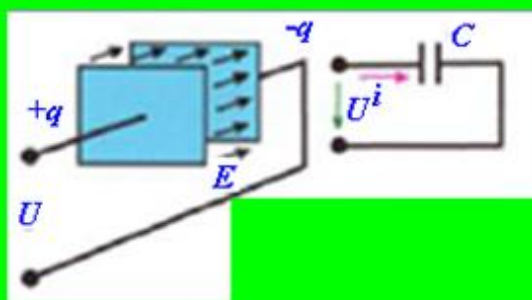
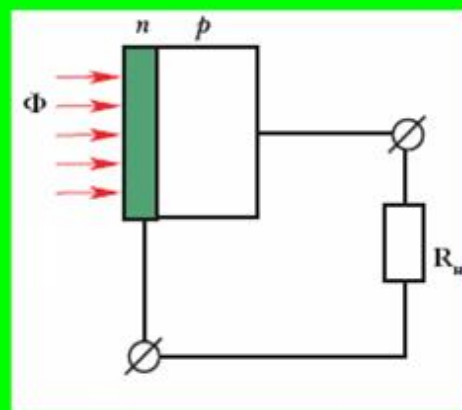


A. A. Bokiyev, A.M. Denmuxammadiyev

## ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI



$$X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{1}{\omega C}$$



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

**Bokiyev Abdusalol Abdulhamidovich  
Denmuxammadiyev Aktam Mavlonovich**

**ELEKTROTEHNIKA VA ELEKTRONIKA  
ASOSLARI**  
fanidan

**O‘QUV QO‘LLANMA**

5450100 - Irrigatsiya tizimlarida suv energiyasidan foydalanish, 5450200 – Suv xo‘jaligi va melioratsiya, 5630100 – Ekologiya va atrof muhit muhofazasi, 5141100 – Gidrologiya(suv omborlarida)

**Toshkent – 2018**

UO'K: 621.3(075.8)

KBK

N –

**Taqrizchilar:**

Ishnazarov O.H. - “O‘zbekenergo” DAK Ilmiy-texnik markazi direktori o‘rinbosari, t.f.d.

Berdishev A.S. - TIQXMMI “Gidromeliorativ tizimlarni elektr energiyasi bilan ta‘minlash va ularning elektr jihozlaridan foydalanish” kafedrasasi dotsenti, t.f.n.

**A.A. Bokiyev, A.M. Denmuxammadiyev. Elektrotehnika va elektronika asoslari. O‘quv qo‘llanma. – T.;**

O‘quv qo‘llanmada elektr zanjirlari va ularni hisoblash, elektr o‘lchashlar, transformatorlar, asinxron, sinxron va o‘zgarmas tok mashinalari haqida umumiy tushunchalar, boshqarish va himoya apparatlari va elektr yuritma asoslari, elektronika asoslari, elektron kuchaytirgichlar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari haqida umumiy tushunchalar o‘rin olgan.

Ushbu O‘quv qo‘llanma 5340700 – “Gidrotexnika qurilishi”(suv xo‘jaligida), 5450100 – Irrigatsiya tizimlarida suv energiyasidan foydalanish, 5450200 – Suv xo‘jaligi va melioratsiya, 5630100 – Ekologiya va atrof muhit muhofazasi, 5141100 – Hidrologiya (suv omborlarida) kabi noelektrik bakalavriat ta‘lim yo‘nalishlari uchun mo‘ljallangan.

**Toshkent – 2018**

### **Annotatsiya**

Ushbu o'quv qo'llanma 5340700 - "Gidrotexnika qurilishi"(suv xo'jaligida), 5450100 - Irrigatsiya tizimlarida suv energiyasidan foydalanish, 5450200 - Suv xo'jaligi va melioratsiya, 5630100 - Ekologiya va atrof muhit muhofazasi, 5141100 - Gidrologiya (suv omborlarida) kabi noelektrik bakalavriat ta'lim yo'nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Elektr zanjirlarini o'rganishga bag'ishlangan birinchi bobda o'zgarmas tok zanjirlari, bir va uch fazali sinusoidal tok zanjirlari va ularni hisoblash" mavzulari o'rin olgan.

Elektr o'lchashlarni o'rganishga bag'ishlangan ikkinchi bobda esa metrologiya va elektr o'lchashlar haqida umumiy tushunchalar berigan.

Elektr mashinalarini o'rganishga bag'ishlangan uchinchi bobda transformatorlar, asinxron, sinxron va o'zgarmas tok mashinalari haqida umumiy tushunchalar o'rin olgan.

Elektr yuritmalarni o'rganishga bag'ishlangan to'rtinchi bobda boshqarish va himoya apparatlari va elektr yuritma asoslari haqida umumiy tushunchalar berigan.

Elektronika asoslarini o'rganishga bag'ishlangan beshinchi bobda elektronika asoslari, elektron kuchaytirgichlar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari haqida umumiy tushunchalar o'rin olgan.

### **Аннотация**

Настоящее учебное пособие предназначен для студентов неэлектрических специальности бакалавриата. 5340700 - «Гидротехника» (управление водными ресурсами), 5450100 – Использование водной энергии в ирригационных системах, 5450200 – Мелиорация и водное хозяйство, 5630100 - Экология и охрана окружающей среды, 5141100 - Гидрология (в водохранилищах)

Первая глава, посвященная изучению электрических цепей, включает в себя цепи постоянного тока, одно и трехфазные синусоидальные цепи и их расчет.

Во второй главе, посвященной изучению электрических измерений, даны общие понятия о метрологических и электрических измерениях.

Третья глава посвящена изучению электрических машин, дает общие понятия о трансформаторах, асинхронных, синхронных и машинах постоянного тока.

Четвертая глава, посвященная изучению электроприводу, содержит общие понятия об устройствах управления и защиты и принципах работы электроприводов.

Пятая часть посвящена основам электроники, электронных усилителей и возобновляемых источников энергии.

### **Annotation**

This training manual is intended for students of non-electrical bachelor's degrees. 5340700 - Hydrotechnics (water management), 5450100 - Use of water energy in irrigation systems, 5450200 - Melioration and water management, 5630100 - Ecology and environmental protection, 5141100 - Hydrology reservoirs)

The first chapter, devoted to the study of electrical circuits, includes direct current circuits, single and three-phase sinusoidal circuits and their calculation.

The second chapter, devoted to the study of electrical measurements, gives general concepts of metrological and electrical measurements.

The third chapter is devoted to the study of electrical machines, gives general concepts about transformers, asynchronous, synchronous and DC machines.

The fourth chapter, devoted to the study of the electric drive, contains general concepts of control and protection devices and the principles of operation of electric drives.

The fifth part is devoted to the basics of electronics, electronic amplifiers and renewable energy sources.

## Mudarija

	Kirish.....	6
<b>I bob</b>	<b>Elektr zanjirlari.....</b>	<b>8</b>
1	O'zgarmas tok zanjirlari va ularni hisoblash.....	8
2	Bir fazali sinusoidal tok zanjirlari va ularni hisoblash.....	24
3	Uch fazali tok zanjirlari va ularni hisoblash.....	46
<b>II bob</b>	<b>Elektr o'lchashlar.....</b>	<b>63</b>
4	Metrologiya va elektr o'lchashlar haqida umumiy ma'lumotlar.....	63
5	Suv xo'jaligi tizimlarida elektr kattaliklarni o'lchash.....	69
6	Kontrol-o'lchash asboblarning tuzilishi va asosiy elementlari.....	82
7	Noelektrik kattaliklarni o'lchovchi kontrol-o'lchash asboblari va ikkilamchi uskunalar. Mexanik kuch va momentlarni o'lchovchi kontrol - o'lchash asboblari.....	89
8	Namlikni o'lchash va nazorat qilish asboblari.....	95
9	Suyuqlik va gaz sarfini o'lchaydigan asboblari.....	110
<b>III bob</b>	<b>Elektr mashinalari.....</b>	<b>120</b>
10	Transformatorlar. Uch fazali transformatorlar.....	120
11	Asinxron mashinalar.....	139
12	Sinxron mashinalar.....	157
13	O'zgarmas tok mashinalari.....	169
<b>IV bob</b>	<b>Elektr yuritmalar.....</b>	<b>186</b>
14	Boshqarish va himoya apparatlari.....	186
15	Elektr yuritma asoslari.....	201
<b>V bob</b>	<b>Elektronika asoslari.....</b>	<b>221</b>
16	Elektronika asoslari.....	221
17	Elektron kuchaytirgichlar.....	239
18	Qayta tiklanuvchi energiya manbalari.....	250
	Foydalanilgan adabiyotlar va internet resurslar.....	259

## **Kirish.**

Butun dunyoda energiya resurslar narxini oshib borishi barcha korxonalarda energiya tejamkorlik masalasini ilgari suradi. Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida mahsulot tannarxini asosiy tashkil etuvchisi energiyaga to'lovlar tashkil etmoqda. Energiya resurslarni tejash orqali mahsulot tannarxini kamaytirish ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarni tashqi va ichki bozordagi raqobatbardoshligini oshirishning asosiy omillaridan biridir. Bu esa elektr energiya nisbiy sarfini kamaytirish bo'yicha imkoniyatlarimiz borligini ko'rsatadi va ishlab chiqarish korxonalarida elektr energiyaini tejavchi oddiy va arzon texnik qurilmalarni tadbiq qilishni taqozo qiladi.

Energiya oqimining elektr ta'minoti sxemasi barcha elementlari bo'yicha aniqlangan quvvat balanslari noo'rin sarflanayotgan elektr energiyasini tezroq aniqlash imkoniyatini beradi.

Keyingi yillarda Respublikamizda olib borilayotgan iqtisodiy islohotlar ishlab chiqarishdagi iqtisodiy munosabatlarni, korxonalarni faoliyat yurgizish shart - sharoitlarini o'zgartirib yubordi. Bundan tashqari, Respublikamiz korxonalariga chet el investitsiyalari keng jalb qilinib xorijiy elektr uskunalar o'rnatilmoqda. Bu esa elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlariga, elektr ta'minoti tizimi ishonchligiga va energiya iste'moli jarayonlarini avtomatlashtirishga o'ziga xos talablar qo'ymoqda. Yuqoridagilar korxonalarni elektr ta'minoti tizimini zamonaviylashtirish nuqtai nazaridan qayta rekonstruksiyalashni taqozo qilmoqda.

Jumladan, mavjud GESlarni modernizatsiyalash dasturi bo'yicha ularning umumiy quvvati 6497 mln.kVt.soat dan 7400 mln kVt.soatgacha ortadi. Bundan tashqari yangi GESlarni qurib ishga tushirish hisobiga 1645 mln.kVt.soat quvvat olinishi rejalashtirilgan.

Bundan tashqari Respublikamiz elektroenergetikasining istiqboli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini qay darajada samarali joriy etilishi bilan bog'liq. Chunki dunyo iqtisodi bu borada jadal qadamlab bormoqda.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari uchun dunyo investitsiyalari: 2004 yilda – 52 mlrd. AQSh dollari, 2014 yilda – 520 AQSh dollari. Shu jumladan: Xitoy – 47,3 mlrd. AQSh dollari, AQSh – 20,7 AQSh dollari, Buyuk Britaniya – 11,2 mlrd. AQSh dollari, Ispaniya -10,4 mlrd. AQSh dollari, Janubiy Koreya – 10,0 mlrd. AQSh dollari, Braziliya – 7,4 mlrd. AQSh dollari, Germaniya – 6,2 mlrd. AQSh dollari, Kanada – 3,3 - mlrd. AQSh dollari investitsiyalarni o'zlashtirib bu borada faol siyosat olib bormoqdalar.

Dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga rejalashtirilayotgan global investitsiya bashoratlari: 2020 yilda – 1,7 trll. AQSh dollari, 2050 yilda – 45 trll. AQSh dollari.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlanishining asosi sabablari:

- mavjud organik energiya resurslar narxlarining doimiy o'sib borishi va atrof-muhitning ifloslanishi;
- zahiralarning cheksizligi va ekologik tozaligi;

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini istiqbolida kutilayotgan dunyo energobalansidagi ulushi: 2030 yilgacha - 20%, 2050 yilgacha – 50%.

Past uglerodli energetikaning parnik samarasini pasaytirishdagi strategik maqsadlari: 2020 yilda – 20-25% gacha, 2060 yilda 50-60% gacha.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etishga engillashtirilgan ta'riflar qo'llagan davlatlar: 1990 yilda – 2 ta, 2000 yilda – 14 ta, 2014 yilda – 67 ta.

Yuqoridagi rejalarni amalga oshirishda tayyorlanayotgan kadrlar malakasiga ko'p narsa bog'liq. Shu ma'noda hozirda respublikamiz ta'lim tizimida olib borilayotgan islohotlar istiqbolida umumiy iqtisodiyot, xususan elektr energetika tizimi uchun kadrlar tayyorlash va iqtisodiyotda elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

## I bob. ELEKTR ZANJIRLARI.

### I bob. I-ma'ruza.

#### O'ZGARMAS TOK ZANJIRLARI VA ULARNI HISOBLASH.

Reja: 1.1. O'zgarmas tok zanjirlarining ta'rifi, muqobil sxemasi va elementlarning shartli belgilari.

1.2. Manbalar va elektr qarshiliklarni ketma-ket, parallel va aralash ulash.

1.3. Om va Kirxgoff qonunlari.

1.4. Elektr tokining quvvati va energiyasi.

1.5. Tarmoqlanmagan oddiy o'zgarmas tok zanjirlari va ularni hisoblash.

1.6. Rezistorlarni "uchburchak" va "yulduzcha" usulida ulanishi. Ularni ekvivalentlik sharti.

#### 1.1. O'zgarmas tok zanjirlarining ta'rifi, muqobil sxemasi va elementlarning shartli belgilari.

Elektr toki o'tadigan yo'ldagi turli elektr tuzilmalar yig'indisi elektr zanjiri deb ataladi. Har qanday elektr zanjiri uchta asosiy elementdan, tok manbaidan, iste'molchilardan va tutashtiruvchi simlardan tashkil topgan bo'ladi [2]. Elektr zanjiri elektr toki uchun yo'l hosil qiluvchi ob'ekt va qurilmalarning majmui bo'lib, undagi elektromagnit jarayonlar elektr yurituvchi kuch (EYuK), tok va kuchlanish tushunchalari bilan ifodalanadi.

O'tkazgichdagi tokni elektronlar hosil qiladi. Har bitta elektronga esa magnit maydon ma'lum kuch bilan ta'sir qiladi. Demak, o'tkazgichga ham magnit maydon ma'lum kuch bilan ta'sir qiladi [2].

Elektr zanjir holatini elektr toki va kuchlanish ifodalaydi. Elektr zanjirlarining grafik tasviri elektr sxema deb ataladi.

**O'zgarmas tok** – bu yo'nalishi va qiymati vaqt bo'yicha o'zgarmaydigan tokdir. Demak, o'zgarmas tok – bu zaryadlangan zarrachalarning tartibli bir yo'nalishdagi harakatidir.

**Elektr energiya manbai** – EYuK ni qiymati, yo'nalishi va ichki qarshiligining miqdori bilan tavsiflanadi.

Rezistordan o'tayotgan tok bilan shu rezistorda hosil bo'lgan kuchlanish orasidagi bog'lanish elementning **volt-amper tavsifi(xarakteristikasi), (VAT - VAX)** deb ataladi.



Ideal holatda:

EYuK manbai uchun manbaning ichki qarshiligi  $R_{ICH} = 0$ .

Tok manbai uchun manbaning ichki qarshiligi  $R_{ICH} = \infty$ .

Ikki tugun oralig'iga ketma-ket ulangan elementlardan iborat bir xil tok o'tadigan zanjirning qismi **shohobcha** deb ataladi.

Kamida uchta shohobcha birlashgan nuqta esa, elektr zanjirining **tuguni** deyiladi.

**Kontur** – elektr zanjirining bir nechta shohobchalaridan o'tuvchi berk yo'l.

Oddiy holda elektr zanjiri uch qismdan iborat bo'ladi: energiya manbai, ste'molchi, ulovchi simlar. Lekin umumiy holda elektr zanjiri bir necha manbaiga va iste'molchilarga ega bo'lishi mumkin. Real elektr zanjiri esa yuqoridagi elementlardan tashqari ulab-uzuvchi (viklyuchatel) qurilmalari kontrol-o'lchash priborlari, himoya asboblari iborat bo'ladi. Faqat chiziqli elementlardan iborat zanjir - chiziqli elektr zanjiri deb ataladi.

O'zgarmas tok elektr qurilmalariga quyidagilar misol bo'la oladi: (1.1-rasm)

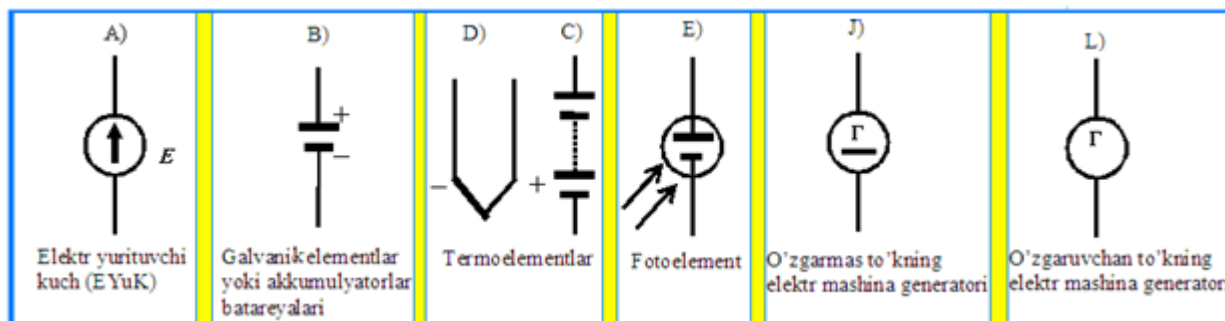


1.1-rasm. O'zgarmas tok elektr qurilmalari.

### Shartli va grafik belgilari.

Elektr lampalari, qizdirish qurilmalari, elektroliz qurilmasi sxemalarda  $R$  qarshilik ko'rinishida belgilanadi (1.2,a-rasm). Dvigatel va akkumulyator batarealari zaryad vaqtida tok yo'nalishiga qarshi

EYUK ga ega bo'ladi (protivo-e.d.s). Shuning uchun ular sxemada EYuK ga qarama-qarshi yo'nalishli va ichki qarshiligi  $R$  bo'lgan manbaa ko'rinishida belgilanadi (1.2,B- rasm). EYuK ga ega bo'lgan zanjir qismi aktiv, ega bo'lmagan qismi passiv qism deyiladi.



1.2- rasm. Elektr energiyasini hosil qiluvchi turli manbalarning shartli belgilanishi.

Elektr energiya manbaalariga galvanik elementlar va akkumulyator, termoelementlar; fotoelementlar; generatorlar misol bo'la oladi. Sanoatda asosiy elektr manbaai generator hisoblanadi.

## 1.2. Manbalar va elektr qarshiliklarni o'zaro ketma-ket, parallel va aralash ulash.

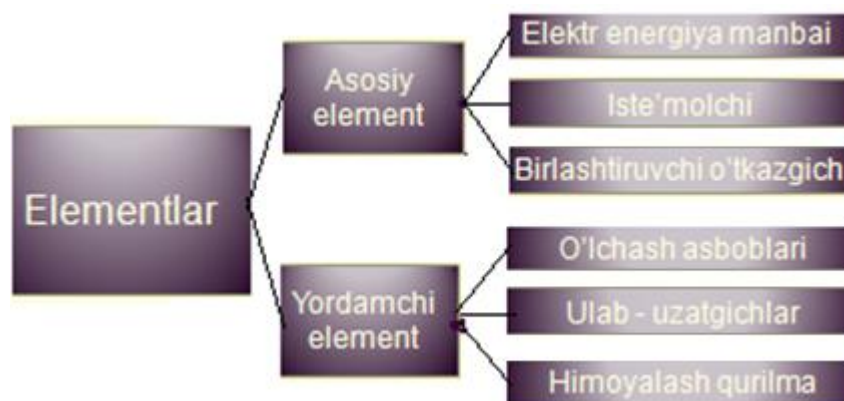
**Elektr zanjir.** Elektr zanjir elektr tokni hosil qilish va uning o'tishini ta'minlaydigan qurilma va ob'yektlarning majmui bo'lib undagi elektromagnit jarayonlar elektr yurituvchi kuch (EYuK), tok va kuchlanish tushunchalari bilan ifodalanadi.

Elektr zanjirlarni hisoblashda qulaylik uchun ular elektr sxemalar ko'rinishida kuriladi. Bunla energiya manbaasi doira bilan, qarshiliklar to'rtburchak bilan, ulovchi simlar esa tugri chiziqlar bilan ko'rsatiladi. Elektr zanjirlari asosiy va yordamchi elementlardan tashkil topadi(1.3-rasm).

Elektr qarshiligining o'lchov birligi  $V/A = \Omega m$  bo'lib, bunda 1 V kuchlanishda 1 A tok oqib o'tgan o'tkazgich qarshiligi 1  $\Omega m$ ga teng bo'ladi.

Qarshilikka teskari kattalik o'tkazuvchanlik bo'ladi.

$$g = 1/R; \quad g = 1/\Omega m = Sm. \quad (1.1)$$



1.3-rasm. Elektr zanjirlarining asosiy va yordamchi elementlari.

**O'tkazuvchanlikning** o'lchov birligi Simens deb ataladi.

O'tkazgichlarning temperaturaviy tavsiflari har qanday elektrotexnik qurilmalarni yaratishda hisobga olinadigan asosiy parametrlardan biri bo'lib hisoblanadi. Joule-Lens qonuni bo'yicha ( $I$ ) 1 A o'zgarmas tok oqib o'tayotgan ( $r$ ) 1  $\Omega m$  qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichdan ( $t$ ) 1 sek vaqt davomida ajralib chikayotgan issiqlik miqdori ( $Q$ ) 1 J ga teng.

$$Q = rI^2t \quad (1.2)$$

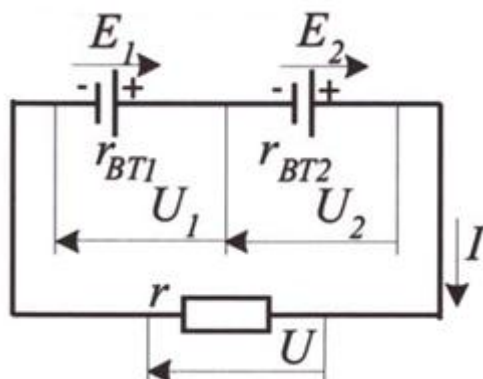
Ushbu ajralib chikayotgan issiqlik amaliy maksadlarda ishlatilishi yoki atrof muhitga befoyda tarqalib ketishi (isrof) ga qarab katta yoki kichik elektr qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichlar tanlanadi. Masalan, elektr pechlari uchun katta elektr qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichlar tanlansa, elektr energiyasini uzatish uchun liniyalarga imkon darajasida kichik elektr qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichlar tanlanadi.

O'tkazgich materiallar solishtirma qarshilik ( $\rho$ ) yoki unga teskari bo'lgan nisbiy o'tkazuvchanlik  $\gamma = \frac{1}{\rho}$  bilan ta'riflanadi. Agar o'tkazgich 1 m uzunlikda bir xil kundalang kesim yuzaga  $S(mm^2)$  ega bo'lsa,

uning qarshiligi:

$$r = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\gamma S}. \quad (1.3)$$

## Manba va iste'molchilarni ketma-ket ulanishi



1.4-rasm. Manba va iste'molchilarning ketma-ket ulanishi.

$$\boxed{E_{\text{Э}} = E_1 + E_2} \quad \text{Zanjirning ekvivalent EYuKsi} \quad (1.4)$$

$$\boxed{r_{\text{Э}} = r + r_{BT1} + r_{BT2}} \quad \text{Zanjirning ekvivalent qarshiligi} \quad (1.5)$$

$$I = \frac{E}{r_{\text{Э}}} = \frac{E_1 + E_2}{r_{\text{Э}} + r_{BT1} + r_{BT2}} \quad (1.6)$$

$$U_1 = E_1 - I r_{BT1} \quad \text{- Birinchi manbaning qisqichlaridagi kuchlanish} \quad (1.7)$$

$$U_2 = E_2 - I r_{BT2} \quad \text{- Ikkinchi manbaning qisqichlaridagi kuchlanish} \quad (1.8)$$

$$U = U_1 + U_2 \quad \text{- Iste'molchining qisqichlaridagi kuchlanish} \quad (1.9)$$

Qarshiliklari ketma-ket birlashtirilgan zanjirning biron qismida uzilish sodir bo'lganida uning tamomila ishdan chiqishi qarshiliklarni ketma-ket ulash usulining asosiy kamchiligidir.

## Manba va iste'molchilarni parallel ulanishi

Qarshiliklarini(iste'molchilarni) parallel ulash deb  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  va hokazo qarshiliklarning bosh uchlarini bir tugunga va ana shu qarshiliklarning oxirgi uchlarini ikkinchi tugunga birlashtirishga aytiladi(1.5-rasm).

Qarshiliklari parallel ulangan elektr zanjirining (bunday zanjirlarni tarmoqlangan, yoki ko'p konturli elektr zanjirlari, deb ham atash mumkin) o'ziga xos xususiyati: zanjirga ulangan barcha qarshiliklar qismlaridagi kuchlanishning bir xil qiymatga ega bo'lishidir.

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  qarshiliklar bosh uchlarning ulanish nuqtalariga keluvchi tok ( $I$ ) shu nuqtalardan (tugunlardan) tarqaluvchi  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  toklarning yig'indisiga teng (Kirxgofning I qonuniga asosan):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad \text{yoki}$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \dots + \frac{U}{R_n} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) = U \frac{1}{R_e} \quad (1.10)$$

Agar

$$\frac{1}{R_1} = G_1; \quad \frac{1}{R_2} = G_2; \quad \frac{1}{R_3} = G_3; \quad \frac{1}{R_n} = G_n; \quad \frac{1}{R_e} = G_e.$$

Bo'lsa, u holda  $I = U \cdot (G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n)$ .

Agar  $G_e = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$ .

bo'lsa, zanjirdagi tok quyidagicha ifodalanadi:

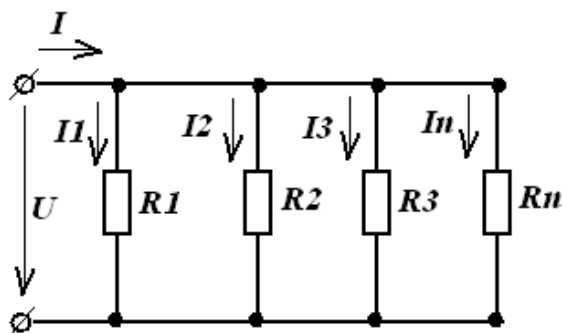
$$I = U \cdot G_e \quad (1.11)$$

Bu yerda  $G_e = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$  - parallel tarmoqlarning o'tkazuvchanliklari, Sm;

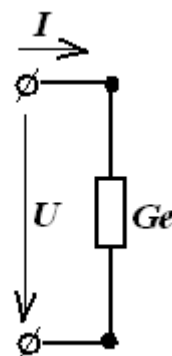
$G_e$  - parallel tarmoqlarning ekvivalent o'tkazuvchanligi, Sm.

(1.11) formulaga binoan 1.5 va 1.6 - rasmlardagi sxemalarni (zanjirlarni) o'zaro ekvivalent deyish mumkin.

Demak, qarshiliklari parallel ulangan elektr zanjirning ekvivalent o'tkazuvchanligi ( $G_e$ ) shu zanjir ayrim tarmoqlari o'tkazuvchanliklari ( $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ ) ning yig'indisiga teng.



1.5-rasm. Qarshiliklari parallel ulangan sxema.



1.6-rasm. 1.5-rasning ekvivalent sxemasi.

Agar elektr zanjiridagi parallel ulangan tarmoqlarning soni ikkita bo'lsa, ularning ekvivalent qarshiligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$R_1 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}. \quad (1.12)$$

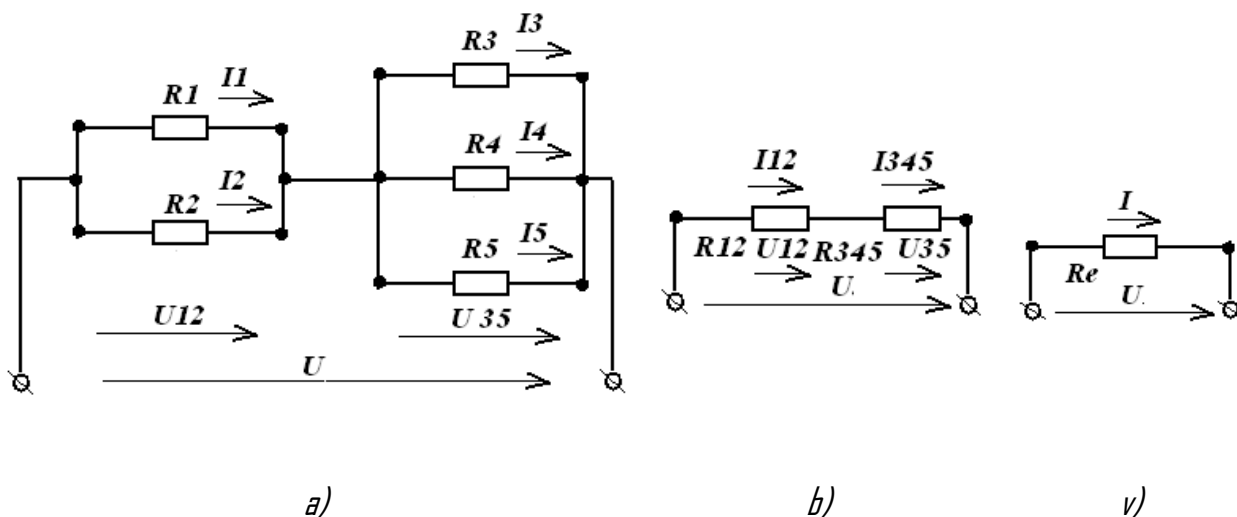
Qarshiliklari parallel ulangan zanjirning asosiy afzalligi shundaki, bunday zanjirning biron tarmog'ida uzilish sodir bo'lganida qolgan tarmoqlar normal ishlaveradi. Shuning uchun ham elektr energiyasining iste'molchilari tarmoqqa parallel usulda ulanadi.

### Qarshiliklarni aralash ulash

Qarshiliklarni aralash ulash ketma-ket va parallel ulashlarning birgalikda qo'llanilishidir(1.7-rasm).

Qarshiliklari aralash ulash sxemalarining xilma-xilligi tufayli bunday zanjirlarning ekvivalent qarshiligini aniqlashning umumiy ifodasini chiqarib bo'lmaydi. Har bir konkret hol uchun zanjirdagi qarshiliklarning ketma-ket va parallel ulangan qismlarini shartli ravishda ajratib olib, ma'lum formulalar bo'yicha ularning ekvivalent qarshiliklarini hisoblash lozim.

Qarshiliklari aralash ulangan zanjirlarning ekvivalent qarshiligini hisoblash zanjirning oxirgi qismidan manba tomon olib boriladi(1.7-rasm, b). Bunda zanjir tobora soddalashib borib, bitta ekvivalent qarshilikli zanjir ko'rinishiga keltiriladi(1.7-rasm, v). Zanjirning har bir qismidagi tok va kuchlanish Ohm qonuniga binoan hisoblanadi.



1.7-rasm. Qarshiliklarni aralash ulash.

### 1.3. Om va Kirxgoff qonunlari.

**Om qonuni.** Nemis fizigi Georg Simon Om 1827 yilda tajriba usuli bilan zanjirda EYuK va tok kuchi orasidagi bog'lanishni topdi.

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1.13)$$

$R$  - manbaa ichki qarshiligi (plastinkalar orasidagi elektrolit qarshiligi, generator chulg'ami qarshiligi);

$R$  - iste'molchi qarshiligi;

$E$  - manbaa EYuK si;

Zanjirni bir qismi uchun Om qonuni:

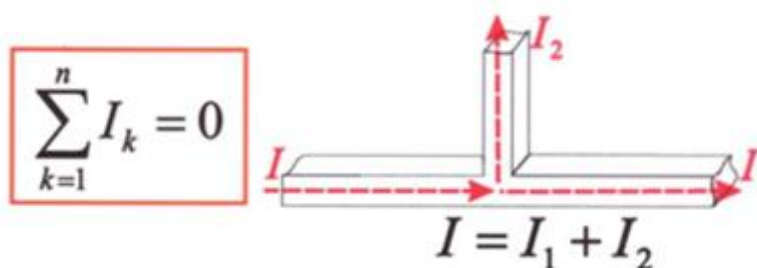
$$U = IR \quad (1.14)$$

#### **Kirxgof qonunlari.**

##### **Kirxgofning birinchi qonuni.**

Elektr zanjiri biror-bir tugunga oqib kelayotgan toklar yig'indisi shu tugundan oqib kelayotgan toklar yig'indisiga teng. Eki istalgan tugun uchun toklarning algebraik yig'indisi "0" ga teng.

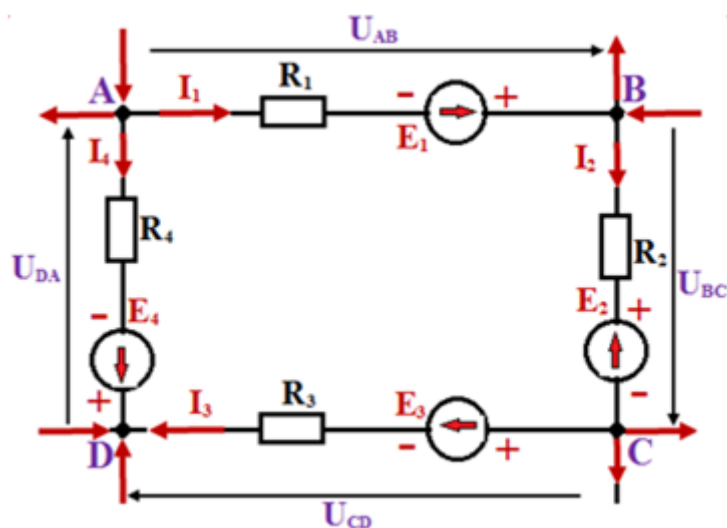
$$\sum I = 0 \quad (1.15)$$



##### **Kirxgofning ikkinchi qonuni.**

2 - qonuni: zanjir berk konturida EYuK larning algebraik yig'indisi kuchlanishlar tushuvi algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum E = \sum RI \quad (1.16)$$



1.8-rasm. Tarmoqlangan zanjirning yopiq konturi.

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0$$

$$\text{yoki } e_0 U = e_0 (IR - E) = 0$$

**Yopiq kontur bo'ylab kuchlanish**

(1.17)

$$e_0 E = e_0 IR$$

**Yopiq konturdagi EYuKlarning algebraik yigindisi kuchlanishlar tushuvlarining algebraik yigindisiga teng**

(1.18)

$$E_1 - E_2 - E_3 - E_4 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$\text{yoki } e_0 E = e_0 IR$$

**Kirhgofning ikkinchi qonuni**

(1.19)

#### 1.4. Elektr tokining quvvati va energiyasi.

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra generator  $t$  - vaqt davomida ishlab chiqargan elektr energiyasi usha vaqtning o'zida zanjirning barcha qismlarida boshqa turdagi energiyalarga aylanadi. (bunda zanjirning tashqi qismi - iste'molchida va ichki qismi generatorning o'zida)

Generatorning elektr yurituvchi kuchi ( $E$ ) va uning qisqichlaridagi kuchlanish ( $U$ ) orasidagi farq «ichki kuchlanish tushuvi» deb ataladi.

$$U_j = E - U \quad (1.20)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, demak, generatorning elektr yurituvchi kuchi uning qisqichlaridagi kuchlanish va uning ichki kuchlanish tushuvi yig'indisiga teng.

$$E = U + U_j \quad (1.21)$$

Generatorning ichki kuchlanish tushuvi zanjirda tok miqdorining ortishi bilan ko'payadi.

$$U_j = R_j I \quad (1.22)$$



Bu yerda  $R_g$  generatorning ichki qarshiligi.

Manbada mexanik yoki boshqa turdagi energiyaning elektr energiyasiga aylanish tezligi generatorning quvvati deb ataladi.

$$R_g = A_g/t = elt/t = eI. \quad (1.23)$$

Tashqi zanjirda elektr energiyaning boshqa turdagi energiyalarga aylanish tezligi iste'molchi quvvati deb ataladi.

$$R = A_g/t = Ult/t = UI. \quad (1.24)$$

Generatoridagi samarasiz (masalan generatoridagi issiqlik isroflari) energiya sarfi quvvat isrofi deyiladi.

$$R_i = A_i/t = U_i I/t = U_i I \quad (1.25)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga generatorning quvvati iste'molchilar quvvatlari va quvvat isrofi yig'indisiga teng.

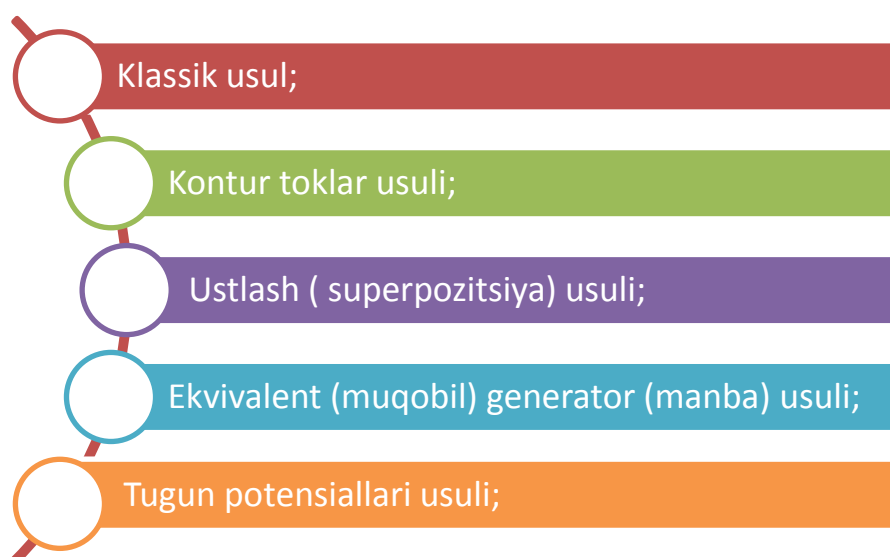
$$R_g = R + R_i \quad (1.26)$$

Ushbu ifoda elektr zanjirining quvvatlar balansini belgilaydi.

## 1.5. Tarmoqlanmagan oddiy o'zgarmas tok zanjirlari va ularni hisoblash.

### O'zgarmas tok zanjirlarini hisoblash usullari.

Murakkab elektr zanjirlarini tahlil qilish uchun bir necha xil hisoblash usullari qo'llanilishi mumkin (1.9-rasm).

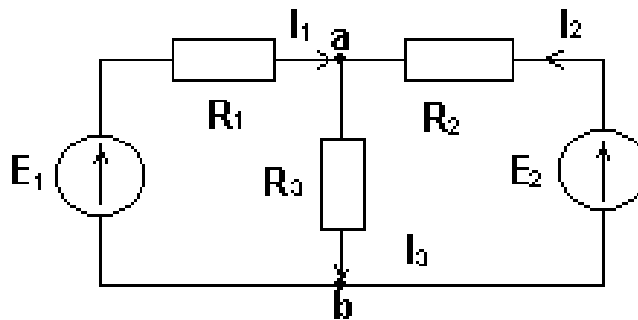


1.9-rasm. O'zgarmas tok zanjirlarini hisoblash usullari.

### Ikki manbali elektr zanjirlarini qo'llanilishi.

Bunday 2 manbali zanjirlar avtomobil qurilmalarida, poezd, samalyot, kombayn va hokazolarda qo'llaniladi. Elektr yurilmasida keng qo'llaniladi (1.10-rasm).

Bunda zanjir 2 parallel ulangan elektr manbasi (generator va akkumulyator batareyasi) va boshqa iste'molchilar (yoritish lampalari, signal lampasi, yondirish g'altagi (katushka zajiganiya) va h.k.) dan iborat bo'ladi. Iste'molchilar ham parallel ulangan bo'ladi.



1.10-rasm. Soddalashtirilgan 2 manbali sxema.

Odatda sxema hamda  $E_1, E_2, R_1, R_2, R_3$  qarshiliklar berilgan bo'ladi. Shoxchalardagi  $I_1, I_2$  va  $I_3$  toklarni aniqlash kerak. Bu kabi masalalarni yuqoridagi usullardan foydalanib echish mumkin.

#### 1. Klassik usul (Kirxgof tenglamalari usuli).

Bunda Kirxgof qonunlariga asosan tenglamalar tuziladi. Tenglamalar soni noma'lumlar soniga teng bo'lishi kerak. Zanjirni hisoblash tartibi quyidagicha olib boriladi.

a) Tarmoqlardagi toklar yo'nalishi ixtieriy belgilanadi ya'ni konturlar tanlanadi (1.2-rasm).

b) Kirxgof 1-qonuni bo'yicha (tugunlar uchun) tenglamalar tuziladi. 1.2-rasmda berilgan sxema uchun

$$\left. \begin{array}{l} \text{"a" tugun uchun: } I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ \text{"b" tugun uchun: } I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{array} \right\} \quad (1.27)$$

v) Kirxgof 2-qonuniga oid tenglamalar tuzamiz.

$$\left. \begin{array}{l} I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1, \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2. \end{array} \right\} \quad (1.28)$$

(1.27) va (1.28) tenglamalar sistemasi  $I_1, I_2$  va  $I_3$  toklarga nisbatan echiladi.

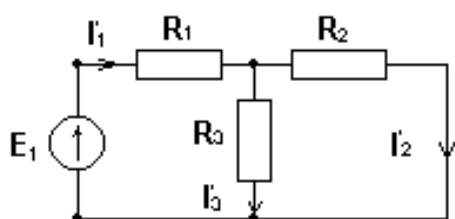
2. **Kontur toklar usuli.** Bunda avval tarmoq toklari yo'nalishlari ixtiyoriy tanlanib, so'ngra kontur toklari yo'nalishlari belgilanadi. Tenglamalar soni konturlar soniga teng bo'ladi. Tuzilgan tenglamalar sistemasi kontur toklariga nisbatan ochilib, so'ng tarmoq toklari aniqlanadi.

3. **Ustlash usuli** (*superpozitsiya, metod nalajeniya*).

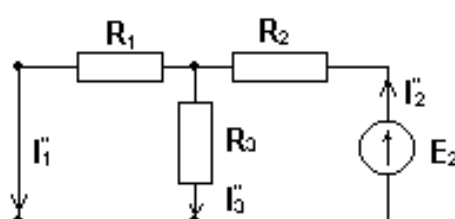
Formulirovkasi: istalgan tarmoq (vetv) dagi tok sxemasidagi har bir EYuK ma'nbai vujudga keltirayotgan alohida olingan toklarning algebraik yig'indisiga teng.

Bu usul har qanday chiziqli elektr zanjiri uchun qo'llanilishi mumkin. Zanjirni bu usul bilan hisoblash tartibi:

1.10-rasmda ko'rsatilgan zanjirda navbati bilan faqat 1 tadan EYuK ma'nbai qoldirib, qolganini sxemadan chiqariladi (1.10-rasm). Lekin sxemadan chiqarilayotgan EYuK ma'nbalarning ichki qarshiliklari sxemada qoldiriladi. Demak, 1.10-rasmda ko'rsatilgan sxema o'rniga endi 2 ta sxema toklarini (1.11-a,b rasmlar) hisoblanadi. Umumiy holda esa berilgan sxema EYUK ma'nbasi soniga qarab shuncha sxema toklari hisoblanadi.



1.11.a – rasm.



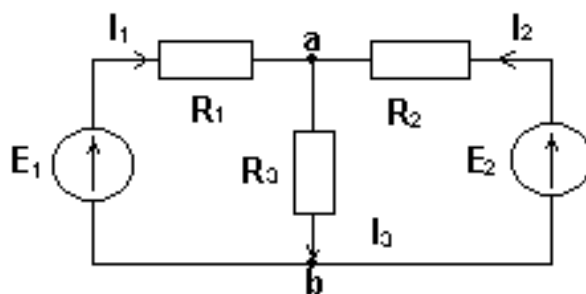
1.11.b – rasm.

Endi 1.11-rasmdagi a va b sxemalar ekvivalent qarshiliklari topilib Om qonuni bo'yicha toklar aniqlanadi. Toklarning haqiqiy qiymatlari esa ustlab topiladi.

$$I_1 = I_1' + I_1''; \quad I_2 = I_2' + I_2''; \quad I_3 = I_3' + I_3''; \quad (1.29)$$

Bu metodning afzalligi shundaki, bunda tenglamalar sistemasi echilmaydi.

4. **Tugun potentsiallari** (kuchlanish) usuli. 1.12-rasmda ko'rsatilgan sxemani qayta chizamiz.



1.12-rasm.

Bu usul ko'proq elektr zanjiri 2 tugunli bo'lganda qo'l keladi. Sxema tarmoqlari parallel (1.12-rasm) ulangan.

$$\varphi_b = \varphi_a + R_1 I_1 - E_1, \quad \text{yoki } \varphi_a - \varphi_b = U_{ab} = E_1 - R_1 I_1 \quad (1.30)$$

bu yerda  $U_{ab}$  - tugun kuchlanishi.

(1.30) tenglamadan

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ab}}{R_1} = (E_1 - U_{ab}) g_1 \quad (1.31)$$

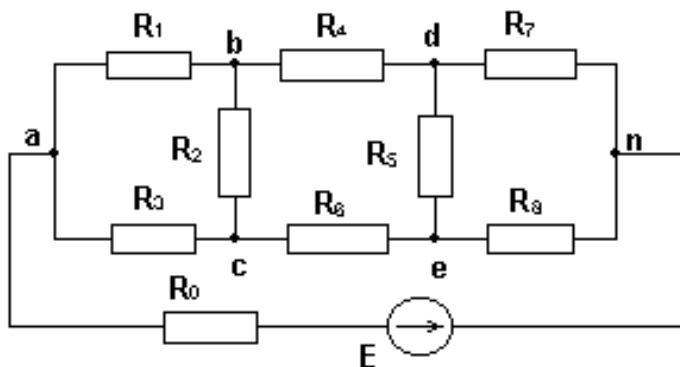
bu yerda  $g=1/R$  -tarmoq o'tkazuvchanligi.

Xuddi shunday qilib boshqa tarmoqlar toklarini aniqlashi mumkin. Umumiy holda n-chi tarmoqdagi tok quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_n = \frac{E_n - U_{ab}}{g_n}, \quad (3) \quad U_{ab} = \frac{\sum E_k g_k}{\sum g_k}; \quad (1.32)$$

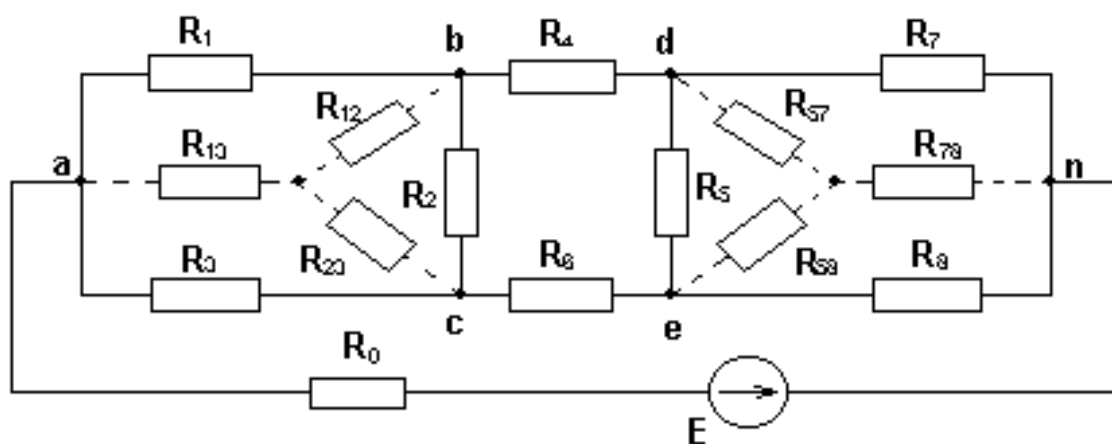
### 1.6. Rezistorlarni "uchburchak" va "yulduzcha" usulida ulanishi. Ularni ekvivalentlik sharti.

Uchburchak va yulduzcha shakl almashtirishlar murakkab elektr zanjirlarini hisoblashda qo'llaniladi. Biror elektr zanjiri berilgan bo'lsin.



1.13- rasm. Murakkab o'zgarmas tok elektr zanjiri.

Bu zanjirni shakl almashtirish bilan soddalashtirish mumkin. 1 - konturda  $R_1, R_2, R_3$  va 3 - konturda  $R_5, R_7, R_8$  rezistorlar, ko'rinib turibdiki uchburchak shaklida ulangan. Bu holat 1.14 - rasmda tasvirlangan.

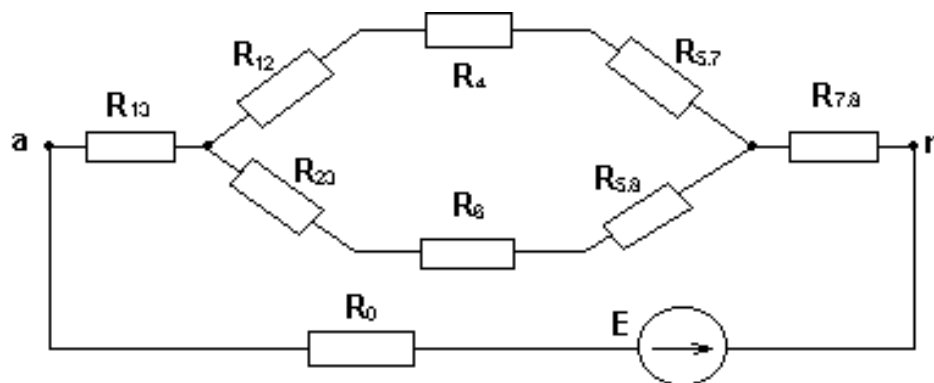


1.14- rasm. Murakkab o'zgarmas tok elektr zanjirini soddalashtirish.

Soddalashtirishni qarshiliklarni "yulduzcha" usuliga o'tkazib qayta hisoblashdan boshlaymiz.

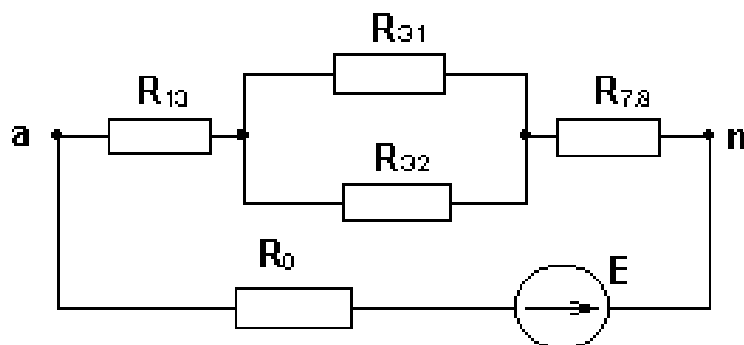
$R_{13} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2};$	$R_{57} = R_5 + R_7 + \frac{R_5 \cdot R_7}{R_8};$	(1.33)
$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3};$	$R_{5,8} = R_5 + R_8 + \frac{R_5 \cdot R_8}{R_7};$	
$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2};$	$R_{7,8} = R_7 + R_8 + \frac{R_7 \cdot R_8}{R_5};$	

Shundan so'ng sxema quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:



1.15 - rasm. "Yulduzcha" usuliga o'tkazib soddalashtirilgan zanjir.

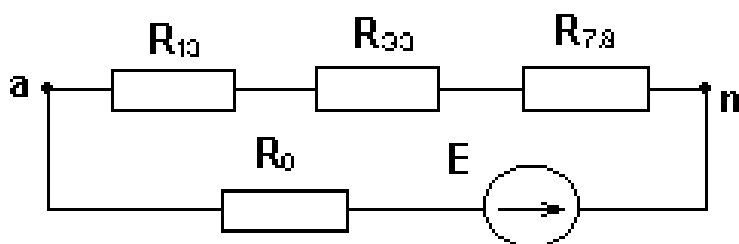
Sxemani soddalashtirishda davom etamiz:



1.15- rasm. Soddalashtirilgan zanjir.

Bu sxemada:  $R_{E1} = R_{12} + R_4 + R_{5,7}$ ;  $R_{E2} = R_{23} + R_6 + R_{5,8}$ ;

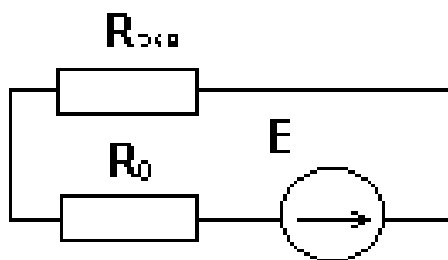
$$R_{\text{Э3}} = \frac{R_{\text{Э1}} \cdot R_{\text{Э2}}}{R_{\text{Э1}} + R_{\text{Э2}}}; \quad (1.34)$$



1.16 - rasm. Soddalashtirilgan zanjir.

va nihoyat

$$R_{\text{ekv}} = R_{12} + R_{\text{Э3}} + R_{78}; \quad I = \frac{E}{R_0 + R_{\text{Экв}}} \quad (1.35)$$



1.17- rasm. Soddalashtirilgan zanjir.

Endi tarmoq toklari osonlikcha topilishi mumkin. Quyida yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tish formulalarini (ekvivalentlik sharti) keltiramiz.

$$\left. \begin{aligned}
 R_1 &= \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; & R_2 &= \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; \\
 R_3 &= \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; & R_5 &= \frac{R_{5.7} \cdot R_{5.8}}{R_{5.7} + R_{5.8} + R_{7.8}} \\
 R_7 &= \frac{R_{5.7} \cdot R_{7.8}}{R_{5.7} + R_{7.8} + R_{5.8}}; & R_8 &= \frac{R_{5.8} \cdot R_{7.8}}{R_{5.7} + R_{5.8} + R_{7.8}}
 \end{aligned} \right\} \quad (1.36)$$

1.36 - formulalar to'plami "uchburchak" va "yulduz" shakl almashtirishlarning ekvivalentlik sharti deyiladi.

#### Nazorat savollari

1. Murakkab zanjir deganda nima tushuniladi ?
2. Murakkab zanjirlarni hisoblashni qanday usullari mavjud ?
3. Klassik usul nimaga asoslangan ?
4. Kontur toklari usuli qanday amalga oshiriladi ?
5. Ustlash usulini tushuntirib bering ?
6. Tugun potentsiallari usuli nimadan iborat ?
7. Ekvivalen(muqobil) generator usulning afzal tomoni nimadan iborat ?
8. Sxemani soddalashtirish deganda nima tushuniladi ?
9. Elektr zanjirlarini hisoblashning qaysi usuli sizga ma'qul bo'ldi ?
10. Rezistorlarni yulduzcha va uchburchak usulda ulash sxemalarini ko'rsating ?

## I bob. 2-ma'ruza.

### BIR FAZALI SINUSOIDAL TOK ZANJIRLARI VA ULARNI HISOBLASH

Reja:

- 2.1. Sinusoidal o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari va uning elementlari.
- 2.2. Sinusoidal kattaliklarning vektor tavsiflari va ularning ahamiyati.
- 2.3. Aktiv qarshilikli, induktiv va sig'im elementli zanjirlardagi tok va kuchlanishning vektor tasvirlari.
- 2.4. Sinusoidal kattaliklarning simvolik(kompleks) tasviri. Kompleks qarshilik va kompleks o'tkazuvchanlik.
- 2.5. Sinusoidal tok zanjirlarida aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar.
- 2.6. R, L va C elementlari ketma-ket ulangan zanjirlarni hisoblash. Tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish.
- 2.7. R, L va C elementlari elementlari parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblash. Kuchlanishlar, qarshiliklar va quvvatlar uchburchaklari.

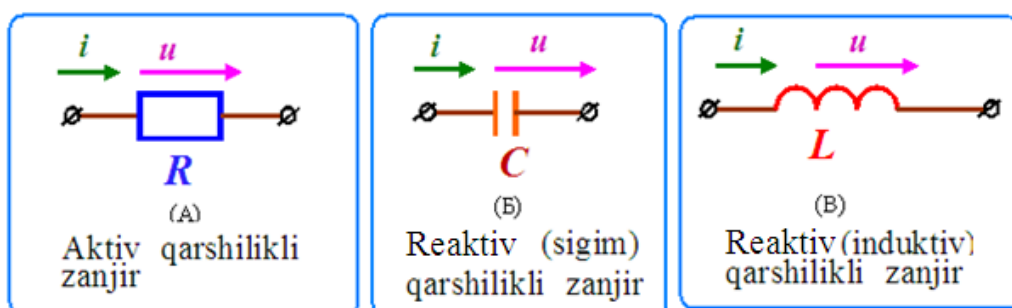
#### 2.1. Sinusoidal o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari va uning elementlari.

O'zgarmas tok metallarda erkin elektronlarning barqaror ilgariylanma harakatidan iboratdir. Agar elektronlar tebranma harakatda bo'lib, tok vaqt birligi ichida ham qiymati, ham yo'nalishini davriy o'zgarib tursa, bunday tok ***o'zgaruvchan tok*** deb yuritiladi.

Elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylanib, elektr va magnit maydonlari energiyasi o'zgaradigan elektr zanjiri ***R- qarshilik, C- sig'im va L-induktivlik*** deb ataladigan uch xil parametrlar bilan ta'riflanadi.

Sinusoidal tokda aktiv R, induktiv L va sig'im C elementlar uchun asosiy bog'lanishlar 1-jadvalda keltirilgan.

Induktivlik va sig'im uchun bir davrdagi o'rtacha quvvat nolga teng bo'lgani uchun ushbu elementlar **reaktiv** deb ataladi, ularning oniy quvvati amplitudasi esa Volt-Amper reaktiv (*Var*) o'lchov birligida bo'ladi(2.1-rasm).



2.1-rasm. Sinusoidal tokda aktiv R, induktiv L va sig'im C elementlar



Qarshiliklar uchun bir davrdagi o'rtacha quvvat doimo noldan katta, shuning uchun ushbu element parametrlari **aktiv** deb ataladi.

Turg'un rejimda elektromagnit energiya iste'moli doimo faqat aktiv qarshilik bilan bog'liq.

Sinusoidal qonun bilan o'zgaradigan EYuK sinusoidal EYuK deb ataladi. Elektr zanjirlarida bunday EYuK tasirida hosil bo'lgan tok sinusoidal tok deb ataladi.

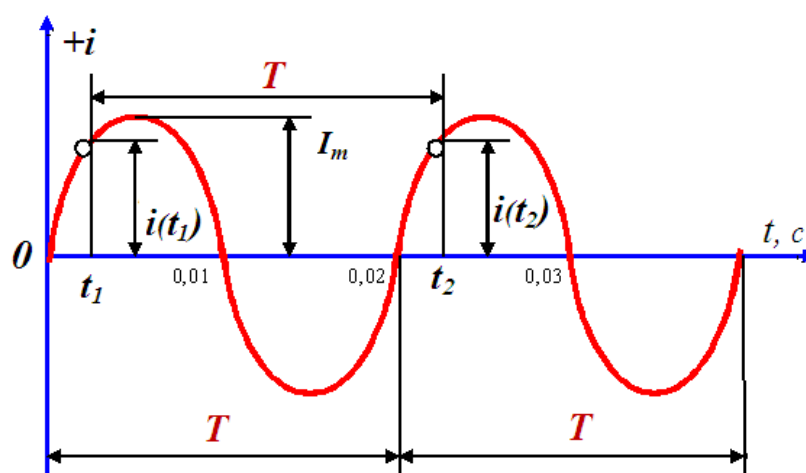
2.1-jadval

Rasm	Qarshilik	Kuchlanish va tokning boshlang'ich fazasi	Aktiv quvvat (oniy quvvatning doimiy tashkil etuvchisi)	Reaktiv quvvat
2.1-rasm. (A)	$R = \frac{U_R}{I_R}$	$\psi_u = \psi_i$	$P = U_R I_R$	0
2.1-rasm. (B)	$X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{1}{\omega C}$	$\psi_u = \psi_i - 90^\circ$	0	$Q_c = U_c I_c$
2.1-rasm. (V)	$X_L = \frac{U_L}{I_L} = \omega L$	$\psi_u = \psi_i + 90^\circ$	0	$Q_L = U_L I_L$

## 2.2. Sinusoidal kattaliklarning vektor tavsiflari va ularning ahamiyati.

O'zgaruvchan EYuK o'zgaruvchan kuchlanish, o'zgaruvchan tok, tokning davri, chastotasi, maksimal tasir etuvchi qiymatlari bilan tavsiflanadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan funktsiyalar va ularni tavsiflovchi asosiy parametrlar ( davr T, chastota f, faza  $\omega t \pm \Psi$  ) boshlang'ich fazasi  $\Psi$ , amplituda, oniy va ta'sir etuvchi qiymatlari)(2.2-rasm.).



2.2-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan funktsiyalar va ularni harakterlovchi asosiy parametrlar.

Vaqt bo'yicha o'zgaruvchi tok, kuchlanish, EYuK va quvvatning aniq bir paytdagi qiymatiga **oniy qiymat** deb ataladi va u quyidagi harflar bilan belgilanadi ***i, u, e, p***.

Tok, kuchlanish, EYuK va quvvatning eng yuqori oniy qiymatlari ularning **amplitudalari** deb ataladi va ular quyidagi ***i, u, e, p*** indeksli harflar bilan belgilanadi: ***I<sub>m</sub>, U<sub>m</sub>, E<sub>m</sub>, P<sub>m</sub>***

Ularning egri chiziqlari sinusoidadan farqli bo'lgan hollardagi eng yuqori oniy qiymatlari quyidagi ***max*** indeksli harflar bilan belgilanadi: ***I<sub>max</sub>, U<sub>max</sub>, E<sub>max</sub>, P<sub>max</sub>***.

Toklar o'z qiymatlarini bir xil ketma-ketlikda qaytarib turuvchi eng kichik vaqt oralig'i **davr** deb ataladi va ***T*** harfi bilan belgilanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan tokning qiymatlari va yo'nalishi ushbu davr deb ataluvchi oraliqlarda takrorlanadi.

Davrga teskari bo'lgan qiymat **chastota** deb ataladi va ***f*** harfi bilan belgilanadi. Son jixatdan chastota davriy o'zgaruvchan tokning bir sekund vaqt davomidagi davrlar soniga teng : ***f = 1/T***. Chastotaning o'lchov birligi - Gerts (Gts).

Sinusoidal o'zgaruvchi kattalikning **burchak chastotasi -  $\omega$**  elektrik burchakning vaqt bo'yicha o'zgarishini belgilaydi. Ushbu burchakning sinusiga proporsional ravishda davr bilan  **$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$**  bo'yicha bog'langan tok, EYuK, va kuchlanishlarning oniy qiymatlari o'zgarib boradi. Ushbu burchak chastotasi- **$\omega$  rad/s** larda o'lchanadi.

Barcha sinusoidal o'zgaruvchi kattaliklar quyidagi ko'rsatkichlari bilan ta'riflanadi:

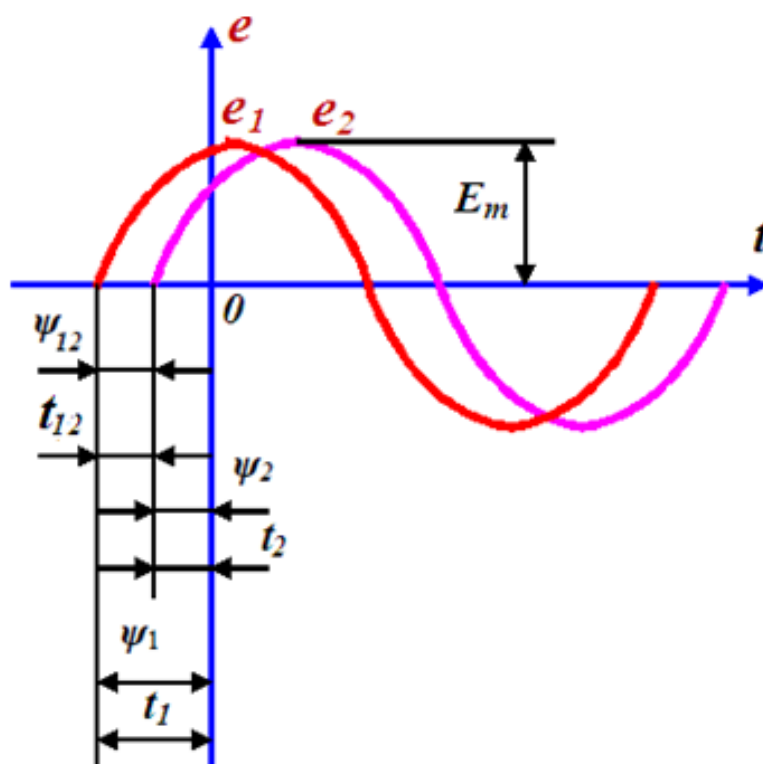
***1. amplitudasi; 2. chastota yoki davri; 3. boshlang'ich fazasi.***

Vaqtning boshlang'ich paytida EYuKning qiymatlarini belgilovchi  **$\psi_1$  i  $\psi_2$**  elektrik burchaklar **boshlang'ich fazalar** deb ataladi(2.3-rasm.).

Bir xil chastotali ikki sinusoidal kattalikning boshlang'ich fazalar farqi **fazalarning siljish burchagi** deb ataladi.

$$\psi_1 - \psi_2 = \psi_{12} \quad (2.1)$$

O'zaro musbat amplitudaga ertaroq erishgan qiymat **faza bo'yicha ilgari**, qaysiki yuqoridagi qiymatlarga keyinroq erishadigan qiymat esa **faza bo'yicha ortda qoluvchi** deb ataladi[1,2].



2.3-rasm. Sinusoidal kattaliklarning boshlang'ich fazalari va fazalarning siljish burchaklari.

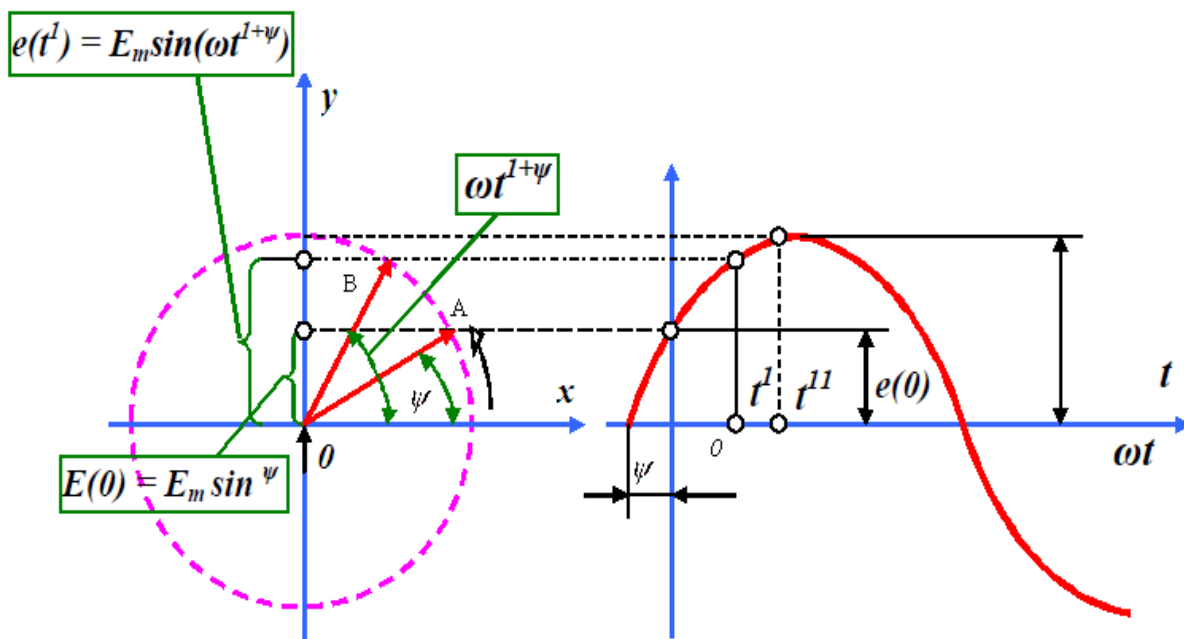
### Sinusoidal kattaliklarning vektor tavsiflari va ularning mohiyati.

Sinusoidal tok va kuchlanishlardan hozirda energetika tizimlari va korxonalarda keng qo'llanilishiga:

Birinchi - sinusoidal tok va kuchlanishli elektr energiyasini ishlab chiqarish (generatorlar), o'zgartirish (transformatorlar) va iste'mol qilish (asinxron dvigatellar) ekspluatatsiya nuqtai-nazaridan sodda va qulay;

Ikkinchi - chiziqli sinusoidal kattaliklar: qo'shilganda, ayrilganda, bo'linganda va integrallab yoki differentsiallanganda sinusoidal kattalik bo'lib qolaveradi. Boshqa hech bir funktsiyalar bunday xossaga ega emas. Aynan shunday ajoyib xususiyatlari uchun sinusoidal vaqt funktsiyalari garmonik yoki mukammal deb ataladi[1].

Sinusoidal o'zgaruvchi qiymatlar vaqtning har qanday qiymatida oniy qiymatlarni ko'rsatadigan sinusoida yoki aylanuvchi vektorlar orqali tasvirlanadi(2.4-rasm.).



2.4-rasm. Sinusoidal EYuK ning vektor diagrammasi va uning sinusoidasi.

Vaqtning boshlang'ich davrida ( $t=0$ ) bir xil chastotali sinusoidal o'zgaruvchi qiymatlarni tasvirlovchi ikki yoki undan ziyod vektorlar majmuiga **vektor diagramma** deb ataladi.

Kuchlanish va tokning oniy qiymatlarni  $u(t), i(t)$  uzil kesil aniqlash uchun ularning amplituda, burchak chastota va boshlang'ich fazasi kabi uch parametrining hammasini aniqlash kerak(2.4-rasm).

Ma'lumki  $u=U\sin\omega t$  va  $i=I\sin\omega t$  kuchlanish va tokning oniy qiymatlarini ifoda etadi.

O'zgaruvchan tok o'tkazgichda ma'lum vaqt ichida qanday miqdorda issiqlik chiqargan bo'lsa, shu vaqt ichida o'shancha issiqlik chiqargan o'zgarmas tokning ish bajaradigan qiymati uning **effektiv qiymati** deyiladi [2].

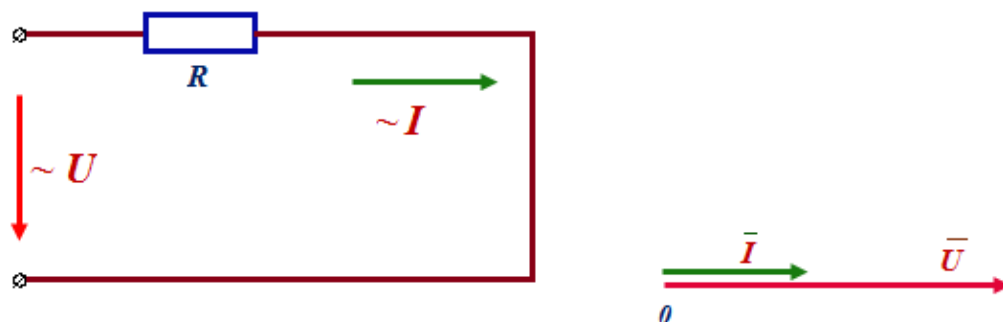
$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (2.2)$$

Bu qiymat sinusoidal tokning effektiv qiymati deb yuritiladi. EYuK va kuchlanishning effektiv qiymatlarini ham shu tarzda yozish mumkin.

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (2.3)$$

### 2.3. Aktiv qarshilikli, induktiv va sig'ım elementli zanjirlardagi tok va kuchlanishning vektor tasvirlari.

**Aktiv qarshilikli zanjir.** *Zanjirning toki va kuchlanishi.* Zanjir faqat  $R$  – aktiv qarshilikga ega bo'lgandagi holatni o'rganamiz. Bunda zanjirning o'zgarmas tokdagi qarshiligi  $R$  ga teng bo'lsa, shu zanjirdan o'zgaruvchan tok o'tganda uning qarshiligi ortadi va qiymati biror  $R'$  ga teng bo'ladi. Tajriba o'zgaruvchan tok chastotasi ortishi bilan *zanjirning qarshiligi ortishini* ko'rsatadi (2.5-rasm).



2.5-rasm. Aktiv qarshilikli zanjir va uning vektor diagrammasi

Rezistorli zanjir qisqichlariga sinusoidal o'zgaruvchi kuchlanish berilganda

$$u = U_M \sin \omega t; \quad (2.4.)$$

o'z navbatida Ohm qonuniga ko'ra tok

$$i = u/r = U_M \sin \omega t / r = I_M \sin \omega t; \quad (2.5.)$$

tokning amplituda qiymati

$$I_M = U_M / r; \quad (2.6.)$$

Amplituda qiymatini  $\sqrt{2}$  ga bo'lib quyidagi bog'liqlikni olamiz:

$$I_M / \sqrt{2} = \frac{U_M / \sqrt{2}}{r}; \quad \text{yoki} \quad I = U / r. \quad (2.7)$$

Bundan, tokning ta'sir etuvchi qiymati zanjir qisqichlaridagi kuchlanish qiymatini uning qarshiligiga bo'linganiga teng bo'lishi ko'rinadi.

Amaliyotda o'tkazgichning o'zgarmas tokdagi omik qarshiligidan farqlash maqsadida aynan shu o'tkazgichning o'zgaruvchan tokdagi qarshiligi *aktiv qarshilik* deb ataladi.

$$\text{Aktiv quvvat} - P = UI \cos \omega \quad (2.8)$$

Bunda  $U$  va  $I$  - kuchlanish va tokning haqiqiy qiymatlari;

Kuchlanish va tokning haqiqiy qiymatlari ko'paytmasi voltamper yoki kilovolt-amper (**VA** yoki **kVA**) hisobida o'lchanib, to'la quvvat deb ataladi va **S** bilan belgilanadi.

$$S = UI \quad (2.9)$$

Elektr mashinalarning o'lchamlari to'la quvvat bilan aniqlanadi. Chunki chulg'am simlarining ko'ndalang kesim yuzasi ulardan o'tuvchi tokka, simlarning izolyatsiyasi esa ularga berilgan kuchlanishga bog'liqdir.

Aktiv quvvatning to'la quvvatga nisbati to'la quvvatning qanday qismi zanjirda iste'mol qilinishini ko'rsatadi. Bu koeffitsient kuchlanish bilan tok kuchi orasidagi fazalar siljish burchagining kosinusiga teng.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (2.10)$$

Aktiv yuklamada  $\cos \varphi = 1$  deb olsak  $P = S$  bo'ladi. Bunda elektr jihoz eng katta aktiv quvvatga ega.

**2.3.2. Induktiv qarshilikli zanjir.** Juda kichik aktiv qarshilik ( $r \approx 0$ ) va L – induktivlikka ega bo'lgan g'altakdan sinusoidal tok oqib o'tganda 2.7-rasm.(a)

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i); \quad (2.11)$$

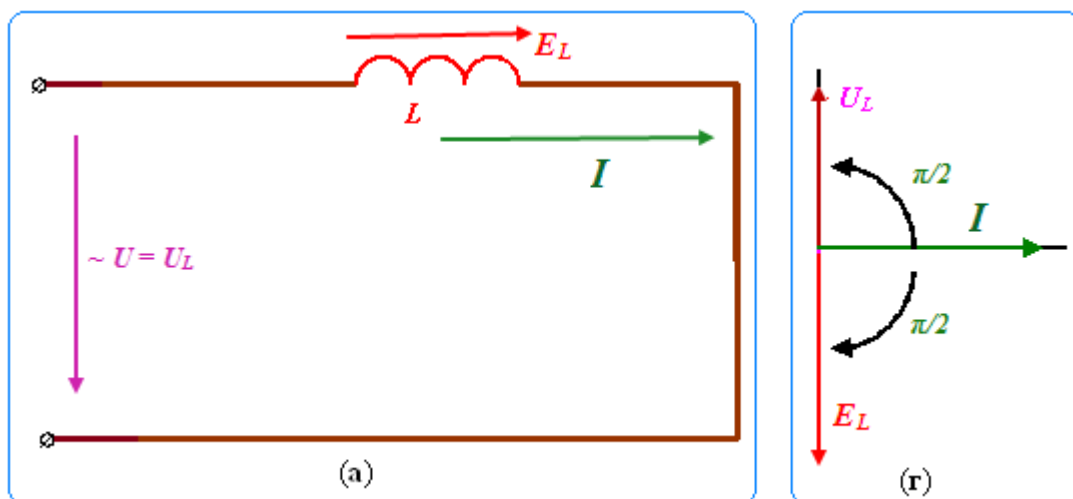
Ushbu tok g'altakda sinusoidal o'zgaruvchi oqimni hosil qiladi.

$$F = \frac{L_i}{\omega} = \frac{LI_m}{\omega} \sin(\omega t + \psi_i) = F_m \sin(\omega t + \psi_i); \quad (2.12)$$

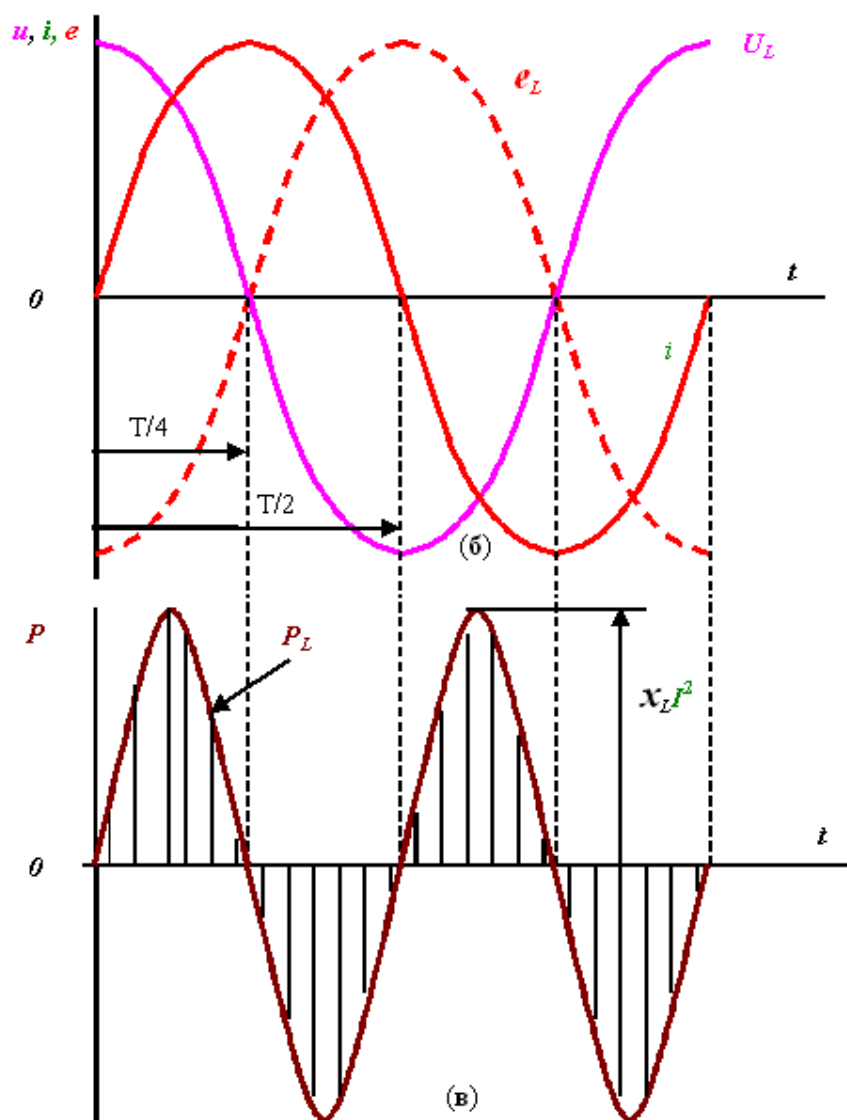
Uning amplitudasi  $F_m = \frac{LI_m}{\omega}; \quad (2.13)$

G'altakning sinusoidal o'zgaruvchi oqimi unda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuch(**EYuK**)ini hosil qiladi(2.6-rasm).

$$e_L = e_{Lm} \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ); \quad (2.14)$$



2.6-rasm. Induktivli zanjirning sxemasi (a) va uning vektor diagrammasi (g).



2.7-rasm. Induktivli zanjirning tok, EYuK va kuchlanish, quvvatlarning grafiklari (b,v)

O'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi sinusoidasining amplitudasi  $e_{Lm} = \omega LI_m$ ;

Uning ta'sir etuvchi kuchi esa  $e_L = \omega LI$ ;

Manbaning tashqi kuchlanishi  $u = u_L$  o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi  $e_L$  ni kompensatsiya qilishi kerak. Ushbu kuchlanishning sinusoidasi

$$u_L = U_{Lm} \sin(\omega t + \psi_L + 90^\circ); \quad (2.15.)$$

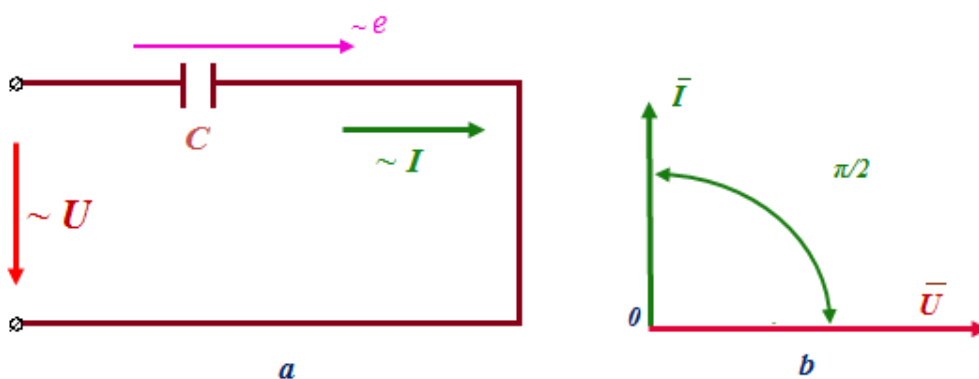
induktivlikdagi kuchlanish sinusoidasining amplitudasi

$$U_{Lm} = \omega LI_m; \quad (2.16)$$

Ushbu kuchlanishning ta'sir etuvchi kuchi esa  $U_L = \omega LI$ ; (2.17.)

**Reaktiv quvvat** tok ortib borganida induktiv g'altakning magnit maydoni energiya yig'ilishi uchun induktivlik tomonidan iste'mol qilinadi. Zanjirda tok kamaya borganida yig'ilgan magnit energiyasi elektr energiyasiga aylanadi va energiya manbaiga qaytariladi.

**2.3.3. Sig'im qarshilikli zanjir.** O'zgaruvchan tok zanjiriga kondensator (*sig'im element*) ulangan holatni o'rganamiz (2.8-rasm).



2.8-rasm. Sig'im elementli zanjirning sxemasi (a) va uning vektor diagrammasi (b).

Sig'im elementli zanjirga sinusoidal kuchlanish berilganda

$$U_C = U_m (\omega t + \varphi) \quad (2.18)$$

U holda kondensator zanjiridan

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi + 90^\circ) \quad (2.19)$$

tok o'tadi.

Bu tokning amplitudasi



$$I_m = \omega C U_m \quad (2.20)$$

Tok kuchini effektiv qiymati

$$I_m = \omega C U_c = \frac{U_c}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_c}{X_c} \quad (2.21)$$

$$X_c = 1 / \omega C \quad (2.22)$$

bu kattalik kondensatorning sig'im qarshiligi deb ataladi. Sig'im qarshiligi sig'imga va o'zgaruvchan tokning chastotasiga teskari proporsional.

Chastota  $f = 0$  dan  $f = \infty$  gacha o'zgarganda sig'im qarshiligi  $X_c = \infty$  dan  $X_c = 0$  gacha o'zgaradi.

Sig'mli zanjirdagi oniy quvvat ikkilangan chastota bilan o'zgarib, gox musbat maksimumga, gox shunday kattalikdagi manfiy maksimumga erishib turadi.

Kuchlanish ortayotganda elektr maydonning energiyasi generator energiyasi hisobiga noldan maksimal qiymatgacha ortadi. Shunday qilib zanjir iste'molchi rejimida ishlaydi va bu rejim quvvatning musbat qiymatiga mos keladi.

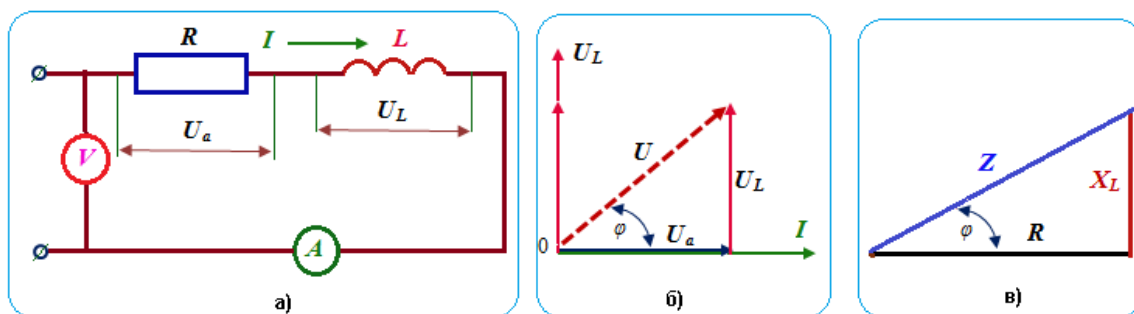
Kuchlanish kamaya boshlaganda elektr maydonning energiyasi maksimal qiymatidan nolgacha kamayadi. Shunday qilib, davrning bu qismlarida zanjir generator rejimida ishlaydi va bu rejim sig'mli zanjir quvvatining manfiy qiymatiga mos keladi. Sig'mli zanjirdagi quvvatning maksimal qiymati reaktiv quvvat deb ataladi :

$$Q = U^2 \omega C = W_m \omega \quad (2.23)$$

Bu quvvat generator bilan sig'mli zanjir orasida energiya almashlash tezligini xarakterlaydi.

**O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv va induktiv qarshilik.** Har qanday induktiv g'altak aktiv va induktiv qarshilikka ega bo'lib, bu qarshiliklarni ketma-ket ulangan iste'molchilar deb hisoblash mumkin(2.9-rasm,a).

O'rganilayotgan zanjirdan  $I = I_m \sin \omega t$  tok oqib o'tganda aktiv qarshilikdagi kuchlanish tushuvi  $U_a = iR$  bilan induktiv qarshilikdagi kuchlanish tushuvi  $U_L = iX_L$  ning yig'indisiga teng bo'ladi.



2.9-rasm. O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv va induktiv qarshilik.

Ushbu zanjir uchun tok va kuchlanishning vektor diagrammasida gorizontal o'qda ma'lum masshtab bilan tok vektorini qo'yamiz (2.10-rasm.b). Aktiv qarshilikli zanjirda tok va kuchlanish faza bo'yicha o'zaro mos tushgani sababli aktiv qarshilikda kuchlanish tushuvi vektorini tok vektori yo'nalishi bo'ylab yo'naltiramiz.

Tok chastotasi ortgan sari induktiv qarshilik ham ko'payadi, chunki induktiv qarshilik – bu induktivlikda o'zgaruvchan tokning o'tishiga, unung o'zgarishiga ko'rsatadigan qarshilik. O'zgarmas tokning chastotasi  $f=0$ . Shuning uchun induktivlik o'zgarmas tokka induktiv qarshilik ko'rsatmaydi. induktivlik o'zgarmas tokka faqat aktiv qarshilik ko'rsatadi [2].

Induktiv zanjirda tok kuchlanishdan  $90^\circ$  burchakka orqada qolgani sababli induktiv qarshilikda kuchlanish tushuvi vektorini tok vektoriga nisbatan soat miliga teskari yo'nalishda  $90^\circ$  burchak ostida yo'naltiramiz.

Zanjirdagi umumiy kuchlanishni topish uchun  $U_a$  va  $U_L$  kuchlanish vektorlarini kushamiz. Natijada tomonlari tegishli  $U_a, U_L$  va umumiy  $U$  kuchlanishli ifodalovchi kuchlanishlar uchburchagi hosil bo'ladi. Ushbu to'g'ri burchakli uchburchakda gipotenuzaning kvadrati katetlar kvadratlarining yig'indisiga teng. Demak, zanjir qisqichlaridagi umumiy kuchlanish

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2} = I \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (2.24)$$

O'z navbatida zanjirdagi tok

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{U}{Z} \text{ bo'ladi.} \quad (2.25)$$

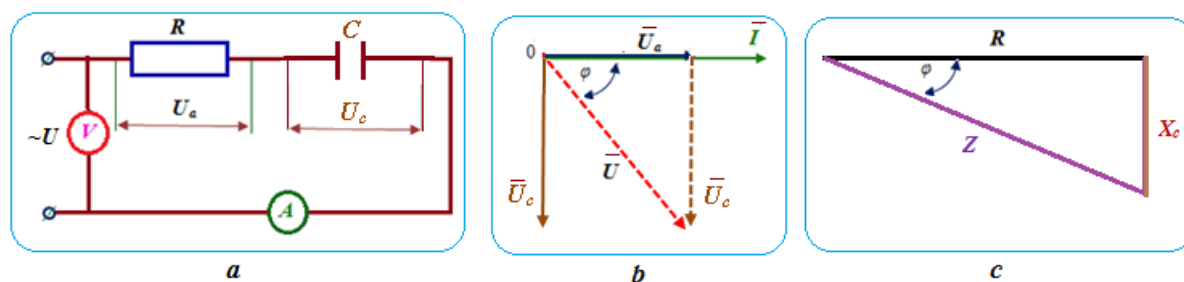
Aktiv va induktiv qarshilikli zanjirning vektor diagrammasida tok vektiri kuchlanish vektoridan  $\varphi$  burchakka orqada qoladi.

Agar tok bilan kuchlanish orasida fazalar siljishi burchagining kosinusi ma'lum bo'lsa siljish burchagini aniqlash mumkin. Kuchlanishlar uchburchagidagi fazalar siljishi burchagining siljishi kosinusi

$$\cos \varphi = \frac{U_a}{U} = \frac{R}{Z} \quad (2.26)$$

Demak, qarshiliklar uchburchagidan ham tok va kuchlanish orasidagi fazalarning siljish burchagini aniqlash mumkin. (2.10-rasm.B)

**O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv va sig'im qarshilik.**  $R$  aktiv qarshilik va  $C$  sig'im kondensatorga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirini o'rganamiz. Tokning boshlang'ich fazasini nolga teng deb qabul qilib, tok vektorini gorizontal yo'nalishda ifodalaymiz (2.10-rasm).



2.10-rasm. O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv va sig'im qarshilik.

$U$  kuchlanishda  $R$  aktiv qarshilikdan  $I$  toki oqib o'tadi. Bunda  $U_a$  - kuchlanishning fazasi  $I$  - tok fazasiga mos keladi.

$X_c$  sig'im qarshiligiga ega bo'lgan kondensator zanjirida  $I$  tok hosil bo'lishi uchun yana  $U_c = IX_c$  kuchlanish talab etiladi.  $U_c$  - kuchlanish sig'im qarshilikda kuchlanish pasayishi deb ataladi (2.10-rasm, a).

Kondensator zanjirida kuchlanish  $U_c$  faza jixatidan  $I$  tokdan  $90^\circ$  ortda qoladi. Zanjir qisqichlaridagi  $U$  - kuchlanish  $U_a$  va  $U_c$  vektorlarning geometrik yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Bu vektorlarni geometrik usulda qo'shib kuchlanishning effektiv qiymatini aniqlovchi  $U$  vektorni hosil qilamiz (2.10-rasm, b).

$U$  vektor faza jixatidan  $I$  tok vektoriga mos tushmaydi.  $I$  vektoriga  $U$  vektoridan biror  $\varphi$  burchakka oldinda keladi.  $U$  vektoriga kuchlanishlar uchburchagi deb ataluvchi to'g'ri burchakli uchburchakning gipotenuzasi hisoblanadi. Uchburchakning bir tomon kateti  $U_a = IR$  ga teng, ikkinchi katet esa  $U_c = IX_c$  ga teng, ya'ni

$$U^2 = U_a^2 + U_c^2 \quad (2.27)$$

yoki

$$U^2 = I^2 R + I^2 X_c^2 = I^2 (R^2 + X_c^2) \quad (2.28)$$

Bu tenglikni ikkala tomanidan kvadrat ildiz chiqaramiz:

$$U = I \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad (2.29)$$

Tokni aniqlaymiz:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2.30)$$

Bunda:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad (2.31)$$

Z - zanjirning to'la qarshiligi deb ataladi.

Qarshiliklar uchburchagidan (2.11-rasm, c) zanjirdagi tok kuchi bilan unga berilgan kuchlanish orasidagi fazalar siljishi  $\varphi$  ni topish mumkin:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \quad (2.32)$$

## 2.4. Sinusoidal kattaliklarning simvolik(kompleks) tasviri. Kompleks qarshilik va kompleks o'tkazuvchanlik.

**Simvolik usul.** Sinusoidal kattaliklarni kompleks son ko'rinishda tasvirlash.

Sinusoidal tok, kuchlanish, EYuK va to'la qarshilik kompleks son ko'rinishda tasvirlansa, sinusoidal tok zanjirlarni hisoblash qulay bo'ladi. Odatda barcha kompleks kattaliklar uch ko'rinishda tasvirlanadi:

1. Algebraik ko'rinish:  $\underline{I} = I' + jI'' \quad (2.33)$

2. Trigonometrik ko'rinish:  $\underline{I} = I' \cdot \cos \varphi + jI'' \sin \varphi \quad (2.34)$

3. Ko'rsatkichli ko'rinishda:  $\underline{I} = I \cdot e^{j\varphi} \quad (2.35)$

Bunda  $I'$  - sonining haqiqiy qismi,

$I''$  - kompleks sonining mavhum qismi,  $j = \sqrt{-1}$  - mavhum birligi.

