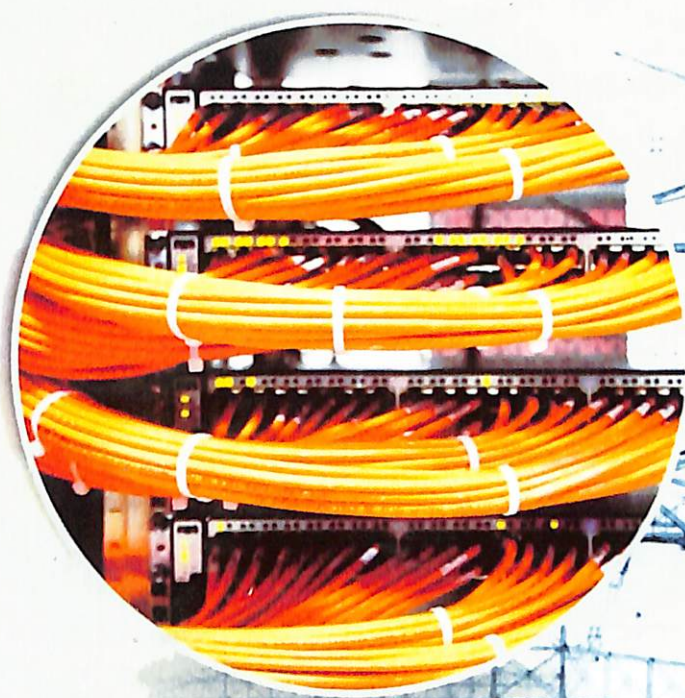


A.U. MIRISAYEV

ELEKTROTEKNIKA VA ELEKTRONIKA



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAHSUS TA'LIM VAZIRLIGI

A.U. Mirisayev

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA

«BOOK TRADE 2022»
Toshkent –2022



Elektrotexnika va elektronika A.U. Mirisayev. Darslik. TAQI". –T.: 2022.
– 220 bet

Taqrizchilar:

Sh.B.Umarov – Toshkent davlat texnika universiteti "Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari" kafedrası professori, t.f.d.

S.S.Xudoyberdiyev – Toshkent arxitektura-qurilish instituti "Matematika va tabiiy fanlar" kafedrası dotsenti, f-m.f.n.

Ushbu darslik ilg'or xorijiy adabiyotlardagi materiallardan foydalanilgan holda qurilish sohasi ta'lim yonalishi bakalavr talabalari uchun tayyorlangan. Qurilish sohasi tez sur'atlar bilan rivojlanib borishi, oliy o'quv yurtida tayyorlanayotgan mutaxassislarni "Elektrotexnika va elektronika" fanini chuqur o'rganishga zaruriyat tug'ilmoqda.

Darslik elektrotexnika va elektronikaning barcha zarur qismlarini o'z ichiga qamrab olgan. Bular – o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari va ularga xos elektromagnit hodisalar va qonuniyatlar, elektromagnit qurilma va asboblari, elektr mashinalar, elektron va yarim o'tkazgichli texnika asboblari, uzatish, taqsimlash va is'temol qilish masalalari kiritilgan. Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan (Grif 538-529)

This textbook is devoted for the study of the course Construction field thus Contemporary materials of foreign literature are used in its content. The course "Electrical engineering and electronics" is intended for general engineering in construction of a theoretical basis for studying the subsequent disciplines of specialists studying in the field of electronics which requires specialists to know the main sections of the course.

The textbook includes basic questions and laws on electrical engineering and the basics of electronics. These are permanent and alternating currents, electrical circuits and the law of electromagnetic induction, electromagnetic equipment, semiconductor and electronic devices, and the generation and use (Grif 538-529).

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2022-yil 25 dekabrda 538-sonli buyrug'iga asosan darslik sifatida nashrga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9943-8554-3-4

SO'Z BOSHI

Texnikaning o'sishi aksariyat elektrotexnikaning muvaffaqiyatlari bilan uzviy bog'liq. Har bir muhandis o'zining ilmiy va ijodiy ishlarida ishlab chiqarish proseslarini mehanizatsiyalash va avtomatlashtirish maqsadida turli texnika omillaridan foydalandi.

Ushbu "Elektrotexnika va elektronika" nomli darslik qurilish sohasi bo'yicha muhandis texnik xodimlarni elektrotehnika va elektronika fani bo'yicha tushuncha olishlari, loyihalash va ilmiy izlanishlarda foydalanishlari uchun mo'ljallab yozilgan.

Bugungi kunda qurilish sohasining tez sur'atlar bilan rivojlanib borishi, yangi texnika va texnologiyalar qurilish jarayonlariga kirib kelishi mashina va mexanizmlarni ishga tushirish va ular tezligini boshqarish bilan bog'liq masalalarni echish zaruriyati mavjud bo'lganligi sababli, tayyorlanayotgan mutaxassislarni "Elektrotexnika va elektronika" fanini chuqur o'rganishga zaruriyat tug'ilmoqda.

