{\Sigma}} \cdot \sin \delta \quad (8.6)$$

Asinxron yurish vaqtidagi uzatilayotgan quvvat  $\delta$  burchagi o'zgarishi hisobiga o'zining qiymatini va ishorasini davriy o'zgartiradi. Natijada quvvatning o'rtacha qiymati nolga teng, ya'ni **liniyadan quvvat uzatilmaydi**.

Asinxron yurish uzoq davom etishiga ruxsat berilmaydi. Shuning uchun **asinxron yurishni tugatish** va **sinxronizmni tiklash** uchun bir qator maxsus tadbirlar amalga oshiriladi:

- yuqori chastota bilan ishlayotgan stansiyaning agregatlar quvvatini tezkor kamaytirish yoki ayrimlarini o'chirish;
- tizimning past chastota bilan ishlayotgan qismida qaynoq rezerv hisobiga generatorlarning quvvatini oshirish;
- sovuq rezerv holatida bo'lgan gidrogeneratorlarni chastotaviy ishga tushirish yoki sinxron kompensator rejimida ishlayotgan gidrogeneratorlarni generator rejimiga o'tkazish;
- tizim iste'molchilarni qisman o'chirish.

Aytish joizki, bir qator holatlarda **asinxron yurishni to'xtatish avtomatikasiga (AYuTA)** kiruvchi ushbu tadbirlar yordamida resinxronlashni ta'minlab berishga imkoniyat bo'lmaydi. Masalan, quyidagi 8.3-rasmida shunga mos vaziyat keltirilgan:



8.3-rasm. Asinxron yurishni to'xtatish avtomatikasi

S1 tizimidan S2 tizimiga quvvat, asosan, L-1 liniyasi orqali beriladi. L-2, L-3 va L-4 liniyalarning o'tkazish qobiliyati unchalik katta emas va ular 2-chi va 3-chi podstantsiyalardagi iste'molchilarga ta'minot yetkazib berish uchun mo'ljallangan.

Shu sababli L-1 liniyasi o'chganda qarshilik keskin oshib ketadi va asinxron rejim paydo bo'lishi muqarrar. Bu holatda yuqoridagi tadbirlar yordamida asinxron rejimni deyarli resinxronlab bo'lmaydi va **AYuT**Ani ishlatishdan foyda yo'q.

Bunday vaziyatlarda tizim oldindan belgilangan nuqtada **nosinxron qismlarga** bo'linadi. Asinxron rejimni paydo bo'lishini aniqlash va bartaraf etish **asinxron holatni avtomatik tugatish (AHAT)** qurilmasi yordamida bajariladi.

AHAT butun energetika tizimi turg'unligini ta'minlovchi murakkab va muhim tizim hisoblanadi. AHAT ishlash prinsiplari qo'zg'atuvchi qurilmalarning fiksatsiyalari turlari bo'yicha farqlanadi.

- qarshilikning kamayish tezligi (AHAT FQKT): asinxron rejimga xos kuchlanishning sekin pasayishi va tokning oshishiga (quvvat yo'nalishining o'zgarishi davomida chegaralangan tezlik bilan tizimning kompleks qarshiligining pasayishiga) ta'sir ko'rsatadi.

- elektr energiyasini uzatishning fazaviy burchagini oshirish (AHAT FFBO): tarmoqdagi boshqaruv nuqtalarida faza kuchlanishlari oshishi bilan asinxron yurish boshlanganligini ko'rsatadi.

- asinxron rejimni sikllarini ko'rsatadi (AHAT FAS): asinxron yurishning boshlanganligini qarshilik relesining (yoki maksimal tok relesi) sikl bo'yicha ishlashi va u bilan birga aktiv quvvat relesining ishlash va qaytish davrlarini ko'rsatadi.

- faza tokini (AHAT FT).

Odatda, AHAT qurilmasi bir nechta ishlash bosqichlaridan iborat bo'lib, ularning qo'zg'atuvchi qurilmalarini ishga tushirish bosqichlari turlicha.

Masalan, MODUS firmasining AHAT-S qurilmasi to'rtta aniqlovchi organni o'z ichiga oladi:

- burchakni aniqlovchi organ (BAO);
- siklni aniqlovchi organ (SAO);
- tokni aniqlovchi organ (TAO);
- qisqa tutashuv vaqtida generatorni asinxron rejimga o'tganligini ko'rsatuvchi organ (QTAO).

AHAT tarmoqdagi tebranishlarning paydo bo'lishini aniqlaydi va energotizimdagi liniyalarning bir qismini uzib, uni avtonom ishlaydigan qismlarga ajratadi.

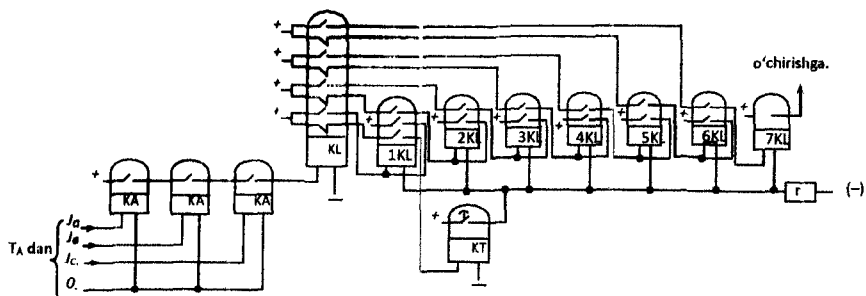
Bu holatda AHAT tarmoqni bo'lishga ishlaydi.

Shu bilan birga AHAT yuklamani o'chirish maxsus avtomatikasi, energetika tizimining quvvat yetishmagan qismida AChR va quvvat ortiqcha qismida generatorlarni o'chirish avtomatikasi bilan ishlaydi.

Ajratilgan qismlar normal ish holati o'rnatilgandan so'ng, ya'ni ularning chastotalarini tenglashtirilgandan so'ng, ularning orasidagi liniyalar ulanishi sodir bo'ladi va energotizimning butunligi tiklanadi.

Tebiruvchilar sikllari sonini ko'rsatuvchi oddiy AIIIAT turmi ko'rib chiqmiz.

## 8.2. Asinxron holatni avtomatik tugatish



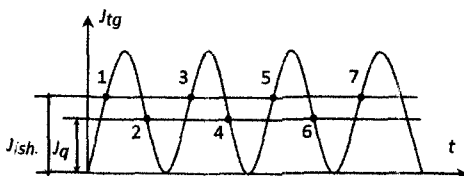
8.4-rasm. Tizimni avtomatik ravishda asinxron qismlarga bo'lish sxemasi

8.4-rasmda tizimni nosinxron qismlarga avtomatik ajratish sxemalaridan biri keltirilgan. Bu sxema asinxron yurishning davrlarini hisoblab, ularning to'rtinchisida tizimni nosinxron qismlarga ajratuvchi uzgichga impuls berib yuboradi.

Asinxron yurish davomida paydo bo'lgan tenglashtiruvchi tok uchala fazada quyidagicha o'zgaradi:

$$J_{tg} = \frac{2E}{X_{\Sigma}} \cdot \sin \frac{\delta}{2} = J_{tg, maks} \sin \frac{\omega_s t}{2} \quad (8.6)$$

Bu tokning to'rtta davri quyidagi rasmda ko'rsatilgan. KA(A), KA(B), KA(C) tok relelarining ishga tushish  $J_{ish}$  va qaytish  $J_q$  toklari ham ushbu rasmda ko'rsatilgan.