Algebraik ko'rinishdan ko'rsatkichli (geometrik) ko'rinishga o'tishda quyidagi umumiy formuladan foydalaniladi:

$$\underline{I} = I' + jI'' = \sqrt{I'^2 + I''^2} e^{j \arctg \frac{I''}{I'}} = I \cdot e^{j\alpha} \quad (2.36)$$

Bu yerda  $I = \sqrt{I'^2 + I''^2}$  - kompleks sonining moduli,

$\alpha = \arctg \frac{I''}{I'}$  - kompleks sonining argumenti.

Ko'rsatkichli (geometrik) ko'rinishdan algebraik trigonometrik ko'rinishga o'tish uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\underline{I} = I \cdot e^{j\alpha} = I (\cos \alpha + j \sin \alpha) = I \cdot \cos \alpha + jI \cdot \sin \alpha = I' + jI'' \quad (2.37)$$

Tok vektori aktiv R qarshilikka ko'paytirilsa, uning qiymati o'zgaradi, induktiv qarshilikka ko'paytirilsa, uning qiymati bilan birgalikda yo'nalishi  $+90^\circ$  ga, sig'imiy qarshilikka ko'paytirilganda esa  $-90^\circ$  ga o'zgaradi. Masalan, II- rasmdagi zanjir uchun Kirxgofning 2 - qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\underline{U} = \underline{I} \cdot R + j\underline{I}\omega L - j\underline{I} \frac{1}{\omega C} \quad (2.38)$$

bunda  $\underline{Z} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$  - zanjirning kompleks qarshiligi.

Zanjirning kompleks to'la quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}, \quad (2.39)$$

bu yerda  $\underline{I} = I \cdot e^{-j\varphi}$  - kompleks tok I ning ko'zgu qiymati.

Elektrotexnikada o'zgaruvchan tok zanjirini hisoblashda simvolik usuldan foydalaniladi.

Bu usul koordinata tekisligida joylashgan har qanday A vektorni (2.11-rasm) kompleks sonlar bilan ifodalash mumkin ekanligiga asoslangan:

$$\bar{A} = a + jb = Ae^{i\alpha} \quad (2.40)$$

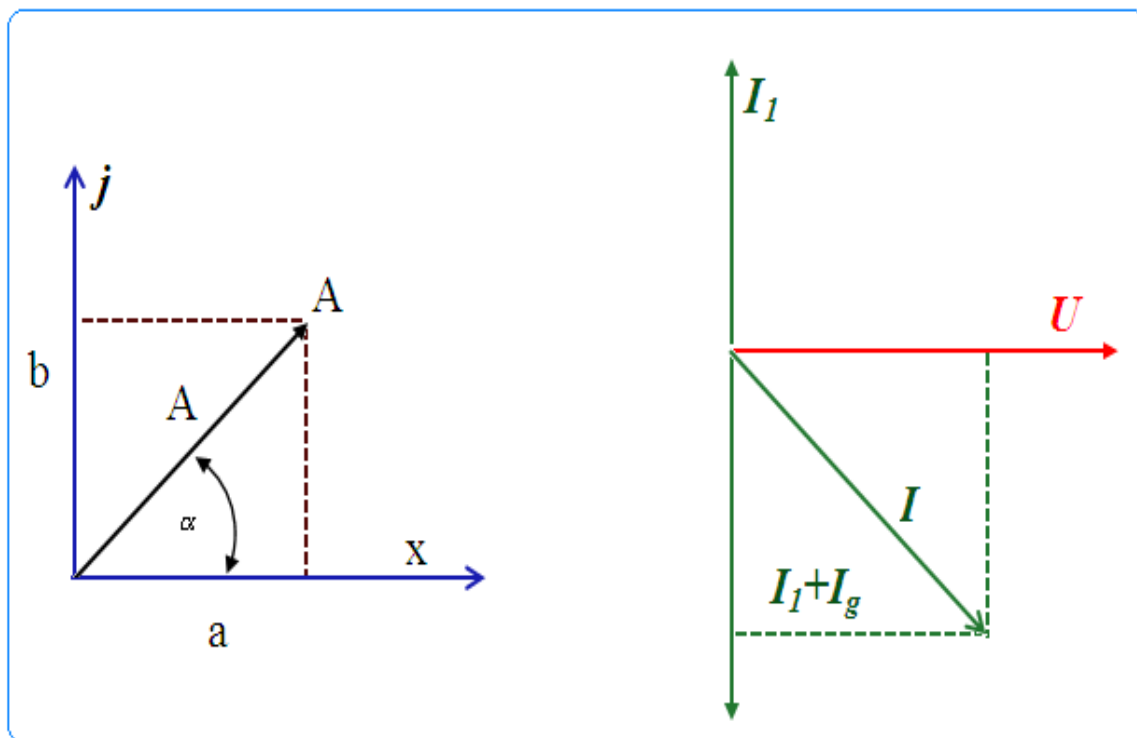
bunda  $a$  va  $b$  -  $\bar{A}$  vektorni haqiqiy va mavhum koordinata o'qlariga proektsiyalari  $A$  - kompleks sonning argumenti (vektor bilan  $X$  o'qi orasidagi burchakka mos keladi);  $j$  - mavhum son.  $a$ ,  $b$ ,  $A$  va  $\alpha$  kattaliklar orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$A = \sqrt{a^2 + jb^2}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{jb^2}{a} \quad (2.41)$$

Kompleks sonlarni qushishda ularning haqiqiy va mavhum qismlari alohida - alohida qo'shiladi:

$$\bar{A} = \sum \bar{A}_k = \sum a_k + j \sum b_k \quad (2.42)$$

Ko'rinib turibdiki,  $\bar{A}_k$  kattalik kompleks sonlar bilan tasvirlangan  $\bar{A}_k$  vektorlar yig'indisiga mos keladi (2.11-rasm).



2.11 - rasm.  $A$ -vektorni kompleks sonlar bilan ifodalash

Ikki kompleks sonni ko'paytirish qoidasi quyidagicha:

$$Ae^{j\alpha} \cdot Be^{j\beta} = A \cdot B e^{j(\alpha+\beta)} \quad (2.43)$$

Bu ifodadan  $\bar{A}$  vektorni tasvirlovchi kompleks kattalik  $\bar{A} = \bar{A} e^{j\varphi}$  ni  $e^{j\varphi}$  kompleks songa ko'paytirish  $\bar{A}$  vektorni soat mili yo'nalishiga teskari yo'nalishda  $\varphi$  burchakka burish bilan teng qiymatli ekanligi kelib chiqadi (2.11-rasm). Agar  $\varphi = \pi/2$  bo'lsa, u holda

$$e^{j\alpha} = \cos \frac{\pi}{2} + j \sin \frac{\pi}{2} = j \quad (2.44)$$

Shunday qilib, vektorni  $j$ ga ko'paytirish shu vektorni soat mili yo'nalishiga teskari yo'nalishda  $\pi/2$  burchakka burish bilan teng ekan. Xuddi shunga o'xshash, biror vektorni  $1/j = -j$ ga ko'paytirish shu vektorni soat mili yo'nalishida  $\pi/2$  burchakka burish bilan teng qiymatlidir.

### 2.5. Sinusoidal tok zanjirlarida aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar.

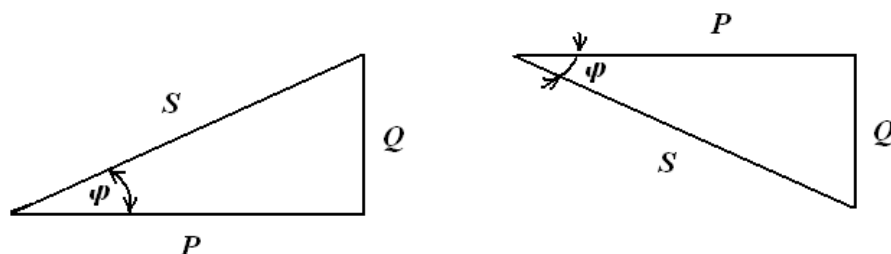
Ma'lumki, sinusoidal tok zanjirlarida quvvatlar uchburchagi (2.12-rasm, a va b)ning tomonlari quyidagilarni bildiradi:

$$P = U_R \cdot I = I^2 \cdot R \quad \text{zanjrnning aktiv quvvati;} \quad (2.45)$$

$$Q = U_X \cdot I = I^2 \cdot X \quad \text{zanjrnning reaktiv quvvati;} \quad (2.46)$$

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z \quad \text{zanjrnning to'la quvvati;} \quad (2.47)$$

$$\cos \varphi = P / S \quad \text{zanjrnning quvvati koeffitsienti.} \quad (2.48)$$



2.12 – rasm. Quvvatlar uchburchagi.

Shuningdek, quvvatlar uchburchagidan foydalanib  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  va  $\cos \varphi$  lar o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlash mumkin:

$$P = S \cdot \cos \varphi = UI \cos \varphi; \quad (2.49)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = UI \sin \varphi; \quad (2.50)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I \quad (2.51)$$

SI sistemasida aktiv quvvat Vatt, (Vt) yoki kiloVatt(kVt), reaktiv quvvat Volt-Amper reaktiv (VAr) yoki kiloVolt-Amper reaktiv (kVAr), to'la quvvat Volt-Amper (VA) yoki kiloVolt-Amper (kVA) birliklarda o'lchanadi.

To'la quvvat energetik qurilmalar (elektr mashinalar, transformatorlar, uzatish liniyalari va hokazolar)ning ishlatilish mobaynida nominal kuchlanish  $U_{nom}$  va nominal tok  $I_{nom}$  bo'yicha bera oladigan eng katta elektr quvvati hisoblanadi [1].

Aktiv quvvat iste'mol qilinayotgan elektr energiyasining boshqa tur energiyaga (foydali ishga) aylanish jadalligini ko'rsatadi.

$\cos\varphi$  - quvvat koeffitsiyenti to'la quvvatning qanday qismi foydali ishga (ya'ni aktiv quvvatga) sarf bo'lganini ko'rsatuvchi mezondir. Tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi  $\varphi$  qanchalik kichik bo'lsa, bu miqdor shunchalik katta bo'ladi. Ammo, o'zgaruvchan tok zanjiri energiya to'plovchi reaktiv L va C elementlarga ega bo'lganligi uchun hamma vaqt  $\cos\varphi < 1$  (yoki  $P < UI$ ) bo'ladi.  $\cos\varphi = 1$  bo'lganda to'la quvvat butunlay foydali ish bajarish uchun sarf bo'ladi. Aksincha,  $\cos\varphi$  birdan qancha kichik bo'lsa, avvalgiday foydali ish bajarish uchun S ning qiymatini shuncha oshirish kerak bo'ladi.

Masalan,  $U=380$  V kuchlanishda  $P=4,5$  kVt - aktiv quvvatni ta'minlash uchun tarmoqdan iste'mol qilinadigan tok va to'la quvvat:

$$\cos\varphi = 1 \text{ bo'lganda } I = 12 \text{ A, } S = 4,5 \text{ kVA};$$

$$\cos\varphi = 0,8 \text{ bo'lganda } I = 14,8 \text{ A, } S = 5,6 \text{ kVA};$$

$$\cos\varphi = 0,6 \text{ bo'lganda } I = 19,7 \text{ A, } S = 7,5 \text{ kVA};$$

$$\cos\varphi = 0,4 \text{ bo'lganda } I = 29,6 \text{ A, } S = 11,2 \text{ kVA}.$$

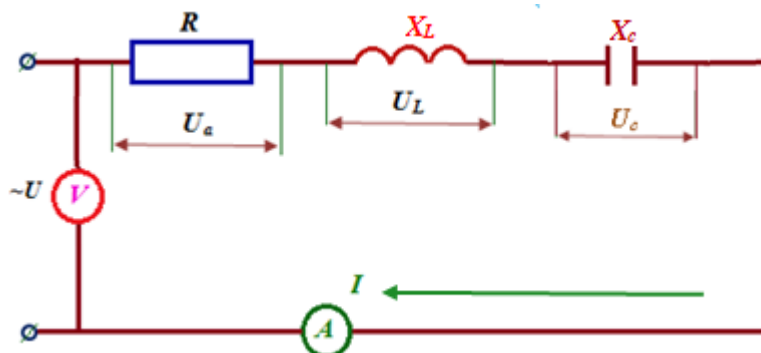
Shunday qilib, zanjirdagi foydali ishni tokning aktiv tashkil etuvchisi ( $I_a = I \cdot \cos\varphi$ ) bajaradi. tokning reaktiv tashkil etuvchisi ( $I_r = I \cdot \sin\varphi$ ) esa elektr va magnit maydoni hosil qilish uchun sarf bo'lib, ularning energiyasi L va C elementlarida davriy ravishda yig'ilib, manbaga yana qaytadi yoki  $b_L = b_C$  (ya'ni  $b_L = b_C$ ) bo'lganda shu elementlar orasida tebranib turadi.

Doimo musbat bo'lgan P va S lardan farqli o'laroq reaktiv quvvat  $\varphi > 0$  bo'lganda musbat(induktiv rejim  $Q_L$ ),  $\varphi < 0$  bo'lganda esa manfiy(sing'im rejim  $Q_C$ ) bo'ladi.



## 2.6. R, L va C elementlari ketma-ket ulangan zanjirlarni hisoblash. Tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish.

**Ketma-ket ulangan qarshiliklar.** Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar ketma-ket ulangan sinusoidal tok zanjirida  $I$  tok barcha iste'molchilar uchun umumiy bo'ladi. (2.13-rasm)



2.13-rasm. Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar ketma-ket ulangan sinusoidal tok zanjiri.

Birinchi navbatda zanjirning ekvivalent qarshiligini aniqlab olamiz.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}; \quad (2.52)$$

Zanjirida  $I$  tok barcha iste'molchilar uchun umumiy bo'lishini etiborga olib, aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklardagi kuchlanishlar tushuvlarini hisoblaymiz.

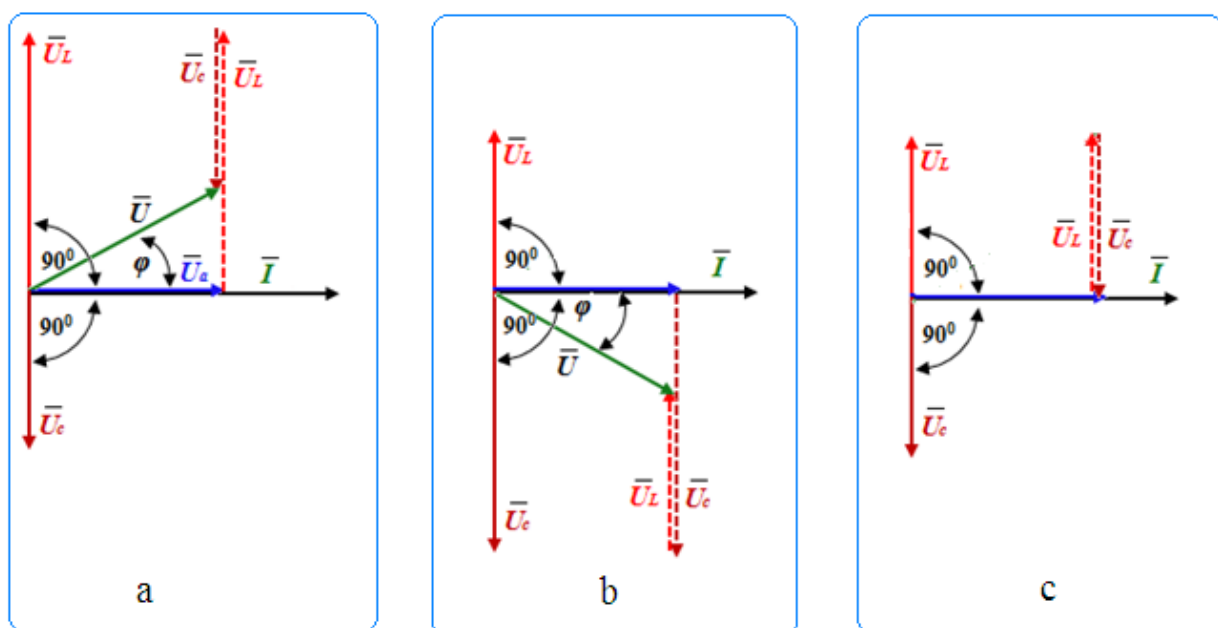
$$U_R = RI; \quad U_L = X_L I; \quad U_C = X_C I; \quad (2.53)$$

Zanjir qisqichlaridagi kuchlanish quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$U = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = IZ; \quad (2.54)$$

Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar ketma-ket ulangan sinusoidal tok zanjiri uchun vektor diagrammalar quyidagi uch holat uchun quriladi:

1. ( $X_L > X_C$ ) va ( $U_L > U_C$ ) bo'lganda  $\varphi > 0$  ga teng bo'lib, zanjir aktiv induktiv xarakterga ega bo'ladi (2.14 – rasm, a);
2. ( $X_L < X_C$ ) va ( $U_L < U_C$ ) bo'lganda  $\varphi < 0$  ga teng bo'lib, zanjir aktiv sig'imiy xarakterga ega bo'ladi (2.14 – rasm, b);
3. ( $X_L = X_C$ ) va ( $U_L = U_C$ ) bo'lganda  $\varphi = 0$  ga teng bo'lib, zanjir faqat aktiv xarakterga ega bo'lib qoladi. Bu paytda zanjirda kuchlanishlar rezonansi hodisasi sodir bo'ladi (2.14 – rasm, c).



2.14-rasm. Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar ketma-ket ulangan sinusoidal tok zanjiri uchun vektor diagrammalar.

**Kuchlanishlar rezonansi.** Kuchlanishlar rezonansi paytida induktiv va sig'im qarshiliklardagi kuchlanishlar zanjirning umumiy kuchlanishi  $U$  dan katta bo'ladi.

$X_L$  induktiv qarshilik  $X_C$  sig'im qarshilikka teng, yani  $X_L = X_C$  bo'lganda kuchlanishlar rezonansi sodir bo'ladi.

$$X_L = I\omega L; \quad X_C = I \frac{1}{\omega C} \quad (2.55)$$

Zanjirdagi to'la qarshilikning qiymati aktiv qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi. Zanjirning aktiv qarshiligi juda kichik bo'lganda, zanjirdagi tok keskin ortib ketadi.

Zanjirga ketma-ket ulangan iste'molchilardagi kuchlanishlar tushuvi tok bilan qarshilikning ko'paytmasiga teng bo'ladi. Shu sababdan tok ortib ketganda, kondensator va induktiv g'altak klemmalaridagi kuchlanish ham keskin ortib ketishi va zanjir klemmalariga berilagan umumiy kuchlanishdan bir necha marta yuqori bo'lishi mumkin. Kondensator va g'altak klemmalarida shunchalik katta kuchlanish paydo bo'lishi izolyatsiyaning teshilishiga hamda elektr jihozlarining yaroqsiz holga kelishiga sabab bo'ladi [1].

2.14. c - rasmda kuchlanishlar rezonansi paytidagi vektorlar diagrammasi tasvirlangan. Zanjirda rezonans hodisasi sodir bo'lishiga sabab bo'ladigan elektr chastotasiga zanjirning rezonans chastotasi deb ataladi.

$$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \quad (2.56)$$

Ushbu ifoda zanjirda kuchlanishlar rezonansi sodir bo'lishining sharti sifatida induktiv qarshilik sig'im qarshilik bilan o'zaro teng bo'lishi kerakligini ko'rsatadi, yani:

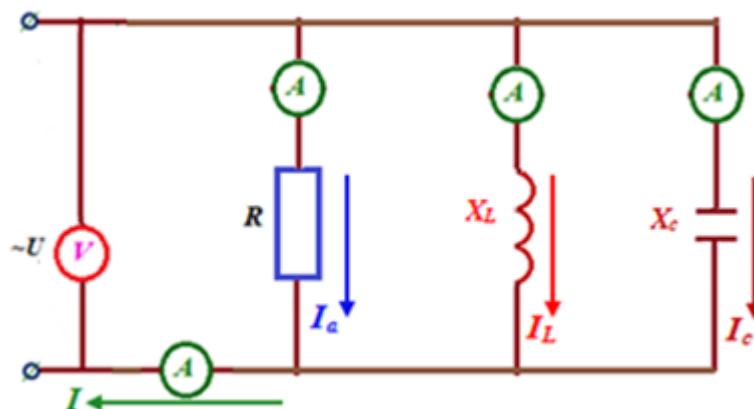
$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (2.57)$$

O' navbatida kuchlanishlar rezonansi paytida to'la reaktiv qarshilik nolga teng bo'liadi.

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \quad (2.58)$$

### 2.7. R, L va C elementlari elementlari parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblash. Kuchlanishlar, qarshiliklar va quvvatlar uchburchaklari.

**Parallel ulangan qarshiliklar.** 2.15-rasmda o'zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulangan aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar tasvirlangan.



2.15-rasm. Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar parallel ulangan sinusoidal tok zanjiri.

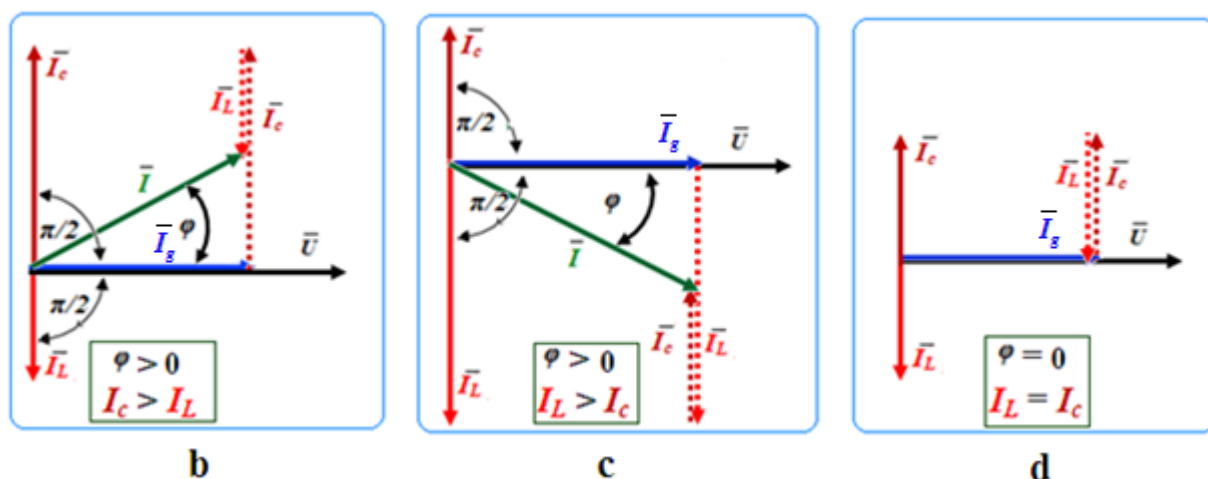
Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar sinusoidal kuchlanish manbaiga parallel ulanganda o'tkazuvchanlik, tok va kuchlanishlarning o'zaro munosabatlarini aniqlash uchun vektor diagrammalardan foydalanamiz. Diagramma kuchlanish vektorini qurishdan boshlanadi (2.16 - rasm).

Induktiv  $b_L$  va  $b_C$  sig'im o'tkazuvchanliklarning bir - biridan miqdoriy farqiga, yoki tengligiga ko'ra elektr zanjirlari uch xil tavsifli bo'lishi mumkin:

4. ( $b_L < b_C$ ) va ( $I_L < I_C$ ) bo'lganda  $\varphi < D$  ga teng bo'lib, zanjir aktiv sig'imiyl xarakterga ega bo'ladi (2.16 – rasm, b);

5. ( $b_L > b_C$ ) va ( $I_L > I_C$ ) bo'lganda  $\varphi > D$  ga teng bo'lib, zanjir aktiv induktiv xarakterga ega bo'ladi (2.16 – rasm,c);

6. ( $b_L = b_C$ ) va ( $I_L = I_C$ ) bo'lganda  $\varphi = D$  ga teng bo'lib, zanjir faqat aktiv xarakterga ega bo'lib qoladi. Bu paytda zanjirda toklar rezonansi hodisasi sodir bo'ladi (2.16 – rasm,d).



2.16-rasm. Aktiv  $R$ , induktiv  $X_L$  va sig'im  $X_C$  qarshiliklar parallel ulangan sinusoidal tok zanjiri uchun vektor diagrammalar.

Vektor diagramma qurishni barcha qarshiliklar uchun umumiy bo'lgan kuchlanish vektoridan boshlaymiz. Gorizontal yo'nalishda kuchlanish vektorini chizamiz.  $I_g$  - vektori kuchlanish vektori yo'nalishida,  $I_L$  - vektori kuchlanish vektoridan  $90^\circ$  orqada,  $I_C$  - vektori esa kuchlanish vektoridan  $90^\circ$  oldinda qilib quriladi.

Kirxgofning 1-qonuniga binoan, ayrim parallel tarmoqlardagi toklarning yig'indisi manbadan kelayotgan tok  $I$  ga teng, ya'ni:  $I = I_g + I_L + I_C$

Parallel ulangan zanjir uchun Ohm qonuni quyidagicha yoziladi:

$$I = \sqrt{I_g^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} \cdot U = \sqrt{g^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} \cdot U = y \cdot U \quad (2.59)$$

$$\text{Bunda zanjirning to'la o'tkazuvchanligi } y = \sqrt{g^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} \text{ - } 1/\Omega m. \quad (2.60)$$

$$\text{quvvat koeffitsienti} \quad \cos\varphi = \frac{g}{y} \quad (2.61)$$

**Toklar rezonansi.** Induktiv va sig'im qarshiliklar paralel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida induktivlikdagi  $L$  va sig'imdagi  $C$  toklar teng bo'lganda toklar rezonansi hodisasi sodir bo'ladi (2.16,d-rasm).

Toklar rezonansining sharti – bunda tok va kuchlanish faza bo'yicha bir-biriga mos kelishi kerak [2].

Bu paytda zanjirdagi umumiy tok juda kam bo'ladi. Induktivlik va sig'im qarshiliklar orqali umumiy tokga nisbatan bir necha marta katta miqdorda o'zgaruvchan tok oqib o'tadi.

Toklar rezonansi paytida zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok minimal qiymatiga erishgani sababli ulagich simlaridagi quvvat isrofi ham minimal bo'ladi. Tarmoqning tok manbai (generator) uchun  $\varphi = 0$  yani  $\cos\varphi = 1$  bo'lganda samarali ish sharoiti yaratiladi. Aktiv va induktiv qarshilikli zanjirga kondensator ulanganda  $\cos\varphi$  ortadi.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.62)$$

2.62-ifodadan toklar rezonansining sharti bilan kuchlanishlar rezonansi sharti o'zaro o'xshashligi ko'rinadi. Zanjirning tarmoqlanmagan qismida to'la rezonans paytida tok nolga teng bo'lib, paralel ulangan induktivlik va sig'imning umumiy to'la qarshiligi cheksiz qiymatga ortadi.

Vektor diagrammadan (2.16,d-rasm) ko'rinadiki, toklar rezonansida induktivlik va sig'imda toklar faza bo'yicha  $\varphi = 180^\circ$  burchakka farq qilib, umumiy tok nolga teng, zanjirning to'la qarshiligi esa cheksiz katta bo'ladi.

#### Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan tok va uni hosil qilish uslublari?
2. Sinusoidal kattaliklarning vektor tasvirlari va ularning mohiyati?
3. O'zgaruvchan tokning effektiv va urtacha qiymati nima?
4. O'zgaruvchan tok davri va chastotasi nima?
5. Sinusoidal tokning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari qanday aniqlanadi?
6. Zanjir elementlari qanday tartibda ulansa kuchlanishlar rezonansi sodir bo'ladi?
7. Qanday zanjirda toklar rezonansi sodir bo'ladi?
8. Sinusoidal tok zanjirlarini hisoblash uslublari.

## I bob. 3 - mavzu.

### UCH FAZALI TOK ZANJIRLARI VA ULARNI HISOBLASH.

Reja:

3.1. Uch fazali EYuK va tokni olish qurilmasi va uning ishlashi. Uch fazali generator va iste'molchilarning yulduz sxemada ulanishi.

3.2. Yulduz sxemada ulangan uch fazali tok zanjirini hisoblash, tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish (iste'molchilarning simmetrik va nosimmetrik holatlarida).

3.3. Uchburchak sxemada ulangan uch fazali tok zanjirini hisoblash, tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish (iste'molchilarning simmetrik va nosimmetrik holatlarida).

3.4. Uch fazali simmetrik iste'molchilarning uchburchak sxemasidan yulduz sxemasiga o'tishda tok va quvvatlarning o'zaro nisbati. Uch fazali zanjirlarda aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar.

#### **3.1. Uch fazali EYuK va tokni olish qurilmasi va uning ishlashi. Uch fazali generator va iste'molchilarning yulduz sxemada ulanishi.**

Uch fazali EYuK tizimning uch fazali toklari deb bir xil chastotali va fazalari o'zaro  $120^\circ$  ga siljigan uchta sinusoidal bir fazali toklar tizimiga aytiladi.

Uch fazali tizim yordamida ishlab chiqarilayotgan elektr energiyani uzoq masofalarga uzatish, bir fazali tizimga nisbatan samarali hisoblanadi.

Uch fazali EYuK tizimni hosil qilish, uni iste'molchilarga uzatish va bevosita iste'mol qilishda qo'llaniladigan uch fazali sinxron generatorlar, motorlar, transformatorlar konstruksiyasi ishlab chiqarish uchun qulay va samarali, ularni ekspluatatsiyasi tejimli va ishonchlidir.

Texnologik tomondan uch fazali tizimlarda aylanuvchi magnit maydoni hosil qilish nisbatan qulayu sanaladi. Sinxron va asinxron elektr motorlarning ishlash tamoyillari ushbu aylanuvchi magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri hisoblanadi.

**Uch fazali tizimga ta'rif, tushuncha va formulalar.** Bir xil chastotali va fazalar bo'yicha o'zaro  $120^\circ$  siljigan uchta EYuK li zanjirdagi tok uch fazali tok deb ataladi. Uch fazali EYuK tizimi, uch fazali iste'molchi va ularni o'zaro bog'lovchi o'tkazgichlar uch fazali zanjirni shakllantiradi.

Uch fazali generator EYuK larinig oniy qiymatlari quyidagicha ifodalanadi:

$$e_a = E_m \sin \omega t; \quad e_b = E_m \sin(\omega t - 120^\circ); \quad e_c = E_m \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (3.1)$$

Simmetrik rejimda ushbu EYuK lar oniy qiymatlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi:

$$e_A + e_b + e_c = 0 \quad (3.2)$$

EYuK vektorlarining geometrik yig'indisi yopiq uchburchak hosil qiladi. Uch fazali zanjirda ikki turdagi kuchlanish va toklar mavjud bo'ladi:

**Faza kuchlanishi** – liniya simlarining har biri bilan neytral sim orasidagi kuchlanish bo'lib  $U_a$ ,  $U_b$  va  $U_c$  lar bilan yoki umumiy tarzda  $U_f$  bilan belgilanadi;

**Liniya kuchlanishi** – liniya simlari orasidagi kuchlanish, boshqacha aytganda generator chulg'amlarining  $A$  va  $B$ ,  $B$  va  $C$  hamda  $C$  va  $A$  nuqtalari orasidagi  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  va  $U_{CA}$  kuchlanishlar yoki umumiy tarzda  $U_A$  bilan belgilanadi;

**Faza toki** – generator chulg'amlarining yoki iste'molchilarning bosh uchidan oxirgi uchiga yo'nalgan tok bo'lib umumiy tarzda  $I_f$  ko'rinishida belgilanadi.

**Liniya toki** – Zanjirdagi liniya simlaridan oqib o'tayotgan tok bo'lib umumiy tarzda  $I_L$  bilan belgilanadi.

Uch fazali zanjirlarda generator, transformator chulg'amlari va iste'molchilar ikki xil sxemada: "yulduz" (Y) yoki "uchburchak" ( $\Delta$ ) usulida ulanadi.

Generator chulg'amlarini "yulduz" (Y) usulida ulanishi va EYuKlarning vektor diagrammalari 3.1 – rasmda keltirilgan.

**Uch fazali tokning quvvati.** Uch fazali simmetrik zanjirlarda quvvatlar quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{Aktiv quvvat: } P_{3f} = 3 \cdot P_f = 3U_f I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \quad (3.3)$$

$$\text{Reaktiv quvvat: } Q_{3f} = 3Q_f = 3U_f I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \quad (3.4)$$

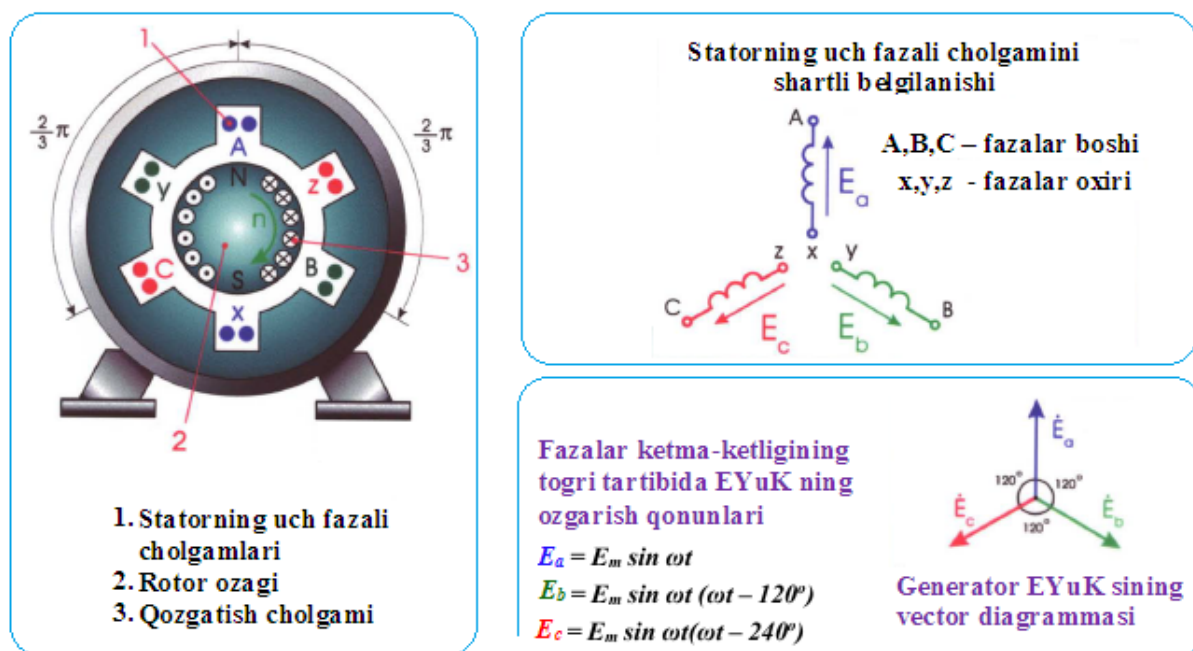
$$\text{To'la quvvat: } S_{3f} = \sqrt{P_{3f}^2 + Q_{3f}^2} = 3U_f \cdot I_f = \sqrt{3} U_L \cdot I_L \quad (3.5)$$

Uch fazali simmetrik zanjirlarda tokning quvvatini bir fazali va uch fazali vattmetrlar yordamida o'lchash mumkin.

Elektr zanjirlarda uch fazali simmetrik iste'molchilarni "yulduz" sxemasidan "uchburchak" sxemasiga o'tkazib ulanganda, liniyadagi tok  $\sqrt{3}$  hamda iste'molchining quvvati 3 martaga ko'payadi. Ushbu xususiyatdan amaliyotda keng miqyosda foydalaniladi.

Elektr stantsiyalarida uch fazali sinxron generatorlar o'rnatilgan bo'lib, aynan ular yordamida uch fazali elektr energiyasi hosil qilinadi( 3.1-rasm) .

Uch fazali sinxron generator ikkita asosiy qism – qo'zg'almas stator (3.1-rasm,1) va aylanuvchi rotordan (3.1-rasm,2) iborat bo'ladi. Stator pazlariga chulg'amlar soni bir xil, o'zaro bir-biridan  $120^\circ$  ga siljigan uchta chulg'am joylashtiriladi. Rotor vali(o'qi)ga esa *N* va *S* ikki qutbli elektromagnit mustaxkam o'rnatilgan. Ushbu elektromagnit cho'lg'mi maxsus manbadan o'zgarmas tok bilan ta'minlanadi.



3.1-rasm. Uch fazali sinxron generator va unung parametrlari.

Ushbu uch fazali sinxron generator rotori tashqi birlamchi harakatlantirgich (*bug'gaz turbinasi, ichki yanuv dvigateli, suvning yuqoridan pastga tushish energiyasi va h.k.*) yordamida aylantirilganda statorning faza chulg'amlarida o'zgaruvchan EYuK induksiyalanadi. Aylanayotgan rotorning magnit maydoni faza chulg'amlarini birdaniga emas, balki navbati (*120° farq qilgan holda*) bilan kesib o'tgani sababli stator chulg'amlarida hosil bo'ladigan EYuKlar ham fazalar bo'yicha o'zaro  $120^\circ$  ga siljigan tarzda hosil bo'ladi[1,2].

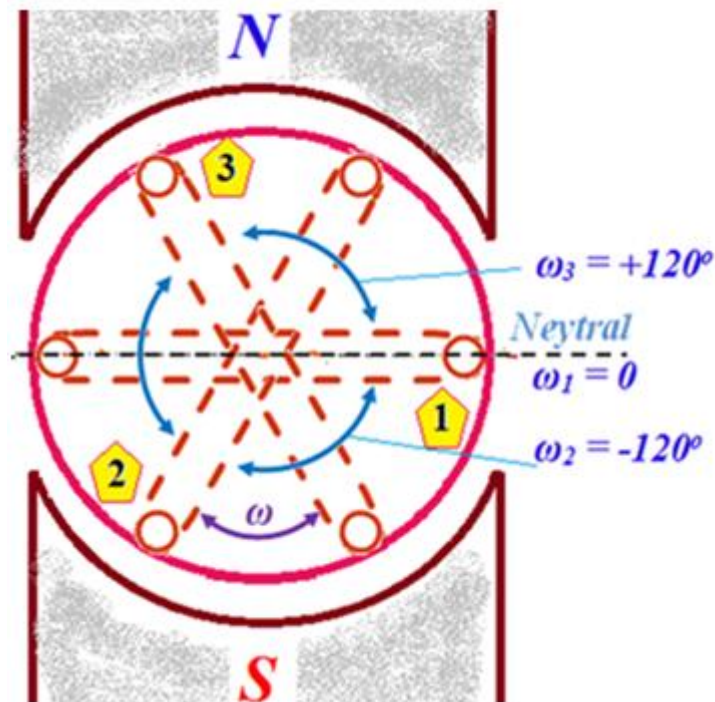
Uch fazali sinxron generatorning konstruktiv tuzilishi quyidagicha:

Uchta bir xil mis simlardan o'ralgan cho'lg'amlar (3.1-rasm, 1) qo'zg'almas qism - statorning magnit o'zagi ariqchalariga o'zaro  $120^\circ$  siljigan holda joylangan.



qismida, rotor cho'lg'ami (3.1-rasm, 3) joylashgan bo'lib, ushbu cho'lg'am o'yg'otuvchi cho'lg'am deb ataladi. Sinxron generatorning o'yg'otuvchi cho'lg'amga o'zgarmas tok berilib, ushbu tok kuchli magnit maydonini hosil qiladi. Tashqi mexanik kuchlar ta'sirida rotor aylantirilganda ushbu magnit maydoni stator chulg'amlarida o'zaro bir-biridan  $120^\circ$  ga farq qiluvchi bir xil chastotali sinusoidal EYuK larni hosil qiladi.

3.2-rasmda uch fazali EYuK tizimini hosil qilish tamoyillari keltirilgan.

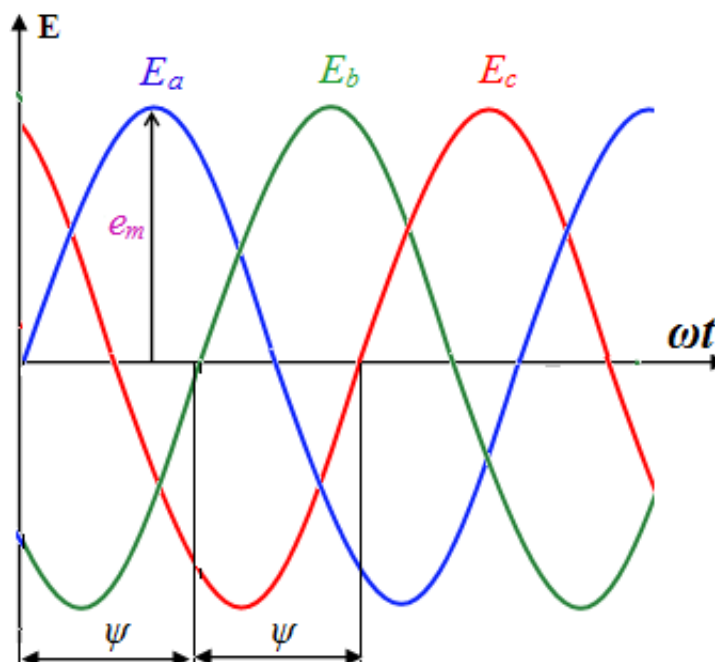


3.2-rasm. Uch fazali EYuK tizimini hosil qilish tamoyillari.

O'zaro bir-biriga nisbatan  $120^\circ$  ga siljilib joylashtirilgan uchta chulg'amlarni magnit maydonida  $\omega$  burchak tezligi bilan soat mili yo'nalishi bo'yicha aylantirilganda, chulg'amlarda sinusoidal EYuK paydo bo'ladi. Ushbu EYuKlar amplitudasi o'zaro teng bo'lib, fazalari  $120^\circ$  ga farq qiladi.

Butun dunyo bo'ylab ishlab chiqarishning barcha sohalarida elektr energiya ta'minoti va iste'molida asosan uch fazali tizimdan foydalaniladi. Uch fazali generatorning EYuK  $-E_a$  deb belgilasak, undan  $120^\circ$  orqadagi ikkinchi faza EYuK  $-E_b$ ,  $120^\circ$  oldindagi, uchinchi faza EYuK  $-E_c$  deb belgilanadi. Uch fazali EYuK manbai, uch fazali iste'molchi va ularni birlashtiruvchi o'tkazgich simlar majmui uch fazali zanjir deb ataladi. Demak, uch fazali EYuK simmetrik tizim deb o'zaro bir biridan fazasi  $120^\circ$  burchakka siljigan bir xil

chastota va amplitudali EYuK majmuiga aytiladi. 3.3-rasmda shunday EYuKlar tizimi oniy qiymatlarining to'liqin diagrammasi keltirilgan.



3.3-rasm. Uch fazali EYuK simmetrik tizim oniy qiymatlarining to'liqin diagrammasi.

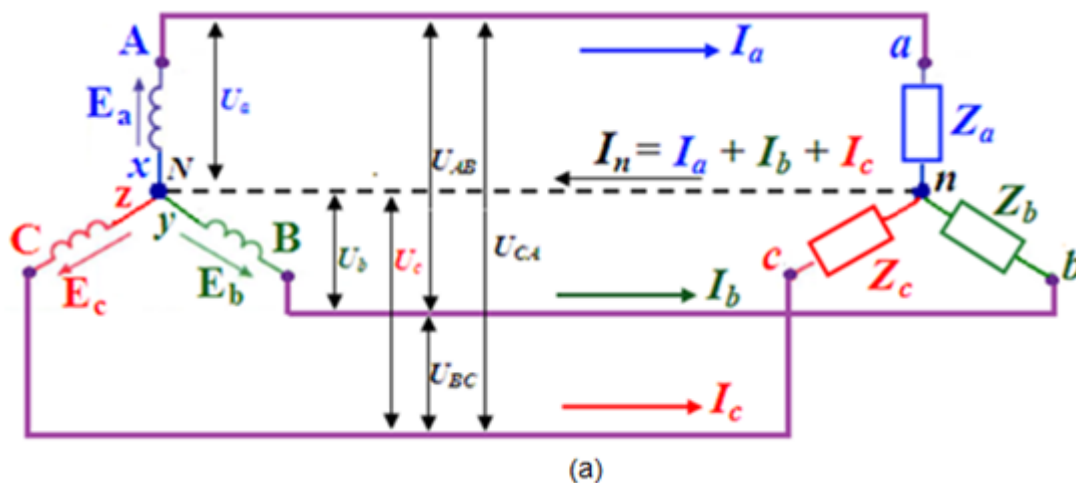
Uch fazali zanjirda faza deb zanjirning shunday bir qismiga aytiladiki, undan bir xil tok o'tadi. Ikkinchi tomondan esa, sinusoidal o'zgaruvchi kattalikning argumenti ham faza deb ataladi. Shunday qilib, ko'rilayotgan masalaga qarab, faza deganda uch fazali zanjirning tarkibiy qismi yoki kuchlanishning argumenti tushuniladi.

### 3.2. Yulduz sxemada ulangan uch fazali tok zanjirini hisoblash, tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish (iste'molchilarning simmetrik va nosimmetrik holatlarida).

**Simmetrik iste'molchilarning "yulduz" usulida ulash** - Manba va iste'molchilar "yulduz" usulida ulanganda, toklar generatorning faza chulg'amlarining boshlanishidan iste'molchilar tomon yo'nalgan bo'ladi. Yulduz usuli qo'llanilganda (*shartli belgisi*  $Y$ ) generator fazalari chulg'amlarining "oxiri" ( $x, y, z$ ) bitta umumiy nuqta  $N$  ga biriktiriladi. Tegishli  $N$  nuqtada iste'molchi faza zanjirlarining uchta uchlari o'zaro birlashtiriladi (3.4-rasm).

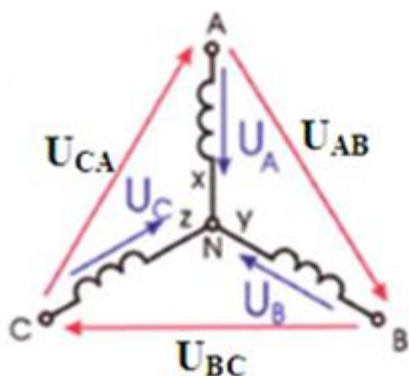
Generator bilan iste'molchining neytral tugunlari o'zaro neytral (nol) sim bilan birlashtiriladi. Bu sim 3.4-rasmdagi faza toklari qaytish simlarini birlashtirish natijasida hosil bo'ladi. Demak, sistemaning neytral simidan o'tuvchi tok faza toklarining vektor yig'indisiga teng bo'ladi.

$$I_N = I_A + I_B + I_C \quad (3.6)$$



Generator chulgamlarini  
"yulduz" usulida ulash

shartli belgilar



A B C – liniya simlari  
N – neytral sim,  
U<sub>a</sub> U<sub>b</sub> U<sub>c</sub> - faza kuchlanishlari  
U<sub>AB</sub> U<sub>BC</sub> U<sub>CA</sub> - liniya kuchlanishla

(b)

3.4-rasm. (a va b) Uch fazali tizim va iste'molchilarning "yulduz" usulida neytral sim bilan ulanishi.

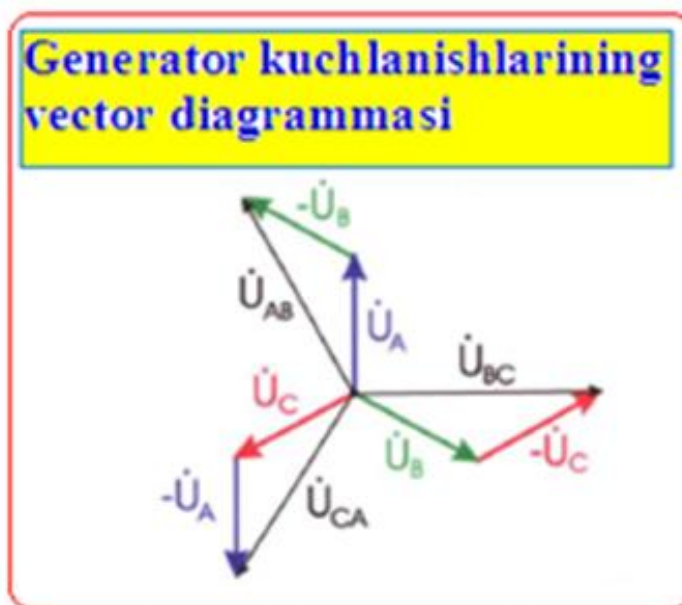
Simmetrik tizim deb manbaning uchta fazasida toklar o'zaro teng va faza kuchlanishlari bilan toklar orasidagi faza siljishlari, iste'molchi fazalarining to'la qarshiliklari o'zaro teng bo'lgan holatga aytiladi.

Simmetrik yuklamada faza toklari vektorlarining yig'indisi yopiq uchburchak ko'rinishida bo'ladi. Bunda neytral simdagi tok  $I_N = 0$  bo'ladi.

Uch fazali generatorlar "yulduz" usulida ulanganda unung qisqichlarida liniya va faza kuchlanishlarining simmetrik tizimi hosil bo'ladi, liniya kuchlanishlari faza kuchlanishlaridan  $\sqrt{3}$  marta katta bo'ladi[1,2].

$$U_L = \sqrt{3} U_F \quad (3.7)$$

$$I_L = I_F \quad (3.8)$$



3.5-rasm. Uch fazali simmetrik tizimda liniya va faza kuchlanishlarning o'zaro munosabatlari.

Neytral simli zanjirda iste'molchining faza kuchlanishlari manbaning faza kuchlanishlariga teng.

Manba bilan iste'molchi fazalari yulduz sxemasida ulanganda ularning qisqichlaridagi kuchlanishlar faza kuchlanishlari  $U_F$  deyiladi. ( $U_A, U_B, U_C$  faza kuchlanishlari).

A, B va C liniya simlari orasida kuchlanishlar liniya  $U_L (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA})$  kuchlanishlari deb ataladi. Faza kuchlanishlarining yo'nalishi faza EYuK yo'nalishlariga teskari bo'ladi.

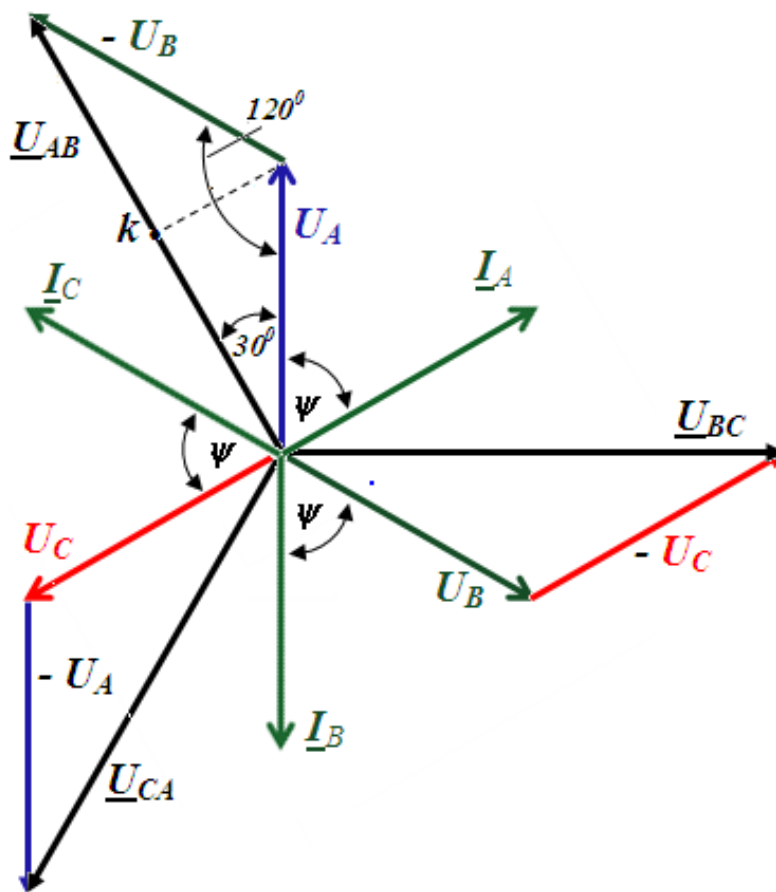
O'z navbatida liniya kuchlanishi tegishli faza kuchlanishlari vektorlarining ayirmasiga teng.

$$\underline{U}_{AB} = U_A - U_B; \quad \underline{U}_{BC} = U_B - U_C; \quad \underline{U}_{CA} = U_C - U_A \quad (3.9)$$

Uch fazali simmetrik tizimda liniya va faza kuchlanishlarini vektor diagramma yordamida aniqlash mumkin (3.5-rasm). Vektor diagramma faza kuchlanishlarning uchta  $U_A, U_B, U_C$  vektorlari asosida

quriladi. Ushbu vektorlar o'zaro  $120^\circ$  ga siljigan bo'lib, liniya kuchlanishi vektori  $\underline{U}_{AB}$  ni qurishda  $\underline{U}_A$  dan  $\underline{U}_B$  ayiriladi yoki  $\underline{U}_A$  ga  $(-\underline{U}_B)$  ni qo'shiladi.

"Yulduz" usulida ulangan simmetrik yuklamada toklar, faza va liniya kuchlanishlari vektorlari diagrammasi. 3.6-rasmda keltirilgan.



3.6-rasm. "Yulduz" usulida ulangan simmetrik yuklamada toklar, faza va liniya kuchlanishlarning vector diagrammasi.

Uch fazali kuchlanishlar simmetrik bo'lgani uchun faza va liniya kuchlanishlari vektorlari o'tkir burchaklari  $30^\circ$  va o'tmas burchagi  $120^\circ$  bo'lgan uchta teng yonli uchburchaklarni hosil qiladi. Har qanday bitta uchburchakning o'tmas burchagi uchidan qarama-qarshi tomonga perpendikulyar tushirib (3.6-rasm k-nuqta) quyidagi bog'lanishlarni aniqlash mumkin.

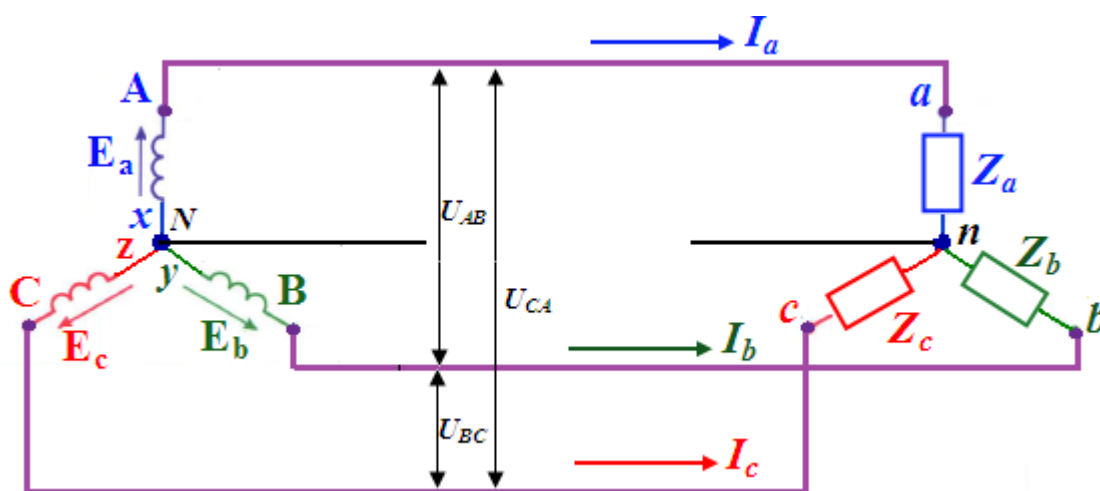
$$U_{AB} = U_A = 2U_\varphi \cos 30^\circ \quad \text{bu yerda} \quad U_A = \sqrt{3} U_\varphi (\cos 30^\circ = \sqrt{3} / 2) \quad (3.10)$$

Yuqoridagi ifoda "yulduz" usulida ulangan uch fazali simmetrik tizimda liniya kuchlanishlari faza kuchlanishlaridan  $\sqrt{3}$  marta katta bo'lishini ko'rsatadi. "Yulduz" usulida ulashda uzatish

liniyalarining simlaridagi toklar - liniya toklari  $I_L$  deb ataladi va faza toklariga  $I_f$  teng bo'ladi, chunki faza zanjiri bilan liniya simlari ketma - ket ulagan:

$$I_L = I_f \quad (3.11)$$

Uch fazali tizimda neytral sim uzilib qolganda iste'molchi fazalari qarshiliklarining nisbatiga ko'ra, bitta faza kuchlanishi nominal qiymatdan kam, ikkinchisi esa aksincha ko'p bo'lib, ushbu nomutanosiblik keskin tus olganda uch fazali tizimda buzilishlarga olib kelishi mumkin. Aynan shu sababli **neytral simlarga eruvchan saqlagichlar, ulab - uzgachilar o'rnatish mumkin emas!**



3.7-rasm. Uch fazali tizimda neytral sim uzilib qolgan holati.

**Nosimmetrik iste'molchilarni "yulduz" usulida ulash.** Uch fazali iste'molchilar "yulduz" usulida ulanganda iste'molchilar liniya simlar bilan neytral sim orasiga ulanadi. Odatda yoritish yuklamalari nosimmetrik xarakterda bo'lib, yuklamaning faza kuchlanishlarini simmetrik holga keltirish uchun neytral o'tkazchlardan foydalaniladi.

### Uch fazali zanjirlarni hisoblash

Uch fazali zanjirlar sinusoidal tok zanjirlarining bir turi bo'lib, ularni hisoblash va jarayonlarini tahlil etish uchun bir fazani o'zgaruvchan tok zanjirlarini tahlil etish uchun bir fazani o'zgaruvchan tok zanjirlari uchun ma'lum bo'lgan hisoblash usullaridan foydalanish mumkin. Uch fazali tok zanjirlariga simvolik hisoblash usulini, vektor, topografik va aylanma diagrammalar qurishni qo'llash mumkin[1].

## Simmetrik yuklamali uch fazali zanjirni hisoblash

Uch fazali zanjirning yuklamasi ko'p hollarda simmetrik yoki simmetrikga yaqin bo'ladi. Shuning uchun simmetrik yuklamada tok va kuchlanishlar faqat bitta faza uchun hisoblanadi. Manba va iste'molchilarni yulduz usulida ulash. Agar generator fazalari va iste'molchi fazalari yulduz usulida to'rtta sim bilan ulangan bo'lsa, N va n tugunlarining potentsiallari teng bo'ladi. Bu holda Ohm qonuniga muvofiq faza toki

$$I_F = \frac{U_L}{U_F} = \frac{U_L}{\sqrt{3}Z_F} = I_L \quad (3.12)$$

Agarda iste'molchi nosimmetrik bo'lib, N va n tugunlari sim bilan ulangan bo'lsa, unda liniya toklari Ohm qonuniga muvofiq faza toki

$$I_A = \frac{E_A}{Z_A}; \quad I_B = \frac{E_B}{Z_B}; \quad I_C = \frac{E_C}{Z_C}; \quad (3.13)$$

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan neytral simdagi tok liniya toklarining geometrik yig'indisiga teng:

$$I_N = I_A + I_B + I_C \quad (3.14)$$

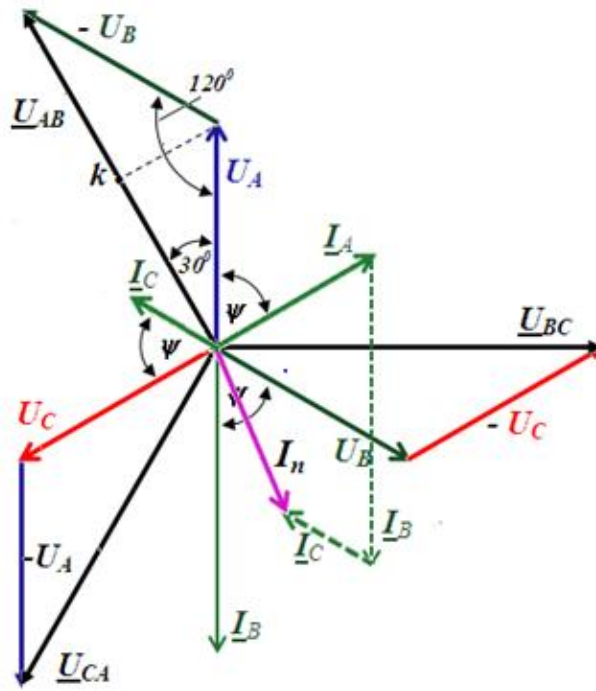
### 3.3. Uchburchak sxemada ulangan uch fazali tok zanjirini hisoblash, tok va kuchlanishlarning vektor tasvirlarini qurish (Iste'molchilarning simmetrik va nosimmetrik holatlarida).

Uch fazali iste'molchilar "uchburchak" usulida ulanganda

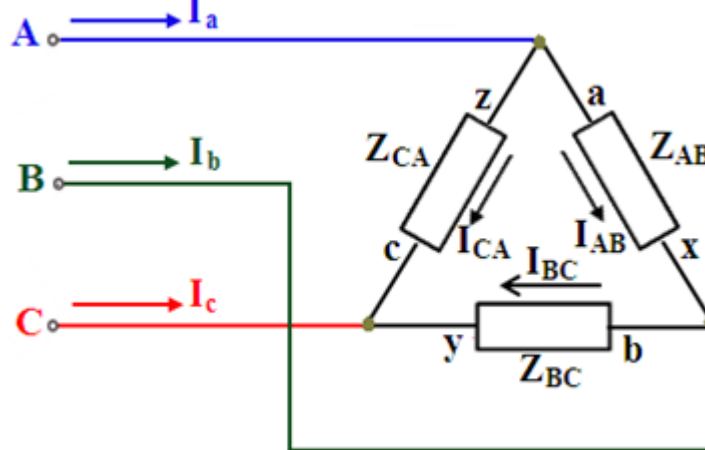
$$U_f = U_l \quad I_l = \sqrt{3} I_f \quad (3.15)$$

Faza toklari Ohm qonuniga asosan hisoblanadi

$$I_f = \frac{U_f}{Z_f} = \frac{U_L}{Z_f} \quad (3.16)$$



3.8-rasm. "Yulduz" usulida ulangan nosimmetrik yuklamada toklar, faza va liniya kuchlanishlari vektorlari diagrammasi.



3.9-rasm. Uch fazali iste'molchilarni "Uchburchak" usulida ulash.

$I_{AB}$   $I_{BC}$   $I_{CA}$  - faza toklari

$I_a$   $I_b$   $I_c$  - liniya toklari.

Liniya toklarini hisoblash uchun vektor yoki kompleks shakldagi Kirhgofning I-qonuni bo'yicha tuzilgan tenglamadan foydalaniladi.



$$\begin{aligned}
 \dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\
 \dot{I}_B &= \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \\
 \dot{I}_C &= \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}
 \end{aligned}$$

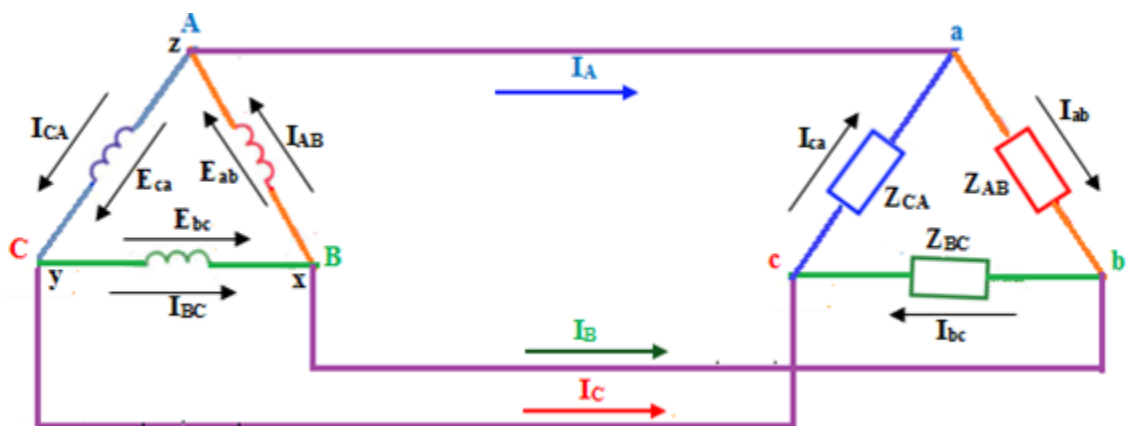
(3.17)

Uch fazali qurilmalarda uchburchak usulida ulash (shartli belgilanishi  $\Delta$ ) yulduz usulida ulashga qaraganda kamroq qo'llaniladi. Uchburchak usulida ulash uchun (3.9- rasm) generator fazalarining chulg'amlari o'zaro ketma-ket birlashtiriladi, ya'ni har bir faza chulg'amining o'zidan oldingi faza chulg'amning oxiriga ulanadi A bilan Z; B bilan X; C bilan Y.

Shuning uchun generator faza chulg'amlarining EYuKlari uchburchak ichida bir xil yo'nalishda bo'ladi. Demak, shu uchburchak faza EYuK oniy qiymatlarining algebraik yig'indisi ta'sir etadi. Lekin  $e_A + e_B + e_C = 0$  va shu sababli generator chulg'amlarida tenglashtiruvchi tok paydo bo'lmaydi.

Chulg'amlarning ikkita qismasini birlashtirishdan hosil bo'lgan umumiy nuqtalar liniya simlari birlashtiriladi iste'molchilarning fazalariga ulanadi, ya'ni A bilan a, B bilan b va C bilan c. Sistemaning liniya simlaridagitok ikkita faza toklari yig'indisiga teng bo'lib, ularning musbat yo'nalishi qarama - qarshi bo'ladi (3.10 -rasm ). Demak, liniya simlaridan o'tuvchi tok tegishli faza toklarining vektor ayirmasiga teng.

Bu sistemada uchta faza kuchlanishlarini bir vaqtning o'zida liniya kuchlanishlari tashkil etadi.  $U_f = U_l$  faza toklari ikkita indeks bilan ifodalanadi:  $\dot{I}_{AB}$ ,  $\dot{I}_{BC}$  va  $\dot{I}_{CA}$ .



3.10-rasm. Fazalarni uchburchak usulida ulash.

Liniya toklari, bitta indeks bilan yoziladi:  $\dot{I}_A$ ,  $\dot{I}_B$  va  $\dot{I}_C$ . Sistemaning vektor diagrammasini tuzishda uchta liniya kuchlanishlari asos qilib olinadi (3.10-rasm). Ular orasidagi burchaklar  $120^\circ$  ga teng.

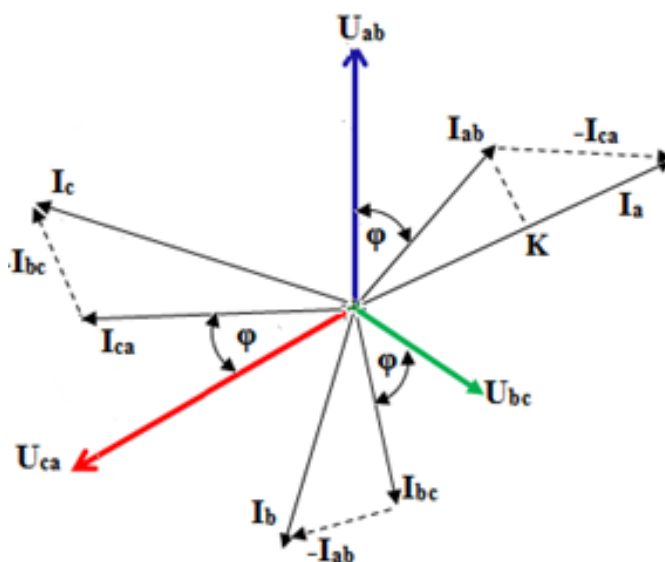
Simmetrik yuklamada faza toklarining vektorlari:  $I_{AB}$ ,  $I_{BC}$  va  $I_{CA}$  ularni hosil qiluvchi kuchlanishlarga nisbatan  $\varphi$  burchakka siljigan bo'ladi. Bu burchakning qiymati iste'molchining reaktiv va aktiv qarshiliklarining nisbatiga bog'liq.

3.11-rasmdan qurilib turibdiki, liniya tokitng vektori  $I_A$  ni qurish uchun  $I_{ab}$  ga ( $-I_{ca}$ ) ni, ya'ni  $I_{sa}$  ga kattaligi jihatidan teng, lekin yo'nalishi jihatidan unga qarama-qarshi bo'lgan vektorni qo'shish lozim.

Qolgan ikkita liniya toklari ham shu kabi aniqlanadi. Simmetrik yuklamada faza toklari kattaligi jihatdan  $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_L$  bo'lib, shuning uchun liniya toklari ham o'zaro teng bo'ladi:  $I_A = I_B = I_C = I_L$ . Diagrammada faza va liniya toklarining vektori o'tkir burchaklari  $30^\circ$  va o'tmas burchagi  $120^\circ$  li teng yonli uchburchak hosil qiladi. Bunday uchburchakning o'tmas burchagi uchidan qarama-qarshi tomonga perpendikulyar tushirib, (3.10-rasm, k-nuqta) quyidagini topamiz:

$$I \cos 30^\circ = I_L / 2 \quad I_L = \sqrt{3} I_F \quad (3.18)$$

Demak, uchburchak usulida ulangan uch fazali simmetrik sistemada faza kuchlanishlari bir vaqtning o'zida liniya kuchlanishlarini ham tashkil etadi  $U_F = U_L$ , liniya toklari esa, faza toklaridan  $\sqrt{3}$  marta ko'p bo'ladi.



3.11-rasm. Uchburchak usulida ulangan simmetrik uch fazali sistema kuchlanish va toklarning vektorlari diagrammasi.

Iste'molchilar uch fazali tarmoqning uchta simiga ulanadi, bunda ular tarmoqqa energiya beradigan generator fazalarining ulanishi usulidan qat'iy nazar, yulduz usulida ham, uchburchak usulida ham, ulanishi mumkin.

Uch fazali generatorni uch fazali yuklamalar bilan ulanishining beshta oddiy usuli quyida keltiridgan.

Generatorning A,B,C qismlarini yuklamaning a,b,c qismlari bilan birlashtiruvchi simlarni liniyadar deb ataladi. Shu sabobdan liniya simlaridan o'tuvchi toklarni liniya toklari deb ataymiz. Ularni shartli yo'nalishi generatordan yuklama tomon deb qabul qilingan; liniya toklarining moduli l qarfi bilan belgilanadi. Ikkita faza orasidagi kuchlanishni liniya fazalaro (liniya) kuchlanishi deb ataladi.  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$  fazalararo kuchlanishlarni moduli  $U_L$  ga teng ;generator fazasi deyiladi, har bir yuklamani esa yuklama fazasi deyiladi. Ulardan o'tuvchi tokni faza toklari  $I_f$  kuchlanishlarini esa, faza kuchlanishlari  $U_f$  deb belgilanadi.

### Yuklamani uchburchak usulda ulash

Agar iste'molchi fazalari uchburchak usulida ulangan bo'lsa, u holda yuklamaning faza kuchlanishi liniya kuchlanishiga teng bo'ladi. Shuning uchun simmetrik rejimida:

$$I_F = \frac{E_F}{Z_F}, \text{ liniya toki esa } I_L = \sqrt{3} \cdot I_F = \frac{\sqrt{3}U_L}{Z_F} \quad (3.19)$$

Bizga ma'lum, simmetrik uch fazali sistemadagi A, B, C fazalarini EYuK lari ushbu munosabatlar bilan bog'langan.

$$\underline{E}_{-A} = E \cdot e^{j\varphi_A}; \quad \underline{E}_{-B} = E \cdot e^{j\varphi_B}; \quad \underline{E}_{-C} = E \cdot e^{j\varphi_C}; \quad (3.20)$$

Bunda:

$$\varphi_A - \varphi_B = \varphi_B - \varphi_C = \varphi_C - \varphi_A = \frac{2\pi}{3} ; \quad (3.21)$$

$$\varphi_A - \varphi_C = \varphi_C - \varphi_B = \varphi_B - \varphi_A = -\frac{2\pi}{3} ; \quad (3.22)$$

birinchi sistemni fazalarning to 'g 'ri ketma-ketligi deb ataladi(EYuKlarning to 'g 'ri ketma-ketlik sistemasi), ikkinchisini esa – fazalarning teskari ketma-ketligi deyiladi.

**3.4. Uch fazali simmetrik iste'molchilarning uchburchak sxemasidan yulduz sxemasiga o'tishda tok va quvvatlarning o'zaro nisbati. Uch fazali zanjirlarda aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar.**

Bir fazali tok zanjirida ko'rilgan aktiv, reaktiv va to'la quvvat tushunchalari uch fazali tok zanjirida ham o'z ma'nosini to'la saqlaydi. Yuklama simmetrik va nosimmetrik bo'lganda yulduz va uchburchak usulida ulangan iste'molchilarning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarini hisoblash (aniqlash) formulalari bilan tanishib chiqamiz. VI yuklama nosimmetrik bo'lganda har bir fazaning quvvati alohida hisoblab topiladi [1,2].

***"Yulduz" - usulida ulanganda***

$$I_A + I_B + I_C \quad (3.23)$$

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A \quad (3.25)$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B \quad (3.27)$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C \quad (3.29)$$

***"Uchburchak" - usulida ulanganda***

$$I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA} \quad (3.24)$$

***Aktiv quvvat***

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos\varphi_{AB} \quad (3.26)$$

$$P_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos\varphi_{BC} \quad (3.28)$$

$$P_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos\varphi_{CA} \quad (3.30)$$

***Uch fazali zanjirning aktiv quvvati alohida fazalar aktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni:***

$$P_Y = P_A + P_B + P_C \quad (3.31) \quad P_{\Delta} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} \quad (3.32)$$

***Reaktiv quvvat***

$$Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A \quad (3.33) \quad Q_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \sin\varphi_{AB} \quad (3.34)$$

$$Q_B = U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B \quad (3.35) \quad Q_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \sin\varphi_{BC} \quad (3.36)$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C \cdot \sin\varphi_C \quad (3.37) \quad Q_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \sin\varphi_{CA} \quad (3.38)$$

***Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni:***

$$Q_Y = Q_A + Q_B + Q_C \quad (3.39) \quad Q_{\Delta} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} \quad (3.40)$$

***To'la quvvat***

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} \quad (3.41)$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} \quad (3.42)$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} \quad (3.43)$$

$$S_{AB} = \overline{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} \quad (3.44)$$

$$S_{BC} = \overline{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} \quad (3.45)$$

$$S_{CA} = \overline{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} \quad (3.46)$$

Uch fazali zanjirning to'la quvvati

$$S_Y = \overline{P_Y^2 + Q_Y^2} \quad (3.47)$$

$$S_{\Delta} = \overline{P_{\Delta}^2 + Q_{\Delta}^2} \quad (3.48)$$

Iste'molchi yulduz usulida ulanganda  $I_L = I_F$ ;  $U_L = \sqrt{3}U_F$ ; va uchburchak usulida ulanganda esa  $U_L = U_F$ ;  $I_L = \sqrt{3}I_F$ ; ekanligi hisobga olib, aktiv, induktiv va to'la quvvatlarni aniqlashning quyidagi umumlashgan formulalarini yozish mumkin:

$$S_{AB} = \overline{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} \quad (3.44)$$

$$S_{BC} = \overline{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} \quad (3.45)$$

$$S_{CA} = \overline{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} \quad (3.46)$$

Yuklama qarshiliklarini yulduz usulidan uchburchak usuliga va aksincha, o'tkazib ulash amalda uchrab turadi. Masalan, uch fazali elektr pechining haroratini rostlash maqsadida  $\Delta$  dan  $Y$  ga o'tkazib ulansa, pechning quvvati 3 marta ortadi. Haqiqatan ham, yulduz usulida ulanganda:

$$I_{FY} = \frac{U_{FY}}{R_F}; \quad P_Y = 3 \cdot U_{FY} \cdot I_{FY} = 3 \cdot \frac{U_{FY}^2}{R_F} \quad (3.52)$$

Uchburchak usulida ulanganda esa:

$$U_{F\Delta} = \sqrt{3}U_{FY}; \quad I_{F\Delta} = \frac{\sqrt{3}U_{FY}}{R_F}; \quad P_{\Delta} = 3 \cdot U_{F\Delta} \cdot I_{F\Delta} = 9 \frac{U_{FY}^2}{R_F} \quad (3.53)$$

$$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = 3 \quad (3.54)$$

## **Uch fazali sistemaning afzalligi.**

1. Uzoq masofaga elektr energiyasini uzatishda uch fazali toklar sistemasi, boshqa sonli o'zgaruvchi toklar sistemasidan iqtisodiy jihatdan samaralidir.

2. Sistema elementlari – uch fazali asinxron yuritgich va uch fazali transformatorlari tuzalishi juda sodda, materiallar sarfi kam va ishlashdagi puxtaligi esa, anchi yuqoridir.

3. Agar uchgala fazada bir xil yuklama bo'lsa, ya'ni simmetrik rejim bajarilganda sistemada oniy quvvat sinusoidal tokning har bir davrida o'zgarmaslik xususiyatiga egadir.

## **Nazorat savollari**

1. Uch fazali tok nima ?
2. Bir fazali elektr energiya iste'molchilarini qanday biriktirish yulduz usulida ulash deyiladi ?
3. Simmetrik iste'molchilar uchun liniya va faza kuchlanishlari orasidagi bog'lanish qanday ?
4. Turt simli uch fazali sistemada nolinch sim nima uchun ishlatiladi?
5. Uch fazali sistema EYuK sini grafik tasvirlang?
6. Uch fazali o'zgaruvchan tok sistemasining afzalliklari.

## **II bob. ELEKTR O'LCHASHLAR.**

### **II bob. 4-mavzu.**

#### **METROLOGIYA VA ELEKTR O'LCHASHLAR HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR.**

Reja:

- 4.1. Umumiy ma'lumotlar.
- 4.2. Metrologiyaning aksiomalari va asosiy postulatlar.
- 4.3. O'lchash xatoliklari va o'lchash natijalarini tahlil etish.
- 4.4. Elektr o'lchashlar haqida.

#### **4.1 Umumiy ma'lumotlar.**

Ma'lumki, o'lchovshunoslik, o'lchov vositalari va usullarini yaratishda va ularning rivojlanishida ayniqsa Sharq, xususan Markaziy Osiyo olimlarining hissasi katta bo'lgan.

Masalan, VIII – XI asrlarda yashab ijod qilgan vatandoshlarimizdan Al-Xorazmiy, Ahmad Al-Farg'oniy, Abu Ali Ibn Sino, Abu Rayhon Beruniy va Mirzo Ulug'bek kabi buyuk olimlarimiz o'lchovshunoslik va o'lchov birliklarga oid bir qancha asarlar yozib qoldirishgan.

Buyuk alloma Al-Xorazmiyning (783 - 850) "O'lchashlar haqida" risolasida uzunlik, yuza, hajmlarni hisoblash va o'lchash usullarini amalda qanday qo'llash haqida ma'lumotlar keltirilgan. Uning "Quyosh to'g'risida"gi risolasida vaqtni aniq o'lchashga katta ahamiyat qaratilgan.

Vatandoshlarimizdan yana biri Axmad al-Farg'oniy (taxminan 798 - 865) dunyoda birinchi bo'lib 861 – yilda Nil daryosi sathini o'lchaydigan asbobni kashf qilgan. Uning bu kashfiyoti o'sha davrda juda katta ahamiyatga ega bo'lib, daryo suvi sathini o'lchash natijasida qishloq xo'jalik ekinlarining u yoki bu turini ekish bo'yicha tavsiyalar berilar, ya'ni suv sathi maxsus belgidan past bo'lganda o'rtacha suv talab qiladigan o'simliklar va belgidan yuqori bo'lganda ko'p suv talab qiladigan ekinlar ekish tavsiya etilgan.

Rossiya olimi D.I. Mendeleyev o'lchashlar haqida "Har qanday fan o'lchashdan boshlanadi" degan ta'rifi bilan o'lchashning fan va texnika taraqqiyotida qanday ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatgan[16,17].

## 4.2. Metrologiyaning aksiomalari va asosiy postulatlari.

Metrologiyaning aksiomalari:

1-Aksioma.

*Aprior ma'lumatsiz o'lchashni bajarib bo'lmaydi.*

2- Aksioma.

*Har qanday o'lchash - taqqoslash (solishtirish) demakdir.*

3- Aksioma.

*O'lchash amalidan olingan natija tasodifiydir.*

O'lchash turlari va usullari.

**O'lchash deb**, shunday solishtirish, anglash, aniqlash jarayoniga aytiladiki, unda o'lchanadigan kattalik fizik eksperiment yordamida, xuddi shu turdagi, birlik sifatida qabul qilingan miqdori bilan o'zaro solishtiriladi.

**O'lchash usuli** - bu fizik eksperimentning aniq ma'lum struktura yordamida, o'lchash vositalari yordamida va eksperiment o'tkazishning aniq yo'li, algoritmi yordamida bajarilishi, amalga oshirilishi usulidir.

**O'lchash turlari**: -bevosita; -birgalikda; -bilvosita; -mutlaq; -majmiy;  
-nisbiy.

Metrologiyaning asosiy postulatlari:

1-postulat - *o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymati mavjuddir.*

2-postulat - *kattalikning chinakam qiymatini aniqlash mumkin emas.*

3-postulat - *o'lchash amalida kattalikning chinakam qiymati doimiydir.*

Demak, o'lchanayotgan kattalikning uchta qiymati bo'lar ekan:

- Chinakam qiymat (uni aniqlash imkoni mavjud emas);
- Haqiqiy qiymat (chinakam qiymatga yaqin);
- Olingan qiymat (tajribadan olingan qiymat).



#### 4.1-jadval

SI ning o'qli karrali va ulushli birliklarning nomlari va belgilanishini hosil qilish uchun foydalaniladigan ko'paytuvchi va old qo'shimchalar

O'qli ko'paytuvchi	Old qo'shimcha	Old qo'shimcha belgisi	O'qli ko'paytuvchi	Old qo'shimcha	Old qo'shimcha belgisi
$10^{24}$	iota	Y	$10^{-1}$	detsi	d
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-2}$	santi	s
$10^{18}$	eksa	E	$10^{-3}$	milli	m
$10^{15}$	peta	P	$10^{-6}$	mikro	$\mu$
$10^{12}$	tera	T	$10^{-9}$	nano	n
$10^9$	giga	G	$10^{-12}$	piko	p
$10^6$	mega	M	$10^{-15}$	femto	f
$10^3$	kilo	k	$10^{-18}$	atto	a
$10^2$	gekto	h	$10^{-21}$	zepto	z
$10^1$	deka	da	$10^{-24}$	ioкто	y

Yuqorida keltirilgan 4.1-jadvalda SI ning o'qli karrali va ulushli birliklarning nomlari va belgilanishlariga tegishli umumiy ma'lumotlar keltirilgan.

#### 4.3. O'lchash xatoliklari va o'lchash natijalarini tahlil etish.

O'lchash xatoliklari turli sabablarga ko'ra turlicha ko'rinishda namoyon bo'lishi mumkin. Bu sabablar qatoriga quyidagilarni kiritishimiz mumkin:

- o'lchash vositasidan foydalanishda uni sozlashdan yoki sozlash darajasini siljishidan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash ob'ektini o'lchash joyiga (pozitsiyasiga) o'rnatishdan kelib chiquvchi sabablar;

- o'lchash vositalarining zanjirida o'lchash ma'lumotini olish, saqlash, o'zgartirish va tavsiya etish bilan bog'liq sabablar;
- o'lchash vositasi va ob'ektiga nisbatan tashqi ta'sirlar (temperatura yoki bosimning o'zgarishi, elektr va magnit maydonlarining ta'siri, turli tebranishlar va hokazolar) dan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash ob'ektining xususiyatlaridan kelib chiquvchi sabablar;
- operatorning malakasi va holatiga bog'liq sabablar va shu kabilar.

O'lchash xatoliklarini kelib chiqish sabablarini tahlil qilishda eng avvalo o'lchash natijasiga salmoqli ta'sir etuvchilarini aniqlash lozim bo'ladi.

Agar asbob shu sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik qo'shimcha xatolik deyiladi.

Mohiyati, tavsiflari, o'zgarish xarakteriga qarab va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra:

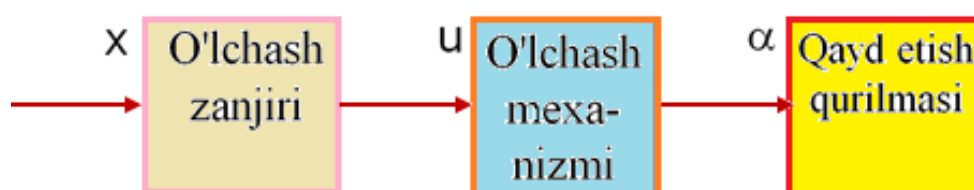
1. Muntazam xatoliklar;
2. Tasodifiy xatoliklar;
3. Qo'pol xatoliklar yoki yanglishuv xatoliklarga bo'linadi.

#### 4.4. Elektr o'lchashlar haqida.

Elektromexanik turidagi analogli asboblarda to'g'risida umumiy ma'lumotlar

O'lchash asbobi deb, o'lchash uchun qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositaga aytiladi.

Analogli o'lchash asboblari yoki bevosita ko'rsatuvchi asboblarda Elektr o'lchashlar va umuman o'lchash texnikasida keng o'rin olgan asboblardan hisoblanadi. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi 2.1.1-rasmda tasvirlangan. Bu turdagi asboblarda ko'rsatuv qaydnomasi uzluksiz (Funksional) ravishda o'lchanayotgan kattalik bilan bog'liqlikda bo'ladi[16].



4.1-rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi.

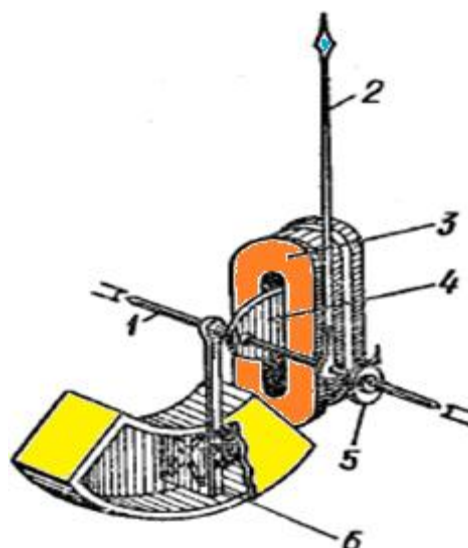
## Analog o'lchash asboblarning turlari, tizimi.

O'lchash asbobining tizimi
Magnitoelektrik(ME)
Elektromagnit(EM)
Elektrodinamik(ED)
Ferrodinamik(FD)
Elektrostatik(ES)
Induksion(I)

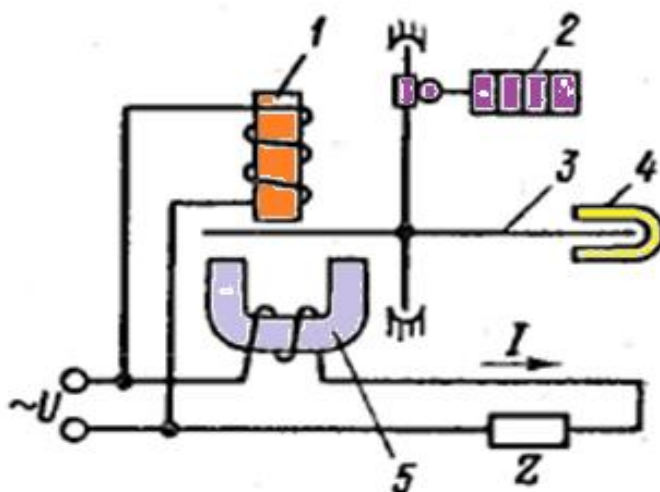
Yuqorida keltirilgan 4.2-jadvalda analog o'lchash asboblarning turlari, tizimi haqida ma'lumotlar jamlangan.

## Tinchlantirgichlarning turlari:

- Havoli(4.2-rasm);
- Elektromagnit induktsiyali(4.3-rasm);
- Suyuqlikli(4.4-rasm).



4.2-rasm. Havoli tinchlantirgich: 1-aylanish o'qi; 2-strelka; 3-Em g'altak; 4-yaproqchali o'zak; 5-spiral; 6-havoli tinchlantirgich.



4.3-rasm. Elektromagnit induktsiyali tinchlantirgich: (1-temir o'zak; 2-sanoq mexanizmi; 3-alyuminiy disk; 4-EM induktsiyali tinchlantirgich; 5-magnit o'zak; Z-yuklama.)



4.4-rasm. Suyuqlikli tinchlantirgich(1-aylanuvchi qism;2-suyuqlikli tinchlantirgich; 3-qo'zg'almas qism)

### Nazorat savollari

1. VIII - XI asrlarda yashab ijod qilgan vatandoshlarimizning o'lchovshunoslikka qo'shgan hissalarini haqida nimalarni bilasiz ?

2. Metrologiyaning aksiomalarini ta'riflang ?
3. O'lchash turlari va usullari ?
4. Metrologiyaning asosiy postulatlarini ayting ?
5. SI ning o'nli karrali va ulushli birliklari haqida nimalarni bilasiz ?
6. O'lchash xatoliklari.
7. Elektr o'lchashlar haqida nimalarni bilasiz ?
8. Tinchlantirgichlarning qanday turlari mavjud ?

## II bob. 5-mavzu.

### SUV XO'JALIGI TIZIMLARIDA ELEKTR KATTALIKLARNI O'LCHASH.

Reja:

- 5.1. O'lchash vositalari, ularning turlari va asosiy metrologik tavsiflari.
- 5.2. O'lchash asboblarining klassifikatsiyasi.
- 5.3. Tok, kuchlanish, aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida o'lchashlar.
- 5.4. Kuchlanishni olchash.
- 5.5. Qarshilikni o'lchash.
- 5.6. Sig'im, induktivlik va o'zaro induktivlikni o'lchash. Chastotani o'lchash. Faza siljish burchagini o'lchash.

#### 5.1. O'lchash vositalari, ularning turlari va asosiy metrologik tavsiflari.

Kattalikning sonli qiymatini odatda o'lchash amali bilangina topish mumkin, ya'ni bunda ushbu kattalik miqdori birga teng deb qabul qilingan shu turdagi kattalikdan necha marta katta yoki kichik ekanligi aniqlanadi.

**O'lchash deb**, shunday solishtirish, anglash, aniqlash jarayoniga aytiladiki, unda o'lchanadigan kattalik fizik eksperiment yordamida, xuddi shu turdagi, birlik sifatida qabul qilingan miqdori bilan o'zaro solishtiriladi.

Bu ta'rifdan shunday xulosaga kelish mumkinki: birinchidan, o'lchash bu har xil kattaliklar to'g'risida informatsiya hosil qilishdir; ikkinchidan, bu fizik eksperimentdir; uchinchidan - o'lchash jarayonida o'lchanadigan kattalikning o'lchov birligining ishlatilishidir. Demak, o'lchashdan maqsad, o'lchanadigan kattalik bilan uning o'lchov birligi sifatida qabul qilingan miqdori orasidagi (tafovutni) nisbatni topishdir. Ya'ni, o'lchash jarayonida o'lchashdan ko'zda tutiladigan **maqsad**, ya'ni izlanuvchi kattalik (bu shunday asosiy kattalikka uni aniqlash butun izlanishni, tekshirishni vazifasi, maqsadi hisoblanadi) va **o'lchash ob'ekti** ishtirok etadi. O'lchash ob'ekti (o'lchanadigan kattalik) shunday yordamchi kattalikka, uning yordamida asosiy izlanuvchi kattalik aniqlanadi, yoki bu shunday qurilmaki, uning yordamida o'lchanadigan kattalik solishtiriladi.

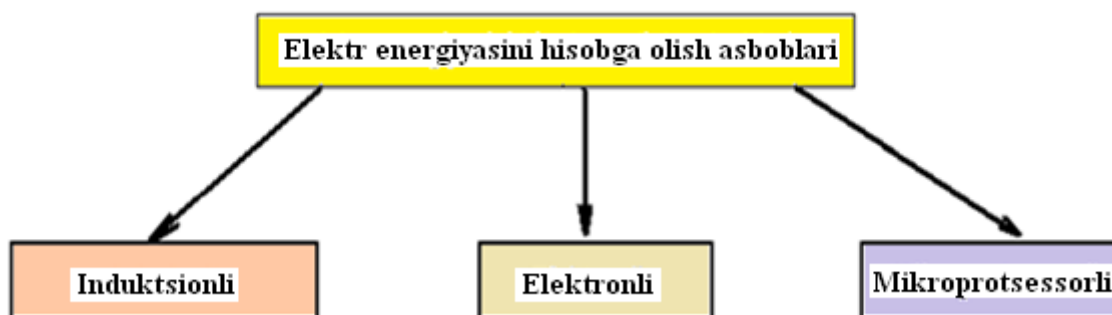
Shunday qilib, uchta tushunchani bir-biridan ajrata bilish kerak: o'lchash, o'lchash jarayoni va o'lchash usuli.

**O'lchash** - bu umuman har xil kattaliklar to'g'risida informatsiya qabul qilish, o'zgartirish demakdir. Bundan maqsad izlanayotgan kattalikni son qiymatini qo'llash, ishlatish uchun qulay shaklda aniqlashdir.

**O'lchash jarayoni** - bu solishtirish eksperimentini o'tkazish jarayonidir (solishtirish qanday usulda bo'lmasin).

**O'lchash usuli esa** - bu fizik eksperimentning aniq ma'lum struktura yordamida, o'lchash vositalari yordamida va eksperiment o'tkazishning aniq yo'li, algoritmi yordamida bajarilishi, amalga oshirilishi usulidir.