"Elektrotexnika va elektronika" fanida bugungi kunda qurilishda foydalanilayotgan elektr elektr jixozlarning tarkibiy qismini tashkil qiluvchi qurilmalarni o'rganishga bag'ishlangan.

Darslik elektrotexnika va elektronikaning barcha yo'nalishlarini o'z ichiga qamrab olgan. Bular – o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari va ularga xos elektromagnit hodisalar va qonuniyatlar, elektromagnit qurilma va asboblari, elektr mashina va apparatlar, elektron va yarim o'tkazgichli texnika asboblari masalalari ko'rilgan.

Ushbu darslik asosiy elektr jihozlari va elektron qurilmalar, hamda ularning ishlash prinsiplarini o'rganishga qaratilgan va bo'lajak mutaxassislarning puxta bilim olishlari uchun hamda mustaqil malaka oshirishlari uchun o'zbek tilidagi darslik hisoblanadi. "Elektrotexnika va elektronika" fani "Fizika", "Oliy matematika" fanlari bilan uzviy bog'liq bo'lib, ushbu fanlar bo'yicha boshlang'ich ko'nikmalarga ega bo'lgan mutaxassislar uchun tavsiya etiladi.

Zamonaviy elektr uskunalari murakkab elektromexanik apparat hisoblanadi. Ularning qismlari murakkab himoyalagichlar va avtomatika hamda elektronika vositalaridan tuzilgan bo'ladi.

Darslikning asosini bugungi elektrotexnikaning nazariy qonunlariga, hamda foydalanishda bo'lgan elektr uskunalarida ishlatiladigan elektr qurilmalarining qismlari tashkil etadi.

Bu fanni o'rgangandan so'ng talabalar quyidagilarni bilishlari kerak: elektrotexnikaning asosiy qonunlari, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr zanjirlarini hisoblash elektr mashinalari va elektron jihozlarining elektr uskunalarni boshqarishdagi o'rni, elektr energiyasi bilan ta'minlashni va samaradorligini oshirishni bilishlari lozim.

I BOB. ELEKTR ZANJIRI VA UNING ASOSIY QONUNLARI

1.1. Elektr va magnit hodisalari, elektr toki

Elektrotexnikaning taraqqiyoiti elektr va magnit hodisalari haqida bilimimizning ortib borishiga asoslangan. Harakat o'zgarishidagi ayrim hodisa turlaridan biri ham elektr va magnit hodisalari hisoblanadi. Moddaning tuzilishi, atomning tarkibi, elementar zarrachalarning ayrim xususiyatlari elektr va magnit hodisalariga bog'liq bo'ladi. Elektromagnit hodisalari sodir bo'lib turgan muhitdagi ayrim tur materiya elektromagnit maydoni deb ataladi.

Muhitda elektromagnit maydoni uzluksiz tarqalgan. Elektr va magnit hodisalari bir-birlari bilan chambarchas bog'langan. Elektromagnit maydoni elektrlangan boshqa zarrachalarga ta'sir etadi. Materiya yoki jismlarning o'z elektromagnit maydoni bilan yoki tashqi elektromagnit maydoni bilan o'zaro ta'sir eta olish xususiyatini *elektr zaryadi* yoki qisqacha *elektr* deb ataymiz.

Elektromagnit maydoni elektrlangan harakatsiz jismlarga va zarrachalarga kuch bilan ta'sir etsa uni *elektr maydoni* deb ataymiz. Agar elektromagnit maydoni harakatdagi elektrlangan zarrachalarga kuch bilan ta'sir etsa uni *magnit maydoni* deyiladi. Murakkab elektromagnit hodisaga bir yoqlama qarash yoki abstrakt fikr etishimiz natijasida ayrim elektr yoki magnit hodisalari, maydonlari haqidagi tushunchalar paydo bo'lgan. Haqiqatda esa tabiatda faqat elektromagnit hodisalari, elektromagnit maydonigina bor.

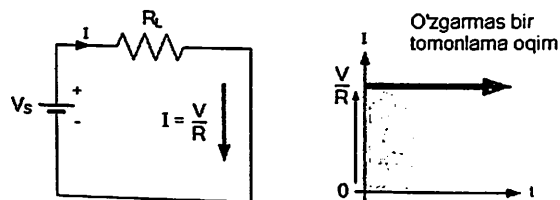
Elektr energiya manbai, iste'molchi va ularni o'zaro birlashtiruvchi o'tkazgichlar majmuasi elektr zanjiri deb ataladi.

Elektr toki – zaryadlangan zarrachalar (elektron yoki ionlar)ning bir tomonga tartibli harakatiga aytiladi.

O'zgarmas tok – qiymati va yo'nalishi o'zgarmas bo'lgan tokdir.