8.5-rasm. Tenglashtiruvchi tokning davrlari

Sxema quyidagicha ishlaydi.

Tenglashtiruvchi tok KA relesining ishga tushish tokiga tenglashganda (1-nuqta), uchala fazadagi tok relelari KA(A), KA(B) va KA(C) kontaktlarini qo'shadi.

KL oraliq relesi ta'minot oladi va kontaktlarini rasmda ko'rsatilganga teskari holatga mos o'zgartiradi. Shunda 1KL oraliq relesi ta'minot olib, o'rtadagi kontaktlari orqali o'zini-o'zi ushahsh holatiga turadi.

Tenglashtiruvchi tok KA relesining  $J_q$  qaytish tokiga tenglashganda (2-chi nuqta) KA(A), KA(B) va KA(C) relelari kontaktlarini ajratib yuboradi.

KL oraliq relesining ta'minoti yoqoladi. Uning pastki kontakti va 1KL relesining pastki kontakti orqali KT vaqt relesi ta'minot olib, kontaktini qo'shadi.

Bu relening o'matmasi 2-3 soniyaga teng olingan. Zamonaviy energotizimlarda asinxron yurishning bir davri odatda 0,2-0,3 soniya davom etadi. Shuning uchun tenglashtiruvchi tok qayta  $J_{ish}$  qiymatiga (3-chi nuqta) etib kelguncha KT vaqt relesi ishga tushishga ulgurmaydi.

2-nuqtada KL relesining pastdan uchinchi kontaktlari va 1KL relesining tepadagi kontaktlari orqali 2KL relesi ta'minot oladi va ishga tushib, o'zini-o'zi ushahsh holatiga turib oladi.

3-nuqtada yana KA va KL relelari ishga tushadi. KLning pastki kontakti orqali KT relesining ta'minot zanjiri uziladi va u ishga tushishga ulgurmasdan dastlabki holatga qaytadi.

KL relesining pastdan to'rtinchi kontaktlari va 2KL relesining tepadagi kontakti orqali 3KL oraliq relesi ta'minot olib, o'zini-o'zi ushahsh holatiga turadi.

Ko'rinib turibdiki, asinxron yurish davom etaversa, 4-nuqtada 4KL oraliq relesi ishga tushib, o'zini-o'zi ushahsh holatiga turib oladi, 5-nuqtada esa – 5KL relesi va sh.k. Asinxron yurishning har bir davrida KT vaqt relesi ishga tushadi, ammo kontaktlarini qo'shishga ulgurmay, dastlabki holatiga qaytadi.

Asinxron yurishning to'rtinchi davrida (7-nuqta) 7KL relesi ta'minot oladi va ishga tushib uzgichni o'chirishga impuls yuboradi.

Shundan so'ng liniyada tok yoqoladi va KA tok relelari uzoq vaqt davomida ta'minotsiz qoladi. Buning oqibatida KT vaqt relesining ta'minoti uzoq vaqt davomida uzilmaydi va u kontaktlarini qo'shadi.

Shunda operativ tokning plyus ishorali potentsiali o'zini-o'zi ushab turgan 1KL+6KL relelar chulg'amlarining ham boshlanishiga, ham ohiriga beriladi va ushbu chulg'amlar orqali tok oqishi to'xtaydi. Relelar va butun sxema dastlabki holatga qaytadilar.

KT relesi kontaktlarini qo'shganda operativ tok zanjirida qisqa tutashuv bo'lmasligi uchun unga tok qiymatini cheklovchi  $r$  qarshiligi kiritilgan.

Asinxron yurish to'rtinchi davrgacha tugab qolsa oraliq relelarining faqatgina bir qismi ishga tushib o'zini-o'zi ushab turishga ulgurgan bo'ladi. Keyinchalik vaqt relesi ishga tushganda, u sxemani dastlabki holatiga qaytaradi.

Bo'ronlar davrida yashinlar liniyaga qayta-qayta urib turishi holatlari amalda uchrab turadi.

Agar tizimni nosinxron qismlarga bo'lish avtomatikasida KA tok relesi faqat bir fazada ishlatilganda, unda har bir yashin razryadida uzgich o'chib qolaverar edi. Buning oldini olish uchun tok relelari uchchala fazaga qo'yiladi va ularning kontaktlari ketma-ket ulanadi.

Liniyaning uchchala fazasiga baravvar uradigan chaqmoqlar umalda uchramaydi va shu tariqa ushbu faktor bo'yicha sxemaning noto'g'ri ishlash holatlari bo'lishi mumkin emas.

Ko'rib chiqilgan AHAT sxemasida faza toklari ishlatilganligi uchun bu sxema tokli AHAT sxemasi deb ataladi. Bundan boshqa, murakkabroq sxemalar ham mavjud. Ularda liniya qarshiliklari, liniyaning boshi va oxiri orasidagi burchak va sh.k. ishlatiladi.

Zamonaviy AHAT sxemalari mikroprotsessor texnikasi asosida bajariladi.

#### **AHAT ishlagandan so'ng energotizimda nima sodir bo'ladi?**

Energotizim ikkita asinxron qismlarga ajraladi:

- quvvat tanqisligi mavjud bo'lgan, chastota pasayuvchi va AChR ning ishlaydigan qismi. Agar quvvat tanqisligi ancha katta bo'lsa, AChR ning ishlashi foydasiz bo'lishi mumkin. Buni bartaraf etish uchun AHAT ishlagandan keyin, qoida bo'yicha, oldindan tanlab olingan liniyalarni uzish uchun AHAT ishga tushadi, bu quvvat tanqisligini kamaytirish va AChR ning ishonchli ishlashini ta'minlab beradi.

- ortiqcha quvvat bo'lgan, chastota oshadigan qism. Yuqori chastota generatorlarga xavfli hisoblanadi va uni pasaytirish uchun oldinda tanlab olingan generatorlarni uzish avtomatikasi ishlaydi.

Energotizim dispatcheri tomonidan chastotani rostlash bo'yicha chora ko'rilganidan so'ng, u energotizimdagi ajralgan qismlarni sinxronizatsiyalash uchun buyruq beradi, ya'ni AHAT tomonida o'chirilgan liniyalarni sinxronizatsiyani tekshirib ulash uchun.

Loyiha bo'yicha AHAT o'rnatilishi kerak bo'lgan ammo o'rnatilmagan liniyalarni ishlatish taqiqlanadi. Shuning uchun AHAT remontga chiqqan holatda yoki uning ishlamaslik holatida liniyaning boshqa tarafida o'rnatiladigan zaxira AHAT komplekti ko'rib chiqiladi.