O'lchash odatda o'lchashdan ko'zlangan maqsadni (izlanayotgan kattalikni) aniqlashdan boshlanadi, keyin esa shu kattalikning xarakterini tahlil qilish asosida bevosita o'lchash ob'ekti (o'lchanadigan kattalik) aniqlanadi. O'lchash jarayoni yordamida esa shu o'lchash ob'ekti to'g'risida informatsiya hosil qilinadi va nihoyat ba'zi matematik qayta ishlash yo'li bilan o'lchash maqsadi haqida yoki izlanayotgan kattalik haqida informatsiya (o'lchash natijasi) olinadi. Elektr energiyasini hisobga olish asboblarning tasnifi quyidagi rasmda tasvirlangan(5.1- rasm). Ular induksionli, elektronli va mikroprotsessorli turlariga bo'linadi[16].



5.1- rasm. Elektr energiyasini hisobga olish asboblarning tasnifi.

**O'lchash natijasi** - o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini o'lchash birligiga ko'paytmasi tariqasida ifodalanadi.

O'lchanadigan kattalikning o'lchash jarayonida o'zgarish xarakteriga ko'ra **statik** va **dinamik** o'lchashlarga ajratiladi. **Statik o'lchash** deganda qiymati o'lchash jarayoni mobaynida o'zgarmaydigan kattalikni o'lchash tushuniladi. Bundan tashqari, davriy o'zgaruvchan kattaliklarning turg'un rejimidagi o'lchashlar ham kiradi. Masalan, o'zgaruvchan kattalikning amplituda, effektiv va boshqa qiymatlarini turg'un rejimida o'lchash.

**Dinamik o'lchashlarga** qiymatlari o'lchash jarayonida o'zgarib turadigan kattaliklarni o'lchashlar kiradi. Dinamik o'lchashga vaqt bo'yicha o'zgaradigan kattalikning oniy qiymatini o'lchash misol bo'la oladi[16].

## 5.2. O'lchash asbolarining klassifikatsiyasi.

Quyidagi jadvalda hozirda ishlatilib kelinayotgan va chiqarilayotgan o'lchash asbolarining guruhlari keltirilgan. Odatda, o'lchash asbolarining nomida ushbu guruh va modifikatsiya tartib raqamlari berilgan bo'ladi(5.1-jadval):

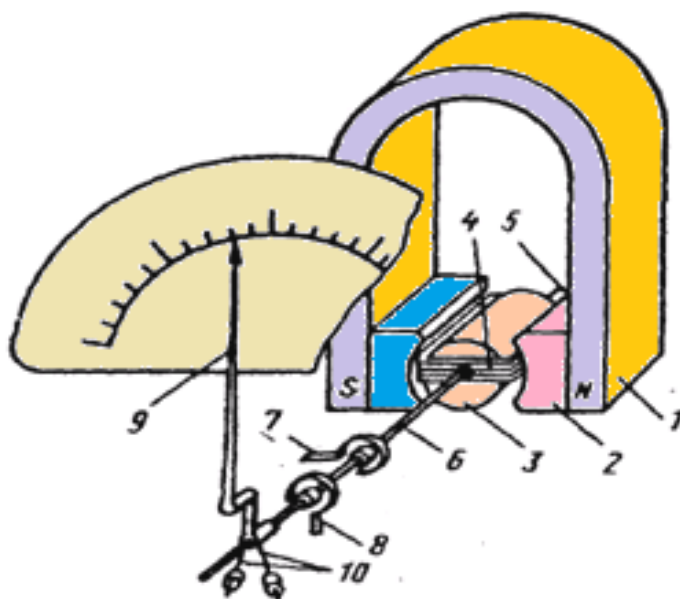
5.1-jadval.

Guruh	Guruh nomi	Kichik guruh	Kichik guruh nomi
V	Kuchlanishni o'lchash asbolarini	V1 V2 V3 V4 V7	V-metrlarni qiyoslash qurilmalari O'zgarmas tok voltmetrlari O'zgaruvchan tok voltmetrlari Impulsli voltmetrlar Universal voltmetrlar
E	Zanjir va uning ele-mentlarining parametrlarini o'lchash asbolarini	E1 E2 E3 E7 E8 CH1	Qiyoslash qurilmasi Aktiv qarshilik o'lchovlari Induktivlik o'lchovlari Induktivlik asbolarini Sig'imni o'lchash asbolarini Qiyoslash qurilmasi
CH	Chastotani o'lchash asbolarini	CH2 CH3 CH5	Rezonans chastotomerlar Elektron hisoblash chastotomerlari Kvarsli chastotomerlar
S	Signal va spektrni o'lchash asbolarini	S1 S2 S4	Elektron nurli ossillograflar Modulyatsiya chuqurligi asbolarini Spektr analizatorlari

Elektromexanik turdagi asbolar magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik, elektrostatik va induksion tizimli asbolariga bo'linadi. Bu tizimdagi asbolar nisbatan keng tarqalgan bo'lib, quyidagi 5.2-jadvalda ularning tavsiflari keltirilgan.

Asbob tizimi	Shartli belgisi		Tok turi	Chastota diapazoni	Aylantiruvchi moment teinglamasi	Shkala teinglamasi	Aniqlik klasslari	Vazifasi
	$M_{\alpha mex}$	$M_{\alpha el}$						
ME			-	0	$Bswl$	$KX$	0,1;0,2;0,5	A, V, $\Omega$ , G
			-	0	$Bswl$	$KX$	-//-	-//-
EM			$z$	kHz	$\frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$	$KX^2$	0,5;1;1,5	A, V, Hz, $\varphi$
ED			$z$	Bir necha o'n kHz larda	$I_1 I_2 \frac{dM_{1,2}}{d\alpha}$	$KX_1 X_2$	0,05;0,1;0,2	A, V, W, Hz, $\varphi$
FD			$z$	-//-	$KI_1 I_2$	$KX_1 X_2$	0,5;1;1,5	-//-
ES			$z$	MHz	$\frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha}$	$KX^2$	0,5;1;1,5	V
I			$z$	50 Hz	$cf \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi$	$KN$	1;1,5;2	W, Wh





5.2-rasm. Magnitoelektrik o'lchash asbobi.

Magnitoelektrik o'lchash asbobi(5.2-rasm) 1-doimiy magnit; 2-magnit qutb uchliklari; 3-o'zak; 4-chulg'am (qo'zg'aluvchan ramka); 5, 6-o'q; 7, 8-spiralsimon prujinalar; 9-strelka; 10-posongilardan tuzilgan.

Ramkadan o'tayotgan tok bilan doimiy magnit maydonining o'zaro ta'sirida ramkani harakatga keltiruvchi juft kuch  $F=BIl/w$  hosil bo'ladi. Ifodadagi  $V$ -qutb uchliklari va silindrsimon o'zak oralig'idagi magnit induksiyasi;  $w$ -ramkaning o'ramlar soni;  $l$  magnit maydonida joylashgan ramka faol qismining uzunligi;  $I$ -ramkadan o'tadigan tok. Bu kuchlarning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga binoan topiladi va ular hosil qilgan aylantiruvchi moment quyidagicha ifodalanadi:

$$M = 2F \frac{b}{2} = Fb = BIlbw = BswI, \quad (5.1)$$

bu yerda  $b$ -ramkaning kengligi;  $s$ -ramkaning yuzasi.

Aylantiruvchi moment ta'sirida ramka o'q atrofida aylanganida spiral prujinalar buralib teskari ta'sir etuvchi moment  $M_\alpha$  -hosil qiladi.

$$M_\alpha = -W \cdot \alpha, \quad (5.2)$$

bu yerda  $W$ -solishtirma teskari ta'sir etuvchi moment bo'lib, spiral prujinaning materiali va o'lchamlariga bog'liq;  $\alpha$  - ramkaning burilish burchagi (asbob ko'rsatkichining shkala bo'ylab surilishini ko'rsatadigan burchak yoki bo'laklar soni.)

Ramkaga ta'sir etayotgan ikki moment (aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi) o'zaro tenglashganda ( $M=M_{\alpha}$ ) ramka harakatdan to'xtab, muvozanat holatida bo'ladi (yoki bu holatni asbob qo'zg'aluvchan qismining turg'un muvozanat holati deyiladi)

$$BswI = W\alpha , \quad (5.3)$$

bundan

$$\alpha = \frac{Bsw}{W} I \quad (5.4)$$

Oxirgi ifoda magnitoelektrik o'lchash asboblarning shkala tenglamasi deb ataladi. Agar magnit induksiyasi  $B$ ni, ramkaning yuzasi  $S$ ni, uning o'ramlar soni  $w$  va solishtirma teskari ta'sir etuvchi moment  $W$ larning o'zgarmasligini hisobga olib,  $Bsw/W=S$  desak, u holda  $S$ ni o'lchash mexanizmini tok bo'yicha sezgirligi deyiladi, ya'ni  $S=const$ .

Shuni hisobga olib, (5.4) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha = S/I, \quad (5.5)$$

ya'ni ramkaning burilish burchagi  $\alpha$  o'lchanadigan tokning qiymatiga to'g'ri proporsional, bundan chiqadiki, tokning yo'nalishi o'zgarsa,  $\alpha$  ning ham yo'nalishi o'zgaradi. Shu sababli magnitoelektrik o'lchash asboblari o'zgarmas tok zanjirida ishlatiladi va ularning shkalasi bir tekis darajalanadi.

Magnitoelektrik o'lchash mexanizmlari ampermetr, voltmeter, ommeter va galvanometrlar sifatida ishlatiladi.

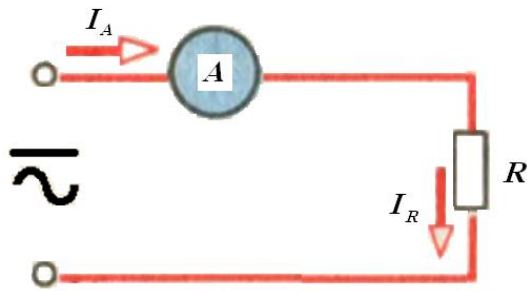
**Afzalliklari:** shkalasi to'g'ri chiziqli; sezgirligi yuqori; o'lchash xatoligi kichik. **Kamchiliklari:** faqat o'zgarmas tok zanjirlaridagina ishlay oladi; bevosita katta qiymatdagi toklarni o'lchay olmaydi; tannarxi baland.

### 5.3. Tok, kuchlanish, aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash. O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida o'lchashlar.

*Tokni o'lchashning uchta usuli mavjud.*

*1-usul*

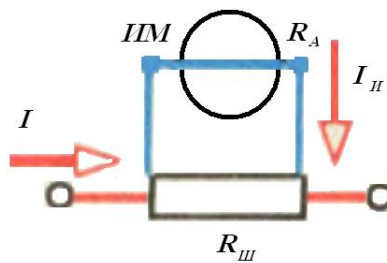
*To'g'ridan-to'g'ri (bevosita) ulab o'lchash.* O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi



5.3-rasm. Ampermetrni to'g'ridan-to'g'ri(bevosita) ulab o'lchash sxemasi.

**2-usul**

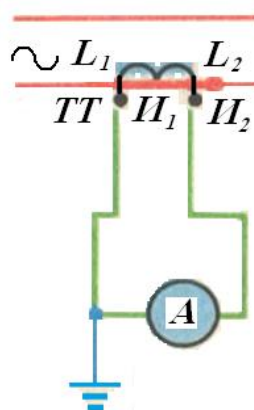
*Shunt qarshiligini ulab o'lchash.* O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.



5.4-rasm. Ampermetrni shunt qarshiligi bilan ulab o'lchash sxemasi.

**3-usul**

*Tok transformatori orqali ulab o'lchash.* O'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi.



5.5-rasm. Ampermetrni tok transformatori orqali ulab o'lchash sxemasi.

Elektr o'lchash – bu fizik kattalikning mos o'lchov birliklarida ifodalangan (masalan, 3 A, 4 V) qiymatini (eksperimental usullar bilan) topish demakdir.

Elektr kattaliklarning o'lchov birligi qiymatlari fizika qonunlari va mexanik kattaliklarning o'lchov birliklariga mos ravishda xalqaro kelishuvlar bilan aniqlanadi.

Elektr kattaliklarining o'lchov birliklarini «ushlab turish», xalqaro kelishuvlar bilan aniqlanishi qiyinchiliklar tug'dirganligi uchun ham, ularni «amaliy» elektr kattaliklarining o'lchov birliklari etalonlari bilan belgilash qabul qilingan. Bu kabi etalonlar ko'pgina mamlakatlarning davlat metrologik laboratoriyalari tomonidan qo'llab-quvvatlab turiladi[16].



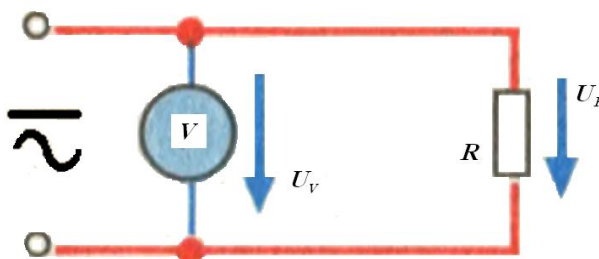
5.6-rasm. Elektr tarmoq parametrlarini tezkor aniqlash jarayoni.

#### 5.4. Kuchlanishni o'lchash.

*Kuchlanishni o'lchashning uchta usuli mavjud.*

##### 1-usul

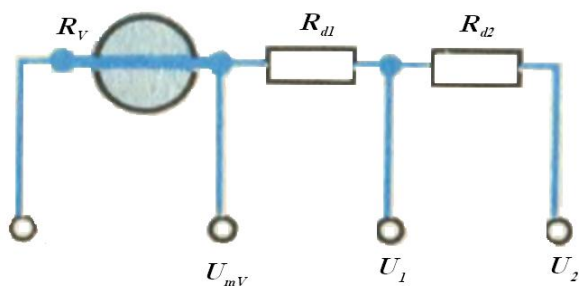
*To'g'ridan-to'g'ri(bevosita) ulab o'lchash.* O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.



5.7-rasm. Voltmetrni to'g'ridan-to'g'ri(bevosita) ulab o'lchash sxemasi.

## 2-usul

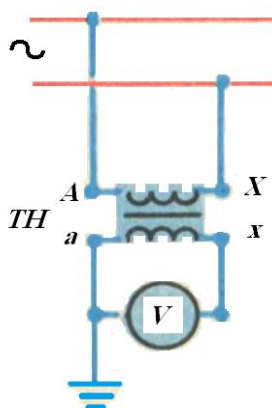
**Qo'shimcha qarshilikni ulab o'lchash.** O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.



5.8-rasm. Voltmetrni qo'shimcha qarshilik ulab o'lchash sxemasi.

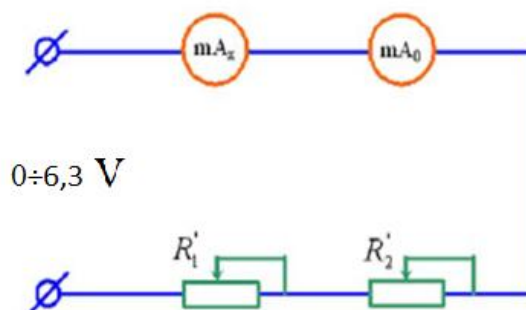
## 3-usul

**Kuchlanish transformatori orqali ulab o'lchash.** O'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi.

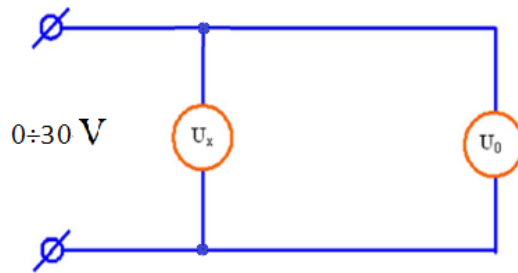


5.9-rasm. Voltmetrni tok transformatori orqali ulab o'lchash sxemasi.

## O'lchash asboblarning ishonchlash sxemalari

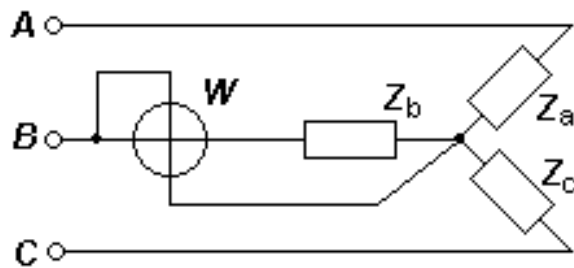


5.10-rasm. Ampermetrning ishonchlash sxemasi.



5.11-rasm. Voltmetrning ishonchlash sxemasi

Simmetrik uch fazali yuklama ulangan zanjirda yagona vattmetr bilan quvvatni o'lchash sxemasi. Umumiy quvvat  $P = 3W$



5.12-rasm. Yagona vattmetr yordamida quvvatni o'lchash sxemasi.

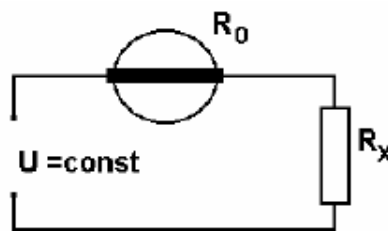
## 5.6. Qarshilikni o'lchash

**Qarshilikni o'lchash uchta usulga (turga) bo'linadi:**

**1-tokli (ketma-ket) usul;**

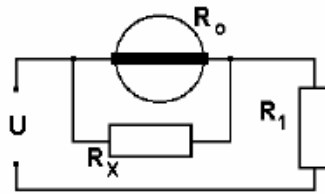
1-tokli (ketma-ket) usulda umumiy qarshilik va xatoliklar quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{umum} = U/I_A = R_X + R_0; \quad \delta = (R_0/R_X) \cdot 100\%$$



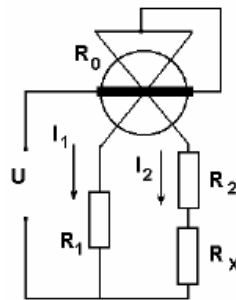
5.13-rasm. Tokli (ketma-ket) usulning sxemasi.

**2-kuchlanish (parallel) usuli;**



5.14-rasm. Kuchlanish(parallel) usulida o'lchash sxemasi.

### 3-chiziqli shkalaga ega ommetr yordamida o'lchash usuli.



5.15-rasm. Chiziqli shkalaga ega ommetr yordamida o'lchash usuli sxemasi.

### 5.5. Qarshilikni o'lchash:

2-kuchlanish(parallel) usulidagi hisoblash ifodalari:

$$U_0 = U_X;$$

$$R_X I_X = R_0 I_0;$$

$$I_1 = I_X + I_0;$$

$$I_1 = \frac{U}{\frac{R_0 \cdot R_X}{R_0 + R_X} + R_1};$$

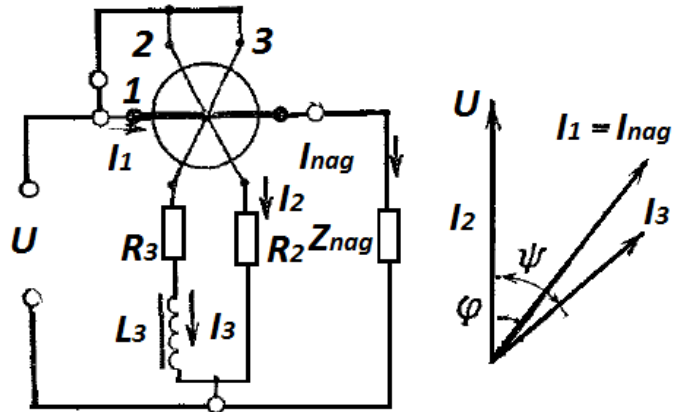
$$I_1 = \frac{U}{\frac{R_0 \cdot R_X}{R_0 + R_X} + R_1};$$

$$I_X = I_0 \frac{R_0}{R_X}; \quad I_1 = I_0 \left( \frac{R_0}{R_X} + 1 \right);$$

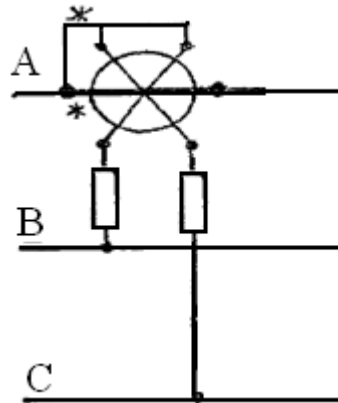
$$I_0 = U \frac{R_X}{R_0 \cdot R_X + R_1(R_0 + R_X)} = U \frac{1}{(R_0 + R_1) + \frac{R_1 R_0}{R_X}}$$

5.6. Sig'im, induktivlik va o'zaro induktivlikni o'lchash. Chastotani o'lchash. Faza siljish burchagini o'lchash.

Logometrli sxemalar:

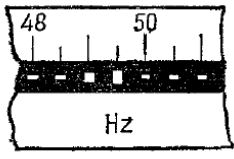
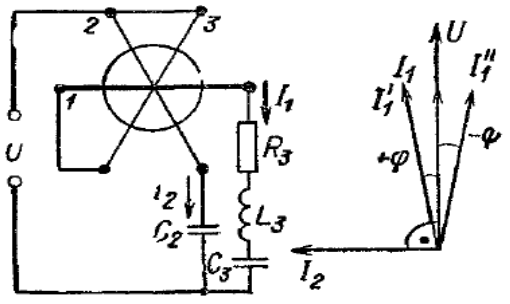


5.16-rasm. Elektrodinamik fazometr-l-yuklama chulg'ami; 2-aktiv qarshilikli chulg'am; 3-induktiv qarshilikli chulg'am.

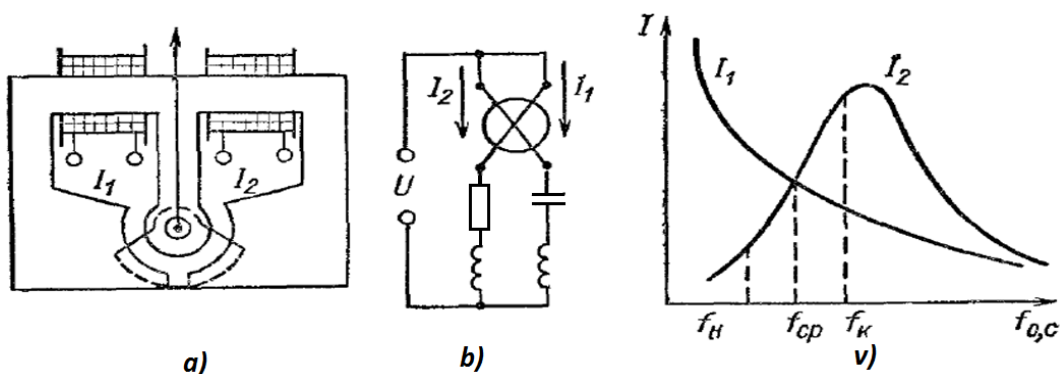


5.17-rasm. Uch fazali elektrodinamik fazometrning sxemasi.



Vibratsiyali chastotamerning shkalasi:	Elektrodinamik chastotamer:
	

5.18-rasm. Vibratsiyali chastotamerning shkalasi va elektrodinamik chastotamer sxemasi.



5.19-rasm. Elektromagnitli chastotomer:  
a) umumiy ko'rinishi, b) elektrli semasi, v) tavsiflari.

### Nazorat savollari

1. O'lchash deb nimaga aytiladi ?
2. O'lchash asboblarning klassifikatsiyasi haqida tizimlarini bilasiz ?
3. Mohiyati, tavsiflari, o'zgarish xarakteriga qarab va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra xatolikning turlari ?
4. Elektromexanik turdagi asboblarning qanday tizimlarini bilasiz ?
5. Elektromexanik turdagi asboblarning aylantiruvchi moment ifodlarini yozib tushintiring.
6. Tokni o'lchash usullarini ayting.
7. Kuchlanishni o'lchash usullarini ayting.
8. Qarshilikni o'lchashning qanday usullari mavjud ?
9. Yagona vattmetr yordamida quvvatni o'lchash sxemasini chizib tushintiring.
10. Logometrlil sxemalarga misollar keltiring.

## II bob. 6-mavzu.

### KONTROL-O'LGHASH ASBOBLARINING TUZILISHI VA ASOSIY ELEMENTLARI.

Reja:

- 6.1. Simlar va kabellar orqali aloqa o'rnatish.
- 6.2. Masofadan boshqarish moslamalari.
- 6.3. O'zi yozar qurilmalar.
- 6.4. Hisoblash mexanizmlari ko'rsatishlarini distantsion masofaga uzatish. Signal berish va rostdash qurilmalari.

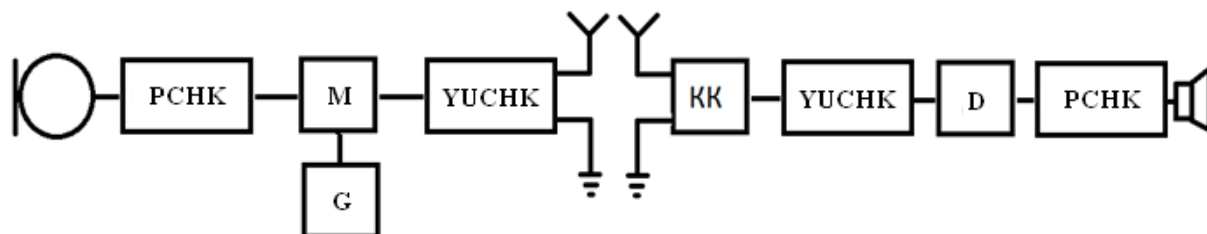
#### 6.1. Simlar va kabellar orqali aloqa o'rnatish

• Aloqa kanallarining tavsiflari. Telemexanika kanallari telefon va telegraf aloqa o'rnatish bo'yicha telekommunikatsion turlar va ularni tashkil etish. Axborotlarni uzatish liniyalari uchun telefon kanallarini, chastota oraliqlarini bo'lib chiqish. Telekommunikatsion ma'lumotlarni oddiy elektr uzatish simlari va yuqori kuchlanishli simlar bo'yicha uzatishni tashkil etish.

• Radioaloqa kanallari. Radioreleli aloqa o'rnatish, yerning su'niy yo'ldoshlari yordamida, radioaloqa kabellari orqali aloqa kanallarini tashkillashtirish. Lazer nurlari hamda optik tolali aloqa kanallari orqali telekommunikatsion ma'lumotlarni uzatish. Optik tolali nur o'zatkichlarning asosiy tavsiflari. Telekommunikatsion sistemalarning tuzilish asoslari. Signallarni ajratish. Signallarning telekommunikatsion turlari va sistemalari orqali uzatish va qabul qilish.

**Ta'rif: Axborotlarni radioto'lqinlar orqali almashishga radio aloqa deyiladi.**

Bir tomonlama eng sodda radioaloqaning blok chizmasi 6.1-rasmda tasvirlangan. PCHK-past chastotali kuchaytirgich; YUCHK-yuqori chastotali kuchaytirgich; M-modulyator; G-avtotobranishlar generatori; KK-kirish konturi; D-detektor.



6.1-rasm. Radioaloqa o'rnatish sxemasi.

## Radioto'lqinlar diapazoni

6.1-jadval.

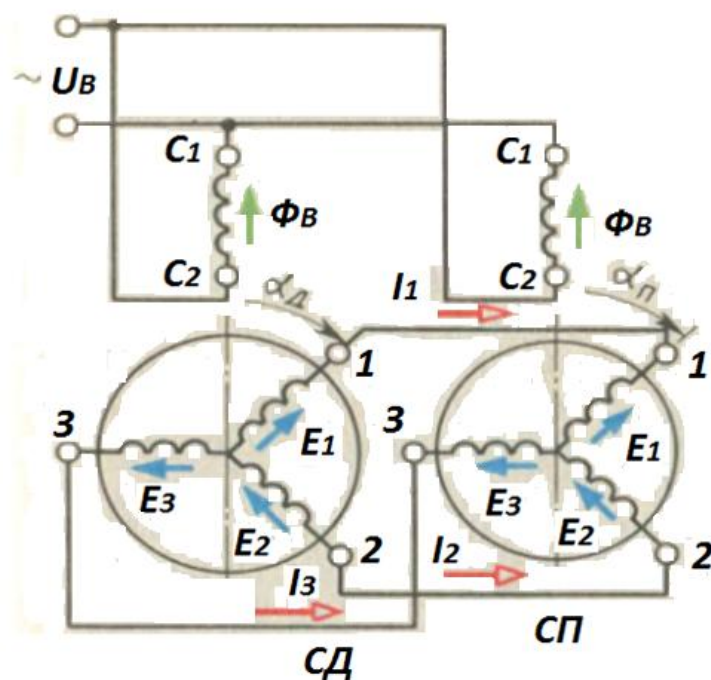
T/r	To'lqin nomi	To'lqinlar diapazoni, m	Chastotalar diapazoni, Gts
1	O'ta uzun to'lqinlar	10000 m dan katta	$3 \times 10^4$ dan kichik
2	Uzun to'lqinlar	10000-1000	$3 \times 10^4 - 3 \times 10^5$
3	O'rta to'lqinlar	1000-100	$3 \times 10^5 - 3 \times 10^6$
4	Qisqa to'lqinlar	100-10	$3 \times 10^6 - 3 \times 10^7$
5	Ultra qisqa to'lqinlar:		
5.1.	Metrlil	10-1	$3 \times 10^7 - 3 \times 10^8$
5.2.	Detsimetrli	1-0,1	$3 \times 10^8 - 3 \times 10^9$
5.3.	Santimetrli	0,1-0,01	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{10}$
5.4.	Millimetrli	0,01-0,001	$3 \times 10^{10} - 3 \times 10^{11}$

**Ta'rif:** Yuqori chastotali tebranishlar amplitudasi yoki chastotasining, past chastotali tovush signallariga mos ravishda o'zgartirishga modulyatsiya deb aytiladi.

**Ta'rif:** Modulyatsiyalangan yuqori chastotali elektromagnit tebranishlardan past chastotali tovush signallariga ajratib olishga detektorlash deb aytiladi.

### 6.2. Masofadan boshqarish moslamalari va o'zi yozar qurilmalar.

Burchak siljishlarini distansiyali uzatish: bu kabi sxemalarda selsinlar indikator rejimida (holatida) ishlaydi (qo'zg'atish chulg'amiga o'zgaruvchan tok ulangan). SD-selsin datchik; SP-selsin qabul qilgich.



6.2-rasm. Burchakli o'zgarishni masofaga sinxron uzatish sxemasi.

### O'zi yozar qurilmalar.

[Autonics SCM-USU2I USB-interfeysiga ega harorat qaydlagichi](#) 2-kanalli, bir vaqtning o'zida alohida kanal bo'yicha ma'lumotlarni haqiqiy vaqt oralig'ida 50 mks davomida 1 qiymat tezlik bilan. Ishlab chiqaruvchi kompaniya: [Autonics Corporation](#)



6.3-rasm. Autonics SCM-USU2I USB-interfeysiga ega harorat qaydlagichi.

[Autonics KRNS0 ma'lumotlarni kombinirlangan qaydlagichi](#) -Mazkur qurilma eni 50 mm....gacha bo'lgan tasmali qog'ozda termografik bosmani ta'minlaydi. Ishlab chiqaruvchi kompaniya: [Autonics Corporation](#)



6.4-rasm. Autonics KRN50 - bu ma'lumotlarni kombinirlangan (qog'ozda va elektronli displayda) raqamli va grafik formatda qaydlovchi qurilma.

**testo Saveris 2 ma'lumotlarning WiFi-loggerli tizimi mikroiklim parametrlarini monitoring qilish uchun** - Bu ishlab chiqarish va omborxona binolari mikroiklimi parametrlarini monitoring qilishning zamonaviy echimi. Ishlab chiqaruvchi kompaniya: [Testo Rus](#)



6.5-rasm. Ma'lumotlarning WiFi-loggerli tizimi mikroiklim parametrlarini monitoring qilish uchun.

**HIOKI LR8515 - 2-kanalli harorat va o'zgarimas tok kuchlanishini qaydlagich** - Xona harorati va akkumulyatorning chiqish kuchlanishini qaydlaydi va Bluetooth® simsiz aloqa tizimi orqali ma'lumotlarni to'plash imkonini beradi. Ishlab chiqaruvchi kompaniya: [Tekknou, ZAO](#)



6.6-rasm. HIOKI LR8515 – 2-kanalli harorat va o'zgarmas tok kuchlanishini qaydlagich.

### **JUMO firmasining o'ziyozar moslamalari**

LOGOLINE 500 (PDF\* 934Kb) rusumli matnni bosmaga uzluksiz chiqaruvchi va matritsali yorug'lik diodiga ega displeyli o'ziyozar moslamasi:

- Chiziqli yozuvga ega o'ziyozar moslama uchtagacha o'lchanayotgan kattalikni qaydlash imkonini beradi.
- Uchta kanal bir-biriga nisbatan optojuftliklar bilan galvanik bog'lanmagan.
- I-kanal orqali egri chiziqlarni yozishdan tashqari matnni ham chiqarish mumkin.
- Barcha kanallar bo'yicha nolni korreksiyalash datchiklari yordamida amalga oshiriladi.
- O'lchanayotgan kattaliklar moslamaning soat mili yoki shkala bo'yicha sanaladi.

### **6.3 Hisoblash mexanizmlari ko'rsatishlarini distantsion masofaga uzatish. Signal berish va rostlash qurilmalari.**

Elektrli ERSU-2 rusumli sathning signalizatori(xabar bergichi) 2...3 sathlarning signalizatsiyasi(xabar berilishi) uchun mo'ljallangan. Asbobning tamoyilli elektr sxemasi (6.7-rasm) rasmda tasvirlangan. Mazkur sxemada har bir alohida datchik sxemasiga bir(alohida, yagona) sathning nazorati uchun xizmat qiladigan o'zgarmas tok relesi ulangan: rele R1—quyi sath, R2 – yuqori sath va R3 - avariya sath uchun. Avariya sath nazorat qilinuvchi poyonning(oraliqning) yuqorisida yoki pastida bo'lishi mumkin. Agarda avariya sath nazorat qilinuvchidan pastda deb qabul qilinsa, u holda qayta ulab-o'chirgich V o'ngdagi holatda, agarda yuqorida deb qabul qilinsa —chapdagi holatda o'rnatiladi.

Nazorat qilinayotgan sathlarda L1, L2 va L3 nurli(yorug'lik chiqaradigan) signalizatsiya(xabar berish) ajratilgan va R1 ajratuvchi kontakt orqali, L1 qizil lampasi ulangan. Qachonki gorizont(yotiq chiziq) nazorat qilinayotgan sathlarning oralig'ida joylashsa, R1 qisqa tutashtiruvchi kontakt orqali R1 relening

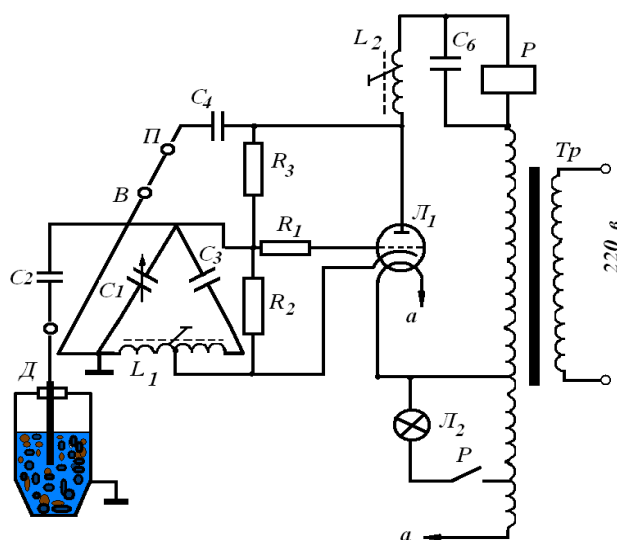
zanjiri berkiladi, va ajratuvchi kontakt R ulangan yashil lampa yuqori sath bo'yicha eng yuqorigi nazorat qilinadigan belgida UI sariq lampa L3 ulanadi.

Qachonki idishning devorlaridan zaminlovchi elektrod sifatida foydalanib bo'lmasa, u holda E relelyli blokning qismlariga ulangan qo'shimcha elektrod o'rnatiladi.

Elektrodli ESU-1M va ESU-2M sathning signalizatorlari(xabar bergichlari) ishlab chiqilgan, shuningdek, suv sathning o'zgarishiga bog'liq ravishda elektrod sig'imini o'zgarishini o'lchashga asoslangan.

Mazkur laboratoriya ishida amalda eng ko'p tarqalgan RU - 3E sathning relesi va sathning ESU - 2M elektronli signalizatori jihozining qo'llanishi, ishlash tamoyili o'rganiladi.

Sathning ESU - 1M elektronli signalizatori turli materiallarning bir yoki ikkita sathini nazorat qilish uchun mo'ljallangan. ESU-1M rusumli elektronli signalizator(xabar bergich)ning asosiy qismi bo'lib sathning ikkitalik(qo'shsha) triodda L1 (6N6P) yig'ilgan lampali yuqori chastotali tebranishlar generatori hisoblanadi. Triodning anodli zanjiriga R relening chulg'ami ulangan. Triod Tr rele chulg'ami va o'zgaruvchan induktivlik g'altagi L2 kuch transformatori orqali ta'minlanadi. To'rtli oraliqda va lampa L1 katodiga L2 o'zgaruvchan induktivlik g'altagi va C1 va C3 kondensatorlaridan iborat tebranish konturi bilan ulangan. C1 kondensatori bilan parallel tarzda ulangan C2 kondensatordan va D elektrodi va yer orasida hosil bo'lgan kondensatordan zanjir tashkil topgan. LS konturi shunday rostlanadiki, C2 kondensatorning qandaydir boshlang'ich sig'imi va D elektrod - yer kondensatori konturining parametrlari ko'pincha generatorning rezonansli tebranishlariga mos kelsin.



6.7-rasm. Elektrodli ESU-1M sath signalizatorining tamoyilli sxemasi.

Konturni rezonansga rostlaganda konturning rezonansli to'la qarshiligi ancha kichik va unda amalda hech qanday kuchlanish tushishi bo'lmaydi. Kontur triodning L1 katodi va to'r oralig'ida ulangani uchun ham, to'rning potentsiali taxminan L1 yopiq lampa katodi potentsialiga teng va R relesi o'chirilgan. Qachonki D elektrodi va idish devori oralig'ida material paydo bo'lsa, u holda D elektrod - yer orasidagi kondensator sig'imi o'zgaradi, C2 kondensatori va D elektrod - yer kondensatori C1 kondensatorga parallel ulangani uchun ham, mazkur holat LC konturning parametrlarini o'zgarishiga olib keladi. Idishdagi materialning (jismning) sathi cheklanganida rezonansning buzilishi kuzatiladi. Dqibatda, LS konturning to'la qarshiligi ortadi. Lampa L1 ning to'ri va katodi oralig'ida kuchlanish paydo bo'ladi, uning musbati to'rga uzatiladi. L1 lampasi ochiladi, rele R ishga tushadi va materialning chegaralangan sathga yerishganida uning kontaktlarini berkitishga signal(xabar) uzatiladi. Tr transformator ikkilamchi chulg'aming qo'shimcha qismasi orqali R rele kontaktiga ulangan L2 signalli(xabar beruvchi) lampa bunkerda materialning borligi haqida signal(xabar) beradi.

### **Nazorat savollari**

1. Kontrol-o'lchash asboblarning tuzilishi haqida nimalarni bilasiz?
2. Radioreleli aloqa o'rnatish haqida nimalarni bilasiz ?
3. Yerning su'niy yo'ldoshlari yordamida aloqa kanallarini tashkillashtirish turlari ?
4. Radioaloqa kabellari orqali aloqa kanallarini tashkillashtirish ?
5. Simlar va kabellar orqali aloqa o'rnatishni tushintiring.
6. Optik tolali nur o'zatkichlarning afzalliklarini ayting.
7. Radioaloqa o'rnatish sxemasidagi elementlarni ayting.
8. Radioto'lqinlar diapazoni haqida nimalarni bilasiz ?
9. Burchakli o'zgarishni masofaga sinxron uzatish sxemasini chizib tushintiring.
10. O'ziyozar moslamalariga misollar keltiring.



## II bob. 7-mavzu.

### NOELEKTRIK KATTALIKLARNI O'LCHOVCHI KONTROL-O'LCHASH ASBOBLARI VA IKKILAMCHI USKUNALAR. MEXANIK KUCH VA MOMENTLARNI O'LCHOVCHI KONTROL-O'LCHASH ASBOBLARI.

Reja:

7.1. Umumiy ma'lumotlar.

7.2. Prujinali, gidravlik va elektr dinamometrlar.

7.3. Aylanuvchi momentlarni o'lchash asboblari.

7.4. Vibrometrlar.

#### 7.1. Umumiy ma'lumotlar.

Dinamometrlarning o'lchash poyoni (GOST 13837-79 standar talablariga muvofiq) 7.1-jadvalda keltirilgan qiymatlarga mos kelishi kerak.

7.1-jadval

O'lchash poyoni	Me'yor, kN											
Eng ko'pi bilan	0,10	0,20	0,50	1,0	2,0	5,0	10	20	50	100	200	500
Eng kami bilan, dan kam emas	0,010	0,020	0,050	0,10	0,20	0,50	1,0	2,0	5,0	10	20	50

Dinamometrlarning aniqlik sinfi 0,5, 1 va 2 qilib tayyorlanadi.

Dinamometr – bu shunday o'lchash vositasiki, uning yordamida kuch va kuchning momenti o'lchanadi.

**Dinamometrlar** jismga tashqi ta'sir (boshqacha aytganda, kuch ta'siri) intensivligini, mazkur kuchning buruvchi ta'sirini, ya'ni kuchlar momentini (ichki kuchlanishlar uchun uni buruvchi moment ham deb atashadi) yoki kuch tomonidan bajarilayotgan ishni aniqlash uchun mo'ljallangan.

## Dinamometrlarning turlari[19]



7.1-rasm. Turli rusmdagi dinamometrlarning umumiy ko'rinishi



7.2-rasm. DIN-1 rusumli elektronli dinamometrlar.



7.3- rasm. DM-MG4 rusumli uzayishga va siqilishga ishlaydigan elektronli dinamometrlar.



7.4-rasm. DE-5,0-0,5 rusumli elektronli dinamometrlar.

7.2-jadval

DE elektronli dinamometrlarning texnik tavsiflari:

<b>Modeli</b>	<b>DE 0,5 - 0,5</b>	<b>DE 1,0 - 0,5</b>	<b>DE 2,0 - 0,5</b>
O'lchashning eng katta poyoni(chegarasi), N	500	1000	2000
O'lchashning eng kichik poyoni(chegarasi), N	2,5	5	10
Aniqlik sinfi	0,5		
Ba'linma qiymati (diskretligi), N	0,5	1	2
Asosiy xatolikning ruxsat etilgan poyoni(chegarasi), N	2,5	5	10
Ishchi haroratlarning poyoni (chegarasi)	-10 ... +40 °S		
Elektr ta'minotining kuchlanishi	187 ... 242 V		
Iste'mol quvvati, ....dan ko'p emas	5 VA		
CHiziqli o'lchamlari, m	0,38x0,2x0,1		
Massasi, ... kg dan ko'p emas	5		
Tashqi jihozlarning ulanishi	RS232 interfeysi orqali		

Modeli	DE 5,0 - 0,5	DE 10 - 0,5	DE 20 - 0,5	DE 50 - 0,5
O'lchashning eng katta poyoni (chegarasi), N	5000 N	10000	20000	50000
O'lchashning eng kichik poyoni (chegarasi), N	25 N	50	100	250
Aniqlik sinfi	0,5			
Bo'linma qiymati (diskretligi), N	5 N	10	20	50
Asosiy xatolikning ruxsat etilgan poyoni(chegarasi), N	25 N	50	100	250
Ishchi haroratlar-ning poyoni (chegarasi)	-10 ... +40°C			
Elektr ta'minotining kuchlanishi	187 ... 244 V			
Iste'mol quvvati, ....dan ko'p emas	5 VA			
Chiziqli o'lchamlari, m	0,38x0,2x0,1			
Massasi, ... kg dan ko'p emas	5			
Tashqi jihozlarning ulanishi	RS232 interfeysi orqali			

**Vibrometr**-bu turli ob'ektlarning sinusoidal tebranishlar amplitudasi va chastoasi, vibrotezligi, vibrotezlanishini qaydlash va rostlash uchun mo'ljallangan uskuna(asbob)dir. Xususan, vibrometrlar temirbeton buyumlarni ishlab chiqarishda betonli aralashmalarni zichlash uchun qo'llanadigan vibrojihozlarning titrash parametrlarini o'lchash uchun foydalaniladi.

Titrash parametrlarini o'zgartirish usullarining quyidagilarini farqlashadi:

- Optik;
- Pezoelektrik

- Induktsion;
- Inertsialli.

### Vibrometrlarning turlari[18]



7.5-rasm. Ishlab chiqaruvchilar: Fluke Corporation Metrix Instrument Co. PCE Instruments PVF "Vibro-Sentr" ning barcha ishlab chiqaruvchilari



7.6-rasm. PCE VT 250 rusumli vibrometri



7.7-rasm. DPK-Vibro vibrometri



7.8-rasm. Metrix VM3800 vibrometri

### Nazorat savollari

1. Dinamometrlarning o'lchash poyoni va aniqlik sinflari haqida nimalarni bilasiz?
2. Dinamometr yordamida qanday kattaliklar o'lchanadi ?
3. Dinamometrlar nima uchun mo'ljallangan ?
4. DIN-1 rusumli elektronli dinamometrlar.
5. DM-MG4 rusumli uzayishga va siqilishga ishlaydigan elektronli dinamometrlar.
6. DE-5,0-0,5 rusumli elektronli dinamometrlar.
7. DE elektronli dinamometrlarning texnik tavsiflari haqida nimalarni bilasiz ?
8. Titrash parametrlarini o'zgartirish usullari ?
9. Vibrometrlarning qanday turlarini bilasiz ?

## **II bob. 8-mavzu.**

### **NAMLIKNI O'LCHASH VA NAZORAT QILISH VOSITALARI**

Reja:

8.1. Umumiy ma'lumotlar. O'lchash o'zgartgichlari.

8.2. Tuproq namligini o'lchash usullari va asboblari.

8.3. Suyuqlik sathini o'lchash va avtomatik nazorat qilish vositalari

8.4. Tuproqning qattiqligi va zichligini o'lchash asboblari. Areometrlar.

#### **8.1. Umumiy ma'lumotlar. O'lchash o'zgartgichlari.**

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish, ularni sozlash va boshqarish hamdamashina va agregatlarning parametrlarini tadqiq qilish, ayniqsa qishloq xo'jaligi, chorvachilik va parrandachilik mahsulotlarini yetishtirish, saqlash, qayta ishlashtexnologik jarayonlarida, gidromeliorativ tizimlarni avtomatlashtirishda ko'pgina noelektrik kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchash talab qilinadi. Bu kattaliklarga mexanik siljish, tezlik, kuch, tezlanish, deformatsiya, suv va suyuqliklar sathi va sarfi, bosim, harorat, namlik, mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari va boshqa yuzdan ortiq parametrlar kiradi. Uzoq masofadan turib o'lchash va ma'lumotlarni kam xatolik bilan masofaga uzatish kabi afzalliklarga ega bo'lgan elektr usullar va elektr o'lchash vositalar yordamida bajariladi.

Noelektrik kattaliklarni o'lchashda qo'llaniladigan vositalar xilma-xil bo'lishiga qaramay, o'lchash usuli va vositalarning umumiy xususiyatlari hammavjud. Umumiylik shundan iboratki, o'lchanayotgan har qanday noelektrik kattalik avval unga proporsional bo'lgan elektr (tok, kuchlanish, qarshilik, chastota va boshqalar) kattaligiga aylantiriladi, keyin esa elektr o'lchash asbobi yordamida o'lchanadi. Noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatiladigan o'zgartgichlarga qo'yiladigan asosiy talab – o'lchash ma'lumotini aniqligi va jarayonni to'g'ri aksettirishdir. O'lchanayotgan kattalikni o'zgartirish usuliga (bevosita, bilvosita yoki muvozanatlash) ko'ra u yoki bu turdagi xatoliklar yuzaga keladi.

#### **O'lchash o'zgartgichlarining asosiy metrologik tavsiflari va umumiy ma'lumotlar.**

Ma'lum fizik qonunlar asosida ishlovchi va birorta o'lchash o'zgartirishini bajaruvchi texnik qurilma o'lchash o'zgartgichi deb ataladi. Demak, o'lchash o'zgartgichi bir fizik kattalikni u bilan funktsional bog'langan boshqa bir fizik kattalik orqali aks ettiradigan qurilmadir.

Tuzilishi va ishlash asosiga ko'ra o'lchash o'zgartgich (O'O')lari juda xilma-xil bo'lsada, ular o'zgartirish vazifasi, darajalash tavsifi, xatoligi, o'lchash diapazoni kabi umumiy tavsiflar bilan xarakterlanadi.

O'lchash o'zgartgichining o'zgartirish vazifasi – o'zgartgichning chiqish va kirish kattaliklarning funktsional bog'lanishi bo'lib, analitik, jadval va grafik ko'rinishida ifodalanadi. O'zDavST 8009–84 ga ko'ra o'zgartirish vazifasi – O'O' chiqish signali informativ parametrining kirish signali informativ parametri bilan funktsional bog'liqligidir.

Darajalash natijasida olingan chiqish va kirish qiymatlarining o'zaro bog'liqligi O'O'ning darajalash tavsifi deyiladi. U formula, jadval va grafik ko'rinishlarida berilishi mumkin.

O'O'ning xatoligi – haqiqiy va nominal (o'lchangan) o'zgartirish funktsiyalari orasidagi farq bo'lib, o'lchash vositalari xatoliklari singari topiladi. O'O'ning o'lchash diapazoni deb – o'lchash xatoligi normallashtirilgan o'lchash kattalikning qiymatlar sohasiga aytiladi.

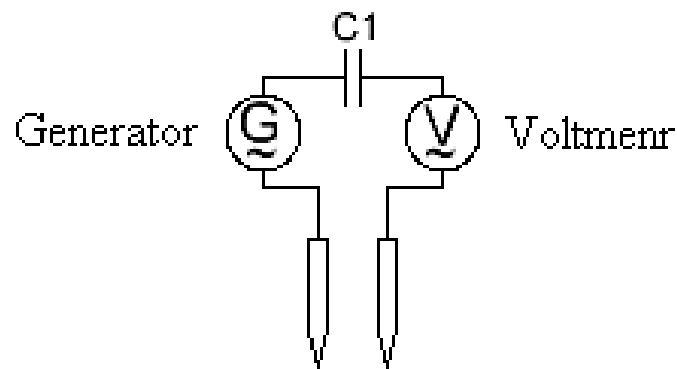
### **O'lchash o'zgartkichlarining klassifikatsiyasi**

O'O'larning yuqorida keltirilgan tavsiflaridan tashqari parametrlarning mo'tadilligi, ishonchligi, massasi, narxi, gabarit o'lchamlari va boshqa parametrlari ham o'rganiladi.

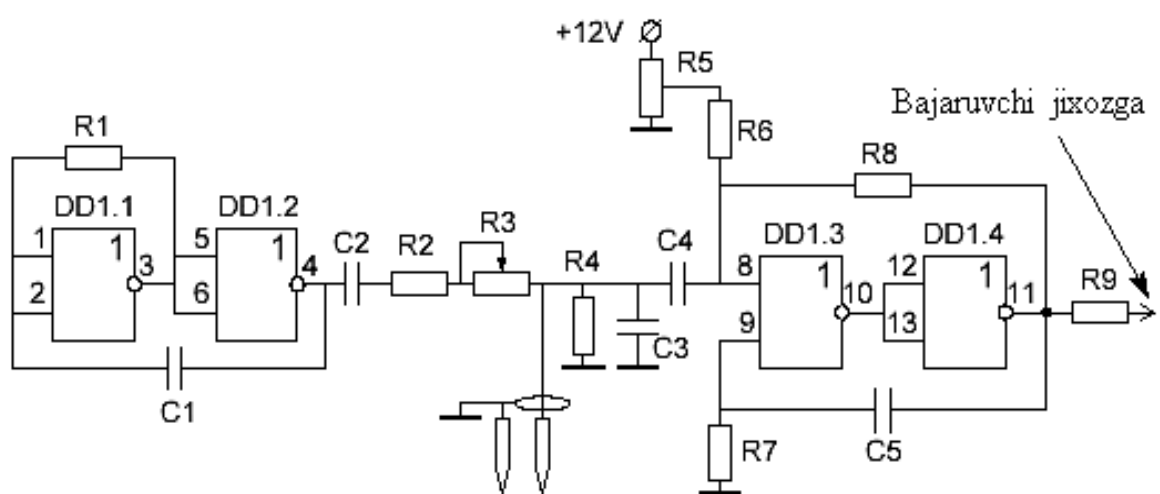
O'O'lar vazifasi va ishlash tamoyiliga ko'ra klassifikatsiyalanadi. Vazifasiga ko'ra mexanik, gidravlik, issiqlik, kimyoviy, biologik, pnevmatik va boshqa kattaliklar O'O'lariga bo'linadi. O'lchanayotgan noelektrik kattalik unga proporsional bo'lgan EYUK yoki tokka o'zgartiriladi. Ularga elektromagnit, induksiyali, termoelektrik (termojuftliklar) p'ezoelektrik va galvanomagnit O'O'lari kiradi. Parametrik O'O'larda o'lchanayotgan kattalik qarshilik, induktivlik, o'zaro induktivlik va sig'im kabi elektr zanjirining parametrlariga o'zgartiriladi. Ularga elektromagnit (induktiv, transformator va magnit qisiluvchi), termorezistor, optoelektrik (fotorezistorlar, fotodiodlar va fototranzistorlar), elektrokimyo (elektrolitik), rezistiv va elektrostatik O'O'lari kiradi[16,17].



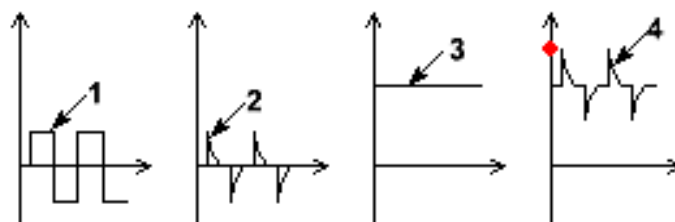
## 8.2. Tuproq namligini o'lchash usullari va asboblari.



8.1-rasm. Tuproqning namligini(uning qarshiligi orqali) o'zgaruvchan tokda o'lchashning sxemasi.



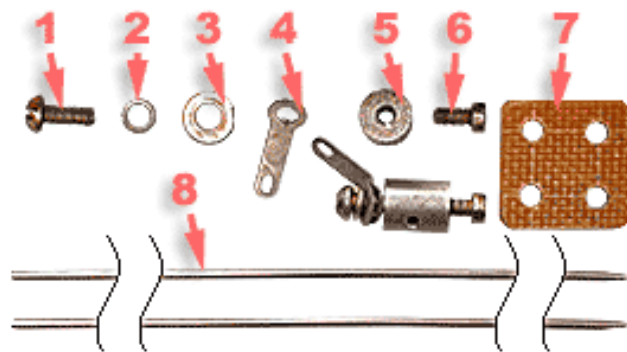
8.2-rasm. Tuproqning namligini(uning qarshiligi orqali) o'zgaruvchan tokda o'lchashning elektron boshqarish sxemasi.



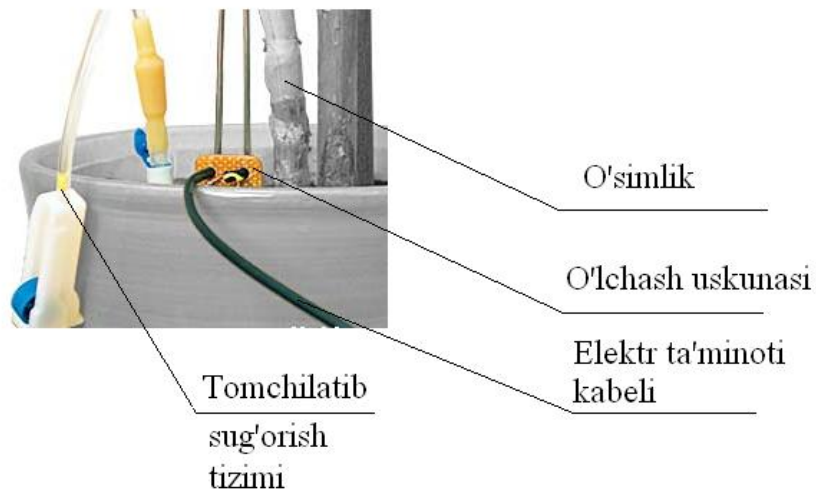
8.3-rasm. Aniq impulslarning shakllanish jarayonlari(dastlab 1-holat, so'ngra 2,3,4 - holatlar kuzatiladi).Ordinata o'qida - kuchlanish va kuchlanish impulsi qiymatlari, absissa o'qida vaqtning qiymatlari joylashgan .



8.4-rasm. Tuproqning namligini(uning qarshiligi orqali) o'zgaruvchan tokda o'lchash uskunasining tashqi ko'rinishi.



8.5-rasm. Tuproqning namligini(uning qarshiligi orqali) o'zgaruvchan tokda o'lchash uskunasi elektrodining tarkibiy elementlari(1-vint(murvat)-M3x8; 2- grover M3; 3- shayba M3; 4- yaproqcha(lepestok) M3; 5- Po'latli vtulka  $\varnothing 8 \times 10$  mm; 6- vint(murvat)-M3x6; 7- oynatekstalitli taxtacha  $s=2$  mm; 8- zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan elektrod  $\varnothing 1,6 \times 300$  mm.



8.6-rasm. Tuproqning namligini(uning qarshiligi orqali) o'zgaruvchan tokda o'lchash uskunasining ish jarayonidagi tasviri.

### 8.3. Suyuqlik sathini o'lchash va avtomatik nazorat qilish vositalari

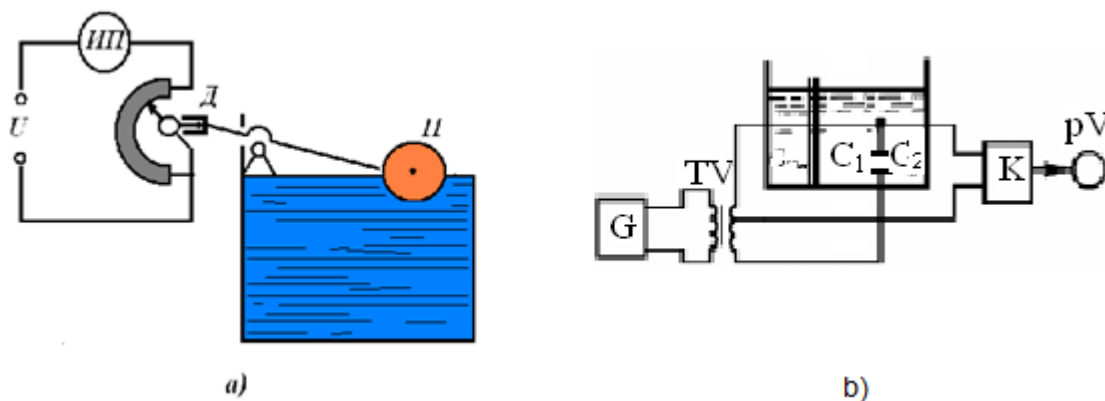
Suyuqlik va to'kiluvchan(donador) materiallarning sathini o'lchash texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda eng ko'p echiladigan va muhim masalalardan biridir. Chunki texnologik jarayonlarning to'g'ri kechishini nazorat qilish, zarurat bo'lganida sathning bir xilligi(o'zgarmas bo'lishini) ta'minlash, baklar va idishlardagi suyuqlikning miqdorini aniqlash imkonini beradi.

#### O'lchanadigan materiallar xossalarini va ushbu maqsad uchun qo'llanadigan sath datchiklarining konstruksiyasini aniqlash.

Suyuqliklar sathini o'lchash bo'yicha oddiy asbob ko'rsatuvchi oynalar, ya'ni tutash idishlar kabi ishlaydigan elementlar qo'llanadi.

O'lchashlarning usuli bo'yicha sath o'lchagichni beshta asosiy guruhga ajratish mumkin: qalqovuchli, gidrostatik sath o'lchagich, ularning ishlashi suyuqlik qatlaminig statik bosimi yoki sathlar farqini o'lchashga asoslangan; turli rusmdagi elektrli, radioizotopli va ultratovushli sath o'lchagich.

Qalqovuchli sath o'lchagich (8.7-rasm,a) jihozining soddaligi uchun ham keng tarqalgan. Ularining asosiy elementi bo'lib ichi bo'sh idish ko'rinishiga ega suyuqlikning yuzida suzib yuruvchi P qalqovich xizmat qiladi.



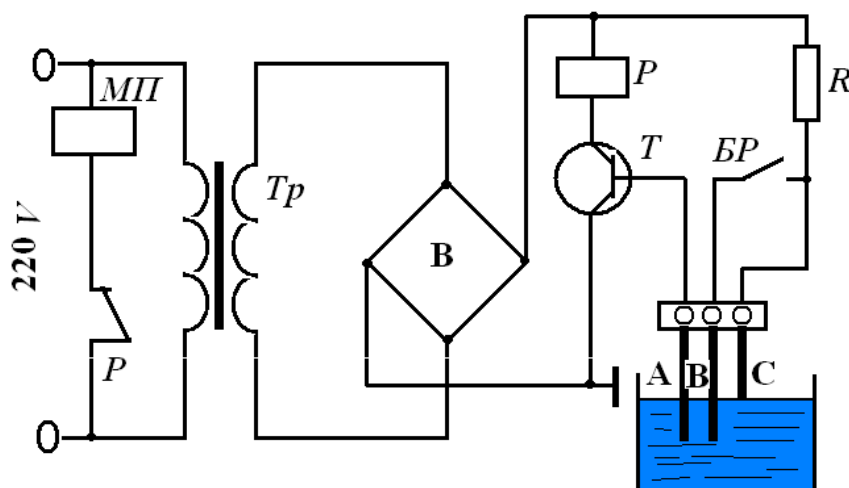
8.7-rasm. Sath o'lchagichlarning sxemalari:  
a — qalqovuchli reostati bilan; b — sig'im datchikli.

Qalqovich D potensimetning surgichi bilan mexanik bog'langan. Qalqovich holatini o'zgartirganida D potensimetr surgichining siljishi yuzaga keladi va shkalasi sathning o'lchov birligida darajalangan IP asbobning kuchlanishini o'zgartiradi.

Sig'imli sath o'lchagichlarning ishlashi o'lchanayotgan muhitga tushirilgan kondensator sig'imining cheklanishiga asoslangan. Sig'imli sath o'lchagichning sezgir elementi bo'lib (8.7-rasm,b) suyuqlik sathi o'zgariganida o'zining sig'imini o'zgartiradigan kondensator hisoblanadi. Sezgir element (datchik) 1 izolyatsiali material bilan qoplangan 2 metalli sterjendan(elektroddan) iborat. Aniqlash muhiti ichiga joylashtirilgan, suyuqlikning h sathiga bog'liq, idishning devorlari bilan birgalikdagi sig'imi kondensator hosil qiladi.

**Ultratovushli sath o'lchagichlarning** ishlash tamoyili tovushli to'lqinlarining suyuqlik - havo (gaz) chegarasidan ortga qaytishiga asoslangan. Mazkur holatda suyuqlikning sathini aniqlashda kattaliklari uzatish va qabul qilish oraliqdagi impuls vaqti o'lchanadi.

Sathning konduktometrik datchiklari ishlashi (yoki elektrodli sath o'lchagich), ularda, jismlar ichida turli sathlarga botirilgan elektrodlar ikkilamchi asbobga signal uzatadi, sathning datchiklari elektro'tkazuvchan suyuqlik orqali (8.8-rasm) elektrli zanjirini berkitish yoki ajratishga asoslanib ishlaydi.



8.8-rasm. Elektrodli datchiklarga ega bo'lgan sath rostlagichi.

Sath rostlagich datchiki uchta A, B, C, elektrodli bloklar ta'minot va boshqarish (pasaytiruvchi Tr transformatorni ulovchi, Vr to'g'irlagich, MP magnitli ishga tushirgich, R elektromagnitli rele va T tranzistor) va nasosning elektr yuritkichi (elektromotor(yuritkich) sxemada ko'rsatilmagan) kabi elementlaridan iborat. Sathning yuqorigi chegarasi - C, pastkisi — A, B elektrodli. Agarda suvning sathi C elektrodidan pastda bo'lsa, tranzistor bazasiga kuchlanish uzatilmaydi va rele R ulanadi(yoqiladi). Bunda MP magnit ishga tushirgich g'altagi rele R ajratuvchi kontakti orqali ta'minot oladi, nasosning motor(yuritkich)ini ulaydi va suvning sathi ortadi. Suyuqlikning S elektrod bilan tegish onda tranzistor

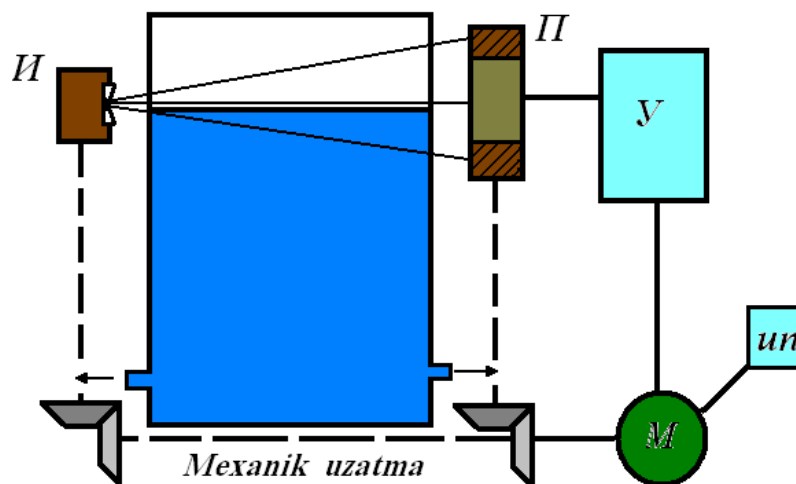
bazasining zanjiri berkiladi(qisqa tutashadi) va rele ulanadi. Uning blok-kontakt BR qo'shiladi, magnitli ishga tushirgichning ajratuvchi kontakti esa R orqali ta'minot zanjirini ajratadi, u o'z vaqtida nasosning motor(yuritkich)ini tarmoqdan uzadi. Qachonki suvning sathi A, B elektrodlargacha tushganida, tranzistor bazasining zanjiri yana ajraladi, rele o'chiriladi. Unda motorining(yuritkichning) magnitli ishga tushirgich ajratuvchi kontakti yoqiladi va davr(sikl) takrorlanadi.

Gidrostatik sath o'lchagichda suv ustunining statik bosimi o'zgarishiga bog'liq ravishda sathni o'lchashadi. Bu kabi sath o'lchagichlarning bir qator membranali va silfonli turlari tuzilishi mavjud.

Qochiq idishalar va kanalizatsiyalar suv ta'minoti tizimi suv sathini o'lchash uchun mo'ljallangan sathlarning TU-2-AKX teleo'lchash tizimi ishlab chiqilgan. O'lchash sathning suv ustunining gidrostatik bosimi ta'sirida silfon ko'rinishdagi sezgir elementning siljishiga asoslangan. Fotoelektronli rostlagich FER-1-AKX bilan birgalikda telesath o'lchagich suvning sathini avtomatik rostlash imkonini beradi.

To'kiluvchan(donador) va bo'lak-bo'lak(parsha-parsha) materiallarning sathini o'lchash ancha qiyin, chunki ular gorizontal yuza bilan sig'im hosil qiladi, o'zini tutishi Paskalning qonuniga mos kelmaydi, ushbu materiallar devorlar yonida yopishib qolishi yoki suvning oqimiga g'ov hosil qilishi mumkin, ba'zida bu kabi qalin materiallar devori orqali signallar(xabarlar) o'tmaydi, yuklash(to'latish) va yuksizlashda(bo'shatishda) datchiklar nosoz holatga kelishi mumkin.

Ko'rsatilgan qiyinchiliklar bu kabi datchiklarni yaratishda foydalanish mumkin bo'lgan prinsiplar sonining cheklanishiga olib keladi. Radioizotopli sath o'lchagichlarning ishlash tamoyili turli zichlikdagi jismlarning  $\gamma$  -nurlarni yutishiga asoslangan. Havoga qaraganda suyuqlikda, nurlanishning iste'molchisi tomonidan qaydlanadigan,  $\gamma$  - nurlarning yutilishi sezilarli darajada katta(ko'p) bo'lganligi uchun ham, suyuq yoki qattiq to'kiluvchan jismlarning sathi haqida xulosa qilinadi.



8.9-rasm. Radioizotopli satho'lchagichning tamoyilli sxemasi.

$\gamma$  - nurlanishlarini qo'llash to'kiluvchan material yoki suyuqlikning ular bilan bevosita kontakt qilmasdan ham sathini o'lchash imkonini beradi. Kuzatuvchi tizimlar eng aniqqlaridan hisoblanadi. Bu kabi tizimlar  $\gamma$  - nurlanishlarining manbaasi bo'lib (8.9-rasm) So 60 yoki Ss137 hisoblanadi.  $\gamma$ -nurlanishlarning manbaasi va iste'molchisi P to'kiluvchan material yoki suyuqlikning sig'imi bilan bir-biriga nisbatan diametral qarama-qarshi joylashadi.  $\gamma$  - nurlanishlarning oqimi, iste'molchiga kelib tushib, unda tok hosil qiladi. Bu tok U kuchaytirgich bilan kuchaytiriladi va reversiv motor(yuritkich) M ga uzatiladi, mazkur jihoz mexanik uzatma orqali bir vaqtning o'zida manbaa va iste'molchi nurlanishini vertikal(tik) o'q bo'yicha shunday siljitadiki, ular aynan bir sathda bo'ladi. Motorning(yuritkichning) aylanishi shunday yo'naltirilganki, aynan manbaa va iste'molchi, muhitlar sig'imi  $\gamma$  - nurlanish oqimini to'sib qolgunga qadar, tushirilsin. Bu esa iste'molchining tokini kamaytiradi, va kuchaytirgich dvigatelni(motorni) reverslash uchun buyruq beradigan ta'sirni uzatadi. So'ngra ushbu manbaa va iste'molchi yuqoriga,  $\gamma$ -nurlanishlarning oqimi muhit sig'imidan chiqib ketganicha va iste'molchiga tushgunga qadar, motor(yuritkich) teskari tomonga aylanib boshlaydi. Motorning(yuritkichning) vali(o'qi) orqali reduktor ko'rsatkich bilan bog'langan, bu esa sig'imning to'lganligi haqida vizual(ko'rinuvchi) axborotga ega bo'lish imkonini beradi.

To'kiluvchan(donador) materiallar sathining datchikini ikkita sinfga(klassga) ajratish mumkin. Birinchi klass datchiklari sig'imdagi material sathini uzluksiz kuzatish uchun mo'ljallangan. Ikkinchi

klassga, to'kiluvchan(donador) materialning berilgan sathga erishganida signal(xabar) beruvchi datchiklar kiradi.

Ikkinchi klass datchiklarini ko'pincha sathning relesi deb atashadi. Materialning sathi berilgan qiymatga erishganida ular signal(xabar)lar beradi.

Suyuqlikning turli elektrli xossalari sathning kattaligiga mos ravishdagi o'zgartirishga asoslangan sezgir elementlariga ega elektrli sath o'lchagich asboblarning katta guruhini tashkil qiladi. Elektrli sath o'lchagichlarda elektrodli jihozlar eng ko'p ishlatiladi.

### **Nasos stansiyasidagi idishda suvning sathni nazorat qilish tizimi**

Ikki(qo'shsha) kanalli FO303.2 o'lchagich-rostlagichi, qalqonli programmalanadigan(dasturlanadigan), o'lchash va rostlash kirish kattaliklar ko'rinishda signallar o'zgarmas tokni, kuchlanishni yoki temperaturani tashqi termoo'zgartirgich qarshilik(TS) va termoelektrik o'zgartirgich (TP)yordamida, shuningdek, «kirish-chiqish» o'lchanadigan kirish kattaliklar belgilangan bir kanal bo'yicha o'lchash (kirishga) uzliksiz chiquvchi unifitsirlangan analogli signalga o'zgartirishga mo'ljallangan raqamli asbobdir.

Turli hil datchiklar va o'lchagich o'zgartirgichlarini birgalikda qo'llash bilan, FO303.2 rusumdagi o'lchagich rostlagich boshqa kattaliklarni o'lchash va rostlashda foydalanilishi mumkin, aynan: bosim, quvvat, ko'pincha, namlik, sath va boshqalar.

FO303.2 o'lchagich-rostlagichdan adapter - qaydlagich AD4 bilan foydalanishda barcha o'lchashlarni qaydlash mumkin. O'lchagich-rostlagichning kommutatsiyalovchi jihozi ikkita qayta uzib-ulgich elektromagnitli reledan tashkil topadi, ularning har biri programmali har qanday kanallardan o'lchashga mo'ljallangan. FO303.2 o'lchagich-rostlagichni programmalash asbobning old panelida joylashgan boshqarish tugmachalari orqali, hamda, shuningdek, RS485 interfeysi bo'yicha programmali amalga oshiriladi.

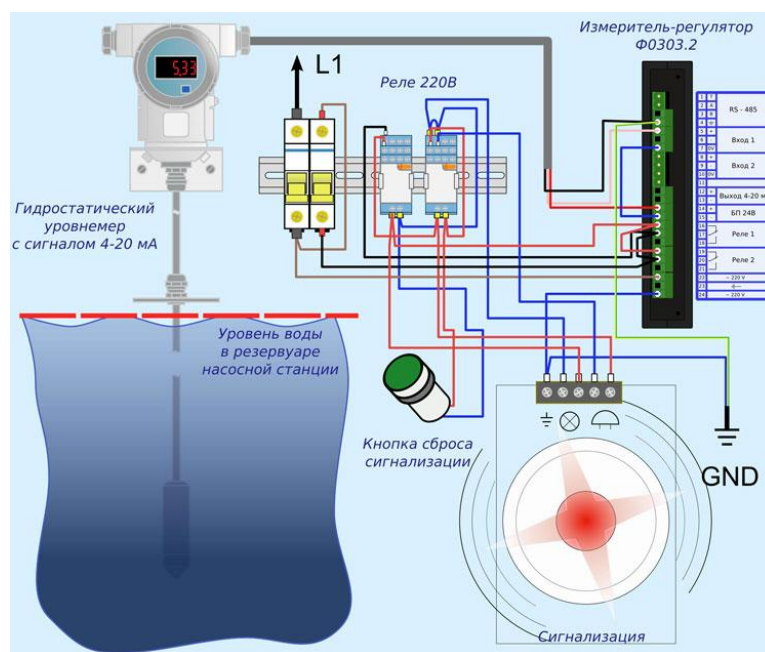
FO303.2 o'lchagich-rostlagichdan foydalanishni quyidagi misol orqali namoyish qilish mumkin:

Suv ta'minotini avtomatlashtirishning asosiy vazifasi bo'lib iste'molchilarga etkazilayotgan suvning bosimini ta'minlash hisoblanadi. Buni amalga oshirish uchun turlicha usullar qo'llanadi:

Suvning naporini nasos vujudga keltirishi mumkin, kuzatuvchi avtomatik tizim orqali suvning bosimi nasosning chiqishida o'rnatilgan bosim datchigi yordamida boshqarish amalga oshiriladi;

chegaralangan balandlikda joylashgan, naporli idishga suvni haydab napor hosil qilish mumkin, va idishga suvni davriy ravishda haydab undagi suvning sathini ushlab turish mumkin.

Avtomatika sxemasi uchun o'lchash va avariya signalizatsiya sathning oxirgi tavsiya etilgan variantlarning biri bo'yicha sathning o'lchanishi va avariya signal berish uchun avtomatik boshqarish sxemasi 8.10-rasmda tasvirlangan:



8.10-rasm. Nasos stansiyasining suv xavzasidagi sathni nazorat qilish tizimining tasviri.

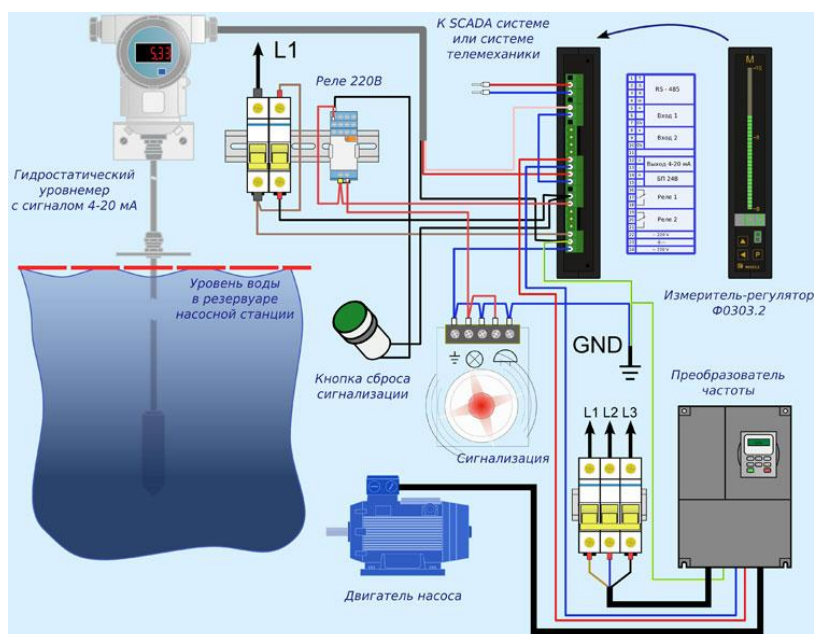
Mazkur sxema PTOKX «llinskoe» (Podmoskove)da o'rnatilgan VNS-9 rusumli suv nasos stansiyasining bir qismidir. Ushbu tizimning asosi bo'lib tor profilli FO303.2. o'lchagich - rostlagich qo'llanadi. Asbob chiziqli nurdiodli shkala bilan ta'minlangan, bu shkala idishdagi suvning staxini indikatsiyali tarzda nazorat qilish uchun juda qulaydir.

Sath idishda o'rnatilgan gidrostatik bosim datchiki yordamida o'lchanadi. Datchik o'lchagich — rostlagichning kirishiga kelib tushadigan 4-20 mA li tokli signallarni ishlab chiqaradi. Sath datchigi o'lchagich-rostlagich ichkarisida o'rnatilgan 24 V li ta'minot manbasidan ta'minlanadi.

FO303.2 rusumli o'lchagich-rostlagichda 2 ta ishga tushish ustavkasiga mo'ljallangan 2 ta relely kanal chiqishi mavjud — suvning quyi sathidagi avariya va yuqori sathidagi avariya. Sathning ruxsat etilgan chegaradan chiqishi hodisasida, o'lchagich-rostlagichning 1- yoki 2- relely chiqishi nurli va tovushli signallar(xabarlar)ni berishi uchun ishga tushadi.



Signalni(xabarni) uzish tashqi tashlab yuborish to'g'machasi orqali bajariladi. Asbobdan yanada to'liqroq foydalanish uchun 8.II-rasmda tavsiya qilingan sxema orqali ulanish mumkin:



8.II-rasm. Nasos stansiyasining suv xavzasidagi sathni nazorat qilish takomillashtirilgan tizimining tasviri.

Mazkur sxemaning ilgari sxemadan farqi asbob ustavkasini gisterezisning U-simon tavsifli holatidan foydalanib boshqarish hisoblanadi. Bu holat 2- releyli chiqishni erkinlashtirish imkonini beradi, masalan ikkinchi kanal orqali qishki vaqtda javondagi ishchi haroratni ushlab turish uchun qizdirgichni ulashda foydalanish mumkin.

Ob'ektni telemexanika yoki SCADA-tizimi bilan FO303.2 o'lchagich-rostlagichga bog'lash uchun asbob RS-485 rusumli interfeys bilan jihozlanishi mumkin. Idishga suv uzatuvchi nasosni boshqarish uchun o'zida qo'shib o'rnatilgan PID- rostlagichli 3-fazali aylanish tezligi o'zgartirgichidan foydalanish mumkin. PID-rostlagichning kirish uchun signal FO303.2. o'lchagich — rostlagichning 4-20 mA li analogli chiqishidan uzatiladi.

SCADA (supervisory control and data acquisition, dispatcherlik boshqaruvi va ma'lumotlarni yig'ish).

#### 8.4. Tuproqning qattiqligi va zichligini o'lchash asboblari. Areometrlar.

8.1-jadval

- Ba'zi qattiq jismlarning to'kilishdagi zichligi

T/r	Qattiq jism	To'kilishdagi zichlik, kg/m <sup>3</sup>
1	Shag'al	1500-1700
2	Nam yer(tuproq)	1900-2000
3	Quruq yer(tuproq)	1400-1600
4	Kul	400-800
5	Quruq torf	325-410
6	Torfli ushaq	100-250

#### Areometrlar

- Areometr – suyuqlikning zichligini, solishtirma og'irligini o'lchaydigan asbob.

#### Radioizotopli zichlik o'lchagichlar

• Oxirgi vaqtda radio aktiv izotoplardan foydalanadigan zichlik o'lchagichlardan foydalanish keng yoyilmoqda. Radioizotopli zichlik o'lchagichlar yordamida har qanday bosim hamda haroratdagi quvur ichida ifloslangan suyuqliklar va pulp(cho'kma)larning zichligini o'lchash mumkin. Bu kabi o'lchashlarni boshqa usullar bilan amalga oshirib bo'lmaydi.

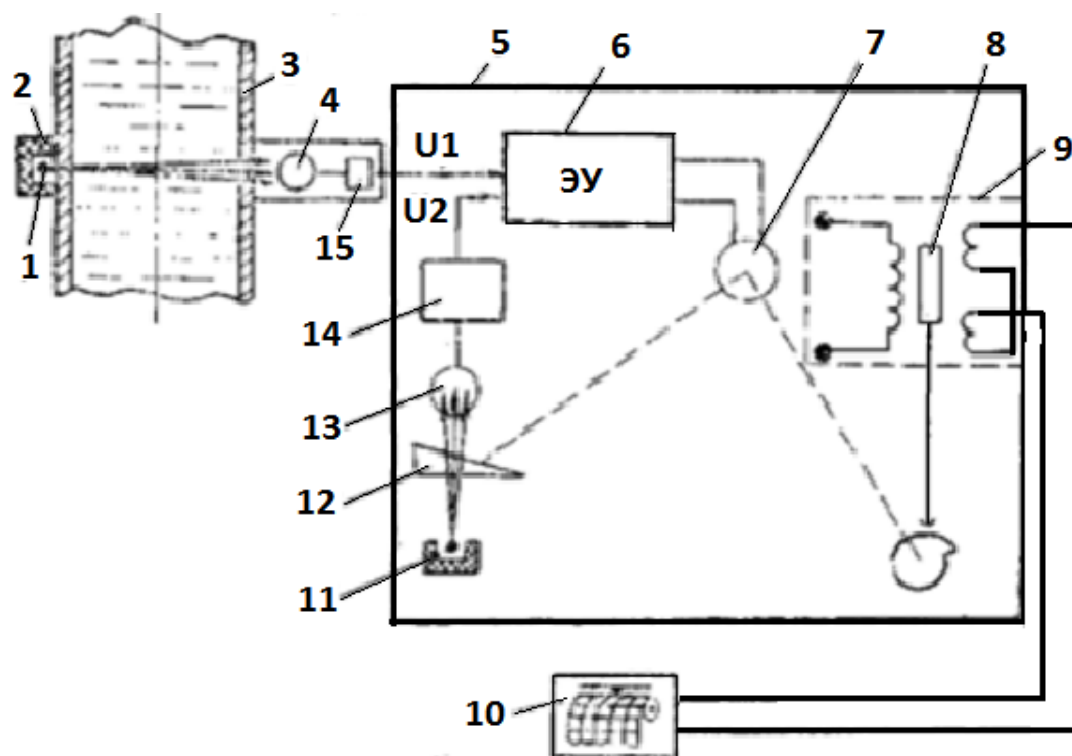
• Mazkur zichlik o'lchagichlarning ish tamoyili shunga asoslanganki, bunda nazorat ob'ekti orqali o'tayotgan muhit zichligining funksiyasi bo'ladi. Suyuqliklar va qattiq jismlar zichligini o'lchashda  $\beta$ - i u-nurlanishlardan foydalaniladi, gazsimon muhitning zichligini o'lchashda  $\alpha$ -nurlanishdan foydalaniladi. Radioizotopli zichlik o'lchagichlarida seziy-137, stronsiy-90, kobalt-60 va boshq. qo'llaniladi. Gaz razryadli ssintillyasiali hisoblagichlar, ionlashtiruvchi kamera va boshq. nurlanish manbasi hisoblanadi. Sanoatda quvurdan uzliksiz oqayotgan suyuqlikning zichligini kontaktsiz o'lchaydigan Radioizotopli zichlik o'lchagichlar keng tarqalgan. Zichlikni o'lchash uchun nurlanish manbasi va qabul qilgich quvurning qarama-qarshi tomonida bir o'qda joylashtiriladi.

- Nazorat ob'ekti (*suyuqlikli quvur*) dan o'tgan hamda qabul qilgichda qaydlangan u-nurlanishning jadalligi, suyuqlikning zichlik funktsiyasi va unda nurlarning yutilish koeffitsienti hisoblanadi.

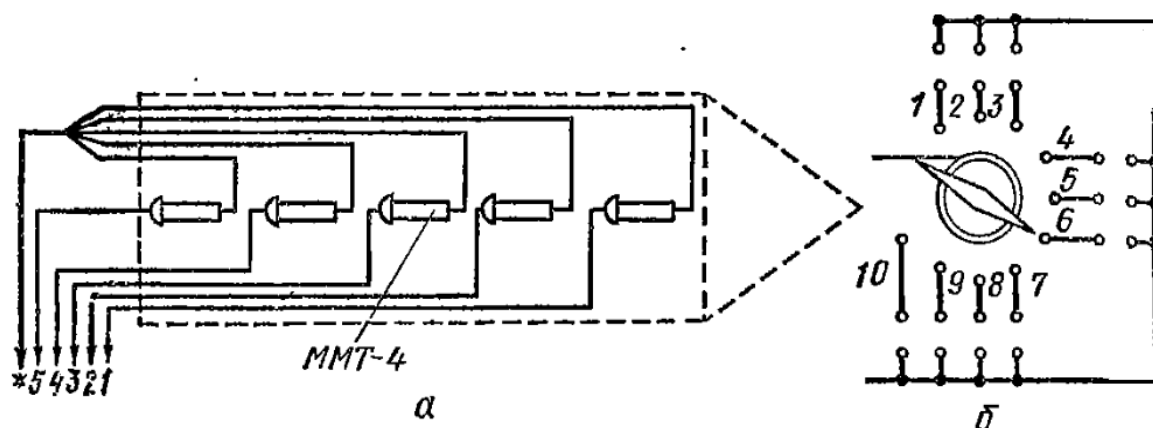
- **PJR** rusumli radioizotopli zichlik o'lchagichning asosiy manbasi 2 qo'rg'oshinli kojuxning (g'ilofning) ichida quvurli o'tkazgichi 3 da joylashgan. Quvurning qarama-qarshi tomonida 4 nurlarni qabul qilgich joylashtirilgan. Qabul qilgich va 1 nurlatkich manbasidan yuborilgan signal 5 nurlanishning jadalligiga proporsional bo'lgan U1 o'zgarmas kuchlanishga o'zgartiriladi.

- Bir vaqtning o'zida II kompensatsion manbaning nurlanishi rostlovchi pona 12 orqali o'tadi hamda boshqa nurlarni qabul qilgich 13 tomonidan qabul qilinadi. 14 blok II kompensatsion manbaning nurlanishi signalini rostlovchi pona 12 ga bog'liq bo'lgan 2-o'zgarmas kuchlanishga o'zgartiradi. 15 va 14 bloklarning o'zgarmas kuchlanishlari 6 kuchaytirgichning kirishiga beriladi, va ular bu yerda o'zaro taqqoslanadi. Farq signali  $\Delta U = U1 - U2$  kuchaytirgich orqali 7 reversli yuritkich (motor) ga beriladi. Ushbu motor rostlovchi pona 12 va 9 differentsial-transformatorli o'zgartirgichning 8 o'zagini siljitadi. Farq signali  $\Delta U = U1 - U2$  nolga tenglashmaguncha pona 12, undagi u-nurlanish yutilishini nazorat qilinayotgan suyuqlikda nurlanish yutilishiga teng kelmaguncha siljitolaveradi. Radioizotopli zichlik o'lchagichining komplekt (jamlanma) sig'a 5 elektronli blok hamda shkalasi zichlikning birligida darajalangan differentsial-transformatorli tizimning ikkilamchi asbobi 10 kiradi.

- Hozirgi vaqtda radioizotopli zichlik o'lchagichlarning **PJR, PR** rusumlari va boshq. ishlab chiqiladi.

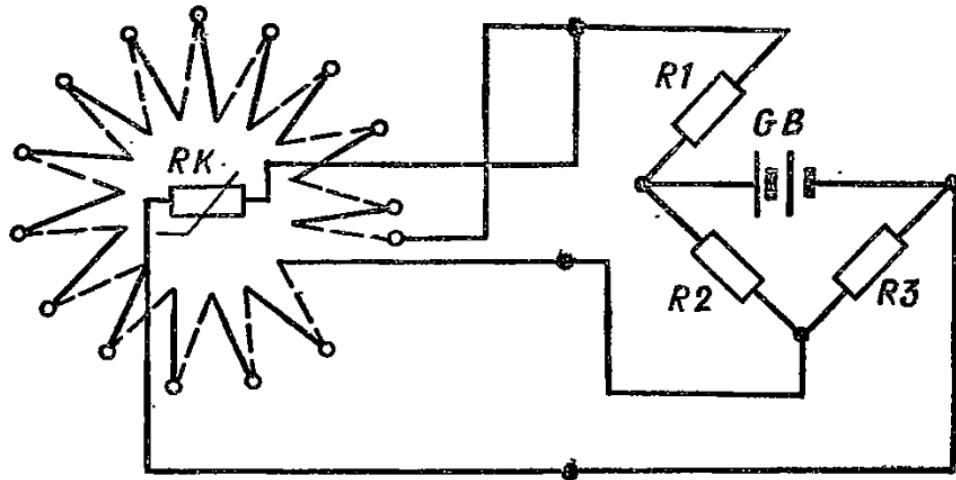


8.12-rasm. **PJR** rusumli radioizotopli zichlik o'lchagichning tamoyilli sxemasi.  
**Tuproq haroratini o'lchash uchun asbobi**



8.13-rasm. Tuproq haroratini o'lchash uchun asboblari:  
 a-shtanganli sterjenda termorezistorlarning ulanish sxemasi;  
 b-qarshilik termometrlarini ulab-uzish sxemasi.

## Tuproqning o'rtacha haroratini o'lchash asbobining sxemasi



8.14-rasm. Tuproq o'rtacha haroratini o'lchash asbobining sxemasi

### Nazorat savollari

1. Suyuqlik sathini o'lchash va avtomatik nazorat qilish vositalari haqida nimalarni bilasiz?
2. O'lchashlarning usuli bo'yicha sath o'lchagichni nechta asosiy guruhlarga ajratish mumkin?
3. Tuproqning qattiqligi va zichligini o'lchash asboblari haqida nimalarni bilasiz?
4. Qattiq jismlarning to'kilishdagi zichligi haqida nimalarni bilasiz?
5. Areometrlar vazifasi va turlari?
6. Radioizotopli zichlik o'lchagichlar.
7. **PJR** rusumli radioizotopli zichlik o'lchagichning tamoyilli sxemasi haqida nimalarni bilasiz?
8. Tuproq haroratini o'lchash uchun asbob sxemasini chizib tushintiring.
9. Tuproq o'rtacha haroratini o'lchash asbobining sxemasigai misol keltiring.

## **II bob. 9-mavzu.**

### **SUYUQLIK VA GAZ SARFINI O'LCAYDIGAN ASBOBLAR.**

Reja:

9.1. Umumiy ma'lumotlar va klassifikatsiyasi(tasniflanishi).

9.2. Mexanik sath o'lchagichlari.

9.3. Sathni o'lchashning gidrostatik vositalari.

9.4. Sathni o'lchashlarning elektr vositalari.

9.5. Radioizotopli, radioto'lqinli va akustik sath o'lchagichlari.

#### **9.1. Umumiy ma'lumotlar va klassifikatsiyasi(tasniflanishi)**

Texnologik apparat ishchi muhiti – suyuqlik yoki to'kiluvchan(donador) jismlar bilan to'ldirilish balandligiga sath deyiladi. Ishchi muhitdagi sath texnologik parametr bo'lib, u haqidagi axborot texnologik apparatning ish rejimini nazorat qilish uchun, ba'zi bir hollarda esa ishlab chiqarish jarayonini boshqarish uchun zarurdir.

Sathni chegaralashning zamonaviy usullari va ulardan foydalanishga asoslangan jihozlar turli - tumandir.

Sath o'lchagich quyidagilarga bo'linadi: sathni uzliksiz o'lchash asboblariga, yoki sathning ko'rsatkichlari, va indikatorlari, yoki signalizatorlariga. Uzliksiz nazorat qilishga mo'ljallangan sathning o'lchagichlari texnologik sig'implarda sathning tezkor o'zgarib turishida ishlatiladi. Sathning signalizatorlari(xabar bergichlari) diskretli o'lchashlarni bajarish uchun bir yoki bir nechta aniq belgilangan(fiksatsiyalangan) holatini aniqlashda sezgir elementlar o'rnatish joyida ishlatiladi. Texnologik jarayonlarni avtomatik rostlash va boshqarish tizimlarida sathni ko'rsatkichlari va signalizatorlari(xabar bergichlari) birlamchi axborot datchiklari sifatida keng foydalaniladi.

Ishlash tamoyili bo'yicha asboblar sathni o'lchash uchun va signal(xabar) beruvchi quyidagi guruhlarga bo'linadi: mexanicheski(qalqovichli, membranali, kontaktli-mexanikli); gidrostatik, elektrli, radioizotopli, radioto'lqinli, akustik, og'irlikli va boshq.