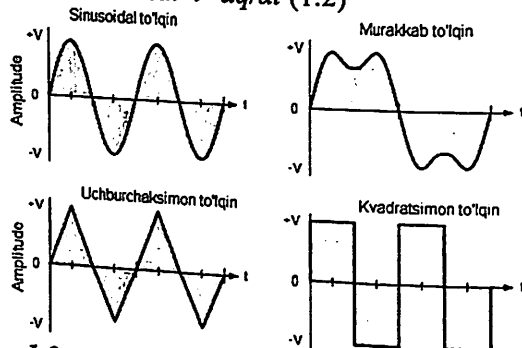
Kattaligi va yo'nalishiga qarab o'zgarmas tok quyidagicha ifodalanadi:

$$I=q/t \quad (1.1)$$



1.1-rasm. Oddiy o'zgarmas tok zanjiri va grafigi

O'zgaruvchan tokni esa: $i = dq/dt$ (1.2)



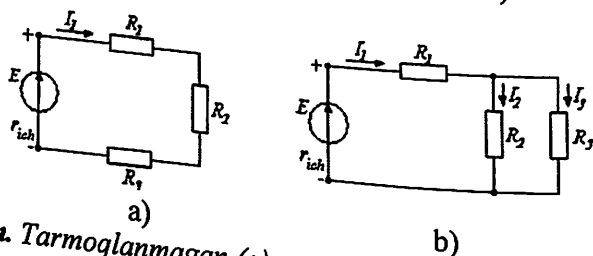
1.2-rasm. O'zgaruvchan tokning grafigi

Elektr zanjirdagi elektromagnit jarayonlar EYuK, tok, kuchlanish, qarshilik (o'tkazuvchanlik), induktivlik, sig'im tushunchalari bilan ifodalanadi.

Har qanday tur energiyani elektr energiyaga aylantirishda EYuK hosil bo'ladi.

Berk zanjirda EYuK ta'sirida I tok hosil bo'ladi. Elektr zanjirlar tarmoqlanmagan va tarmoqlangan bo'ladi.

Agar berk zanjirning barcha qismlaridan bitta tok o'tsa, u holda bunday zanjir tarmoqlanmagan bo'ladi (1.3, a – rasm).



1.3– rasm. Tarmoqlanmagan (a) va tarmoqlangan (b) elektr zanjirlar

Tarmoqlangan zanjirning har bir shoxobchasida o'zining toki bo'ladi (1.3, b – rasm). Elektr sxemada shoxobcha, tugun va kontur tushunchalaridan foydalaniladi.

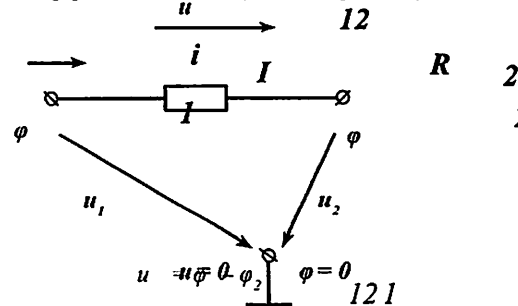
Shoxobcha – elektr zanjirning bir xil qiymatli tok o'tuvchi qismi. Bunda elektr zanjirning elementlari ketma-ket ulangan qismi tushuniladi.

Tugun – elektr zanjirning uchtdan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rni.

Kontur – elektr zanjirning shoxobchalaridan hosil bo'lgan berk yo'l.

O'zgarmas tok – I harfi bilan, qarshilik – R va o'tkazuvchanlik – G harflar bilan belgilanadi.

Zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanish U shu nuqtalarning potentsiallari ayirmasiga teng. (1.4.-rasm)



1.4– rasm. Potentsiallari ayirmasining grafigi va formulasi

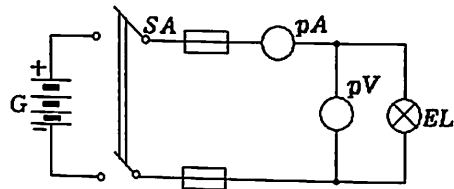
1.2. Elektr zanjiri va uning ish rejimlari

Elektr energiya manbai, iste'molchi va ularni o'zaro birlash-tiruvchi o'tkazgichlar elektr zanjirning asosiy elementlari, o'lchash asboblari, ulab-uzgichlar va himoyalash qurilmalari esa uning yordamchi elementlari hisoblanadi.

Elektr zanjirning elementlari shartli belgilar bilan tasvirlanadi.

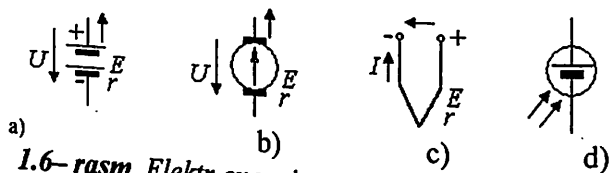
Elektr zanjirning elementlari va ularni o'zaro ulanishining grafik tasviri elektr zanjirining sxemasi deb ataladi.

1.5-rasmda oddiy elektr zanjirining sxemasi keltirilgan.