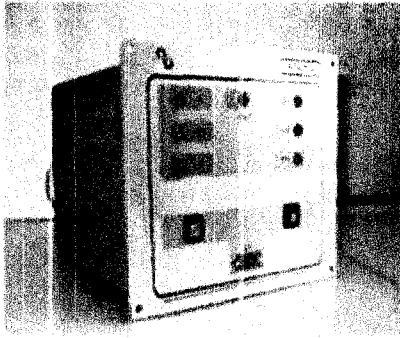
### **8.3. Asinxron rejimlarni bartaraf etuvchi zamonaviy raqamli avtomatika qurilmalari**

Quyida «Rossiya YET» RAJ tomonidan tasdiqlangan va buyurtma asosida va texnik topshiriq bo'yicha tayyorlangan AHAT-S qurilmasi (8.6 rasm) ko'rsatilgan:

Qurilma «Rossiya YET» RAJ MVK tomonidan 2002 yilda qabul qilingan va loyihalovchi institutlarga, energetika tizimlariga va yangi qurilishlarda ishlatiladigan elektr tarqmoqlari korxonalariga va 110-500 kV kuchlanishli energoobyektlarni rekonstruksiya qilish uchun hamda energotizim ishonchligini ta'minlash uchun ishlatishga tavsiya beriladi.

Qurilma Rossiya Davlat standartining muvofiqlik sertifikatiga, Ukrainaning Yoqilg'i va energetika vazirligi tomonidan tasdiqlangan funksional ko'rsatkichlarning muvofiqligi to'g'risida DonORGRES ekspert xulosasiga ega.

Ishlab chiqiruvchi: «DTEUITI» OAJ, Shimoli-g'arbiy BDI, «Modus» IIK MChJ.



8.6-rasm. AHAT-S qurilmasi

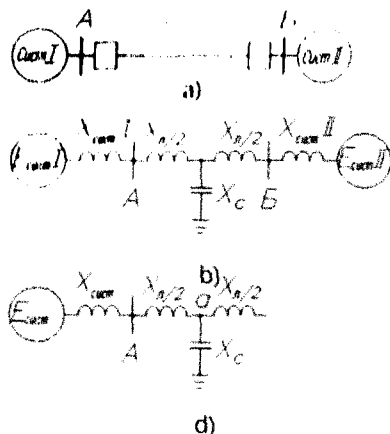
#### 8.4. Liniyani o'ta kuchlanishlardan himoyalash avtomatikasi

Quyidagi (8.7.a) va (8.7.b) rasmlarida yuqori kuchlanishli liniya va uning T-shakldagi almashtirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunday almashtirish sxemasini uzunligi 200-300 kmdan oshmagan liniyalar uchun ishlatish mumkin. Uzunroq liniyalar uchun aslida taqsimlangan induktiv va sig'im qarshiliklarini jamlangan qarshiliklar orqali ifodalash noto'g'ri bo'ladi.

Oxirgi (8.7.v) rasmda esa B podstansiyasi tomonidagi uzgich orqali o'chirilgan liniya uchun almashtirish sxemasi keltirilgan.

$E_{tiz}$  va  $X_{tiz}$  – A nimstansiyasi kuchlanishiga keltirilgan tizimning EYuK va induktiv qarshiligi.





8.7-rasm. Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasining sxemasi:

a) EUL ning prinsipial sxemasi; b) EUL ning almashtirish sxemasi;

v) B podstansiyasi tomondagi EUL uzgich orqali o'chirilgandagi almashtirish sxemasi.

Liniyaning o'chiq turgan uchidagi kuchlanishni topamiz.

Bu holatda tok oqib o'tuvchi zanjirning umumiy qarshiligi

$$X_E = X_t + X_{L/2} - X_c \quad (8.7)$$

unga mos tok esa –

$$I = \frac{E_t}{X_t + X_{L/2} - X_c} \quad (8.8)$$

Liniyaning o'chirilgan uchidagi  $U_o$  kuchlanishi ((8.7.v) rasmi) "a" nuqtaning kuchlanishi bilan bir hil bo'ladi, ya'ni

$$U_o = I * (-X_c) = \frac{E_t * (X_c)}{X_t + X_{L/2} - X_c} \quad (8.9)$$

Ifodaning surati bilan maxrajini ( $-X_c$ ) ga bo'lib, quyidagini hosil qilamiz:

$$U_o = \frac{E_t}{1 - \frac{X_c}{X_t + X_{L/2}}} \quad (8.10)$$

Bu ifodadan **liniya qanchalik kalta bo'lsa** (ya'ni  $X_l$  kichikroq) va **tizimning quvvati qanchalik katta bo'lsa** (ya'ni  $X_{tiz}$  kichikroq), liniyaning uchidagi  $U_k$  kuchlanishi shunchalik kichik bo'lishi va uning aksi ham kelib chiqadi.

Liniyaning boshida, ya'ni A podstansiyasining chiqishida kuchlanish quyidagicha topiladi:

$$U_B = I * (-X_c + X_{L/2}) = \frac{E_t * (X_{L/2} - X_c)}{X_l + X_{L/2} - X_c}, \quad (8.11)$$

yoki

$$U_B = \frac{E_t}{1 - \frac{X_l}{X_c - X_{L/2}}} \quad (8.12)$$

Liniyaning induktiv va sig'im qarshiliklarini solishtiramiz:

Liniyaning sig'im qarshiligi

$$X_c = 1/b_s = 1/b_o L, \quad (8.13)$$

bu yerda  $b_o$  – liniyaning solishtirma sig'im o'tkazuvchanligi,

L- liniya uzunligi.

Liniyaning induktiv qarshiligi

$$X_l = X_o L \quad (8.14)$$

Yuqori kuchlanishli liniyalarda sig'im qarshiligi induktiv qarshiligidan ancha katta bo'ladi ( $X_s > X_l$ ).

(2) ifodasidan ko'rinib turibdiki, **tizim quvvati qanchalik kichik bo'lsa** (ya'ni  $X_{sist}$  katta) va **liniya qanchalik uzun bo'lsa** (ya'ni  $X_l$  katta), **liniyaning boshidagi  $U_A$  kuchlanishi shunchalik katta bo'ladi** (liniya qarshi tarafdin o'chirilganda A nimstansiyasining shinalaridagi kuchlanish).

Misol sifatida uzunligi 250 km, 3xAC-500 markali simdan tayyorlangan 500 kVli liniyaning boshidagi  $U_B$  va oxiridagi  $U_o$  kuchlanishlarini topamiz.

3xAC-500 simi uchun  $X_o = 0,295 \text{ Om/km}$  va  $b_o = 3,79 \cdot 10^{-6} \text{ Om/km}$ .