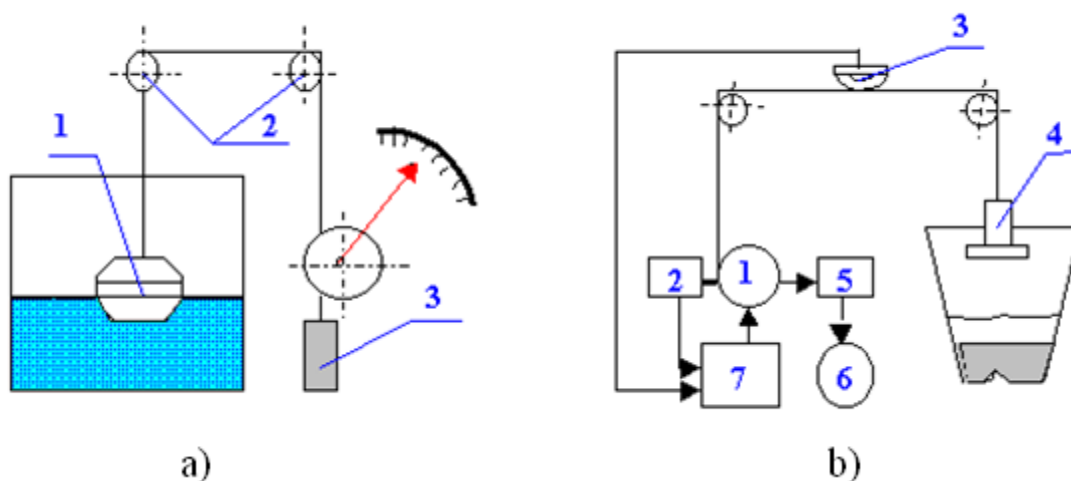
O'lchash diapazoni(poyoni, kengligi) bo'yicha: o'lchash chegaralari 0-20 m li keng poyonli sath o'lchagichlari va o'lchash chegaralari - 0 -  $\pm 100$  mm yoki 0 -  $\pm 450$  mm tor poyonli[16,17].

## 9.2. Mexanik sath o'lgagichlari

Mazkur guruh sath o'lgagichlari va signalizatorlari(xabar bergichlari) o'zlarining soddaligi(oddiyli), ishonchiligi va narxining arzonligi uchun ishlab chiqarishda keng tarqalgan. Mexanik asboblarga guruhiga o'lchanayotgan materialning sezgir elementga mexanik ta'sirdan foydalanib ishlaydigan jihozlar kiradi. Mexaniklarga qalqovichlilar kiradi – eng keng tarqalganlari - membranali asboblarga, shuningdek, lotoli aylanma va boshqalar.

Qalqovuchli(buyokli) sath o'lgagich. Qalqovuchli va buyokli sath o'lgagichlarning (RM-51, UDU-10, DUJE-200M, UB-P va boshqa. rusumli) ishlash tamoyili suyuqlikka botirilgan qalqovuch (buyok)ning itarib chiqaruvchi kuchlar ta'siridan foydalanishga asoslangan.

Bu kabi sath o'lgagichlarning sezgir elementi bo'lib(9.1-rasm,a) suyuqlikka botirilgan qalqovuch (buyok) I hisoblanadi.



9.1-rasm.Qalqovuchli(a) va kontaktli-mexanik sath o'lgagichlarning tamoyilli sxemasi.

Sathni o'zgartirib qalqovuch (buyok), siljish o'zlatish tizimi 2 orqali o'zgartiruvchi element va o'lgagich asbob bilan qabul qilinadi. Qalqovuch (buyok) kontryuk(aksilyuk) 3 bilan muvozanatlanadi. Qalqovuch(buyok)ning siljishini signal(xabar)ga o'zgartirish "kuch-bosim" va "kuch-tok" unifikatsiyalangan o'zgartirgichi - axborot o'lgagichi yordamida amalga oshiriladi. Buyokli (qalqovuchli) vositalar o'lchashlarni sathning ishchi muhit harorati  $-40$  dan to  $+400$  °C gacha va ishchi muhit bosimi 16 MPa gacha, aniqlik sinflari 0,0 va 1,5 bo'ladi.

Sathning membranali signalizatori(xabar bergichi), rezina singdirilgan matodan tayyorlangan, markazida qattiq metalli disk mavjud, egiluvchan membranadan iborat. Materialga ta'sir etuvchi bosim kuchi egiluvchan membranani siljitadi. Bu siljish mikropereklyuchatelning elektrli kontaktlarini qayta uzib-ulanishiga olib keladi.

Keng poyonda – bir necha o'nlab metrgacha o'zgaradigan kontaktli – mexanik(lotovoy) sath o'lchagich sathning to'kiluvchan(donador) materiallarning sathini o'lchash uchun qo'llaniladi. Lotovoy jihozlarda sath uzluksiz yoki davriy nazorat qilinadi, materialning sirtida joylashgan yuk(lota) yordamida. Sath o'lchagichning asosiy qismi bo'lib 1 elektromexanik lebyodka (9.1-rasm,b), 2 elektrotormozli, aylanishi elektr yuritkich bilan yurgiziladigan.

Silindrsimon lebyodkaning barabaniga, o'zida yuk (lot) 4 osilgan tros o'raladi. Val bilan baraban orqali mexanik reduktor, 5 selsin-datchik, selsin-iste'molchi bilan elektrli ulangan 6 ikkilamchi asbob ham ulanadi. O'zida yuk osilgan tros, yo'naltiruvchi roliklar orqali o'tadi, shuningdek, qurilmaning sezgir elementi bo'lgan trosning 3 rolik-relesi orqali ham o'tadi. Boshqarish o'zida boshqarishning barcha to'gmachalarini(releyli sxema, vaqt relesi, shuningdek, signalli(xabar beruvchi) armatura) joylashtirgan 7 boshqarish bloki orqali amalga oshiriladi. Do nachala o'lchash boshlanguniga qadar yuk bunkerda yuqorigi belgilangan holatda bo'ladi. Zarurat bo'lganida o'lchash "Pusk" ("YDqish") tugmachasini bir karrali bosish orqali bajariladi. So'ngra to'liq davr davomida o'lchash avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

O'lchashda lebyodka ulanadi, yuk sathning materialigacha tushiriladi va uning ustida yotqiziladi. Trosning salqilanishi tros relesining ishga tushishini keltirib chiqaradi, u o'z vaqtida elektr yuritkich zanjirini uzadi, va lebyodka to'xtatiladi. Bir necha soniya vaqtni hayallatish orqali, kuzatuvchi tomonidan asbobning shkalasidagi sathning raqamlarni ko'rib olish uchun zarur bo'lgan, yuk ko'tarish lebedkasi ulanadi. Dastlabki holatiga etishi bilan, tugash joyida o'rnatiladigan 8 uzgich yordamida lebyodka to'xtatiladi. So'ngra yangi o'lchash davri boshlanadi.

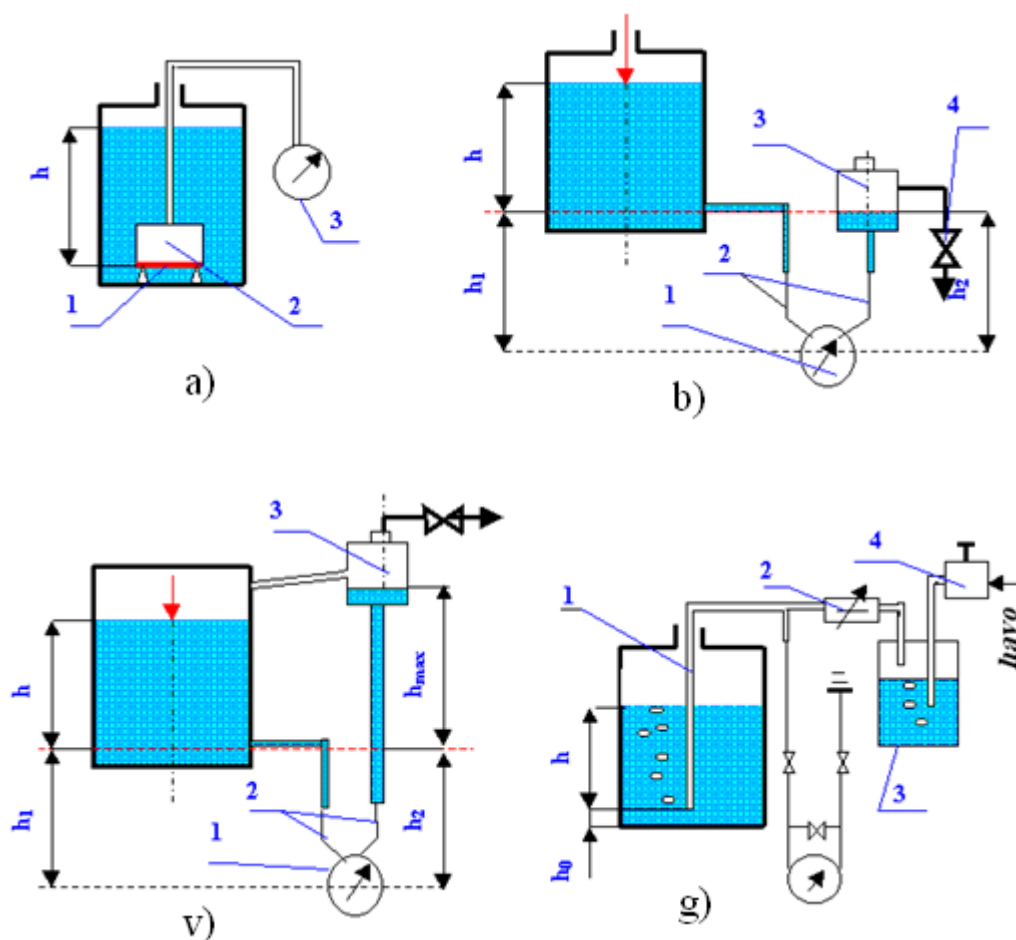
### **9.3. Sathni o'lchashning gidrostatik vositalari**

Turli, shu jumladan agressiv va tez kristallanuvchi, suyuqliklarning sathni o'lchashda gidrostatik asboblari eng asosiy o'rinlardan birini egallaydi. Gidrostatik sath o'lchagichlar bilan sathni o'lchash o'zgarmas(doimiy) zichlikka ega suyuqlik ustunining berayotgan gidrostatik bosimni o'lchash natijasiga olib keladi.



Sath o'lchagich bosim. Sathning o'lchov birliklarida darajalangan monometr bilan gidrostatik bosimni o'lchash, quyida keltirilgan sxemalar bo'yicha amalga oshiriladi(9.2-rasm,a.)

Manometrik tizimining pastki qismida 2 qo'ng'iroq joylashgan, uning tirqishi 1 yupqa elastik membrana bilan, yuqorigi qismi 3 manometr bilan to'silgan. Elastik membranani qo'llash havoning suyuqlikda qorilib(aralashib) ketishiga yo'l qo'ymaydi, ammo, membrananing elastikligi(bikriligi) tufayli sathning cheklanishida xatolik kiritadi. Gidrostatik bosimni o'lchashda mazkur sxemani qo'llash manometr ko'rsatishlarining idishdagi suyuqlikning sathiga nisbatan joylashishiga bog'liq bo'lmasligi hisoblanadi.



9.2-rasm. Gidrostatik sath o'lchagichlar bilan sathni o'lchash schemalari.

Atmosfera bosimi ostida bo'lgan ochiq idishlarning sathini o'lchash (9.2-rasm,b.) rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha amalga oshiriladi. Impulsi naychalar 2 difmanometr 1 orqali idish bilan va muvozanatlovchi 3 idish bilan ulangan. Muvozanatlovchi idish impulsi naychadagi suyuqlikning  $h_1$  statik bosimini kompensatsiyalash uchun mo'ljallangan. O'lchash jarayonida muvozanatlovchi idishdagi suyuqlikning sathi o'zgarmas bo'lishi shart(majbur). Murvat 4 idishdagi (3) sathning o'zgarmas bo'lishini

ushlab turish uchun xizmat qiladi. Impulsli naychalarni va idishni to'latuvchi suyuqliklar zichliklarining tengligida, va  $h_1 = h_2$  shartda bosim farqi faqat idishdagi suyuqlikning  $h$  sathiga bog'liq.

Bosim ostida ishlaydigan asboblarda sathni o'lchashda qo'llanadigan sxema (9.2-rasm,v) rasmda keltirilgan. Mazkur holatda 3 muvozanatlovchi idish sathning maksimal balandligiga mos ravishda o'rnatiladi va asbob bilan ulanadi. Asbobdagi  $P$  statik bosim ikkala impulsli naychalarga ham kelib tushadi, shuning uchun bosimning  $\Delta P$  o'lchanayotgan farqini  $h=0$  da  $\Delta P = \Delta P_{max}$ ,  $h=h_{max}$  da esa  $\Delta P=0$  ko'rinishda tasvirlash mumkin.

Unifitsirlangan tokli yoki pnevmatik signalli difmanometrlardan foydalanilishning ko'rib chiqilgan sxemalarda, agarda idish agressiv suyuqlik bilan to'latilgan bo'lsa, u holda difmanometrni idishga ulanishi ajratuvchi idishlar orqali amalga oshiriladi.

O'zida gidrostatik bosimni o'lchash amalga oshiriladigan, idishni to'latuvchi(to'ldiruvchi) suyuqlikda fiksatsiyalangan(aniq belgilangan) chuqurlikda cho'ktirilgan(botirilgan) naycha ichidan haydaladigan gaz bosimini o'lchash yo'li bilan, sath o'lchagich pezometrik deb nomlanadi. Pezometrik sath o'lchagichning sxemasi (9.2-rasm,g) rasmda keltirilgan. Pezometrik naycha 1 sath o'lchanadigan asbobning ichida joylashtiriladi. Gaz 2 naycha orqali sarfni cheklash uchun xizmat qiladigan drosselga kelib tushadi.

Stakancha 3 gazning sarfini o'lchash uchun xizmat qiladi. Vaqt birligi ichida suyuqlik to'latilgan idish orqali o'tayotgan pufakchalarning sonini sanash orqali sarf aniqlanadi. Bosim v stakanhadagi bosim 4 bosim stabilizatori yordamida o'zgarmas qilib ushlab turiladi. Bosim gaza posle drosseldan keyingi gaz bosimi difmanometr bilan o'lchanadi va sathning o'lchovi bo'lib xizmat qiladi.

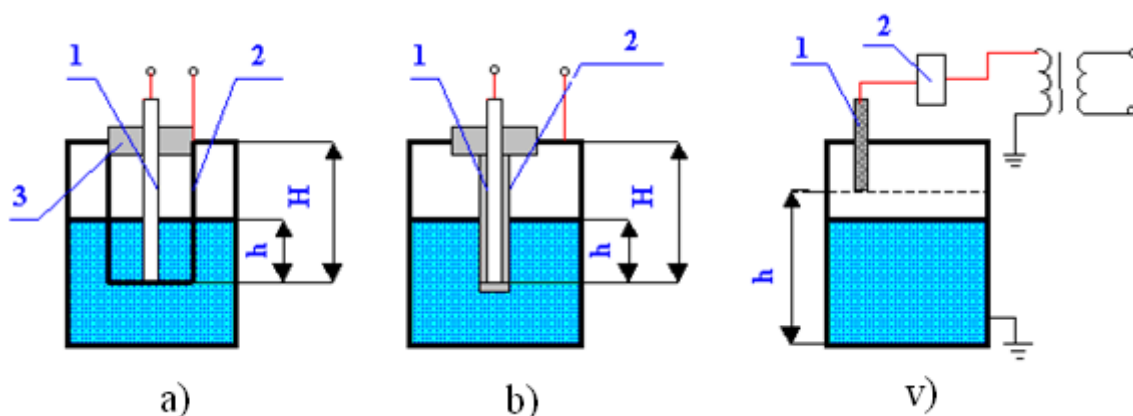
Gaz(havo) uzatilganda pezometrik naychada bosim asta-sekin  $h$  balandlikdagi suyuqlik ustunining bosimiga teng bo'lgunga qadar ortadi. Qachonki naychadagi bosim gidrostatik bosimga teng bo'lsa, naychalarning pastki ochiq qismidan gaz chiqishi boshlanadi. Sarf shunday tanlanadiki, naychandan gaz alohida pufakchalar ko'rinishda ajralib chiqib boshlaydi.

Pezometrik sath o'lchagichlar sathni keng chegaralarda o'lchash imkonini beradi: bir necha o'n santimetrdan 10-15 m gacha. Pezometrik yo'l bilan naychadagi bosimni o'lchashda unifitsirlangan chiqish signalli difmanometr bilan foydalanishda keltirilgan xatolik  $\pm(1,0-1,5)\%$  ni tashkil etadi.

#### 9.4. Sathni o'lchashlarning elektr vositalari.

Sezgir elementining turi bo'yicha sathni o'lchashlarning elektrli vositalari sig'imli va konduktometrik turlariga bo'linadi.

**Sig'imli sath o'lchagich.** Ushbu rusumli sath o'lchagichlarda o'zgartgichning birlamchi o'lchagich elektr sig'imli sezgir elementi bilan suyuqlikning sathi orasidagi bog'lanishdan foydalaniladi. Konstruktsiya sig'imning sezgir elementi s koaksialli joylashgan elektrodlar aniqlashetsya suyuqlikning fizik-kimyoviy xossalari. elektr o'tkazmaydigan(dielektrik) suyuqliklar uchun sezgir elementli sath o'lchagichlarda tegishli rasmda tasvirlangan sxemalardan foydalaniladi.



9.3-rasm. Sathni o'lchash elektrli vositalarining sxemalari.

Sezgir element (9.3-rasm,a) ikkita: 1 koaksial joylashgan va 2 qisman suyuqlikka botirilgan(cho'ktirilgan) elektrodlardan iborat. Elektrodlar silindrli kondensatorni hosil qiladi, uning elektrodlararo bo'shlig'i  $h$  balandligigacha suyuqlik bilan,  $H-h$  bo'shliq esa – bug'gazli qarishma bilan to'latilgan. Elektrodlarni fiksatsiyali(aniq belgilangan) holatda joylashtirish uchun 3 izolyator ko'zda tutilgan.

Elektro'tkazuvchan suyuqliklar sathni o'lchash uchun (9.3-rasm,b) rasmda tasvirlangan sig'imnli sezgir element bilan jihozlangan sath o'lchagich qo'llanadi. Sezgir element ftoroplastli izolyatsiya 2 bilan qoplangan 1 metallik elektrod ko'rinishiga ega. Elektrod suyuqlikka qisman tushirilgan(cho'ktirilgan). Ikkinchi elektrod sifatida devor sig'imi, agarda u metalli, yoki agarda sig'im dielektrikdan bajarilgan bo'lsa, maxsus metalli elektrod, olinadi.

Sig'imli sath o'lchagich o'lchashlarning 0 - 0,4 dan 0-20 m gacha poyonida o'lchashlarni sathning ishchi muhit harorati -60 dan to +100 °C gacha va ishchi muhit bosimi 2,5 - 10 MPa gacha, aniqlik sinflari 0,5; 1,0; 2,5 qilib ishlab chiqiladi.

Ko'rib chiqilgan sezgir elementlar bazasida ishlab chiqilgan portlashga xavifsiz "neftmaxsuloti - suv" suyuqliklar va boshqa turli qiymatli nisbiy dielektrik singdiruvchanlikka ega suyuqliklar va boshq. bo'linish sathini signalizatorlari(xabar bergichlari).

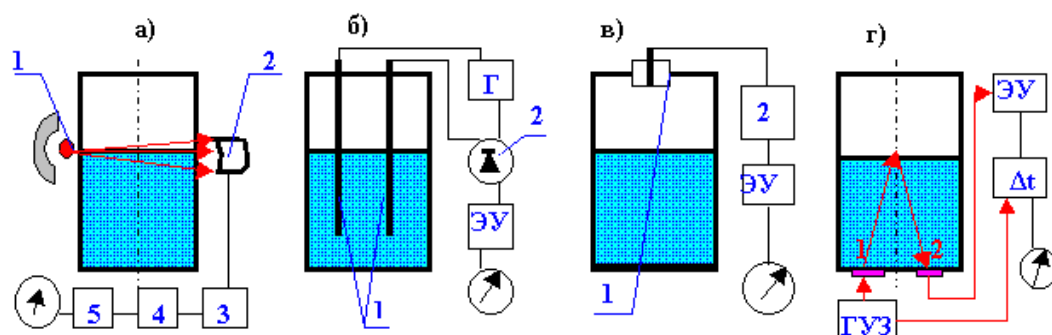
To'kiluvchan(donador) muhitlar sig'imi, sathini o'lchagich ishlab chiqilgan. Sath o'lchagichlarning yuqoridagi o'lchashlar chegarasi 4 - 20 m, aniqlik sinfi 2,5.

Sathning konduktometrik signalizatori(xabar bergichi). Ushbu rusumli sath o'lchagich elektro'tkazuvchan suyuq muhitlar va to'kiluvchan(donador) materiallar sathni signalizatsiyasi(xabar berishi) uchun mo'ljallangan. Suyuqlikning yuqorigi chegarasidagi sathning signalizatori(xabar bergichi) sxemasi (2.6.3-rasm) rasmda keltirilgan. Sxemaga mos ravishda sath h qiymatga erishganida 1 elektrod va texnologik asbobning korpusi oralig'idagi elektrli zanjir berkiladi(qisqa tutashadi). Mazkur holatda o'zining kontaktlari bilan signal(xabar) berish sxemasiga ulangan 2 rele ishga tushadi. To'kiluvchan(donador) muhitlar sathning konduktometrli signalizatori(xabar bergichi) ishlashi qarab chiqilganlarga o'xshash bo'ladi. Konduktometrli signalizatori(xabar bergichi)da qo'llanadigan elektrodlar maxsus markali po'latdan yoki ko'mirdan tayyorlanadi, bunda ko'mirli elektrodlar faqatgina suyuq muhitlar sathini o'lchashda qo'llanadi.

### **9.5. Radioizotopli, radioto'lqinli va akustik sath o'lchagichlari**

Boshqa rusumli asboblardan taqqoslanganda radioizotopli sath o'lchagichi eng universallardan hisoblanadi. Ular sathni ham diskretli va ham uzluksiz nazorat qilish imkonini beradi; ochiq va yopiq sig'imlarda har qanday suyuqlik va to'kiluvchan(donador) muhitlar uchun foydalanilishi mumkin; kontaktsiz ishlaydi, demak, nazorat qilinadigan yoki atrof muhitning agressivligiga sezgir emas. Ular ko'rsatkichlarining aniqligi va stabilligi muhit holatining(temperatura, namlik, elektr o'tkazuvchanlik, zichlik, bosim va boshqa fizichesk xossalar) o'zgarishiga bog'liq emas. Radioizotopli sath o'lchagichlar ishlash asosida radioaktiv nurlanishni qaydlash tamoyili yotadi, turlicha yutuvchanlik(yutilish) xossalariga ega ikkita muhit orqali o'tadigan va ushbu muhitlarning bo'linish chegarasi siljirilganida o'zining intensivligini o'zgartirishi yotadi[16].

Nurlanishning manbaalari sifatida  $\gamma$  – nurlatgichlar, kobalt-60, seziiy-137, selen-75 va boshqalar.; iste'molchilar sifatida – Geygerning hisoblagichlari, ssinsillyasionli hisoblagichlar, yoki yarimo'tkazgichli detektorlar qo'llanadi.



9.4-rasm. Maxsus sath o'lchagichlarning strukturali sxemalari.

Sathning radioizotopli indikatori strukturali sxemasi (9.4-rasm.a) rasmda keltirilgan. Asbob 1 radioaktivli nurlanish manbaasi va 2 hisoblagichlar blokidan iborat. Hisoblagichlar  $\gamma$ - kvantlar sonining o'zgarishini fiksatsiyalaydi, agarda granitsa razdela muhitlar bo'linish chegarasi sathning berilgan qiymatidan pastda yoki yuqorida joylashsa. Radioaktivli nurlanish impulslari 3 multivibrator yordamida fiksatsiyalanadi va 4 hisobning tezligini o'lchagichgi kelib tushadi. U tomonidan ishlab chiqilayotgan kuchlanish, 5 elektronli kuchaytirgich bilan kuchaytiriladi, kning yuklamasi sifatida ikkilamchi asbob yoki signal(xabar) jihozi qaraladi. Bir qator radioizotopli sathning indikatori ishlab chiqilgan, nurlanish manbaasi va detektorlar oralig'i 6 m gacha bo'lganida signal berish(xabar berish)ning aniqligini  $\pm 20$  mm chegarasida ta'minlanadi. Radioizotopli sath o'lchagich, suyuq yoki to'kiluvchan(donador) materiallarning sathini uzluksiz o'lchash uchun mo'ljallangan, kuzatuvchi tizimdan iborat bo'ladi, unda manbaa va iste'molchi sathning o'zgarishi oqibatida o'zgartgich darhol siljiydi. Asboblar, mana shunday sxema bo'yicha ishlashga mo'ljallangani uchun, o'lchash sathning diapazoni(poyoni) 0-2 m dan 0-10 m gacha bo'lganida, mazkur holatda asosiy xatolik  $\pm 0,5-1,0$  % dan ortmaydi.

**Radioto'lqinli sath o'lchagich.** Radioto'lqinli sath o'lchagichlarning ikkita guruhi mavjud. Birinchi guruhning ishlashi oraliqda tushuvchi to'lqin bilan va ikkita muhitlar "havo – muhitlar" bo'linish chegarasida akslangan to'lqin orasidagi vaqtli siljishni o'lchash, ikkinchisniki –to'liq rezonansda xususiy chastotali tebranishlarining to'latuvchi suyuqlikning miqdori va xossalari orasidagi bog'lanish tamoyiliga asoslangan. Sathning radioto'lqinli datchiklari birinchi guruhi strukturali sxemasi, radiolokatsiali deb

nomlanadigan, (9.4-rasm..b) rasmda keltirilgan. To'liqin uzatkich(volnovod) 1 ga bir uchi bilan sathi o'lchanayotgan muhitga botirilgan(cho'ktirilgan), radioto'liqinli nurlanishlar G generatoridan uzatiladi. Muhitlar bo'linish chegarasiga tushuvchi va akslangan to'liqinlarning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida, to'liqin uzatkich(volnovod)da cheklangan uzunlikdagi turg'un to'liqinlarni hosil qiladi, ularning bir qism energiyasi 2 fazali detektorga kelib tushadi. EU o'lchagich kuchaytirgichida kuchaytirilgandan so'ng impuls ko'rsatuvchi yoki yozuvchi asbobga kelib tushadi. Sathning og'ishida turg'un to'liqinlarning holati to'liqinlarga nisbatan o'zgaradi va to'liqin uzatkich(volnovod)ga kiritilgan fiderlarida, sathning o'zgarishiga mos keluvchi, potentsiallar farqi paydo bo'ladi.

Ikkinchi guruh radioto'liqinli sath o'lchagich, radiointerferensiyali deb nomlanuvchi, o'lchanayotgan sirdan akslangan, o'tayuqori chastotali radiosignalning fazasini o'lchashga asoslangan. Radiointerferensiyali sath o'lchagichning strukturali(tarkibli) sxemasi rasmda keltirilgan(9.4-rasm.v). Bunda suyuqlik bilan to'latilgan idishdagi elektromagnitli to'liqinlarning tebranishlarning rezonansli chastotasining o'zgarishidan foydalaniladi, ya'ni idishning o'zi ichi bo'sh rezonator bo'ladi. Idishning ichki, sath o'lchanadigan, bo'shlig'i, maxsus antenna 1 orqali o'lchagichli jihozga ulanadi, metalli sterjen yoki ochiq(berkilmagan) shoxobcha ko'rinishda tayyorlanadi va sinusoidal tebranishlar 2 generatorining beruvchi konturi rolini bajaradi. Indikatorli qism o'zining chiqishida o'lchagich asbob o'rnatilgan supergeterodinli avtomatik rostlanadigan EU iste'molchi-kuchaytirgichdan iborat bo'ladi. Sath o'zgartirganida sxemaning balansi buziladi va muvofiqlashmaganlik signali paydo bo'ladi, uning faza va amplitudasi sathning o'zgarish kattaliklariga bog'liq. Juda(o'ta) agressiv muhitlarda ishlash uchun mo'ljallangan va 100°C gacha va undan yuqori temperaturalarda, 8 m gacha sathning o'lchashini ta'minlaydigan, o'lchashning ruxsat etilgan asosiy xatoligi  $\pm 2,5\%$  bo'lgan radioto'liqinli kuzatuvchi sath o'lchagichlar(RSU-60 rusumli) ishlab chiqiladi.

**Akustik**, shu jumladan ultratovushli, sath o'lchagich hozirgi vaqtda chekli tarqalishga ega(keng tarqalmagan) yuqori aniqligi evaziga, boshqa sanoat asboblarida erishib bo'lmaydigan. Ultratovushli sath o'lchagichning ishlashi(ta'siri) (9.4-rasm..g) ultratovushli impulsni idishning tubidan(yoki yuqorigi qopqoqchasidan) sathning yuzasigacha va aksincha o'tish vaqtini o'lchashga asoslangan. Havoli va o'lchanayotgan muhitlar chegarasi yuzasidan ultratovushli impulning akslanishi ular akustik qarshiliklarining kattaliklari kesin farqlanishi oqibatida yuz beradi. Rasmda tasvirlangan(9.4-rasm..g) sxemaning ishlashi quyidagicha bo'ladi: ultratovushli o'lchagich impuls ultratovushli tebranishlar

generatori GUZ orqali 1 nurlatkich sig'imga uzatiladi, bu joyda sathni o'lchash amalga oshiriladi. Elastik tebranishlar, o'lchanayotgan muhitda tarqalayotib, muhitlarning bo'linish chegarasigacha etib keladi va undan akslanadi. Akslangan to'lqin teskari yo'nalishda muhitga o'tadi, 2 ultratovushli tebranishlar iste'molchisiga kelib tushadi, bundan elektrli impuls EU elektronli kuchaytirgichga uzatiladi, vaqt intervallari  $\Delta t$  ni hisoblash jihozi va so'ngra, o'lchagich jihozga o'tadi. Demak, muhitlarning bo'linish sathini aniqlashda o'lchagich bo'yicha impulsni jo'natish momentidan ultratovushli tebranishlar teskari impulsini qabul qilganacha ketgan vaqtni o'lchaydi.

Ba'zida ultratovushli tebranishlarning nurlatgichi va iste'molchisi aynan bir jihozning o'zi bo'ladi, o'lchash davrining boshida nurlatgich bo'lib ishlashi, so'ngra, impuls uzatilganidan (jo'natilganidan so'ng), iste'molchi sifatida qayta ulanib ishga tushadi. Nurlatgich sifatida titanat bariy, pezoqvarslar, magnitostriksion va boshqa elementlar qo'llaniladi. Ultratovushli sath o'lchagichlarning sath o'lchashlari 0-1; 0-2; 0-3 m li diapazonga ega, nazorat qilinadigan muhit temperaturasi 10- 50°C, texnologik asboddagi bosim 4 MPa gacha, aniqlik sinfi 2,5. Akustik sath o'lchagich to'kiluvchan(donador) muhitlar tamoyili bo'yicha ishlaydi va akustik jihozi suyuq muhitlarning sath o'lchagichiga o'xshaydi. To'kiluvchan(donador) muhitlarning akustik sath o'lchagichi GSP nomenklaturali asboblarga mansub va unifitsirlangan tokli signalga ega. Ular yagona(bir) nuqtali va ko'pnuqtali(30 ta gacha) bo'ladi. Sath o'lchagich portlashga xavfsiz qilib bajariladi, ya'ni diapazon o'lchashlarning minimal oralig'i(poyoni) 0 – 2,5 m, maksimali 0 – 30 m, nazorat qilinayotgan muhit- 2 – 200 mm diametrli granula, aniqlik sinfi 1,0; 1,5.

### **Nazorat savollari**

1. Sathni o'lchashning usullari va vositalari haqida nimalarni bilasiz?
2. Qalqovuchli(a) va kontaktli-mexanik satho'lchagichlarning tamoyilli sxemasi haqida nimalarni bilasiz ?
3. Mexanikli sath o'lchagichlar turlari ?
4. Hidrostatik satho'lchagichlar bilan sathni o'lchash schemalari ?
5. Sathni o'lchash elektrli vositalarining sxemalarini tushintiring.
6. Sathning radioizotopli indikatorini strukturali sxemasi haqida nimalarni bilasiz ?
7. Radioto'lqinli sath o'lchagichlarning ishlashi tamoyili va guruhlarini?
8. Radiointerferensiyali sath o'lchagichning strukturali(tarkibli) sxemasini tushintiring.
9. Ultratovushli sath o'lchagichning ishlashi ?

### III bob. ELEKTR MASHINALARI.

#### III bob. 10-mavzu.

#### TRANSFORMATORLAR. UCH FAZALI TRANSFORMATORLAR.

Reja:

- 9.1. Transformatorlarning qo'llanilishi.
- 9.2. Bir fazali transformatorlarning konstruktiv tuzilishi va ishlash tamoyili.
- 9.3. Uch fazali transformatorlar.
- 9.4. Maxsus transformatorlar.

**10.1. Transformatorlarning qo'llanilishi.** Hozirda ishlab chiqarishning barcha sohalarida turli xil elektr mashinalari, transformatorlar va boshqa elektr asbob-uskunalar ishlatilmoqda. Elektr mashinalari va transformatorlar ma'lum quvvatga mo'ljallab tayyorlanadi. Bu quvvat mashina ishlaganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori bilan aniqlanadi. Har bir elektr mashinasi, transformator yoki boshqa elektr asbobining pasportida ularning normal sharoitda ishlashini xarakterlovchi kattaliklarning nominal qiymatlari, masalan, nominal quvvati, nominal kuchlanishi, nominal toki va boshqalar ko'rsatilgan bo'ladi.

Amalda ishlatiladigan elektr asbob-uskunalarining nominal kuchlanishi 6 V, 12 V, 24 V, 36 V, 127 V, 220 V, 380 V, 660 V, 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110kV va boshqalarga teng bo'lishi mumkin. Ko'pgina shaharlarda past kuchlanishli elektr tarmog'ining kuchlanishi  $U = 220 \text{ V}$  ga teng. Ba'zan kuchlanishi 127 V bo'lgan iste'molchini kuchlanishi 220 V bo'lgan elektr tarmog'iga ulab ishlatish kerak bo'lib qoladi. Bunday iste'molchini 220 V li elektr tarmog'iga to'g'ridan-to'g'ri ulash mumkin emas; bu holda uni elektr tarmog'iga kuchlanishni pasaytiruvchi transformator orqali ulanadi.

Elektr tarmoqlarida elektr energiyasini ma'lum masofaga uzatishda (kuchlanishni oshirish uchun) va uni iste'molchilar orasida taqsimlashda (yuqori kuchlanishni pasaytirish uchun) transformatorlar keng ishlatiladi.

Elektr energiyasi turli xil elektrostansiyalarda ishlab chiqariladi. Odatda, elektrostansiyalar tabiiy energetika resurslari mavjud bo'lgan rayonlarda quriladi. Bunday rayonlar esa ko'pincha sanoat markazlaridan ancha uzoqda bo'ladi. Elektrostansiyalarda ishlab chiqarilgan elektr energiyasi elektr uzatish liniyalari orqali sanoat markazlariga, ya'ni iste'molchilarga uzatiladi. So'nggi vaqtlarda elektr energiyasi uzatilishi lozim bo'lgan masofa va uzatiladigan quvvatlar tobora ortib bormoqda. Elektr energiyasi ma'lum masofaga uzatilganda liniya simlarida sodir bo'ladigan quvvat isrofi mumkin qadar kam



bo'lishi lozim. Shundagina elektr uzatish liniyasining foydali ish koeffitsienti katta bo'ladi, ya'ni iste'molchilarga ko'proq energiya etib boradi. Energiya uzatuvchi liniya simlarida quvvat isrofi, asosan, ulardan o'tuvchi tok kuchining kvadratiga hamda liniya simlarining aktiv qarshiligiga bog'liqdir. Tok kuchi qancha katta bo'lsa, quvvat isrofi shuncha katta bo'ladi. Liniyalarda tok kuchi katta bo'lsa, bu simlarning ko'ndalang kesim yuzalarini katta qilib olishga to'g'ri keladi. Quvvat isrofini kamaytirish uchun simlarning aktiv qarshiligini kamaytirish lozim. Ma'lum uzunlikdagi simning aktiv qarshiligini, asosan, uning ko'ndalang kesim yuzini kattalashtirish yo'li bilan kamaytirish mumkin.

Liniyalarda ko'ndalang kesim yuzi katta bo'lgan simlarning ishlatilishi elektr uzatuvchi liniyalar uchun sarflanadigan rangli metallar (mis, alyuminiy va boshqalar) sarfini ko'paytiradi hamda simlarning og'irligini oshirib yuboradi. Og'ir simlarni ko'tarib turish uchun baqquvat tayanchlar o'rnatish lozim bo'ladi. O'z navbatida bunday tayanchlar uchun ko'p metall va yog'och materiallar sarflash talab qilinadi. Bunday sharoitda elektr energiyasini ma'lum masofaga uzatish ancha qimmatga tushadi va ba'zan maqsadga muvofiq bo'lmay qoladi.

Bu masalani boshqacha hal qilish mumkin. Ma'lumki, elektr tokining quvvati, asosan, kuchlanish va tok kuchi qiymatlarining ko'paytmasi  $P=UI$  bilan aniqlanadi. Bu formulaga muvofiq, ma'lum quvvatda kuchlanish katta bo'lsa, tok kuchi kichkina bo'ladi va aksincha. Ma'lum quvvatni uzoq masofaga uzatishda kuchlanish qiymati necha marta oshirilsa, simlardan o'tadigan tok kuchining qiymati shuncha marta kamayadi. Energiya uzatishda liniya simlarida tok kuchi kichik bo'lsa, kuchlanish pasayishi ham, quvvat isrofi ham kam bo'ladi. Bundan tashqari, tok kuchi kichkina bo'lganda elektr uzatish liniyalarida ko'ndalang kesim yuzi kichikroq bo'lgan simlar ishlatishga imkon yaratiladi. Natijada liniya qurish uchun sarflanadigan rangli metallar hamda tayanchlar qurish uchun ishlatiladigan metall va yog'och materiallar sarfi kamayadi. Elektr energiyasini uzoq masofaga uzatish tannarxi arzonlashadi. Demak, elektr energiyasini uzoq masofaga kuchlanish qiymatini oshirib uzatish foydali ekan.

O'zgaruvchan tok kuchlanishi qiymatini transformatorlar yordamida istalgancha oshirish ham, pasaytirish ham mumkin. Energetika sistemalarida va yuqori hamda past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish qiymatini oshirib beruvchi yoki kamaytirib beruvchi transformatorlar keng ishlatiladi.

Katta quvvatli elektr energiyasini, ayniqsa uzoq masofalarga uzatish va so'ngra uni elektr iste'molchilarning talabiga muvofiq taqsimlashda transformatorlar eng qulay apparat sifatida qabul qilingan [4].

Hozirgi vaqtda elektrostansiyalarda ishlab turgan yoki yangi o'rnatilayotgan generatorlarning nominal kuchlanishi 6...30 kV dan oshmaydi. Energiyani uzoq masofaga, chunonchi 10...30 kV kuchlanishda, uzatish (yuqoridagi mulohazalar asosida) maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Shuning uchun katta quvvatlarni uzoq masofaga uzatishda o'ta yuqori kuchlanishlardan (masalan, 110 kV, 220 kV, 500 kV, 750 kV va hokazo) foydalaniladi. Bunday liniyalarda quvvat isrofi ancha kamayadi, energiya uzatish liniyasining FIK katta bo'ladi. Shuning uchun ham har bir elektr stansiya qoshidagi podstansiyada kuchlanishni bir necha o'n marta oshirib beradigan kuch transformatorlari o'rnatiladi. (10.1-rasm)



10.1-rasm. Elektr ta'minitida qo'llaniladigan kuch transformatorlari.

## 10.2. Bir fazali transformatorlarning konstruktiv tuzilishi va ishlash tamoyili.

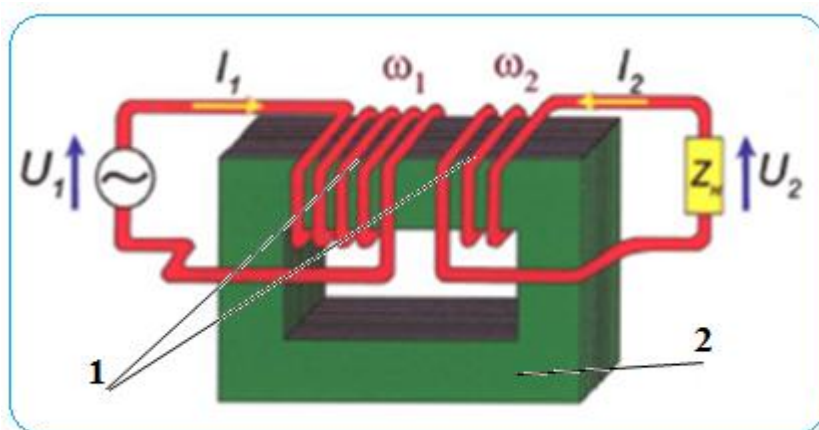
Transformator deb bir kuchlanishli o'zgaruvchan tokni boshqa kuchlanishli o'zgaruvchan tokka aylantiruvchi statik elektromagnit qurilmaga aytiladi.

Kuchlanishning kuchayishi o'z navbatida tokni proportsional kamaytirib, uzatish tarmog'idagi quvvatlar isrofi aynan ushbu tokning kvadratiga proportsional holda kamayadi. Shu sababli barcha elektr stansiyalarida kuchaytiruvchi transformatorlar o'rnatiladi.

Kuch transformatorlari (KT) deb elektr energiyasini qabul qiluvchi, uzatuvchi yoki tarqatuvchi enegiya tizimlarda qo'llanuvchi transformatorlarga aytiladi.

Transformatorlar asosiy va yordamchi qismlardan iborat. Asosiy qismga transformatorlarning elektromagnit jarayonlarini vujudga keltiruvchi chulg'amlar (10.2-rasm. 1) va magnit o'zak (10.2-rasm. 2) kiradi. Yordamchi qismlar esa transformatorning quvvati, kuchlanishi, turlari va hokozalarga qarab bir necha o'nlab bo'laklardan iborat. Ular qatoriga moyli transformatorning baklari, tarmoqni va chulg'amlarni bog'lovchi izolyatorlar va boshqalar kiradi.

Tok turiga qarab transformatorlar bir fazali, uch fazali va ko'p fazalilarga bo'linadilar. Ko'p fazali transformatorlar chulg'ami deb ma'lum usulda o'zaro ulangan hamma fazalarning bir xil kuchlanishli chulg'amlari majmuasiga aytiladi.



10.2 – rasm. Bir fazali transformatorning magnit o'zak va chulg'amlari.

Transformatorlarning elektr energiyani qabul qiluvchi chulg'ami - birlamchi, iste'molchiga energiyani uzatuvchi chulg'ami - ikkilamchi chulg'am deyiladi. Nomlariga o'xshash, har bir chulg'amga qarashli qiymatlar (masalan, tok, kuchlanish, quvvat, qarshilik va h.k) birlamchi va ikkilamchi qiymatlar deyiladi (birlamchi tok, ikkilamchi induktiv qarshilik, va h.k). Transformatorlarning yuqoriroq kuchlanishli tarmoqqa ulangan chulg'ami yuqori kuchlanishli (yu.k.) chulg'am deyiladi. Kichikroq kuchlanishli tarmoqqa ulangan chulg'ami quyi kuchlanishli (q.k.) chulg'ami va nihoyat, uch chulg'amli transformatorlarning yu.k. yoki q.k. chulg'amlariga taaluqli bo'lmagani - o'rta kuchlanishli (o'.k.) chulg'am deyiladi. Agar ikkilamchi chulg'am kuchlanishi birlamchinikidan kichikroq bo'lsa transformator pasaytiruvchi, aks holda kuchaytiruvchi deyiladi.

Bitta birlamchi va bitta ikkilamchi chulg'amli transformator ikki chulg'amli transformator deyiladi. Har bir fazada uchtadan chulg'ami bo'lgan, masalan, bitta yuqori kuchlanishli va ikkita quyi kuchlanishli yoki teskarisi - bitta quyi kuchlanishli va ikkita yuqori kuchlanishli transformatorlar uch chulg'amli deb

ataladi. Bir fazali yoki uch fazali transformatorlarning bir fazasida uchtadan ko'proq chulg'ami bo'lishi mumkin. Bunday transformatorlar ko'p chulg'amli transformatorlar deyiladi.

Kuch transformatorlari tuzilishi bo'yicha ikki turga bo'linadi: moyli va quruq transformatorlar. Moyli transformatorlarda magnit o'zak va chulg'amlar yaxshi izolyator va sovutuvchi modda hisoblangan transformator moyi to'ldirilgan idishga joylashtiriladi. Transformator moyi chulg'am izolyatsiyalarini havoning zararli ta'siridan ham saqlaydi.

Ulamali transformatorlar deb transformatsiyalash koeffitsientlarini o'zgartirish uchun chulg'amlarda maxsus ulamalari bo'lgan transformatorlarga aytiladi.

***Transformatorlarning nominal rejimi*** deb ishlab chiqargan korxonada tayyorlagan pasportda ko'rsatilgan rejimga aytiladi.

***Transformatorlarning nominal qiymatlari*** - quvvat, kuchlanishlar, toklar, chastota va h.k. transformatorlarning pasportida ko'rsatilgan bo'lib, u transformatorlarning nominal rejimini ko'rsatuvchi boshqa qiymatlar, masalan, FIK kabilarga ham taalluqlidir.

***Transformatorlarning nominal quvvati*** deb, ikkilamchi chulg'amda Volt-Amper bilan o'lchangan va pasportda ko'rsatilgan quvvatga aytiladi.

***Transformatorlarning nominal birlamchi kuchlanishi*** deb, pasportda ko'rsatilgan kuchlanishga aytiladi; agar birlamchi chulg'am ulamalari mavjud bo'lsa, u holda nominal kuchlanish alohida ta'kidlanadi.

***Transformatorlarning nominal ikkilamchi kuchlanishi*** deb birlamchi chulg'amda nominal kuchlanish bo'lib, yuksiz ishlagandagi ikkilamchi kuchlanishga aytiladi; agar ikkilamchi chulg'am ulamalari mavjud bo'lsa, uning nominal kuchlanishi alohida ta'kidlanadi.

***Transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari nominal toklari*** deb transformator pasportida ko'rsatiladigan va nominal quvvat va nominal kuchlanishlar bilan ma'lum bog'lanishda bo'lgan birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar toklariga aytiladi. Bunda transformator FIK i 100% ga yaqin deb faraz qilinib ikkala chulg'am nominal quvvatlari teng qilib olinadi.

Evropa va Osiyo davlatlaridagi kabi, O'zbekiston Respublikasida ham kuchlanish chastotasi 50 (Gts) qabul qilingan.

Bulardan tashqari transformatorlar o'zgaruvchan tok fazalar soni va chastotasi qiymatini o'zgartiradigan qurilmalarda ham qo'llaniladi.

O'zgaruvchan tokni to'g'rilovchi (o'zgarmasga aylantiruvchi) va o'zgarmas tokni inverterlovchi (o'zgaruvchanga aylantiruvchi) yarim o'tkazgich asboblari bo'lgan sxemalarda ishlatiluvchi transformatorlar ***o'zgartkich transformatorlari*** (O'T) deyiladi. Quvvati bir necha Volt-Amperdan bir necha yuz mega Volt-Ampergacha (MVA) bo'lgan o'zgartkich transformatorlari sanoat korxonalarining elektr uskunalarida qo'llaniladi.

Elektrotermik o'choqlarda (o'choq transformatorlari), elektr payvandlash, elektr transporti uskunalari, elektron sxemalar, tok va kuchlanish o'lchagichlari sxemalarida maxsus transformatorlar qo'llaniladi.

**Transformator magnit o'tkazgichi** - magnit o'tkazgich deb magnit zanjirni hosil qiluvchi elektrotexnik po'lat tunukachalar majmuasiga aytiladi. Magnit o'tkazgichlarning turlariga qarab transformatorlar ustunli va qobiqli (bronevoe) transformatorlarga aytiladi. Ustunli magnit o'tkazgichlarda transformatorlarda transformatorning chulg'amlari magnit o'zaklarga o'rnatiladilar. Bunday magnit o'zaklar deyarli hamma o'rta va yirik quvvatli transformatorlarda qo'llaniladi.

Qobiqli magnit o'tkazgichlarda chulg'amlar o'zaklar bilan qisman o'ralgan bo'ladi. Bunday transformatorlar kichik quvvatli sxemalarda ishlatiladi. Magnit o'zak qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm bo'lgan maxsus elektrotexnik po'lat tunukachalardan yig'iladi. Hozirgi zamon transformatorlari asosan ikki xil transformator po'latlaridan: issiq jo'valangan (goryachekatanaya) va sovuq jo'valangan (xolodnokatanaya) po'latlardan yasaladi.

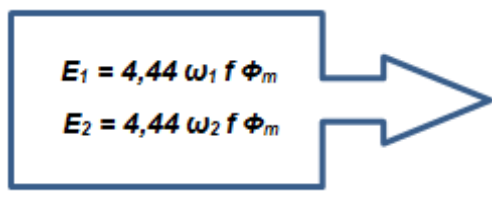
**Transformator chulg'amlari** - transformatorlarning chulg'amlari bir qancha talablarni qoniqtirishi shart. Bulardan asosiylari quyidagilar:

- chulg'am uchun ishlatiladigan misning kamyobligini hisobga olib, uning ishlab chiqarilishidagi xarajatlari minimal va transformatorning ishlash jarayonidagi foydali ish koeffitsienti mumkin qadar maksimal bo'lishi lozim;
- chulg'amning issiqlik ajratish jarayoni standart talablarini qondirishi shart, agar chulg'am harorati bu shartdan oshsa, transformatorning xizmat muddati keskin qisqaradi;
- transformatorning bexosdan qisqa tutashuvidan hosil bo'ladigan elektrodinamik kuchlarning(zarbalarning) chulg'amga ta'siri ayanchli bo'lmasligi lozim;
- kuchlanishning bexosdan oshib ketishiga chulg'amning elektrik va mexanik bardoshlik qobiliyati mavjud bo'lishi shart.

Yuqori kuchlanishli (yu.k.) va quyi kuchlanishli (q.k.) chulg'amlarning bir-biriga nisbatan joylashishiga ko'ra chulg'amlar ikki turga bo'linadi:

- a) kontsentrik
- b) almashinuvchi chulg'am.

O'zgaruvchan magnit oqim chulg'amlarda EYuK hosil qiladi

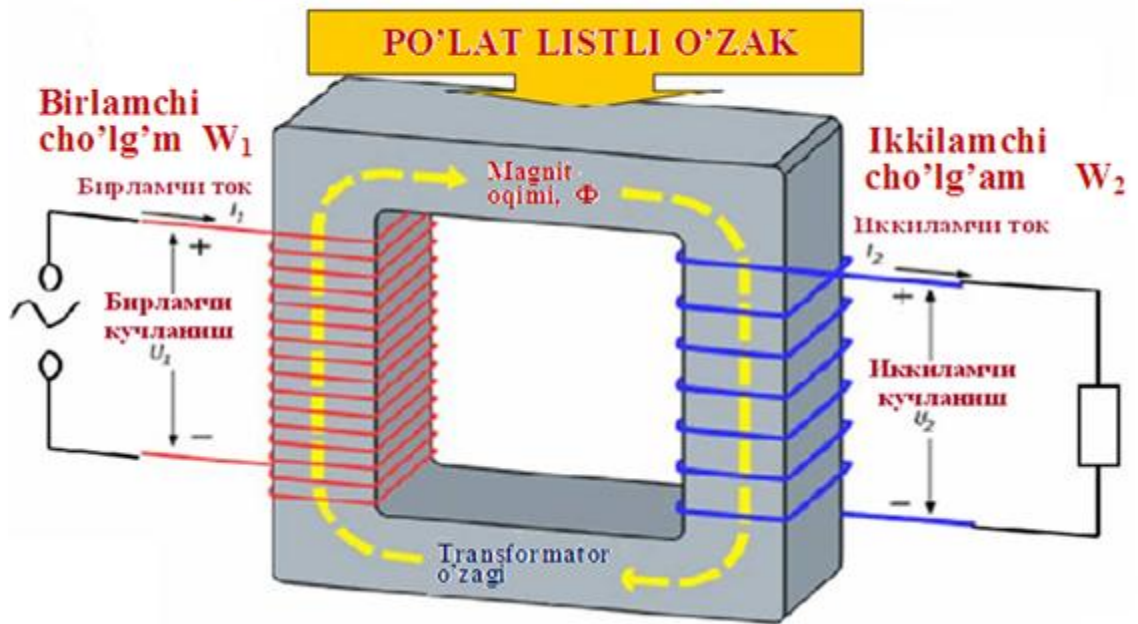

$$\begin{aligned} E_1 &= 4,44 \omega_1 f \Phi_m \\ E_2 &= 4,44 \omega_2 f \Phi_m \end{aligned} \quad (10.1)$$

Transformatsiya koeffitsiyenti

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (10.2)$$

Transformatorning ishlashi ikki yoki, umumiy holda, bir necha bir-biriga nisbatan qo'zg'almas konturlarning elektromagnit ta'siri hodisasiga asoslangan. 10.3-rasmda bir fazali ikki chulg'amli transformatorning prinsipial sxemasi keltirilgan. Agar birlamchi chulg'amga ( $\mathcal{W}_1$ ) tarmoqdan o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, u holda ikkala chulg'amni birlashtiruvchi magnit oqimi ( $\mathcal{F}$ ) ta'sirida ikkilamchi chulg'am ( $\mathcal{W}_2$ )da EYuK hosil bo'ladi va u yerdan yukni ta'minlovchi ikkilamchi tok oqib o'tadi. Shu tariqa birlamchi konturdan (birinchi tarmoqdan) ikkilamchi konturga (ikkinchi tarmoqqa) o'zgaruvchan tok quvvati uzatiladi. Magnit o'zak ikki chulg'am orasidagi magnit bog'lanishni kuchaytiradi.

## TRANSFORMATORNING TUZILISHI



10.3 – rasm. Bir fazali transformatorning ishlash tamoyili.

Oddiy turdagi transformatorlarning yuksiz ishlagandagi tarqoq(sochiluvchi) maydoni asosiy maydonning 0,25% dan ham kichikdir. Po'lat isroflari esa nominal quvvatning 1% ga ham bormaydi. Chulg'amlardagi (qisqasi – misdagi) quvvat isrofi ham juda kichikdir. Shu sababli yuksiz ishlash rejimini tahlil qilganimizda, avval soddalashtirilgan transformatorni, ya'ni unda tarqoq(sochiluvchi) maydon, misdagi va po'latdagi quvvat isrofi yo'q deb faraz qilingan holni ko'ramiz, ya'ni  $X_1 = 0$ ,  $r_1 = 0$ ,  $P_0 = 0$ .

Transformator yuksiz ishlaganda tarmoqdan kelayotgan quvvat quyidagicha sarflanadi:

a) birlamchi chulg'am (mis) dagi quvvat isrofi  $P_{m1} = mI_0^2 r_1$  (chulg'am alyuminiydan yasalgan bo'lsa ham mis isrofi deb nomlash qabul qilingan);

b) magnit o'zak po'latidagi asosiy isroflar  $P_{p.o}$  (po'lat isrofi); v) yuksiz ishlash qo'shimcha isroflari  $R_{q.o}$ .

Transformatorlarga tarmoqdan kelayotgan quvvatning ma'lum bir qismi isroflarni qoplash uchun sarflanadi. Shuning uchun

$$P_0 = P_{m1} + P_{n.o.} + P_{k.o.} \quad (10.3)$$

Bu tur quvvat isroflari  $P_{q.o}$  ning asosiy xillari quyidagilardir:

a) po'lat tunukalarga mexanik ishlov (mos. shtamlash) berilishi natijasida po'lat tuzilishining (strukturasi) o'zgarishi sababli hosil bo'lgan quvvat isrofi;

b) o'zakning qismlari tutashgan joylari va o'zakni tortuvchi shpilka o'rnatilgan joylaridagi induksiyaning har xilligi tufayli vujudga kelgan isrof;

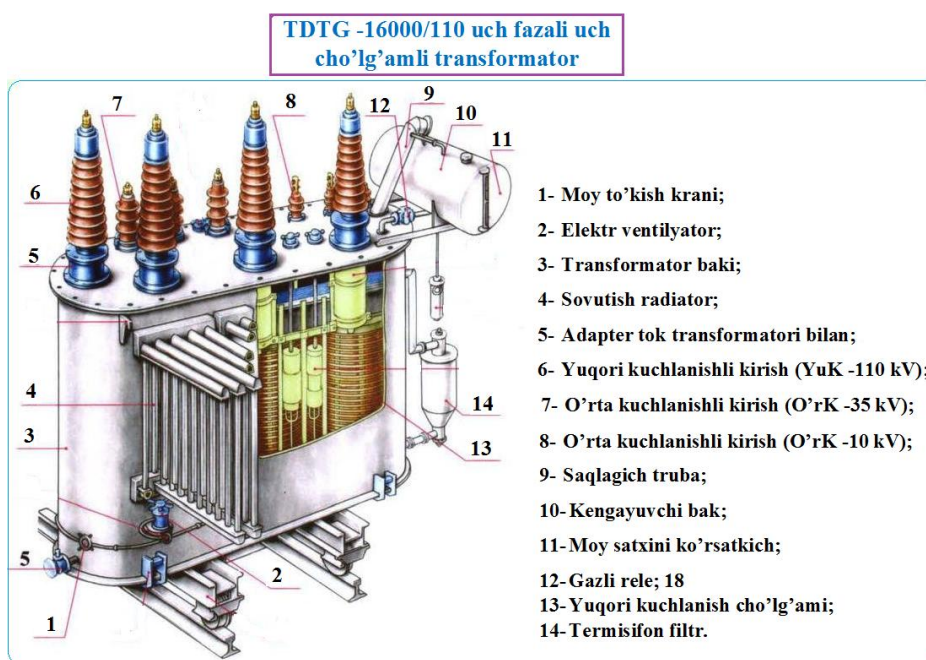
v) o'zakning mahkamlagichlari va boshqa konstruktiv qismlar – shpilka, to'sinlarni siquvchi po'lat balkalar, transformator idishida va h.k. hosil qiluvchi isroflar; g) yuqori kuchlanishli transformatorlarning izolyatsiyalaridagi isrof.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, issiq jo'valangan po'latli transformatorlarda yuksiz ishlash qo'shimcha isroflarining hamma xillari o'zakdagi induksiya qiymati 1,5 TI dan oshganda keskin ortar ekan. Transformator o'zaklaridagi induksiyaning qiymati aksariyat uchraydigan 1,15-1,17 TI qiymatga yaqin bo'lganda qo'shimcha isrof  $P_{q.o}$  ulushi asosiy isroflar  $P_{p.o}$  ning 15-20% ni tashkil etar ekan, ya'ni

$$P_n = P_{no} + P_{k.o} = (1,15 \div 1,20) P_{n.o} \quad (10.4)$$

### 10.3 Uch fazali transformatorlar.

Uch fazali transformatorlarning tuzilishi 10.4-rasmda keltirilgan. Ularning ishlatilishida ko'pincha bir fazali iste'molchilarning transformator uchala fazalariga notekis taqsimlanishi, shuningdek, bir fazali va ikki fazali qisqa tutashuvlar natijasida hosil bo'luvchi avariya rejimlari yoki biror faza o'tkazgichining uzilishi natijasida transformatorning uchala fazasida toklarning notekis taqsimlanishini ko'rish mumkin. Buning natijasida transformator ikkilamchi chulg'ami kuchlanishining nosimmetrik iste'molchilarda ko'pgina noqulayliklar tug'diradi.



10.4 – rasm. Uch fazali kuch transformatorining tuzilishi.



Masalan, o'zgaruvchan tokli uch fazali yuritgichlarni nosimmetrik kuchlanish bilan ishlatilsa, uning quvvati kamayadi; cho'g'lanma lampalar oshirilgan kuchlanishda ishlasa, uning xizmat muddati keskin qisqaradi, pasaytirilgan kuchlanishlarda esa yorug'lik kuchi keskin kamayadi. Nosimmetrik yuklanish transformatorlarning o'ziga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi: ayrim chulg'amlarda o'ta yuklanish vujudga keladi; faza kuchlanishlar oshib ketadi va magnit o'tkazgichlarning o'ta to'yinishiga olib kelishi mumkin.

Shuning uchun transformatoridagi nosimmetrik yuklanish jarayonlarini o'rganish muhim amaliy ahamiyatga ega, chunki u yoki bu nosimmetrik yuklanishning natijalarini oldindan bilish, iste'molchi va shu bilan birga, transformatorning normal ishlash qobiliyatlari, nosimmetrik yuklanishning qanday qiymatlarigacha saqlanishi haqida takliflarni ishlab chiqishga imkon beradi.

Transformatorning nosimmetrik rejimlarini o'rganishdan maqsad birlamchi liniya kuchlanishlari  $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$  va yukning nosimmetrik to'la qarshiliklari berilgan bo'lsa, transformator ishini xarakterlovchi hamma boshqa qiymatlarni ikkilamchi faza va liniya toklari va kuchlanishlari, birlamchi faza va liniya toklari va faza kuchlanishlarini aniqlashdir.

Transformatorning nosimmetrik yuklanishini o'rganishda simmetrik tashkil etuvchilar usuli keng qo'llaniladi.

Transformatorlar ishlashi jarayonida ular shikastlanganda (avariya) yoki ta'mirlash ishlarini olib boranda iste'molchini elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash masalasi turadi. Buni amalga oshirishda ikki (yoki undan ko'p) transformatorlarni parallel ulash usuli keng qo'llaniladi. Undan tashqari, bunday ulash natijasida parallel ishlayotgan transformatorlarning sonini o'zgartirib, ularning maksimal FIK lari bilan, hamda ularning har birini optimal ishlashlarini ta'minlash mumkin.

Transformatorlar parallel ulanganda, ular har birining birlamchi chulg'amlari ta'minlovchi tarmoqqa, ikkilamchisi esa iste'molchining tarmog'iga ulanadi.

Transformatorlarni parallel ulash uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

- 1) parallel ulanayotgan transformatorlarning birlamchi nominal kuchlanishlari o'zaro va ikkilamchi nominal kuchlanishlari o'zaro teng bo'lishlari kerak,
- 2) parallel ulanayotgan transformatorlarning ulanish guruhlari bir xil bo'lishi shart;
- 3) qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va induktiv tashkil etuvchilari o'zaro teng bo'lishlari kerak.

#### 10.4 Maxsus transformatorlar.

Amalda turli sohalarda juda ko'p xil transformatorlar ishlatiladi. Avtotransformatorlar, bir yoki uch fazali uch chulg'amli transformatorlar, o'lchov transformatorlari, payvandlash transformatorlari, o'zgaruvchan tok chastotasini o'zgartiruvchi transformatorlar, fazalar sonini o'zgartiruvchi transformatorlar, sinov transformatorlari; radio, televidenie, aloqa va avtomatika qurilmalarida ishlatiladigan transformatorlar maxsus transformatorlar hisoblanadi.

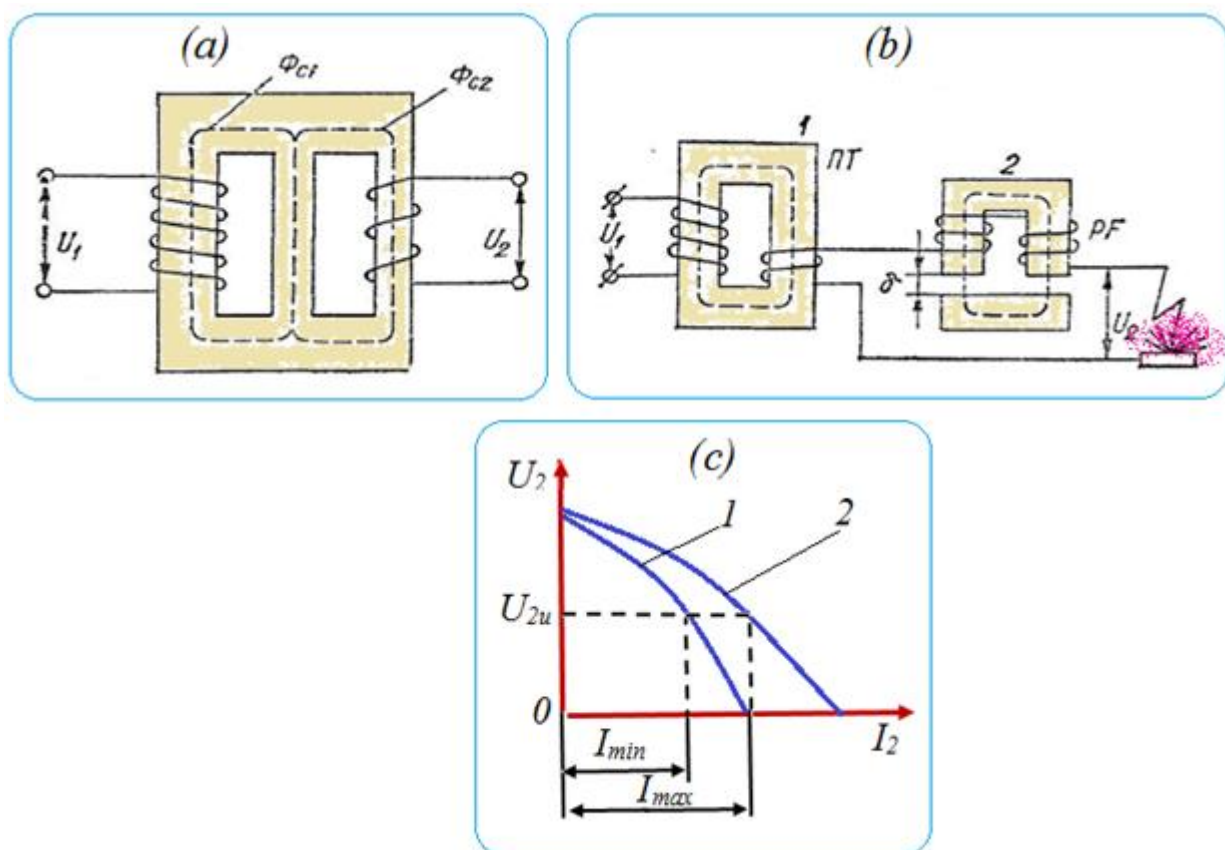
**Payvandlash transformatorlari** - payvandlashning turiga qarab turli konstruksiyada tayyorlanadi. Ular elektr yoyi yordamida yoki kontakt usulida payvandlash qurilmalarida ishlatiladi. Payvandlash transformatori tarmoq kuchlanishini pasaytiruvchi oddiy bir fazali ikki chulg'amli transformatoridir. Bunday transformator uchun ikkilamchi chulg'amning qisqa tutashish sharoitida ishlashi normal sharoit hisoblanadi. Qisqa tutashish tokining qiymatini kamaytirish maqsadida chulg'amlarning induktiv qarshiligi katta qilib tayyorlanadi. Shuning uchun payvandlash transformatorlarining quvvat koeffitsienti kichkina bo'ladi. Induktiv qarshilikni kattalashtirish uchun bunday transformatorlarda maxsus konstruksiyadagi chulg'am yoki ikkilamchi chulg'am zanjiriga qo'shimcha induktiv qarshilik ulanadi.

Chulg'amning induktiv qarshiligini kattalashtirish uchun sochilish oqimi qiymatini kattalashtirish lozim. Buning uchun chulg'am o'zakning ikkita yoki bitta sterjenida turli balandlikda o'rnatiladi. Magnit o'tkazgichda magnit shuntlarni qo'llash ham sochilish oqimini va chulg'amning induktiv qarshiligini ancha oshiradi (10.5–rasm, a).

Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'amining kuchlanishi 60 . . . 70V va nominal yuklama bilan ishlaganda 30 V bo'ladi. Elektr yoyning uzluksiz va turg'un yonib turishi uchun zanjirda tok deyarli o'zg'armasligi, induktivlik esa ancha o'zgarishi lozim. Payvandlash zanjirida tokni rostlash uchun transformatorning ikkilamchi chulg'amiga magnit o'tkazgichli induktiv g'altak ketma–ket ulanadi (10.5.–rasm, b).

Payvandlash toki induktiv g'altakning reaktiv qarshiligini o'zgartirib rostlanadi. Tok qiymati elektrod diametriga qarab tanlanadi. Induktiv g'altakning o'zagi qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan qismlardan iborat. G'altakning reaktiv qarshiligi uning qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan o'zaklari orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi.

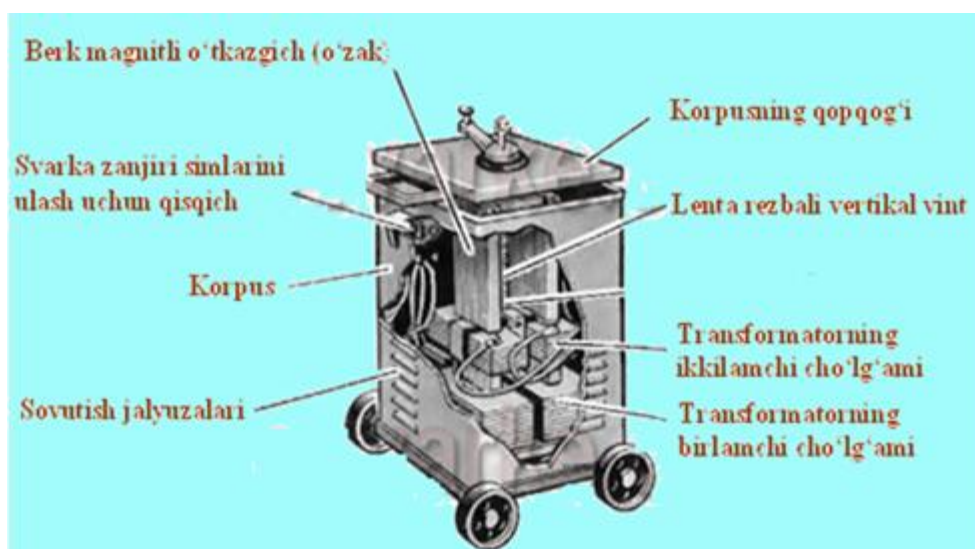
Havo oralig'i ( $\delta$ ) katta bo'lsa, g'altakning reaktiv qarshiligi kamayadi, zanjirda tok qiymati oshadi va aksincha. Havo oralig'ini o'zgartirib zanjirda payvandlash tokini 70 A dan 300 A gacha o'zgartirish mumkin. Payvandlash vaqtida ikkilamchi chulg'am kuchlanishi 30 V gacha kamayishi mumkin.



10.5-rasm. a – magnit shuntli payvandlash transformatori, b – reaktiv g'altakli payvandlash transformatori, c - payvandlash transformatorining tashqi tavsifi.

Bitta transformator bir nechta payvandlash apparatni ta'minlashi mumkin, lekin har bir apparat o'zining alohida reaktiv g'altagiga ega bo'lishi kerak. Reaktiv g'altak payvandlash qurilmasining tashqi tavsifni keskin tushuvchi qilib uning egriligini oshiradi (10.5.-rasm, c) Amalda induktiv g'altak transformator bilan bir butun qurilma sifatida tayyorlanishi ham mumkin.

Turli sohalarda STE-22, STE-34, STN-500 va boshqa markali payvandlash transformatorlari keng ishlatiladi. (10.6 – rasm) STE-34 markali payvandlash transformatorining texnik tavsifi quyidagicha:  $P_n=30$  kVA;  $U_1/U_2 = 220/60$  V;  $I_1/I_2=147/500$  A; salt ishlash toki 3,4%; o'zak markasi E41 = 0,5; FIK 93%; tok zichligi  $3,2$  A/mm<sup>2</sup>. Induktiv g'altakniki: kuchlanishi 50 V, po'lat markasi 341-0,5; tok zichligi  $3,48$  A/mm<sup>2</sup>.



10.6-rasm. Payvandlash transformatorining tuzilishi.

**O'lchov transformatorlari** - Oddiy elektr o'lchov asboblari to'g'ridan-to'g'ri yuqori kuchlanishli (masalan: 10, 35, 110 kV) va katta tokli (masalan: 200, 400, 600 A va hokazo) zanjirlarga ulash mumkin emas. Yuqori kuchlanish va katta tokni to'g'ridan-to'g'ri o'lchaydigan elektr o'lchov asboblari amalda ishlatilmaydi. Shuning uchun elektr o'lchov asboblari yuqori kuchlanishli va katta tokli zanjirlarga maxsus o'lchov transformatorlari orqali ulanadi. O'lchov transformatorlari elektr o'lchov asboblari o'lchash chegaralarini kengaytirish hamda o'lchash zanjirlarini yuqori kuchlanishlardan ajratish uchun ishlatiladi.

O'lchov transformatorlari ikki xil bo'ladi:

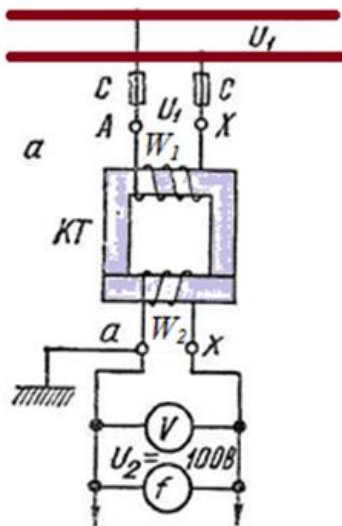
1. Kuchlanish transformatorlari;
2. Tok transformatorlari.

1. **Kuchlanish transformatorlari** o'lchanishi lozim bo'lgan yuqori kuchlanishni o'lchanishi qulay bo'lgan past kuchlanishga, ya'ni 100 V gacha (yoki  $100/\sqrt{3}$  V gacha); tok transformatori o'lchanishi lozim bo'lgan katta tokni o'lchash qulay bo'lgan kichkina tokka, ya'ni 1 yoki 5 A gacha kamaytirib beradi.

Kuchlanish transformatori po'lat o'zak va ikkita chulg'amdan iborat kichik quvvatli oddiy transformatoridir. Uning o'ramlar soni ko'p bo'lgan birlamchi chulg'ami (qismlari  $A - X$ ) ga o'lchanishi lozim bo'lgan yuqori kuchlanish  $U$  beriladi. O'ramlar soni kichik bo'lgan ikkilamchi chulg'amiga ichki qarshiligi katta bo'lgan o'lchov asboblari (masalan, voltmeter, vattmetr yoki schyotchiklarning kuchlanish g'altaklari) parallel ulanadi (10.7-rasm).

Kuchlanish transformatorining ikkilamchi chulg'am zanjiriga ulanadigan o'lchov asboblari qarshiliklari katta (masalan, 1000  $\Omega$  va undan ortiq) bo'lgani uchun bu zanjirda tok juda kichkina

bo'ladi. Demak, kuchlanish transformatori oddiy kuch transformatorining salt ishlash sharoitiga yaqin sharoitda ishlaydi. Kuchlanish transformatorining birlamchi chulg'amiga turli qiy-matli katta kuchlanish berilganda uning ikkilamchi chulg'amining kuchlanishi  $\dot{U}_2 \cong 100 \text{ V}$  bo'ladi. Demak, kuchlanish transformatori o'lchanishi lozim bo'lgan yuqori kuchlanishni 100 V gacha kamaytirib berar ekan.



10.7 – rasm. Kuchlanish transformatorining ulanish sxemasi.

Kuchlanish transformatorida tok qiymati juda kichkina bo'lgani uchun uning chulg'amlari qarshiligida kuchlanish pasayishini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Bunda:  $\dot{U}_1 \cong -\dot{E}_1$  va  $\dot{U}_2 = \dot{E}_2$  bo'ladi. Kuchlanish transformatorining transformatsiya koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_k = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{U_1}{U_2}. \quad (10.5)$$

Transformatsiya koeffitsienti transformatorning pasportida ko'rsatiladi. Ikkilamchi chulg'amiga 100 V li voltmeter ulanadi. U holda birlamchi (yuqori) kuchlanish quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\dot{U}_1 = K_k \cdot \dot{U}_2. \quad (10.6)$$

Kuchlanish transformatori ishlaganda uning chulg'amlaridan kichkina tok o'tib turadi. Bu sharoitda  $\dot{U}_1 \neq \dot{E}_1$  va  $U_2 \neq E_2$  bo'ladi. Bunday o'lchashda xatolikka yo'l qo'yiladi. O'lchashdagi nisbiy xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$f_u = \frac{U_2 \cdot K_k - U_1}{U_1} \cdot 100\% \quad (10.7)$$

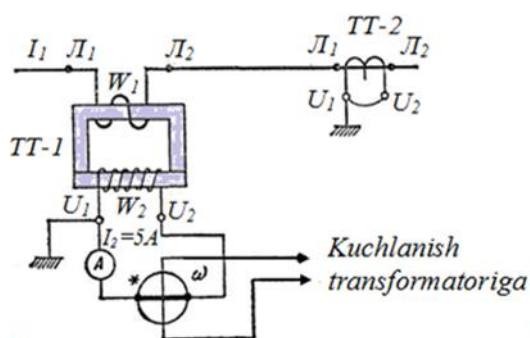
Kuchlanish transformatorlari ikkilamchi chulg'amining nominal quvvati 20 . . . 100 VA gacha boradi.

Kuchlanish transformatorining yuqori va past kuchlanish chulg'amlari umumiy o'zakda joylashadi. Chulg'amlar izolyatsiyasi buzilsa ikkilamchi chulg'amda yuqori kuchlanish hosil bo'lishi mumkin, bu

xodimlar uchun juda xavflidir. Shuning uchun ikkilamchi chulg'am qismlaridan biri va transformatorning magnit o'tkazgichi yerga ulab qo'yilishi kerak. Odatda, 6 kV gacha kuchlanishli transformatorlar quruq transformatorlar hisoblanadi, ya'ni ular havo bilan sovitiladi. Undan ortiq kuchlanishda moy bilan sovitiladigan kuchlanish transformatorlari qo'llaniladi. Kuchlanish transformatorlari ham bir va uch fazali bo'ladi. Uch fazali transformatorning chulg'amlari yulduz usulida ulanadi. NOM-b, NOM-10, NTM-10 va hokazo rusumli kuchlanish transformatorlari ko'p ishlatiladi. Kuchlanish transformatorlari birlamchi chulg'amining kuchlanishi 380 V dan 400 kV gacha bo'lishi mumkin.

**2. Tok transformatorlari.** Tok kuchini o'lchashda katta toklarni kamaytirish yoki kichkina toklarni ko'paytirib berish uchun ishlatiladi. Bu transformatorlar magnit o'zak va ikkita chulg'amdan iborat. Birlamchi chulg'ami o'lchanishi lozim bo'lgan katta tok zanjiriga ketma-ket ulanadi. Uning o'ramlari soni kichkina, ko'pincha,  $w_1=1$  bo'ladi, qismlari  $L_1$  va  $L_2$  harfi bilan belgilanadi. Bu chulg'am ko'pincha to'rtburchak qirgimli yo'g'on mis simdan o'raladi. Tok transformatori ikkilamchi chulg'amining o'ramlar soni ko'p bo'ladi, qismlari  $L_1$  va  $L_2$  harfi bilan belgilanadi (10.8.-rasm).

Tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'am zanjiriga ichki qarshiligi kichkina (0,05 Ohm va undan kichik) bo'lgan o'lchov asboblari (masalan, ampermetr, vattmetr va schyotchiklarning tok g'altaklari) ketma-ket ulanadi. Tok transformatorlarida birlamchi chulg'am toki 0,1 A dan 10000 A gacha bo'lishi mumkin. Ikkilamchi chulg'amning nominal toki sifatida 5 A tok qabul qilingan.



10.8 – rasm. Tok transformatorlari va ularning ulanish sxemasi.

Ikkilamchi chulg'am zanjiriga ulangan asboblarning qarshiliklari juda kichkina bo'lgani uchun tok transformatorlari normal sharoitda qisqa tutashish sharoitiga yaqin sharoitda ishlaydi. Ikkilamchi chulg'am zanjiriga istalgancha ko'p o'lchov asboblari ulab bo'lmaydi, bunda yuklama ko'payib ketishi natijasida tok transformatorining aniqligi buziladi. Tok transformatorlarida yuklama qarshiligi 0,2 ... 2 Ohm dan ortiq bo'lmasligi kerak. Har bir tok transformatorining pasportida yuklamaning nominal qarshiligi ko'rsatiladi. Tok transformatorida ikkilamchi chulg'amning nominal quvvati 5 Vt dan 100 Vt gacha bo'ladi.

Tok transformatori ishlaganda uning po'lat o'zakida juda kichkina magnit oqimi hosil bo'ladi, bu oqimni hosil qiladigan magnitlovchi kuch ham kichkina bo'ladi.

Tok transformatorining transformatsiya koeffitsienti:

$$K_T = \frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}. \quad (10.8)$$

Har bir tok transformatori pasportida uning transformatsiya koeffitsienti  $K_T$  ko'rsatiladi. Unda birlamchi chulg'am toki:

$$I_1 = K_T \cdot I_2 \quad (10.9)$$

Demak, ampermetr ko'rsatayotgan tokni transformatsiya koeffitsientiga ko'paytirib birlamchi chulg'amdanda o'tayotgan katta tok qiymatini aniqlash mumkin ekan. Ko'pincha elektr o'lchov asboblari ulangan zanjir yuqori kuchlanishli zanjirdan tok transformatori vositasida ajratiladi. Birlamchi chulg'am izolyatsiyasi buzilsa, yuqori kuchlanishning ikkilamchi chulg'am zanjiriga o'tishi juda xavfli. SHuning uchun ikkilamchi chulg'am qismlaridan biri va po'lat o'zak yerga ulangan bo'lishi kerak. Tok transformatori ishlab turganda ikkilamchi chulg'am zanjiri uzilib qolsa, birlamchi chulg'amdagi katta tok magnitlovchi tok bo'lib qoladi, oqibatda magnit oqimi ko'payib ketadi. Normal sharoitda juda kichkina bo'lgan ikkilamchi chulg'am kuchlanishi juda ko'payib ketadi, bu esa xodimlar uchun juda xavflidir. Po'lat o'zakda quvvat isrofi ko'payib ketishi natijasida transformator qizib ketadi va buziladi. Ikkilamchi chulg'am zanjiri uzilib qolmasligi uchun bu maqsadda ko'ndalang qirgimi 2,5...4 mm bo'lgak yo'g'on mis simlar ishlatilishi kerak. Agar birlamchi chulg'amdanda tok o'tib turganda ikkilamchi chulg'amga o'lchov asboblari ulan-maydigan bo'lsa, bu chulg'am qisqa tutashtirib qo'yilishi lozim. Agar tok transformatorining yuklamasi ko'payib ketse, o'lchashdagi xatolik ko'payib ketadi. Tokni o'lchashdagi xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$f_1 = \frac{I_2 \cdot \omega_2 / \omega_1 - I_1}{I_1} \cdot 100\% \quad (10.10)$$

Klassi 0,2; 0,5; 1; 3; 10 bo'lgan tok transformatorlari uchun birlamchi tok nominal qiymatga ega bo'lganda, o'lchashdagi xatolik mos holda 0,2; 0,5; 1; 3 va 10% dan ortmasligi kerak.

Bundan tashqari, tok transformatorlarida burchak xatoligi  $\delta_1$  ham bo'ladi. Burchak xatoligi 0,2; 0,5 va 1 klass tok transformatorlari uchun, mos holda, 10, 40 va 80 min dan ortiq bo'lmasligi kerak. Magnitlovchi tok ortsa, transformatorning ikkala xatoligi ham ortadi.

O'lchov transformatorlari yordamida quvvat va sarflanadigan energiya ham o'lchanadi. Yuqori kuchlanishli va katta tokli zanjirlarga vattmetr va schyotchiklar kuchlanish hamda tok transformatorlari orqali ulanadi. Bunda ularning tok g'altaklari tok transformatoriga, kuchlanish g'altaklari esa kuchlanish transformatoriga ulanadi. Birlamchi zanjir quvvatini aniqlash uchun vattmetr ko'rsatayotgan qiymatni ( $W$ ) tok va kuchlanish transformatorlarining transformatsiya koeffitsientiga ko'paytirish lozim, ya'ni:

$$P = W \cdot K_k \cdot K_t. \quad (10.11)$$

### ***Kuchlanishi tekis rostlanadigan transformator (avtotransformator) -***

Transformatorlarning kuchlanishi ko'pincha pog'onali rostlanadi. Ko'p hollarda transformator kuchlanishini katta diapazonda (poyonida) juda tekis rostlash talab qilinadi. Ko'pincha bu maqsadda chulg'amning izolyatsiyalanmagan tashqi yuzasida sirpanadigan kontakt cho'tkalar ishlatiladi va shu asosda ulanadigan chulg'am o'ramlarini tekis o'zgartiriladi. Bu usul kichik quvvatli avtotransformator (LATR) larla qo'llaniladi. Katta quvvatli transformator va avtotransformatorlarda kuchlanishni o'zgartirish uchun o'ram qismi qisqa tutashganda qisqa tutashish tokini chegaralovchi qarshilikli ikkita cho'tka ishlatiladi. Amalda qo'zg'aluvchan chulg'amli yoki qo'zg'aluvchan o'zakli transformatorlar ham qo'llaniladi.



10.9-rasm. Avtotransformator.

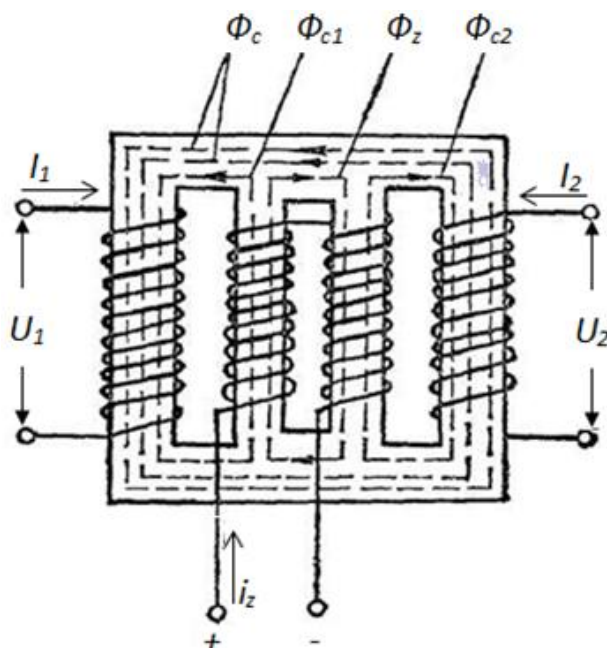


Bunda transformatorning parallel ulangan ikkita birlamchi chulg'ai sterjenning pastida va yuqorisida o'rnatiladi.

Ikkilamchi chulg'ami esa qo'zg'aluvchan o'zakda o'rnatiladi. O'zak surilganda ikkilamchi chulg'am bilan qurshaladigan magnit oqimi o'zgaradi va kuchlanish qiymati  $+U_2$  dan (ikkilamchi chulg'am yuqorida) -  $U_2$  gacha (pastda) juda tekis o'zgaradi.

So'nggi vaqtlarda o'zgarmas tok bilan qo'shimcha magnitlanadigan elementli (kuchlanishi tekis rostlanadigan) transformatorlar ishlatilmoqda. Bunday bir fazali transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari ikkita chekka sterjenlarga o'rnatiladi (10.10-rasm). Sterjenlar orasida magnit shunti bo'ladi. Magnit shunti ham maxsus po'latdan yig'iladi. Magnit shunti chulg'amlarning elektromagnit aloqasini pasaytiradi, sochilma oqimlar esa ko'payadi.

Foydali oqim chekka sterjenlar bilan qurshaladi. Agar kichkina magnitlovchi tok e'tiborga olinmasa,  $I_1$  va  $I_2$  toklar magnit shunti orqali qurshaladigan sochilma oqimlar  $F_{s1}$  va  $F_{s2}$  ni hosil qiladi.



10.10-rasm. Qo'shimcha magnitlovchi chulg'amli bir fazali transformator.

Sochilma oqim katta bo'lgani uchun chulg'amlarning induktiv qarshiligida kuchlanish pasayishlari ( $jI_1X_1$  va  $jI_2X_2$ ) katta bo'ladi va ikkilamchi kuchlanish ancha kamayadi. Magnit shuntining ikkita sterjenida o'zgarmas tok manbaiga ulanadigan qo'shimcha magnitlovchi chulg'am o'raladi. O'zgarmas tok hosil qiladigan magnit oqimi faqat shunt orqali berkiladi. Tok qancha katta bo'lsa, magnit oqimi ham shuncha katta bo'ladi, bunda o'zak kuchliroq to'yinadi. Natijada  $F_{s1}$  va  $F_{s2}$  oqimlar kamayadi, bu esa ikkilamchi

chulg'am kuchlanishining ko'payishiga olib keladi. O'zgarmas tok qiymatini o'zgartirib, ikkilamchi chulg'am kuchlanishi qiymatini juda tekis o'zgartirish mumkin bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Transformatorlar qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
2. Bir fazali transformatorlarning konstruktiv tuzilishi.
3. Bir fazali transformatorlarning ishlash tamoyili.
4. Uch fazali transformatorlarning konstruktiv tuzilishi.
5. Uch fazali transformatorlarning ishlash tamoyili.
6. Qanday maxsus transformatorlarni bilasiz?

### **III bob. II-mavzu.**

## **ASIXRON MASHINALAR.**

Reja:

II.1. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining asosiy turlari.

II.2. Asixron mashinalarning tuzilishi va ishlash tamoyili.

II.3. Asixron mashinalarning mexanik tavsiflari.

II.4. Asixron motorning energetik diagrammasi.

II.5. Asixron mashinalarni ishga tushirish, reverslash va aylanish tezligini rostlash.

### **II.1. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining asosiy turlari**

Asixron mashinalar sinusoidal o'zgaruvchan tokda ishlashga mo'ljallab ishlab chiqiladi. Ularning ishlash tamoyili uchta chulg'amdan uch fazali tok o'tganda aylanma magnit maydonining hosil bo'lishiga asoslanadi. Hozirda uch fazali o'zgaruvchan tok asixron mashinalari keng ishlatilmoqda. Asixron mashinalar uch guruhga bo'linadi: a) kollektorsiz asinxron mashinalar; b) kollektorli asinxron mashinalar.

Asixron mashinalar asosan ikki qismdan iborat bo'ladi: qo'zg'almas qism - stator; aylanadigan qism - rotor. Stator va rotor orasida havo oralig'i bo'ladi. Bu oraliq sinxron mashinalarda nisbatan kattaroq, asinxron mashinalarda kichkina (masalan, 0,2...3 mm) bo'ladi. Asinxron va sinxron mashinalarda statorning tuzilishi deyarli bir xil; lekin ularning rotorlari tuzilishi jihatidan har xil bo'ladi. Amalda bir va uch fazali asinxron va sinxron mashinalar keng ishlatiladi. Uch fazali mashinalar statorida uchta chulg'am; bir fazali mashinalarda esa bitta chulg'am bo'ladi.

Asinxron mashinalarda rotorining aylanish chastotasi aylanma magnit maydonining aylanish chastotasiga teng bo'lmaydi, ya'ni ular sinxron aylanmaydi. Bunday mashinalar asinxron mashinalar deyiladi.

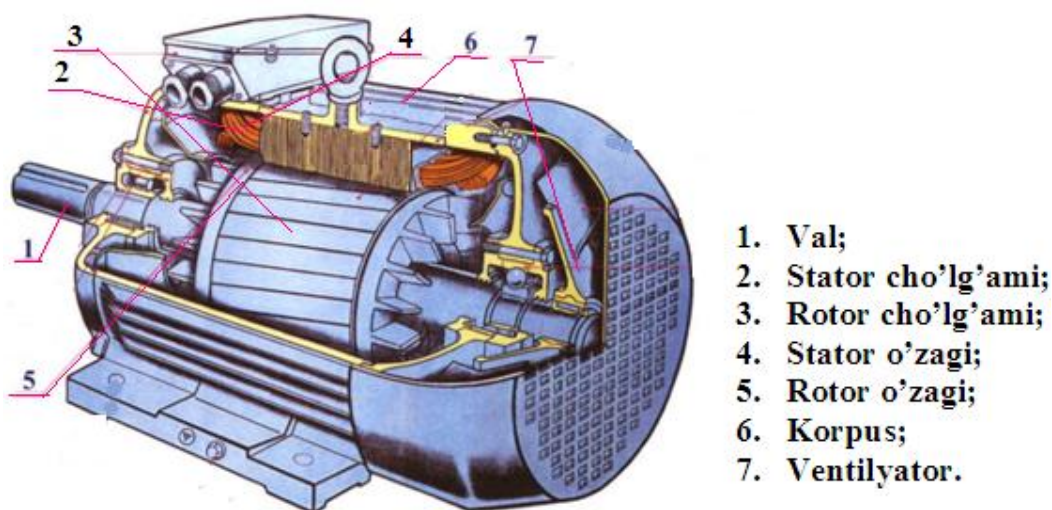
Asinxron mashinalar asosan dvigatellar sifatida ishlatiladi. Iqtisodiyotning turli sohalarida millionlab asinxron dvigatellar turli mexanizmlarni harakatga keltirmoqda. Umuman, sinxron va asinxron mashinalar generator sifatida ham, dvigatel sifatida ham ishlay oladi. Bundan tashqari, sinxron mashinalar sinxron kompensatorlar sifatida; asinxron mashinalar esa elektromagnit tormoz va chastota o'zgartiruvchi mashina sifatida ishlatiladi.

O'zgaruvchan tokning kollektorli mashinalarida ham rotor aylanma magnit maydoni bilan bir xil tezlikda aylanmaydi va bu jihatdan ular asinxron mashinalar hisoblanadi. Lekin bunday mashinalarda kollektor bo'lganligi sababli ular alohida guruhni tashkil qiladi. Kollektorli mashinalar ko'proq dvigatel

sifatida ishlatiladi. Ularning ishlash tamoyili o'zgarmas tok mashinalarining ish tamoyiliga yaqin. O'zgaruvchan tok kollektorli mashinalari amalda kam ishlatiladi.

Elektr mashinalarning ferromagnit o'zagi (magnit o'tkazgichi) va chulg'amlari uning asosiy aktiv qismlaridir. Qolganlari mashinaning pishiqligini, mustahkamligini, uning aylanishini va sovutilishini ta'minlovchi konstruktiv qismlardir (II.1-rasm).