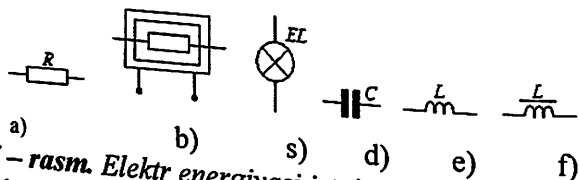
1.5-rasm. Elektr zanjir sxemasi, tok va kuchlanishni o'lchash
 G – akkumulyator – elektr energiya manbai. U kimyoviy energiyani elektr energiyaga aylantiradi. EL – cho'g'lanma lampa iste'molchi, unda elektr energiyasi yorug'lik energiyasiga aylantiriladi. SA – kalit, zanjirni ulab uzadi. pA – ampermetr, pV – voltmeter. To'g'ri chiziqlar – ulagich simlar - o'tkazgichlardir.

Elektr energiya manbalarining shartli belgilari – sxemalari 1.6-rasmda keltirgan.



1.6-rasm. Elektr energiya manbalari sxemalari:
 a) galvanik element, b) o'zgarmas tok elektr generatori, c) termojuftlik, d) fotoelement.

Elektr energiyasi iste'molchilarining shartli belgilari – sxemalari 1.7-rasmda keltirilgan.



1.7-rasm. Elektr energiyasi iste'molchilari sxemalari:
 a) rezistor, b) elektr qizdirgich, s) cho'g'lanma lampa, d) kondensator, e) induktiv g'altak, f) o'zakli g'altak – drossel.

Elektr energiya iste'molchilari (elektr motorlar, elektr qo'ralar, issiqlik asboblari, cho'g'lanish lampalari, rezistorlar elektr energiyani boshqa tur energiyaga aylantirish uchun xizmat qiladi.

Manba bilan iste'molchilar o'zaro o'tkazgich simlar yordamida birlashtiriladi. Har qanday elektr zanjirining asosiy vazifasi elektr energiyasini manbadan iste'molchiga uzatishdan iboratdir.

Aktiv quvvat *vatt*larda o'lchanadi ($1 \text{ Vt} = 1 \text{ Dj/s}$)

$$P = U \cdot I$$

Kuchlanish (u) va tok (i) ning oniy qiymatlarini va qarshilikni (R) bilan belgilash qabul qilingan.

1.2.1. Elektr kuchlanish

Kuchlanish (U) elektr zaryad shaklida saqlanadi elektr ta'minoti salohiyati energiya hisoblanadi. Kuchlanish uning qobiliyati berilgan tutashuv orqali "surish" elektronlar bir dirijyor orqali elektron bo'lyapti kuch va katta katta kuchlanish sifatida tushuni-lishi mumkin. energiya ishini qilish qobiliyati bor deb, bu bo'la-jak energiya bir nuqta yoki tugun bir o'chirib atrofida elektr toki shaklida elektronlar ko'chib o'tishga Joule sifatida zarur ish sifatida ta'riflash mumkin.

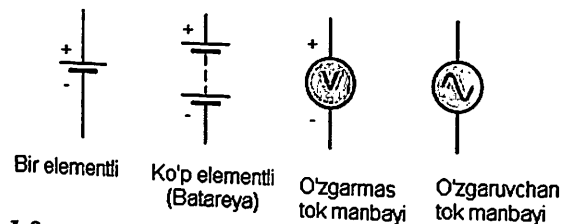
So'ngra, har qanday ikki nuqtayoki *potentsial farqi* deb nomlanuvchi bir pallasida birikmalar (deb nomlangan tugunlari) va bo'g'imlarda o'rtasidagi kuchlanish farqi tez-tez kuchlanish tushishi deb ataladi.

Energiya manbai (EYuK) – elektr miqdori birligining berk elektr zanjiri bo'ylab bajargan ishiga teng bo'lgan miqdorga **elektr yurituvchi kuch** deb ataladi. Generatorlarga nisbatan qaranganda, tashqi zanjirda elekt miqdori birligining bajargan ishi **kuchlanish** deb ataladi. E kichikligi "e", ba'zan bir hosil EMF (elektromotor kuch) ko'rsatish uchun ishlatiladi, ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi, elektron belgilanishi U, yoki kichik harfda "u" bilan voltda o'lchanadi. Yuqori kuchlanish katta, (yoki itarib turuvchi kuch) bosim va katta ish qilish quvvati hisoblanadi.

Doimiy kuchlanish manbaiga, EYuK, galvanik elementlar yoki akkumulyator batareyalari va o'zgarmas tok generatori misol bo'ladi. Kuchlanish bir volt bir Om bir qarshilik orqali bir amper bir elektr tokini majbur qilish uchun zarur bo'lgan elektr bosim sifatida belgilangan va Voltda o'lchanadi. Kichik kuchlanish birligi sifatida odatda mikrovolt ($\text{mkV} = 10^{-6} \text{ V}$), millivolt ($\text{mV} = 10^{-3} \text{ V}$) yoki yuqori kuchlanish kilovolt ($\text{kV} = 10^3 \text{ V}$) bilan ifoda etiladi. Kuchlanish musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin.