Uzunligi 250 km uchun:

$$\frac{X_l}{2} = \frac{0,295 \cdot 250}{2} = \frac{73,75}{2} \text{ Om}$$

$$X_o = \frac{1}{b_o} = \frac{1}{3,79 \cdot 10^{-6}} = 264000 - \text{Om/km}$$

$$X_c = \frac{1}{b_0 \cdot L} = \frac{264000}{250} = 1056 \text{ Om}$$

Tizimning qisqa tutashuv quvvatining turli qiymatlari uchun (A podstansiya shinalaridagi qisqa tutashuv) quyidagilarni hosil qilamiz:

$$S_{q,tiz} = 10^4 \text{ MVA, tizim qarshiligi } X_{tiz} = U_{tiz}^2 / S_{q,tiz} = 500^2 / 10^4 = 25 \text{ Om}$$

$$U_O = \frac{500}{1 - \frac{25 + 73,75}{1056}} = 531 \text{ kV}; \quad U_B = \frac{500}{1 - \frac{25}{1056 - 73,7512}} = 512,6 \text{ kV};$$

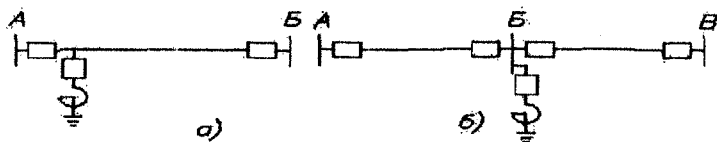
$$S_{q,tiz} = 25 \cdot 10^2 \text{ MVA, tizim qarshiligi } X_{sis} = 500^2 / 25 \cdot 10^2 = 100 \text{ Om}$$

$$U_O = \frac{500}{1 - \frac{100 + 73,7512}{1056}} = 574,5 \text{ kV}; \quad U_B = \frac{500}{1 - \frac{100}{1056 - 73,7512}} = 554 \text{ kV};$$

330-500 kVli liniyalarda uzoq muddat (20-30 daqiqadan ortiq) davom etuvchi  $1,15U_f$  dan yuqori kuchlanish ko'tarilishi tavsiya etilmaydi, chunki bunday holatda paydo bo'ladigan tojlanish bu liniyalar bo'yicha o'tuvchi yuqori chastotali aloqa kanallariga xalaqitlar kiritadi.

Bunday liniyalarda kuchlanish ko'tarilishini cheklash uchun **shuntlovchi reaktorlar** o'rnatiladi. Ular liniyalarga (8.8.a-rasm) yoki podstansiya shinalariga (8.8.b-rasm) ulanadi.

Reaktiv quvvat iste'mol etuvchi bu reaktorlar kuchlanishni pasaytiradi hamda liniya bir tomondan ulanganda rezonans paydo bo'lish ehtimolini bartaraf etadi yoki uni jiddiy darajada kamaytiradi.



**8.8-rasm. Shuntlovchi reaktorlarning ulanish sxemalari:**  
a) EUL ga ulanadigan; b) podstansiya shinasiga ulanadigan

Eng yuqori kuchlanishlar liniya kuchlanish manbasiga bir tomondan ulanganda paydo bo'ladi (bir tomonlama ulanish rejimi). Bunday rejim liniyani sinxronlash

uchun ulanganda paydo bo'lishi mumkin va 5-10 daqiqadan ko'p davom etishi mumkin.

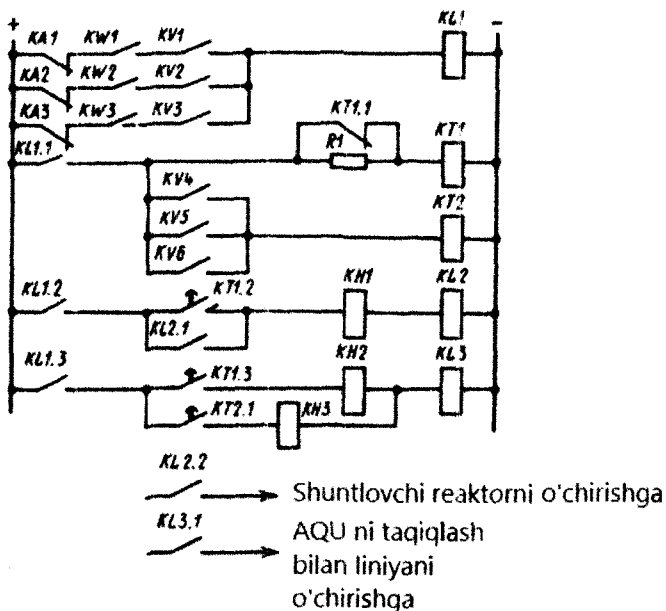
Liniyaning bir tomonlama ulanish rejimi liniya bir tomonlama o'chganda yoki liniyaning bir tarafida AQU ishlaganda ham paydo bo'ladi.

Liniyalardagi **kuchlanish oshishini avtomatik cheklash (KOACH)** ikki pog'onali bajarilib, uchta asosiy organdan tashkil topgan:

- ishga tushirish organi;
- reaktiv quvvat tanlash organi;
- sabr vaqti organi.

**Ishga tushish organi** sifatida liniya kuchlanish transformatorlarining faza kuchlanishlariga ulangan kuchlanish relelari ishlatiladi:

- KV1- KVZ – sezgir pog'onasi uchun;
- KV4- KV6 – dag'al pog'onasi uchun.



8.9-rasm. Kuchlanish oshishini avtomatik cheklash qurilmasi (KOACH)

**Sezgir pog'onaning ishga tushish kuchlanishi** maksimal ishchi kuchlanishga nisbatan sozlanadi:

$$U_{C1} = k_{soz} \frac{U_{ish\ max}}{k_k}, \quad (8.13)$$

bu yerda  $k_{soz} = 1,05-1,1$  – sozlash koeffitsiyenti;

$U_{ish\ max}$  – maksimal ishchi kuchlanish;

$k_k$  – kuchlanish relesining qaytish koeffitsiyenti.

Kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasining birinchi pog'ona sezgirligini oshirish uchun qaytish kuchlanishi kattaroq kuchlanish relesini ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Ikkinchi, **dag'al pog'onaning ishga tushish kuchlanishi** shunday tanlanadiki, ushbu kuchlanish birinchi pog'onaning ishi davomida ruxsat etilgandan oshmasligi kerak. Odatda, bu kuchlanish quyidagicha olinadi:

$$U_{C2} = (1,2 \div 1,4) U_{ish\ max} \quad (8.14)$$

Kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasining **tanlash organi** kuchlanish oshishi sababi bo'lgan bir tomonlama o'chgan liniyani aniqlaydi. Aniqlashning prinsipi shundan iboratki, bunday liniyada **reaktiv quvvat** liniyadan **nimstansiya shinalari tomon**, nimstansiyadan ketuvchi qolgan liniyalarda esa – **tizim tomon** yo'nalgan bo'ladi.

Sxemada tanlash organlari sifatida KW1-KW3 reaktiv quvvat relelari ishlatilgan. Ular nimstansiya shinalari tomon yo'nalgan reaktiv quvvatni har bir faza qiymatlarini qayd qiladi.

Kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasi qurilmasida sezgirlik burchagi  $75 - 105^\circ$  oraliq'ida rostlanadigan reaktiv quvvat relelari ishlatiladi. Relening maksimal sezgirlik burchagi shunday tanlanadiki, ulangan va bir muncha yuklanishga ega liniyadan berilayotgan aktiv quvvat relega tormozlovchi ta'sir ko'rsatishi kerak. Bunday sozlashda rele normal rejimlarda noto'g'ri ishlab ketishi ehtimoli kamayadi.

Avval aytilganday, kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasi **ikki navbatli ta'sir etishga** ega.

**Birinchi navbatida** sxema ishga tushgach, **KLI** oraliq relesi **KTI** vaqt relesini ishga tushirib yuboradi. Undagi **KTI.2** sirpanuvchi kontaktining sabr vaqti o'tganidan so'ng, avtomatikaning sezgir pog'onasi **KL2** oraliq relesi yordamida shuntlovchi reaktorni ulaydi. Bu sabr vaqti liniyada paydo bo'lishi mumkin bo'lgan qisqa muddatli o'ta kuchlanishlardan sozlanish uchun mo'ljallangan (masalan, nosimmetrik qisqa tutashuvlar rejimidagi liniya orqali o'tuvchi chayqalishlarda).