Asinxron va sinxron mashinalarda statorning tuzilishi bir xil bo'ladi. Bunday mashinalarning statori uning korpusi (staninasi), asosi, korpusni ikki tomonidan berkitib turadigan podshipnik shchitlari hamda statorning korpusi ichida maxsus yupqa elektrotexnika po'lat plastinkalaridan yig'ilgan pulat o'zakdan iborat. Po'lat o'zak pazlariga, fazoda bir-biriga nisbatan  $120^\circ$  siljigan, uchta chulg'am o'rnatilgan. Bir fazali mashinalar statorida bitta chulg'am bo'ladi.



II.1-rasm. Asinxron mashinaning konstruktiv tuzilishi

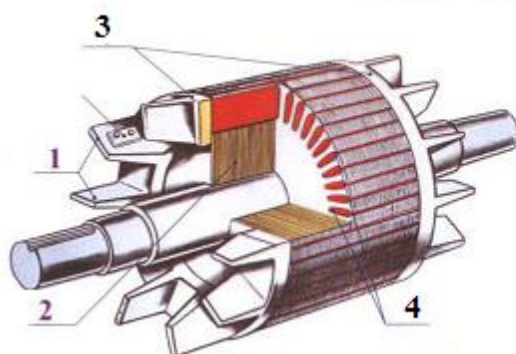
### 3.2.2 Asinxron mashinalarning tuzilishi va ishlash tamoyili.

Elektr mashinalarida po'lat o'zak maxsus yupqa elektrotexnika po'lat listidan yig'ib tayyorlanadi. Stator va rotorning po'lat o'zaklarining tarkibida 1...3% kremniy bo'ladi. Po'lat listlarining qalinligi 0,3 ... 0,5 mm. Po'lat o'zak yig'ilgandan so'ng staninaga presslab o'rnatiladi. Stator staninasi esa alyuminiy yoki cho'yandan tayyorlanishi mumkin. Asinxron mashinalarda ham rotorning po'lat o'zagi maxsus po'lat listlardan yig'iladi va valga(o'qqa) yoki rotor vtulkasiga presslab mahkamlanadi. Mikromashinalarda po'lat o'zaklar temir-nikel qotishmasi plastinkalardan yig'iladi.

Asinxron mashinalar rotorning tuzilishiga ko'ra:

1) qicqa tutashtirilgan rotorli, II.2-rasm.

## Qisqa tutashtirilgan rotor

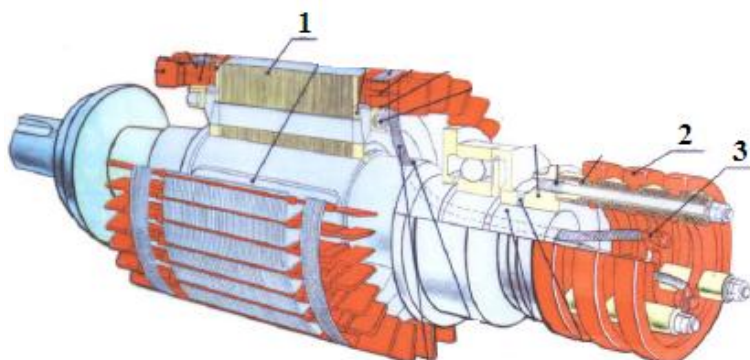


- 1- ventilyatsiya parraklari;
- 2- rotorning magnet o'tkazgichi;
- 3- qisqa tutashtiruvchi xalqa;
- 4- cho'lg'amlar o'rnatiladigan ariqcha(paz)lar.

11.2-rasm. Asixron mashinaning qisqa tutashtirilgan rotori.

Rotorning o'zagi elektrotexnik po'lat tunikalardan yig'iladi, sirtqi tomoni pazlar hosil qiluvchi silindirdan iborat bo'ladi. Uyurma toklardan hosil bo'luvchi quvvat isrofini kamaytirish maqsadida rotor o'zagini tashkil qiluvchi har bir po'lat tunikanining ikki tomoni izolyatsiyalovchi lak(loq) bilan qoplanadi.

Qisqa tutashtirilgan rotorli motorning rotor o'zagi pazlariga alyuminiy yoki mis sterjenlari (tayoqchalari) joylashtirilib, ularning bosh va oxirlari alyuminiy yoki mis halqa bilan o'zaro qisqa tutashtiriladi rotor ("Olmaxon qafas") li asinxron motor deyiladi.



- 1 - rotor magnet o'provodi;
- 2 - kontakt xalqalari;
- 3 - ho'lg'amlar uchlari kontakt xalqalariga ulanishi;



- Cho'tka tutqichlar cho'tkalar bilan**
- 4 - cho'tkalar;
  - 5 - cho'tka tutqichlar;
  - 6 - tok o'tkazuvchi tros;

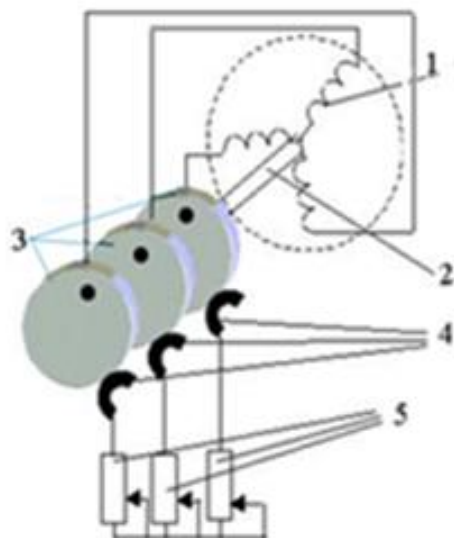
11.3-rasm. Asixron mashinaning faza (kontakt halqali) rotori.

2) faza (kontakt halqali) rotorli dvigatellarga bo'linadi (11.3 – rasm).

Faza rotorli dvigatelning rotor o'zagi pazlariga statorni singari uch fazali chulg'am o'rnatiladi. Dvigatelning ishga tushurish tokini kamaytirish maqsadida rotor chulg'ami zanjiriga ketma-ket tashqi qarshilik kiritiladi .

Rotor chulg'ami "yulduz" sxemasida ulanib, uning har bir fazasiga tashqi qarshilikni kiritish uchun aylanuvchi rotor vali(o'qi)ga uchta o'zaro va valdan izolyatsiyalangan halqa o'rnatiladi. Rotordagi faza

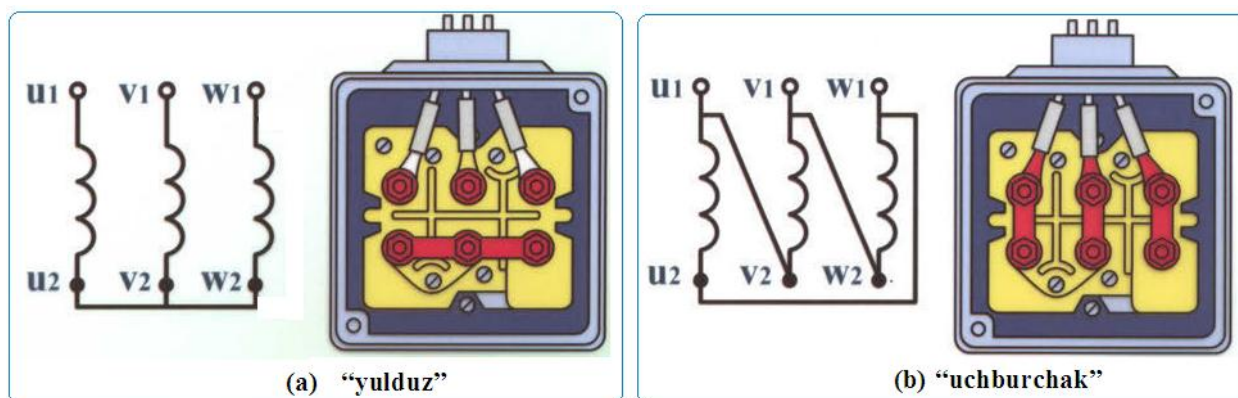
chulg'aming uchlari uchta halqaga ulanib, halqalar esa qo'zg'almas cho'tkalar orqali ishga tushirish rezistoriga ulanadi (11.4 – rasm).



11.4-rasm. Faza rotorli dvigatelga rostlagich reostatini ulanishi.

Katta quvvatli asinxron elektr dvigatellarda va kichik quvvatli maxsus mashinalarda ularning ishga tushirish va rostlash xususiyatlarini yaxshilash maqsadida faza rotorlardan foydalaniladi. Bunda uch fazali rotor chulg'amlari (1) valga(o'qqa) (2) o'rnatilgan kontakt halqalar (3) ga ulanadi. O'z navbatida ushbu halqalarga tegib sirpanib turuvchi cho'tkalar (4) yordamida rostlagich reostatlar (5) ga ulanadi.

Asinxron mashinalarning statoriga joylashtiriladigan uch fazali chulg'amning tuzilishi sinxron mashinaning chulg'amidan farq qilmaydi. Stator chulg'amlarining uchlari dvigatel shchitidagi qismlarga ulanadi. Bunda birinchi faza chulg'ami  $C_1 - C_4$  ikkinchisi  $C_2 - C_5$  uchinchisi esa  $C_3 - C_6$  bilan belgilanadi. Chulg'amni "yulduz" sxemasi bilan ulash uchun uchlari motor shchitining qismlariga 11.5-rasm, a da ko'rsatilgandek qilib biriktiriladi. 11.5- rasm b da motor shchitidagi chulg'am uchlari "uchburchak" sxemalari bilan ulash ko'rsatilgan.



11.5 – rasm. Asinxron mashinalarning stator chulg'amlarini ulanish usullari

Asinxron dvigatelning stator chulg'amiga uch fazali tok berilganda

$n_1 = 60f/p$  chastota bilan aylanuvchi magnit maydon hosil bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydon rotor chulg'amini kesib o'tib, uning yopiq zanjiriga ega chulg'amida EYuK hosil qiladi. Rotor chulg'amidagi tok bilan statoridagi aylanuvchi magnit maydonning o'zaro ta'siri natijasida aylantiruvchi elektromagnit moment hosil bo'lib, natijada motor  $n_2$  chastota bilan aylana boshlaydi. Aylantiruvchi momentni hosil qiluvchi kuchlarning yo'nalishi chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

Dvigatelning statoriga berilgan elektr energiyasi elektromagnit jarayon natijasida rotorda aylantiruvchi mexanik energiyaga aylanadi. Asinxron motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish uchun stator chulg'amining elektr tarmog'iga ulanadigan har qanday ikki uchini o'zaro almashtirish kifoya. Bunda aylanuvchi magnit maydon va u tomon ergashib aylanuvchi rotorning aylanish yo'nalishlari teskariga o'zgaradi. Rotorning aylanish  $n_2$  aylanuvchi magnit maydonining sinxron chastotasi  $n_1$  ga nisbatan hamma vaqt kichik bo'ladi. Agar  $n_2 = n_1$  bo'lganda rotor chulg'amida tok va aylantiruvchi moment hosil bo'lmaydi. Aylanuvchi magnit maydoni va rotor chastotalari ayirmasining sinxron chastotaga nisbati *sirpanish* deb ataladi va  $S$  harfi bilan belgilanadi. Demak, sirpanishning qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (11-1)$$

Quvvati  $1 \div 100 \text{ kVt}$  gacha bo'lgan normal tuzilishdagi asinxron motorlarning nominal yuklamasiga tegishli nominal sirpanish

$$S_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1} = 0,01 \div 0,06 \quad \text{bo'ladi.} \quad (11.2)$$

Asinxron mashinaning dvigatel rejimida  $S = 0 \div 1$  orasida o'zgaradi.

Bunda  $S = 0$  - motorning ideal salt ish rejimi, ya'ni  $M = 0$ ;  $n_2 = n_1$  da sodir bo'ladi.

$S = 1$  da esa elektr tarmog'iga ulangan dvigatel rotorining tinch holati, ya'ni  $n_2 = 0$  da sodir bo'ladi.

Asinxron dvigatelning aylanish chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$n_2 = n_1 (1 - S) \quad (11.3)$$

### 11.3 Asinxron mashinalarning mexanik tavsiflari.

Asinxron motorning mexanik tavsifi  $S=f(M)$  bog'lanish bilan ifodalanadi.

Mexanik tavsifni qurishda mexanik tavsifni hisoblash uchun qulay bo'lgan quyidagi tenglama olinadi:

$$M = \frac{2M_{\text{макс}}}{\frac{S}{S_{\text{кр}}} + \frac{S_{\text{кр}}}{S}} \quad (11.4)$$

(11.4) ifodaga binoan mexanik tavsifni qurish uchun  $S_{\text{кр}}$  ni aniqlab olish kifoya. Buning uchun (11.4) ifodadagi  $M$  va  $S$  o'rniga ularning nominal qiymatlarini qo'yib, undan  $S_{\text{кр}}$  qiymati quyidagicha topiladi:

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{H}} \left( \lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) \quad (11.5)$$

Bunda  $\lambda = M_{\text{макс}}/M_{\text{H}}$  - asinxron dvigatelning o'ta yuklanish qobiliyatini xarakterlovchi koeffitsient, normal tuzilishdagi motorlar uchun  $\lambda = 1,8 \div 2,5$  bo'ladi. Bu koeffitsientning qiymati dvigatel kataloglarida beriladi. Aylantiruvchi momentning nominal qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{\text{H}} = 9550 \frac{P_{\text{H}}}{n_{\text{H}}} \quad H_{\text{M}} = 975 \frac{P_{\text{H}}}{n_{\text{H}}} \text{ кГМ} \quad (11.6)$$

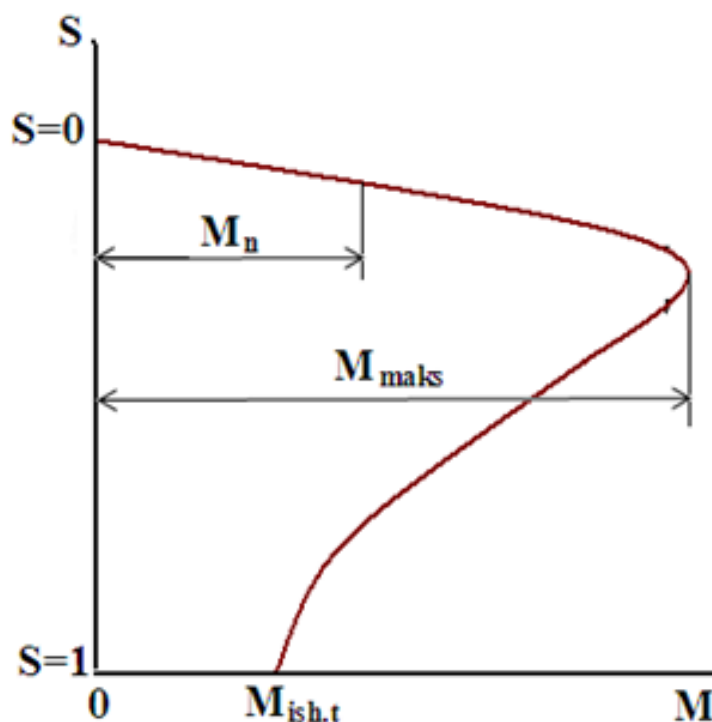
Bu yerda:  $P_{\text{H}}$  - rotor vali(o'qi)dagi foydali nominal quvvat, kVt. Nominal quvvatning qiymati dvigatel shchitida beriladi;

$n_{\text{H}}$  - nominal yuklama bilan ishlayotgan dvigatelning nominal chastotasi bo'lib uning *ayl/min* birligidagi qiymati ham dvigatel shchitida berilgan bo'ladi. Aylantiruvchi momentning maksimal qiymati  $M_{\text{макс}} = \lambda M_{\text{H}}$  bo'ladi.

(11.5) ifodadagi ( $\pm$ ) ishoraning musbati dvigatel, manfiysi esa generator rejimlariga tegishlidir. Shunday qilib, sirpanishga turli, ya'ni  $S = 0 \div 1$  gacha qiymatlar berib, ularga tegishli aylantiruvchi moment qiymatlari aniqlanadi. 11.6-rasmda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning (11.5) ifoda asosida qurilgan mexanik tavsifi ko'rsatilgan.

Mexanik tavsifning  $S = 0 \div S_{\text{кр}}$  bo'lagi uning ish yoki turg'un qismi,  $S = S_{\text{кр}} \div 1$  bo'lagi esa uning beqaror yoki turg'un bo'lmagan qismi deyiladi. Tavsifning turg'un qismida ishlayotgan motor yuklamasi berilgandagiga nisbatan  $M_{\text{с1}}$  yoki  $M_{\text{с2}}$  ga o'zgarib qolguday bo'lsa, u holda aylantiruvchi momentning qiymati o'zgarib momentlar muvozanati, ya'ni  $M = M_{\text{с1}}$  yoki  $M = M_{\text{с2}}$  avtomatik ravishda tiklanadi.





11.6-rasm. Asinxron mashinaning mexanik tavsifi.

Haqiqatan, mexanik tavsif ifodasiga binoan yuklama o'zgarishi bilan sirpanish ham o'zgaradi. Sirpanishning o'zgarishi bilan esa tok  $I_2^k$  qiymati va, demak, aylantiruvchi moment qiymati avtomatik ravishda o'zgaradi. Agar yuklama, ya'ni qarshilik momenti  $M_c$  ning qiymati aylantiruvchi momentning  $M_{maks}$  qiymatidan biroz ortib ketguday bo'lsa, u holda mexanik tavsifga binoan chastota tabiiy ravishda pasayadi. Bunda motorning aylantiruvchi momenti ko'payish o'rniga kamayib qoladi va natijada momentlar muvozanati tiklana olmay, motor o'z-o'zidan to'xtab qoladi.

Demak, yuklamaning qarshilik momenti tasodifan haddan tashqari katta qiymatga ega,  $M > M_{maks}$  bo'lib qolsa, u holda asinxron motor avtomatik ravishda to'xtab, shu bilan birga o'z-o'zini himoyalab qoladi. Asinxron motorning bu xususiyati uning afzalliklaridan biri hisoblanadi. Aylantiruvchi momentning qiymati  $M = U_{1\phi}^2$  bo'lgani, elektr tarmog'idagi kuchlanish  $U_{1\phi}^2$  ning qiymati esa 5-10% ga o'zgarib turishi sababli asinxron motorning katalogda berilgan  $M_{maks}$  qiymatini amaliy hisoblashlarda 0,8 koeffitsientiga ko'paytirib, uning qisqa vaqt davomida nominalga nisbatan ortiqroq yuklama bilan ishlash qobiliyati, ya'ni  $M'_{maks} = 0,8 M_{maks} = 0,8(1,8 \div 2,5)M_H$  aniqlanadi. Asinxron dvigatel aylantiruvchi momentning  $M_{maks}$  qiymati rotor zanjiridagi aktiv qarshilikka bog'liq emas, ammo kritik sirpanishning qiymati  $R_2^k$  ga to'g'ri proporsional. O'rtacha quvvatli qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron

motorlari uchun  $S_{\text{kp}} = 0,12 \div 0,2$  bo'lib, katta quvvatlilarda  $S_{\text{kp}} = 0,04 \div 0,05$  bo'ladi. Rotor chulg'amiga tashqi qarshilik kiritilmagan faza rotorli motorlar uchun  $S_{\text{kp}} = 0,08 \div 0,3$  bo'ladi.

#### 11.4 Asinxron motorning energetik diagrammasi.

11.7-rasmda asinxron motorning energetik diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda elektr tarmog'idan motorga beriladigan aktiv quvvat quyidagicha ifodalanadi:

$$P_1 = 3U_{1\phi}I_{1\phi}\cos\varphi_1, \text{ Vt.} \quad (11.7)$$

Bu quvvatning bir qismi motor po'lat o'zagining va stator chulg'amining qizishiga sarflanadi. Stator chulg'amining qizishiga sarflanadigan quvvat isrofi  $P_{\text{m.ct}} = 3I_{1\phi}^2R_1$  bo'ladi.

$P_1$  quvvatning qolgan qismi elektromagnit usulda rotorga beriladi. Buni elektromagnit  $P_{\text{em}}$  quvvat deyiladi.  $P_{\text{em}}$  quvvatning bir qismi rotor chulg'amining qizishiga sarflanadigan quvvat isrofi  $P_{\text{m.pot}} = 3I_{2\phi}^2R_2$  Vt bo'ladi. elektromagnit quvvatning qolgan qismi mexanik quvvat  $P_{\text{mex}}$  deyilib, u rotorni harakatga keltirish uchun sarflanadi. Rotordagi mexanik quvvatdan mexanik ishqalanishlarga sarflanuvchi va qo'shimcha quvvat isrofi  $P_q$  ayirilsa, u holda motor vali(o'qi)dagi foydali quvvat  $P_2$  olinadi.  $P_2$  ning qiymati motor shchitida ko'rsatiladi. Shunday qilib,  $P_1$  ning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \quad (11.8)$$

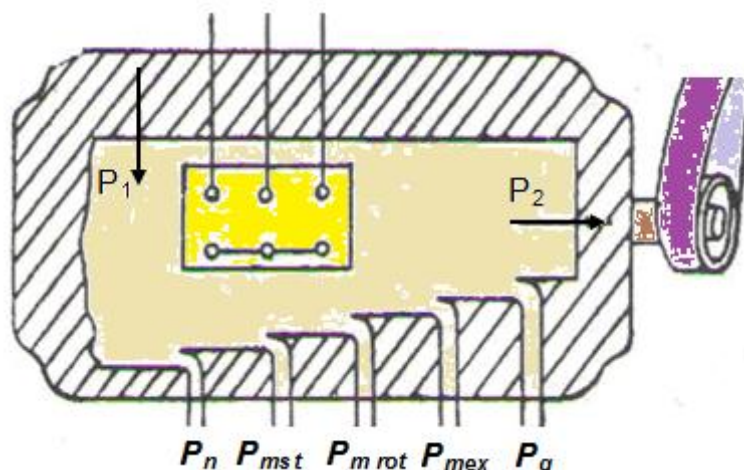
bunda  $\eta$ —motorning foydali ish koeffitsienti bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1}, \quad (11.9)$$

bunda

$$\Sigma P = P_n + P_{\text{m.ct}} + P_{\text{m.pot}} + P_q, \quad (11.10)$$

Asinxron motorlar uchun  $\eta = 0,7 \div 0,9$  bo'lib,  $\eta$  ning yuqori qiymati katta quvvatli motorlarga taaluqli.



11.7-rasm. Asinxron motorning energetik diagrammasi.

Elektromagnit quvvatdan rotorda hosil bo'lgan mexanik quvvatni ayirib rotor chulg'aming qizishi uchun sarflangan quvvat  $P_{m.rot}$  aniqlanadi, ya'ni  $P_{m.rot} = P_{\text{ЭМ}} - P_{mex}$ . Rotorda hosil bo'lgan mexanik quvvatni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P_{mex} = M\omega_2 = M \frac{2\pi n_2}{60} \text{ Vt}, \quad (11.11)$$

bunda  $M$  – rotorning aylantiruvchi momenti, Nm;

$n_2$  – rotorning minutiga aylanishlar soni, ayl/min.

Rotorga berilgan elektromagnit quvvat quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{\text{ЭМ}} = M\omega_1 = M \frac{2\pi n_1}{60}, \quad (11.12)$$

$n_1 = n_2(1 - S)$  bo'lgani uchun  $P_{m.rot}$  quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{m.rot} = P_{\text{ЭМ}} - M \frac{2\pi n_1(1-S)}{60} = P_{\text{ЭМ}} - P_{\text{ЭМ}}(1 - S) = P_{\text{ЭМ}} \cdot S. \quad (11.13)$$

Demak, (10.7) ifodaga binoan rotor chulg'aming qizishi uchun sarflanadigan quvvat isrofi sirpanishga to'g'ri proporsional bo'lar ekan.

#### 11.4.1 Asinxron mashinalarni ishga tushirish, reverslash va aylanish tezligini rostdash.

Asinxron motorlar stator chulg'amini elektr tarmoqqa:

- reaktor, avtotransformator yoki aktiv qarshilik orqali;
- “yulduz”dan “uchburchak”ka almashtirib ulash bilan ishga tushiriladi.

Asinxron motomi elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish eng keng tarqalgan usullardan hisoblanadi [4].

Asinxron motorning ishga tushirish toki ifodasi  $S=1$  o'rniga uning  $S=1$  qiymatini qo'yib quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{\text{ишт}} = \frac{U_1 \phi}{\sqrt{(R_1 + R_2^k)^2 + (X_1 + X_2^k)^2}} \quad (11.14)$$

Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarning ishga tushirish toki  $I_{\text{ишт}} = (5 \div 8)I_{\text{н}}$  bo'lib, uning nisbiy qiymati  $\frac{I_{\text{ишт}}}{I_{\text{н}}}$  motor kataloglarida beriladi. Ishga tushirish toki katta bo'lishiga qaramay, asinxron motorning ishga tushirish momenti nisbatan kichik, ya'ni  $M_{\text{ишт}} = (1 \div 2)M_{\text{н}}$  ni tashkil qiladi. Ishga tushirish momentining tok singari katta qiymatga ega bo'lmasligini aylantiruvchi momentning quyidagi (11.15) ifodasidan tushinish mumkin. Asinxron motorning vektor diagrammasiga binoan  $I_2^k \frac{R_2^k}{s} = E_2^k \cos \psi_2$ , Bu ifodadan aniqlangan  $\frac{R_2^k}{s}$  qiymatini (11.9) dagiga qo'yib quyidagi olinadi:

$$M = \frac{m I_2^k}{\omega_1} = E_2^k \cos \psi_2 \quad (11.15)$$

Ammo  $E_2^k = E_1 = 4,44 k_{\text{ч1}} W_1 f_1 \Phi_{\text{м}}$  bo'lgani uchun aylantiruvchi moment uchun quyidagi ifoda olinadi:

$$M = \frac{m I_2^k}{\omega_1} 4,44 k_{\text{ч1}} W_1 f_1 \Phi_{\text{м}} \cos \psi_2 = k_{\text{м}} \Phi_{\text{м}} I_2^1 \cos \psi_2 \quad \text{Nm}, \quad (11.16)$$

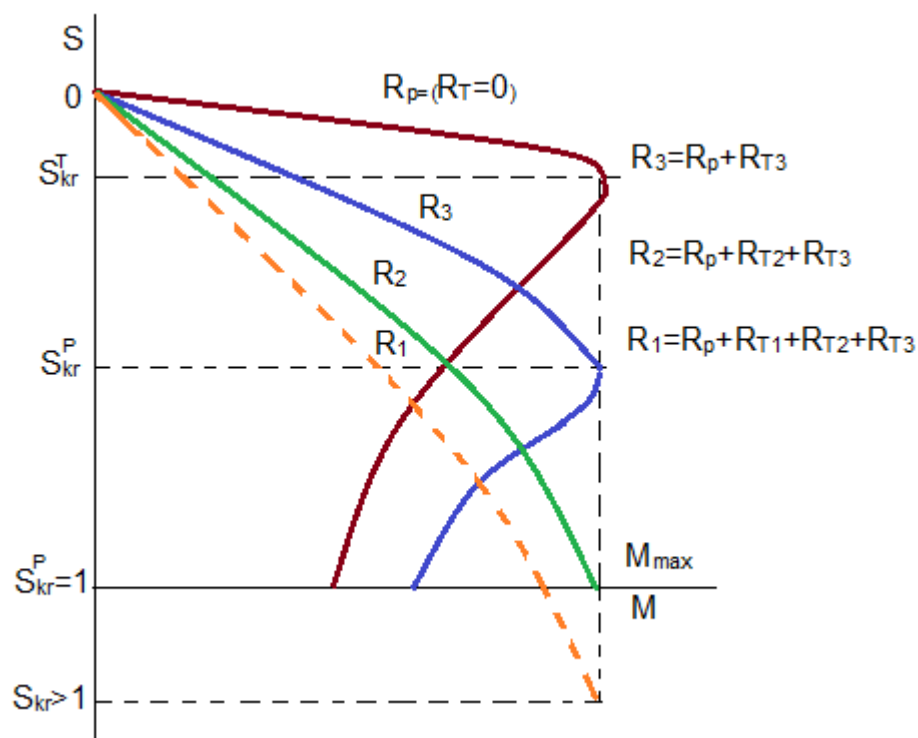
bunda  $k_{\text{м}} = \frac{m \cdot 4,44 k_{\text{ч1}} W_1 f_1}{\omega_1} = \text{const}$  - moment doimiysi;  $I_2^1 \cos \psi_2$  - rotor tokining aktiv qismi. Demak, asinxron motorning aylantiruvchi momenti ham o'zgarmas tok motorniki singari ifodalanib, magnit oqim va tokning aktiv qismi bilan aniqlanadi. Ishga tushirish paytida  $S=1$  bo'lgani sababli rotor induktiv qarshiligining maksimal qiymati  $X_{2\text{макс}} = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi f_1 L_1$  da moment ifodasiga  $\cos \psi_2$  o'zining minimal qiymatiga ega. Shu sababli  $M_{\text{ишт}}$  ning qiymati  $M_{\text{н}}$  ga yaqinroqdir. Bu esa asinxron motorning kamchiligidir. Haqiqatan,  $M_{\text{ишт}} = M_{\text{н}}$  bo'lsa, nominal yuklama bilan asinxron motorni ishga tushirish imkoni umuman bo'lmaydi. Motor kataloglarida  $\frac{M_{\text{ишт}}}{M_{\text{н}}}$  qiymati ham beriladi.

**Faza rotorli asinxron motorni ishga tushirish.** Turli mashina va mexanizmlarni harakatga keltirish uchun, iloji boricha, qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar tanlash tavsiya qilinadi. Faza rotorli

motorlarning esa tuzilishi murakkabroq, narxi qimmatroq bo'lgani uchun ularni faqat chastotasi rostlanadigan ba'zi kranlarda, prokat stanlarida, press va maxovikli qurilmalarda qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Bunday motorlarning maksimal momenti  $M_{\text{макс}} = 1,5 \div 3,5 M_{\text{н}}$  bo'lib, ularning ishga tushirish toki maxsus rezistor bilan chegaralanadi. Bu rezistor bir necha pog'ona aktiv qarshiliklardan iborat bo'lib, motorni ishga tushirishda bu qarshiliklar rotor zanjiriga kiritilgan bo'lishi lozim. Motor aylanish chastotasining ortib borishi bilan qarshilik pog'onalari rotor zanjiridan chiqarib boriladi. Rotor zanjiriga kiritiladigan tashqi aktiv qarshilikni ko'paytirish bilan  $S_{\text{кр}}$  ning qiymati ortib boradi. Bundan  $M_{\text{макс}}$  ning qiymati o'zgarmay,  $S_{\text{кр}}$  ning ko'payishi tomon surila boshlaydi. Rotor zanjiridagi aktiv qarshilikni  $R_2^k = X_1 + X_2^k$  gacha ko'paytirib borilsa, ishga tushirish toki  $I_{\text{ишт}} \simeq 2 \div 2,5 I_{\text{н}}$  gacha kamayib, ishga tushirish momentining qiymati esa aylantiruvchi momentning maksimal qiymatigacha ortib boradi.

Demak,  $R_2^k = X_1 + X_2^k$  bo'lganda  $S_{\text{кр}} = 1$  bo'lib,  $M_{\text{ишт}} = M_{\text{макс}}$  bo'ladi. Agar  $R_2^k$  qiymatini  $R_2^k > X_1 + X_2^k$  qilib, uni yana ko'paytirib borils, u holda  $I_{\text{ишт}}$  qiymatining kamayishi bilan  $M_{\text{ишт}}$  ham kamayib boradi (II.1-rasm). II.1-rasmda ko'rsatilgan rezistor tavsiflarning soni rotor zanjiridagi ishga tushirish rezistorining pog'onalar soniga teng qilib olingan. Shunday qilib, rotor zanjiridagi aktiv qarshilikni o'zgartirish bilan ishga tushirish toki va momentini osongina o'zgartirish hamda turli rezistorli mexanik tavsiflarga ega bo'lish imkoni faza rotorli motorning asosiy afzalliklaridan hisoblanadi. Faza rotorli motorning ishi rezistorli tavsifdan tabiiy tavsifga o'tkazilganda, u xuddi qisqa tutashtirilgan rotorli motor singari ishlay boshlaydi. -rasmda keltirilgan mexanik tavsiflarning ish qismi to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lgani uchun rotor zanjiriga kiritilgan rezistor pog'onalari qarshiligini parallel qo'zg'atishli o'zgarms tok motorniki singari grafik usulda aniqlash mumkin. koordinatalari, masalan,  $S = 0; M = 0$  va  $M = M_{\text{н}}; S = S_{\text{н}}$  bo'lgan ikki nuqtani tutashtirish bilan asinxron motorning tabiiy tavsifi olinadi.



11.8-rasm. Asinxron motorning resistor tavsifi.

Faza rotorli motorni ishga tushirishda, ya'ni  $S = 0$  bo'lganda  $I_{\text{ishT}} = I_{2\text{H}}$  va  $M_{\text{ishT}} = M_{\text{H}}$  bo'lsa, rotor zanjiridagi aktiv qarshilik o'zining nominal qiymati  $R_{2\text{H}}$  ga teng bo'ladi. Bunda quyidagi proporsiyani tuzish mumkin, ya'ni  $\frac{R_2}{R_{2\text{H}}} = \frac{M_{\text{H}}}{M} S$ . Agar  $M = M_{\text{H}} = \text{const}$  bo'lsa  $\frac{R_2}{R_{2\text{H}}} = S$  bo'ladi. Demak, rotor zanjiridagi aktiv qarshilikning nisbiy birlikdagi miqdorini sirpanish bilan aniqlash mumkin. Motorning nominal qarshiligi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{2\text{H}} = \frac{E_{2\text{H}}}{\sqrt{3}I_{2\text{H}}}, \quad (11.17)$$

bunda  $E_{2\text{H}}$  – uzuq chulg'aming ikki fazasi orasidagi EYuK;

$I_{2\text{H}}$  – rotorning nominal toki. Motorning  $E_{2\text{H}}$  va  $I_{2\text{H}}$  qiymatlari katalogda berilgan bo'ladi.

Ishga tushirish tokini nominal tok qiymati  $I_{2\text{H}}$  gacha chegaralovchi rotor zanjirining to'la aktiv qarshiligi faza rotorli motorning nominal qarshiligi deb ataladi va  $R_{2\text{H}}$  bilan belgilanadi.

Demak, rotor chulg'aming har bir fazasidagi aktiv qarshilikning qiymati  $R_p = S_H R_{2H}$  bo'ladi. Rezistor pog'onalarining qarshiliklari ham ishga tushirish grafigidan foydalanib, yuqoridagi ifoda asosida aniqlanadi.

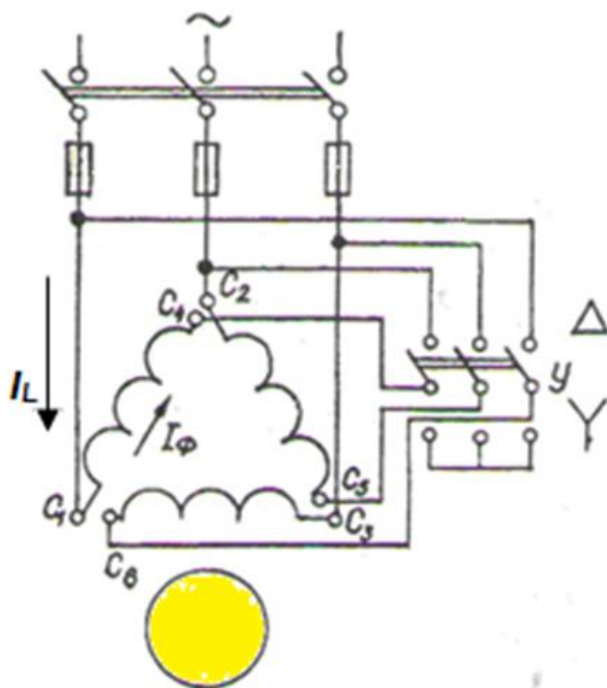
### **Qisqa tutashtirilgan asinxron motorni ishga tushirish**

Qisqa tutashtirilgan asinxron motorni elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish mumkin. Bunda motor, juda oz vaqt bo'lsa ham, qisqa tutashish rejimida  $I_{\text{ишт}} = (5\div 7) I_H$  toki bilan ishlaydi. Bu tokning qiymati juda qisqa vaqt ichida yuklama toki qiymatigacha pasayganligi sababli uning motor uchun xavfi bo'lmaydi. Lekin bunday motorlarning elektr tarmog'iga ulanish soni katta bo'lsa, motor  $I_{\text{ишт}}$  toki ta'sirida haddan tashqari qizib ketishi mumkin. Shunga ko'ra elektr tarmog'iga ulanish soni katta bo'lgan hollarda qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarni qo'llash tavsiya etilmaydi. Katta quvvatli motorlarni ishga tushirishda  $I_{\text{ишт}}$  ning ta'siri bilan elektr tarmog'idagi kuchlanish  $U$  ning qiymati sezilarli darajada ketishi mumkin. Bunda,  $M$  ning  $U^2$  ga proportsionalligi sababli elektr tarmoqqa ulanib ma'lum yuklama bilan ishlab turgan boshqa asinxron motorlarning ba'zilar o'z-o'zidan to'xtab qolishi, kuchlanish tiklanishi bilan esa ularning yana aylanib ketish xavfi bo'ladi. Demak, ayrim hollarda motorni eng oddiy usul, ya'ni uni bevosita elektr tarmog'iga ulash bilan ishga tushirishning imkoni bo'lmaydi. Qisqa tutashtirilgan rotorli motorni bevosita elektr tarmoqqa ulab ishga tushirishda  $P_M \leq 0,25 P_{TM}$  bo'lishi lozim, bunda  $P_M$  – motorning quvvati;  $P_{TM}$  – elektr tarmog'idagi ta'minlovchi transformatorning quvvati.

Hozirgi paytda elektr tarmoqlaridagi quvvat judda katta qiymatga egaligi uchun bir necha ming kVt li motorlarni ham bevosita ishga tushirish mumkin. Qishloq xo'jaligi va qurilishlarda esa nisbatan kichik quvvatli tok manbalari ham bo'ladi. Agar qisqa tutashtirilgan rotorli motorni elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish imkoniyati bo'lmasa, motorning ishga tushirish toki qiymati quyidagi usullar bilan kamaytiriladi.

1. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni yulduz sxemadan uchburchakli sxemaga o'tkazib ishga tushirish. Motorda uchburchakli yoki yulduz sxemaning qo'llanilishi stator chulg'aming faza kuchlanishiga va elektr tarmog'idagi fazalararo kuchlanish qiymatiga bog'liq bo'ladi. Masalan, tarmoqdagi kuchlanish 380 V bo'lib, motor pasportida berilgan kuchlanish 220/380 V, ya'ni uning fazasi 220 V kuchlanishga hisoblangan bo'lsa, bu motorni yulduz sxemada ulash kerak. Bunda uning fazasiga

$$U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 200$$
 V, ya'ni normal kuchlanish beriladi. Agar motorning fazasi 380 V bo'lsa, bunday motorni uchburchaklik sxemada ulash kerak. Agar uchburchakli sxemada ulanish lozim bo'lgan motorni yulduz sxemada ulab ishga tushirilsa, uning fazasiga normal kuchlanishga nisbatan  $\sqrt{3}$  marta kam kuchlanish berilgan bo'ladi. Natijada, elektr tarmog'idan motorga berilayotgan tokning  $I_{\pi}$  qiymati, uchburchaklik sxemadagiga nisbatan uch marta kamayadi. Ishga tushirish tokining uch marta kamaytirilish sababli elektr tarmog'idagi kuchlanishning pasayishi ham sezilarli bo'lmaydi.



11.9-rasm. Asinxron motorni "Yulduz" sxemadan "Uchburchaklik" sxemaga o'tkazib ishga tushirish.

Yulduz sxemada quyidagidan iborat bo'ladi. Om qonuniga binoan  $I_{\pi}^Y = I_{\phi}^Y = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}Z_{\phi}}$  bo'ladi, bunda  $I_{\pi}^Y = I_{\phi}^Y$  - yulduz sxema bilan ulangan motorning liniya va faza toklari;  $Z_{\phi}$  - stator chulg'aming faza qarshiligi. Uchburchakli sxema uchun esa  $I_{\pi}^{\Delta} = \sqrt{3}I_{\phi}^{\Delta} = \sqrt{3} \frac{U_{\pi}}{Z_{\phi}}$  bo'lib,  $\frac{I_{\pi}^Y}{I_{\pi}^{\Delta}} = \frac{U_{\pi} \cdot Z}{U_{\pi} \cdot Z_{\phi} \cdot 3} = \frac{1}{3}$  bo'ladi.

Bunda aylantiruvchi moment va quvvat nisbatlari ham  $\frac{M^Y}{M^{\Delta}} = \frac{1}{3}$ ;  $\frac{P^Y}{P^{\Delta}} = \frac{1}{3}$  bo'ladi.

Demak, bu usul bilan motorni faqat salt ish rejimida yoki  $M = (5 \div 10) M_{\pi}$  bo'lgan yuklamalarda ishga tushirish mumkin. 11.9-rasmda motorni almashlab ulagich u bilan yulduz sxemadan uchburchaklik



sxemaga o'tkazib ishga tushirish ko'rmatilgan. Ishga tushirish farayoni tugashi bilan motor uchburchaklik sxemaga o'tkaziladi.

Hozirgi paytda bu usuldan keng foydalanish maqsadida faza kuchlanishi 380 voltga hisoblangan va, demak, normal ish rejimida, 380 voltli elektr tarmog'iga "uchburchaklik" sxemada ulanadigan, kerak bo'lganida esa "yulduz" sxemada ishga tushiriladigan motorlar ko'plab ishlab chiqarilmoqda.

2. Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorni uning stator chulg'amiga aktiv yoki induktiv qarshiliklarni ketma-ket kiritib ishga tushirish. 11.10-rasm, *a* va *b* larda motorni aktiv  $R_T$  va induktiv  $X_T$  qarshiliklar bilan ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda elektr tarmog'idagi kuchlanishning ma'lum qismi  $R_T$  yoki  $X_T$  qarshiliklarga o'tib, qolgan qismi stator chulg'amiga beriladi. Ishga tushirish jarayoni tugashi bilan, rubilnik  $P_2$  ni berkitib, motorga normal, ya'ni to'la kuchlanish beriladi. Bunda motor o'zining tabiiy tavsifiga o'tib ishlay boshlaydi. Ishga tushirish tokini bevosita ulashdagiga nisbatan  $m$ , momentini esa  $n$  marta kamaytirish uchun stator chulg'amiga kiritiladigan  $R_T$  yoki  $X_T$  qarshiliklar quyidagicha aniqlanadi.  $M \equiv U^2$  bo'lgani uchun  $n = m^2$ , ya'ni moment tokining qiymatiga nisbatan ko'proq kamayadi. Haqiqatan,  $m = 0,7$  bo'lsa,  $n = 0,49$  bo'ladi.

11.4-rasmda ko'rsatilgan grafiklardan motor tokini  $m$  marta kamaytiruvchi  $R_T$  va  $X_T$  qarshiliklar quyidagicha aniqlanadi:

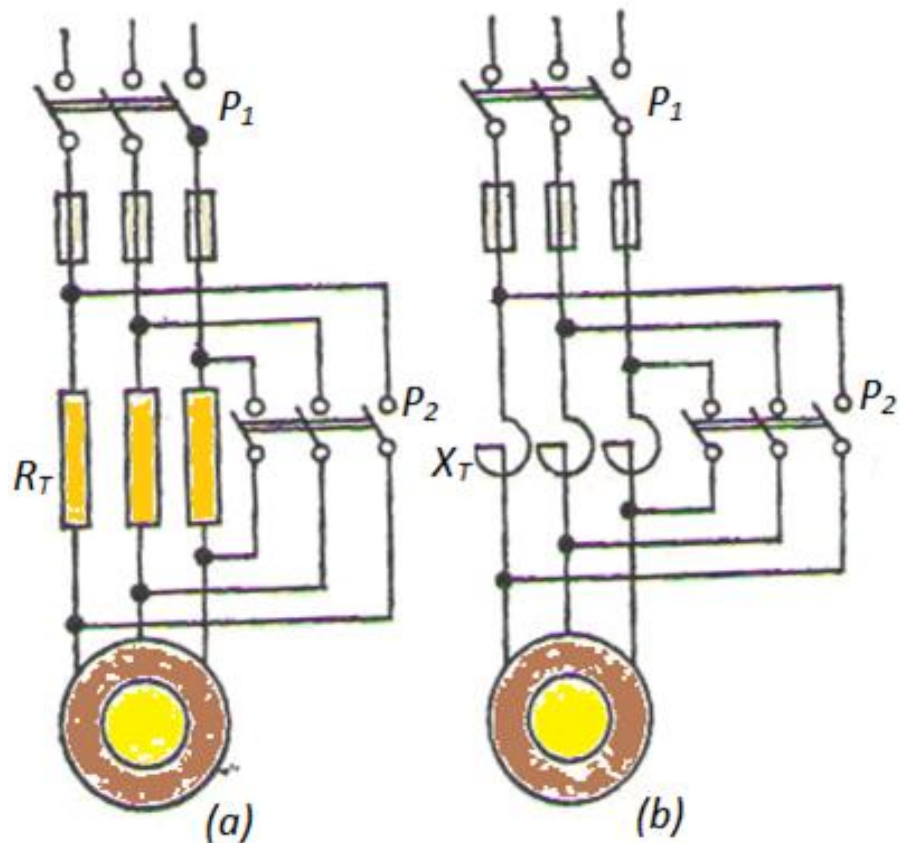
$$R_T = \sqrt{\left(\frac{Z_M}{m}\right)^2 - X_M^2} - R_M; \quad (11.18)$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{Z_M}{m}\right)^2 - R_M^2} - X_M, \quad (11.19)$$

bunda  $\frac{Z_M}{m}$  - motorning ishga tushirish tokini  $m$  marta kamaytirish uchun kerak bo'lgan to'la qarshilik;

$$R_M = R_1 + R_2^k, X_M = X_1 + X_2^k - \text{motorning aktiv va induktiv ichki qarshiliklari.}$$

SHunga o'xshash, ishga tushirish momentini  $n$  marta kamaytirish uchun kerak bo'lgan tashqi  $R_T$  va  $X_T$  qarshiliklari quyidagicha aniqlanadi:



11.10-rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni: a-aktiv R, b- induktiv X qarshiliklar vositasida ishga tushirish sxemalari.

$$R_T = \sqrt{\frac{Z_M^2}{n} - X_M^2} - R_M \quad X_T = \sqrt{\frac{Z_M^2}{n} - R_M^2} - X_M \quad (11.20)$$

Salt ish rejimida yoki kichik yuklama bilan ishga tushiriladigan katta quvvatli va past kuchlanishli motorlarning  $I_{uum}$  ni kamaytirish maqsadida aktiv  $R_T$  qarshiligidan, yuqori kuchlanishli motorlarda esa induktiv  $X_T$  qarshiligi (reaktor) dan foydalaniladi. Motorning ishga tushirish tokini chegaralamay, faqat momentinini kamaytirish lozim bo'lsa, statorning bir fazasiga  $R_T$  ni kiritish kifoya. Bu oddiy va tejamli usulni kichik va o'rta quvvatli stanok, kran va transport mexanizmlaridagi motorlarda qo'llash tavsiya qilinadi.

Bir fazali asinxron motorlar - Ma'lumki, ishlab turgan uch fazali asinxron motorning bir fazasi elektr tarmog'idan ajralib qolsa ham, u o'z ishini bir fazali rejimda davom ettiraveradi. Bunda uning quvvati uch fazada ishlagandagi quvvatining taxminan 50-60% ini tashkil qiladi. Ammo to'xtab turgan uch fazali motorni bir fazali rejimda ishga tushirib bo'lmaydi.

Bir fazali motorlarni ishga tushirish - oddiy bir fazali, ya'ni statoriga birgina chulg'am o'rnatilgan, rotori esa qisqa tutashtirilgan chulg'amga ega bo'lgan motorni ishga tushirish uchun dastavval, uni tashqi kuch bilan biror  $n_2$  chastotagacha aylantirish lozim. Bir fazali motorni bevosita ishga tushirish uchun uning statoridagi chulg'amga berilgan tokdan aylanuvchi magnit maydon hosil bo'lishi zarur.

Buning uchun motor statoriga, o'qlari bir-biriga nisbatan,  $90^\circ$  burchakka farqlanuvchi ikkita chulg'amni joylashtirib, ulardagi tokni bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  ga siljitish kerak [4].

Shu sababli bir fazali asinxron motor statoriga asosiy chulg'amdan tashqari, ko'pincha, ishga tushirish chulg'ami deb ataluvchi chulg'am ham o'raladi. Bu chulg'amlardagi toklarning fazasi o'zaro  $90^\circ$  ga yaqin burchakka farq qilishi uchun bir fazali motorni -rasm, *a* va *b* da ko'rsatilgan sxemalar bilan ishga tushiriladi. Bir fazali motorning ishga tushirish chulg'ami o'ramlari soni kam bo'lgan ingichka simdan tayyorlanib, uning aktiv qarshiligi asosiy chulg'amnikiga nisbatan katta, induktiv qarshiligi esa kichik bo'ladi. Shu sababli bu chulg'amlardagi toklar fazasi  $0^\circ < \varphi < 90^\circ$  ga farq qilib, statorida aylanuvchi magnit maydon hosil bo'ladi. Demak, bunday motorni bevosita ishga tushirish mumkin.

Amalda magnit qutblari o'zgarmas tok mashinalaridagi singari ayon shakldagi tuzilishga ega bo'lgan bir fazali motorlar ham bo'lib, ularning magnit qutblariga kiygizilgan mis halqachalar ishga tushirish chulg'ami vazifasini o'taydi. Bunday motorlar uchun  $\eta = 0,3, \cos\varphi = 0,4 \div 0,6; \lambda = 1,1 \div 1,2$  bo'lib, ulardan, ko'pincha, elektr patefonlarida, kichik quvvatli ventilyatorlarda foydalaniladi. Hozirgi vaqtda tavsifi ancha yaxshilangan bunday motorlar kir yuvish mashinalarida ham ishlatilmoqda. Umuman, bir fazali va kondensatorli motorlarning kichik quvvatlilaridan avtomatikada, turmushda keng tarqalgan sovitish qurilmalarida, kir yuvish va tikuv mashinalarida, magnitafon va shu kabilarda foydalaniladi. Bir fazali yuqori chastotali motorlar, bundan tashqari, o'rmon va qishloq xo'jaligida ishlatiladigan bir qancha qo'l asboblarda ham qo'llanilmoqda

### Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan tok elektr mashinalarining asosiy turlarini sanab bering?
2. Asinxron mashinalarning konstruktiv tuzilishini aytib bering?
3. Asinxron mashinalarning ishlash tamoyilini aytib bering?
4. Asinxron mashinalarning mexanik tavsiflariga ta'rif bering?

5. Asixron motorning energetik diagrammasi nimani bildiradi?
6. Asixron mashinalarni ishga tushirish usullarini aytib bering?
7. Asixron mashinalarni reverslash qanday bajariladi?
8. Asixron mashinalarni aylanish tezligini rostlash qanday amalga oshiriladi?
9. Faza rotorli asinxron motorni ishga tushirish qanday amalga oshiriladi?
10. Qisqa tutashtirilgan asinxron motorni ishga tushirish toki nominal tokdan qanday farq qiladi?

### III bob. 12-mavzu.

## SINXRON MASHINALAR

Reja:

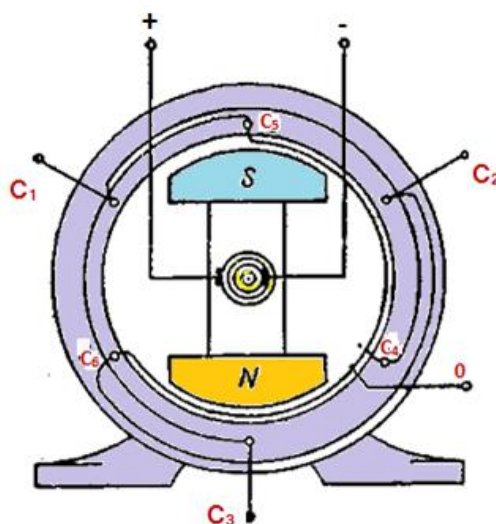
**12.1 Sinxron mashinalarning tuzilishi va ishlashi.**

**12.2 Sinxron motornig mexanik va burchak tavsiflari.**

**12.3 Sinxron motorni ishga tushirish.**

**12.1. Sinxron mashinalarning tuzilishi va ishlashi.**

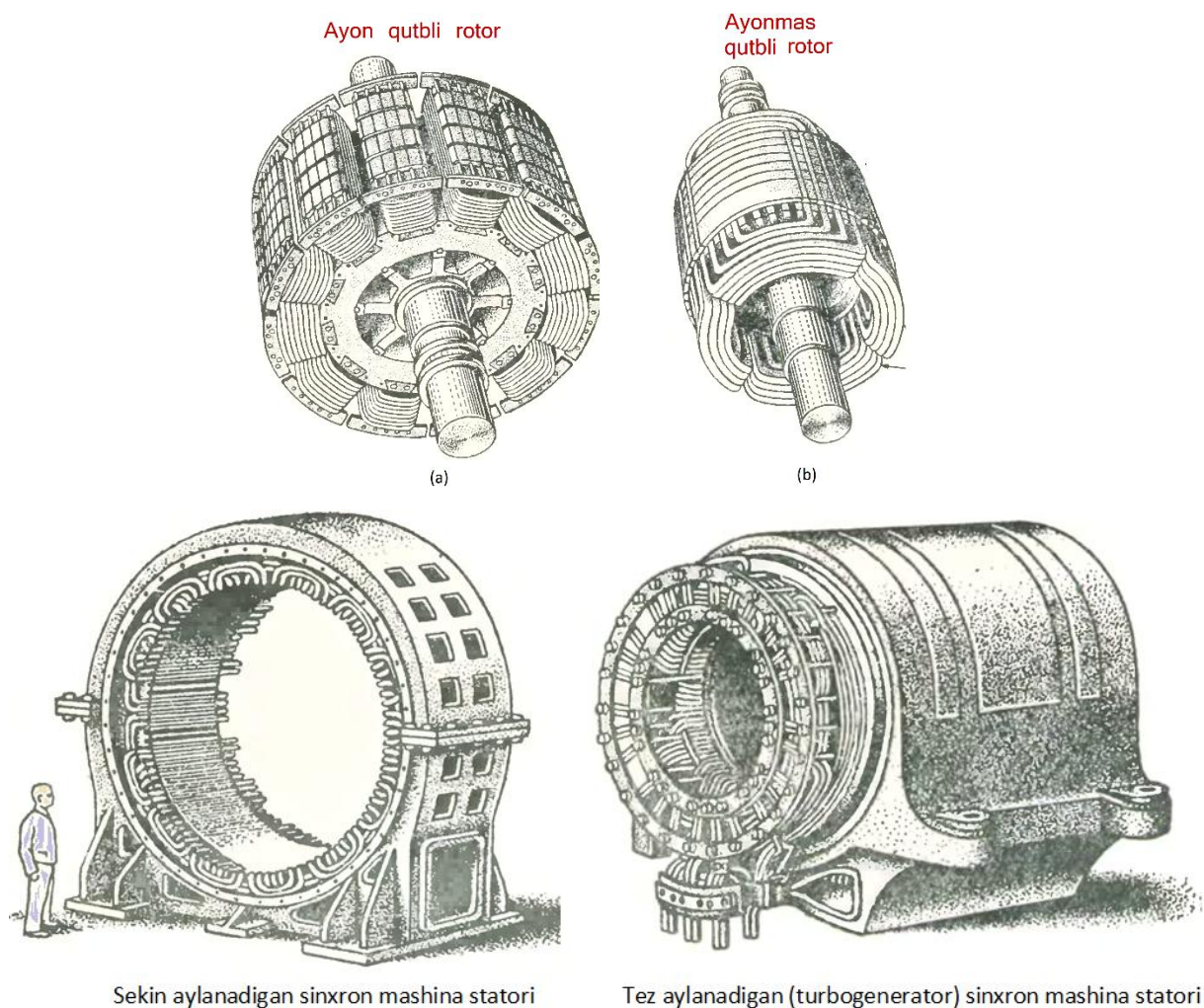
Sinxron elektr mashinalar o'zgarmas tok mashinalari singari generator, motor va elektromagnit tormoz rejimlarida ishlatish mumkin.



12.1-rasm. Sinxron mashinaning statori.

Elektr stansiyalarida ishlab chiqariladigan uch fazali tok sinxron generatorlarda hosil qilinadi. Sinxron mashinalar qo'zgalmis stator va aylanuvchi rotordan iborat bo'ladi. Stator uz navbatida cho'yan korpus va unga mahkamlangan po'lat o'zakdan iborat bo'lib, bu o'zak pazlariga uch fazali o'zgaruvchan tok chulg'ami joylashtiriladi. Stator o'zagida uyurma toklardan hosil bo'luvchi quvvat isrofini kamaytirish maqsadida uni bir-biridan izolyatsiyalangan po'lat tunukalardan yig'iladi (12.1-rasm).

Sinxron mashinasining rotori ikki tipda, ya'ni ayon va ayon bo'lmagan qutbli qilib tayyorlanadi. Hidroturbinalar bilan past chastotada aylantiriladigan kichik va o'rta quvvatli gidrogeneratorlar ayon, bug' turbinalari bilan yuqori tezlikda aylantiriladigan katta quvvatli turbogeneratorlar esa, ayon bo'lmagan qutbli qilib chiqariladi.

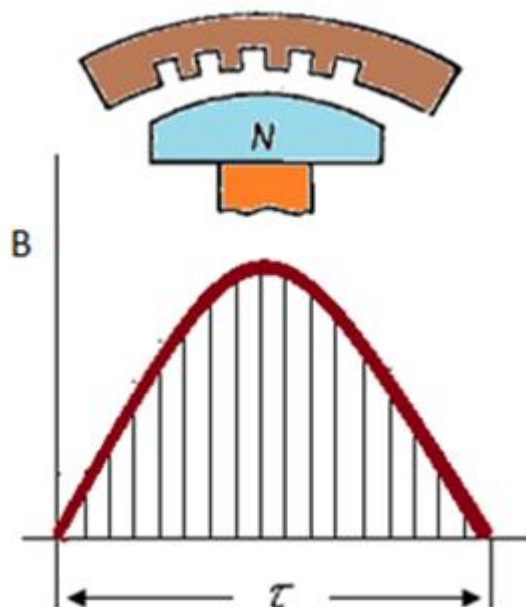


12.2-rasm. Sinxron mashinalarning stator va rotorlari.

12.2-rasmda sinxron mashinaning *a* – ayon va *b* – ayon bo'lmagan qutbli rotorlari ko'rsatilgan. Rotorning o'zagi, odatda, quyma po'latdan yasalib, unga qo'zgatuvchi chulg'am o'rnatiladi. Aylanuvchi rotordagi bu qo'zgatuvchi chulg'amga cho'tka va halqalar vositasida o'zgarmas tok berilib, asosiy magnit oqim hosil qilinadi. Demak, o'zgarmas tok bilan ta'minlangan rotor chulg'amini birlamchi motor (turbina) bilan aylantirilsa, u holda, elektromagnit induksiya qonuniga binoan stator chulg'amida o'zgaruvchan EYuK hosil bo'ladi.

Bu EYuK sinusoida qonuni bo'yicha o'zgarishi uchun qutblarda hosil bo'lgan magnit induksiya sinusoida bo'yicha taqsimlanishi kerak. Magnit induksiyaning  $\psi - \psi_{maks}$  bo'yicha taqsimlanishi uchun kutb uzagi bilan stator uzagi o'rtasidagi havo bushligining

12.3-rasmda ko'rsatilgandek bo'lishiga erishish kifoya.



12.3 – rasm. Rotor qutblarida hosil bo‘luvchi magnit induktsiyasining taqsimlanishi.

Uch fazali sinxron generatorning statoriga uchta chulg‘am joylashtiriladi. Bu chulg‘amlar fazoda bir-biridan  $120^\circ$  burchakka farq qiladi, ular yulduz yoki uchburchaklik sxemasi bilan ulanadi. Har bir chulg‘am generatorning fazasi deyilib, bu fazalarda bir-biridan  $120^\circ$  ga farq qiluvchi EYuK lar hosil bo‘ladi. Yulduz yoki uchburchaklik sxemasi bilan ulangan chulg‘amlardan olingan bu uch fazali EYuKlar sistemasiga uch fazali yuklama ulansa, u holda generatorning stator chulg‘amlaridan uch fazali yuklama toki o‘tadi. Sinxron mashinani qo‘zg‘atish uchun kerak bo‘lgan o‘zgarmas tokni qo‘zgatgich yoki yarim o‘tkazgichli to‘g‘rilagichlardan olinadi. Generator bilan birga aylantiriluvchi va uni qo‘zg‘atishga mo‘ljallangan o‘zgarmas tok generatori qo‘zgatgich deb ataladi. Sinxron generatorlar statori chulg‘amlarining boshi va oxirlari quyidagi jadvalda ko‘rsatilgandek belgilanadi.

Odatda, quvvati 400 kVA gacha bo‘lgan sinxron generatorlari 400/230 V, 400 kVA dan kattalari esa 6300 V va undan ham yuqori kuchlanishli qilib tayyorlanadi.

Quvvati 1000 kVA gacha bo‘lgan dizel motorga mo‘ljallangan SGD rusumli generatorlar ham mavjud.

Katta quvvatli generatorlar, masalan, 100000 kVA li turbogeneratorlar juda yuqori foydali ish koeffitsienti, ya‘ni  $\eta = 0,98$  ga ega bo‘ladi.

Asinxron mashinalarining statori sinxron mashinikidan deyarli farq qilmaydi, ammo ularning rotoridagi chulg‘amiga tashqi manbadan hech qanday tok berilmaydi.

O‘zgarmas tok mashinasi singari sinxron mashina ham generator, ham motor rejimida ishlaydi. Sinxron motorning konstruksiyasi generatornikidan farq qilmaydi.

Sinxron mashinani motor rejimida ishlatish uchun uning stator chulg'amiga uch fazali, rotor chulg'amiga esa o'zgarmas tok beriladi. Stator chulg'amiga berilgan uch fazali tokdan aylanuvchi magnit maydon hosil bo'lib, uning tezligi quyidagicha bo'ladi:

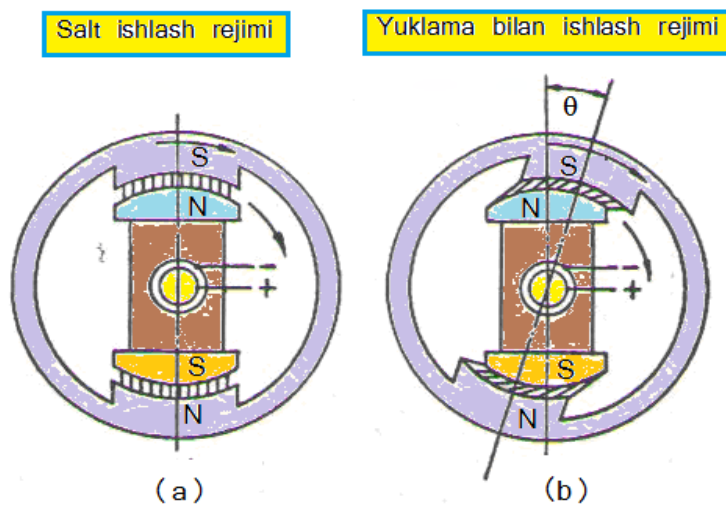
$$n = \frac{60f}{p}, \frac{ayl}{min} \quad (12.1)$$

bunda  $f$  - o'zgaruvchan tokning chastotasi;

$p$  - stator chulg'amiga berilgan tokdan hosil bo'lgan magnit maydonning juft qutblar soni.

Statordagi aylanuvchi magnit maydon bilan rotordagi tokning o'zaro ta'siri natijasida elektromagnit moment hosil bo'ladi. Elektromagnit momentning ta'sirida motor rotori statordagi aylanuvchi magnit maydon yo'nalishida aylana boshlaydi. Statordagi aylanuvchi magnit maydon  $N$  yoki  $S$  qutbi rotor magnit maydonidagi ularga teskari bo'lgan qutblari bilan elastik zanjir singari bog'lanishga egaligi sababli rotorning aylanish chastotasi ham  $n = 60f/p$  bo'ladi. Rotorning statordagi aylanuvchi magnit maydon chastotasiga teng bo'lgan aylanish chastotasi sinxron chastota deb, bunday motor esa sinxron motor deb ataladi. sinxron motorning salt ish rejimida uning stator va rotor magnit maydonlarining o'qlari orasidagi burchak  $\theta = 0$  yuklama rejimida esa  $\theta > 0$  bo'ladi (12.4-rasm, a, b). Motor yuklamasining ortib borishi bilan  $\theta$  ning qiymati ham ortib boradi. Ammo yuklamaning nominal va undan bir oz katta qiymatgacha o'zgarishida ham motorning chastotasi o'zgarmas sinxron qiymatga ega bo'lib qolaveradi.

Agar yuklama haddan tashqari katta bo'lsa, u holda  $\theta > 90^\circ$  bo'lib, elastik bog'lanish go'yo uziladi va motor sinxronlashtirilgan rejimda ishlay olmay, uning chastotasi sinxro qiymatdan pasaya boshlaydi. Bunday rejimda motorni ishlatish mumkin emas.



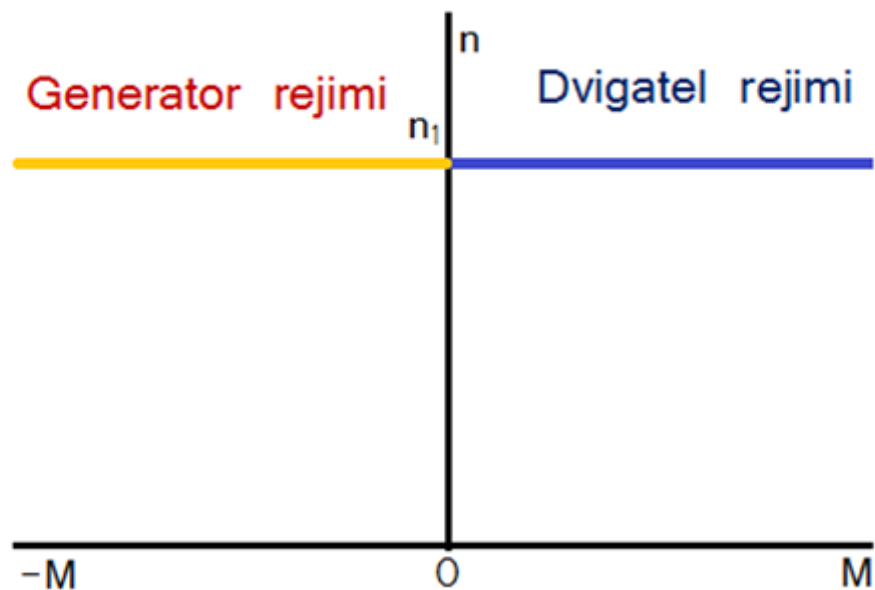
12.4-rasm. Sinxron mashinaning ishlash tamoyili.



## 12.2. Sinxron motornig mexanik va burchak tavsiflari

Aylantiruvchi momentning o'zgarishi bilan  $n = 60f / p = const$  bo'lgani tufayli sinxron motorning mexanik tavsifi absissa o'qiga parallel yuklamaga bo'lgan to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi, ya'ni uning chastotasi yuklamaga bog'liq bo'lmaydi (12.5-rasm). Sinxron motorlarning rotori bilan statori orasidagi havo bo'shlig'i asinxron motorlarnikiga nisbatan kattaroq bo'lishi sababli sinxron motorlar ancha ishonchliroq tuzilishda bo'ladi. Sinxron motorlarning yana bir afzalligi shundaki, ular nominal rejimda  $\cos\varphi = 1$  yoki o'zuvchi  $\cos\varphi = 0,8$  bilan ishlay oladi. Natijada, sinxron motor ulangan elektr tarmog'idagi quvvat koeffitsientining qiymati yuqorilashadi.

Haqiqatan, sinxron motori quvvat koeffitsientining qiymati yuklamadan tashqari, rotordagi qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok  $I_f$  ga ham bog'liq bo'ladi. Agar rotor chulg'amiga qo'zg'atish toki ko'paytirilib borilsa, stator chulg'amiga elektr tarmog'idan o'tayotgan tok  $I$  o'zining magnitlovchi qismini kamayishi hisobiga  $\omega$ -simon egri chiziq bo'yicha o'zgarib boradi.



12.5-rasm. Sinxron mashinaning mexanik tavsifi.

Demak,  $i_q$  ning ma'lum  $i_{qn}$  qiymatida statorga berilayotgan tokning magnitlovchi qismi nolga teng bo'lib, motorning quvvat koeffitsienti  $\cos\varphi = 1$  ga teng bo'ladi. Agar qo'zg'atish toki  $i_q$  ni  $i_{qn}$  ga nisbatan ko'paytirilsa, u holda sinxron motor o'zi ulangan elektr tarmog'iga reaktiv energiya uzatib ishlay boshlaydi.

Bunda motor o'zuvchi  $\cos\varphi$  ga ega bo'ladi. O'zuvchi  $\cos\varphi = 0,8$  ga hisoblangan sinxron motorlar  $\cos\varphi = 1$  dagiga nisbatan ancha og'ir, bahosi qimmat, foydali ish koeffitsienti esa pastroq bo'ladi. Sinxron motorlar asinxron motorlarga nisbatan ishonchliroq bo'lgani hamda ularning  $\cos\varphi$  va  $\eta$

lari nisbatan yuqori bo'lganligi uchun, katta quvvatli va uzoq vaqt davom etadigan ish rejimiga ega bo'lgan mexanizmlarda, masalan, kompressor, nasos va shu kabilarda sinxron motorlardan foydalanish qulayroq bo'ladi.

Sinxron motorning burchak tavsifi. Motorni aylantiruvchi momentning  $\theta$  burchakka bog'lanishini ifodalovchi  $M = f(\theta)$  egri chiziq sinxron motorning burchak tavsifi deb ataladi. Bu tavsif tenglamisini topish uchun sinxron mashinaning elektromagnit quvvatdan foydalaniladi.

$$M_{\text{ЭМ}} = \frac{P_{\text{ЭМ}}}{\omega_0} = \frac{3UE \sin \theta}{\omega_0 X_c} = M_{\text{МАКС}} \sin \theta \quad (12.2)$$

Bunda:

- $M_{\text{МАКС}} = \frac{3UE \sin \theta}{\omega_0 X_c}$  – aylantiruvchi momentning maksimal qiymati;
- $U$  – elektr tarmog'idan stator chulg'amiga berilgan faza kuchlanishi;
- $E$  – rotordagi o'zgarmas magnit maydonning stator chulg'ami bilan kesilishidan hosil

bo'lgan EYuK. Bu EYuK qiymati taxminan  $\bar{U} = (-\bar{E})$  bo'ladi;

- $\omega_0 = \frac{\pi n}{30}$  – rotorning aylanish burchak chastotasi;
- $X_c$  – ayon qutbli sinxron mashinaning sinxron qarshiligi.

12.6-rasmda sinxron motorning  $i_{q1} < i_{q2} < i_{q3}$  toklari va ularga tegishli  $E_1 < E_2 < E_3$  EYuK lariga binoan burchak tavsiflari ko'rsatilgan.

Bu tavsiflarning

$\theta = 0 + 90^\circ$  gacha bo'lagi ularning turg'un,

$\theta = 90 + 180^\circ$  gacha bo'lagi esa ularning noturg'un qismi deyiladi. Tavsifning turg'un qismida motorning yuklamasi ko'payishi bilan  $\theta$  burchagining qiymati ortib boradi.

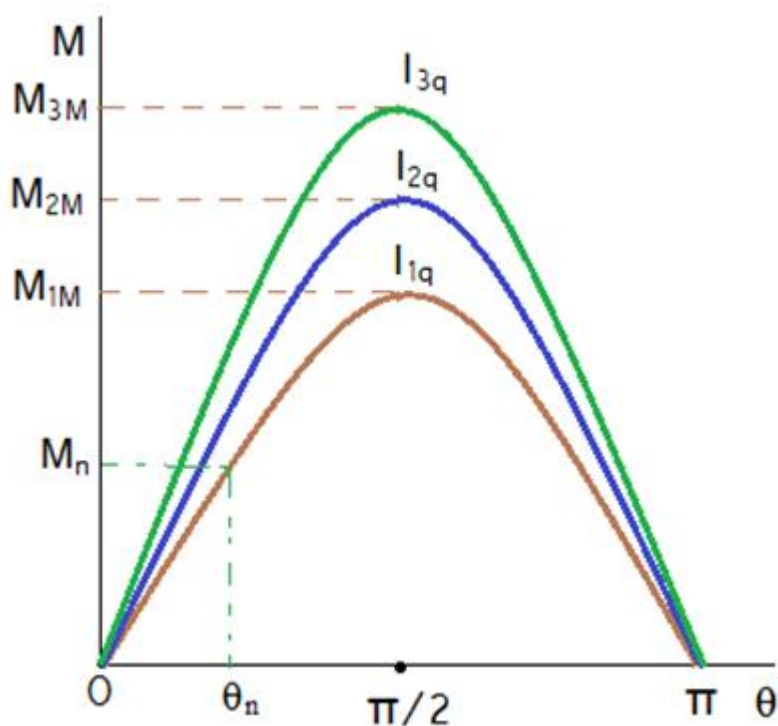
Bunda motorning aylantiruvchi momenti ham, yangi qarshilik momentiga tenglashtirgunga qadar o'z-o'zidan ortib boradi.

Qarshilik momenti aylantiruvchi momentning maksimal qiymatidan bir oz ortishi bilan  $\theta < 90^\circ$  bo'lib, sinxron motorning aylantiruvchi momenti kamayib boradi va momentlar muvozanati tiklana olmay motor o'z-o'zidan to'xtab qoladi.

Sinxron motor yuklamasining tasodifan keskin o'zgarishini hisobga olib,  $\theta$  burchakning nominal qiymatini  $25-30^\circ$  ga teng qilib olinadi. Demak, sinxron motorning o'ta yuklanish qobiliyati  $M_{max}/M_n=2-2,5$  bo'ladi.  $U$  va  $f = const$  bo'lsa, motordagi magnit oqimning umumiy qiymati ham o'zgarmas bo'ladi.

Demak, rotor qo'zg'atish chulg'amidagi tok ko'paytirilsa, stator chulg'amidagi tokning magnitlaniruvchi qismi kamayadi.

Shunga binoan, qo'zg'atuvchi tok qiymatini ko'paytirish bilan elektr tarmog'idan statorga beriluvchi tokning reaktiv qismini nolga tenglash mumkin. Bunda  $\cos\varphi = 1$  bo'lib, induktiv qarshilikdagi kuchlanishning tushuvi nol bo'ladi. Natijada stator chulg'amida hosil bo'lgan EYuK  $\mathcal{E}$  ko'payib, uning qiymati kuchlanishga yaqinlashadi. EYuK qiymatining ortib borishi bilan aylantiruvchi momentning maksimal qiymati ham birmuncha ortadi, ya'ni  $M_{1M} < M_{2M} < M_{3M}$  bo'ladi (12.6-rasm).



12.6-rasm. Sinxron motorning burchak tavsifi.

Sinxron motorning maksimal momenti kuchlanish qiymatining birinchi darajasiga proporsional bo'ladi. Bu esa uning yana bir afzalligidir.

Ayon qutbli va, demak, past chastotali sinxron motorlarning statori bilan rotori orasidagi havo bo'shlig'i aylana bo'yicha turli qiymatga ega bo'lgani uchun ularning  $X_{ya,d}$  va  $X_{ya,q}$  qarshiliklari o'zaro teng bo'lmaydi.

Shu sababli yakor reaksiyasining ta'siri bo'ylama va ko'ndalang o'qlar bo'yicha alohida hisobga olinadi. Bunda elektromagnit moment ham ikki momentning yig'indisidan iborat, ya'ni:

$$M = \frac{3}{\omega_0} \frac{UE \sin \theta}{X_{ya.d}} + \frac{U^2 \sin 2\theta}{2} \frac{1}{X_{ya.q}} - \frac{1}{X_{ya.d}} = M_{sim} + M_{reakt} \quad (12.3)$$

deb qabul qilinadi,

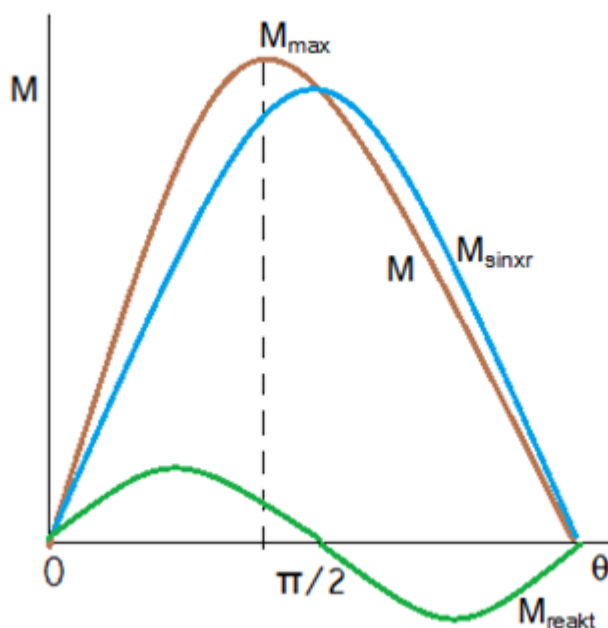
bunda  $X_{ya.d}$  va  $X_{ya.q}$  – tegishli ko'ndalang va bo'ylama induktiv qarshiliklar;

$M_{sin}$  – motorning sinxronlashtiruvchi momenti;

$M_{reakt}$  – motorda hosil bo'lgan reaktiv moment.

Demak, bunday motorlarda sinxronlashtiruvchi momentdan tashqari, reaktiv moment ham hosil bo'ladi. 12.7-rasmda ayon qutbli sinxron motorning burchak tavsifi ko'rsatilgan.

12.7-rasmga binoan ayon qutbli sinxron motor elektromagnit momentning maksimumi  $90^\circ$  dan kichik bo'lgan  $\theta$  burchagida hosil bo'ladi. Noayon qutbli sinxron motorlarda  $X_{ya.d} = X_{ya.q}$  bo'lgani sababli, reaktiv moment hosil bo'lmaydi.



12.7-rasm. Ayon qutbli sinxron motorning burchak tavsifi.

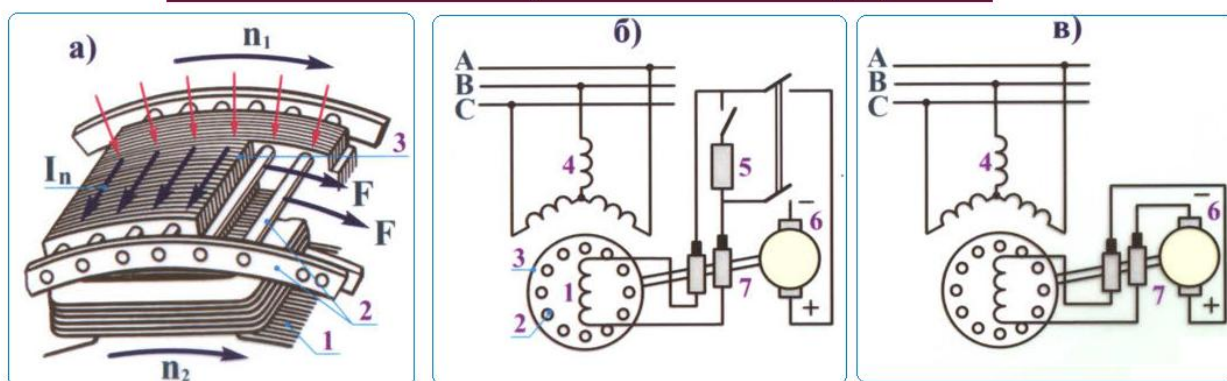
### 12.3. Sinxron motorni ishga tushirish.

Sinxron motorlarni ishga tushirishda qo'zg'atgich yakori rotorning qo'zg'atish chulg'amiga oldindan ulab qo'yiladi va stator chulg'amini elektr tarmog'iga ulab sinxron motomi asinxron motor singari

osongina ishga tushiriladi. Bunda aylanish tezligining ortishi bilan qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok ham asta-sekin ortadi, tezlik sinxron qiymatga yaqinlashganda motor o'z-o'zidan sinxronizmga tortiladi [4].

Demak, sinxron motorlarni ishga tushirishda, asosan, asinxron usul qo'llaniladi. Buning uchun sinxron motorlarning rotori o'zagiga qo'zg'atish chulg'amidan tashqari, kataksimon qisqa tutashgan chulg'am ham joylashtiriladi( 12.8-rasm).

**Sinxron dvigatelning ishga tushirish cho'lg'ami tuzilishi (a)  
va uni asinxron ishga tushirish sxemalari (b,B)**



- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1-qo'zg'atish cho'lg'ami; | 2- ishga tushirish cho'lg'ami; |
| 3-rotor;                  | 4-yakor cho'lg'ami;            |
| 5-so'ndiruvchi resistor;  | 6-qo'zg'atkich yakori;         |
| 7-xalqa va cho'tkalar.    |                                |

12.8-rasm. Sinxron motorlarni asinxron usulda ishga tushirish.

Bu chulg'am ishga tushirish chulg'ami deb ataladi va uning yordamida sinxron motor asinxron motor singari ishga tushiriladi. Buning uchun, dastavval, uning qo'zg'atuvchi chulg'ami razryad qarshiligiga tutashtirilib, so'ngra stator chulg'ami elektr tarmog'iga ulanadi. Bunda stator chulg'amidan uch fazali tok o'tib, natijada  $n = 60f/p$  chvstota bilan aylanuvchi magnit maydon hosil bo'ladi. Statorning aylanuvchi magnit maydonning rotordagi qisqa tutashgan chulg'am bilan kesilishi natijasida bu chulg'anda EYuK va, demak, tok hosil bo'ladi. Rotordagi tok bilan aylanuvchi magnit maydon o'zaro ta'siri natijasida rotor  $n_p = 0,95n$  chastota bilan aylana boshlaydi.

Sinxron motori rotorining  $n_p$  chastotasi asinxron, ya'ni sinxronmas chastota deb ataladi. Asinxron chastota bilan aylanayotgan rotorning qo'zg'atuvchi chulg'amini razryad qarshiligidan ajratib, unga o'zgarmas tok berilsa, u holda stator va rotor magnit maydon qarama-qarshi qutblarining o'zaro tortishish kuchi ortib, rotor sinxron chastota bilan aylana boshlaydi. Sinxron motorni asinxron usul bilan ishga tushirishda uning qo'zg'atuvchi chulg'amida katta EYuK hosil bo'ladi. Chulg'am izolyatsiyasiga bu

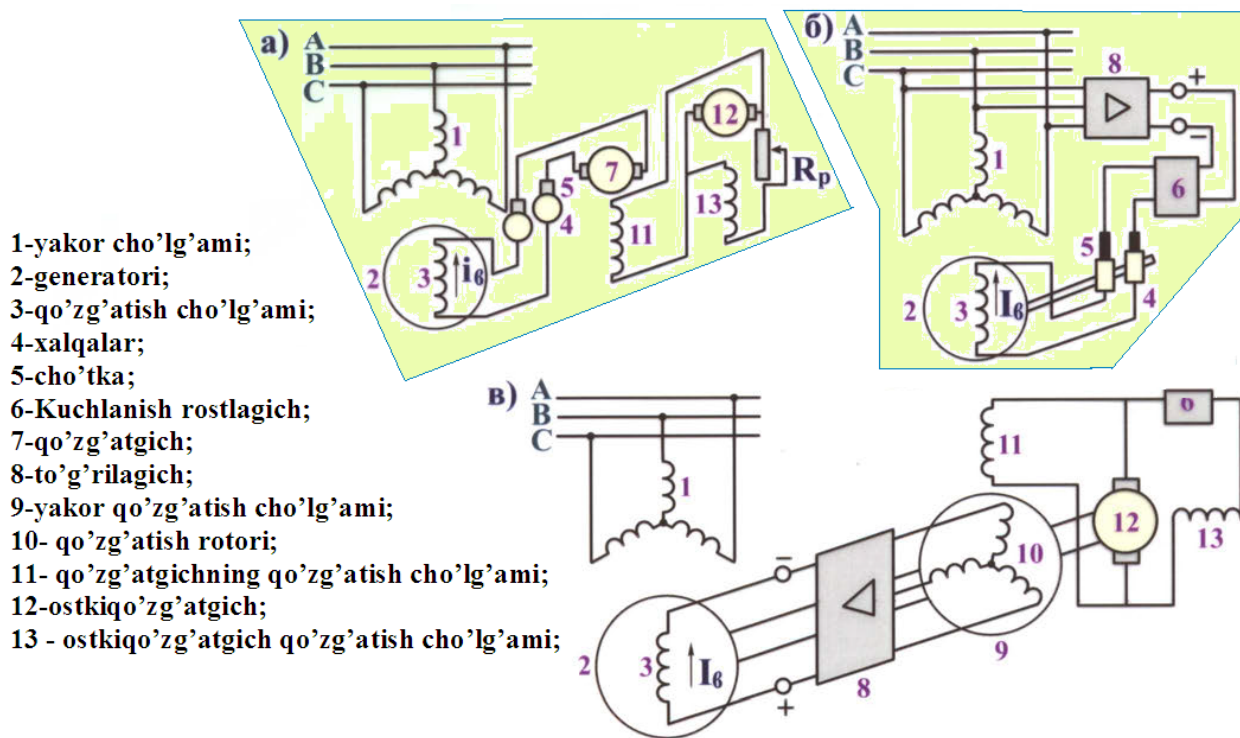
EYuK dan bo'lgan xavfni yo'qotish uchun razryad qarshiligi  $R_{razr}$  qo'zg'atuvchi chulg'am qarshiligidan taxminan 10 marta katta qilib olinadi.

Sinxron motorning ishga tushirish toki  $I_{ish.t} = (3+8) I_n$  bo'lib, ishga tushirish momenti esa  $M_{ish.t} = (0,5+2)M_n$  bo'ladi. Yuqori chastotali motorda  $I_{ish.t}$  ning qiymati past chastotali motordagiga nisbatan katta bo'ladi. Katta quvvatli sinxron motorlarni ishga tushirishda, elektr tarmog'idagi kuchlanish ortiqcha pasayib ketmasligi hamda stator chulg'amiga ta'sir etadigan dinamik kuchlarni kamaytirish uchun, odatda, ularni reaktor yoki avtotransformator orqali ulanadi. Natijada, stator chulg'amiga beriladigan kuchlanish nominalga nisbatan pasayib, ishga tushirish tokining qiymati ham birmuncha pasaytiriladi. Elektr mashina tayyorlanadigan zavdlarning ko'rsatmasi bo'yicha 3000V kuchlanishli sinxron motorlarni elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish uchun, (12.9-rasm) ularning rotoridagi har bir magnit qutbga to'g'ri keladigan motor quvvati quyidagidan katta bo'lmasligi lozim ya'ni

$$\frac{P}{p} \leq 250 \div 300 \text{ kVt} \quad (12.4)$$

bunda  $p$  – qutblar soni.

6000 Voltli motorni bevosita ishga tushirishda esa  $\frac{P}{p} \leq 250 \div 300$  kVt bo'lishi lozim. Elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish mumkin bo'lmagan motorlar uchun, katalogda, ularning statoriga berilishi mumkin bo'lgan maksimal kuchlanish qiymati  $U_{max}$  ko'rsatiladi. Bunda  $U_{max} \leq 60 \div 90\% U_n$  bo'lishi kerak.



12.9-rasm. Sinxron mashinalarni ishga tushirish sxemalari.

Hozirgi paytda har qanday katta quvvatli sinxron motorlarni ham elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ilgarilari qo'zg'atuvchi chulg'amga beriluvchi o'zgarmas tokni sinxron motorning vali(o'qi) bilan aylantiriladigan parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatoridan olinar edi. Hozirgi vaqtda esa rotor chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok ko'pincha alohida o'rnatilgan statik yarim o'tkazgichli qo'zg'atgichlardan olinmoqda. Keyingi paytlarda rotor chulg'amiga o'zgarmas tokni kontaktsiz, halqa va cho'tkalarsiz berish imkoniga erishildi.

Bunday kontaktsiz sinxron motorda rotor o'zagi yaxlit po'latdan quyilgan qutblarga ega bo'lib, bu qutblar rotorga o'rnatiladigan ishga tushirish chulg'ami vazifasini ham o'taydi. Natijada sinxron motorning konstruksiyasi soddalashmoqda, uning ishlashdagi ishonchligi ancha ko'tarilmoqda. Hozirgi paytda kichik qiymatli qarshilik momentlari  $M_c=(0,3+0,4)M_n$  bilan yoki salt ish rejimida ishga tushiriladigan sinxron motorlar rotoridagi qo'zg'atuvchi chulg'amga qo'zg'atgichni bevosita ulab qo'yish sxemasi keng qo'llanilmoqda. Bunda qo'zg'atgich yakori razryad qarshiligi orqali yoki bevosita rotor chulg'amiga ulanadi. Motor chastotasining taxminan,  $0,95n$  qiymatida qo'zg'atish zanjiridagi razryad qarshiligi rubilnik bilan zanjirdan chiqariladi. Bunda qo'zg'atish zanjiri uzilmaganligi sababli sinxron motorni ishga tushirish sxemasi ancha soddalashadi.

Quvvati 2000 kVt gacha bo'lgan sinxron motorlarni salt ish rejimida, hatto razryad qarshiligisiz ham ishga tushirish mumkin. Bunda sinxron motorni ishga tushirish uchun stator chulg'amini elektr tarmog'iga ulash kifoya.

#### Nazorat savollari

1. Sinxron mashinalarning konstruktiv tuzilishini aytib bering?
2. Sinxron mashinalarning ishlash tamoyilini aytib bering?
3. Sinxron mashinalar qanday qutbli bo'ladi?
4. Sinxron mashinalar qanday usullarda ishga tushiriladi?
5. Sinxron mashinalarning mexanik tavsifni ta'riflang?
6. Sinxron mashinalarning burchak tavsifni ta'riflang?



### III bob. 13-mavzu.

## O'ZGARMAS TOK MASHINALARI.

Reja:

- 13.1 Umumiy tushunchalar.
- 13.2 O'zgarmas tok mashinalarining tuzilishi va ishlash tamoyili.
- 13.3 O'zgarmas tok generatorlari va ularning tavsiflari.
- 13.4 O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish va aylanish tezligini rostlash.
- 13.5 Elektr motor vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi momentlar va ularning muvozanat tenglamasi.
- 13.6 O'zgarmas tok motorlarining mexanik tavsifi.
- 13.7 O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish.

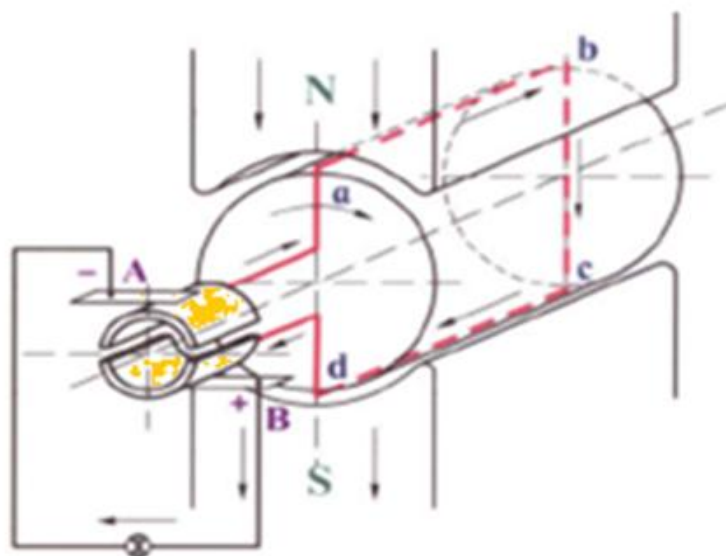
### 13.1 Umumiy tushunchalar.

O'zgarmas tok mashinasi - mexanik energiyani o'zgarmas tok elektr energiyasiga (generator) va aksincha teskari jarayon (dvigatel) rejimlarida ishlashga mo'ljallangan.

O'zgarmas tok mashinasi

- Kommutatsiya mavjudligiga ko'ra;
- Kommutatsiyali;
- Kommutatsiyasiz (unipolyar generator va unipolyar dvigatel)
- 1. Tok qayta ulagichlar rusumiga ko'ra:
  - Tokni kollektorli qfya ulagichli (cho'tka kollektorli qayta ulagichli)
  - Tokni kollektorsiz qfya ulagichli (elektron qayta ulagichli-ventilli elektrovdigatel)
- 2. Quvvat bo'yicha:
  - Mikromashinalar – 500 mVt gacha;
  - Kichik quvvatli mashinalar – 0,5-10 kVt gacha;
  - O'rta quvvatli mashinalar – 10-200 kVt gacha;
  - Katta quvvatli mashinalar – 200 kVt dan yuqori.
- 3. Aylanish chastotasiga ko'ra:
  - Past aylanishli – 300 ayl/min gacha;
  - O'rtacha tezlikda aylanuvchi – 300-1500 ayl/min;
  - Yuqori tezlikda aylanuvchi – 1500-6000 ayl/min;
  - O'ta yuqori tezlikda aylanuvchi – 6000 ayl/min dan yuqori.
- 4. Valning jolashishiga ko'ra:
  - Gorizontall valli;
  - Vertikal valli.