Sanoatda akkumulyator batareyasi yoki quvvat manbaalari asosan ma'lum kattaliklarda 2,4 V; 5 V; 12 V galvanik elementlar sifatida ishlab chiqariladi.

Doimiy kuchlanish manbaining shartli belgilanishi 1.8.-rasmga keltirilgan.



1.8- rasm. Elektr energiya manbalari sxemalari

O'zgarmas tok kuchlanish deb – har qanday ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi, $U = \varphi - \varphi$ ga aytiladi.

Chet davlatlarda o'zgarmas tok kuchlanishi AC harflar bilan belgilanishi mumkin. O'zgarmas tokni uzoq masofalarga uzatish jarayoni ortiqcha sarf-harajatlarni talab etadi. Shuning uchun sanoatda o'zgaruvchan tokni uzoq masofalarga uzatish onson va samarali. Korxonalaridagi elektron qurilmalar va maishiy texnika vositalari asosan o'zgarmas tok AC da ishlaydi.

1.2.2. Elektr toki

Elektr toki (I) elektr zaryad oqimi yoki uning intensivligi amper (A)da o'lchanadi. Zanjirdan o'tayotgan elektr tokining qiymati yoki kuchi o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt (t) birligi ichida o'gan elektr zaryadining miqdori – q bilan aniqlanadi, ya'ni tok kuchi zaryadlarning harakat tezligiga proporsional kattalikdir.

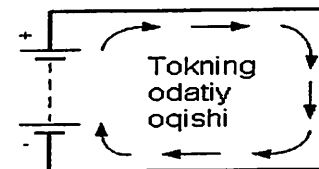
$$I = dq/dt$$

$$(1/1)$$

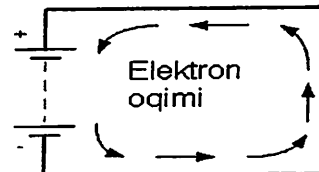
Agar zanjirdan o'tayotgan tokning yo'nalishi va qiymati vaqt davomida o'zgarmas bo'lsa, (1.9-rasm) bunday tok o'zgarmas tok deyiladi va quyidagicha ifodalanadi.

$$I = q/t$$

$$(1.2)$$



1.9- rasm. Tokning odatiy oqishi



1.10- rasm. Elektronlarning oqishi

Umuman olganda ma'lum vaqt oralig'ida, 1 davr oralig'i joriy oqimi- ning Diyagramlarini $i(t)$ orqali tokning oniy qiymatini belgilaydi va vaqt o'qiga nisbatan musbat va manfiy ishorada bo'lishi mumkin.

Metallarda elektr toki manfiy ishoralari zaryadlangan zarrachalarning (elektronlarning) harakatidan iborat bo'ladi (1.10.-rasm). O'zgarmas tok elektr zanjirlarida tokning yo'nalishi musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin. Elektronlar oqimi tokning oqimi yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi.

O'zgarmas elektr toki deb, manfiy zaryadlangan zarrachalarning bir tomonga tartibli harakatiga aytiladi. Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da elektr tokining o'lchov birligi sifatida amper (A) qabul qilingan. O'tkazgichning ko'ndalang kesimidan 1 sekund davomida 1 kulon (Kl) elektr zaryadlari o'tgandagi tok kuchi 1 amper (A)ga teng bo'ladi.

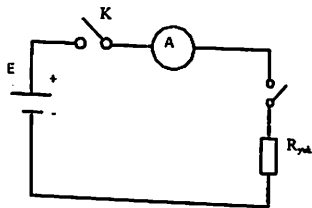
$$1A = 1Kl/1s = 1 \text{ Amper} = 1 \text{ Kulon/1 sekund}$$

Shunga ko'ra, o'tkazgichlarda tokning shartli yo'nalishini inobatga olish muxim ahamiyatga ega. Bu yo'nalish uchun musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi qabul qilinadi (1.9.-rasm).

Har qanday elektr zanjiri o'zaro simlar bilan biriktirilgan bitta yoki bir nechta elektr energiyasi manbalaridan va iste'molchilaridan iborat bo'ladi. Shuning uchun elektr zanjiri deb, elektr tokini hosil qiluvchi va uning oqib o'tishini ta'minlash uchun berk yo'l hosil qiladigan qurilmalar yig'indisi aytiladi. Elektr zanjirlarini shartli

belgilar yordamida tasvirlash *elektr sxema* deb ataladi. Oddiy elektr zanjirining sxemasi 1.11-rasmda ko'rsatilgan.

Elektr zanjiri asosan, elektr energiya- sining manbai – Y_e , elektr energiya- sining iste'molchisi (yuklama) – R birlashtiruvchi simlar (masalan, elektr uzatish liniyasi) va zanjirni uŧab-uzish uchun moslama (ulagich) - U kabi elementlardan tashkil topgan.