Agar shuntlovchi reaktor ulanishi o'ta kuchlanishlarni ruxsat etilgan qiymatgacha kamaytirmasa, unda vaqt relesining **KTI.3** kontakti belgilagan sabr vaqti o'tgach, **o'ta kuchlanishlarning sababi bo'lgan liniyani o'chirishga** signal yuboriladi.

Kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasi kuchlanish ( $1,2 \div 1,4$ )  $U_{ish\ max}$  qiymatidan yuqori kuchlanishni qayd etsa, uning **ikkinchi navbati** ishga tushadi va **KT2** vaqt relesidagi kichik qiymatga ega sabr vaqti o'tganidan so'ng liniyani o'chirishga signal beradi. Bu sabr vaqti qisqa muddatli kommutasion o'ta kuchlanishlardan sozlangan bo'lib, 0,1-0,5 soniyaga teng olinadi. Liniya o'chirilganda AQU ishlashi taqiqlanadi.

500 kV va undan ziyod kuchlanishli liniyalarni kuchlanish oshishini cheklash avtomatikasiz ishlatish taqiqlanadi. Buning sababi shundaki, liniya o'chganda uning qayta ulash davrida kuchlanish oshib ketishi oqibatida yuqori kuchlanish uskunalariga ziyon etishi mumkin.

### **Nazorat savollari:**

1. Asinxron rejim qanday sharoitlarda paydo bo'lishi mumkin?
2. Asinxron rejimdagi tebraniqlar elektrik markazining fizikaviy ma'nosi nimada?
3. Tizimlararo liniyalarda asinxron rejim paydo bo'lganda, ular orqali aktiv quvvatni nega uzatib bo'lmaydi?
4. Asinxron rejim uzoq davom etishi nega mumkin emas?
5. Asinxron ishlashni to'xtatish avtomatikasi yordamida resinxronlash nimadan iborat?
6. Asinxron rejimni tugatish avtomatikasi (AHAT) qanday holatlarda ishlatiladi?
7. AHAT nimalarga ta'sir etadi (ta'sir etish tadbirlari)?
8. Asinxron rejimni tugatish avtomatikasi (AHAT)da sikllar schetchigi nimaga kerak?
9. Tok prinsipidagi AHAT R sxemasida asinxron rejimning sikllar soni qanday aniqlanadi?
10. Agar AHAT sxemasida ko'zda tutilgan asinxron ishlash sikllar soni o'tib bo'lmasdan asinxron rejim tugab qolsa, AHAT sxemasi qanday ishlaydi?
11. Liniyada qisqa tutashuv bo'lganda AHAT sxemasining noto'g'ri ishlashini oldini olish qanday bajarilgan?
12. Tokli AHAT sxemasida sikllar sonini aniqlashda vaqt relesining ahamiyati nimada?
13. Uzgich o'chirilishiga signal ketgandan so'ng tokli AHAT sxemasi dastlabgi holatiga qaytishi qanday bajariladi?
14. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasi (KOACH) qanday liniyalarda ishlatilishi shart?
15. 500 kVli liniyani bir tomonlama o'chishi/ulanishi qanday xavf tug'diradi?
16. Liniyalar bir tomonlama o'chirilganda/ulanganda kommutasion o'ta kuchlanishlar muammosi qanday yechiladi?
17. Uzunroq yoki kaltaroq bo'lgan liniyalardan qaysi birida kattaroq o'ta kuchlanishlar mavjud?

18. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasining (KOACH) vazifasi nimadan iborat?

19. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasi (KOACH)ning birinchi pog'onasi qachon ishlaydi?

20. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasi (KOACH)ning ikkinchi pog'onasi qachon ishlaydi?

21. Nimstansiyada kuchlanish oshib ketishining sababchisi bo'lmish liniyani avtomatik tarzda qanday aniqlashadi?

22. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasi (KOACH) nega ikki pog'onali bajariladi?

23. Energotizimning normal ishlash rejimida o'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasining (KOACH) noto'g'ri ishlashining oldini olish qanday bajariladi?

24. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasi (KOACH) sxemasi ishlaganda AQU nega taqiqlanadi?

25. O'ta kuchlanishni cheklash avtomatikasiz (KOACH) 500 kV liniyalarni ishlatish nega taqiqlanadi?

ILOVA

Ishlatishda foydalaniladigan elektr tizimidagi harf-raqamli belgilanishlar  
(GOST 2.710)

Eng keng tarqalgan elementlarning harfli kodlari

Kodning birinchi xarfi (majburiy)	Element turlarining guruhi	Element turlarining na'munasi
A	Qurilma	Kuchaytirgichlar, telekontrol qurilmalari, lazerlar
B	Noelektr qiymatlarni elektr qiymatlarga yoki aksincha o'zgartirgichlar (Generator va kuchlanish manbayidan tashqari) yoki ko'prazryadli o'zgartirgichlar yoki o'lchash hamda ko'rsatish uchun qo'llaniladigan datchiklar	Kamaylar, mikrofonlar, termoelektrik sezgir elementlar, ionlashtiruvchi nurlanish detektorlari, pikaplar, selsinlar
C	Kondenstaorlar	
D	Mikroyigishlar, integral sxemalar	Analog va raqamli, mantiqiy elementlar, xotira qurilmalari, kechiktiruvchi qurilmalar
E	Har xil elementlar	Yoritish moslamalari, istitish elementlari
F	Razryadniklar, saqlagichlar, himoyalovchi qurilmalar	Tok va kuchlanishdan himoya qiluvchi diskret elementlar, eruvchan saqlagichlar, razryadniklar
G	Generatorlar, kuchlanish manbalari	Batareyalar, akkumlyatorlar, elektrokimyoviy va elektrotermik manbalar
H	Ko'rsatkich va signalizatsiya moslamalari	Ovozli va chiroqli signalizatsiya moslamalari, ko'rsatkichlar
K	Rele, kontaktorlar, ishga tushirgichlar	Tok va kuchlanish relesi, elektroissiqlik relesi, vaqt relesi, kontaktorlar, magnitli ishga tushirgichlar