## 13.2 O'zgarmas tok mashinalarining tuzilishi va ishlash tamoyili.



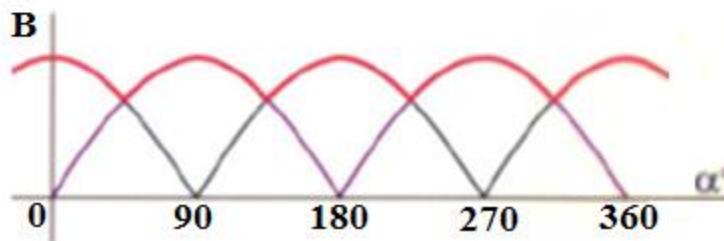
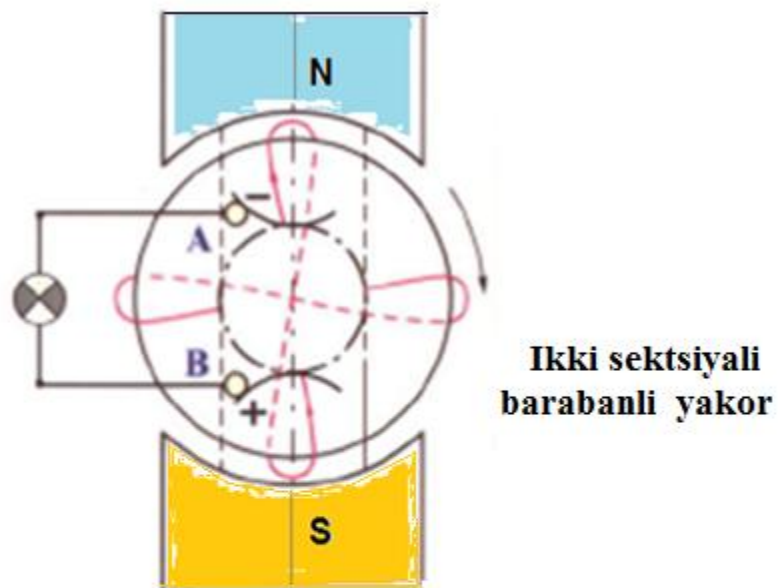
13.1-rasm. O'zgarmas tok mashinasining (generator rejimi) ishlash sxemasi.

13.1-rasmda o'zgarmas tok mashinasining (generator rejimi) ishlash sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda  $N$  va  $S$  qutblarning magnit maydonida silindr shaklidagi po'lat o'zakka o'rnatilgan bir o'ramdan iborat o'tkazgich soat milining yo'nalishiga teskari tomonga  $n$  chastota bilan aylantiriladi. O'tkazgichning uchlari valga(o'qqa) o'rnatilib, izolyatsiyalangan ikkita halkaga tutashtiriladi va demak, halkalar ham o'tkazgich bilan bir xil chastotada aylanadi. Halqalar ustiga qo'zg'almas cho'tkalar o'rnatilgan bo'lib, ularga tashqi yuklama ulanadi. Bunday generatorning shimoliy qutbi ostidagi o'tkazgichda hosil bo'lgan EYuK yo'nalishi  $b$  dan  $a$  ga, janubiydagisida  $d$  dan  $c$  tomon bo'ladi. Demak, EYuK dan hosil bo'lgan tok ham, halqa  $1'$  dan cho'tka  $1$  tomonga, tashqi yuklamada esa cho'tka  $2$  dan halqa  $2'$  tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Generator o'tkazgichi aylantirilib,  $180^\circ$  ga burilganda uning  $ab$  va  $cd$  tomonlari o'zaro o'rinlari bilan almashadi. Bunda musbat potentsialli cho'tka manfiy, manfiyligi esa musbatga aylanib, yuklamadan o'tayotgan tok o'z yo'nalishini o'zgartiradi.

Shunday qilib,  $abcd$  o'tkazgich va tashqi yuklamadan iborat yopiq zanjirda o'zgaruvchan EYuK va tok hosil bo'lib, o'tkazgichning bir marta to'la aylanishida ular o'z yo'nalishini ikki marta o'zgartiradi. O'zgaruvchan EYuK va, demak, tokning o'zgarish egri chizig'i magnit qutblarining shakliga bog'liq bo'ladi. Amalda, generator o'tkazgichlarida hosil qilingan EYuK sinusoidaga yaqin shaklda bo'ladi( 13.2-rasm).



13.2-rasm. Ikki sektsiyali barabanli yakor chulg'amlaridagi kuchlanishlar egri chiziqlari.

O'zgarmas chastota bilan aylantirilayotgan generatoridagi EYuK ning oniy qiymati  $e = Blv$ ;  $B = const$  bo'lgani uchun uning o'zgarish qonuni ham magnit induksiya  $B$  ning taqsimlanishiga bog'liqdir.

Qutblarning o'rtasida magnit induksiyaning qiymati  $B = B_{max}$  bo'lib, ikki qutb oralig'ining o'rtasida esa  $B = 0$  bo'ladi.

Generatorida hosil bo'lgan o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish uchun kollektordan foydalaniladi.

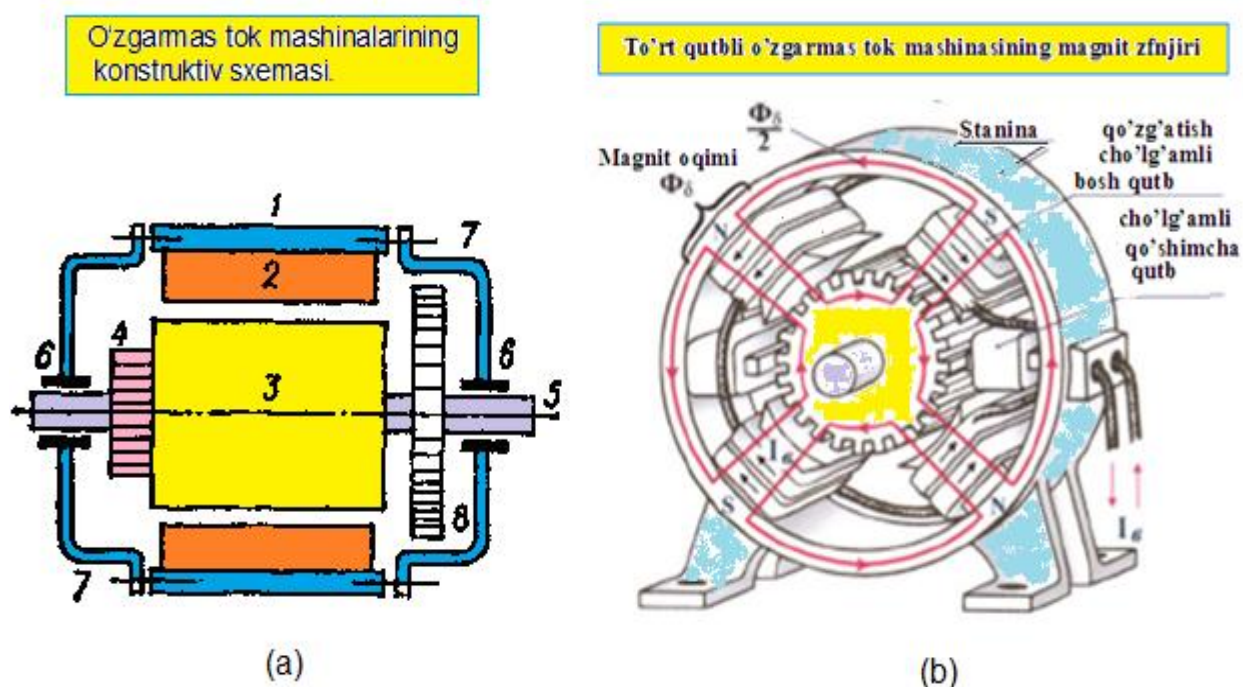
Eng oddiy kollektor sifatida misdan yasalgan va bir-biridan izolyatsiyalangan ikkita yarim halqadan foydalanish mumkin. Demak, 13.1-rasmdagi o'tkazgich uchlarini ikkita halqa o'rniga ikkita yarim halqalarga ulansa, u holda eng oddiy o'zgarmas tok generatorining prinsipial sxemasi ol-nadi. Bunda ham yarim halqalar valga(o'qqa) undan izolyatsiyalangan holda o'rnatilib, ular val(o'q) va demak, o'tkazgich bilan bir xil chastotada aylanadi.

Shunga ko'ra, *abcd* o'ramda ilgarigidek o'zgaruvchan EYuK hosil qilinadi, ammo kollektor bo'lgani sababli cho'tkalar o'zgarmas potentsiallarga ega bo'lib qoladi.

Normal tipli o'zgarmas tok mashinalaridagi kollektor plas-tinkalarining soni 50...80 ta bo'lib, ulardan olinadigan tokning qiymati deyarli o'zgarmas bo'ladi.

O'zgarmas tok mashinasi asosan ikki qismdan iborat bo'lib, uning magnit oqim hosil qiluvchi birinchi qismi induktor, EYuK hosil qiluvchi ikkinchi qismi esa yakor deb ataladi.

Induktor o'z navbatida stanina /hamda asosiy (bosh) qutblar 2 dan iborat bo'lib, yakor esa yakor o'zagi 3, kollektor 4, val 5, podshipnik 6, podshipnik qalqoni 7 va ventilyator 8 dan iborat bo'ladi (13.3-rasm).



13.3 – rasm. O'zgarmas tok mashinalarining konstruktiv sxemasi (a) va magnit zanjiri(b).

### 13.3 O'zgarmas tok generatorlari va ularning tavsiflari

Elektr mashinasining ishlashi uchun zarur bo'lgan magnit maydon hosil qilish usuliga ko'ra o'zgarmas tok mashinalari elektromagnit va doimiy magnit bilan qo'zg'atiluvchi mashinalarga bo'linadi. Doimiy magnit bilan qo'zg'atiluvchi mashinalar magnito-elektr mashina deb ham ataladi. Bunday mashinalar juda kam uchraydi, ular asosan taxogenerator va shu singari maxsus mashinalar sifatidagina ishlatiladi.

Elektromagnit bilan qo'zg'atiluvchi mashinalar qo'zg'atuvchi chul-g'aming ulanish sxemasiga ko'ra **mustaqil** va **o'z-o'zidan qo'zg'atishli** o'zgarmas tok generatorlariga bo'linadi. Agar generatorning

qo'zg'atuvchi chulg'ami tashqi tok manбайдan ta'minlansa mustaqil, o'z yakoridan ta'minlanganda esa o'z-o'zidan qo'zg'atishli generator olinadi.

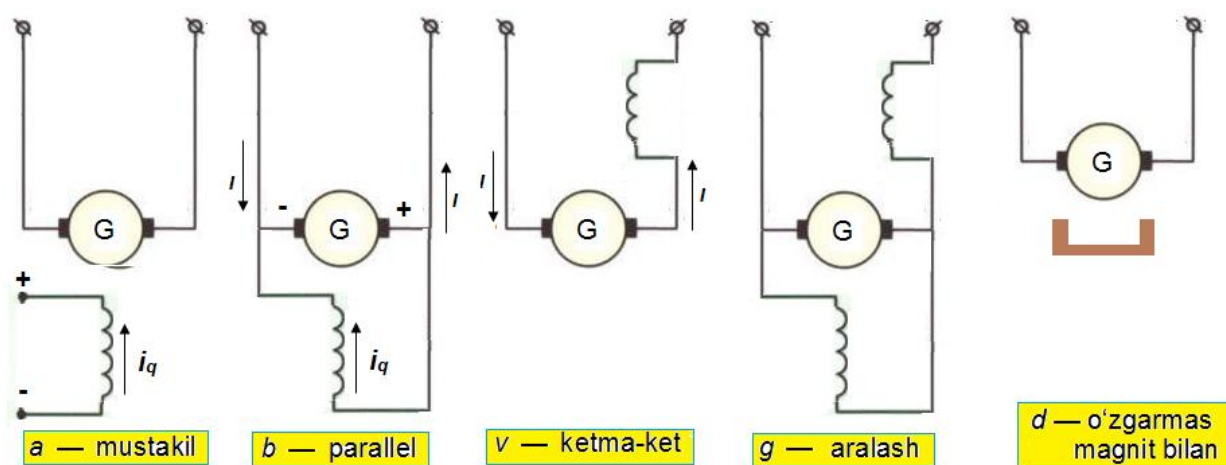
O'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlar o'z navbatida

- parallel (shunt),
- ketma-ket (series) va
- aralash (kompaund)

qo'zg'atishli generatorlarga bo'linadi.

Parallel qo'zg'atishli generatorlarda qo'zg'atuvchi chulg'am yakor chulg'amiga parallel ulansa, ketma-ketlikda ketma-ket ulanadi, aralashlikda esa qo'zg'atuvchi chulg'am ikkita bo'lib, ularning biri yakor chulg'amiga parallel, ikkinchisi ketma-ket ulanadi.

13.4-rasmda: *a* – mustaqil; *b* – parallel; *v* – ketma-ket; *g* – aralash va *d* – o'zgarmas magnit bilan qo'zg'atishli generatorlar ulanishining prinsipial sxemalari ko'rsatilgan. 13.4-rasm, *d* dagi generator sxemasida qo'zg'atuvchi chulg'am bo'lmaganligi sababli uning o'rnida o'zgarmas magnit belgisi ko'rsatilgan.



13.4-rasm. Generatorlar ulanishining prinsipial sxemalari.

Generatorning ishlash jarayonda uning yakor chulg'amida  $E_{y\beta} = k_F p F \omega$  ga teng bo'lgan EYuK hosil bo'ladi. EYuK hosil bo'lgan yakor chulg'amiga yuklama sifatida biror elektr iste'molchisi ulansa, u holda yakor zanjiridan yuklama toki  $I_{y\beta}$  o'tadi.

Bunda yakor zanjiri uchun EYuKlarning quyidagi muvozanat tenglamasini tuzish mumkin:

$$E_{y\beta} = I_{y\beta} R_{y\beta} + I_{y\beta} \Sigma R = U + I_{y\beta} \Sigma R, \quad (13.1)$$

Bunda:  $U = I_{\text{я}} R_{\text{н}}$  – generator qismalaridagi kuchlanish (yuklama kuchlanishning tushuvi);

$R_{\text{н}}$  – yuklama qarshiligi;

$I_{\text{я}} \Sigma R = I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{к}} + R_{\text{к}} + R_{\text{с}} + R_{\text{г}})$  – tegishli yakor, qo'shimcha qutb,

kompensatsiyalovchi va ketma-ket chulg'am hamda chutka qarshiliklari rida kuchlanishning tushuvi.

Agar yakor chulg'amiga yuklama ulanmasa, u holda  $I_{\text{я}} = 0$  bo'ladi. Generatorning yuklamasiz, ya'ni  $I_{\text{я}} = 0$  bilan ishlash rejimi salt ish rejimi deb ataladi. Demak, salt ish rejimida generator kuchlanishi uning yakorida hosil bo'lgan EYuK ga teng, ya'ni  $U = E_{\text{я}}$  bo'ladi. Yuklama berilishi bilan generator kuchlanishi yakordagi e. yu. k. ga nisbatan  $I_{\text{я}} \Sigma R$  hisobiga kam, ya'ni

$$U = E_{\text{я}} - I_{\text{я}} \Sigma R \quad (13.2)$$

bo'ladi. Generatorni ishlatish uchun, dastavval, uning yakorini birlamchi motor bilan kerakli chastotada aylantirish zarur. Bunda generator vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi momentlarning muvozanat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

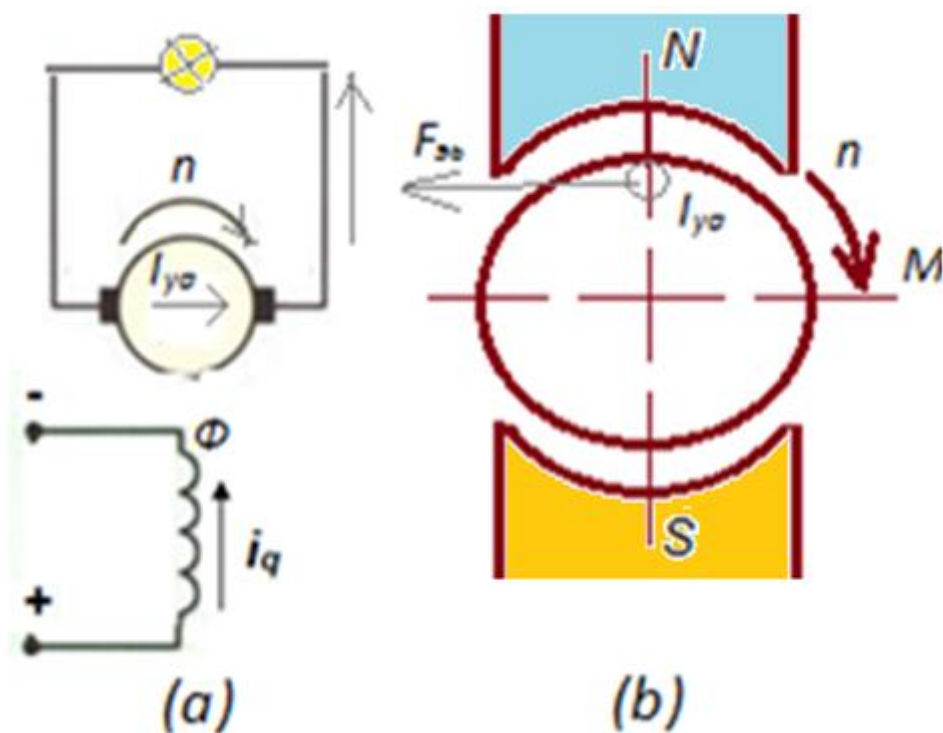
$$M_1 = M_0 + M_{\text{эм}}, \quad (13.3)$$

bunda  $M_1$  – birlamchi motorning aylantiruvchi momenti;

$M_0$  – salt ish momenti (yuklamasiz ishlayotgan generator yakorini aylantirishda mexanik ishkdlanishlarga sarflanadigan moment);  $M_{\text{эм}}$  – elektromagnit moment (yuklama bilan ishlayotgan generatorda hosil bo'luvchi moment).

Generator elektromagnit momentining ifodasi quyidagicha aniqlanadi. Yuklama bilan ishlayotgan generator chulg'amining har bir parallel shoxobchasidan  $i_{\text{я}} = \frac{I_{\text{я}}}{2a}$  ga teng bo'lgan tok o'tadi.

Yakorning tokli o'tkazgichlariga asosiy qutbdagi magnit oqim ta'sir etishi natijasida elektromagnit kuch  $F_{\text{эж}}$  hosil bo'ladi. 13.5-rasmda yakorning har bir tokli o'tkazgichiga ta'sir etuvchi elektromagnit kuch ko'rsatilgan. Bu kuchning qiymati  $F_{\text{эм}} = B_{\text{я}} i_{\text{я}} l$  bo'lib, uning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga binoan aniqlanadi.



13.5 – rasm. Generatorda hosil bo‘ladigan elektromagnit momenti.

Yakor o‘tkazgichlariga ta‘sir etuvchi elektromagnit moment ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$M_{\text{yo}} = \frac{pT}{2\pi a} \Phi I_{\text{ya}} = k_{\text{M}} \Phi I_{\text{ya}}, \quad \text{Hm}, \quad (13.4)$$

bunda  $k_{\text{M}} = \frac{pN}{2\pi a} = \text{const}$  – moment doimiysi deb ataluvchi va mashina parametrlari bilan

aniqlanuvchi o‘zgarmas koeffitsient. Generatordagi elektromagnit momentning qiymati qutblardagi magnit, oqim  $F$  bilan yakor toki  $I_{\text{ya}}$  ga proporsional bo‘lib, uning yo‘nalishi birlamchi motorning aylantiruvchi momentiga teskari bo‘ladi (13.5-rasm).

Shuning uchun generatorda hosil bo‘ladigan elektromagnit moment **tormoz momenti** deb ham ataladi.

Generatorning uzoq davr ichida normal ishlashini ta‘minlaydigan rejimi uning **nominal rejimi** deb ataladi. Bu rejim quyidagi miqdorlar bilan xarakterlanadi:

$R_{\text{N}}$ ,  $U_{\text{H}}$ ,  $I_{\text{H}}$  va  $p_{\text{H}}$  – tegishli nominal quvvat, kuchlanish, tok va aylanish chastotasi. Bu nominal miqdorlar generatorning pasportida (shchitida) keltiriladi.

Elektr mashinalarning xususiyatlari grafik usul bilan ifodalangan, tavsif deb ataluvchi bog'lanishlar bilan aniqlanadi. Generatorning asosiy tavsiflari quyidagilardan iborat bo'lib, ular o'zgarmas chastota, ya'ni  $n = const$  da olinishi kerak.

1) **Salt (yuklamasiz) ish tavsifi.** Generator kuchlanishi  $U_D$  ning uning qo'zg'atuvchi chulg'amdagi qo'zg'atish toki  $i_D$  ga bog'lanishini ifodalovchi egri chiziq, ya'ni  $U_D = f(i_k)$  salt ish tavsifi deb ataladi. Bunda  $I_{ya} = 0$  va  $n = const$  bo'lishi kerak.

2) **Yuklama tavsifi.** Generatorning yuklama bilan ishlayotgan rejimidagi  $U = f(i_k)$  uning yuklama tavsifi deb ataladi. Bunda yakor tokining qiymati o'zgarmas, ya'ni  $I_{ya} = I_n = const$  qilib saqlanishi va  $n = const$  bo'lishi kerak. Boshqacha aytganda generator yuklanish toki va aylanish tezligi o'zgarmaganda uning kuchlanishini qo'zg'atish tokiga bog'langanligini ifodalovchi egri chiziq yuklanish tavsifi  $U = f(I_k)$  deyiladi [4].

3) **Tashqi tavsif.** Yuklama bilan ishlayotgan generator kuchlanishining yakor tokiga bog'lanishini ifodalovchi egri chiziq, ya'ni  $U_D = f(i_k)$  generatorning tashqi tavsifi deb ataladi. Bunda  $R_p = const$  qo'zg'atish tokini rostlab turish uchun kiritilgan rezistor qarshiligi va  $n = const$  qilib saqlanishi kerak.

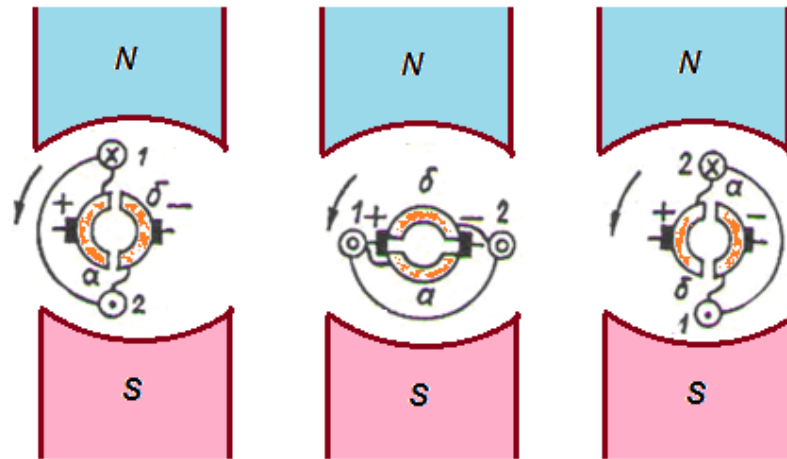
4) **Rostlash tavsifi.** Yuklama bilan ishlayotgan generatorning  $i_k = f(I_{ya})$  bog'lanish rostdash tavsifi deb ataladi. Bunda yuklama toki  $I_{ya}$  ning o'zgarishiga qaramay, generator kuchlanishi o'zgarmas, ya'ni  $U = U_n = const$  va  $n = const$  bo'lib qolishi kerak.

### 13.4. O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish va aylanish tezligini rostdash

Elektr mashinalar qutblarida etarli magnit oqim bo'lgan o'zgarmas tok mashinasining yakor chulg'amiga o'zgarmas tok berilsa, u holda yakor chulg'amidagi tokli o'tkazgichlarga ta'sir etuvchi elektromagnit moment hosil bo'ladi. Bunda elektr energiyasini mexanik energiyaga aylanib, elektr mashina motor rejimida ishlaydi. Yakor chulg'ami seksiyasi tomonlarining biri shimoliy, ikkinchisi esa janubiy qutb ostida joylashgan bo'ladi. Shu sababli, yakorda hamma vaqt bir tomonga aylantiruvchi elektromagnit kuchlar hosil qilish uchun  $N$  va  $S$  qutblar ostidan o'tuvchi yakor o'tkazgichdagi tokning yo'nalishini o'zgartirib turish kerak.

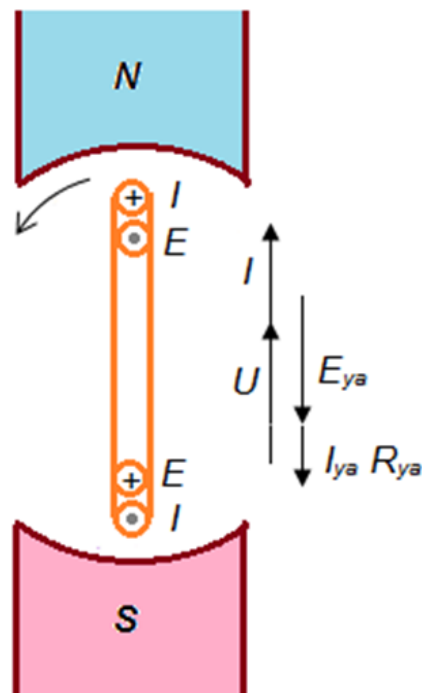
Yakor o'tkazgichlariga beriladigan tokning yo'nalishi kollektor bilan o'zgartirilib turiladi (13.6-rasm).





13.6-rasm. O'zgarmas tok motorida yakorga beriladigan tokning kollektor bilan o'zgaruvchan tokka aylantirilishi

Demak, o'zgarmas tok mashinasining generator rejimida uning kollektori bilan yakor chulg'amidagi o'zgaruvchan tok o'zgarmas tokka aylantiriladi, motor rejimida esa kollektor bilan elektr tarmog'idan beriluvchi o'zgarmas tok yakor chulg'amiga turli yo'nalishlarda beriladi. Elektromagnit moment ta'sirida o'zgarmas chastota  $n$  bilan aylanuvchi motor yakoridan o'tkazgichlarida EYuK hosil bo'ladi.



13.7 – rasm. Motor yakorida hosil bo'ladigan EYuK va ularning tokka teskari yo'nalishi.

Generatorlarda tokning yo'nalishi EYuK tomon bo'lsa, motor yakorida hosil bo'lgan EYuK ning yo'nalishi esa teskaridir. Shu sababli bu EYuK teskari EYuK deb ham ataladi.

O'zgarmas tok motorning yakor zanjiri uchun EYuKlarning muvozanat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}} \Sigma R \quad (13.5)$$

bunda  $U$  – motorning yakor chulg'amiga beriladigan kuchlanish, V;

$E_{\text{я}}$  – yakor chulg'amida hosil bo'lgan EYuK, V;

$I_{\text{я}} \Sigma R$  – yakor zanjirida kuchlanishning tushuvi, V;

$\Sigma R = R_{\text{я}} + R_{\text{т}}$  – yakor chulg'ami qarshiligi bilan tashqi qarshilik yig'indisi, Om.

Yakor toki quyidagicha ifodalnadi:

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E_{\text{я}}}{\Sigma R} \quad (13.6)$$

EYuKlar tenglamasining ikki tomonini  $I_{\text{я}}$  ga ko'paytirib quvvatlar tenglamasining quyidagi ifodasi olinadi:

$$UI_{\text{я}} = E_{\text{я}} I_{\text{я}} + I_{\text{я}}^2 \Sigma R \quad (13.7)$$

Bunda  $UI_{\text{я}}$  – elektr tarmog'idan motorga beriladigan quvvat, Vt;

$I_{\text{я}}^2 \Sigma R$  – yakor zanjiridagi qarshiliklarning qizishiga sarflangan quvvat isrofi, Vt;

$E_{\text{я}} I_{\text{я}}$  – motor yakorida hosil bo'ladigan quvvat, Vt.

Agar  $E_{\text{я}}$  o'rniga uning  $E_{\text{я}} = pN/60a\Phi_n$  qiymati qo'yilsa, u holda quyidagi hosil qilinadi:

$$E_{\text{я}} = \frac{pN}{60a} \Phi n I_{\text{я}} = \frac{pN}{60a} \Phi \frac{60\omega}{2\pi} \Phi I_{\text{я}} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_{\text{я}} \omega \quad (13.8)$$

$pN/2\pi a \Phi I_{\text{я}} = M_{em}$  tenglama elektromagnit momentini ifodalagani uchun yakorda hosil bo'ladigan quvvat elektromagnit quvvat deb ataladi va  $P_{em}$  bilan belgilanadi:

$$E_{\text{я}} I_{\text{я}} = M_{em} \omega = P_{em} \quad (13.9)$$

Bunda:  $\omega$  (rad/sek) =  $2\pi n/60$  – yakor aylanishining burchak chastotasi;

$n$  (ayl/min) – yakorning minutiga aylanish soni.

Demak, elektr motorga berilgan  $UI_{\text{я}}$  quvvatning mexanik energiyaga o'tgan qismini elektromagnit quvvat tashkil etadi.

Elektromagnit quvvatning asosiy qismi motor vali(o'qi)dagi foydali mexanik quvvat  $P_2$  ga aylanadi, qolgan kichik qismi  $P_0$  esa aylanuvchi yakordagi mexanik ishqalanishlarni engishga va motorning po'lat qismlarida sodir bo'luvchi quvvat isroflariga befoyda sarflanadi. Shunga ko'ra  $P_{em} = P_2 + P_0$  bo'ladi.

### 13.5 Elektr motor vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi momentlar va ularning muvozanat tenglamasi

Elektr motor bilan biror ish mashinasi yoki mexanizmni harakatga keltirilganda uning vali(o'qi)ga quyidagi momentlar ta'sir etishi mumkin:

1) motor yakorini aylantiruvchi elektromagnit moment  $M_{em}$ :

2) salt ishlash momenti  $M_D$ . Bu moment mexanik va magnit quvvat isroflari bilan aniqlanadi. Yakorning aylanishida mexanik ishqalanishlarga va uyurma toklar bilan motor po'lat o'zaklarining qizishiga sarflangan quvvat isrofi  $P_D$  yuklamaga bog'liq bo'lmagani uchun  $M_D$  ham yuklamaga bog'liq bo'lmaydi, uning qiymati nominal moment (aylantiruvchi foydali momentning nominal qiymati)  $M_n$  ning 2-6% ni tashkil etadi;

3) foydali moment  $M_Z$ . Bu moment motor bilan ish mexanizmini harakatga keltirishda mexanizm tomonidan vujudga keltiriladigan qarshilik (foydali yuklama) momenti bilan aniqlanadi. Qarshilik momenti o'z navbatida mashina yoki mexanizmning ish rejimi (katta yoki kichik qiymatli yuklamalar bilan ishlashi) va mexanik tavsiflari bilan aniqlanadi.

Odatda,  $M_D$  va  $M_Z$  momentlari birgalikda hisoblanib, uni  $M_c$  bilan ifodalanadi, ya'ni bo'ladi, bunda – motor vali(o'qi)ning aylanishiga qarshilik ko'rsatuvchi statik qarshilik momenti. Ish mexanizmlarning qarshilik momentlari o'z qiymatlarini chastota o'zgarishi bilan turlicha o'zgartiradilar.

Shunga binoan, ish mexanizmi qarshilik momenti  $M_c$  ning motor aylanish chastotasi  $n$  ga nisbatan o'zgarishini ifodalovchi  $M_c = f(n)$  bog'lanish uning mexanik tavsifi uchun topilgan quyidagi empirik formulaga binoan ularni turli klasslarga ajratish mumkin:

$$M_c = M_{co} + (M_{cn} - M_{co}) \left( \frac{n}{n_{nn}} \right)^x \quad (13.10)$$

$M_c$  – ish  $n$  mexanizmining chastotadagi qarshilik momenti;

$M_{co}$  – salt ish rejimida mexanizmning harakatlanuvchi qismlaridagi mexanik ishqalanishlardan hosil bo'lgan qarshilik momenti;

$M_{cn}$  – mexanizmning nominal,  $n_n$  chastotadagi qarshilik momenti;

$x$  – chastota o'zgarishi bilan  $M_c$  ning o'zgarishini xarakterlaydigan daraja ko'rsatkchi.

Bunda  $M_c$  ning o'zgarish grafigi har bir muayyan holda alohida keltiriladi. Qarshilik momentlari reaktiv va aktiv (potentsial) bo'lishi mumkin. Reaktiv qarshilik momenti qirqish, ishqalanish va shu kabi jarayonlarda hosil bo'ladi. Bu momentning yo'nalishi hamma vaqt motorning aylantiruvchi momentiga teskari bo'ladi. Aktiv qarshilik momenti esa yuk ko'tarish, prujinaning qisilishi kabi jarayonlarda hosil bo'lib, bunday moment hamma yo'nalishining o'zgarishi bilan aktiv qarshilik momentining ta'siri ham teskarisiga o'zgaradi. Masalan, yuk ko'tarishda qarshilik momenti aylantiruvchi momentga teskari bo'ladi, yuk tushirishda esa bu momentlar bir xil yo'nalishda bo'ladi.

Motor vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi momentlar yana birini dinamik moment  $M_{din}$  deyiladi. Dinamik moment quyidagicha ifodalanadi:

$$M_{дин} = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (13.11)$$

Bunda:

- $j = mp^2 = GD^2/4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{sek}^2$  – motor vali(o'qi) bilan birgalikda aylanayotgan qismlarining inertsiya momenti;
- $G, m$  – tegishlicha og'irlik kuchi va uning massasi;
- $p, D, g$  – tegishlicha harakatlanayotgan qismlarning inertsiya radiusi, diametrik va tezlanishi;
- $GD^2$  – siltash momenti. Yakor yoki rotorga tegishli siltash yoki inertsiya momentlarining qiymati motor kataloglarida keltiriladi. Motor bilan aylanuvchi va turli shakllarga ega qismlar uchun esa  $J$  va  $GD^2$  ning qiymati texnik ma'lumotnomalarda keltiriladi;
- $d\omega/dt$  yoki  $dn/dt$  – motor vali(o'qi)ning tezlanishi.

Demak, dinamik moment hosil bo'lishi uchun biror sababga ko'ra chastotaning o'zgarishi kifoya. Masalan, motori ishga tushirishda uning chastotasi ortib boradi. Bunda  $dn/dt > 0$  bo'lib, aylantiruvchi momentga teskari yo'nalgan dinamik moment hosil bo'ladi.

Motorni tormozlashda esa uning chastotasi kamayib borgani uchun  $dn/dt < 0$  bo'ladi. Bunda hosil bo'lgan dinamik moment motor chastotasining pasayishiga halaqit beradi, ya'ni tormozlovchi momentga nisbatan teskari yo'naladi.

Motorning o'zgarimas chastota bilan aylanishda esa  $dn/dt = 0$  bo'lib, dinamik moment hosil bo'lmaydi. Motorning o'zgarimas chastota bilan aylanayotgan holati uning turg'un holati deyiladi. Demak,

motor vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi momentlarning muvozanat tenglamasi umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\pm M \pm M_c = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (13.12)$$

Aylantirilayotgan ish mexanizmi, ko'pincha, reaktiv qarshilik momentiga ega bo'ladi. Bunda momentlarning muvozanat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$M - M_c = M_{\text{дин}} = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (13.13)$$

Motorning turg'un rejimida,  $n = \text{const}$  ya'ni bo'lganda (13.13) tenglama yana ham soddalashadi:

$$M = M_c \quad (13.14)$$

Demak, turg'un rejimda motorning aylantiruvchi momenti statik qarshilik momentiga teng va u bilan doimo muvozanatda bo'ladi. Agar  $M_c$  qiymati o'zgarib, masalan,  $M < M_c$  bo'lib qolsa, uholda motorning aylantiruvchi momentining qiymati ham momentlar muvozanati boshqa pastroq turg'un chastotada tiklangunga qadar ko'payib boradi.

Motorning aylantiruvchi momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M = M_{\text{эм}} = \frac{P_{\text{эм}}}{\omega} = \frac{60P_{\text{эм}}}{2\pi n} = 9550 \frac{P_{\text{эм}}}{n} [\text{НМ}] = 975 \frac{P_{\text{эм}}}{n}, \text{кГМ} \quad (13.15)$$

Motor vali(o'qi)dagi foydali moment quyidagicha topiladi:

$$M_2 = 9550 \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} \text{НМ} = 975 \frac{P_2}{n}, \text{кГМ}, \quad (13.16)$$

Motor shchitida uning nominal foydali quvvati  $P_n$  toki  $I_n$  kuchlanishi  $U_n$  va aylanish chastotasi  $n_n$  ko'rsatilgan bo'ladi. Bu qiymatlarga binoan motorning nominal aylantiruvchi momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{\text{н}} = 9550 \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} \text{НМ} = 975 \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} \text{кГМ}, \quad (13.17)$$

Bunda  $P_n$  kVt;  $n_n$  ayl/min hisobida; elektromagnit moment motor vali(o'qi)dagi momentdan  $2 \div 5\%$  gagina katta bo'lgani uchun  $M_{\text{em}} \sim M_2$  deb qabul qilindi.

### 13.6 O'zgarmas tok motorlarining mexanik tavsifi.

Motor vali(o'qi)ga ta'sir etuvchi qarshilik momentining ortishi bilan motorning aylantiruvchi momenti ortadi, kaayishi bilan esa kamayadi. Bunda motorning chastotasi ham o'zgaradi. Motor aylantiruvchi momentining o'zgarishi bilan uning chastotasi qay tarzda o'zgarishini ifodalovchi  $n = f(M)$  bog'lanish elektr motorning mexanik tavsifi deb ataladi.

O'zgarmas tok motorlari uchun mexanik tavsif tenglamasi uning quyidagi asosiy ko'rsatkichlari, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U - E_{\text{r}}}{\Sigma R} \\ E_{\text{r}} &= k_E n \Phi \\ M &= k_M \Phi I_{\text{r}} \end{aligned} \right\} \text{ifodalarni birgalikda echishda aniqlanadi.} \quad (13.18)$$

Bu tenglamalar sistemasidan  $n = f(M)$  bog'lanishini topish uchun dastavval motorning  $n$  chastota bilan aylanishida hosil bo'lgan  $E_{\text{ya}} = K_E n \Phi$  ifodasidan  $n = E_{\text{ya}} / K_E \Phi$  olinadi. Chastotaning bu ifodasidagi  $E_{\text{ya}}$  o'rniga uning tok formulasidan topilgan  $E_{\text{ya}} = U - I_{\text{r}} \Sigma R$  qiymatini qo'yib, quyidagi tenglama olinadi:

$$n = \frac{E_{\text{r}}}{k_E \Phi} = \frac{E_{\text{r}} = U - I_{\text{r}} \Sigma R}{k_E \Phi} = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{I_{\text{r}} (R_{\text{r}} + R_{\text{T}})}{k_E \Phi} \quad (13.19)$$

Bu ifodadan motor chastotasini o'zgartirish usullarini aniqlash mumkin. O'zgarmas tok motorlarining mexanik tavsifi tenglamasini topish uchun  $I_{\text{r}}$  o'rniga uning  $M = K_M \Phi I_{\text{r}}$  ifodasidan olingan  $I_{\text{r}} = M / K_M \Phi$  qiymatini qo'yish kifoya, ya'ni:

$$n = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{I_{\text{r}} \Sigma R}{k_E \Phi} = \frac{U}{k_E \Phi} - \frac{\Sigma R}{k_E \cdot k_M \Phi^2} \cdot M \quad (13.20)$$

Demak, o'zgarmas tok motorlarining (13.20) bilan ifodalangan mexanik tavsif tenglamasiga binoan ideal salt ish rejimida, ya'ni  $M = M_c = 0$  bo'lganda motorning turg'un (o'zgarmas) chastotasi  $n = U / K_E \Phi = n_0$  bo'ladi. Motor vali(o'qi)ga mexanizmning biror  $M_c$  qiymatli qarshilik momenti ta'sir etishi bilan uning chastotasi  $n_D$  ga nisbatan  $\Sigma R / K_E K_M \Phi^2 \cdot M_c$  hisobiga kamayadi. Bunda motorning aylantiruvchi momenti  $M_c$  gacha ko'payib, ya'ni  $M = M_c$  bo'lib, uning pasaygan turg'un chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$n = n_0 - \frac{\Sigma R}{k_E k_M \Phi^2} M \quad (13.21)$$

Haqiqatan, motor chastotasi kamayishi bilan uning yakoridagi EYuK ham kamayib boradi. Bunda  $I = \frac{U - E_{ya}}{\Sigma R}$  bo'lgani uchun motorning aylantiruvchi  $M = K_M \Phi I_{ya}$  momenti qiymati ham momentlar muvozanati tiklanguncha, ya'ni  $M = M_c$  bo'lguncha ko'payib boradi.  $M = M_c$  bo'lishi bilan motor chastotasining yuklama sababli pasayishi tugaydi va motor yangi o'zgarmas chastota bilan turg'un rejimda ishlay boshlaydi. Qarshilik momentining o'zgarishi bilan elektr motorlarning chastotasi demak, EYuK qiymati ham o'zgarib, natijada ularning aylantiruvchi momenti ham momentlar muvozanati tiklanguncha o'z-o'zidan o'zgaradi. Elektr motorlarning bu xususiyati ularning asosiy afzalliklaridan biri hisoblanadi. Elektr motorlar tabiiy va sun'iy mexanik tavsiflarga ega bo'lishi mumkin.

Yakor yoki rotor chulg'amiga qo'shimcha tashqi qarshilik kiritilmay nominal kuchlanish va nominal magnit oqimda olinadigan  $n = f(M)$  bog'lanish elektr motorning tabiiy mexanik tavsifi deyiladi. Yakor yoki rotor chulg'amiga biror tashqi qarshilik kiritilganda hamda kuchlanish yoki magnit oqimning nominaldan farq qilganda olinadigan  $n = f(M)$  bog'lanish motorning sun'iy mexanik tavsifi deyiladi. Aylantiruvchi moment o'zgarishi bilan motor chastotasining o'zgarish darajasiga qarab quyidagi mexanik tavsiflar bo'lishi mumkin:

1) **Mutlaqo qattiq tavsif.** Aylantiruvchi momentning nominal qiymatgacha o'zgarishida chastotasi o'zgarмай qoladigan motor mutlaqo qattiq tavsifga ega motor deyiladi. Bunday mexanik tavsifga sinxron motorlar ega bo'ladi;

2) **Qattiq tavsif.** aylantiruvchi momentning nominal qiymatgacha o'zgarishida chastotasining qiymati bir ozgina, ya'ni 5 – 10 foizga o'zgaruvchi motor qattiq tavsifga ega motor deyiladi. Bunday tavsifga parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok va normal tuzilishdagi asinxron motorlar ega bo'ladi; Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligi bilan ifodalanganligi sababli  $P_2$  ni nominalgacha ortishida tezlik qiymati 3-5% ga kamayadi. Shu sababli parallel qo'zg'atishli motor bo'lgan tezlik tavsifi  $n=f(P_2)$  ga ega bo'ladi [4].

3) **Yumshoq tavsif.** Aylantiruvchi momentning nominal qiymatgacha o'zgarishida chastotasi keskin o'zgaruvchi motor yumshoq tavsifga ega motor deyiladi. Bunday tavsifga ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok va maxsus tuzilishdagi asinxron motorlar ega bo'ladi.

### 13.7 O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish

Agar tinch turgan motorni elektr tarmog'iga ulab, unda qarshilik momentidan katta bo'lgan aylantiruvchi moment hosil qilinsa, u aylana boshlaydi. Aylanish chastotasining ortib borishi bilan yakorda

hosil bo'ladigan EYuK ham ortib boradi, natijada, yakor toki va, demak, aylantiruvchi moment kamayib boradi.

Aylantiruvchi moment qiymati qarshilik momentigacha kamayganda, ya'ni  $M = M_c$  bo'lib, momentlar muvozanati tiklanganda, chastotaning ortib borish jarayoni tugaydi va motor berilgan o'zgarmas chastotada ishlay boshlaydi. Tinch turgan motorni elektr tarmog'iga ulab, uning chatsotasi  $n = 0$  dan  $n = n_{c, const}$  gacha ortib borishdagi jarayoni motorni ishga tushirish jarayoni deyiladi. Bu jarayon ishga tushirish toki  $I_{ishg.t}$  ishga tushirish momenti  $M_{ishg.t}$  va ishga tushirish vaqti  $t_{ishg.t}$  lar bilan xarakterlanadi.

Elektr tarmog'iga ulangan motorning tinch turgan yakori chulg'amida hosil bo'lgan tok uning ishga tushirish toki deb ataladi. Yakorning tinch holatida  $n = 0$  bo'lgani sababli  $E_{ya} = 0$  bo'ladi. Demak, ishga tushirish tokining qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{шт} = \frac{U}{\Sigma R} \quad (13.22)$$

Bunda:  $\Sigma R = R_{ya} + R_T$  – yakor zanjirining qarshiligi.

Yakor chulg'amining qarshiligi qiymati, odatda juda kichik, ya'ni  $R_{ya} = (0,1-2) \Omega$  m bo'ladi. Shunga binoan nominal tezlik va nominal tok.

$I_n = U_n - E_{ya} / R_{ya}$  bilan ishlayotgan motor yakoridagi kuchlanishning tushuvi  $I_{ya} R_{ya} = (3-8)\% U_{ya}$  bo'ladi. Demak, nominal kuchlanishli elektr tarmog'iga yakor chulg'amini bevosita, ya'ni tashqi qarshiliksiz ulansa, u holda bu chulg'amdan o'tadigan yakor tokining nominalga nisbatan 10-20 marta ortib ketadi. Natijada kollektor atrofida aylanuvchi olov va haddan tashqari katta aylantiruvchi moment hosil bo'lib, motordagi izolyatsiya va aylanuvchi mexanik qismlar ishdan chiqishi mumkin. Ishga tushirish tokini kommutatsiya va aylanuvchi qismlarga xavfli bo'lmagan qiymat  $I_{ishg.t} = 2I_n$  gacha va, demak,  $M_{ishg.t} = 2M_n$  gacha kamaytirish uchun yakor chulg'amiga ketma-ket ulangan rezistor qarshiligi kiritiladi. Bu rezistor ishga tushirish rezistori deyiladi. Ishga tushirish tokini  $2I_n$  gacha kamaytiruvchi rezistor qarshiligi  $R_{ishg.t}$  ning qiymatining  $I_{ishg.t}$  ifodasi orqali

$I_{ishg.t} = 2I_n U_n / R_{ya} + R_{ishg.t}$  dan topiladi, ya'ni

$$R_{шт} = R_T = \frac{U_H}{2I_H} - R_{я} \quad (13.23)$$

O'zgarmas tok motorlari uchun yakor chulg'ami qarshiligini quyidagicha aniqlash mumkin:

bunda  $\eta = P_n / U_n I_n$  – motor foydali ish koeffitsientining nominal qiymati:



$R_n = U_n / I_n$  – motorning nominal qarshiligi. Yakorga kuchlanish berilganda undan o'tadigan ishga tushirish tokini nominal qiymatgacha kamaytiruvchi qarshilik o'zgarmas tok motorining nominal qarshiligi deb ataladi. Ishga tushirish rezistori odatda bir necha pog'onadan iborat qilib tayyorlanadi. Ishga tushirilgan motor chastotasining ortib borishi bilan uning yakor toki va, demak, aylantiruvchi momenti kamayib boradi. Motor chastotasining  $n_p$  qiymatigacha bir tekisda ortib borishini ta'minlash uchun aylantiruvchi momentning o'rtacha qiymatini o'zgarmas qilib saqlash kerak. Buning uchun ishga tushiruvchi momentning qiymati o'zining

$M_{max} = 2M_n = M_{ishg.t}$  qiymatidan  $M_{min} = (1,1-1,2)M_n$  gacha kamayganida  $R_{ishg.t}$  qarshiligining bir pog'onasi shuntlanadi. Bunda tok va, demak, aylantiruvchi moment nominalga nisbatan yana ikki marta ko'payishi darkor. Shu singari chastota ortib borishi bilan ishga tushiruvchi rezistorning qarshiligi kamayib boriladi va  $R_{ishg.t}$  ning oxirgi pog'onasi shuntlanganda (rezistor qarshiligi nolga tenglashtirilganda) chastotaning qiymati  $n_c$  gacha ortib boradi. Momentlar muvozanati tiklanib, ya'ni  $M = M_c$  va  $n = n_c$  bo'lishi bilan ishga tushirish jarayoni ham tugaydi.

Ishga tushirish jarayonining davri bir necha sekunda tugashi sababli  $I_{ishg.t}$  va  $M_{ishg.t}$  qiymatlarining nominalga nisbatan 2-2,5 marta katta bo'lishi motor uchun xavfli bo'lmaydi.

### Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok mashinalarining tuzilishini aytib bering?
2. O'zgarmas tok mashinasining ishlash tamoyilini aytib bering?
3. O'zgarmas tok generatorning qanday tavsiflari bor?
4. O'z-o'zidan qo'zg'atishli generatorlarni qanday qo'zg'atish usullari mavjud?
5. O'zgarmas tok mashinalarida kollektorning vazifasi nima?
6. Aylantiruvchi moment o'zgarishi bilan motor chastotasining o'zgarish darajasiga qarab qanday mexanik tavsiflar bo'ladi?
7. Mutlaqo qattiq tavsifga ta'rif bering?
8. Qattiq tavsifga ta'rif bering?
9. Yumshoq tavsifga ta'rif bering?
10. Ishga tushirish toki va momentining nominalga nisbatan 2-2,5 marta katta bo'lishi motorga qanday ta'sir qiladi?

## IV bob. ELEKTR YURITMALAR.

### IV bob. 14 - mavzu.

#### BOSHQARISH VA HIMOYA APPARATLARI.

Reja:

- 14.1 Boshqaruv apparatlari.
- 14.2 Rubilniklar va qayta ulagichlar.
- 14.3 Avtomat o'chirgichlar.
- 14.4 Saqlagichlar.

#### 14.1 Boshqaruv apparatlari.

Boshqaruv apparatlari asosan quyidagi elementlarni o'z tarkibiga oladi:

1. Boshqarilayotgan koordinatalar darajasi va o'zgarish xarakterlarini aniqlovchi dasturiy qurilmalar.
2. Elektr yuritmaning o'zini ishlashi va texnologik jarayonning borishi haqida ma'lumot beruvchi texnologik parametrlar va rostlanuvchi koordinatalar datchiklari.
3. Koordinata va parametrlar datchiklari va dasturiy qurilmalar signallari asosida boshqaruv signallarini ishlab chiquvchi rostlagichlar va funktsional o'zgartkichlar.
4. Signallar turi va darajasi, tok turi bo'yicha kirish va chiqish signallarini uyg'unlashtirish hisobiga barcha parametrlarni bir tizimga bog'lash imkonini beruvchi kelishtiruvchi elementlar.

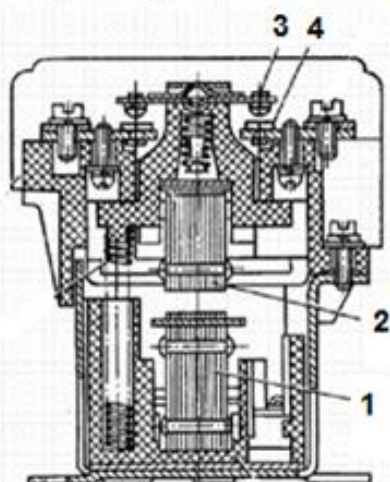
Boshqaruv apparatlariga rubilnik, o'chirgichlar, qaytaulagichlar, knopka stantsiyalari, magnitli ishga tushirgichlar, boshqaruv relelari, turli datchiklar, chegaralovchi o'chirgichlar, reostatlar va boshqa apparatlar kirishi mumkin.

**Magnitli ishga tushirgich** – asosan uch fazali iste'molchilarni (xususan elektr dvigatellarni tarmoqqa ulash yoki uzish, o'ta qizishdan himoyalash) boshqarishga mo'ljallangan kompleks apparatdir. Magnitli ishga tushirgichning asosiy elementlari.

PME rusumli magnitli ishga tushirgichning umumiy ko'rinishi 14.1-rasmda keltirilgan.

Magnitli ishga tushirgichlar iste'molchilarni nol himoyasini ta'minlaydi. Agar tarmoqda birdan kuchlanish yo'qolsa, dvigatel tarmoqdan uzilib, uni qayta ulash faqat operator tomonidan tegishli tekshiruvdan so'ng amalga oshiriladi.

PME rusumli magnitli ishga tushirgichning umumiy ko'rinishi



1 va 2 elektromagnit tizim  
3 va 4 kuch kontaktlari

PKL – qo'shimcha kontaktli qurilma.

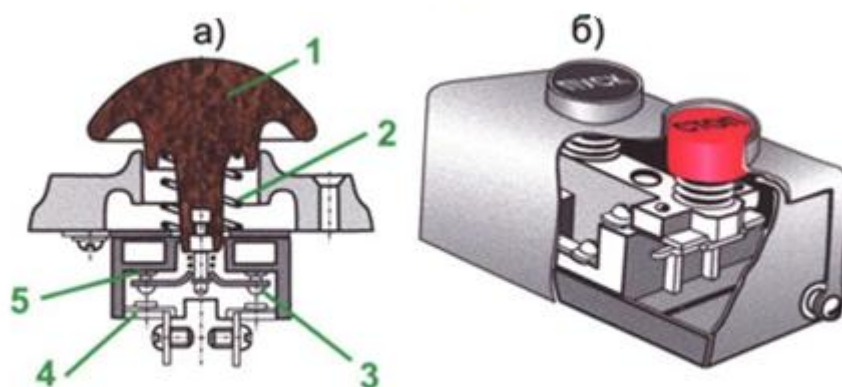


Extiyojga qarab magnitli ishga tushirgichning qo'shimcha kontaktlar sonini oshirish imkonini beradi

14.1-rasm. PME rusumli magnitli ishga tushirgichning umumiy ko'rinishi.

Magnitli ishga tushirgichlar - bu odatda, uch qutbli kontaktordan, o'rnatilgan issiqlik relelaridan va yordamchi kontaktlardan tashkil topgan qurilmadir. Ular quvvati 75 kVt gacha bo'lgan uch fazali elektr dvigatellarni boshqarish uchun xizmat qiladi. Amortizatsiyalaydigan prujina ulash vaqtida qo'zg'aluvchan qismni keskin zarblardan saqlaydi. Ishga tushirgichning hamma detallari metall asosga mahkamlanadi. Odatda barcha magnitli ishga tushirgichlar boshqarish knopkalari bilan birga ishlatiladi (14.2-rasm).

### Boshqaryv knopkalari

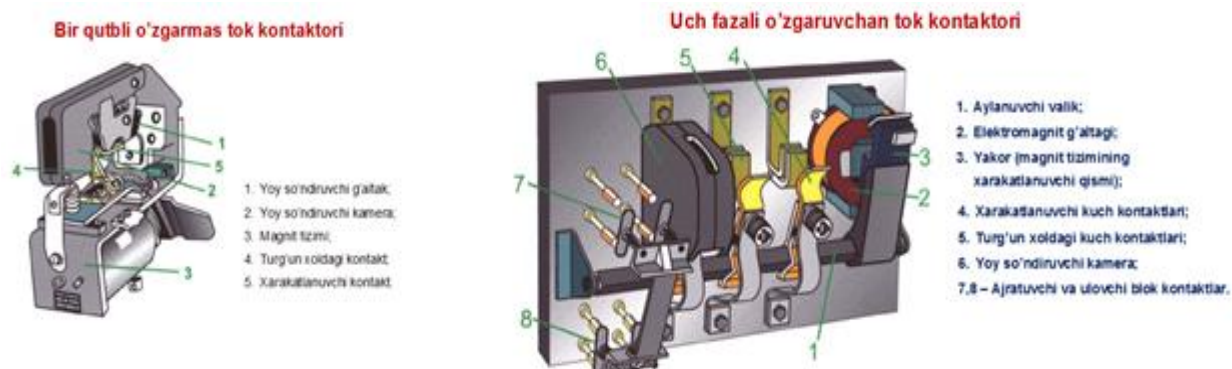
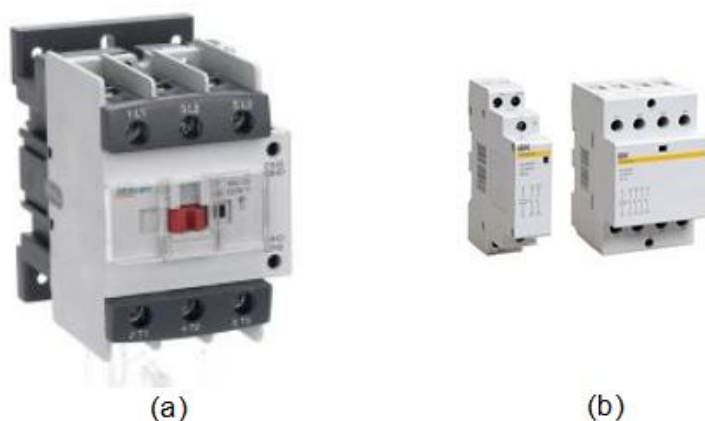


a) 1 – knopka; 2-qaytariluvchi prujina; 3-ko'priqli kontakt;  
4- ulovchi kontakt; 5-uzuvchi kontakt.  
b) Knopka posti yig'ilgan holda

14.2-rasm. Boshqarish knopkalari.

**Elektromagnit kontaktorlar** – 50-60 Gts chastotali 660 V gacha kuchlanishli uch fazali asinxron qisqa tutashgan rotorli dvigatellarni masofadan ishga tushirish, to'xtatish va reverslash uchun mo'ljallangan. KM-103 elektromagnit kontaktorlarning farqli tomoni 9A li rusumlilaridan boshlab normal yopiq kontaktlarning hamda 32A li rusumlilaridan boshlab esa kuch o'tkazgichlari (kabellar) jilalarini ikkilangan qisish qurilmalarining mavjudligidir(14.3-rasm (a)).

KM – modul seriyali kontaktor yoritish, konditsioner, ventilyatsiya, isitish tizimlarini masofadan boshqarishga mo'ljallangan. Kontaktor 35-mm li DIN reykgaga mahkamlanuvchi modul korpusida tayyorlangan bo'lib, standart tarqatish shchitlarida modul konstruksiyali boshqa apparaturalar (masalan avtomatik o'chirgichlar) bilan o'rnatilishi mumkin( 14.3-rasm (b)).



14.3-rasm. Elektromagnit kontaktorlar.

Kontaktorlar - bu uzoqdan ta'sir etadigan apparatlar bo'lib, normal ish rejimidagi elektr zanjirlarni ko'p ulash, va uzish uchun xizmat qiladi. Kontaktorlar 3-4000 A tokka kuchlanishining o'zgarmas tokida 220, 440, 650, 750 V va o'zgaruvchan tokida 380, 500 va 660 V ga mo'ljallab ishlab chiqariladi va soatiga 600-1500 marta ulash imkonini beradi. Kontaktorlarning ayrim maxsus seriyalari soatiga 14000 martagacha ulash imkoniyatini beradi.

Kontakt tizimi elektromagnit yordamida ulanadigan elektromagnit kontaktorlar eng ko'p qo'llaniladi.

Kontaktorlar bosh kontaktlar tizimi, yoy so'ndiruvchi qurilma, elektromagnit tizim va yordamchi kontaktlardan tashkil topgan. Boshqarish zanjiridagi kuchlanish ancha kamayganda, shuningdek, u yo'qolganda kontaktor avtomatik ravishda uziladi.

Zamonaviy kontaktorlar yopiq plastmassa korpusda (KTU seriyasi) ishlab chiqariladi.

Kontaktorlar qurilmani normal bo'lmagan rejimlar (o'tayuklanish, q.t. toklari) dan muhofazalay olmaydi, shuning uchun ular avtomatik boshqarish sxemasida normal bo'lmagan rejimni sezadigan va elektromagnit g'altakning zanjirini uzadigan maxsus rele bilan birgalikda qo'llaniladi.

**Boshqaruv relelari** - Relelar kichik oqimli zanjirlar kommutatsiyasida qo'llanilib, kontaktorlarga o'xshab ishlaydi. Relelar tok va kuchlanish datchiklari, vaqt datchiklari, ishchi mashina va mexanizmlarning texnologik parametrlari datchiklari sifatida qo'llaniladi.

**Vaqt relelari** - elektromagnit, pnevmatik sekinlashtiruvchi, motorli, elektron, mexanik va h.k. bo'lishi mumkin.

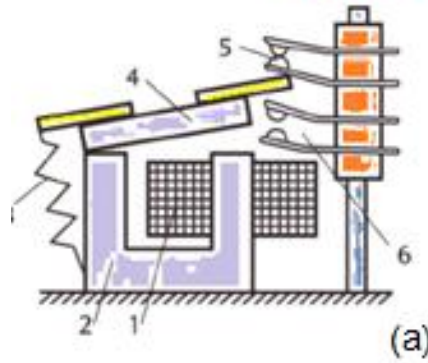
**Elektromagnit vaqt relesi** - oddiy elektromagnit rele kabi ishga tushadi, ammo magnit o'tkazgichdagi mis halqalar vaqt relesini manbadaga ulash yoki uzishda ma'lum vaqtni ushlab turishni ta'minlaydi. Quyida turli rusumdagi elektromagnit vaqt relelari namunalari keltirilgan(14.4-rasm.).

**Pnevmatik sekinlashtiruvchi releda** - vaqtni ushlab turish kamerani havo bilan to'ldirish vaqti hisobiga ta'minlanadi.

Elektron vaqt relelarida yarim o'tkazgich elementlari (tranzistorlar) va kondensatorlardan foydalaniladi. Kondensatorning zaryadlanish va razryadlanish vaqtlari tranzistorlarni yopiq holatidan ochiq holatiga qayta ulab vaqtni ushlab turishni ta'minlaydi.

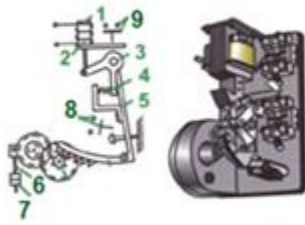
**Tezlik datchiklari** - O'zgaruvchan va o'zgarmas tok dvigatellarining tezliklari ularning harakatlantiruvchi kuchini belgilaydi. Unda dvigatelning EYuK sidan o'lchanayotgan yoki nazorat qilinayotgan o'zgaruvchi sifatida foydalanib elektr yuritmaning tezligi to'g'risida ma'lumot olish mumkin. Ular analogli yoki raqamli bo'lishi mumkin.

### Elektromagnit rele



1. Elektromagnit g'altagi;
2. O'zak;
3. Qaytaruvchi prujina;
4. Yakor (magnit tizimining xarakatlanuvchi qismi);
5. Ajratuvchi kontaktlar;
6. Ulovchi kontaktlar.

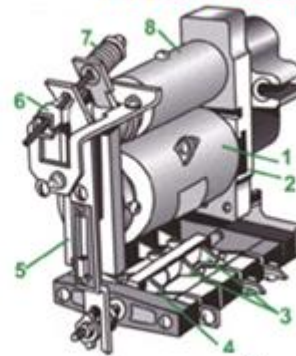
### Mayatnikli vaqt relesi



1. Elektromagnit;
2. Yakor;
3. Va 5 Richaglar;
4. Xarakat beruvchi siqish prujinas
- 6 Mayatnik;
- 7 Yuk;
- 8 Sekinlashgan kontakt tizimi;
- 9 Oniy ishga tushuvchi kontakt tiz

(b)

### Mis gilzali elektromagnit vaqt relesi



1. Elektromagnit g'altagi;
2. Qo'zg'almas magnit o'tkazgich;
3. Ulovchi kontaktlar;
4. Uzuqchi kontaktlar;
5. Yakor;
6. Gaykali rostlovchi vint;
7. Pujina.

(c)

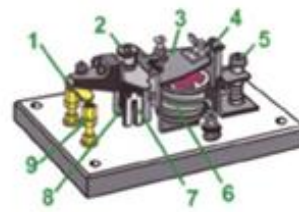
### Elektromagnit kuchlanish relesi



1. Rostlovchi gayka;
2. Ko'prik tipidagi kontakt tizimi;
3. Po'lat listdan tayyorlangan magnit o'tkazgich yakori;
4. Magnit o'tkazgich o'zagi.

(d)

### Elektromagnit tok relesi

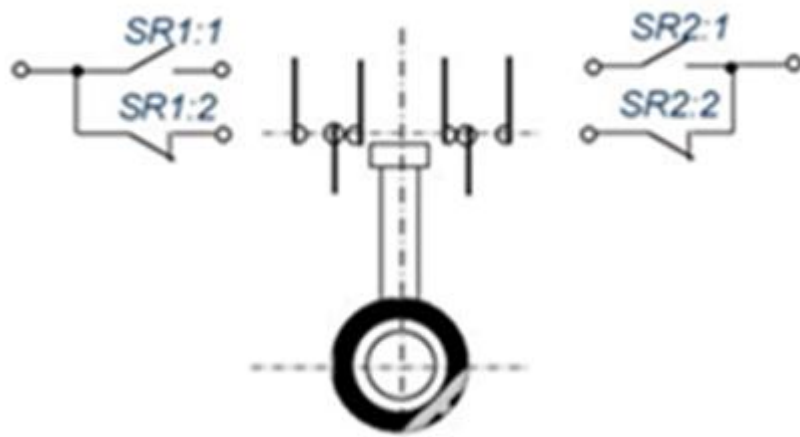


1. Kontaktli ko'prik;
2. Rostlovchi gayka;
3. Yakor;
4. Rolik;
5. Qo' bilan qaytarish knopkasi;
6. Tortuvchi g'altak.

(e)

14.4-rasm. Turli rusumdagi elektromagnit vaqt relelari.

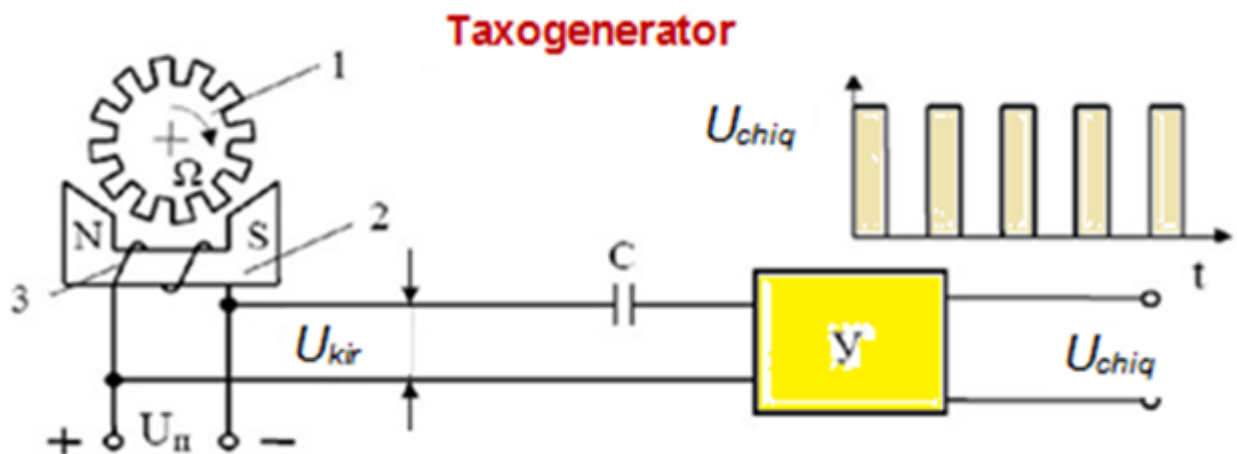
**Tezlik nazoratining elektromexanik relesi** - Asinxron dvigatel ish tamoyili bo'yicha ishlab, dvigatelning tezligi nolgacha pasayganda uni tarmoqdan uzib qo'yish talab etilganda yani tormozlashni avtomatlashtirishda qo'llaniladi(14.5-rasm.).



14.5 – rasm. Tezlik nazorati relesining sxematik chizmasi.

**Taxogeneratorlar** - tezlik datchiklari kabi o'zgaruvchan tok dvigatellari, asinxron va sinxron bo'lishi mumkin. Taxogenerator yakoriga rostlanuvchi resistor bilan ketma-ket ulangan kuchlanish rele chulg'ami ulanadi. Taxogenerator dvigatel vali(o'qi) bilan mexanik ulangan bo'ladi.

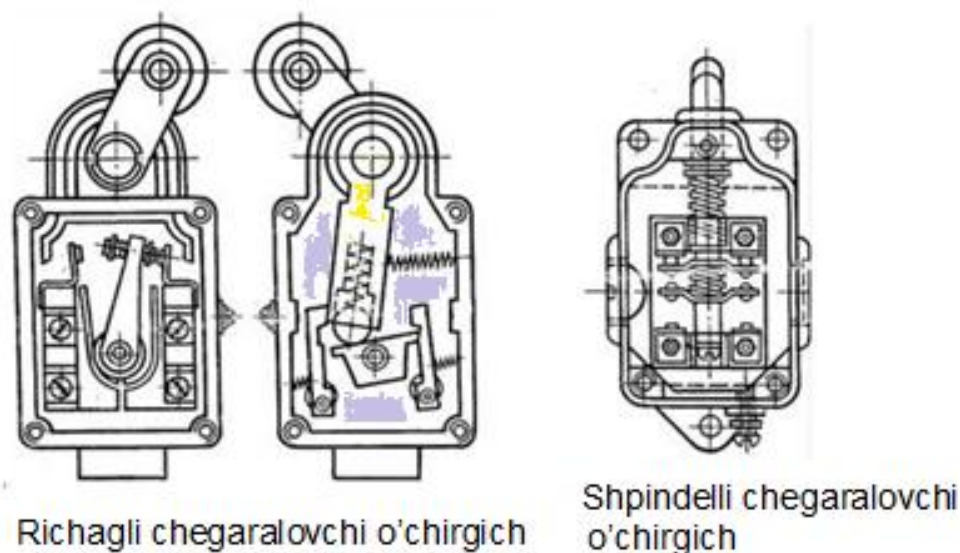
**Tezlikning impulsli induksion datchigi** – diskret datchik bo'lib hisoblanadi. Bunda dvigatel yoki ishchi mashinaning vali(o'qi)ga ulangan tishli disk (1) Disk tishlarining qarshisiga  $U_p$  – manbaga ulangan o'lchov chulg'amli (3) doimiy magnit (2) joylashtiriladi. Chulg'amdan olinayotgan kuchlanish kondensator (C) orqali (Y) kuchaytirgich kirishiga beriladi. Disk aylanganda uning tishlari bilan inductor orasidagi oraliq o'zgaradi va o'z navbatida bu magnit oqimining o'zgarishiga olib keladi(14.6-rasm.).



14.6 – rasm. Tezlikning impulsli induksion datchigi.

**Holat datchiklari** – ishchi mexanizm yoki dvigatel vali(o'qi) holatiga proporsional elektr signallarni olish uchun qo'llaniladi. Ushbu datchiklar analogli yoki raqamli bo'lishi mumkin. Bularga yo'l va chegaralovchi o'chirgichlarni, selsinlar, aylanuvchi transformatorlar, raqamli fotoelektrik datchiklar va boshqalarni misol qilish mumkin(14.7-rasm.).





14.7-rasm. Chegaralovchi o'chirgichlar.



14.8-rasm. Elektromagnit tormoz qurilmasi.

Elektromagnit tormoz qurilmalari - TKG-160 TKG-200 TKG-300 TKG-400 TKG-500 TKG-600 TKG-700 TKG-800 tormoz qurilmalari.

Bunday qurilmalar asosan ko'tarib-tushirish mashinalarida tormozlab to'xtatish yoki yuritma ishlamay turganda tormozda tutib turish maqsadlarida qo'llaniladi. Elektr yuritma rusumiga qarab quyidagi shartli belgilar qo'llaniladi: TKT- MQ seriyadagi o'zgaruvchan tok elektromagnitli; TKP - MP seriyadagi o'zgarmas tok elektromagnitli; TKG - TE seriyadagi elektrogidravlik turtkichli.

TKG - tormoz qurilmalari yuritma va mexanik qismdan iborat. Ishlamayotgan yuritmada richag tizimidagi siqilgan prujina kolodkalarni tormoz shkivi yuzasiga qattiq bosib tormoz rejimini ta'minlab



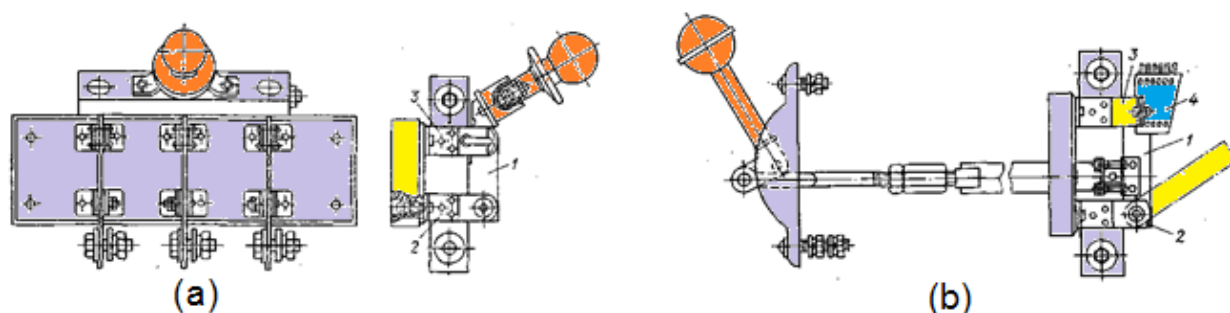
turadi. Yuritma ishga tushganda esa prujina ta'siridan richaglar ajralib kolodkalarni bo'shatadi va shkivni tormoz rejimidan chiqaradi.

## 14.2 Rubilniklar va qayta ulagichlar.

Ikki (ulangan, uzilgan) holatga qo'lda harakatlantiriladigan noavtomatik uzgich rubilnik deb ataladi (14.9-rasm, a). Ikkita turli zanjirlarga navbati bilan ulash uchun xizmat qiladigan rubilnik pereklyuchatel deb yuritiladi. Rubilnik va pereklyuchatellar 500 V gacha bo'lgan nominal kuchlanishga bir, ikki va uch qutbli qilib ishlab chiqariladi. Yoy so'ndiruvchi qurilmasi bo'lmagan rubilniklar toksiz zanjirlarni uzish va ochiq uzilishlar hosil qilishga mo'ljallangan. Yoy so'ndiruvchi qurilmali rubilniklar  $I_{nom}$  gacha bo'lgan tokni uzish imkoniga ega (14.9-rasm.).

Uch qutbli yoki bir qutbli tipdagi markaziy dastaki rubilnik va qayta ulagichlar 100-600 A toklar uchun ishlab chiqariladi. Rubilnikning hamma detallari izolyatsion plitaga o'rnatiladi.

O'tkazgichlar oldi yoki orqa tomonidan ulanishi mumkin. Bunday rubilnik va pereklyuchatellar bilan tokni uzishga ruxsat etilmaydi, chunki hosil bo'ladigan yoy qisqa tutashuvga olib kelishi yoki ishlayotgan xodimni kuydirishi mumkin.



Bu erda – 1-pichoq; 2-qo'zg'almas kontaktlarning sharniri stoykasi; 4-yoy so'ndirgich

14.9-rasm. Rubilniklar: (a) – markaziy dastakli (P-rusumli); (b) – richag yuritkali (RPS) rusumli; Richag bilan harakatlantiriladigan rubilnik va pereklyuchatellar (14.9-rasm, b) ikki tomondan xizmat ko'rsatiladigan shchitlarda keng qo'llaniladi. Bunday rubilniklar yoy so'ndiruvchi panjarali kamera 4 ga ega. Yuritma markaziy (RPS, PPS) yoki yon tomondan (RPB, PPB) bo'lishi mumkin. Nominal toklar katta bo'lganda rubilniklar bir necha parallel pichoqlarga ega bo'ladi.

Rubilnikning harakatchan pichog'i bilan kontaktli stoykasi orasida yaxshi kontaktni ta'minlash muhim ahamiyatga ega. Hozirgi paytda kichik o'tish qarshiligini ta'minlovchi chiziqli kontakt qo'llaniladi. Detallarning o'zini prujinalanish xossasi va maxsus po'lat prujinalar hisobiga kontaktida siqish ta'minlanadi. Rubilniklar yoy so'ndiruvchi kontaktlar yoki bir onda kesadigan pichoqlar bilan ta'minlangan bo'lishi

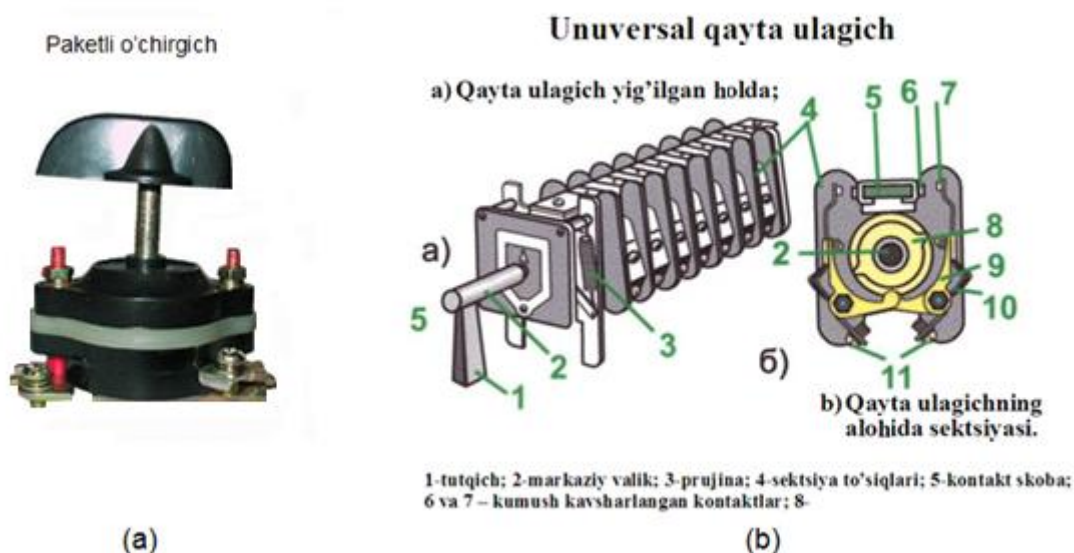
mumkin. Bunday rubilniklarni uzganda avval bosh kontaktlar ajraydi, lekin ular orasida yoy hosil bo'lmaydi, chunki tok yoy so'ndiruvchi kontakt orqali o'tadi. So'ngra yoy so'ndiruvchi kontaktlar yoki bir onda kesadigan pichoqlar ajratiladi. Bir onda uzish quyidagicha bajariladi: bosh pichoq bilan parallel holda ikkinchi bosh prujina bilan bog'langan bir onda kesadigan pichoq ulanadi. Uzishda avval kontakt stoykadan bosh pichoq chiqadi, u prujinani tortadi, prujina o'z navbatida bir onda kesadigan pichoqni uzadi.

Yoy so'ndiruvchi kamera bilan jihozlangan o'zgarmas tokning 220 V va o'zgaruvchan tokning 380 V ga mo'ljallangan rubilniklari  $I_{nom}$  gacha bo'lgan toklarni uza oladi, kamerasizlari tegishlicha 0,2 va  $0,3 I_{nom}$  ni uzadi.

O'zgarmas tokning 440 V va o'zgaruvchan tokning 500 V ga mo'ljallangan kamerali rubilniklari  $0,5 I_{nom}$  tokni uza oladi, kamerasiz yuklama tokini uzish ruxsat etilmaydi.

Paketli va kulachokli qayta ulagichlar bir vaqtning o'zida bir necha elektr zanjirlarida murakkab qayta ulashlar uchun, masalan, boshqarish, o'lchash va shunga o'xshash zanjirlarda xizmat qiladi. Dastakni  $45^\circ$  ga burib zanjirlar qayta ulanadi. Nol holatiga o'zi qaytadigan bir yoki bir necha holatlarni ushlab turadigan konstruksiyalar mavjud. Bunday qayta ulagichdagi kontaktlar soni 2 dan 32 gacha bo'lishi mumkin(14.9-rasm. (a)).

Paketli o'chirgichlar asosan yoritish, boshqarish va signal beruvchi zanjirlar kommutatsiyasida qo'llaniladi(14.10-rasm. (b)).



14.10- rasm. Paketli o'chirgich (a) va unuversal qayta ulagich (b).

### 14.3 Avtomat o'chirgichlar.

Hozirda hech bir elektr sxemani avtomat o'chirgichlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Elektr qurilmalarda eng keng qo'llaniladigan avtomat o'chirgichlarga misollr quyida keltirilgan(14.11-rasm.).



14.11-rasm. Elektr qurilmalarda eng keng qo'llaniladigan avtomat o'chirgichlar.

Differentsial tok (farqlanish toki) tasirida tez ishga tushuvchi himoya o'chirgichi. Inson beixtiyor elektr jihozlarining tok o'tkazuvchi qismlariga tegib ketganda elektr tokidan himoyani ta'minlaydi.

Avtomatik o'chirgichlari normal bo'lmagan rejimda ishlayotgan elektr zanjirlarni avtomatik ajratish va normal ish rejimlarida, kam hollarda operativ qayta ulash uchun xizmat qiladi.

Avtomatik uzgichlarida yoini so'ndirish uchun maxsus muhit qo'llanilmaydi.

Qutblar soniga qarab avtomatlar bir, ikki va uch qutbli bo'ladi.

Ishlab ketish vaqti  $t_{sr}$  bo'yicha, ya'ni tekshiriladigan parametr (tok, kuchlanish, harorat) belgilangan qiymat (avtomatning qurilmasi) dan ortish momentidagi vaqtdan kontaktlarning ajrash momentigacha bo'lgan vaqtga qarab quyidagilarga bo'linadi: normal avtomatlar  $t_{sr}=0,02-0,1$  s; ushlash vaqtini /s gacha rostlovchi selektiv avtomatlar; tez ta'sir qiluvchi avtomatlar  $t_{sr} \leq 0,005$  s.

Avtomatlarni turli ushlash vaqti  $t_1 < t_2 < t_3$  ga o'rnatish yo'li bilan, selektiv avtomatlar tarmoqlarni selektiv muhofazalash imkonini beradi.

Tez ta'sir qiluvchi avtomatlar tarmoqdagi toklarni cheklash imkonini beradi, chunki ular zanjirni tarmoqdagi q.t. toki  $i_0$  miqdorga etmasdan oldinroq uzadi.

Avtomatlar kuchlanishi o'zgaruvchan tokda 660 V gacha va o'zgarmas tokda 440 V gacha bo'lganda 6000 A gacha toklar uchun mo'ljallab ishlab chiqariladi.

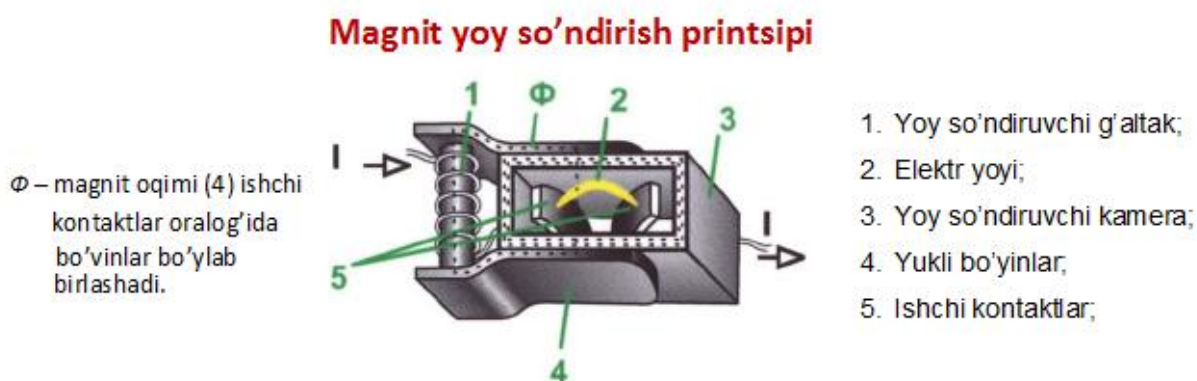
Avtomatlarning uzish qobiliyati 200-300 kA gacha etadi.

Har qanday avtomatda quyidagi asosiy elementlarni ajratib ko'rsatish mumkin: yoy so'ndiruvchi tizimli kontaktlar; yuritma; erkin ajratish mexanizmi; ajratkichlar; yordamchi kontaktlar.

Avtomatlarning *kontaktlari* uzoq vaqt qizimasdan nominal toklarni o'tkazishi va q.t. toklarini uzishda yoy ta'siriga chidashi kerak. Birinchi shartga muvofiq, kontaktlarni o'tish qarshiligi uncha katta bo'lmagan solishtirma qarshiligi kichik materialdan, ikkinchi shart bo'yicha esa yoy ta'siriga chidaydigan materialdan tayyorlash kerak. Ikkala talabni bir vaqtning o'zida bajarish mumkin bo'lmaganligi uchun ikki juft - bosh va yoy so'ndiruvchi kontaktlar qo'llaniladi. Normal rejimda tokning asosiy qismi mis, kumush yoki ularning qotishmasidan tayyorlangan bosh kontaktdan o'tadi. Uzilganda avval asosiy kontaktlar ajraydi, lekin zanjir uzilmaydi, chunki tokning hammasi yoy so'ndiruvchi kontaktlar zanjiriga o'tadi, so'ngra yoy so'ndiruvchi kontaktlar ajraydi va ularda elektr yoy ham so'nadi. Uziladigan toklar 30 kA dan oshmasa yoy so'ndiruvchi kontaktlar misdan, katta toklarda esa volframdan, uning qotishmasidan yoki metallokeramikadan tayyorlanadi. Bu kontaktlar konstruksiyasi bo'yicha oson almashtiriladigan qilib tayyorlanadi.

Uncha katta bo'lmagan toklarga mo'ljallangan avtomatlarda bir juft kontakt bo'ladi. O'tish qarshiligini kamaytirish uchun kontaktlarni siqish prujina orqali amalga oshiriladi. Q.t. toklari o'tganda kontaktlar orasidan kontaktlarni ajratish uchun harakat qiladigan elektrodinamik kuch hosil bo'ladi. Bu kuchni kompensatsiyalash uchun shinkalar sirtmoq ko'rinishida bukilgan, shuning uchun shinkadagi toklarning yo'nalishi turlicha bo'ladi, bu hol kontaktlarni birbiriga siquvchi elektrodinamik kuch hosil qiladi.

Avtomatning *yoy so'ndiruvchi tizimi* avtomatni o'chirishda hosil bo'ladigan yoyni so'ndirish uchun xizmat qiladi. Po'lat plastinkali (uzun yoyni qisqa yoylarga bo'lish samarasi) yoy so'ndiruvchi kameralar keng qo'llaniladi. Uziladigan tok katta bo'lganida yoyni tor tirqishda so'ndirish samarasidan foydalanishga asoslangan bo'ylama-tirqishli va labirint-tirqishli kameralar ishlatiladn. Yoyni kameraga tortish magnitli puflash bilan amalga oshiriladi. Kamera materiali yuqori yoy turg'unligiga ega bo'lishi kerak(14.12-rasm.).



14.12-rasm. Magnit yoy so'ndirgichning umumiy ko'rinishi.

Erkin ajratish mexanizmi avtomatni vaqtning istalgan momentida o'chirishni ta'minlaydi, shuningdek, yoqish jarayonida ham o'chirish lozim bo'lsa, uni amalga oshiradi. U sharnirli bog'langan

richaglar hamda tayanchlardan iborat. Ulash paytida harakat dastadan richaglar orqali kontaktli richagga uzatiladi, bu richag avval yoy so'ndiruvchini, so'ngra esa bosh-kontaktlarni tutashtiradi. Avtomat ulanganda, richaglar «o'lik» holatga o'tadi, tayanch ularning pastga harakatlanishiga yo'l qo'ymaydi. Agar ulash vaqtida qisqa tutashuv mavjud bo'lsa, unda ajratkich ta'sirida mexanik bog'lanish richaglarni sharnirli birikma bo'yicha «sindiradi» va uzuvchi prujina ta'sirida kontakt tizim chapga suriladi, dasta orqali ulanishga kuch berilishiga qaramay, bu tizimda o'chirilish amalga oshadi.

Issiqlik relesi - bu elektromagnit yoki bimetall mexanizmlar bo'lib, ular zanjirning berilgan parametrini nazorat qiladi va parametr belgilangan qiymatidan oshib ketganda avtomatni o'chiradi. Bimetall (issiqlik) ajratkich tarmoqqa shunt orqali ulangan qizdirgichdan issiqlik oladi. Turli chiziqli keygayishi koeffitsientlariga ega bo'lgan ikki metall dan tashkil topgan bimetall plastinka qiziganda egilib, erkin ajratish mexanizmi richagini sindiruvchi tortqiga kuch beradi. Issiqlik ajratkich yordamida o'tayuklanishdan muhofaza qilinadi. Ishlab ketish vaqti o'tayuklanish tokiga bog'liq: tok qancha katta bo'lsa, bimetall plastinka shuncha tez qiziydi va uzish tezroq amalga oshadi. Issiqlik inertsiyasi katta bo'lganligi sababli issiqlik ajratkichlar elektr dvigatellarning ishga tushiruvchi toklari ta'sirini sezmaydi.



14.13-rasm. Issiqlik relesining umumiy ko'rinishi.

Issiqlik relesi – barcha elektr jihozlar(elektr dvigatellar, elektr isitgichlar va h.k.) ni o'ta yuklanish tokidan himoya qilishga mo'ljallangan. Uning ishlash tamoyili o'tkazgichdan tok o'tganda uning qizishiga asoslangan. Issiqlik relesini asosiy qismi bu bimetall plastina bo'lib undan o'ziga hisoblangandan yuqori qiymatda tok oqib o'tganda egilib tegishli kontakti ajratib qo'yadi.

#### **14.4 Saqlagichlar.**

Elektr zanjirda qisqa tutashuv yoki o'tayuklanish bo'lsa uni avtomatik ravishda bir marta uzish uchun xizmat qiladigan apparat saqlagich deb ataladi. Zanjirni saqlagich vositasida uzish eruvchan

quymaning erishi orqali sodir bo'ladi, bu eruvchan quyma o'zidan muhofazalanmagan zanjirning toki o'tganda qizib eriydi. Zanjir uzilgandan so'ng eruvchan quyma almashtiriladi.

Konstruktsiyasining soddaligi va arzonligi sababli eruvchan saqlagichlar sanoat elektr qurilmalarida, elektr stansiyalar va podstansiyalarda, turmushda keng qo'llaniladi. Saqlagichlar turli konstruktsiyalarga ega bo'lishi mumkin va milliamperdan minglab amperlargacha toklarga mo'ljallanadi. Hamma saqlagichlarda asosiy elementlar bo'lib: korpus, eruvchan quyma, kontakt qism, yoy so'ndiruvchi qurilma yoki yoy so'ndiruvchi muhit hisoblanadi.

Saqlagichlar eruvchan qo'ymaning nominal toki bilan, ya'ni eruvchan qo'yma uzoq ishlashi uchun hisoblangan tok bilan xarakterlanadi. Saqlagichning birgina korpusiga turli nominal toklarga mo'ljallangan eruvchan qo'ymalar o'rnatilishi mumkin, shuning uchun ayni saqlagich saqlagichning nominal toki bilan xarakterlanib, u mana shu konstruktsiyadagi saqlagich uchun mo'ljallangan eruvchan qo'ymalarning nominal toklari ichida eng kattasiga teng. Normal rejimda yuklama toki ta'sirida eruvchan qo'ymadan ajrayotgan issiqlik atrof-muhitga tarqaladi va saqlagichning hamma qismlarining tempera-turasi ruxsat etilgandan oshmaydi. O'tayuklanish va qisqa tutashuvlarda qo'yma harorati ortib, uning erishiga olib keladi. Demak, tok qancha katta bo'lsa, qo'ymaning erish vaqti shuncha kichik bo'ladi. Erish (ishlay boshlash) vaqtining tokka bog'liqligi saqlagichning vaqt-tok tavsifi deb yuritiladi.

Saqlagich ishlay boshlashidagi tok—*chegara tok*— $I_{\text{cheg}}$  deb yuritiladi. Tekshirishlarda saqlagich qo'ymasining erish vaqti 1 soatdan oshgandagi tok—chegara tok deb qabul qilinadi. Eruvchan qo'ymaning nominal toki shunday tanlanadiki, bunda normal rejimda va qisqa ruxsat etiladigan o'tayuklanishlarda uzish sodir bo'lmay, balki uzoq o'tayuklanishlarda va q.t. da zanjir mumkin qadar tez uzilishi lozim.

Saqlagichlar ishining selektivligini ta'minlash muhim ahamiyatga ega. Dvigatelda shikastlanish bo'lganda q.t. toki uchta saqlagich orqali ketma-ket o'tadi, lekin hammadan oldin shikastlangan joyga yaqin bo'lgan saqlagich qo'ymasi erib ketishi kerak. Uzish vaqti avtomatning muhofaza tavsifiga o'xshash, saqlagich tavsifi bo'yicha aniqlanadi. Tavsif eruvchan quymaning materiali, uning kesimi, sovish sharoitlari va boshqa omillarga bog'liq.

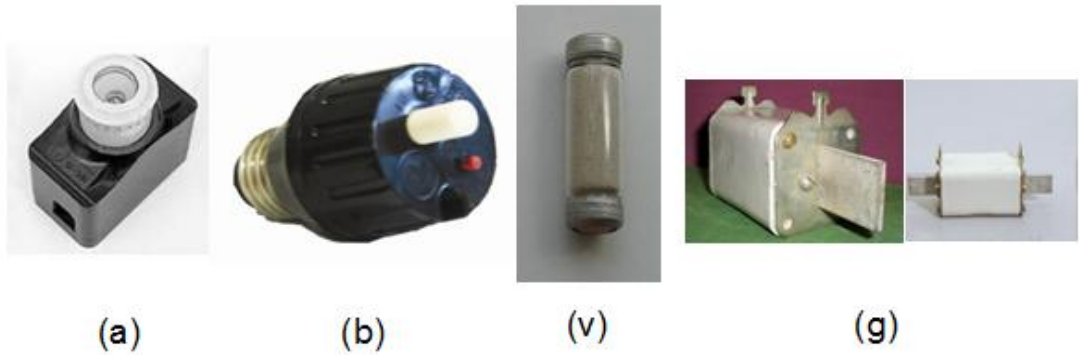
Eruvchan quyma-saqlagichning asosiy elementi bo'lib, mis, rux, qo'rg'oshin va kumushdan tayyorlanishi mumkin. Rux va qo'rg'oshinning erish harorati kichik (tegishlicha 419 va 327°C). Rux korroziyaga chidamli, shuning uchun eruvchan qo'ymaning kesimi ishlatish vaqtida o'zgarmaydi, tavsifi doimiy qoladi. Biroq mustahkam oksid plyonka tufayli qo'yma eriganda buzilmaydi, suyuq metall plyonka

ichida saqlanadi. Bu esa  $I_{\text{cheg}}$  ning keng chegaralarda o'zgarishiga olib keladi. Rux va qo'rg'oshinning solishtirma qarshiligi katta, shuning uchun ulardan tayyorlangan eruvchan qo'ymalar katta kesimga ega. Bunday qo'ymalarni saqlagichlarda to'ldirgichlarsiz ishlatish mumkin. Rux va qo'rg'oshindan qilingan qo'ymali saqlagichlar o'ta yuklanishda katta tutib turish vaqtiga ega.