1.11-rasm. Tokning odatiy oqishi

Zanjirdan tok uzluksiz o'tib turishini asosiy sharti uning tarkibida elektr energiyasi manbaining bo'lishidir. Elektr energiyasining manbaida energiyaning boshqa turlari elektr energiyasiga aylantiriladi. Masalan, elektr mashina generatorlari bug', gaz yoki gidravlik turbinalarining mexanik energiyasini, galvanik elementlar va akkumulyatorlar ximiyaviy jarayonlar energiyasini, termoelementlar va magnit-gidrodinamik generatorlar issiqlik energiyasini, turli fotoelementlar yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Elektr energiyasini hosil qiluvchi turli manbalarining shartli belgilanishi 1.11-rasmda ko'rsatilgan. Bular elektr yurituvchi kuchlari - Y_e , ichki qarshiligi - r , nominal toki - I_{nom} va boshqa kattaliklari bilan birlaridan farq qiladi.

Elektr energiyasini iste'molchilarga uzatish elektr liniyalari orqali amalga oshiriladi. Elektr energiyasini energiyaning boshqa turlari (mexanik, issiqlik, ximiyaviy, yorug'lik va h.) ga aylantirib beruvchi moslamalar (elektr dvigatellari, elektr pechlar, elektr lazerlar, elektr yoritish asboblari va boshqalar) *elektr iste'molchilar* deyiladi. 1.11-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjirida elektr energiyasining manbai (akkumulyator) E mazkur zanjirning ichki qismini iste'molchi (yuklama) - R , ampermetr - A , kalit - K , birlashtiruvchi sim (yoki liniya) zanjirning tashqi qismini (ya'ni, tashqi zanjirni) tashkil etadi. Kalit K ulanganda berk zanjir (kontur) hosil bo'lib, zanjirdan elektr toki o'ta boshlaydi. Uning qiymatini ampermetr yordamida o'lchash

mumkin. Zanjirdan o'tayotgan elektr tokining qiymati o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan o'tayotgan elektr zaryadlarining miqdori bilan aniqlanadi.

Manbaning (generator, akkumulyator va b.) elektr yurituvchi kuchi tufayli uning qismalarida ma'lum potentsiallar farqi yuzaga keladi. Potentsiali yuqori bo'lgan qismani musbat deb, uni "+" ishora, potentsiali past bo'lgan qismani manfiy "-" ishora bilan belgilash qabul qilingan. Manbada (ichki zanjirda) elektr tokining yo'nalishi "-" ishoradan "+" ishoraga, ya'ni quyi potentsialli nuqtadan yuqori potentsialli nuqtaga yo'naladi. Tashqi zanjirda esa aksincha "+" ishoradan "-" ishoraga, ya'ni yuqori potentsialli nuqtadan quyi potentsialli nuqtaga yo'naladi.

1.2.3. Elektr qarshilik

Elektr zanjirida harakatlanayotgan zaryadga o'tkazgich muhit ma'lum qarshilik ko'rsatadi. Mazkur qarshilik o'tkazgichning elektr qarshiligi deyilib, quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.3)$$

bu yerda: ρ - o'tkazgichning solishtirma qarshiligi, Om.m; l - o'tkazgichning uzunligi, m; S - o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi, m².

SI sistemasida o'tkazgichning **elektr qarshilik** birligi uchun **Om** qabul qilingan. Qismlarida 1 volt kuchlanishi bo'lgan holda, 1 amper tok kuchi hosil qilgan o'tkazgichning qarshiligi 1 Om deb hisoblanadi, ya'ni $1 \text{ Om} = 1 \text{ V} / 1 \text{ A}$. Amalda qarshilikning nisbatan katta birliklari kiloom (kOm) va megaom (MOM) dan ham foydalaniladi.

Ayrim hollarda elektr qarshiligi o'rniga (qarshiliklari parallel ulangan zanjirlar o'rganilganda) unga teskari bo'lgan kattalik - o'tkazuvchanlikdan foydalaniladi, ya'ni solishtirma qarshilikka teskari kattalik *solishtirma o'tkazuvchanlik*dir:

$$1 \text{ Sm} = 1/R = 1/\text{Om} \quad (1.4)$$

Elektrotexnikada turli maqsadlar uchun tayyorlanadigan simlar uchun ishlatiladigan asosiy material nisbatan yuqori solishtirma o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan metallardir (mis, alyuminiy, po'lat). Shuningdek, mazkur metallarning qotishmalari (manganin, konstantin,

nixrom va b.) dan ham keng foydalaniladi. Ushbu materiallarga xos xususiyatlar 1.1-jadvalda ko'rsatilgan.