<b>L</b>	Induktiv g'altaklar, drossellar	Lyuminessent yoritish drossellari
<b>M</b>	Dvigatellar	O'zgarmas va o'zgaruvchan tok dvigatellari
<b>P</b>	O'lchovchi qurilmalar, priborlar	Ko'rsatuvchi, qayd qiluvchi va o'lchovchi priborlar, hisoblagichlar, soatlar
<b>Q</b>	Kuch zanjirlaridagi uzgich va ajratkichlar	Ajratkichlar, qisqa tutashtirgichlar, avtomatik uzgichlar
<b>R</b>	Rezistorlar	O'zgaruvchan rezistorlar, potensiometrar, varistorlar, termorezistorlar
<b>S</b>	Boshqarish, signal berish va o'lchash zanjirlaridagi kommutatsion qurilmalar	Uzgichlar, kalitlar, turli xil ta'sirlardan ishga tushadigan uzgichlar
<b>T</b>	Transformatorlar, avtotransformatorlar	Tok va kuchlanish transformatorlari, stabilizatorlar
<b>U</b>	Elektr miqdorini elektr, aloqa moslamalariga o'zgartirgichlar	Modulyatorlar, demodulyatorlar, diskriminatorlar, inverterlar, chastota o'zgartirgichlar, to'g'irlagichlar
<b>V</b>	Elektrovakuum priborlar, yarim o'tkazgichlar	Elektron lampalar, diodlar, tranzistorlar, tiristorlar, stabilitronlar
<b>W</b>	O'ta yuqori chastotali elementlar va liniyalar, antennalar	To'lqin qo'llanmalari, dipollar, antennalar
<b>X</b>	Aloqa ulanishlari	Pins, rozetkalar, ajratib olinmaydigan bo'g'inlar, kollektorlar
<b>Y</b>	Elektromagnit qo'zg'atuvchi mexanik qurilmalar	Elektromagnit muftalar, tormozlar, patronlar
<b>Z</b>	Terminal qurilmalari, filtrlar, cheklovlar	Modellashtirish liniyalari, kvars filtrlari

**Ikki va uch harfli kodlarning namunalari**

<b>Kodning birinchi xarfi (majburiy)</b>	<b>Elementlar turlarining guruhi</b>	<b>Element turlariga na'munalar</b>	<b>Xarfli kod</b>
<b>A</b>	Qurilma (umumiy belgilanishi)	Tok rostlagichi*	<b>AA</b>
		Bajaruvchi mexanizm yuritmalari*	<b>AB</b>
		ZAU qurilmalari*	<b>AC</b>
		Chastota rostlagichlar *	<b>AF</b>
		Rele himoya qurilmalari (to'liq)*	<b>AK</b>
		KRB turidagi blokirovkalash qurilmasi*	<b>AKB</b>
		AQU qurilmasi*	<b>AKS</b>
		EUL nib o'ylama differensial himoya qilish uchun to'liq qurilma*	<b>AKV</b>
		Qarshilik relesining to'liq qurilmasi*	<b>AKZ</b>
		UROV relesining to'liq qurilmasi*	<b>AR</b>
		Kuchlanishni rostdash qurilmasi*	<b>AV</b>
		Quvvat rostlagich*	<b>AW</b>
		<b>B</b>	Elektr bo'lmagan kattaliklarni elektrga (generator va kuchlanish manbayilardan boshqa) yoki aksincha o'zgartirgichlar yoki ko'p razryadli o'zgartirgichlar yoki o'lchash va ko'rsatish uchun datchiklar
Magnetostriktiv element	<b>BB</b>		
Ionlashtiruvchi nurlanish detektori	<b>BD</b>		
Selsin qabul qiluvchisi	<b>BE</b>		
Telefon (kapsula)	<b>BF</b>		
Selsin sensori	<b>BC</b>		
Issiqlik sensori	<b>BK</b>		
Fotoelement	<b>BL</b>		
Mikrofon	<b>BM</b>		
Bosim sensori	<b>BP</b>		
Pyezoelektrik element	<b>BQ</b>		
Aylanish chastotasi sensori (taxogeneratorlar)	<b>BR</b>		
Ovozni yozib oluvchi (adapter)	<b>BS</b>		

		Tezlik sensori	<b>BV</b>
		Issiqlik sensori*	<b>BT</b>
		Refaol voltamper o'Ichagich *	<b>BVA</b>
		Aktiv vat-soat hisoblagich	<b>BW</b>
<b>C</b>	Kondensatorlar	Kondensator quvvat bloki*	<b>CB</b>
		Kondensator zaryadlash moslamasi *	<b>CG</b>
<b>D</b>	Integral mikrosxemalar, mikrokompaniyalar	Analog integral mikrosxema	<b>DA</b>
		Integratsiyalashgan elektron, raqamli, mantiqiy element	<b>DD</b>
		Ma'lumotlarni saqlovchi qurilma	<b>DS</b>
		Kechiktirish qurilmasi	<b>DT</b>
<b>E</b>	Turlicha elementlar	Isituvchi element	<b>EK</b>
		Yorituvchi lampa	<b>EL</b>
		Piropatron	<b>ET</b>
<b>F</b>	Razryadniklar, saqlagichlar, himoya qurilmalari	Tokning oniy qiymati bo'yicha diskret himoyalovchi element	<b>FA</b>
		Tokning inersiya qiymati bo'yicha himoyalovchi diskret element	<b>FP</b>
		Eruvchan saqlagich	<b>FU</b>
		Kuchlanish bo'yicha himoyalovchi diskret element, razryadnik	<b>FV</b>
<b>G</b>	Generatorlar, kuchlanish manbaalari	Batareya	<b>GB</b>
		Sinxron kompensator*	<b>GC</b>
		Generator qo'zg'atkichi*	<b>GE</b>
		Nimqo'zg'atkich (yordamchi qo'zg'atkich)*	<b>GEA</b>
<b>H</b>	Ko'rsatkich va signalizatsiya moslamalari	Ovozli signalizatsiya qurilmasi	<b>HA</b>
		Belgilar ko'rsatkichi	<b>HG</b>
		Rangli signalizatsiya qurilmasi	<b>HL</b>
		Rangli doska*	<b>HLA</b>

		Yashil linzali signalizatsiya chiroqchasi*	<b>HLG</b>
		Qizil linzali signalizatsiya chiroqchasi*	<b>HLR</b>
		Oq linzali signalizatsiya chiroqchasi *	<b>HLW</b>
		Yarim o'tkazgichli ko'rsatkich*	<b>HY</b>
<b>K</b>	Rele, kontaktorlar, ishga tushirgichlar	Tok relesi	<b>KA</b>
		Ko'rsatish relesi	<b>KH</b>
		Elektr issiqlik relesi	<b>KK</b>
		Kontaktor, magnitli ishga tushirgich	<b>KM</b>
		Vaqt relesi	<b>KT</b>
		Kuchlanish relesi	<b>KV</b>
		Nolinchi ketma-ketlik tok relesi, nolinchi ketma-ketlik tokli himoyasi*	<b>KA0</b>
		To'yingan transformatorning tok relesi, ushlab turish vaqtiga ega tok himoyasi*	<b>KAT</b>
		Tormozlashga ega tok relesi*	<b>KAW</b>
		Filtrli tok relesi*	<b>KAZ</b>
		Blakirovkalash relesi*	<b>KB</b>
		Ko'p martalik ulashdan blokirovkalash relesi	<b>KBS</b>
		"Ulash" buyrug'i relesi*	<b>KCC</b>
		"Uzish" buyrug'i relesi*	<b>KCT</b>
		Chastota relesi*	<b>KF</b>
		Impulsli signalizatsiya relesi*	<b>KHA</b>
		Bosim tugmasi relesi*	<b>KLP</b>
		Kalitning holatini aniqlash uchun rele*	<b>KQ</b>
		"Ulangan" holati relesi*	<b>KQC</b>
		"Uzilgan" holat relesi*	<b>KQT</b>
		Ulash buyrug'ini fiksatsiyalovchi rele*	<b>KQQ</b>
Ajratish holatini	<b>KQS</b>		