Mis va kumush kichik solishtirma qarshilikka ega bo'lib, qo'ymaning kesimi katta emas, bu ularning tez ishlab ketishini ta'minlaydi. Bunday qo'ymalar eriydigan metallning hajmini kamaytirish muhim bo'lgan to'ldirgichli saqlagichlarda qo'llaniladi. Ishlatish jarayonida oksidlanishni kamaytirish uchun, odatda, ustiga qalay suvi yuritilgan mis qo'ymalar qo'llaniladi. Kumush qo'ymalar oksidlanmaydi va ularning tavsiflari turg'un, lekin qimmat bo'lganligi uchun, bunday qo'ymalar faqat ayrim muhim hollardagina qo'llaniladi. Misning erish harorati  $1080^{\circ}\text{C}$  bo'lgani uchun chegara toklarida saqlagichning hamma elementlarining harorati ancha katta bo'ladi. Yuqori haroratlar hosil bo'lishiga yo'l qo'ymasdan saqlagichning tez ishlab ketishini ta'minlash uchun metallurgiya samarasi deb ataladigan usuldan foydalaniladi. Bu oson eriydigan suyuq metallda qiyin eriydigan metallni eritish hodisasidir. Agar, masalan, diametri 0,25 mm li mis simga erish harorati  $182^{\circ}\text{C}$  bo'lgan qalay-qo'rg'oshin qotishmadan tayyorlangan sharchalar kavsharlansa, bu holda sim harorati  $650^{\circ}\text{C}$  ga etganda u 4 daqiqa ichida eriydi,  $350^{\circ}\text{C}$  da esa 40 daqiqa ichida eriydi. Xuddi shu sim erituvchisiz  $1000^{\circ}\text{C}$  dan past bo'lmagan haroratda eriydi. Odatda, mis va kumush qo'ymalarida metallurgiya effektni(samarasini) hosil qilish uchun ancha turg'un xossalarga ega bo'lgan toza qalay qo'llaniladi. Normal ish rejimida qalayli sharcha saqlagich ishiga ta'sir etmaydi.

Qo'yma erigandan so'ng elektr yoy hosil bo'lib, uni mumkin qadar tez o'chirish lozim. Saqlagichlarda yoyni so'ndirish uchun tor tirqish, gazlarning yuqori bosimi, puflash samarasidan foydalaniladi. Hech qanday shikastlanish yoki deformatsiya sodir bo'lmasdan saqlagich uzishi mumkin bo'lgan eng katta tok uzishning chegara, toki deb yuritiladi.

Elektr qurilmalarda eng keng tarqalgan saqlagichlarning konstruksiyalarini ko'rib chiqamiz(14.14-rasm.).



14.14-rasm. Elektr qurilmalarda eng keng qo'llaniladigan saqlagichlar

E-27 rezbali saqlagichlarni 6,3; 10; 16; 20 va 25 A tok kuchlariga hisoblangan eruvchan saqlagichli 380 V gacha kuchlanishga mo'ljallab tayyorlanadi.

- rezbali saqlagichlardan asosan yoritish tarmoqlarida o'ta yuklanish va qisqa tutashuv toklaridan himoya qilish maqsadlarida foydalaniladi. (a) (b)

- PNP (to'ldiriluvchi ochilmaydigan) saqlagichlar 500 V gacha kuchlanish va 6,3 dan 63 A gacha toklarga mo'ljallab tayyorlanadi. (v)

- PN-2 (to'ldiriluvchi ochiluvchi) saqlagichlar 500 V gacha kuchlanish va 6,3 dan 63 A gacha toklarga mo'ljallab tayyorlanadi. (g)

Eruvchan saqlagichlar zanjirning qismlarini o'ta yuklanish va qisqa tutashuv toklaridan himoya qilib, bir martali va eruvchan qismi alishtiriladiganlarga ajratiladi. 1 kV gacha kuchlanishga mo'ljallangan saqlagichlar ham bor.

#### Nazorat savollari

1. Boshqaruv apparatlari asosan qanday elementlarni o'z tarkibiga oladi?
2. Magnitli ishga tushirgichning asosiy elementlarini sanab bering?
3. Kontaktorlar qanday maqsadlar uchun xizmat qiladi?
4. Vaqt relelarining qanday turlari bo'ladi?
5. Holat (chegaralivchi) datchiklariga misollar keltiring?
6. Rubilniklarga ta'rif bering?
7. Qayta ulagichlarga ta'rif bering?
8. Avtomatik uzgichlarida yoy so'ndirishning vazifasi nima?
9. Issiqlik relesi qanday ishlaydi?
10. Eruvchan qo'yma-saqlagichning asosiy elementi qanday materiallardan tayyorlanadi?



## **ELEKTR YURITMA ASOSLARI**

Reja:

- 15.1. “Elektr yuritma” to‘g‘risida tushuncha. Elektr yuritmaning tasniflanishi(klassifikatsiyalanishi).
- 15.2. Elektr yuritma mexanikasi. Elektr yuritmaning asosiy harakat tenglamasi.
- 15.3. Turli texnologik jarayonlarda qo‘llaniladigan ish mashinalarining mexanik tavsiflari.
- 15.4. Elektr yuritmalarning ish rejimlari.
  - 15.4.1. Uzoq, qisqa va qaytalanuvchi – qisqa ish rejimlari;
  - 15.4.2. O‘tkinchi jarayonlar.
  - 15.4.3. Elektr yuritmalarni tormozlash usullari.

### **15.1. “Elektr yuritma” to‘g‘risida tushuncha. Elektr yuritmaning tasniflanishi(klassifikatsiyalanishi).**

**“Elektr yuritma” to‘g‘risida tushuncha.** Suv va bug‘ turbinalari hamda shamol, ichki yonuv va elektr motorlari bilan harakatlanuvchi yuritmalar mexanik yuritmalar deb ataladi. Mexanik yuritmalardan eng afzali elektr motorli yuritma bo‘lgani uchun statsionar ish mashinasi va mexanizmlarining asosiy yuritmasi sifatida elektr motorli yuritmadan foydalaniladi. Elektr motorli yuritma qisqacha elektr yuritma deb ataladi.

Elektr yuritma texnologik mexanizmlarni ishchi organini harakatga keltirish uchun xizmat qiladi. Elektr yuritma deb elektr motor, uzatuvchi mexanizm va ishchi organdan iborat umumlashgan qurilmaga aytiladi. Avtomatlashgan elektr yuritma tarkibiga yana elektr energiya o‘zgartkichi, datchiklar va elektr yuritmani boshqarish tizimi kiradi. Bundan tashqari elektr yuritma tarkibiga aniqlik va tezlikni oshiradigan kushimcha elementlar kiritilishi mumkin. Masalan, EHM, raqamli datchiklar, muvofiqlashtiruvchi elementlar qo‘llanilishi mumkin.

Elektr yuritma bilan elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantirib, bu mexanik harakatni elektr usulda boshqarish imkoni olinadi. Demak, elektr yuritma asosan elektr motori, uzatma va motorni boshqaruvchi elektr jihozlardan iborat bo‘ladi.

Respublikamiz suv xo‘jaligi tizimida hozirgi kunda ko‘plab nasos stansiyalari va vertikal quduqlardagi nasos agregatlari ishlab turibdi. Ular yordamida 2100 ming gektardan ziyod maydonlar sug‘oriladi.

Ishlab chiqarishning energetik asosini elektr yuritma tashkil qilib, uning texnikaviy darajasi texnologik qurilma samaradorligini belgilaydi. Elektr yuritmaning taraqqiyoti, motorlar, uskuna-jihozlar, o'zgartgichlar, analog va raqamli boshqaruv vositalarini yanada takomillashtirish hisobiga uning tejamliligi va ishonchliligini orttirishni taqozo etadi. Hozirda ushbu jarayonda, mikroprotessorlarning ko'plab qo'llanilishi, elektr yuritmalarning funktsional imkoniyatlarini sezilarli kengaytiradi va uning texnikaviy hamda iqtisodiy tavsiflarini yaxshilaydi. Elektr yuritma bajarayotgan funktsiyalarining kengayishi va murakkablashishi, unda boshqarishning yangi vositalarini qo'llanilishi, uning loyihalashtirish, yig'ish, sozlash va ishlatish bilan mashg'ul bo'lgan mutaxassislar tayyorlashning yuqori darajasini talab qiladi.

Har bir takomillashgan mashina uchta asosiy qismdan, ya'ni motor-mashina, uzatma va ish quroli - mashinadan iborat bo'ladi. Bunday takomillashgan mashina ishlab chiqarish agregati deb, uning uchinchi qismi ish quroli - mashina esa ish mashinasi yoki ish mexanizmi deyiladi. ***Ish mashinasi yoki mexanizmini berilgan tezlik bilan harakatlantiruvchi motor, uzatma va ularni boshqaruvchi tizim birgalikda yuritma deb ataladi.***

Avtomatlashgan elektr yuritma tarkibiga yana elektr energiya o'zgartkichi, datchiklar va elektr yuritmani boshqarish tizimi kiradi. Bundan tashqari elektr yuritma tarkibiga aniqlik va tezlikni oshiradigan qo'shimcha elementlar kiritilishi mumkin. Masalan EHM, raqamli datchiklar, muvofiqlashtiruvchi elementlar qo'llanilishi mumkin [1.3].

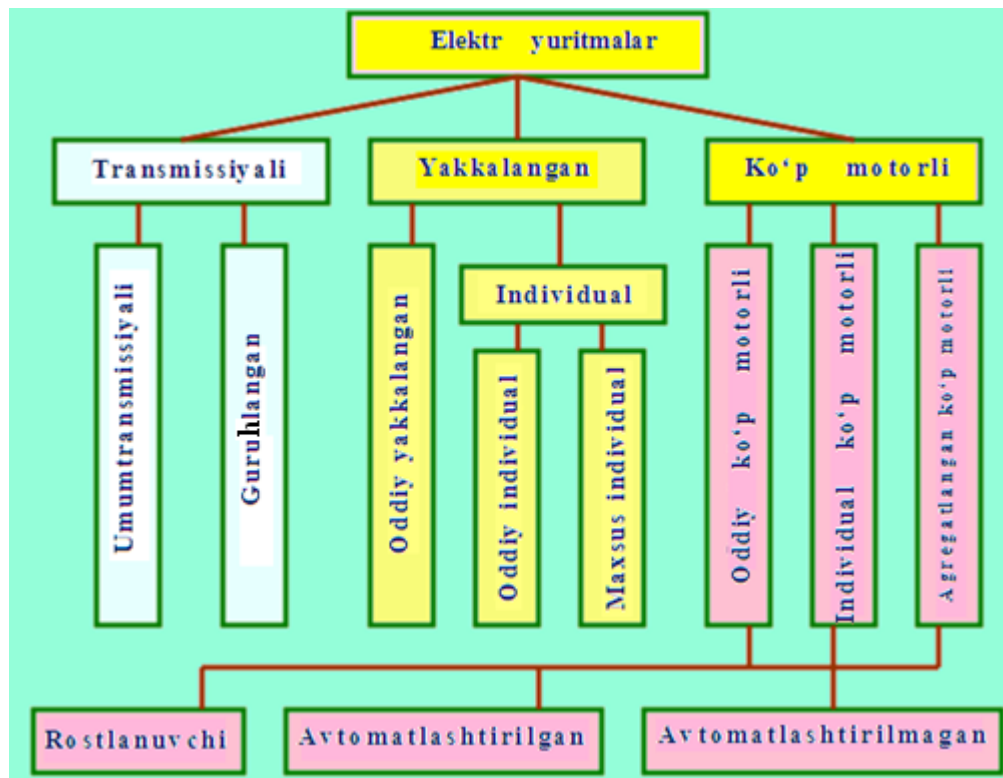
## **15.2 Elektr yuritma mexanikasi. Elektr yuritmaning asosiy harakat tenglamasi.**

Ishlab chiqarish agregatlaridagi elektr motorlarning soniga qarab elektr yuritmalar:

- transmissiyali;
- yakka motorli;
- ko'p motorli.

yuritmalarga bo'linadi.

Transmissiyali elektr yuritma o'z navbatida: umumtransmissiyali va guruhli, yakka motorli elektr yuritma esa oddiy va individual yakka motorli, ko'p motorli elektr yuritma ham oddiy va individual ko'p motorli yuritmalarga bo'linishi mumkin. Boshqarilish usuliga binoan elektr yuritmalar avtomatlashtirilgan va avtomatlashtirilmagan, texnologik talab hamda motor xususiyatlariga qarab esa rostlanadigan va rostlanmaydigan yuritmalarga bo'linadi (15.1- rasm.).



15.1.-rasm. Elektr yuritmalar klassifikatsiyasi(tasnifi) sxemasi.

**Transmissiyali elektr yuritmalar.** Motor harakatini po'lat arqon yoki tasmalar yordamida korxonada sexlaridagi bosh transmissiyaga uzatuvchi yuritma umumtransmissiyali elektr yuritma deb ataladi. Bosh transmissiyadagi harakat tasmalar bilan transmissiya bo'laklari yoki ish mashinalariga uzatiladi.

Elektr motor harakatini bir qancha ish mashinalariga uzatuvchi yuritmani guruhli elektr yuritma deb ataladi.

Guruhli elektr yuritma umumtransmissiyaliga nisbatan afzal bo'lishiga qaramay, bu yuritmada ham elektr energiyasining mexanik taqsimlanish imkonlaridan to'la foydalanilmaydi. Shu sababli hozirgi paytda transmissiyali elektr yuritmalardan deyarli foydalanilmaydi.

**Yakkalangan elektr yuritma.** Har bir ish mashinasidagi mexanizmning o'ziga tegishli alohida elektr motori bo'lgan yuritma *yakka motorli elektr yuritma* deb ataladi.

Elektr motori ish mashinasidan alohida yoki uning tuzilishiga o'zgartirishlar kiritmasdan o'rnatilgan yuritma oddiy yakka motorli elektr yuritma deb ataladi.

Bunday elektr yuritmada quvvat isrofi transmissiyaliga nisbatan ancha kam bo'lsa ham, ammo unda uzatish mexanizmining murakkabligi saqlanib qoladi.

Individual elektr yuritma bunday kamchiliklardan holi qilingan.

Individual elektr yuritmada elektr motori va ish mexanizmi konstruktiv jihatdan yaxlit va ishlash uchun qulay bo'lgan tashqi ko'rinishga ega bo'ladi. Individual elektr yuritmalar o'z navbatida oddiy va maxsus individual yuritmalarga bo'linadi.

Elektr motori bilan ish mexanizmi orasida ba'zi bir uzatma elementlari (tishli g'ildirak, mufta, krivoship, shatun va shu kabilar) saqlanib qolgan yuritma oddiy individual elektr yuritma deb ataladi.

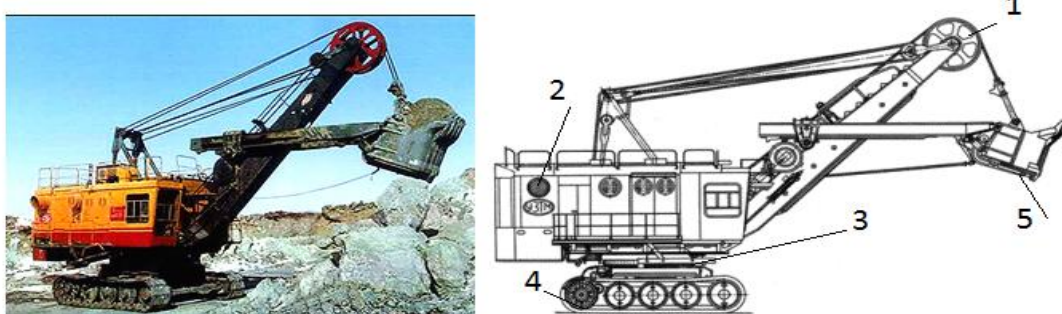
Elektr motori bilan ish mexanizmi orasida uzatish mexanizmi bo'lmagan va motorning ba'zi bir qismlari ish mexanizmining uzviy organi sifatida qo'llaniladigan yuritma maxsus individual elektr yuritma deb ataladi.

Shu sababli maxsus individual elektr yuritmalari shovqinsiz, engil, sodda konstruksiyali, ishlashga qulay, yuqori foydali ish koeffitsienti va avtomatlashtirish uchun katta imkonlarga ega bo'ladi.

Bunday elektr yuritmalarda elektr motorning ahamiyati ish mashinasining nomida ham o'z ifodasini topadi, ya'ni ularga "elektr" so'zi qo'shib yoziladi, masalan, elektr pardozagich, elektr shpindel, elektr urchuq va hokazo[1,3].

**Ko'p motorli elektr yuritmalar.** Murakkab ish mashinasining ayrim ish organlariga mexanik energiyani bir markazdan taqsimlash har tomonlama noqulaylik tug'dirib, undagi quvvat isrofining katta bo'lishiga olib keladi.

Murakkab stanoklar yoki mashinalarning har bir ish organi alohida elektr motori bilan harakatga keltirilsa, ularni avtomatlashtirish va ishga tushirish ancha engillashadi va qulaylashadi, uzatmaning konstruksiyasi esa soddalashadi. Irrigatsiya va melioratsiya ishlarida qo'llaniladigan EKG-5 ekskavatorining rekuperativ, datchiksiz, tranzistorli chastotali-rostlanuvchi elektr yuritmasi bunga misol bo'la oladi(15.2-rasm.).



15.2-rasm. EKG-5 ekskavatorining rekuperativ, datchiksiz, tranzistorli chastotali-rostlanuvchi elektr yuritmasi.

Ushbu yuritma EKG-5 ekskavatorining ko'tarish(1), bosim(2), platformani aylantirish(3), zanjirli gildirak(4) va kovsh(cho'mich)ning tagini ochish(5) yuritmalariga mo'ljallangan 5 ta o'zgarmas tok dvigatellarini qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatellarga alishtirishni ta'minlaydi. Bu o'z navbatida EKG-5 ekskavatorining elektr yuritmasi FIK ni 90% gacha, quvvat koeffitsientini esa 95% gacha orttirish imkonini yaratadi.

Elektr motorlari ish organidan alohida o'rnatilgan bo'lsa, bunday mashina yoki mexanizm yuritmalari oddiy ko'p motorli elektr yuritmalar deb ataladi. Elektr motorlari murakkab mashinaning ish organlariga bevosita o'rnatilsa, bunday yuritmani individual ko'p motorli elektr yuritma deb ataladi.

Bunday elektr yuritma maxsus stanoklarda, agregat va nusxa olish stanoklarida keng qo'llaniladi. Elektr motorlari sistemasiga ega bo'lgan bir necha ish mashinalarining kompleks ishlab chiqarishda o'zaro mos ishlashini ta'minlaydigan yuritmani agregatlangan ko'p motorli elektr yuritma deb ataladi.

Bunday elektr yuritmalar to'qimachilik, qog'oz ishlab chiqarish, bosmaxona mashinalari va stanoklarning avtomat liniyalarida keng qo'llaniladi.

Boshqarish apparatlari bilan avtomatik ravishda ishga tushiriladigan, to'xtatiladigan va berilgan chastota, tok yoki momentni o'zgartirmay saqlab turadigan yuritmani avtomatlashtirilgan elektr yuritma deb ataladi.

Texnologik talablarga binoan chastotasi keng miqyosda o'zgartiriladigan yuritma rostlanuvchi elektr yuritma deb ataladi. Avtomatlashtirilgan va rostlanuvchi elektr yuritmada yuqoridagi uch asosiy qismlardan tashqari o'zgartirgich deb ataladigan qism ham bo'lishi mumkin.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritma bilan texnologik jarayonni takomillashtirish, uning talablarini to'la qondirish, ish unumini ko'tarish, mahsulot sifatini yaxshilash, uning tannarxini pasaytirish imkonlari yaratiladi.

Funksional sxemalarda funksional birlik sifatida alohida qurilma olinadi va ularni ishlash tamoyili bilan bog'lab beriladi. Prinsipial sxemalarda esa elektr yuritmaning kuch va boshqaruv zanjiridagi elektr bog'lanishlar bir chiziqli elektr sxemada beriladi. Elektr sxemadagi elementlar (kontaktlar, kommutatsion apparatlar rele va h.k.) shartli belgilar orqali ko'rsatiladi.

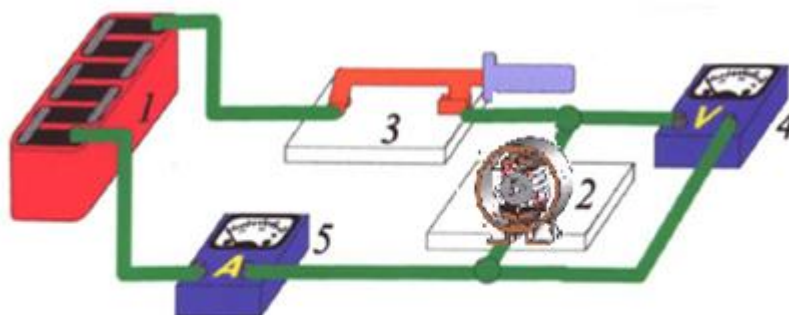
**Elektr yuritmalarning motor turiga qarab turlari.** Elektr yuritmalar motor turiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi:

- asinxron elektr yuritma;
- o'zgarmas tok elektr yuritmasi;
- sinxron elektr yuritma;
- chiziqli elektr yuritma.

Ba'zi elektr yuritmalar texnologik mashina turiga qarab tasniflanadi. Masalan: vibroelektriyuritma va shunga o'xshashlar.

**Funksional va printsipial sxemalar** -Elektr yuritma murakkab elektromexanik tizim bo'lib odatda ular elektr yuritma elementlaridan tashkil topadi. Elektr yuritma nazariyasida bu elementlar bajariladigan vazifasiga ko'ra tasniflanadi. Elektr yuritmalarni o'rganishda odatda tarkibiy (strukturaviy) sxemalardan foydalaniladi. Bunda har bir element alohida to'rtburchak shaklida va kirish hamda chiqish signallari bilan beriladi. Undan tashqari har bir elementning boshqa elementlar bilan boshlanishlari ko'rsatiladi. Har bir element odatda tarkibiy sxemalarda uzatish funksiyalari bilan yoki uzatish koeffitsientlari bilan xarakterlanadi.

Elektr yuritmalarni ishlash prinsiplari funksional va printsipial elektr sxemalarda ifodalanadi(15.3 va 15.4-rasmlar.).

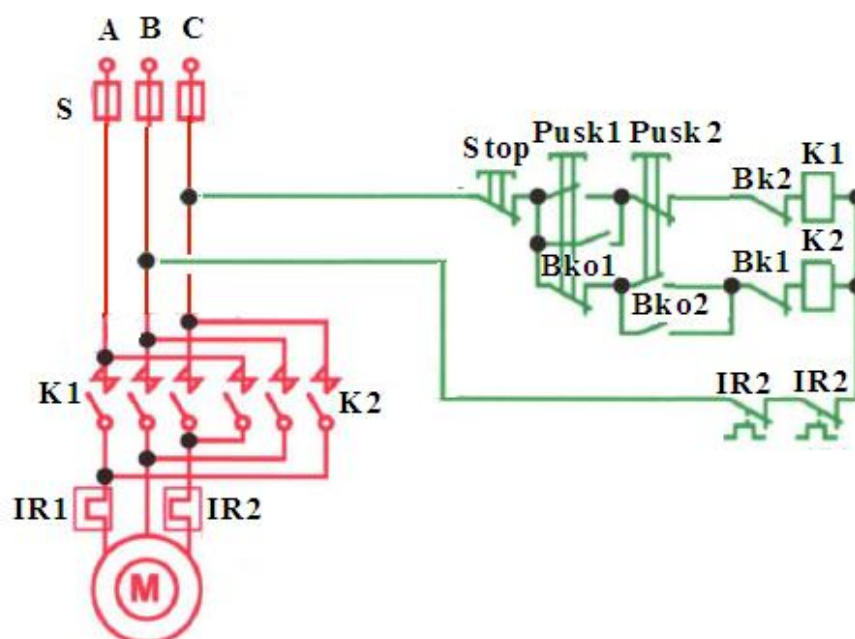


1. Akkumulyator 2. Elektr yuritma 3. Kalit  
4. Voltmetr 5. Ampermetr

15.3-rasm. Funksional sxemaga misol.

Funksional sxemalarda funksional birlik sifatida alohida qurilma olinadi va ularni ishlash tamoyili bilan bog'lab beriladi.

Printsipial sxemalarda esa elektr yuritmaning kuch va boshqaruv zanjiridagi elektr bog'lanishlar bir chiziqli elektr sxemada beriladi. Elektr sxemadagi elementlar (kontaktlar, kommutatsion apparatlar rele va h.k.) shartli belgilar orqali ko'rsatiladi.



15.4-rasm. Printsipial sxemaga misol.

**Elektr yuritma harakatni uzatilishiga qarab turlari.** Elektr yuritma harakatni uzatilishiga qarab quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. Transmissiyali, bunda harakat bir motordan bir necha ishchi mexanizmga uzatiladi.
2. Individual (yakka), bunda har bir ishchi organ alohida motorga (yuritmaga) ega bo'ladi.
3. O'zaro bog'langan (ko'p motorli), bunda elektr yuritma tizimi bir texnologik jarayonda yagona boshqarish tizimi orqali bir necha (o'nlab) motorlarni o'z ichiga oladi.

**Harakat turiga qarab elektr yuritma turlari.** Harakat turiga qarab elektr yuritma quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- a) aylanma,
- b) ilgarilanma bir yo'nalishli va reversiv,
- v) teskari-ilgarilanma bo'lishi mumkin.

Bu harakatlar diskret yoki uzluksiz bo'lishi mumkin.

**Elektr yuritma tezligi yoki holatini rostdash bo'yicha turlari.** Elektr yuritma tezligi yoki holatini rostdash bo'yicha quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- a) roslanmaydigan, bunda motor bir o'zgarmas tezlikda ishlaydi;
- b) rostlanadigan, bunda motor tezligi texnologik talab bo'yicha o'zgartirilib turiladi;
- v) taqlidiy, bunda motor tezligi shablon harakati bilan bir xil o'zgarishi ta'minlanadi;

g) dasturli boshqariladigan, bunda motor tezligi raqamli qurilma orqali dastur bo'yicha boshqariladi;

d) adaptiv (o'zi moslanuvchan), bunda motor tezligi muhitning o'zgarishiga qarab avtomatik rostlanadi;

e) pozitsion (vaziyatni rostlovchi), bunda motor tezligi ishchi organining vaziyatini rostlashini ta'minlaydi.

**Uzatish mexanizmining turiga ko'ra** - Uzatish mexanizmining turiga ko'ra reduktorli va reduktorsiz elektr yuritmalarga bo'linadi.

**Elektr yuritmalar avtomatlashtirish darajasi bo'yicha turlari.** Elektr yuritmalar avtomatlashtirish darajasi bo'yicha quyidagi guruhlariga bo'linadi:

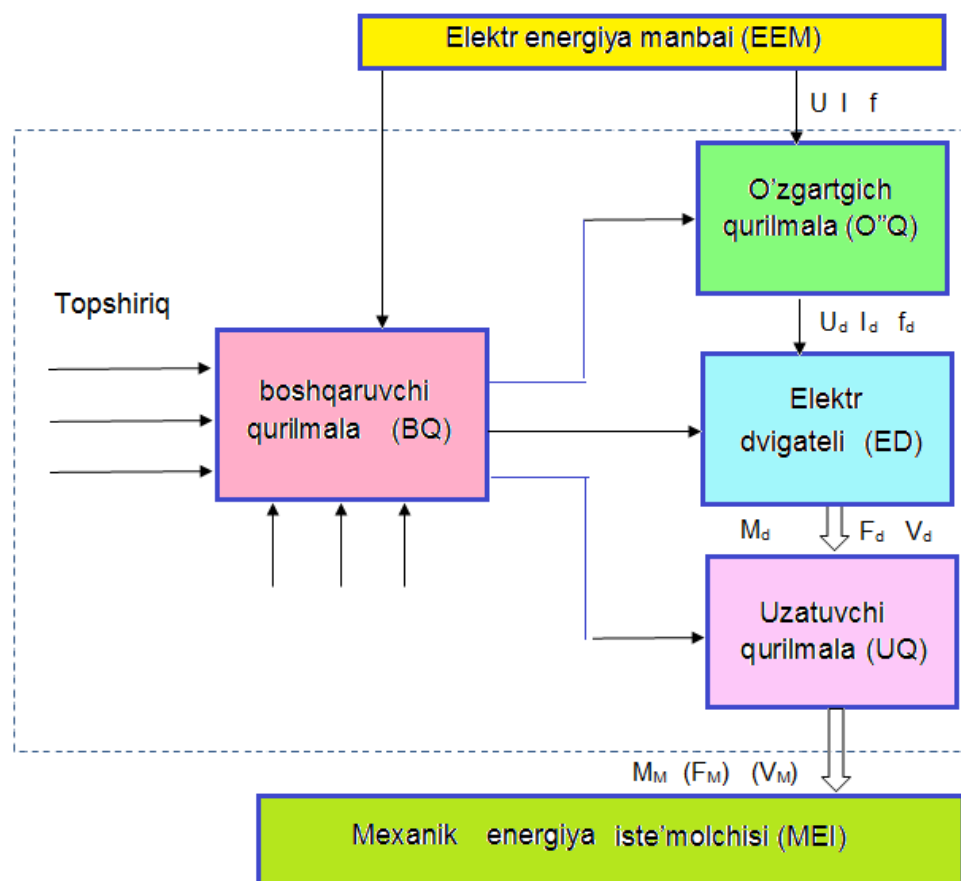
1. **Avtomatlashtirilmagan elektr yuritmalar** - bunda elektr yuritma to'la qo'lda (dastakli) boshqariladi. Hozirgi paytda bunday elektr yuritmalar kam uchraydi. Asosan kichik quvvatli sanoat yoki maishiy qurilmalar yuritmalari bunga misol bo'la oladi.

2. **Yarimavtomatlashtirilgan elektr yuritmalar** - bunday elektr yuritmalarni chiqish parametrlari rostlanadigan bo'lib boshqaruv operatsiyalarini bir qismini elektr yuritma, bir qismini esa inson tomonidan hosil qilinadi. Bu elektr yuritmalarda asosan avtomatik yurgizish, avtomatik tormozlash va tezlikni rostlash amalga oshiriladi.

3. **Avtomatlashgan elektr yuritmalar** - bu elektr yuritmalarda boshqaruv signali inson ishtirokisiz hosil qilinadi va boshqariladi. Bunday elektr yuritmalar sanoat robotlari va manipulyatorlarda qo'llaniladi

Avtomatlashgan elektr yuritmalar deb ishchi mashinalarning ijrochi organlarini harakatga keltirish maqsadida elektr dvigatel, o'zgartgich, uzatuvchi va boshqaruvchi qurilmalardan iborat elektromexanik tizimga aytiladi (15.5-rasm.).





15.5-rasm. Avtomatlashgan elektr yuritmaning funktsional sxemasi.

**Tok turiga ko'ra elektr yuritmalarni turlari** - tok turiga qarab elektr yuritmalar quyidagilarga bo'linadu:

- o'zgaruvchan;
- o'zgarmas.

**Elektr energiya o'zgartkichi turiga qarab** - elektr energiya o'zgartkichi turiga qarab tiristorli va elektr mashinali elektr yuritmalarga bo'linadi.

Tiristorli elektr yuritmalar keng tarqalgan rostdanadigan elektr yuritmalar bo'lib uning asosan quyidagi turlari mavjud:

1. Tiristorli o'zgartgich-o'zgarmas tok motori (TP-D). Bunda tiristorli o'zgartgich o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirib chiqish kuchlanishini noldan nominalgacha o'zgartiradi.

2. Tiristorli kuchlanish o'zgartgichi - asinxron motor (TPN-AD). Bunda tiristorli kuchlanish o'zgartgichi o'zgaruvchan tokni chiqish kuchlanishi o'zgaradigan o'zgaruvchan tokka aylantirib beradi. Tezligi rostdanadigan asinxron motorlarni ko'pchiligi ushbu elektr yuritma tizimida ishlaydi.

3. Tiristorli chastota o'zgartgichi-asinxron motor (TPCH-AD). Bu o'zgartgich sanoat chastotadagi o'zgaruvchan tokni chiqish kuchlanishi va chastotasi o'zgaradigan o'zgaruvchan tokka aylantirib beradi. Bu usul eng zamonaviy takomillashgan usul bo'lib oxirgi paytda keng tarqagan elektr yuritma turidan biridir.

4. O'zgarmas tok generatori-o'zgarmas tok motori (G-D). Bunda o'zgarmas tok generatori kuchlanishi uyg'otish tokini o'zgartirish orqali rostlanadi. Motor tezligi esa asosan yakor kuchlanishini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Bu elektr yuritmalar yaqin utmishda rostlanadigan elektr yuritmalarni asosini tashkil etar edi. Hozirgi paytda bu elektr yuritmalarni o'rniga chastotali boshqariladigan asinxron elektr yuritmalar keng qo'llanilmoqda[1,3].

### 15.2 Elektr yuritma mexanikasi. Elektr yuritmaning asosiy harakat tenglamasi.

Elektr yuritma harakati mexanika qonunlari asosida o'rganiladi. Elektr yuritmaning mexanik qismi:

- elektr motorning harakatlanuvchi qismi;
- uzatuvchi mexanizmlar;
- ishchi organni o'z ichiga oladi.

Elektr yuritma mexanikasining asosiy tenglamasi aylanuvchi jismlar uchun yozilgan Nyutonning ikkinchi qonuni hisoblanadi. Bu qonun quyidagicha yoziladi:

$$\sum M = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (15.1)$$

Bu yerda  $\sum M$  . aylantiruvchi moment;

J – aylanuvchan jismlarning inertsiya momenti;

$\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$  - aylanuvchi jismning tezlanishi.

Odatda (15.1) tenglamadagi momentlarni motor valiga keltiriladi.

Bu keltirish yuritmaning barcha nuqtalarda mexanik quvvatning tengligidan kelib chiqib amalga oshiriladi. Ilgarilanma harakat uchun:

$$M \cdot \omega = \frac{F \cdot v}{(\eta_1 \dots \eta_i)} = \frac{F \cdot \rho}{(\eta_1 \dots \eta_i)}; \quad (15.2)$$

Bu yerda  $F$  - ilgariylanma mexanik kuch;

$\varpi \cdot \nu$   
- ilgariylanma va aylanma harakat tezligi;

$\rho$   
- kinematik sxemaning keltirish radiusi;

$\eta$   
- oraliq bo'g'inlarning FKi.

Uzatuvchi mexanizmlarning uzatish koeffitsienti orqali ifodalasak (15.2) quyidagi ko'rinishga keladi:

Aylanuvchi jismlar uchun:

$$M \cdot \omega = \frac{M \cdot \varpi}{(\eta_1 \dots \eta_i)}; \quad M = \frac{M}{\eta} \quad (15.3)$$

Elementlar massalarining inertsiya momentlarini keltirish kinetic energiyalar tengligi asosida keltirib chiqariladi.

Masalan, aylanma va ilgariylanma harakatlanuvchi qismga ega bo'lgan yuritma inertsiya momentlari quyidagicha keltiriladi:

$$\frac{J \cdot \varpi^2}{2} = \frac{J_m \cdot \varpi^2}{2} + \frac{J_B \cdot \varpi^2}{2} + \frac{m \cdot \nu^2}{2}; \quad (15.4)$$

Bu yerdan:

$$J = J_m + \frac{J_B \cdot \varpi^2}{\varpi^2} + \frac{m \cdot \nu^2}{\varpi^2} = J_m + \frac{J_B \cdot \varpi^2}{\varpi^2} + m \cdot \rho^2; \quad (15.5)$$

Bu yerda  $J$  - keltirilgan inertsiya momenti;

$J_m$  va  $J_B$  - motorning va barabanning inertsiya momenti;

$m$  - yukning massasi;

Elektr yuritma harakatini ifodalari ko'riladigan masalalarga qarab bir necha xil bo'lishi mumkin.

Ko'pincha strukturaviy sxemalarga asoslangan uzatish funktsiyalari ko'rinishida yoki to'la differentsial tenglamalarga asoslangan dinamik matematik modellar keng qo'llaniladi.

Elektr yuritma asosan ikki qismdan iborat bo'ladi:

- Asosiy elektr energiya oqimi o'tuvchi kuch zanjiridan,

- Boshqaruv operatsiyalari bajariladigan boshqaruv zanjiridan.

Elektr yuritmaning kuch qismida elektr energiyasi texnologik mexanizmning talablariga muvofiq ravishda mexanik energiyasiga aylantiriladi.

Kuch qismi esa o'z navbatida elektr va mexanik qismlaridan iborat bo'ladi.

1. Elektr yuritmaning elektr qismiga:

Elektr energiya o'zgartgich kommutatsion apparatlar;

Elektr motorlar kiradi.

O'z navbatida elektr yuritma elektr qismining:

Kirish parametri – tarmoq kuchlanishi;

Chiqish parametri esa – elektromagnit moment bo'ladi.

2. Elektr yuritmaning mexanik qismiga:

- Elektr motorning mexanik qismi(aylanuvchan qism);
- Uzatuvchi mexanizmlar;
- Texnologik mexanizmning ishchi organi kiradi.

Texnologik mexanizmning ishchi organi asosan:

- Aylanma(turbomexanizmlar);
- Ilgarilanma-orqaga(to'quv dastgohlari, va h.k.);
- Ilgarilanma(lift, konveyer va h.k.);
- Murakkab ko'rinishda bo'lishi mumkin.

Elektr yuritmaning mexanik qismini asosan uzatish mexanizmlari tashkil etadi.

Bularga:

- Aylanish tezligi va yo'nalishini o'zgartiruvchi reduktorlar;
- Zanjirli, tasmali va ipli uzatmalar;
- Muftalar va shunga uxshashlar kiradi.

Ular harakati kinematic sxemalar orqali aniqlab beriladi. Bu sxemalar:

- Bir massali;
- Ko'p massali kinematik sxemalarga bo'linadi.

Real elektr yuritmalarning barchasi ko'p massali bo'lib ularni bir massali elektr yuritmaga keltirish elektr yuritma mexanikasining asosiy vazifasi hisoblanadi.

Elektr yuritma nazariyasida elektr motor bilan texnologik mexanizm qarshilik momenti orqali bog'langan.

Texnologik mexanizmning motor valiga ko'rsatuvchi ta'siri qarshilik momenti deb aytiladi. Texnologik mexanizm qarshilik momentini ishchi organ tezligiga bog'liqlik grafigiga texnologik mexanizmning mexanik xarakteristikasi deyiladi.

Qarshilik momentlari ikki xil bo'ladi:

- Reaktiv;
- Aktiv.

Aylanish tezligi yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lgan qarshilik momentlari reaktiv momentlar deyiladi. Bunday qarshilik momentlariga asosan ishqalanish kuchlaridan hosil bo'lgan qarshilik momentlari kiradi.

Harakat yo'nalishiga bog'liq bo'lmagan qarshilik momentlari aktiv qarshilik momentlari deb ataladi. Bu guruhga asosan potentsial kuchlar ta'sirida vujudga keladigan qarshilik momentlari kiradi. Ko'tarish-tushirish transport mexanizmlari, siqilgan prujina ta'sirida hosil bo'lgan momentlar ushbu guruhga misol bo'la oladi. Bu momentlar motor valini tormozlashi yoki aylantirishi mumkin.

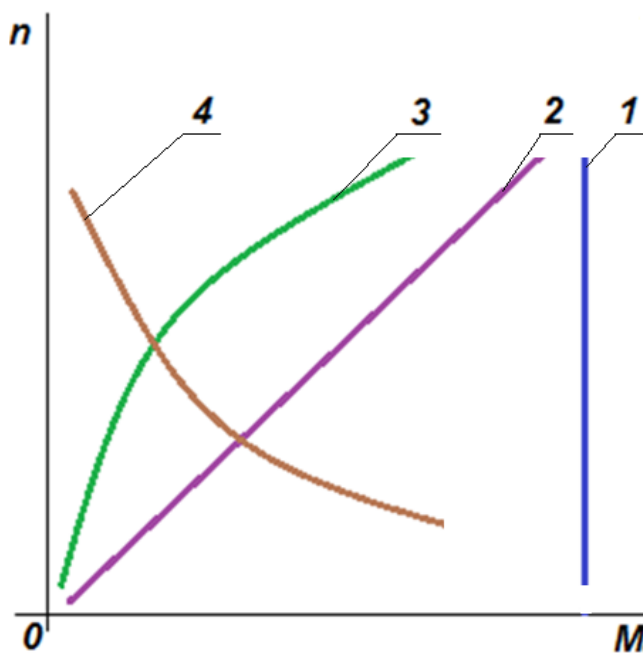
Qarshilik momentlari motor valiga keltirish formulalari orqali keltiriladi. Bunda tezligi o'zgaradigan har bir bo'g'inda uzatish koeffitsienti hisobga olingan holda birin-ketin ishchi mexanizmdan motor tomonga hisoblab kelinadi. Bundan tashqari har bir bo'g'indagi isroflar ish koeffitsientlari orqali hisobga olinadi[3].

### **15.3 Turli texnologik jarayonlarda qo'llaniladigan ish mashinalarining mexanik tavsiflari.**

Texnologik mexanizmlarning mexanik tavsiflari asosan 4 xil bo'ladi:

1. **Tezlikka bog'liq bo'lmagan mexanik tavsiflar.** Bunday mexanik tavsiflarga ko'tarma transport mexanizmlari ega bo'ladi. Bu mexanik tavsif chiziqi bo'lib parallel bo'ladi.  $X=0$  bo'lsa,  $M_C=M_{CH}=\text{const}$  bo'ladi. Bunda qarshilik momenti o'zgarmas bo'lib, chastotaga bog'liq bo'lmagan mexanik xarakteristika olinadi(15.6-rasm, 1-chiziq). Bunday mexanik tavsifga yuk ko'taruvchi kranlar, stanoklarning vint va chervyaklar bilan harakatlanuvchi qismlari ega bo'ladi. Haqiqatan, kran mexanizmining qarshilik momenti uning ilgagiga osilgan yuk og'irligi  $G$  va baraban radiusi  $D_b/2$  bilangina aniqlanadi, xolos, ya'ni  $M_C=G \cdot D_b/2$ .

2. **Chiziqli oshib boruvchi mexanik tavsif.** Bu mexanik tavsifga asosan ishqalanish kuchlari ta'sirida vujudga keladigan kuchlar kiradi. Bunda qarshilik momenti tezlikka propoportsional oshib boradi.  $X=1$  bo'lsa,  $M_c = M_{cd} + (M_{cn} + M_{cd})/\eta_n$  bo'ladi. Bunda qarshilik momenti chastotaga propoportsional bo'lgan mexanik tavsif olinadi (15.6-rasm, 2-chiziq). Bunday tavsifga mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatori va don tozalovchi qishloq xo'jalik mashinasi kabilar ega bo'ladi.
3. **Nochiziqli oshib boruvchi mexanik tavsiflar.** Bunga asosan turbomexanizmlarning qarshilik momentlari misol bo'la oladi. Ularda qarshilik momenti tezlikni kvadratiga yoki kubiga propoportsional o'zgaradi.  $X=2$  bo'lsa, qarshilik momenti chastotaning ikkinchi darajasiga propoportsional bo'ladi. Bunday mexanik tavsifga ventilyator, nasos, seperator kabi mexanizmlar ega bo'ladi (15.6-rasm, 3-chiziq).
4. **Nochiziqli kamayib boruvchi mexanik tavsif.** Bunday tavsifga ba'zi bir tokarlik, frezerlik va metall kesuvchi dastgohlar kiradi. Bunda tezlik kamayishi bilan qarshilik giperbola bo'yicha ortib boradi.  $X = -1$  bo'lsa, qarshilik momentining qiymati chastotaga teskari propoportsional ravishda o'zgaradi. Bunday mexanik tavsifga ko'pchilik transport mexanizmlari, metall qirquvchi stanoklar ega bo'ladi (15.6-rasm, 4-chiziq).

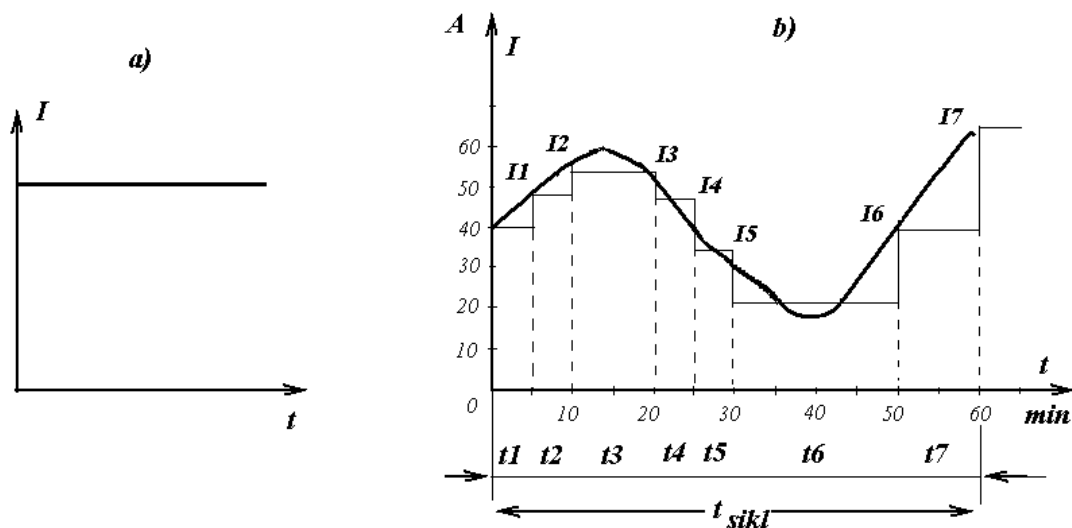


15.6-rasm. Elektr yuritmalarning mexanik tavsiflari.

## 15.4 Elektr yuritmalarning ish rejimlari.

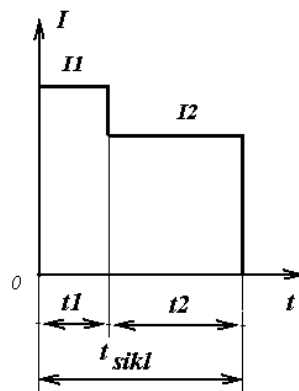
### 15.4.1 Uzoq, qisqa va qaytalanuvchi – qisqa ish rejimlari;

Uzoq muddatli ish rejimida dvigatelning yuklanish bilan ishlash davri uzoq vaqt davom etadi, shuning uchun uning barcha qismlari haroratning barqaror qiymatigacha qiziydi. Bunda dvigatelning yuklamasi ishlash vaqti davomida o'zgarmasligi (15.7 – rasm, a) yoki o'zgarib turishi mumkin (15.7 – rasm, b).



15.7 – rasm. Elektr yuritmaning uzoq muddatli ish rejimi.

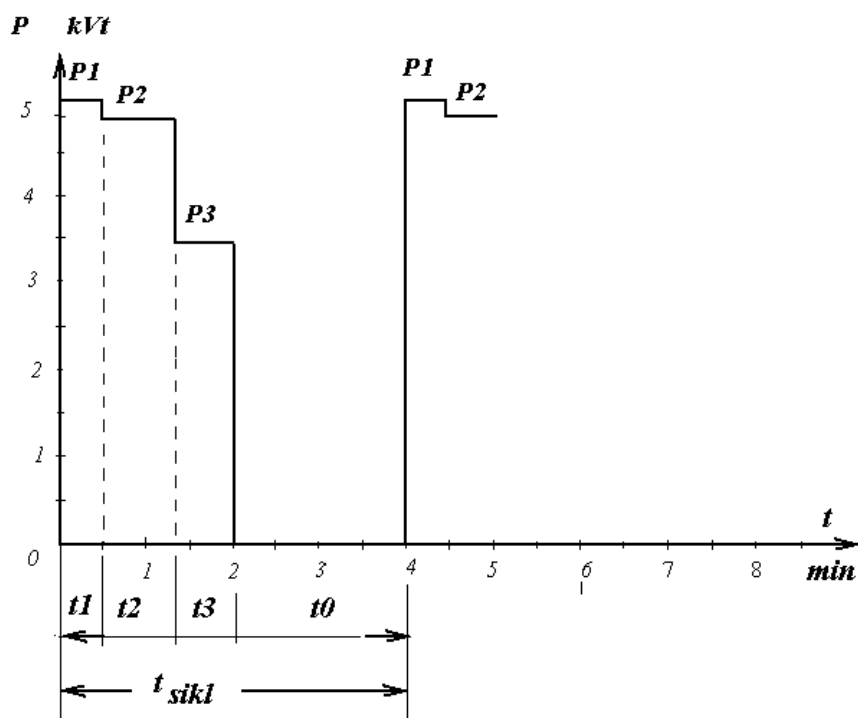
**Qisqa muddatli ish rejimida** elektr yuritmaning nominal yuklamada ishlash davrlari dvigatelni vaqtincha elektr tarmog'idan uzib qo'yish vaqti bilan almashinib turadi. Ana shu vaqt davomida dvigatel atrof-muhit haroratigacha sovushga ulguradi (15.8 rasm).



15.8 – rasm. Elektr yuritmaning qisqa muddatli ish rejimi.

Bu rejimda juda kam miqdordagi mexanizmlar (to'g'on zatvorlari, ajraluvchi ko'priklar, quvurlar zadviykasi va boshqalar) ishlaydi. Shuning uchun mazkur rejimda ishlayudigan dvigatellar maxsus qurilmalar uchunгина ishlab chiqariladi [1,3].

Takrorlanadigan qisqa muddatli ish rejimida elektr yuritmaning nominal yuklamada qisqa muddatli ishlash davrlari ( $t_i$ ) dvigatelni tarmoqdan uzib qo'yishi (pauza) davrlari ( $t_0$ ) bilan yoki dvigateldan yuklamani olib qo'yish bilan almashtirib turiladi (15.9 – rasm).



15.9 – rasm. Elektr yuritmaning takrorlanadigan qisqa muddatli ish rejimi.

Bu rejimda yuklama ulangan davrda dvigatel qismlarining qizish harorati barqaror qiymatgacha ko'tarila olmaydi, pauza vaqtida esa atrof-muhit haroratigacha sovushga ulgurmaydi. Takrorlanadigan qisqa muddatli ish rejimi ulashning nisbiy davomiyligi (UD) deyiladigan kattalik bilan tavsiflanadi:

$$UD = \frac{t_i}{t_i + t_0} \cdot 100\% = \frac{t_i}{t_s} \cdot 100\% \quad (15.6)$$

bunda  $t_s$  – butun sikl vaqti.

Sanoat korxonalarida UD 15, 25, 40 va 60 % bo'lgan turli quvvatdagi dvigatellar ishlab chiqariladi. Bularga siklning davomiyligi 10 daqiqadan oshmaydi. Uzoq davom etadigan rejimlarda UD – 100 % bo'ladi va bunday dvigatellarning ishlashi uzoq muddatli ish rejimiga taalluqli bo'ladi.

#### 15.4.2 O'tkinchi jarayonlar.

Elektr yuritmaning o'tkinchi jarayoni deb yuritmaning bir barqaror rejimdan ikkinchi barqaror rejimga o'tishdagi holatiga aytiladi. Bu jarayonlar asosan yurimani yurgizish, tormozlash va tezlikni rostlash jarayonlarida vujudga keladi. Yuritmani rostlash sifatini belgilaydigan asosiy omillar bu o'tkinchi jarayonning ko'rsatkichlari hisoblanadi. Bu ko'rsatkichlar quyidagilar:

**O'tish jarayonining vaqti** – bu barqarorlashgan qiymatdan boshqa bir barqarorlashgan qiymatga o'tishga ketgan vaqt oralig'iga aytiladi.

**O'ta rostlash koeffetsienti** – deb rostlash jarayonida rostlanuvchi miqdorning eng katta og'ish qiymatini barqarorlashgan qiymatga nisbati bilan aniqlanadigan songa aytiladi.

**So'nishning logarifmik dekrementi** – deb ketma-ket keladigan ikki og'ish miqdorining nisbati logarifmiga aytiladi. Bu koeffetsient o'tish jarayonining so'nish jadalligini belgilaydi.



**Statik xato deb** – rostlanuvchi miqdorning barqarorlashgan rejimdagi qiymati bilan berilgan qiymat orasidagi farqqa aytiladi.

Elektr yuritma o'tkinchi rejimning davom etish vaqti va uning o'tish tezligi uch asosiy fizikaviy jarayonlar: aylanish tezligining o'zgarishi va dvigatel aktiv qismlari qizishining o'zgarishi bilan belgilanadi. Dvigatelning qizish sovish jarayonlari juda sekin o'tadi va o'tkinchi rejimga jiddiy ta'sir ko'rsatmaydi.

Dvigatel aylanish tezligi yoki biror elektr zanjiridagi tokning bir barqaror qiymatdan ikkinchi barqaror qiymatgacha ortish yoki kamayish tavsifi analitik usulda eksponentsial egri chiziq ko'rinishida ifodalanadi.

$$T_k = \frac{L}{R}; \quad (15.7)$$

Bu yerda:  $T_k$  - elektromagnit vaqt konstantasi.

$T_k$  ning qiymati zanjirning induktivligi  $L$  va aktiv  $R$  qarshiligiga bog'liq;  $U$  mazkur zanjirdagi tok va  $u$  bilan bog'liq magnit oqimining oshishi tezligini ifodalaydi.

Ko'pchilik elektrik yuritmalarda dvigatel momenti va aylanish tezligining o'zgarishi mexanik jarayonning davom etishi o'tkinchi rejimlarda katta ahamiyatga ega bo'ladi. Shuning uchun elektr yuritmada o'tkinchi jarayonlarning o'tish tezligi odatda, elektromexanik vaqt konstantasi  $T$  bilan tavsiflanadi. Bu miqdor ham eksponentsial egri chiziqning parametric bo'lib, yuritma aylanish tezligining dvigatel momenti va tokning o'tkinchi rejim vaqtidan o'zgarish xarakterini ifodalaydi. Masalan, mustaqil qo'zg'atiladigan dvigatel yuritma uchun to'xtab turgan holdan ishga tushirib tezlash vaqtidan aylanish tezligining o'zgarishi egri chiziqni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\omega = \omega_N (1 - e^{-\frac{t}{T_M}}) \quad (15.8)$$

Bu yerda  $\omega_N$  to'xtash oxiridan beqaror rejimdagi aylanish tezligi. Bu tenglamada:

$$T_M = J \frac{R}{R^2 \cdot F^2} \quad (15.9)$$

Bu yerda  $J$  - yuritmaning inertsiya momenti;

$R$  - yakor zanjirining qarshiligi.

Tezligi  $\omega$  bo'lgan turg'un bir rejimdan ikkinchisiga o'tishda tezlikning o'zgarish egri chizig'i quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\omega = \omega_N (1 - e^{-\frac{t}{T_M}}) + \omega_{bosh} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (15.10)$$

Bu yerda  $t$  - ning qiymatini qo'yib o'tkinchi rejimning istalgan paytidagi tezlikni topish mumkin. Bu tenglamaning ko'rsatishicha, barqaror tezlik cheksiz katta vaqt  $t=7$  dan keyin keladi. Amalda esa, o'tkinchi rejim  $t=4T$  vaqt ichida tugallanadi.

**Elektromexanik vaqt konstantasi** o'tkinchi rejim davomiyligining yuritmaning mexanik inertsiyaga va dvigatelning elektromexanikaviy xossalriga bog'lanish darajasini ko'rsatadi.  $T$  miqdorda o'zgarmas dinamik momentni elektr yuritmani qo'zg'almas holatdan ishga tushirib, barqaror aylanish tezlikka etkazish vaqti deb qarash mumkin.

O'tkinchi rejimlarni elektromexanikaviy vaqt konstantasi yordamida analitik hisoblash usulini faqat mexanik tavsiflari chiziqli elektr yuritmalar uchun qo'llash mumkin. Bunday tavsiflar o'zgarmas magnit oqimli mustaqil qo'zg'atiladigan dvigatelda yoki chiziqli uchastkasida ishlaydigan faza rotorli dvigatelda bo'ladi.

Faza rotorli dvigatellar uchun:

$$T_M = \frac{J \cdot \omega_0 \cdot S_{NJ}}{M_N}; \quad (15.11)$$

Bu yerda  $S_{NJ} - R$  - rotor qarshiligi  $S$  mos keladigan (ko'rib chiqilayotgan)  $S_x$  - sun'iy tavsifda nominal momentga tegishli sirpanish.

Reostat yordamida ishga tushirishda reostatdagi har bir pog'onaning o'z elektromexanik konstantasi bo'ladi. Yakor yoki rotor zanjirining qarshiligi qancha kam bo'lsa, bu doimiyning qiymati shuncha kichik bo'ladi. Dvigatel aylanish tezligi momenti va tokning o'tkinchi jarayonida o'zgarish tavsifi bir  $T$  miqdorning o'zi bilan aniqlanadi, binobarin, o'zgarimas statik momentda dvigatel momentining o'zgarish egri chizig'ini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin.

$$M = M_C(1 - e^{-\frac{t}{T_m}}) + M_{bosh} \cdot e^{-\frac{t}{T_m}}; \quad (15.12)$$

Bu yerda  $M$  - dvigatel validagi statik moment.  $M_{bosh}$  - boshlang'ich moment.

Agar  $M_{bosh} = M_1$ ,  $M = M_2$  deb qabul qilsak, motorning momenti  $M_1$  va  $M_2$  gacha o'zgarganda istalgan pog'onada yuritmani

$$M = M_C(1 - e^{-\frac{t_x}{T_m}}) + M_1 \cdot e^{-\frac{t_x}{T_m}}; \quad (15.13)$$

Bu tenglamani  $t$  ga nisbatan echib quyidagi olamiz.

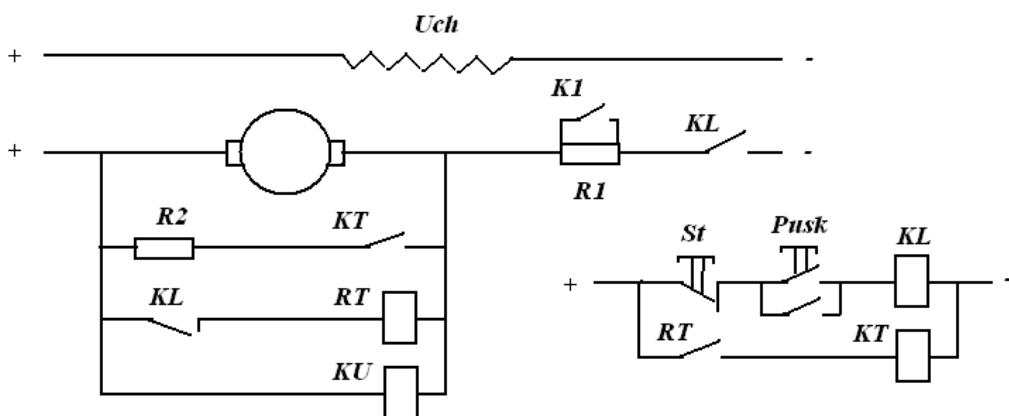
$$t_x = T_m \cdot \tau_n \cdot \frac{M_1 - M_C}{M_2 - M_C} \quad (15.14)$$

Asinxron motorli elektr yuritmalarda elektromagnit o'tkinchi jarayonlar tez so'nadi. Odatda bu o'tkinchi jarayonlarni amaliy hisoblashlarda nazarga olinmaydi [1,3].

### 15.4.3 Elektr yuritmalarni tormozlash usullari.

Elektr yuritmalarida elektrik tormozlash uchun elektrodinamik tormozlash va qarshi ulab tormozlash usullari qo'llaniladi. Energiyani tarmoqqa qaytarib generator rejimida tormozlash (rekuperativ tormozlash) ko'pincha juft qutblarni sonini o'zgartirib asinxron motorlarda qo'llaniladi.

Elektrodinamik tormozlash. Bunda yakor zanjiri tarmoqdan uzilib tormozlash reostati orqali qisqa tutashtirildi. EYuK tufayli hosil bo'lgan yakor toki teskari aylanuvchi moment hosil qiladi. Yurgizish reostatini pog'onalarini almashtirishni qaysi parameter funksiyasida amalga oshirishga qarab uch turga bo'linadi: 1) vaqt funksiyasida; 2) tezlik yoki EYuK funksiyasida 3) tok funksiyasida bo'ladi. Tormozlashni namunaviy elektr printsipl sxemasi 15.10 - rasmda ko'rsatilgan.



15.10 - rasm. O'zgarimas tok motori EYuK funksiyasida avtomatik tormozlash sxemasi.

Qarshi ulab tormozlash. Bunda motor qisqichlari qutblari o'zgartirilib teskari tormozlovchi moment hosil qilinadi. Tormozlash paytida tormozlash reostati qo'llaniladi. Tormozlash reostati tormozlash paytida vujudga keladigan katta toklarni cheklaydi. Tormozlashni namunaviy elektr printsiptial sxemasi quyida ko'rsatilgan. Tormozlash uchun to'xtash tugmasi St bosiladi. Bunda asosiy kontaktor KL ochilib motor tarmoqdan uziladi. Ayni paytda blok kontakt RT berkilib tormozlash zanjirini ulaydi. Motor dinamik tormozlanadi. Motor tezligi kamayganda EYuK kamayadi va yakor zanjiridagi kuchlanish relesi kontaktlari ochiladi va tormozlash zanjiri ham ochilib sxema dastlabki holatga qaytadi. Dinamik tormozlash usuli elektr yuritma ish rejimi davomida to'plagan kinetik energiyadan tormozlash uchun foydalaniladi. Bunda tormozlash uchun energiya tarmoqdan emas, balki motorning o'zidan foydalaniladi. Shuning uchun bu usul eng samarali usul bo'lgan uchun elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi.

Asinxron elektr yuritmalarda dinamik tormozlanishni amalga oshirib bo'lmaydi. Buning uchun havo oralig'ida o'zgarimas magnit maydon bo'lishi kerak. Shuning uchun asinxron motorni dinamik tormozlash quyidagicha amalga oshiriladi. Asinxron motor tarmoqdan uziladi va stator chulg'amining ikki fazasi o'zgarimas tok manbaiga ulanadi. Bunda odatda tarmoqqa ulangan to'g'rlagichdan foydalaniladi. Havo oralig'ida o'zgarimas magnit maydon hosil bo'ladi. Motor tezligi nolga teng bo'lganda rotor EYuK nolga teng bo'ladi va tormozlash jarayoni tugaydi.

Asinxron motorlarda qarshi ulab tormozlash uchun stator chulg'ami fazalari ketma-ketligi almashtiriladi. Buning uchun stator chulg'amning ikkita fazasi o'rni almashtirilib qayta ulanadi. Bunda aylanayotgan magnit maydonning yo'nalishi o'zgaradi va motor jadal tormozlanadi. Agar motorni tezligi noldan o'tayotgan payt o'chirilmasa motor teskari tomonga aylanib ketadi. Buning oldini olish uchun tormozlash zanjiri tezlik relesi orqali ulanadi va tezlik yo'nalishi o'zgargan paytda tormozlash zanjiri uziladi.

Rekuperativ tormozlash motorning tezligi salt ishlash tezligidan oshib ketgan paytda yuz beradi. Bunda motor generator rejimiga o'tadi va energiyani tarmoqqa qaytaradi. Shuning uchun bunday tormozlash rekuperativ tormozlash deyiladi. Motor generator rejimiga o'tganda yo'nalishini o'zgartiradi va tormozlash jarayoni to'zlik motor rejimiga o'tguncha davom etadi. Rekuperativ tormozlanish nol tezlikka bormas ekan. Bunday tormozlanish ko'pincha reaktiv qarshilik momently texnologik mexanizmlarda yoki qutblar soni ko'paytirilganda yuz beradi. Rekuperativ tormozlanishni amalga oshirish uchun maxsus sxema qo'llash kerak emas, balki bu jarayon elektr mashinaning xossasidir. Rekuperativ tormozlanish boshqarilmaydi va yo'qoib bo'lmaydi.

Elektr yuritmalarni tormozlashda bundan tashqari mexanik bloklagichlar ham qo'llaniladi, tormozlanish jarayoni tugagandan so'ng mexanik tormoz bilan maxkamlab qo'yiladi [11].

#### N a z o r a t s a v o l l a r i .

1. "Elektr yuritma" ta'rifi.
2. Ishlab chiqarish agregatlaridagi elektr motorlarning soniga qarab elektr yuritmalar necha turli bo'ladi?
3. Guruhli elektr yuritma deb nimaga ataladi?
4. Yakka langan elektr yuritma deb nimaga ataladi?

5. Ko'p motorli elektr yuritma deb nimaga ataladi?
6. Elektr yuritmalar motor turiga qarab qanday turlarga bo'linadi?
7. Elektr yuritma harakatni uzatilishiga qarab qanday guruhlariga bo'linadi?
8. Harakat turiga qarab elektr yuritma qanday turlarga bo'linadi?
9. Elektr yuritma tezligi yoki holatini rostlash bo'yicha qanday guruhlariga bo'linadi?
10. Elektr yuritma uzatish mexanizmining turiga ko'ra qanday guruhlariga bo'linadi?
11. Elektr yuritmalar avtomatlashtirish darajasi bo'yicha qanday guruhlariga bo'linadi?
12. O'tish jarayonlarining parametrlarini ta'riflab bering.
13. Elektromagnit o'tish jarayonlari nima?
14. Elektromexanik o'tish jarayonlari nima?
15. Elektrodinamik tormozlash nima?
16. Qasrshi ulab tormozlash nima?
17. Rekuperativ tormozlash?
18. Elektromagnit o'tish jarayonlari ko'rsatkichlarini ayting?

## V bob. ELEKTRONIKA ASOSLARI.

### V bob. 16-mavzu.

#### ELEKTRONIKA ASOSLARI.

Reja:

- 16.1 Asosiy tushunchalar va elektronika asboblarning qo'llanilishi.
- 16.2 Elektronika o'rganadigan o'bektlar.
- 16.3 Yarim o'tkazgichlar to'g'risida asosiy tushunchalar.
- 16.4
- 16.5 Yarim o'tkazgichli triod. bipolyar tranzistorlar.

#### **16.1 Asosiy tushunchalar va elektronika asboblarning qo'llanilishi.**

Elektronika – elektronlarni elektr magnit maydonlari bilan o'zaro ta'siri va elektron asboblari va qurilmalarni yaratish uslublari haqidagi fan.

Elektronikaning rivojlanish bosqichlari:

- 1895 yilda radioning kashf etilishi;
- Dastlabki kuchaytirgich element – lampali triodning kashf etilishi;
- Elektr signallarini kuchaytirish va generatsiya qilish uchun yarim o'tkazgichli elementni qo'llanilishi;
- Qattiq jism elektronikasining rivojlanishi;
- O'tkazgich va yarim o'tkazgichli elementlarni qo'llanilishi;
- 1947 yilda tranzistorni kashf etilishi;
- Integral mikrosxemalarni yaratilishi va zamonaviy elektronikaning asosi bo'lmish mikroelektronikaning rivojlanishi.

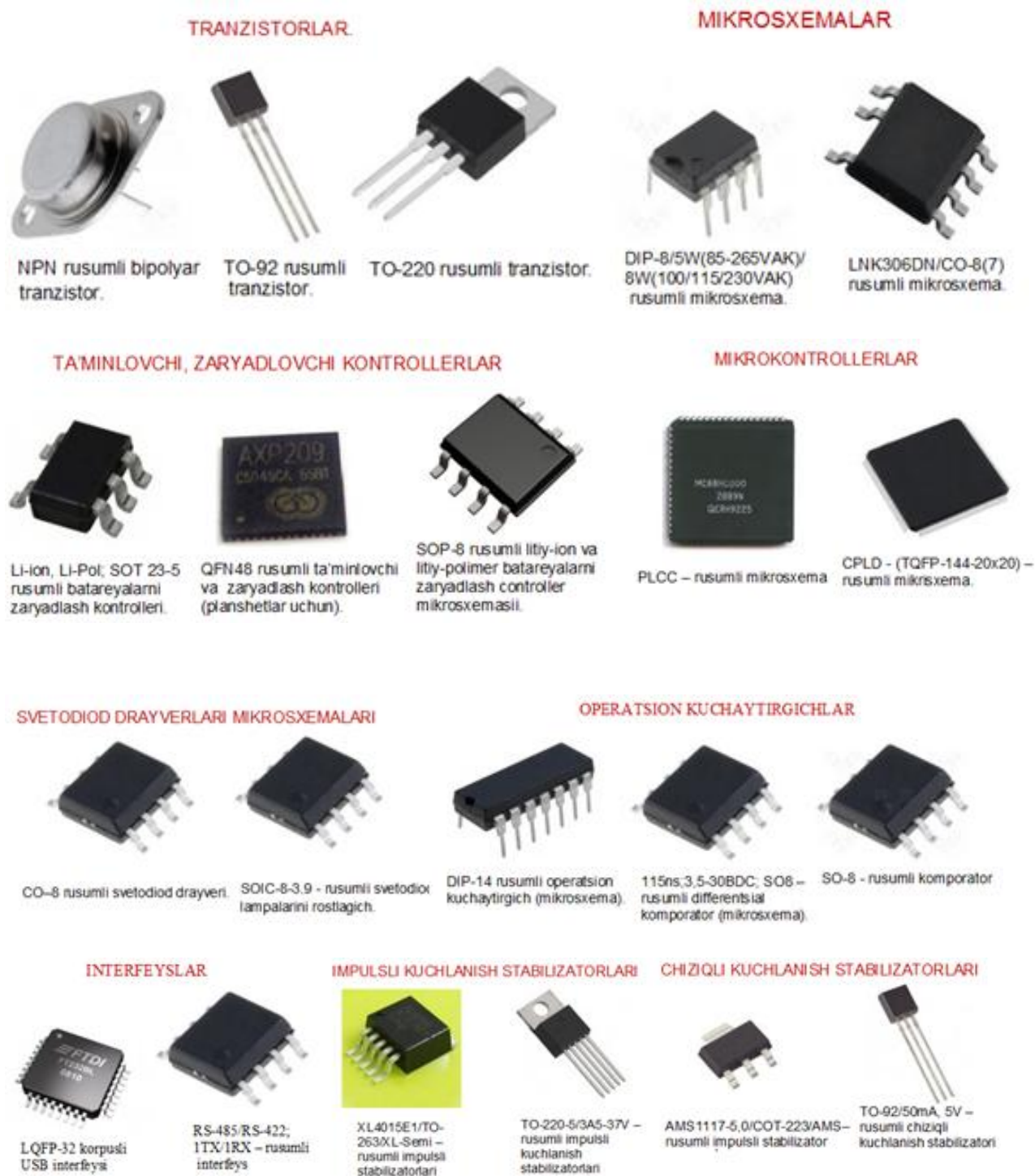
Analogli va raqamli elektronika o'rtasidagi asosiy farq informatsiyani kodlash uslublaridadir.

Analogli elektronika – oddiy proportsional bir o'lchamli kodlashdan foydalanadi. Bunda informatsiya manbaining fizik parametrlarini elektr maydoni yoki kuchlanishining shunday fizik parametrlari (amplitudani amplitudaga, chastotani chastotaga, fazani fazaga va h.k.) orqali aks ettirilishi samarasidan foydalaniladi.

Raqamli elektronika – ma'lumotlar manbaining fizik parametrlarini n- o'lchamli kodlashdan foydalanadi.

**Raqamli sxemalar** – mos ravishda logik nol va logik birga to'g'ri keluvchi ikki daraja kuchlanishli ikkilangan tizim bilan tavsiflanadi. Odatda bulardan birinchisi past kuchlanishga va ikkinchisi yuqori kuchlanishga bog'lanadi.

Zamonaviy elektron raqamli sxemalarda asosan quyidagi elementlardan foydalaniladi: 16.1-rasm (a,b,c,d)



## 16.1-rasm. Zamonaviy elektron sxemalarning asosiy elementlari.

### Elektronikaning sohalari:

- Mikrodunyo, yarimo'tkazgichlar, elektromagnit to'liqlar, magnetizm, elektr toki va boshq. fizikasi – ilimning zaryadlangan zarrachalar bilan sodir bo'layotgan jarayonlarni o'rganuvchi sohasi;
- Maishiy elektronika;
- Energetika –elektr energiyasini ishlab chiqarish, etkazib berish va iste'mol qilis, yuqori quvvatli elektr jihozlar va h.k.;
- Mikroelektronika – faol element sifatida mikrosxemalar qo'llaniladigan ekekrtron qurilmalar.

### ZAMONAVIY ELEKTRON NAZORAT-O'LCHOV VOSITALARI



DDS283U rusumli bir fazali elektr energiya xisoblagichi



DTS 541 rusumli ko'p funktsiyali uch fazali elektr energiya xisoblagichi



APPA MA-5 rusumli tok o'lchov fsbobi



WPS 50s va WPS 110s rusumli electron namlik o'lchov fsbob



Sanoat metal detektori

## ZAMONAVIY ELEKTRON GEODEZIK ASBOBLAR



South NTS-362R6  
rusumli geodezik  
taxometr



Trimble BD970 rusumli  
220 kanalli GNSS qabul  
qiluvchi



GR110 rusumli geodezik asbob koordinatalar, tezlik vektori xamda  
GNSS, GLONASS, GPS signallar bo'yicha joriy vaqt datchigi  
sifatida geodezik va navigatsion masalalarni echishga mo'ljallangan.



16.2-rasm. Elektron mikrosxemalar qo'llaniladigan elektron qurilmalar.

### 16.2 Elektronika o'rganadigan o'bektlar

Elektronika:

- vakuumda (elektron asboblari);
- siyrak gazlarda (ion asboblari);
- yarim o'tkazgichlarda

elektr toki paydo bo'lishi hodisasi asosida ishlovchi asboblarning ishlash tamoyilini o'rganadi.

Elektron asboblari yordamida:

- o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga (to'g'rilagichlar);
- o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokga (inverterlar)

o'zgartirish mumkin.

Bundan tashqari:

- avtomatik rejimda kuchlanishni bir qiymatda ushlab turish;
- elektr dvigatellar tezligini rostdash;
- energiya turlarini o'zgartirish

kabi ishlar bajariladi.

Elektronika elektron asboblarga xos bo'lgan yuqori sezgirlik ( $10^{-3}$  V,  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  A) va tezkorligi hisobiga nisbatan oddiy vositalar yordamida jarayonlarni boshqarishning murakkab masalalarini hal eta oladi.

Elektronika asboblari quyidagi uch guruhga bo'linadi:

- 1) elektron asboblari;
- 2) ion asboblari;



3) yarim o'tkazgichli asboblardir.

### 16.3 Yarim o'tkazgichlar to'g'risida asosiy tushunchalar.

Elektr o'tkazuvchanligi  $10^6-10^{10} \text{ } \Omega\text{m}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$  bo'lgan barcha materiallar yarim o'tkazgichlar guruhiga kiradi.

Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanlik xususiyati metallarnikidan quyidagi sifatlari bilan farq qiladi:

- Oz miqdordagi aralashmaning o'tkazuvchanlikka kuchli ta'sir etishi;
- O'tkazuvchanlik xarakteri va darajasining haroratga bog'liqligi;
- O'tkazuvchanlikning tashqi kuchlanishga kuchli bog'liqligi.

Yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi qiymat jihatdan metallar bilan dielektrik elektr o'tkazuvchanligining oralig'iga to'g'ri keladigan moddalar ekan.

Yarim o'tkazgich materiallarga kimyoviy elementlarga germaniy, kremniy, kimyoviy birikmalar – metall oksidlari, (*oksidlar*), oltingugurt birikmalari (*sulfidlar*), selen birikmalari (*selenidlar*) va boshqalar misol bo'ladi.

Sof yarim o'tkazgich material – germaniy (yoki kremniy) ning ayrim xususiyatlari bilan tanishamiz. Germaniy sirtqi elektron qobig'ida 4 ta valent elektron bor. Bu elektronlar qo'shni atomlarning har biri bir-biriga **kovalent bog'lanish** deb ataladigan juft elektronli bog'lanish tufayli o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Bu bog'lanishni hosil bo'lishida har bir atomdan bittadan valentlik elektroni qatnashadi. Bu elektronlar atomdan ajralib chiqib, kristallda mushtarak bo'lib qoladi va o'z harakatida ko'proq vaqt qo'shni atomlar orasidagi fazoda harakatlanadi. Ularning manfiy zaryadi germaniyning musbat ionlarini bir-biri yaqinida tutib turadi.

Germaniyning juft elektronli bog'lanishlari mustahkam bo'lib, past haroratlarda uzilmaydi. Shuning uchun past haroratda germaniy elektr tokini o'tkazmaydi.

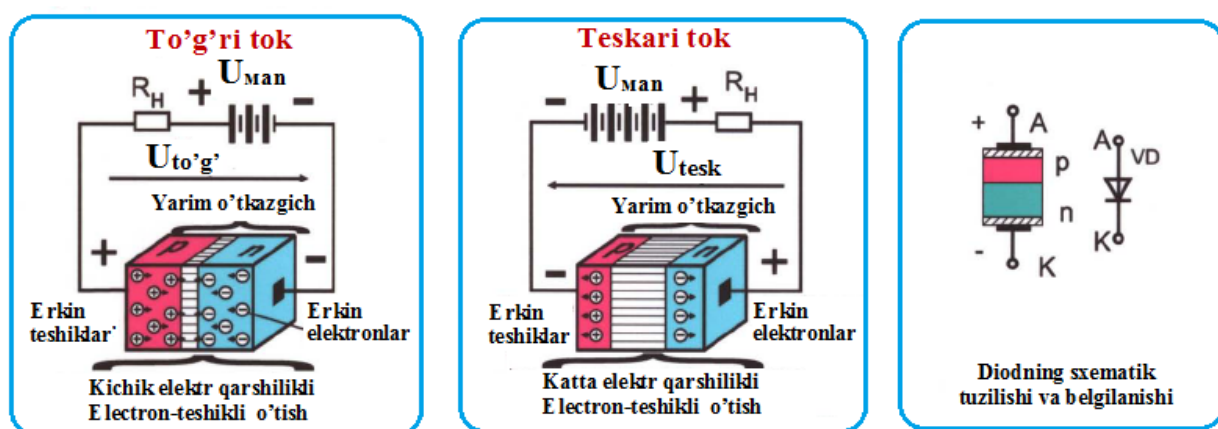
Faraz qilaylik, kimyoviy sof germaniy kristalli yetarli energiyaga ega bo'lgan zarralar bilan bombardimon qilinayotgan bo'lsin. Bu holda bog'lanish energiyasidan katta energiya olgan elektronlar bog'lanishni uzib, erkin elektronga aylanadi va o'z o'rnidan uzoqlashadi. Bunda atomning elektr jihatdan neytralligi buziladi va zaryadi elektronning zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryad ortiq bo'lib qoladi. Bog'lanishdan chiqqan elektron bir vaqtda ikki atomga tegishli bo'ladi. Shuning uchun bir vaqtda ikki

atomning qisman ionlanishi vujudga keladi. Bunda hosil bo'ladigan musbat zaryad bog'lanishda elektron etishmasligini – bog'lanish etishmovchiligi (defekti)ni ko'rsatadi. Uni **kavak** deb ataladi (16.3-rasm).

Kavak-vakant (bo'sh) o'rin bog'lanishdagi qo'shni elektron yoki ozod bo'lgan erkin elektron bilan toldirilishi mumkin. Agar u erkin elektron hisobiga to'ldirilsa, atomning elektr neytralligi tiklanadi. Bu jarayon **rekombinatsiya** deb ataladi. Agar kavak qo'shni bog'lanishdagi elektronning siljishi hisobiga to'lsa, ko'chish o'rnida yangi kavak vujudga keladi.

Umuman olganda bog'lanishdagi elektronning bog'lanish defekti o'rniga o'tishi uzoq vaqt ichida yuz beradi va tartibsiz xotik harakatda bo'ladi.

### Yarim o'tkazgichli diodlar



16.3-rasm. Yarim o'tkazgichli diodlar.

Agar yarim o'tkazgich kristalli elektr maydoniga joylashtirilsa, bog'lanishni uzib chiqqan elektronlar manbaning musbat qutbi tomon ko'cha boshlaydi va elektron tokini hosil qiladi. Bu holda bog'lanish defektlarining ko'chishi ham yo'nalganlik xarakteriga ega bo'ladi, ya'ni kavaklar manbaning manfiy qutbi tomon harakatlanadi va kavak toki vujudga keladi.

Shuni yodda tutish kerakki kavak toki elektronlar hisobiga, ya'ni bog'langan elektronlarning bir o'rnidan ikkinchi o'rniga o'tishi hisobiga vujudga keladi. Shuning uchun kavaklarning ko'chishi uzluqli bo'ladi. Lekin qulaylik uchun kavaklar elektronlar kabi erkin tok tashuvchi deb olinib, harakati uzluksiz deb qaraladi.

Kavak toki ion tokidan tubdan farq qiladi. Chunki ion toki hosil bo'lishida elektrolitda joylashgan atom yoki molekula bir joydan ikkinchi joyga ko'chadi va ma'lum miqdordagi moddani olib o'tadi. Kavak toki hosil bo'lishida esa, atomlar ko'chmay, o'z o'rnida qoladi. Ularda navbat bilan ionlashish vujudga keladi.

Shunday qilib, kimyoviy sof yarim o'tkazgich kristallida elektron kavak juftining hosil bo'lishi asosida ikki xil o'tkazuvchanlik – elektron va kavak o'tkazuvchanligi mavjud bo'lib, ularning miqdori – bir biriga tengdir.

Yarim o'tkazgichning elektron o'tkazuvchanligi *n-tur o'tkazuvchanlik* (negative – manfiy so'zdan olingan), *p-tur o'tkazuvchanlik* (positive-musbat so'zidan olingan) deb ataladi. Ular birgalikda yarim o'tkazgichning *xususiy o'tkazuvchanligi* deyiladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan o'tkazuvchanlikni hosil qilish usuli ratsional emas. Chunki amalda o'tkazuvchanlik turlaridan biri –yo elektron, yo kavak o'tkazuvchanligi asosiy qilib olinadi. Uni sof germaniy (yoki kremniy) kristalliga begona modda qo'shib qotishma tayorlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Kiritilgan begona moddaning (aralashmaning) miqdori asosiy kristall miqdoriga nisbatan juda oz bo'ladi.

Yarim o'tkazgichning muhim xususiyati shundan iboratki, ularda aralashmalar bo'lsa, *aralashmali o'tkazuvchanlik* deb ataladigan qo'shimcha o'tkazuvchanlik paydo bo'ladi. Aralashmaning konsentratsiyasini o'zgartirib, musbat yoki manfiy ishorali zaryad tashuvchi zarralar sonini ancha o'zgartirish mumkin. Yarim o'tkazgichlarning bu xususiyati amalda qo'llanishga keng imkoniyatlar ochib beradi.

**Donorli aralashma.** Yarim o'tkazgichda juda oz kontsetratsiyada aralashma bo'lsa, masalan, unga juda oz mish'yak atomlari qo'shilsa, erkin elektronlar soni ko'p marta ortadi. Buning sababi quyidagicha. Mish'yak atomlarining valentlik elektronlari beshta bo'ladi. Ulardan to'rttasi bu atomning atrofdagi atomlar bilan kovalent bog'lanish hosil qilishida ishtirok etadi. Beshinchi valentlik elektroni esa o'z atomi bilan zaif bog'langan. Bu elektron mishyak atomidan osongina chiqib ketib, erkin bo'lib qoladi.

Elektronlarni oson beradigan va binobarin, erkin elektronlari sonini oson ortiradigan aralashmalar *donor aralashmalar* deb ataladi.

Donor aralashma qo'shilgan yarim o'tkazgichlarda elektronlar soni teshiklar sonidan ko'p bo'lgani uchun bunday yarim o'tkazgichlar **n-tip** yarim o'tkazgich deb ataladi.

**Aktseptor aralashmalar.** Aralashma sifatida uch valentli indiy olinsa yarim o'tkazgich o'tkazuvchanligining xarakteri o'zgaradi. Bu holda indiy atomi qo'shni atomlar bilan juft elektronli normal bog'lanish hosil qilishi uchun unga bitta elektron etishmaydi. Natijada kavak hosil bo'ladi. Bu holda kristalldagi kavaklar soni aralashmaning atomlari soniga teng bo'lib qoladi. Bunday aralashma aktseptor aralashmalar deb ataladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, yarim o'tkazgich asboblarda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar o'tkazuvchanligi katta ahamiyatga ega. Ularning hosil bo'lishi va tugatilishi rekombinatsiya markazlari deb atalgan joylarda sodir bo'ladi. Bunday markazlar vazifasini donor yoki aktseptor elementlarning tugunlari-atamlari bajaradi. Shuning uchun begona elementlarning miqdori ortishi bilan rekombinatsiya markazlari ham ko'payadi va asosiy tok tashuvchilarning yashash vaqti qisqaradi. Bu hol begona elementning miqdori va turini tanlashda albatta hisobga olinishi kerak.

Shunday qilib, biz yuqorida tanishgan o'tkazuvchanlik turlarini hosil qilish usuli va uni tushuntirish juda yuzaki va taqribiydir. Ular asosan zonalar nazariyasi bilan tekshiriladi va miqdor o'lchovlari kiritiladi.

#### **16.4 Yarim o'tkazgichlarning xususiyatlari.**

Yarimo'tkazgichlar, ularning xususiyatlari tufayli, o'tkazgichlar va dielektriklar o'rtasida maxsus - oraliq holatni egallaydi. Yarimo'tkazgichlarning bir qator xususiyatlari ularning zamonaviy jihozlarda keng qo'llanilishini belgilaydi. Yarimo'tkazgich qurilmalarini ishlab chiqarish texnologiyasi juda tez rivojlanmoqda. Yaxshilangan tavsiflarga ega yarimo'tkazgichli qurilmalar, shu jumladan, yangi fizik tamoyillarga asoslanib ishlaydigan qurilmalar yaratilmoqda.

Ko'plab elementlar va noorganik birikmalar va moddalarni yarimo'tkazgichlarga kiritish mumkin - bular kremney, germaniy, indiy, fosfor va boshqalar kabi kimyoviy elementlar oksidlar, sulfidlar, selenidlar va telluridlar, ayrim qotishmalar va bir qator minerallardir. Kremniy karbidi va arsenid galliy asosida yarimo'tkazgichlar juda istiqbolli.

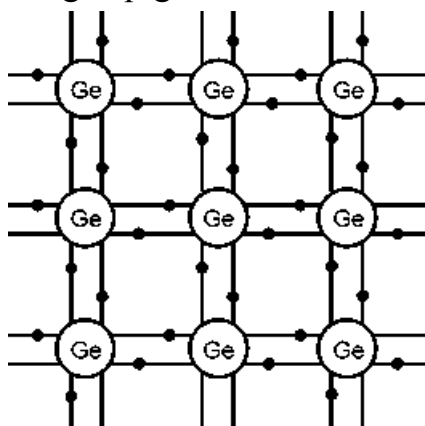
Yarimo'tkazgichlar kristalli, amorfli va suyuq bo'ladi.

Yarimo'tkazgichlar metall va dielektriklar o'rtasidagi aniq solishtirma elektr o'tkazuvchanligi mavjud bo'lgan moddalarni o'z ichiga oladi. Xona haroratida yarim o'tkazuvchilarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $10^{-10}$  dan  $10^3 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$  ga (metall uchun  $10^4 \dots 10^6 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ , dielektriklar uchun -  $10^{-12} \dots 10^{-11} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ) . Yarimo'tkazgichlar texnikasida odatda faqat kristall yarimo'tkazgichlar (asosiy moddalarning  $10^{10}$  ta atomiga bir nechta kiritilgan atomining aralashmalari bilan qo'shiladigan kristallar).

Yarimo'tkazgichlarning metallardan asosiy farqi, harorat ko'tarilganda o'ziga xos elektr o'tkazuvchanligining ortishi hisoblanadi. Metallarda esa harorat oshib borishi bilan ularning elektr o'tkazuvchanligi pasayadi.

Qurilmalarni loyihalashdagi muhim ustunligi yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligini tashqi ta'sirlarga: issiqlik, nurlanish, elektr va magnit

maydonlarga, bosim, tezlanishga, shuningdek, oz miqdorda aralashmalar tarkibiga bogʻliqligi hisoblanadi.



16.4-rasm. Kristalli panjaradagi bogʻlanishlar.

Yarimoʻtkazgichlarning xususiyatlari, qattiq moddalarning zonalar nazariyasi yordamida yaxshi tushuntiriladi. Ushbu nazariyaga koʻra, moddalarning atomlari yadro va yadro atrofida yopiq orbitada harakatlanadigan elektronlardan iborat. Atomdagi elektronlar qobiqlarda guruhlanadi (boʻlinadi). Asosiy yarimoʻtkazgichli materiallarda yarimoʻtkazgichli qurilmalarni yaratish uchun - kremniy va germaniyni ishlatiladigan asosiy yarimoʻtkazgich materiallari kristalli tetraidrik panjaradan foydalaniladi.

Har bir valentli elektron, yaʼni atomning tashqi, toʻlmagan qobigʻida joylashgan elektronlar, kristalda nafaqat oʻziga, balki qoʻshni atom yadrosiga ham tegishli. Kristall panjaradagi barcha atomlar bir-biridan bir xil masofada joylashgan va kovalentli bogʻlangan (ikki atomning valentligi ega elektron jufti oʻrtasidagi bogʻliqlikga kovalent bogʻliqlik deyiladi, 16.4-rasmda germaniy uchun ikki chiziqni koʻrsatadi). Mazkur bogʻlanishlar ancha kuchli, va ularni uzib tashlash uchun tashqi tomondan energiya qoʻyilish talab etiladi.

W elektron energiyasi diskretli boʻlganligi uchun, elektron faqat uning energiyasiga mos keladigan orbita boʻylabgina harakatlanishi mumkin. Elektronlar egallashi mumkin boʻlgan energetik daraja(sath), 16.5a.– rasimga binoan keltirilgan diagrammada yaqqol tasvirlangan. Orbita yadrodan qanchalik uzoq boʻlsa, undagi elektronning energiyasi va energetik darajasi(sathi) (16.5a-rasmda I, II, III tasvirlar) shunchalik yuqoriroq boʻladi. Barcha energetik darajalar(sathlar) elektronlar uchun taqiqlangan energiyaga mos keladigan taqiqlangan zonalar  $\Delta W$  bilan ajratiladi. Energetik zonada ruxsat etilgan daraja(sath)larning soni kristaldagi atomlar soniga teng. Ruxsat etilgan

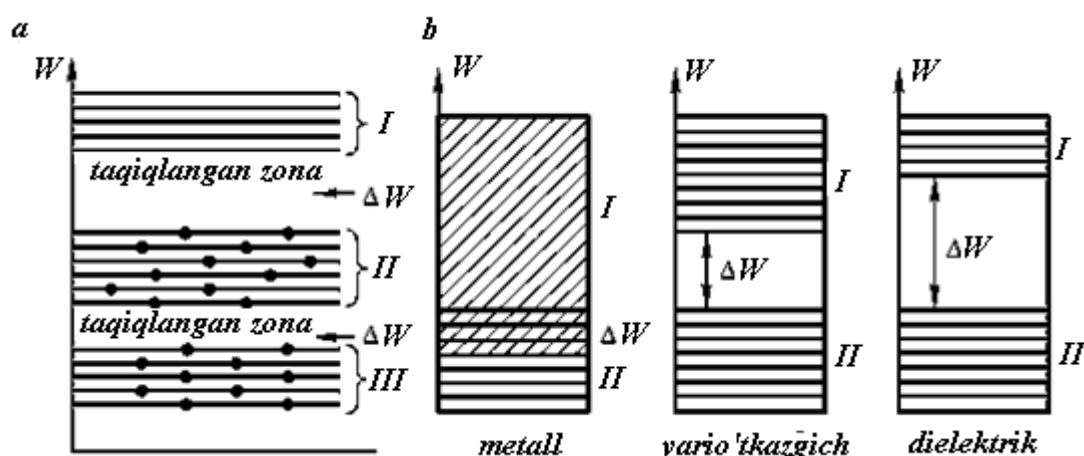
zonalarining kengligi odatda bir necha elektron voltga teng. Elektronlar mavjud bo'lmagan, ruxsat etilgan, zonalar erkin deb ataladi (16.5-rasmda a I tasvir).

Nolga teng bo'lgan haroratda elektronlari mavjud emas va yuqori haroratlarda ular mavjud bo'lgan erkin zonani o'tkazuvchanlik zonasi deb ataladi. Qattiq metallarning metall, yarim o'tkazgich va dielektriklarga ajratilishi valentli zona(I, II) bilan o'tkazuvchanlik zonasi o'rtasidagi ruxsat etilmagan zonanibg kengligiga asoslangan, shuningdek, ruxsat etilgan energetik sathlarini to'ldirish darajasidan kelib chiqadi (16.5-rasm b-tasvirda mos ravishda metallar, yarimo'tkazgichlar va dielektriklardagi energetik sathlar ko'rsatilgan).

Ruxsat etilmagan  $\Delta W$  zonaning eni xususiy o'tkazuvchanligining faollashuv energiyasini aniqlaydi. Metalllar uchun u nolga teng, yarimo'tkazgichlar uchun 2 eV dan kam va dielektriklar uchun 2 eV dan ortiq.