1.1.-jadval

Material	Solishtirma o'tkazuvchanligi (20 ⁰ C) da	Solishtirma qarshiligi (20 ⁰ C)da	Qarshilikning (20:100 ⁰ S) dagi harorat koeffitsienti, 1/ ⁰ C
Kumush	62,0	0,016	0,0035
Mis	57,0	0,0175	0,004
Alyumin	35,0	0,0294	0,004
Volfram	19,0	0,053	0,004
Po'lat	7,7	0,13	0,006
Mangani	2,4	0,42	0,00003
Konstant	2,0	0,5	0,000005
Nixrom	1,0	1,0	0,0001

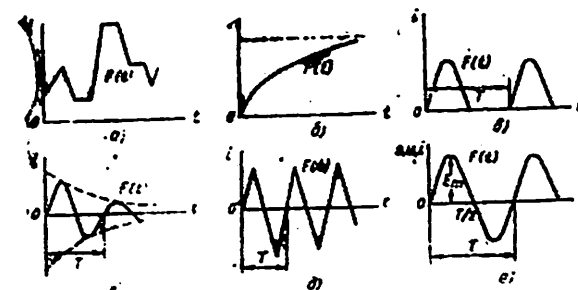
2. SINUSOIDAL O'ZGARUVCHAN TOK. VEKTOR DIAGRAMMALAR. TOK, KUCHLANISH VA EYUKLARNING EFFEKTIV VA O'RTACHA QIYMATI

2.1. O'zgaruvchan tok turlari

Yo'nalishi va qiymati davriy ravishda o'zgarib turadigan har qanday tok o'zgaruvchan tok deyiladi. O'zgaruvchan tok vaqt bo'yicha ma'lum qonun asosida o'zgaradi, ya'ni tokning qiymati vaqtning funksiyasidir. Shuningdek, elektromagnit energiyasini bir turdan boshqa turga aylantirishning barcha fizikaviy jarayonlari hozirgi zamon elektrotexnikasi barcha sohalari (elektr mashinalar, radiotexnika, aloqa, elektroavtomatika, yarim o'tkazgichlar, hisoblash texnikasi va boshqalar) ning asosini tashkil etadi. Ayrim elektr qurilmalarda esa qiymati davriy ravishda o'zgaruvchi toklar ishlatiladi.

Bunday toklar pul'sasiyalanuvchi toklar deyiladi (2.1-rasm, a-v).

Umuman o'zgaruvchan tokni shartli ravishda uchta turga bo'lish mumkin:



1) qiymati o'zgaruvchan, ammo yo'nalishi o'zgarmas tok (2.1-rasm, a-v);

2) qiymati va yo'nalishi o'zgaruvchan tok (2.1-rasm, g-ye);

3) davriy o'zgaruvchan tok (2.1-rasm, v-ye).

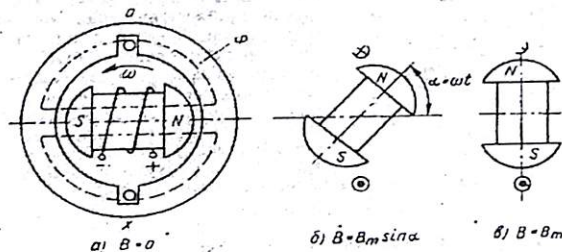
Sanoatda va turmushda foydalaniladigan o'zgaruvchan tok sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchan tokdir (2.1-rasm, ye). Bu tokni yuqori kuchlanish bilan uzoq masofalarga uzatish hamda o'zgaruvchan tokda ishlovchi mashina va apparatlar (transformatorlar, asinxron va sinxron motorlarni ishga tushirishda ishlatish mumkin. Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan EYUK, kuchlanish va toklar *sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar* hisoblanadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar bo'lmish EYUK, kuchlanish, tok va quvvatlarning ixtiyoriy vaqt lahzasidagi qiymatlari oniy qiymatlar deyilib, e , u , i , p harflari bilan belgilanadi. Shu oniy qiymatlarning davr ichidagi eng kattasi maksimal yoki amplituda qiymatlar deyilib, E_m , U_m , I_m , P_m harflari bilan belgilanadi (2.1-rasm, ye).

Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning ta'sir etuvchi (effektiv) va o'rtacha qiymatlari (batafsil keyinroq ko'rib chiqiladi) tegishlicha E , U , I , P va $E_{o'r}$, $I_{o'r}$, $P_{o'r}$ harflari bilan belgilanadi.

2.2. Sinusoidal o'zgaruvchan EYUK ni hosil qilish

Sinusoidal o'zgaruvchan tok, asosan, elektrostansiyalarda bug' va gidravlik turbinali generatorlar yordamida hosil qilinadi. Mazkur generatorlarning ishlashi esa elektromagnitni induksiyasi va elektromagnit kuch qonunlariga asoslangan.

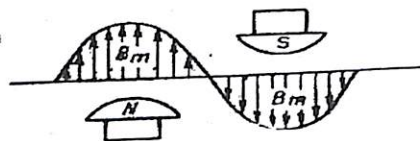


2.2-rasm.

O'zgaruvchan tok generatori ikkita asosiy qismdan, ya'ni aylanuvchan rotor (elektromagnit) va qo'zg'almas statordan iborat (2.2-rasm).

Statorning pazlariga mis chulg'amlar joylashtirilgan (chulg'amning bitta "a-x" o'rami 2.2-rasm, a da ko'rsatilgan, bunda a - o'ramning bosh uchi, x-oxirgi uchi).