		fiksatsiyalovchi rele*	
		Nazorat relesi*	<b>KS</b>
		Gazli rele*	<b>KSG</b>
		Refaol rele (bosim)*	<b>KSH</b>
		Sinronazimni nazorat qiluvchi rele *	<b>KSS</b>
		Kuchlanishni nazorat qiluvchi rele *	<b>KSV</b>
		Qarshilik relesi*	<b>KZ</b>
		Kuchlanish relesi filtri*	<b>KVZ</b>
		Quvvat relesi*	<b>KW</b>
<b>L</b>	Induktiv g'altak, drossel	Lyuminissent yoritgich drosseli	<b>LL</b>
		Reaktor*	<b>LG</b>
		Generatorming qo'zg'atish chulg'ami*	<b>LR</b>
<b>P</b>	Qurilmalar, o'lchovchi jihozlar  Eslatma: PE kombinatsiyasini qo'llashga ruxsat berilmagan	Chastotamer	<b>PF</b>
		Aktiv energiya hisoblagichi	<b>PI</b>
		Refaol energiya hisoblagichi	<b>PK</b>
		Ommetr	<b>PR</b>
		Qayd qiluvchi moslama	<b>PS</b>
		Soatlar, vaqt ta'sirini o'lchagichlar	<b>PT</b>
		Voltmetr	<b>PV</b>
		Vattmetr	<b>PW</b>
		Ampermetr*	<b>PA</b>
		Elektromexanik impulsli hisoblagich*	<b>PC</b>
		Otsilograf*	<b>PG</b>
		Holatni ko'rsatkich*	<b>PHE</b>
Varmetr*	<b>PVA</b>		
<b>Q</b>	Zanjirlardagi ajratkichlar va uzgichlar (energiya ta'minoti, quvvat manbai jihozlari va boshqalar)	Avtomat uzgich	<b>QF</b>
		Qisqa tutashtirgich	<b>QK</b>
		Ajratkich	<b>QS</b>
		Qisqa tutashtirgich*	<b>QN</b>
		Bo'lgich*	<b>QR</b>
		Yuklama uzgichi*	<b>QW</b>
<b>R</b>	Rezistorlar	Termorezistor	<b>RK</b>
		Porensiometr	<b>RP</b>
		O'lchovchi shunt	<b>RS</b>

		Varistor	<b>RU</b>
		Reostat*	<b>RR</b>
<b>S</b>	Boshqaruv zanjirlaridagi kommutatsion, signalizatsiya va o'lovchi qurilmalar  Eslatma: SF kombinatsiyasi quvvat zanjiriga aloqasi bo'lmagan apparatlar uchun qo'llaniladi	Uzgich yoki uzib-ulagich	<b>SA</b>
		Tugmali uzgich	<b>SB</b>
		Avtomat uzgich	<b>SF</b>
		Uzib-ulagich, blokirovkalash zanjiridagi kalit *	<b>SAB</b>
		Rejim uzib-ulagichi*	<b>SAC</b>
		Kommutator*	<b>SC</b>
		O'lchash uzib-ulagichi*	<b>SN</b>
		Sinxronlash uzib-ulagichi*	<b>SS</b>
		Tugash yo'li uzgichi*	<b>SQ</b>
		Uzgichning avariya o'chirishini fiksatsiyalovchi yordamchi kontakt*	<b>SQA</b>
		Elektromagnit ulash zanjiridagi yordamchi kontakt*	<b>SQC</b>
		Uzgichni o'chishida tutashadigan yordamchi kontakt*	<b>SQK</b>
		Uzgichni ulashida tutashadigan yordamchi kontakt (AVM prujina zavodi dvigatelini ishga tushirish)*	<b>SQM</b>
		Elektromagnit uzish zanjiridagi yordamchi kontakt*	<b>SQT</b>
		AVM prujina elektr dvigatelini boshqarishda prujina tayyorgarligining yordamchi kontakti*	<b>SQY</b>
		Operativ nakladka*	<b>SX</b>
		Turlicha ta'sirlarda ishga tushadigan uzgichlar:	
darajadan	<b>SL</b>		
bosimdan	<b>SP</b>		
holatdan	<b>SQ</b>		

		aylanish chastotasidan	<b>SR</b>
		haroratdan	<b>SK</b>
<b>T</b>	Transformatorlar, avtotransformatorlar	Tok transformatori	<b>TA</b>
		Elektromagnit stabilizator	<b>TS</b>
		Kuchlanish transformatori	<b>TV</b>
		Nolinchi ketma-ketlik tok transformatori*	<b>TAN</b>
		Oraliq transformator*	<b>TL</b>
		Kuchlanishni tanlash transformatori*	<b>TLV</b>
		Elektromagnit stabilizator*	<b>TS</b>
		Rostlanuvchan transformator*	<b>TUV</b>
		transreaktor*	<b>TAV</b>
		<b>U</b>	Aloqa qurilmalari, elektr bo'lmagan kattaliklarni elektrga o'zgartirgichlar
Demodulyator	<b>UR</b>		
Diskriminator	<b>UI</b>		
Chastotali o'zgartirgich, invertor, chastota generatori, to'g'irlagich	<b>UZ</b>		
Tok o'zgartirgichi*	<b>UA</b>		
Chastota o'zgartirgich*	<b>UF</b>		
Kuchlanish o'zgartirgichi, fazarostlagich*	<b>UV</b>		
<b>V</b>	Elektrovakuum va yarim o'tkazgichli qurilmalar	Diod, stabilitron	<b>VD</b>
		Elektrovakuum qurilma	<b>VL</b>
		Transistor	<b>VT</b>
		Tiristor	<b>VS</b>
<b>W</b>	Yuqori chastotali elementlar va liniyalar, antennalar	Birlashtirgich	<b>WE</b>
		Qisqa tutashtirgich	<b>WK</b>
		Ventil	<b>WS</b>
		Transformator, faza o'zgartirgich	<b>WT</b>
		Attenyuatr	<b>WU</b>
		Antenna	<b>WA</b>
<b>X</b>	Kontaktli bog'lanishlar	Joriy kollektor, sirpanuvchan kontakt	<b>XA</b>
		Shtir	<b>XP</b>
		Yacheyka	<b>XS</b>
		Yig'iladigan bog'lanish	<b>XT</b>
		Yuqori chastotali	<b>XW</b>

		bog'lagich	
		Bog'lagich*	<b>XB</b>
		Sinov qisqichi*	<b>XG</b>
		Yig'ilmaydigan bog'lanish*	<b>XN</b>
<b>Y</b>	Elektromagnit yuritmal mexanik qurilma	Elektromagnit	<b>YA</b>
		Elektromagnit uzatmali tormoz	<b>YB</b>
		Elektromagnit uzatmali mufta	<b>YC</b>
		Elektromagnit patron yoki plastinka	<b>YH</b>
		Elektromagnit blokirovkalash qulfi*	<b>YAB</b>
		Havoli uzgich yuritmasidagi elektromagnit ulash (yengil yuritma), ulash kontaktori*	<b>YAC</b>
		Elektromagnit uzgich (uzish solenoidi)*	<b>YAT</b>
		Moyli uzgich yuritmasidagi elektromagnit ulash (og'ir yuritma)*	<b>YMC</b>
<b>Z</b>	To'g'ri chiziqli cheklovchi filtrlar	Cheklovchi	<b>ZL</b>
		Kvars filtr	<b>ZQ</b>
		Tok filtri*	<b>ZA</b>
		Chastota filtri*	<b>ZF</b>
		Kuchlanish filtri*	<b>ZV</b>

\* "\*" bilan belgilangan na'munaviy element turlari mualliflar tomonidan quyidagi syatdan olib qo'shilgan:

<https://elektroshema.ru/2009-02-05-22-57-45/ugo-2/58-oboznbuky>



## GLOSSARIY

1. **Elektr tizimi** – elektr energetika tizimining elektr qismi bo‘lib, unda elektr energiya ishlab chiqariladi, uzatiladi va taqsimlanadi.