Biror element o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi uchun, u erkin zaryad tashuvchilarga ega bo'lishi kerak. Yarimo'tkazgichlarda, zaryad tashuvchilar elektronlar va kavaklardir. Metallarda tashuvchilar elektronlardir.

Nol haroratida, kiritmalari bo'lmagan yarimo'tkazgichlarda, erkin bepul zaryad tashuvchilari mavjud emas. Biroq,



Shakl. 16.5-rasm. Energetik sathlar.

a - energiya darajasining zonolari; b - metall, yarimo'tkazgich va dielektrik energiya sathi.

tashqi ta'sirda, masalan, haroratning oshishi bilan kovalent bog'lanishlarning bir qismi uzilishi va erkin bo'lgan valentli elektronlar o'z atomlarini tark etishi mumkin. Elektronni yo'qotish atomni musbat ionga aylantiradi. Elektron ilgari joylashgan joydagi bog'lanishlarda erkin(erkin) joy – kavak paydo bo'ladi.

Kavakning zaryadi manfiy va absolyut qiymati bo'yicha elektronning zaryadiga teng bo'ladi. Erkin joy - kavak qo'shni atomning valentli elektronini to'ldirishi mumkin, bu yerda kovalent bog'lanish va hokazolarda yangi bo'sh

kavak hosil bo‘ladi. Shunday qilib, valentli elektronlarining ko‘chishi bilan bir vaqtda kavaklar ham birga harakatlanadi. Bunday holda, atomdan elektronning erkin bo‘lib chiqishi ionlashishga olib keladi va kavakning keyingi ko‘chishi esa kristall panjara bilan mustaxkam bo‘g‘langan atomlarning navbatli ionlashishini bildiradi. Elektr maydoni mavjud bo‘lmasa, o‘tkazuvchanlik elektronlari xaotik issiqlik harakatni amalga oshiradi. Agar yarimo‘tkazgichni tashqi elektr maydonida joylashtirilsa, u holda elektronlar xaotik issiqlik harakatida ishtirok etadi va kavaklar elektr tokning oqimini hosil qiladigan maydon ta‘sirida harakatlana boshlaydi. Mazkur holda, elektronlar elektr maydoni yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda va kavaklar maydon yo‘nalishi bo‘yicha harakatlanadi. Kovalent aloqalarning buzilishidan kelib chiquvchi aralashmasiz yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligini xususiy elektr o‘tkazuvchanligi deb ataladi.

Zonali nazariyaga muvofiq, nol haroratda valentli zonaning barcha energetik sathlari elektronlar bilan band bo‘ladi. Agarda, elektronlarga tashqaridan, faollashtirish  $\Delta W$  energiyasidan katta bo‘lgan energiya kiritilsa, u holda valentli elektronlarning bir qismi o‘tkazuvchanlik zonasiga o‘tadi. Elektronlarning valentli zonani tark etishi tufayli u yerda soni ketgan elektronlarning soniga teng bo‘lgan kavaklar hosil bo‘ladi (16.6, rasm 1-tasvir).

Guruh nazariyasiga ko‘ra, valentlik bandining barcha energiya sathlari nolga teng haroratda elektronlar tomonidan ishg‘ol qilinadi. Agar elektronlar aktiv energiya  $\Delta W$  dan yuqori bo‘lgan tashqi energiyadan xabardor bo‘lsa, u holda valentlik elektronlarining bir qismi o‘tkazgich bandiga o‘tadi. Valantsion banddan, undagi kavaklar hosil bo‘ladi, ularning soni elektronlar soniga tengdir (16.6, 1-rasm). Natijada, elektronlar harakatlanishining valentlik zonasida (elektronli o‘tkazuvchanlik yoki n-o‘tkazuvchanlik) kavaklarning yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda harakatlanishiga sabab bo‘ladi (kavakli o‘tkazuvchanlik yoki p-o‘tkazuvchanligi).

Elektronlar valentlar qatorida harakat qilishlariga qaramay, kavaklarning harakatini hisobga olish odatda qulaydir. Valentli zonada elektronlar harakatlansa ham, odatda, kavaklarning harakatini qarash (o‘rganish) qulay bo‘ladi. Agarda kavak electron bilan to‘lsa hosil bo‘lgan electron-kavakli juftliklari yo‘q bo‘lib ketishi mumkin. Bunday holda, elektron erkin holatga o‘tmaydi va harakatlanish imkonini yo‘qotadi, atomning ortiqcha musbat ioni esa neytral holatga o‘tadi.

Zonali nazariyaga muvofiq rekombinatsiyani elektronlarni o‘tkazuvchanlik zonasidan valentli zonaning erkin (bo‘sh qolgan) joylariga o‘tishi kabi qarash mumkin. Elektronlarning yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o‘tishi energiyaning ajralib chiqish bilan kuzatiladi. Mazkur energiya yoki yorug‘lik

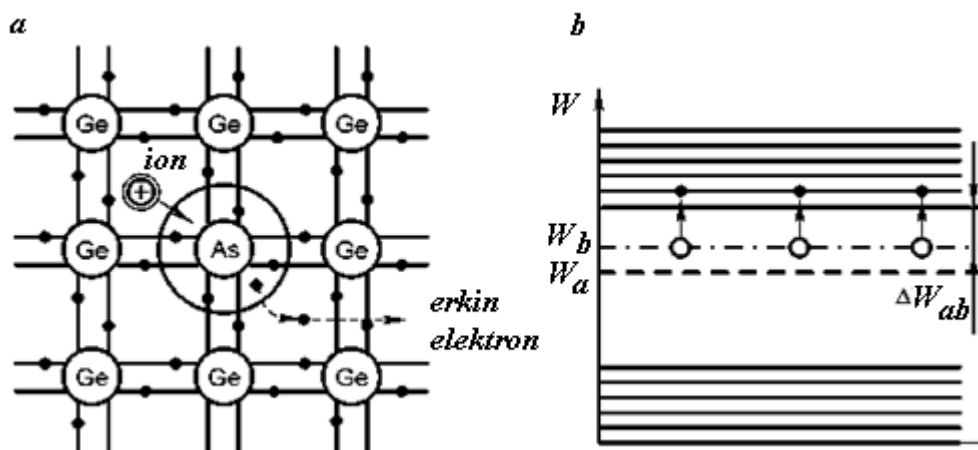
kvantlari(fotonlar) kabi nurlanadi, yoki kristalli panjaraga issiqlik tebranishlari(fononlar) shaklida uzatiladi.

Shu bilan birga, ham kavak, ham elektron yo'qoladi. Elektron va kavakni birlashish jarayoni rekombinatsiya deb nomlanadi(16.6-rasm 2-tasvir). Guruhlar nazariyasiga muvofiq rekombinatsiya elektronlarning o'tkazuvchanlik guruhidan valentlik bandidagi erkin joylarga o'tishlari sifatida qaralishi mumkin. Elektronlarni yuqori energiya darajasidan past darajaga o'tkazish yorug'lik kvantasi (fotonlar) shaklida chiqariladigan yoki issiqlik salinimlari (nonsonlar) shaklida kristalli panjara uzatilgan energiyani chiqarish bilan birga keladi.

Juft zaryad eltuvchilarning o'rtacha mavjud bo'lish vaqti deb zaryad eltuvchilarning umriga(mavjud bo'lishiga) aytiladi. Zaryad eltuvchining umri bo'yi(mavjud bo'lishi) vaqtida o'tilgan o'rtacha masofani - *zaryad eltuvchining diffuziyali uzunligi* (kavaklar uchun  $L_p$ , elektronlar uchun  $L_n$ ) deyiladi. harakat qilayotgan o'rtacha masofasiga. Doimiy haroratda (va boshqa tashqi ta'sirlar yo'q bo'lganida), kristal muvozanat holatida bo'ladi: generatsiyalangan zaryad eltuvchi juftliklarning soni rekombinatlangan juftlarning soniga teng. Birlik miqdori bo'yicha zaryad eltuvchilar soni, ya'ni ularning kontsentratsiyasi solishtirma elektr o'tkazuvchanlik qiymatini aniqlaydi. Aralashmalarsiz yarimo'tkazgich uchun elektronlar kontsentratsiyasi  $P_e$  kavaklarning  $P_i$  kontsentratsiyasiga teng.

O'zining xususiy elektr o'tkazuvchanligi bilan bir qatorda aralashmali o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlar aralashma tarkibli yarimo'tkazgichlar deb ataladi. Aralashmali elektr o'tkazuvchanlik elektronli yoki kavakli bo'lishi mumkin. Agarda sof germaniyga (to'rtvalentli element) beshvalentli element aralashma kiritilsa,

Yarimo'tkazgichlar, shuningdek, o'zlarining elektr o'tkazuvchanligi, shuningdek, ifloslanishning elektr o'tkazuvchanligi ham kirlarni o'z ichiga olgan Yassi o'tkazuvchanligi elektron yoki kavak bo'lishi mumkin. Agar sof germaniya (tetravalent element) aralashmasiga kiritilsa





16.6 – rasm. Aralashmali yarimo‘tkazgichning tarkibi.

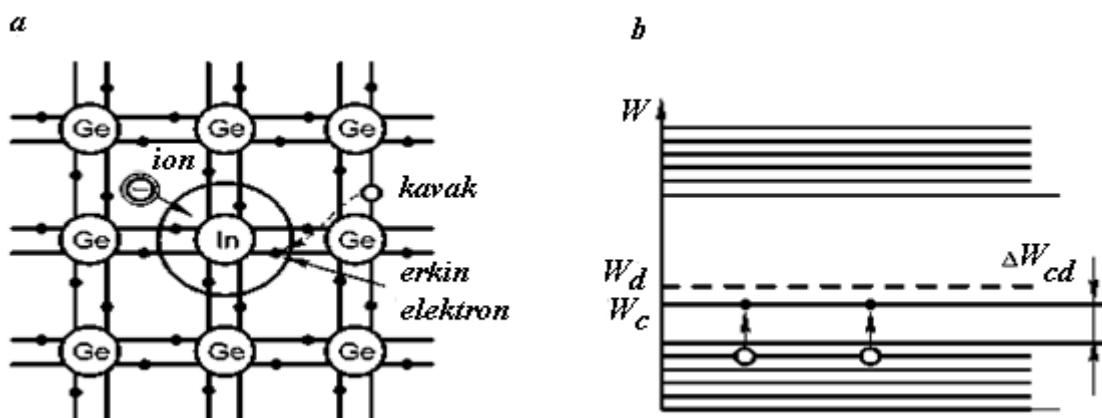
$a$  – besh valentli mishyak aralashmali kristall panjara;  $b$  – energetik diagrammasi.

Masalan, mishyakniki (yoki surmaniki, fosforniki) (16.6-rasm a tasvir), u holda mishyakning atomi germaniyning kristalli panjarasida germaniy atomlari bilan kovalentli bog‘lanadi. Ammo, bog‘anishlarda faqatgina to‘rtta valentli elektroni ishtirok etishi mumkin, beshinch elektron esa erkin bo‘lib qoladi. Demak, bu kabi aralashma elektron o‘tkazuvchanlikni oshiradi (n-o‘tkazuvchanlik). Oqibatda, kristalli panjaraning tugunida aralashmaning musbat zaryadlangan ioni, kristallda esa – erkin elektron hosil bo‘ladi. Atomlari erkin elektronlarini beraoladigan aralashmalarni *donorli* (donor) deb nomlanadi.

Masalan, arseniy (yoki antimon, fosfor) (shakl 16.6 rasm a tasvir), keyin arsenik atomi germaniyum kristal latta germaniya atomlari bilan kovalent aloqalar bilan bog‘lanadi. Bunda faqat arsenikning faqat to‘rt valent elektroni ishtirok etishi mumkin, va beshinchi elektron erkindir. Shunday qilib, bunday nopoklik elektron o‘tkazuvchanlikni oshiradi (n-o‘tkazuvchanlik). Shunday qilib, nopoklikning ijobiy zaryadlangan ioni kristalli to‘shakda va kristalning erkin elektronida paydo bo‘ladi. Atomlar erkin elektronlarni ajratib oladigan zarralar donor (donor) deb ataladi.

O‘tkazuvchanlik zonasiga yaqin bo‘lgan taqiqlangan zonada, nolga yaqin haroratda, erkin elektronlar joylashgan ruxsat etilgan donorli energetik sath hosil bo‘ladi. Elektronni aralashmali sathdan o‘tkazuvchanlik sathiga o‘tkazish uchun sarflanadigan energiyaga nisbatan kamroq energiya (16.6 – rasm, b-tasvir) talab etiladi. Donorlik sathidan o‘tkazuvchanlik sathigacha bo‘lgan masofani o‘tishi uchun sarflangan energiyani  $\Delta W_{ab}$  donorlarining *ionlanish* (faollashish) *energiyasi* deb nomlanadi.

Yarimo‘tkazgichga donorlik aralashmasini kiritish erkin elektronlarning kontsentratsiyasini sezilarli darajada oshiradi va kavaklarning kontsentratsiyasi xususiy yarimo‘tkazgichda bo‘lgani kabi bir xil bo‘ladi. Bunday aralashmali yarimo‘tkazgichlarda elektr o‘tkazuvchanlik asosan elektronga bog‘liq, shuning uchun elektronlar *zaryadning asosiy eltuvchilari* (ularning kontsentratsiyasi yuqori), kavaklar esa *zaryadning asosiy bo‘lmagan eltuvchilari* hisoblanadi.



16.7-rasm. Aralashmali yarimo‘tkazgichning tarkibi.

a - uchvalentli indiyli aralashmaga ega kristalli panjara; b - energetik diagrammasi.

Agar germaniyga uchvalentli elementning (masalan, indiyning) aralashmasi qo‘shilgan bo‘lsa, u holda indiyning o‘zi germaniya bilan kovalent bog‘lanishni shakllantirishi uchun indiyga yagona elektron etarli bo‘lmaydi, bir bog‘lanish to‘lmay qoladi. Haroratning kam miqdorga ko‘payishi bilan qo‘shni germaniy atomining elektroni uning o‘rnida bo‘shliq qoldirib (bo‘sh joy qoldirib), valentlik bog‘lanishiga tushishi mumkin (16.7 a-rasm), ular elektron bilan to‘ldirilishi mumkin va hokazo. Shunday qilib, kavak xuddi yarim o‘tkazgichda ko‘chgandek bo‘ladi. Indiyning aralashmali atomi manfiy ionga aylanadi.

Atomlar qo‘zg‘atilganda qo‘shni atomlarning valentli elektronlarini, ularning ichida kavak hosil qiladigan, olishga qodir bo‘lgan zarralar aktseptorli deb ataladi. Aralashmali yarimo‘tkazgichning energetik zonalari diagramasida (16.7-rasm b-tasvir) valentli zonaning yaqinidagi taqiqlangan zonada aralashmali energetik sath (akseptorli sath) hosil bo‘ladi. Nolga yaqin haroratlarda mazkur sath erkin bo‘sh va harorat oshib borishi bilan u valentli zonaning elektroni, ya’ni, o‘rni bo‘shaganda kavak hosil qiladigan, bilan band bo‘lishi mumkin.

Valentli zonaning eng baland (cho‘qqi) qismidan aktseptorlik qismigacha masofani aktseptorlarning  $\Delta W_{cd}$  ionlanish energiyasi deb ataladi. Yarimo‘tkazgichga aktseptorli aralashmani kiritish kavaklar konsentratsiyasini sezilarli darajada oshiradi, elektron konsentratsiyasi ilgorigidek, ya’ni, xususiylar yarimo‘tkazgichda qanday bo‘lsa, shunday bir xil bo‘lib qoladi. Bu kabi aralashmali yarimo‘tkazgichda elektr o‘tkazuvchanlik asosan kavaklar asosida bo‘lib, yarimo‘tkazgichlarni esa p-turdagi yarimo‘tkazgichlar deb ataladi. p-turdagi yarimo‘tkazgichlar uchun asosiy zaryad eltuvchi – kavaklar, elektronlar esa asosiy bo‘lmagan hisoblanadi.

Shunday qilib, aralashmali yarimo'tkazgichda o'tkazuvchanlik shaklini aniqlaydigan zaryad eltuvchilarni asosiy (p-yarimo'tkazgichda kavaklar va n-yarimo'tkazgichda elektronlar), teskari ishorali zaryad eltuvchilarni esa asosiy bo'lmagan deyiladi.

### **16.5 Yarim o'tkazgichli triod. bipolyar tranzistorlar.**

Ikki elektrodli elektron va yarim o'tkazgichli asboblardan boshqarilmaydigan asboblardan. Ulardan o'tayotgan to'g'ri tok berilgan kuchlanishga va asbob bilan ketma-ket ulangan qarshilikni qiymatiga bog'liq. Lekin elektrovakuum va yarim o'tkazgichli asboblarga konstruktiv o'zgartirishlar kiritib, ularning tokini berilgan kuchlanishga va yuklama qarshiligiga bog'liq bo'lmagan holda o'zgartirish mumkin. Buning uchun qo'shimcha uchinchi elektrod kiritiladi. Anod va katod oralig'iga boshqaruvchi to'r deb ataluvchi qo'shimcha elektrod joylashgan elektrovakuum lampa triod deyiladi.

To'r elektronlar oqimi chiqaruvchi silindrsimon katodni ma'lum masofada qurshab olgan spiral shaklida yasaladi va uning diametri to'r spiralining diametridan ancha katta bo'ladi.

Katodga yaqin joylashgan to'r uning atrofida musbat yoki manfiy elektr maydoni hosil qiladi va katoddan chiqayotgan elektronlar oqimini yo kuchaytiradi yo kuchsizlantiradi. Anodga etib borgan elektronlar anod tokining miqdorini aniqlaydi. Shuning uchun to'r potentsiali  $U_t$  asosiy anod kuchlanishi  $U_A$  bilan birga anod tokining qiymatini boshqaruvchi qo'shimcha kuchdir. Agar to'r kuchlanishi  $U_T > 0$  bo'lsa, katod atrofidagi elektr maydonning kuchlanganligi ortib, katoddan uchib chiquvchi elektronlar oqimi ko'payadi. Anod kuchlanishi  $U_a$  ortmagan holda anod toki qiymati ma'lum miqdorgacha ortadi. Agar to'rga manfiy kuchlanish berilsa elektronlar oqimi sezilarli darajada kamayadi, bunda anod toki ham ma'lum miqdorgacha kamayadi. To'r kuchlanishi ma'lum qiymatga erishganida, anod kuchlanishining har qanday qiymatida anod toki nolga teng bo'lib qoladi. Bunda to'rning elektr maydoni elektronlarning oqimi anodga yetmay, katodga qaytadi.

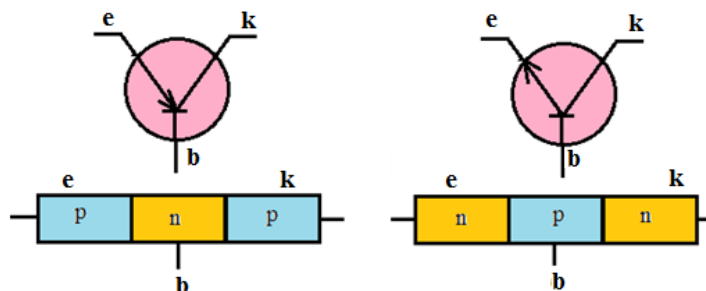
Anod toki uzluksiz va katta tezlikda boshqarilishi mumkin. Lampadagi elektronlar harakatining inertsiyasi bo'lmaydi. Shu sababli triodlar aloqa texnikasida, radiotexnikada va televideniya quvvatli, yuqori chastotali signallarni kuchaytirish uchun keng qo'llaniladi.

Hozirgi vaqtda vakuum elektronikasining o'rnini universalroq va kichik hajmliroq bo'lgan yarim o'tkazgich texnikasi egallamoqda.

Yarim o'tkazgichli triod elektron asboblarning bir turi bo'lib, **tranzistor** deb ataladi. Tuzilishi va ishlash usuliga qarab tranzistorlar **bipolyar** va **unipolyar** bo'ladi.

Bipolyar tranzistorning ishlashi p-n o'tish hodisasiga, unipolyar tranzistorining ishlashi esa, bir turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichning o'tkazuvchanligini elektr maydoni yordamida boshqarishga asoslangan.

Bipolyar tranzistor yarim o'tkazgich monokristallida ikkita p-n o'tish sohasini hosil qilish asosida yasaladi. Uni o'tkazuvchanligi almashib keladigan 3 ta sohaga ajratish mumkin. Agar monokristallning elektron o'tkazuvchanlik hajmi ikki yonidan kavak o'tkazuvchanlik hajmi bilan chegaralangan bo'lsa, hosil bo'lgan yassi tranzistor **p-n-p** turdagi tranzistor deyiladi. Aksincha, kavak o'tkazuvchanlik qismi ikkita elektron o'tkazuvchanlik soha orasida bo'lsa, **n-p-n** turdagi tranzistor hosil bo'ladi. Kontakt sohasi kichik bo'lsa nuqtaviy tranzistorlar hosil bo'ladi(16.8-rasm.).



16.8-rasm. p-n-p va n-p-n turdagi tranzistorlar.

Triodning o'rta kontaktiga nisbatan chap yondagi kontaktiga kichik (voltning bo'laklariga teng) musbat, o'ng yondagi kontaktiga esa, katta (bir necha o'n voltgacha) manfiy kuchlanish berilgan deb hisoblaylik. Soddalashtirish uchun elektr maydon faqat p-n o'tishlar sohasidagina mavjud deb olamiz. Bunday ulashda chap tomondagi p-n o'tishning potentsial to'sig'i kichrayib, o'ng tomondagi p-n o'tishniki ortadi.

Shuning uchun kavaklar faqat chap tomondagi p-n o'tishdan o'ta boshlaydi. Chap tomondagi p - sohadan o'rtadagi n - sohaga o'tgan kavaklarning bir qismi bu sohadagi elektronlar bilan rekombinatsiya lashadi. Qolgan qismi esa, o'ng tomondagi p-n o'tishga etib keladi. p-n o'tish maydoni ularga tezlantiruvchi ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun kavaklar katta tezlik bilan harakat qiladilar. Bunda hosil bo'lgan tok foydali tok bo'lib, uning kattaligi chap yonidagi p-sohadan n-sohaga o'tadigan kavaklarning miqdoriga va ularning n-sohadagi yashash vaqtiga bog'liq bo'ladi. Agar kavaklarning n-sohani bosib o'tish vaqti ularning yashash vaqtidan kichik bo'lsa, o'ng yonidagi p-n o'tishga etib keladigan kavaklar soni etarlicha ko'p bo'ladi. Chunki

juda oz qismi n-sohadagi elektronlar bilan rekombinatsiya lashib ulguradi. (Kavaklarning uchib o'tish vaqtini qisqartirish uchun n- ning qalinligi etarlicha yupqa qilib yasaladi). Shunga ko'ra foydali tokning kattaligi, asosan, chap yondagi p-n o'tishda hosil bo'ladigan kavak tokining kattaligi bilan belgilanadi.

Ta'kidlash kerakki, tranzistorning p-n o'tishlarida kavak toki bilan bir qatorda elektron toklari ham mavjud bo'ladi. Chap yondagi p-n o'tishning elektron toki chap va o'rta sohalar orqali o'tib, o'z yo'lini yopadi. U o'ng yondagi p-n o'tish orqali o'tmagani uchun hech qanday foyda keltirmaydi. O'ng yondagi kuchlanish teskari ulangan (yopiq) p-n o'tishning elektron toki esa, katta ta'sirga ega. Uni tranzistorning teskari toki deb ataladi.

To'g'ri o'tish asosida ishlovchi chap tomondagi p-n o'tish **emitter o'tishi** deb, p - qatlam esa, **emitter** deb ataladi. Teskari ulanadigan o'ng tomondagi p-n o'tish **kollektor o'tishi** deb, p-qatlami esa - **kollektor** deb ataladi.

O'rtadagi n - qatlam esa **baza** yoki **asos** deb ataladi. Bu qatlamlardan metall kontakt orqali chiqarilgan tutashtirish uchlari -elektrodlar mos nomlar- emitter, kollektor va baza deb yuritiladi.

n-p-n turdagi tranzistorlarning ishlash tamoyili p-n-p turdagi tranzistorlarnikidan farq qilmaydi. Bunda faqat manbalarning ulanish qutbini teskarisiga o'zgartiriladi. Asosiy tok tashuvchilar kavaklar emas, balki elektronlar bo'ladi.

Tranzistorning boshqarilish xususiyati shundaki uncha katta bo'lmagan  $U_e$  kuchlanish ta'sirida hosil bo'lgan emitter toki  $I_e$  o'ziga deyarli teng bo'lgan kollektor toki  $I_k$  ni hosil qiladi. Bu tok esa teskari ulangan va  $U_e$  kuchlanishdan ancha katta bo'lgan  $U_k$  kollektor kuchlanishini o'zgartiradi. Bipolyar tranzistorning ishlashi emitterdan baza orqali kollektorga zaryad tashuvchilar oqimining o'tkazilishidan iborat. Ikkinchi tomon, tranzistorning strukturasi ikki p-n o'tishga: emitter-baza va kollektor-bazaga ajratsak, birinchi o'tishga elektr bilan ta'sir etib, ikkinchi o'tishning qarshiligini o'zgartirishimiz mumkin. Shunga asosan asbobning nomi ham ikkita inglizcha so'z (transfer - o'zgartirmoq, resistor - qarshilik) dan kelib chiqadi.

### ***Nazorat savollari.***

1. Elektronika asboblari necha guruhga bo'linadu?
2. Xususiy o'tkazuvchanlik nima?
3. Kavak toki qachon hosil bo'ladi?
4. Donor aralashma deb nimaga aytiladi?
5. Aktseptor aralashma deb nimaga aytiladi?

6. Tuzilishi va ishlash usuliga qarab tranzistorlar necha xil bo'ladi va qanaqalar?
7. p-n-p tranzistorining ta'rifi, sxemasi va shartli belgisi.
8. n-p-n tranzistorining ta'rifi, sxemasi va shartli belgisi.
9. Emitter o'tishi deb nimaga aytiladi?
10. Kollektor o'tishi deb nimaga aytiladi?

## V bob. 17-mavzu.

### ELEKTRON KUCHAYTIRGICHLAR.

Reja:

17.1. Kuchaytirgich va uning ta'rifi.

17.2. Umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining sxemasi.

17.3. Differentsial kuchaytirgichlar.

17.4. Chastota ajratuvchi kuchaytirgichlar.

17.5. Kuchlanish kuchaytirgich sxemasi.

#### 17.1. Kuchaytirgich va uning ta'rifi.

Avtomatik boshqarish tizimlari, radiotexnika, radiolokatsiya va boshqa tizimlarda kichik quvvatli signallarni kuchaytirish uchun kuchaytirgichlardan foydalaniladi. *Kichik quvvatli o'zgaruvchan signalning parametrlarini buzmasdan doimiy kuchlanish manbaining quvvati hisobiga kuchaytirib beruvchi qurilma kuchaytirgich deb ataladi.*

Kuchaytirgich qurilmasi kuchaytiruvchi element, rezistor, kondensator, chiqish zanjiridagi doimiy kuchlanish manbai hamda iste'molchidan iborat. Bitta kuchaytiruvchi elementi bo'lgan zanjir *kaskad* deb ataladi.

Kuchaytiruvchi element sifatida qanday element ishlatishiga qarab kuchaytirgichlar elektron, magnitli va boshqa xillarga bo'linadi. Ish rejimiga ko'ra ular *chiziqli va nochiziqli* kuchaytirgichlarga bo'linadi.

Chiziqli ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlar kirish signalining uning shaklini o'zgartirmasdan kuchaytirib beradi. Chiziqli bo'lmagan ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlarda esa kirish signali ma'lum qiymatga erishganidan so'ng chiqishdagi signal o'zgarmaydi.

Chiziqli rejimda ishlaydigan kuchaytirgichlarning asosiy tavsifnomasi amplituda chastota tavsifnomasi (AChT) dir. Ushbu tavsifnoma kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsientining moduli chastotaga qanday bog'liqligini ko'rsatadi.

AChT siga ko'ra chiziqli kuchaytirgichlar quyidagilarga bo'linadi:

- tovush chastota kuchaytirgichi (TChK),
- quyi chastota kuchaytirgichi (QChK),
- yuqori chastotalar kuchaytirgichi (YuChK),
- sekin o'zgaruvchan signal kuchaytirgichi yoki o'zgarmas tok kuchaytirgichi (O'TK).

Hozirda ko'plab texnologiyalar zamonaviy elektron kuchaytirgichlarni qo'llab ishlab chiqarilmoqda(17.1-rasm.).



17.1 – rasm. Zamonaviy elektron kuchaytirgichlar.

Hozirgi vaqtda eng keng tarqalgan kuchaytirgichlar kuchaytiruvchi element sifatida **ikki qutbli** yoki **bir qutbli** tranzistorlar ishlatiladi.

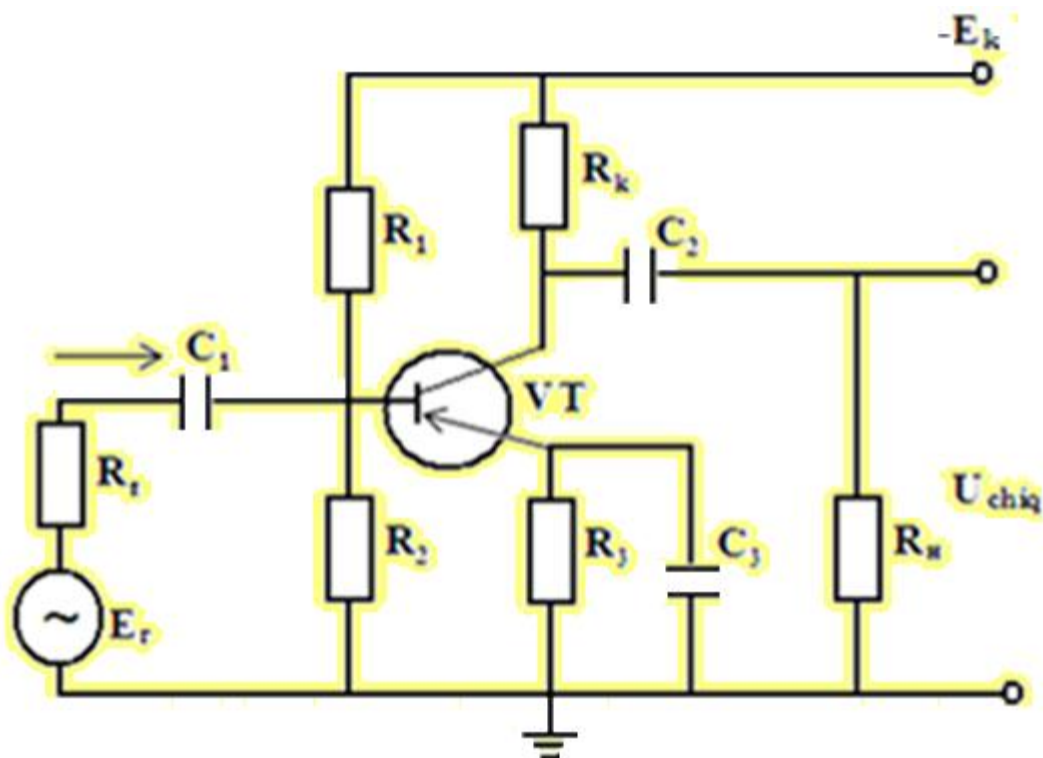
Kuchaytirish quyidagicha amalga oshiriladi. Boshqariladigan element (tranzistor) ning kirish zanjiriga kirish signalining kuchlanishi ( $U_{kir}$ ) beriladi. Bu kuchlanish ta'sirida kirish zanjirida kirish toki hosil bo'ladi. Bu kichik kirish toki chiqish zanjiridagi tokda o'zgaruvchan tashkil etuvchini hamda boshqariladigan elementning chiqish zanjiridagi kirish zanjiridagi kuchlanishdan ancha katta bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanishni hosil qiladi. Boshqariladigan elementning kirish zanjiridagi tokning chiqish zanjiridagi tokka ta'siri qancha katta bo'lsa, kuchaytirish xususiyati shuncha kuchliroq bo'ladi. Bundan tashqari chiqish tokining chiqish kuchlanishiga ta'siri qancha katta bo'lsa (ya'ni  $R_i$  katta), kuchaytirish shuncha kuchliroq bo'ladi.

### 17.2. Umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining sxemasi.

17.2- rasmda umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining sxemasi ko'rsatilgan.

Sxema, asosan, kaskadning yuqori chiqish qarshiligini kichik qarshilikli iste'molchi bilan moslash uchun ishlatiladi va emitterli takrorlagich deb ataladi. Umumiy bazali (UB) sxema bo'yicha yig'ilgan kaskadning kirish qarshiligi kichik bo'lib, kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish imkoniyatiga ega. Bunda  $K_{\leq 1}$ . Chiqishdagi kuchlanishning qiymati katta bo'lishi talab etilganda, mazkur kaskaddan foydalaniladi. Ko'pincha, umumiy emitterli (UE) sxema bo'yicha yig'ilgan kaskadlar ishlatiladi.





17.2 – rasm. Umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining sxemasi.

Bunda kaskad tokni ham kuchlanishni kuchaytirish imkoniyatiga ega. Kuchaytirish kaskadining asosiy zanjiri tranzistor (VT), qarshilik  $R_k$  va manba  $E_k$  dan iborat. Qolgan elementlar yordamchi sifatida ishlatiladi.  $C_1$  kondensator kirish signalining o'zgarmas tashkil etuvchisini o'tkazmaydi va ba'zan tinch holatidagi  $U_{bd}$  kuchlanishning  $R_g$  qarshilikka bog'liq emasligini ta'minlaydi. Kondensator  $C_2$  iste'molchi zanjiriga chiqish kuchlanishining doimiy tashkil etuvchisiga o'tkazmay o'zgaruvchan tashkil etuvchisinigina o'tkazish uchun xizmat qiladi.  $R_1$  va  $R_2$  rezistorlar kuchlanish bo'lgich vazifasini o'tab kaskadning boshlang'ich holatini ta'minlab beradi.

Rezistor  $R_3$  manfiy teskari bog'lanish elementi bo'lib, dastlabki rejimning harorat o'zgarishiga bog'liq bo'lmasligini ta'minlaydi. Kaskadning kuchaytirish koeffitsienti kamayib ketmasligi uchun qarshilik  $R_3$  rezistorga parallel qilib kondensator  $C_3$  ulanadi. Kondensator  $C_3$  rezistor  $R_3$  ni o'zgaruvchan tok bo'yicha shuntlaydi.

$$\text{Kaskadning chiqish kuchlanishi: } U_{chiq} = I_k R_k \quad (17.1)$$

$$\text{Kaskadning kirish kuchlanishi: } U_{kir} = I_b R_{kir} \quad (17.2)$$

bu yerda  $R_{kir}$  – tranzistorning kirish qarshiligi.

Qdamning eshitish sezgirlik signalni 1 Db ga o'zgarishini ajrata olgani uchun ham shu o'lchov birligi kiritilgan. Har bir kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsientlaridan tashqari quyidagi parametrlarga ham egadir.

Kuchaytirgichning chiqish quvvati (iste'molchiga signalni buzmasdan beriladigan eng katta quvvat):

$$R_{chiq\ max}^2 / R_{yu}$$

**Kuchaytirgichning foydali ish koeffitsienti (FIK):**

$$\eta = R_{chiq} / R_{um} \quad (17.3)$$

bu yerda  $R_{um}$  – kuchaytirgichning hamma manbalardan iste'mol qiladigan quvvati.

Kuchaytirgichlar amplituda, chastota va amplituda-chastota tavsifnomalari bilan ham baholanadi.

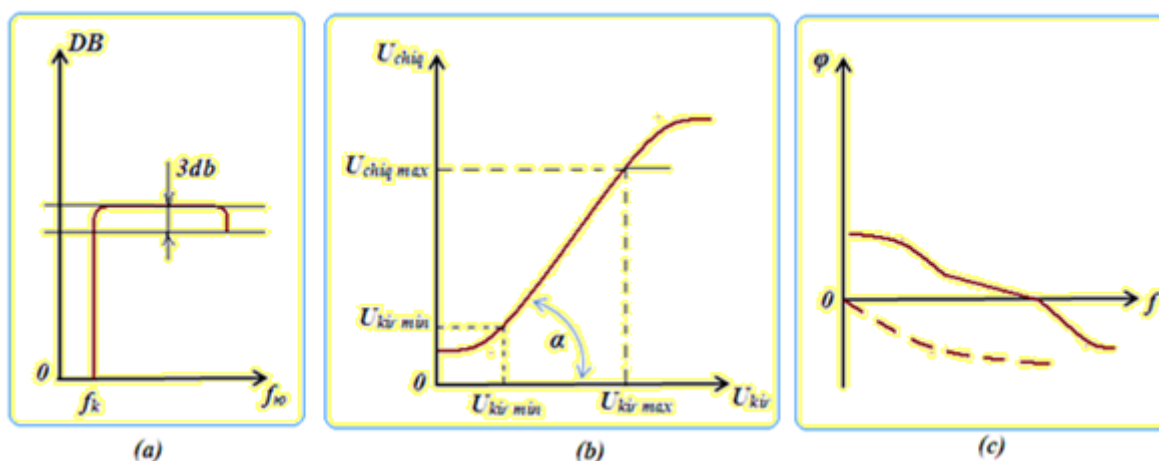
Amplituda tavsifnomasi chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishiga qanday bog'langanligini ko'rsatadi

$$U_{chiq} = f(U_{kir}) \quad (17.4)$$

17.3-rasmda kuchaytirgichning amplituda, amplituda-chastota va faza chastota tavsifnomalari ko'rsatilgan. Bu tavsifnomalar o'rta chastotalarda olinadi. Haqiqiy kuchaytirgichning amplituda tavsifnomasi ideal kuchaytirgichnikidan shovqin mavjudligi (A nuqtaning chap qismidagi maydon) va chiqish kuchlanishining chiziqli emasligi (V nuqtaning o'ng qismidagi maydon) bilan farq qiladi (17.3-rasm, a).

Kuchaytirgichning chastota tavsifi kuchaytirish koeffitsientining chastotaga bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziqdir. Mazkur tavsifi logarifmik masshtabda quriladi (17.3-rasm, b).

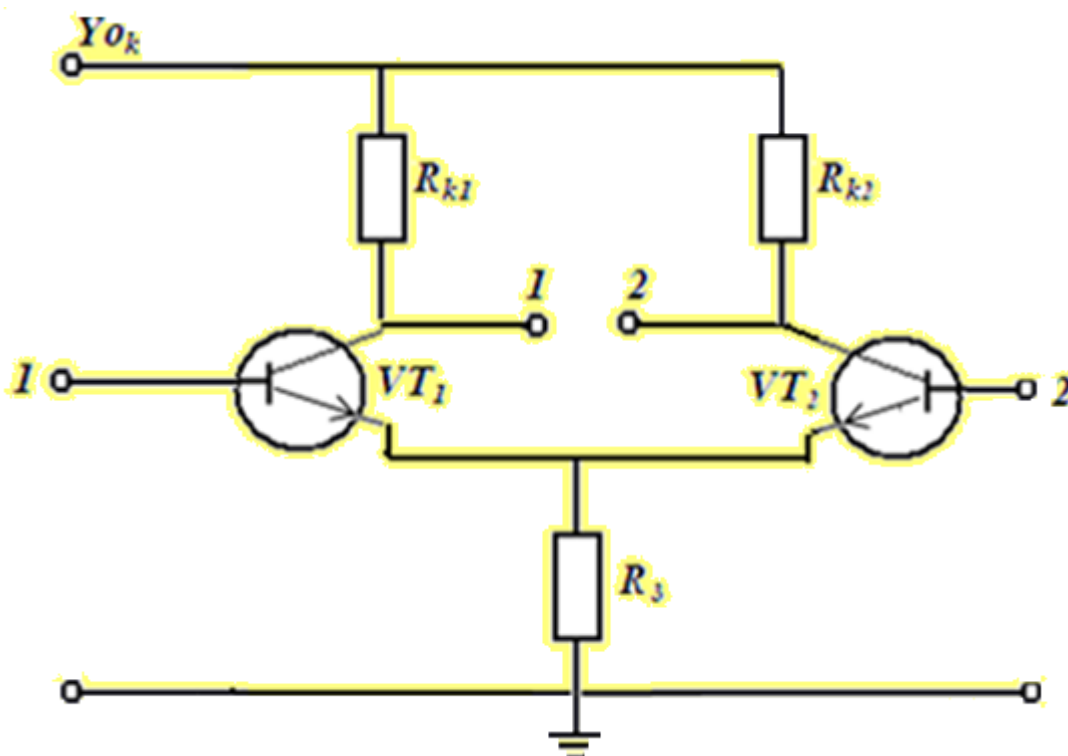
Kuchaytirgichning faza-chastota tavsifnomasi kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi siljish burchagi  $\varphi$  ning chastotaga qanday bog'langanligini ko'rsatadi (17.3-rasm, c). Bu tavsif kuchaytirgich tomonidan kiritilgan fazaviy buzilishlarni baholaydi.



17.3-rasm. Kuchaytirgichning amplituda, amplituda-chastota va faza chastota tavsiflari.

### 17.3. Differentsial kuchaytirgichlar.

Ikki signal farqini kuchaytiruvchi qurilma *differentsial kuchaytirgich* deyiladi. Chiqishdagi signal har bir kirish signaliga emas, balki ularning ayirmasiga bog'liqdir. Eng oddiy differentsial kuchaytirgich umumiy emitter qarshilik ulangan ikkita bir xil tranzistor asosida quriladi (17.4-rasm).



17.4-rasm. Differentsial kuchaytirgichlar ulanish sxemasi.

Kirish kuchlanishlari tranzistorlar ( $VT_1$  va  $VT_2$ ) ning baza-emitter o'tishiga beriladi. Bu kuchlanishlarning ayirmasi bir necha millivoltdan ortmasa, kuchaytirgich VAT(VAX) ning chiziqli qismida

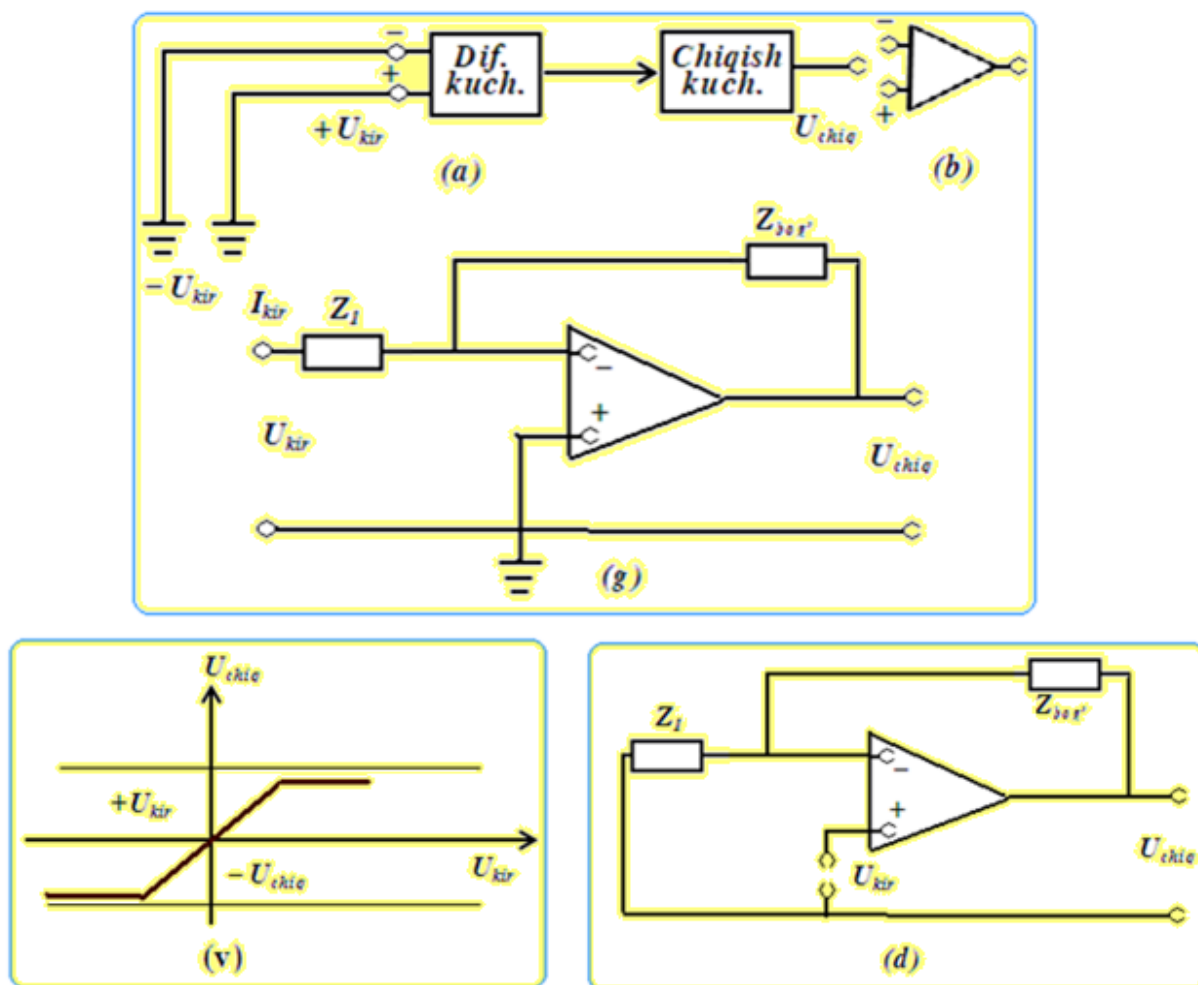
ishlaydi. Uning kuchaytirish koeffitsienti 100 ga yaqindir. Chiqish qismlari 1` va 2` dan chiqish kuchlanishi olinadi. Kuchaytirgichning uzatish koeffitsienti:

$$K(p) = \frac{U_{chiq} \cdot 1' \cdot 2'}{U_{chiq1} - U_{chiq2}} \quad (17.5)$$

Kuchaytirilganda bir xil tranzistorlarni topish juda qiyin. Shu sababdan mikrosxema asosida tuzilgan differentsial kuchaytirgich kaskadlaridan foydalaniladi. KII8U1L1 shunday sxemalarning namunasi bo'la oladi. O'zgarmas tok kuchaytirgichlari asosida turli matematik operatsiyalarni bajaruvchi operatsion kuchaytirgichlar qurish mumkin. Operatsion kuchaytirgichlar (OK) yuqori kuchaytirish koeffitsienti, katta kirish va chiqish qarshiligi bilan xarakterlanadi.

OK kirish differentsial kuchaytirgichlaridan iboratdir (17.5-rasm). Kuchaytirgich inventarlovchi (-) va noinventorli (+) kirishga egadir. Sxemalarda OK uchburchak tarzidan ifodalanadi (17.5-rasm, a). Signal qaysi kirishga berilganiga qarab OK inventarlovchi yoki noinventorlovchi usullarda ulanadi.

Inventarlovchi usulda kirish kuchlanishi OK ning noinventorlovchi kirishiga beriladi (17.5-rasm, v). Noinventorlovchi kirish esa nol potentsialga egadir.



17.5-rasm. Operatsion kuchaytirgich sxemasi va tavsifi.

#### 17.4. Chastota ajratuvchi kuchaytirgichlar

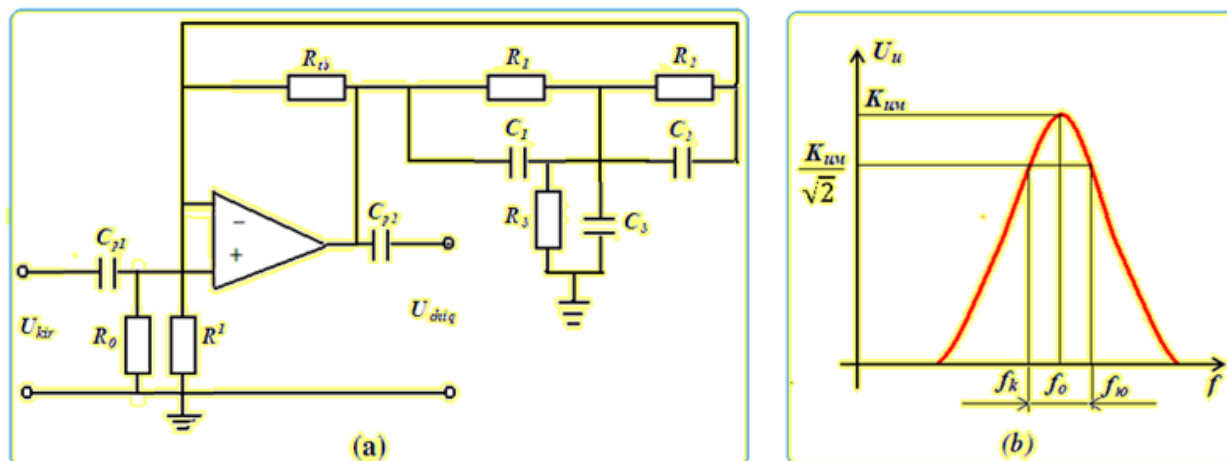
Sozlash chastotasi ( $f_0$ ) dan farq qiluvchi chastotalarda teskari bog'lanish koeffitsienti birga yaqinlashib, chiqishdagi signal butunlay kirishga beriladi. Kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti juda kichik bo'ladi. Ayrim chastotalar va chastotalar doirasida kuchaytiruvchi kuchaytirgichlar *chastota ajratuvchi kuchaytirgichlar* deyiladi. Bunday kuchaytirgichlarning yuqori va quyi chastotalar nisbati  $I_{yu}/I_k$  birga yaqin, ya'ni 1,001 dan 1,1 gacha bo'ladi. Chastota ajratuvchi kuchaytirgichlar radiotexnika, televidenie, ko'p kanalli aloqa tizimlarida keng qo'llaniladi.

Manbadan tarqaladigan elektr signallar (tovush, videoimpulslar) chastotasiga sozlangan chastota ajratuvchi kuchaytirgich faqat shu chastotadagi signalnigina kuchaytirib beradi. Yuqorida ko'rib chiqilgan sxemamiz tovush va sanoat chastotalarida ishlaydi va chastota ajratish uchun uning RC zanjiri parametrlari.  $R_1 = R_2 = R_3$ ,  $R_3 = R/2$ ,  $C_1 = C_2 - C_3$  va  $C_3 = 2C$  shartlarni qanoatlantirishi kerak. Yuqori

chastotali ajratuvchi kuchaytirgichlarda oddiy kuchaytirgichning kollektor zanjiriga LC kontur ulanadi, LC rezonans rejimida ishlaydi.

$$I_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ chastotada kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti maksimal qiymatga ega}$$

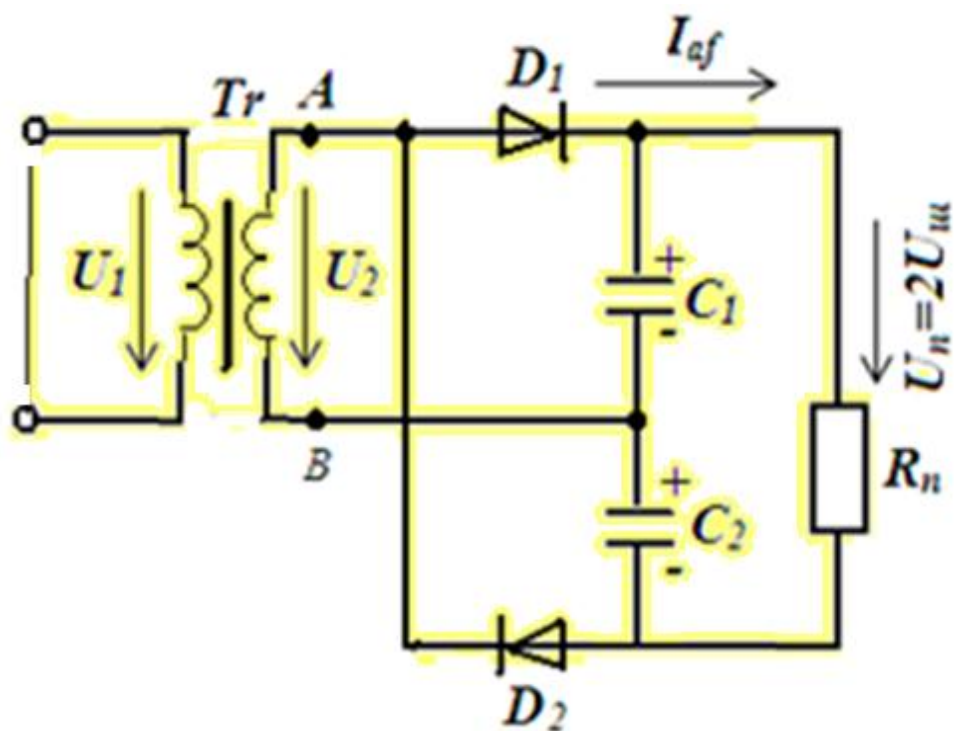
bo'ladi. 17.6-rasmda chastota kuchaytirgichning sxemasi keltirilgan.



17.6-rasm. Chastota kuchaytirgich sxemasi.

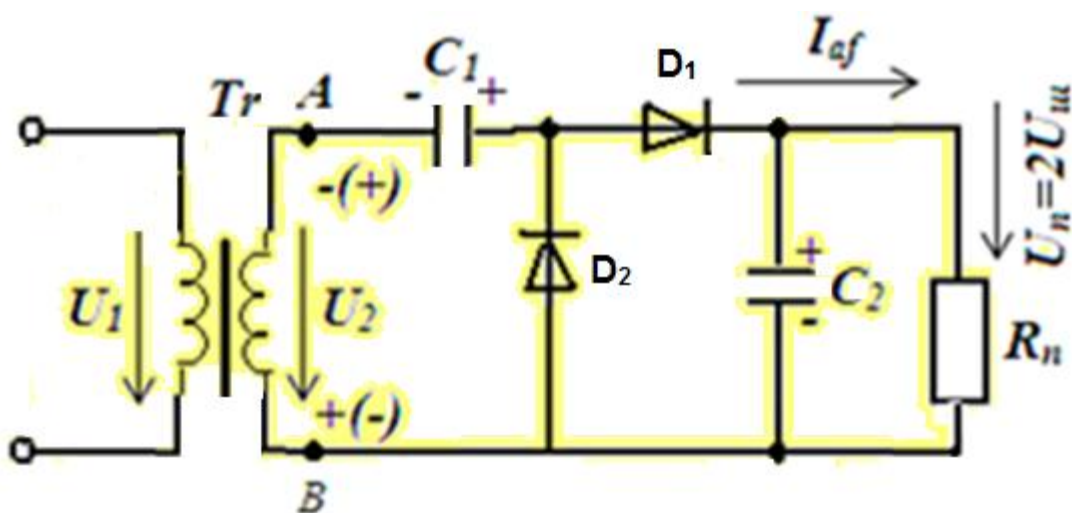
### 17.5. Kuchlanish kuchaytirgichlari.

Kuchlanish kuchaytirgichlari qurilma chiqishida qurilma kirishidagidan bir necha barobar ko'p kuchlanish olishda qo'llaniladi. Oxirgi vaqtlarda bu uskunalar juda ko'p qo'llanilmoqda, chunki ular yuqori kuchlanish transformatorlarini o'rnini bosadi. Bunday almashtirishda o'lchamlar va massadan yutiladi. 17.7-rasmda kuchlanishni parallel ikki barobar oshiruvchi uskuna sxemasi keltirilgan. U transformatorning bitta ikkilamchi chulg'amiga ulangan ikkita bir yarim davrli to'g'irlagich ko'rinishidadir. Agar A nuqta musbat potentsial, B nuqta manfiy potentsialga ega bo'lganda D<sub>1</sub> diod ochiq, D<sub>2</sub> diod yopiq bo'ladi. Bu vaqtda C1 kondensator ochiq bo'lgan D<sub>1</sub> diod orqali U<sub>st</sub> amplituda qiymatigacha zaryadlanadi. Keyingi yarim davrda V nuqta musbat, A nuqta manfiy potentsialga ega bo'ladi, D<sub>1</sub> diod yopiq, D<sub>2</sub> diod esa ochiq bo'ladi. Bu yarim davrda D<sub>2</sub> diod C2 kondensatorni zaryadlaydi. C1 va C2 kondensatorlar chiqishga nisbatan ketma-ket ulangan bo'ladi.



17.7-rasm. Parallel kuchlanishni ikki barobar oshirish sxemasi.

Kondensatorlardagi kuchlanish qutblanishi shundayki, razryadlanish vaqt doimiysi  $\tau_{\text{razr}} = CR_{\text{VU}} \geq T/2$  (bu yerda  $C=C1=C2$ ,  $T$ -kirish kuchlanish davri) bo'lganda uskunaning chiqish kuchlanishi transformatorning ikkilamchi chulg'aming kuchlanishining ikkillangan qiymatiga teng bo'ladi. 17.8-rasmda kuchlanishni ikki barobar oshiruvchining sxemasi keltirilgan.

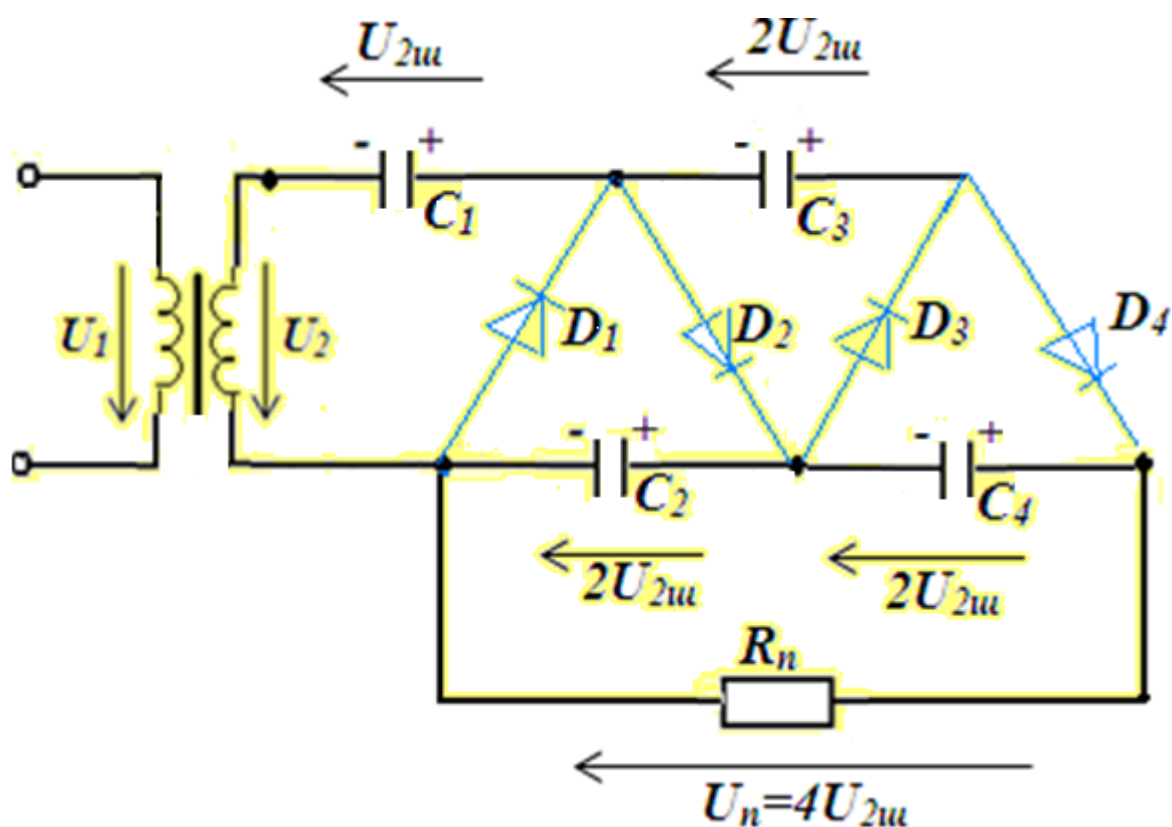


17.8-rasm. Ketma-ket kuchlanishni ikki barobar kuchaytirgich sxemasi.

Kirish kuchlanishini biror bir yarim davrda, qachonki B nuqta potentsiali musbat, A nuqta potentsiali manfiy bo'lganda  $D_1$  diod ochiq,  $D_2$  diod yopiq bo'ladi. Bu vaqtda  $C1$  kondensatori  $D_1$  orqali  $U_{2T}$  kuchlanish

amplituda qiymatigacha zaryadlanadi. Keyingi yarim davrda A nuqta potentsiali musbat, V nuqta potentsiali manfiy bo'ladi,  $D_1$  diod yopiq,  $D_2$  diod ochiq bo'ladi. Bunda  $C_2$  kondensator  $D_2$  diod orqali zaryadlanishni boshlaydi, ya'ni transformatorning ikkilamchi chulg'ami kirishidan  $U_2$  va zaryadlangan  $C_1$  kondensatoridan zaryadlanadi. Buning oqibatida  $R_{\text{YU}}$  qarshiligida kuchlanish qiymati  $U_{2T}$  kuchlanish ikki barobar oshirilgan qiymatiga teng bo'ladi.

Ketma-ket sxemani kuchlanish ikki barobar oshiruvchi uskunaning parallelga nisbatan bir qator afzalliklari mavjud: chiqish kuchlanishi pulsatsiyasi, ishlash stabilligi yuqori. Bundan tashqari bir necha ketma- ket kuchaytirgichlardan to'rt barobar kuchlanish oshiruvchi sistemalarni yig'ish mumkin. To'rt barobar oshiruvchini bir-biriga qo'shib, kuchlanishni 8 barobar oshirish mumkin. Shuning uchun ketma-ket sxemali kuchlanishni ikki barobar oshiruvchi sxemalar ko'prok qo'llaniladi.



17.9-rasm. Kuchlanishni 4 barobar oshiruvchi uskuna sxemasi.

Kuchlanish kuchaytirgichlari yordamida chiqishda bir necha 10 kV kuchlanish olish mumkin, bunda kichik nominal kuchlanishli, kichik o'lchamli va arzon (kondensatorlar va diodlar) uskunalar qo'llaniladi.

Barcha kuchaytirgichlarning kamchiligi: ularning kichikligi va FIK pastligidir.



Hozirgi paytda K299 seriyali IMSlar ishlab chiqarilmoqda va keng qo'llanilmoqda. Bu IMS yordamida tok  $I_H \leq 200$  mA bo'lganda 2000-2400 V chiqish kuchlanishini olish mumkin. Maslan, K229EVI IMSlar 4 barobar oshiruvchi hisoblanadi va 17.9-rasmda sxemasi keltirilgan.

#### Nazorat savollari

1. Elektron kuchaytirgichga ta'rif bering.
2. Kuchaytirgich qurilmasi qanday qismlardan iborat?
3. Bitta kuchaytiruvchi elementi bo'lgan zanjir qanday ataladi?
4. Ish rejimiga ko'ra qanday kuchaytirgichlarga bo'linadi?
5. Ikki signal farqini kuchaytiruvchi qurilma qanday nomlanadi?
6. Operatsion kuchaytirgichlar (OK) qanday parametrlari bilan xarakterlanadi?
7. Ayrim chastotalar va chastotalar doirasida kuchaytiruvchi kuchaytirgichlar qanday nomlanadi?
8. Qurilma chiqishida qurilma kirishidagidan bir necha barobar ko'p kuchlanish olishda qanday kuchaytirgichlar qo'llaniladi?

## V bob. 18-mavzu.

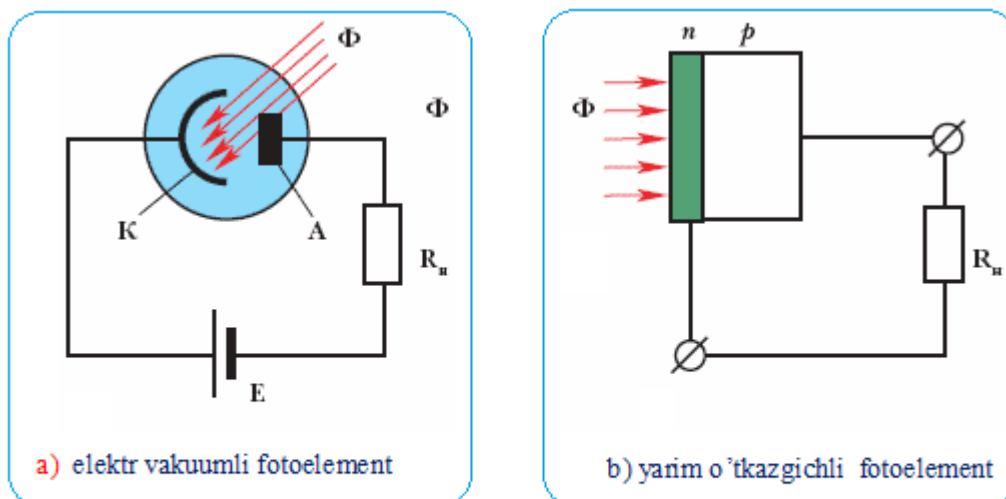
### QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARI.

Reja:

- 18.1 Fotoelementlar,
- 18.2 Invertorlar,
- 18.3 Yuqori hajmli akkumulyatorlar,
- 18.4 Mikrogeslar,
- 18.5 Biogazgeneratorlar,

#### 18.1. Fotoelementlar.

Fotoelementlar– yorug'lik tushishi bilan elektr yurituvchi kuchi (foto EÜyK) hosil qiladigan qurilma. Fotoelementlarni elektr vakuumli va yarim o'tkazgichli turlarga ajratiladi(18.1-rasm.).



K – fotokatod; A – anod;  $\Phi$  – yorug'lik oqimi; n va p - donor va akseptor qo'shimchali yarim o'tkazgich chegaralari; E – o'zgarmas tok manbai;  $R_n$  – yuklama resistor.

18.1-rasm. Fotoelement turlari.

Hozirda dunyodagi barcha ma'lum fotoelementlar ikkita katta guruhga bo'linadi:

1. Kristall kremniyli, yupqa plyonkali fotoelementlar;
2. Organik fotoelementlar.

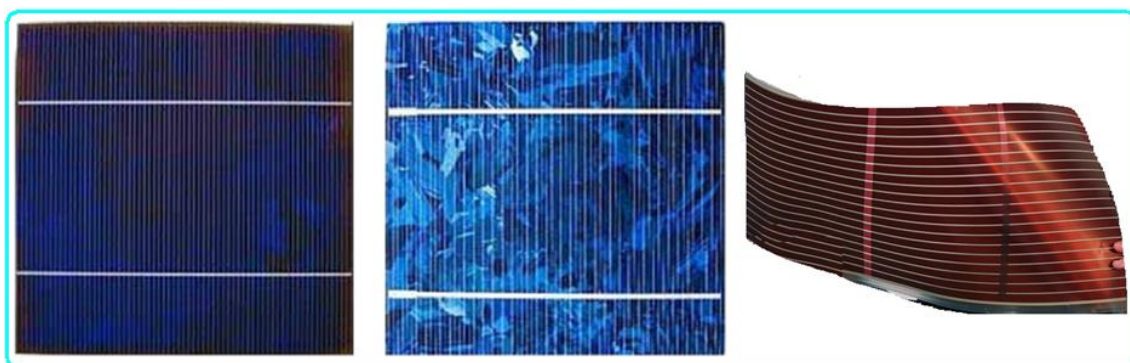
Kristall kremniyli fotoelementlar - Kristall kremniyli fotoelementlar bu boradagi dastlabki texnologiyalardan hisoblanadi. Ushbu texnologiyalardan qator yillar davomida kosmonavtikada foydalanib kelinmoqda.

Kremniyli fotoelement ikki qatlamdan iborat. Ichki qatlam – yuqori tozalikdagi kristall kremniy, tashqi qatlam esa qo'shimchalar (masalan fosfor) qo'shilgan kremniydan iborat vo'ladi.

Monokristall va polikristall fotoelementlar - Monokristall kremniy yuqori sofligi evaziga eng yuqori (18% gacha) foydali ish koeffitsientiga (FIK) va eng uzoq xizmat muddati (50 yilgacha) ega. Uni tayyorlash texnologiyasi murakkab hisoblanadi.

Polikristall kremniyni tayyorlash nisbatan engilroq, shunga yarasha FIK-15%, xizmat muddati esa 25 yilgacha. Shu sababli odatda bunday panellar arzonroq narxlarda taklif etiladi.

Bundan tashqari yana ham arzonroq amorf kremniydan tayyorlangan quyosh panellari mavjud bo'lib, ularning FIK-8-10%, xizmat muddati esa 8-10 yildan ortmaydi(18.2-rasm.).



18.2.-rasm. Chapdan monokristalli, polikristalli va elastik asosli quyosh elementlari.

Yupqa plyonkali fotoelementlar - Amorf kremniy asosidagi elementlardan yasalgan (CIS (CIGS) va CdTe texnologiyalari) yupqa plyonkali fotoelementlar ko'p tarqalgan bo'lib, ularning narxi qariyb ikki marta arzon.

CIS (CIGS) fotoelementlari –

- CIS – Copper Indium Selenide, selenning mis va indiy bilan birikmasi,
- CIGS – Copper Indium Gallium Selenide, selenning mis, indiy va galliy bilan birikmasi.

Bunday elementlarda kremniy umuman yo'q. Ularning FIKsi 11%ni tashkil etadi. Bu ko'rsatkich yuqqa plyonkali fotoelementlar orasida eng yuqorisi hisoblanadi. Bundan tashqari ular ob-havoning bulutli, uncha yorug' bo'lmagan paytlari boshqalardan samaraliroq ishlaydi.

CdTe fotoelementlari - Bunday fotoelementlar asosida kadmiy va tellur birikmalari yotadi. FIKsi 9%.

## **18.2. Invertorlar.**

Amaliyotda ko'p hollarda o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirish talab etiladi. O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirib beruvchi qurilma *invertor* deb ataladi.

Invertorlar o'zgarmas tok zanjiridagi energiyani o'zgaruvchan tok zanjiriga uzatishi mumkin. Bunda invertorning ishi manbaning o'zgaruvchan kuchlanishi bilan bog'lanadi. Invertor esa manbaga bog'langan deyiladi. Agar invertor iste'molchini manba bilan bog'lanmagan holda energiya bilan ta'minlasa, u avtonom invertor deyiladi.

Invertorlash jarayoni to'g'rilash jarayoniga teskaridir.

Tiristorli o'zgartirgichlar o'zgarmas tok dvigatellarining tezligini boshqarish va aylanish yo'nalishini o'zgartirishda keng qo'llaniladi.

Mustaqqil ishlovchi invertorlar avtonom invertorlar deyiladi. Avtonom invertorlar tok invertorlari va kuchlanish invertorlariga bo'linadi(18.3 – rasm).

## Kichik quvvatli inverter (toza sinus)



- Inverter (off-grid) – quvvati 300 dan 3000 Vt gacha;
- Kirish kuchlanishi DC – 12V yoki 24V;
- Chiqish kuchlanishi – 220V, toza sinus;
- Ixcham qurilmalarni zaryadlash uchun USB chiqish 5V;
- Chastota – 50 Gts

## SG seriyali on-grid inverter



- Inverter (on-grid) – quvvati 1 dan 10 kVt gacha, 220 V li iste'mol tarmog'ida ishlatishga mo'ljallangan;
- Kirish kuchlanishi DC – 150-380V;
- Maksimal kirish toki – 10A;
- Chiqish kuchlanishi – 220V, toza sinus;
- Maksimal samaradorligi – 93%;
- Kommunikatsion port – RS 485;
- Suyuq kristall display.

18.3 – rasm. Hozirda qo'llanilayotgan inverterlar

### 18.3. Yuqori hajmli akkumulyatorlar.

Gelli akkumulyatorlar - Gelli akkumulyatorlarning ishlash tamoyili oddiy kislotali akkumulyatorlarnikiga o'xshash. Faqat gelli akkumulyatorlardagi elektrolitlarga ularni gel holatiga keltiruvchi kimyoviy elementlar qo'shiladi.

Hozirda gelli akkumulyatorlarning ikki rusumi ishlab chiqarilmoqda.

1. Birinchisi GEL akkumulyatorlari deb belgilanadi. Ular energiya sig'imini pasaytirmasdan 800 martagacha zaryadlanib-razryadlanishi mumkin. Ishlash muddati 10-12 yilgacha.

2. Ikkinchisi AGM akkumulyatorlari deb belgilanadi. Ulardagi elektrolit shisha toladan tayyorlangan maxsus separatorga joylashtiriladi. Ular energiya sig'imini pasaytirmasdan 400 martagacha zaryadlanib-razryadlanishi mumkin.

Konstruktiv jihatdan gelli akkumulyatorlar kislotali akkumulyatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega:

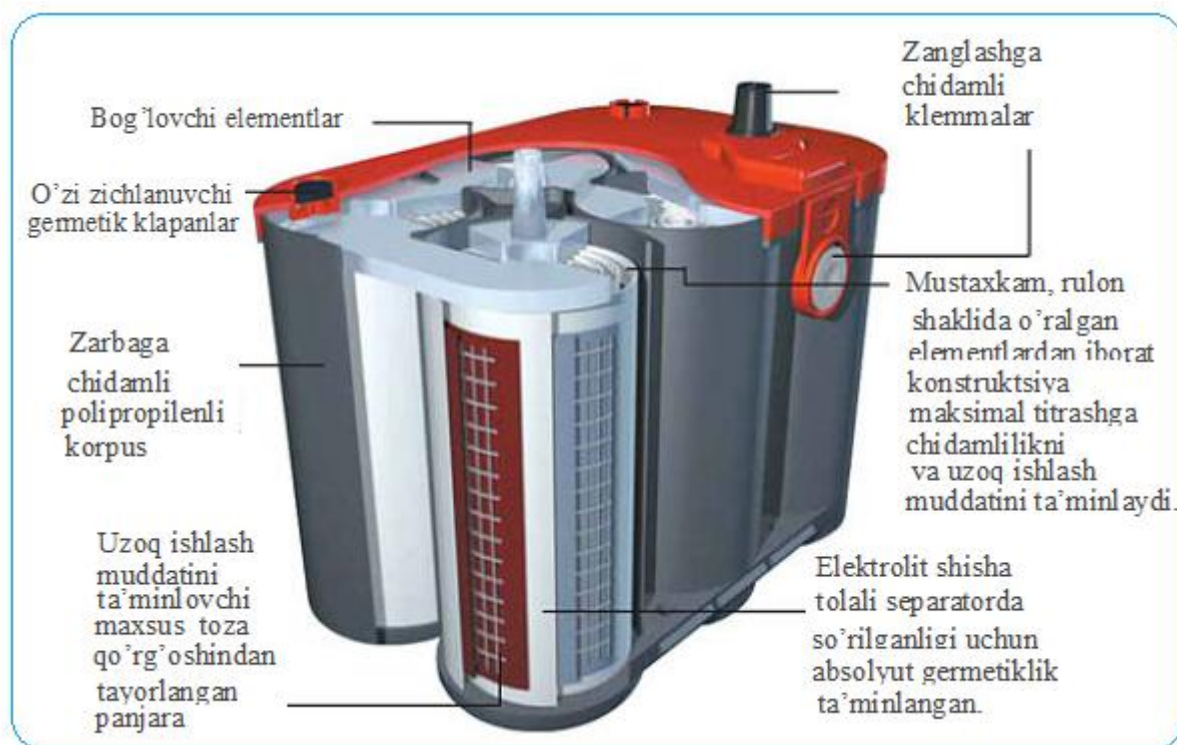
- Gelli akkumulyatorlarga xizmat ko'rsatish talab etilmaydi;
- Korpus yorilganda elektrolit oqib chiqmaydi;
- Zaryadlashda zaxarli bug' chiqmaydi.

Gelli akkumulyatorlarning kamchiliklari:

1. Zaryadlash kuchlanishining o'zgarishiga o'ta sezuvchanligi. Zaryadlash kuchlanishi aniq 14,4 V bo'lishi shart. Aks holda elektrolit erib ketadi va uni tiklab bo'lmaydi.
2. Havoning sovib ketishiga chidamsizligi. Haroratning sezilarli pasayib ketishida elektrolit muzlab, uning zaryadi ikki va undan ziyod kamayib ketishi mumkin.
3. Eletr qisqa tutashuvining eng qisqa vaqtdagi sharoitlarida ham butunlay ishdan chiqishi mumkin.

Ularni zaryadlash toki oddiy kislotali akkumulyatorlarnikidan yuqori bo'ladi. Ba'zilarida 30 ampergacha etishi mumkin. Maksimal razryadlanish toki - akkumulyator 30 sek davomida qancha miqdorda tok o'tkaza olish imkoniyatini ko'rsatadi. Bu parameter akkumulyatorning ishga tushirish toki

deb ataladi. Avtomobillar uchun gelli akkumulyatorlarning ishga tushirish toki 550-950 Amper atrofida bo'ladi (18.4 – rasm).



18.4 – rasm. Gelli akkumulyatorning tuzilishi.

Litiy-ion akkumulyatorlar - Hozirda elektromobillarda asosan litiy-ion akkumulyatorlar qo'llanilmoqda. 1991 yilda SONY kompaniyasi birinchilardan bo'lib litiy asosidagi aralashmali katodga ega bo'lgan akkumulyatorni yaratdilar. Usha davrda ushbu akkumulyatorlar odatdagi qo'rg'oshin-kislotali akkumulyatorlarga nisbatan 1 kg og'irlikga to'g'ri keladigan elektr sig'im bo'yicha 4-5 barobar samaraliroq edi.

1996 yilda  $\text{LiFePO}_4$  asosidagi aralashmali katodga ega bo'lgan akkumulyatorni yaratildi va u 2005-2006 yillarda keng miq'yosda ishlab chiqarila boshlandi.

Nissan Leaf kompaniyasi  $\text{LiMn}_2\text{O}_2$  asosidagi aralashmali katodga ega bo'lgan akkumulyatorni yaratildi. Ularning nisbiy elektr sig'imi 80 Vt/kg – yani masalan 16 kVt.s elektr sig'imi olish uchun 200 kg massali akkumulyator talab etiladi.

Tesla kompaniyasi ham konstruksiyasida litiy (Li), nikel (Ni), kobalt (Co), alyuminiy (Al) bo'lgan, nisbiy elektr sig'imi 85-90 Vt/kg bo'lgan akkumulyatorlardan foydalanadi.

#### Litium-ion akkumulyatorlarning afzalliklari:

- Akkumulyatorlarning barcha turlari ichida energiyaning eng yuqori zichligi;
- NiMH va NiCd larga nisbatan bir element kuchlanishining 3 barobar va qo'rg'oshin-kislotali akkumulyatorlarga nisbatan 2 barobar yuqoriligi (3,6 V);
- Bataryalarni qisqa fursatda zaryadlanishi (90% sig'imgacha 30-40 daqiqada);
- Yuqori resurs ko'rsatkichi (1000 martagacha zaryadlanish-razryadlanish);
- Salt holatda razryadlanish ko'rsatkichining pastligi (bir oyda 5%)
- Oldindan qayta ishlanmay utilizatsiya qilinishi.

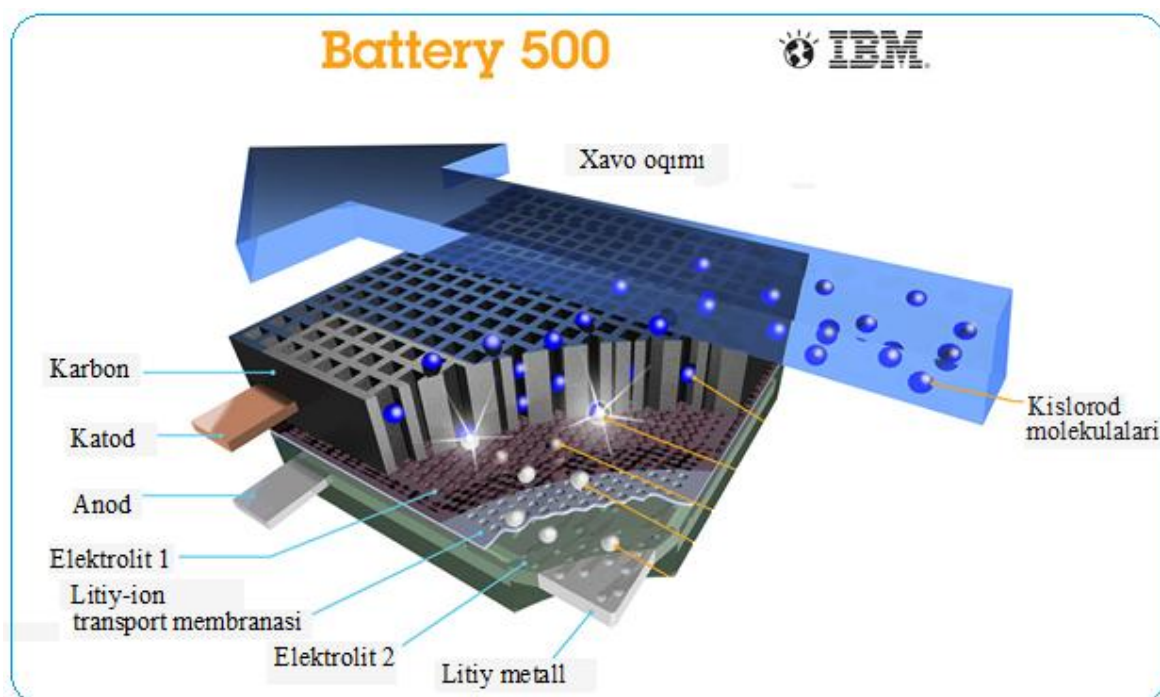
#### Litium-ion akkumulyatorlarning kamchiliklari:

- Mexanik shikastlanishda yoki qayta zaryadlashda portlash xavfi borligi;
- Ishlash muddatining nisbatan qisqaligi (o'rtacha 5-6 yil);
- Narxining yuqoriligi.
- Hozirda litium-ion akkumulyatorlarda metall litium emas, balki ion litium qo'llanilmoqda.

Zaryadlanish-razryadlanish rejimini nazorat qiluvchi BMS tizimi litium-ion akkumulyatorlarni portlashiga olib keluvchi metal-litium hosil bo'lishini oldini oladi.

Grafenli akkumulyatorlar - IBM Battery 500 rusumli litium-havo akkumulyator – nisbatan engil va 800 km gacha masofani bosib o'tish imkonini beradi. Bu texnologiya akkumulyator panjara shaklida bo'lib, uning oralaridan havo o'tadi. Zaryadlashda kislorod molekullari ionlashadi, razryadlanishda esa panjara orqali o'tib zaryad beradi. Bu bir qarashda sodda uslub bo'lsada, olimlar ushbu texnologiyani 2020-2030 yillarga joriy etilishini bashorat qilishmoqda (18.5 – rasm).





18.5- rasm. IBM Battery 500 rusumli litiy-havo akkumulyatorining tuzilishi.

#### 18.4. Mikrogeslar.

Gidroenergetika dunyodagi umumiy energiya iste'molining 20% ini ta'minlaydi va 30 dan yuqori davlatlarning asosiy energiya manbai hisoblanadi. Gidroenergetikaning energetik samaradorligi uning 2000 yillik tarixi davomida foydali ish koeffitsienti 10% bo'lgan oddiy charxpalakdan to FIK i 95% gacha bo'lgan gidroturbinagacha bo'lgan yo'lni bosib o'tib sezilarli rivojlanishga erishdi.

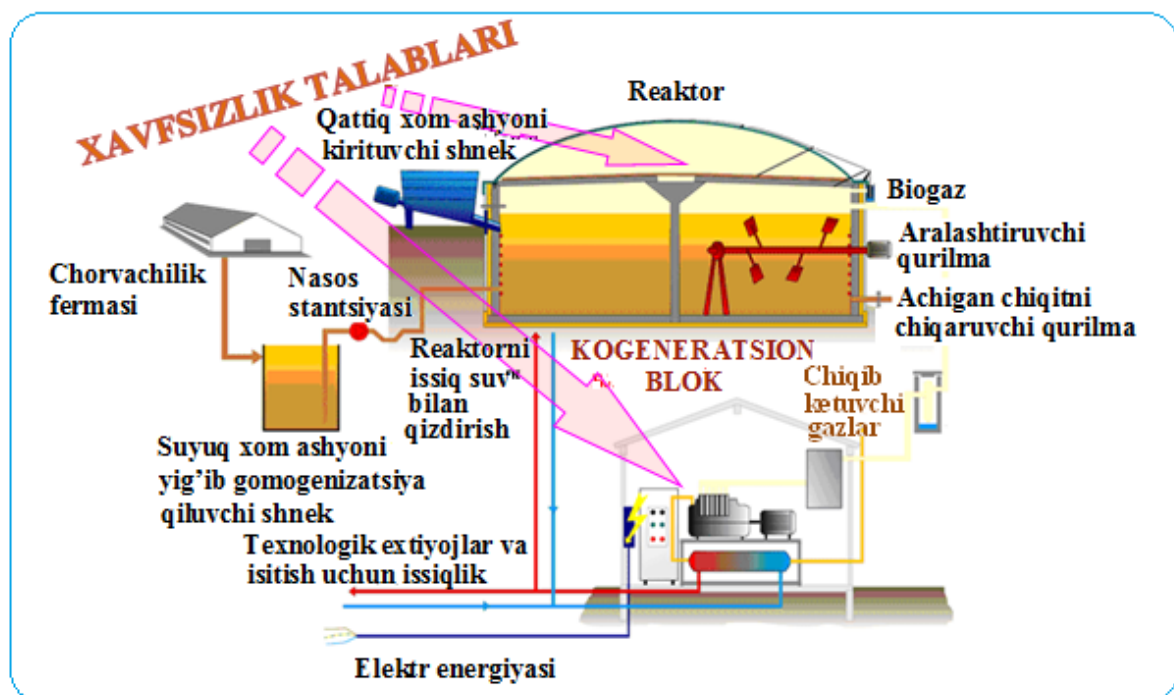
Kichik GES lar deyilganda nisbatan kichik quvvatli va markazlashgan elektr ta'minotdan uzoqda joylashgan iste'molchilar va iste'molchilar guruhlarining manfaati uchun ularning moddiy vositalari va ularning ishchi kuchidan foydalanib quriladigan gidroelektr stansiyalar tushuniladi.

Bunday iste'molchilarga qishloq xo'jalik kooperativlari, uncha katta bo'lmagan ishlab chiqarish tashkilotlari, fermer xo'jaliklari va ba'zi hollarda kam elektr energiya iste'mol qiladigan yirik tashkilotlar va boshqalar kiradi. Kichik GES lar bo'lib o'rnatilgan quvvati 20-30 MVtdan oshmaydigan elektrostansiyalar hisoblanadi. O'rnatilgan quvvati 100 kVt gidroelektr stansiyalar mikroGES lar kategoriyasiga kiradi.

#### 5.3.5. Biogazgeneratorlar.

Biogaz-elektr energiya olish tizimi asosan chorva va boshqa maishiy chiqindilarni qayta ishlash hisobiga amalga oshiriladi.

## BIOGAZ-ELEKTR ENERGIYA OLIISH TIZIMI



18.6– rasm. Biogaz-elekr energiya olish tizimi.

### Nazorat savollari

1. Invertor deb nimaga aytiladi?
2. Agar invertor iste'molchini manba bilan bog'lanmagan holda energiya bilan ta'minlasa u nima deb ataladi?
3. O'zgartirgich to'g'rilash rejimidan invertorlash rejimiga o'tishi uchun, qaysi shartlar bajarilishi kerak?
4. O'zgarmas tok elektr uzatish liniyalarida to'g'rilagich sifatida ishlovchi nima o'rnatiladi?
5. Tiristorli o'zgartirgichlarning funktsiyasi va ishlash tamoyili?

## Foydalanilgan adabiyotlar va internet resurslar

1. Karimov A.S. va boshqalar. Elektrotexnika va elektronika asoslari. -T.: O'qituvchi, 1995. - 469 b.
2. A.I.Xonboboev, N.A.Xalilov. Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari. -T.: O'zbekiston, 2000.- 448 b.
3. Majidov S.M. Elektrotexnika.- Toshkent.: O'qituvchi, 2000. -262 b.
4. Majidov S.M., Berdiev U.T. va boshqalar. Elektr mashina va elektr yuritmalardan praktikum. - Toshkent.: O'qituvchi, 2005. - 175 b.
5. Austin Hughes, Electric Motors and Drives, Fundamentals, Types and Applications Third edition, ISBN-10: 0-7506-4718-3, Copyright 2006, Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.
6. Mohamed E. El-Hawary, Electrical Energy Systems, Dalhousie University, CRC Press Boca Raton London, New York, Washington, D.C., 2000 CRC Press LLC.
7. Jabbarov N.G. Yakubov M.S. Elektrotexnika va elektronika masalalar to'plami. 2006. - 210 b.
8. Кацман М.М. Электрические машины. – Москва.:Академия, 2007. –492 с.
9. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины (Машины переменного тока). – Санкт Петербург.: Piter Press, 2008. - 349 с.
10. Salimov J.S., Pirmatov N.B. - Elektr mashinalari. Toshkent.: O'zbekiston faylasuflar jamiyati nashriyoti, 2011y.-372 b.
11. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. - Elektromexanika. Toshkent.: "Shams ASA" bosmaxonasi, 2014y.-385 b.
12. Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. и др. Управление качеством электроэнергии.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп.М.: Издательский дом МЭИ,2017. -347с.
13. [elektron.ru/](http://elektron.ru/)
14. <https://eleczon.ru/ucება/osnovi.html>
15. <https://www.for-styudents.ru/obschaya-elektrotehnika/uchebniki/>
16. Amirov S.F. Yakubov M.S. Jabbarov N.G. Elektr o'lchashlar. Toshkent: "O'zbekiston" nashriyoti matbaa ijodiy uyi, 2007.- 226 b.
17. Е.Д. Шабалдин, Г.К. Смолин, В.И. Уткин, А.П. Зарубин. Метрология и электрические измерения. Екатеринбург. Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.- пед. ун-т», 2006. 282 с.
18. <https://www.setrix.ru/vibrometr-dpk-vibro.>
19. [https://pribory-si.ru/catalog/4201-01/.](https://pribory-si.ru/catalog/4201-01/)

	<p><b>Bokiye Abdujolol Abdulkhamitovich</b> - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Elektrotexnika va mexatronika" kafedrasida dotsenti, texnika fanlari nomzodi.</p> <p>1978-1979 yy.- Xarkov motorsozlik zavodi «Cho'yan quyuv» sexi, texnik-elektrik; 1979-1988 yy.- Andijon paxtachilik instituti «Qishloq xo'jaligi ishlab-chiqarishini elektrlashtirish» kafedrasida o'quv ustasi; 1988-1996 yy.- «Mehnat» tajriba qishloq xo'jalik ilmiy - ishlab chiqarish shirkati raisi; 1996-1998 yy.- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti aspiranti; 1999-2000 yy.- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti Ilmiy-tadqiqot bo'limi injeneri; 2000-2001 yy.- O'zbekiston Respublikasi Qishloq va suv xo'jaligi vazirligi «Fan texnika yutuqlari, ilg'or tajribalarni targ'ibot va joriy etish» boshqarmasi etakchi mutaxassisi; 2001-2009 yy.- O'zbekiston Qishloq xo'jalik ilmiy-ishlab chiqarish markazi, «Yangi texnika vositalarini yaratish ishlarini muvofiqlashtirish» bo'limi bosh mutaxassisi, bo'limi boshlig'i vazifasini bajaruvchisi, bo'lim boshlig'i; 2007-2008 yy.- O'rindoshlik asosida O'zbekiston Respublikasi Qishloq va suv xo'jaligi vazirligi Qishloq va suv xo'jaligida standartlashtirish markazi DUK direktori; 2008-2010 yy.- O'rindoshlik asosida O'zbekiston Qishloq xo'jalik ilmiy-ishlab chiqarish markazi Qishloq xo'jaligini elektrlashtirish ilmiy-tadqiqot markazi DUK direktori; 2008-2011 yy.- O'zbekiston Respublikasi Qishloq va suv xo'jaligi vazirligi Qishloq va suv xo'jaligida standartlashtirish markazi katta ilmiy xodimi; 2012-2016 yy. - Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti "Elektrotexnika va elektr yuritma" kafedrasida mudiri. 2016-h.v.</p> <p>Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti "Elektrotexnika va elektr yuritma" kafedrasida va Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Elektrotexnika va mexatronika" kafedrasida dotsenti.</p>
	<p><b>Denmuxammadiyev Aktam Mavlonovich</b> - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Elektrotexnika va mexatronika" kafedrasida dotsenti, texnika fanlari nomzodi.</p> <p>1985-1987 yy.- Qashqadaryo viloyati "Qarshiqurilish" birlashmasi Nishon tumani RUES elektr montajchisi; 1987-1988 yy.- Qashqadaryo viloyati "Qashqadaryovilagrosanoat" 2-sonli qurilish tresti etakchi muhandis-energetigi; 1988-1991 yy.- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti aspiranti; 1991-1992 yy.- Toshkent shahar "Iskra" ilmiy-ishlab chiqarish kichik korxonasi ilmiy xodimi, katta ilmiy xodimi, kichik korxonaning Qashqadaryo "Uchqun" filiali direktori, ilmiy xodimi; 1993-1994 yy.- Qashqadaryo viloyati Yakkabog' shahri o'rta maktab fizika-matematika o'qituvchisi; 1994-1995 yy.- Toshkent Davlat texnika universiteti Qarshi filiali "Energetika fanlari" katta o'qituvchisi, dotsenti, kafedra mudiri; 1995-1999 yy.- Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti "Energetika fanlari" kafedrasida mudiri, 1999-2012 yy.- Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti "Elektr energetikasi" kafedrasida mudiri, dotsenti; 2012-2017 yy.- Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti "Elektrotexnika va elektr yuritma" kafedrasida dotsenti, kafedra mudiri vazifasini vaqtincha bajaruvchi; 2017-2017 yy.- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Elektrotexnika va mexatronika" kafedrasida mudiri vazifasini vaqtincha bajaruvchi; 2017-h.v. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Elektrotexnika va mexatronika" kafedrasida dotsenti. Ilmiy-pedagoglik faoliyati davomida 70 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlarni chop ettirgan(jumladan: 1 monografiya, 3 ta ixtiro).</p>