2. **Elektr tizim elementlari** – elektr energiyasini ishlab chiqarish, o‘zgartirish, uzatish va taqsimlash jarayonida o‘zaro bog‘langan va ularning ishlash rejimini nazorat qiladigan, rostlaydigan va boshqaradigan holda qatnashayotgan mashina, qurilma va uskunalar majmuasiga aytiladi.

3. **Elektr energetika tizimning rejimi** – aynan bir lahzada uning holatini belgilaydigan jarayonlar yig‘indisiga aytiladi.

4. **Energetika tizimlarini avtomatlashtirish** – tizimni elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash texnologik jarayonlarini avtomatik tarzda boshqaruvchi qurilmalar bilan jihozlashga aytiladi.

5. **Texnologiya avtomatikasi** – normal ishlash rejimida avtomatik boshqarish yoki rostlashni ta‘minlab beradi.

6. **Tizim avtomatikasi** – avariya rejimlarida avtomatik boshqarish yoki rostlashni ta‘minlab beradi.

7. **Elektr tizimning normal rejimi** – tizimning barcha elementlari shu rejimda ishlashga mo‘ljallanib loyihalalanadi, bu rejimda tizim uzoq vaqt davom etadigan rejim hisoblanadi.

8. **Chastota ko‘chkisi** – chastotaning qayta tiklab bo‘lmaydigan darajada pasayib ketishi.

9. **Kuchlanish ko‘chkisi** – reaktiv quvvat yetishmovchiligidan paydo bo‘ladi va kuchlanish keskin pasayib ketadi.

10. **Sinxronlash** – aylanish chastotasi va kuchlanishni tenglashtirish hamda generatorni tarmoqqa ulash momentini tanlash jarayoni.

11. **Aniq sinxronlash** – generator ushbu usul bilan ulanganda sinxronga yaqin chastotada ochiladi va qo‘zg‘atiladi.

12. **O‘z-o‘zini sinxronlash** – bu usulda generator sinxronga yaqin chastotada ochiladi va qo‘zg‘atilmagan holatda ulanadi.

13. **Pulslanish kuchlanishi** – generator va tizim kuchlanishlarining ayirmasi.

14. **Sirpanish kuchlanishi** – pulslanish kuchlanishining ta‘sir etuvchi qiymati.

15. **Qayta ulash** – avariyalarni bartaraf etishda liniyani kuchlanish ostida qayta ulash jarayoni.

16. **Muvaffaqiyatli qayta ulash** – noturg‘un shikastlanish sodir bo‘lgan liniya qayta ulash jarayonida ish rejimida qolishi.

17. **Muvaffaqiyatsiz qayta ulash** – turg‘un shikastlanish sodir bo‘lgan liniyalarni qayta ulashda yana QT sodir bo‘ladi va himoya qayta o‘chiradi.

18. **Qo‘zg‘atish tizimi** – qo‘zg‘atish tokini hosil qilishga, nazorat qilishga, boshqarishga va rostlashga xizmat qiladigan mashina va uskunalar majmuasi.

19. **Qo'zg'atishni avtomatik rostlagich** – qo'zg'atish toki va kuchlanishini nazorat qilinayotgan rejim parametrlarining orttirmasi, orttirma ishorasi va rejim parametrining o'zgarish tezligi va tezlanishini hisobga olib o'zgartiradigan mashina va uskunalar majmuasiga aytiladi.

20. **Qo'zg'atishni avtomatik rostlash tavsifi** – quvvat koeffitsiyenti o'zgarmas ( $\cos\varphi = \text{const}$ ) bo'lganda rostlagich yordamida hosil qilingan generator kuchlanishini uning reaktiv quvvati yoki tokiga bog'liqligi.

21. **Kompaundlash chegarasi** – kompaundlash toki paydo bo'lishiga mos generatorning yuklama toki.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. P. C. Krause, O. Wasynczuck, and S. D. Sudhoff, Analysis of Electric Machinery and Drive System, 2nd ed., Piscataway, NJ: IEEE Press, 2002, p. 191.
2. R. D, "Protective relaying for power generation systems," in CRC Press, Taylor and Francis group, pp. 592 (pages) 2005.
3. Шамсиев Х.А. Автоматика электрических станций и энергосистем. Конспект лекции. – Т.: ТошДТУ., 2006.-72с.
4. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии./ Под общ. Ред. Профессоров МЭИ. – М.: Издательского МЭИ, 2004, 96 с.
5. М.В. Андреев, Ю.С. Боровиков, А.С, Гусев, А.О. Сулаймонов. Автоматика энергосистем: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015, - 193 с.
6. Кривенко В.В. Релейная защита и автоматика: учебное пособие / под ред. А.Ф. Дьякова – М.: Изд-во МЭИ, 2010.
7. Основы автоматизации энергосистем / Беркович М.А. и др -М.:2010.- 432 с.
8. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. - М.: Изд-во МЭИ, 2009.- 199 с.
9. Барзам А.Б. Системная автоматика. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2009.
10. Теория автоматического управления / В.Н. Брюханов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева.-М.: Высш.шк., 2007.-268 с.
11. Бурденков Г.В. , Малышев А.И. Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах. -М.: Энергия, 2003.-344 с.
12. Беркович М.А. Автоматика энергосистем / М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2008.
13. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учеб. для вузов – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002.
14. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования, учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. Электротехнический справочник: Т. 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии./ под общ. Ред. Профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 1988

16. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1986., 880 с.
17. <http://www.ruscable.ru> – сайт отраслевого электронного СМИ Энергетика. Электротехника. Связь.
18. <http://www.fsk-ees.ru/> – сайт Открытого акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ОАО «ФСК ЕЭС»).
19. <http://www.holding-mrsk.ru/> – сайт ОАО "Холдинг МРСК"  
<http://catalog.ncstu.ru/> – сайт Ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО.

**X.A. Shamsiyev, Sh.M. Mirzabekov, G.F. Mo‘sinova**

# **ELEKTR TIZIMLARINING AVTOMATIKASI**

**O‘quv qo‘llanma**

Muharrir: E.Egamqulov  
Sahifalovchi: M.Qosimova

Bosishga 10.12.2021-yilda ruxsat etildi.  
Bichimi 84x108 1/16. Ofset qog‘ozi.  
Ofset bosma usulida bosildi.  
Times New Roman garniturasida.  
Shartli bosma tobog‘i 10,25. Adadi 100 nusxa.  
Original maket "Regbooks" nashriyotida tayyorlandi.  
"Aktiv print" MCHJ bosmaxonasida chop etildi.