Rotor o'zgarmas magnit yoki elektromagnitning bir turi hisoblanib, generatorning asosiy magnit maydonini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Kuchli generatorlarning rotori elektromagnit rejimida ishlaydi, bunda u hosil qilgan magnit maydonining magnit oqimini boshqarish mumkin.



2.3-rasm.

Rotor o'zgarmas ω burchak tezlik bilan aylanganda uning magnit kuch chiziqlari har bir pazdagi o'tkazgichda qiymati $e = BLv$ ga teng bo'lgan EYUK ni hosil qiladi (induksiyalaydi). Bunda B - magnit induksiya, $(Vb/m^2) = Tl$; l - o'tkazgichning aktiv uzunligi, m; v - o'tkazgichning nisbiy harakat tezligi, m/s.

ye ning o'zgarish xarakteri rotorning qutbi bilan stator oralig'idagi magnit induksiya taqsimlanish qonuniga asoslanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan EYUKni hosil qilish uchun rotorning magnit qutblariga maxsus konstruktiv shakl beriladi. Bunda stator bilan qutb orasidagi havo bo'shlig'i qutbning o'rtasida minimal bo'lib, uning chekkasi tomon kattalasha boradi. Bunda havoli oralig'dagi muhitning magnit

qarshiligi bir xil bo'lmasligi tufayli magnit induksiya qutbning o'rtasida, ya'ni havoli oralig' minimal bo'lgan joyda maksimal qiymatga ega bo'lib, uning chekkasi tomon sinusoidal qonun bo'yicha tekis kamaya boradi. Magnit induksiya bunday taqsimoti 2.3-rasmda ko'rsatilgan.

Endi a-x o'ramida induksiyalangan EYUK ning rotor holatiga bog'liqligini ko'rib chiqaylik. Agar rotorning 2.2-rasm, a da ko'rsatilgan gorizontol holatini boshlang'ich vaqt $t=0$ bilan belgilasak, a-x o'rami joylashgan yerda magnit induksiya $B=0$ bo'lgani uchun unda induksiyalangan EYUK nolga teng bo'ladi ($e=0$). Qandaydir t vaqtda rotor $a=\omega t$ burchakka burilganda (2.2-rasm, b) a-x o'ramining sterjenlari (o'tkazgichlari) joylashgan yerda magnit induksiya $B = B_m \sin a$ bo'lgani uchun bitta sterjenda induksiyalangan EYUK :

$$e' = B_m \cdot l \cdot v \cdot \sin a.$$

U holda o'ramda induksiyalangan EYUK :

$$e = 2e' = 2B_m l v \sin a. \quad (2.1)$$

O'ng qo'l qoidasini qo'llash bilan o'ramda induksiyalangan EYUK ning yo'nalishini aniqlash mumkin. O'ramning yuqori kesimidagi $\otimes$ ishora unda induksiyalangan EYUK shartli yo'nalishining boshlanishini (nayzaning dumi), pastki kesimidagi ishora $\bullet$ esa (nayzaning bosh uchi) oxirini bildiradi.

Rotor o'zining boshlang'ich holatiga nisbatan 90° ga burilganda (2.2-rasm, v) a-x o'ramining sterjenlari joylashgan yerda magnit induksiya $B = B_m$ bo'lib, induksiyalangan EYUK ham o'zining maksimal qiymatiga erishadi:

$$E_m = 2B_m l v. \quad (2.2)$$

Agar $a=\omega t$ ekanligi hisobga olinsa, (2.1), (2.2) formulalardan induksiyalanayotgan EYUKning sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi quyidagi formula hosil qilinadi:

$$e = E_m \sin \omega t, \quad (2.3)$$

bu yerda ω - o'zgaruvchan tokning burchak chastotasi.

2.4-rasmdagi grafikda rotorning to'liq bir marta aylanishida sinusoidal EYUKning o'zgarishi ko'rsatilgan.

Agar a-x o'ramning qismlariga biror yuklama ulasak, zanjir bo'ylab:

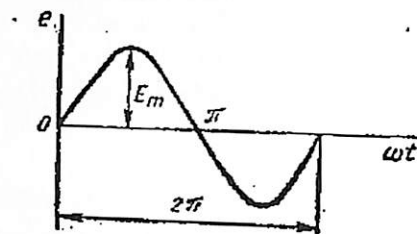
$$i = I_m \sin \omega t \quad (2.4)$$

tok o'ta boshlaydi. Bu vaqtda a-x o'ramining qismlariga



Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok uchun ham 2.4-rasmdagiga o'xshash grafiklarni chizish mumkin.

2.3. Sinusoidal o'zgaruvchan funktsiyani xarakterlovchi kattaliklar



2.4-rasm.

Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchi funksiyaning amplitudasi, davri (yoki chastotasi) va fazasi mazkur funksiyani xarakterlovchi kattaliklar hisoblanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan funksiyaning amplituda qiymati deb, uning musbat va manfiy yarim davrlarda erishgan eng katta qiymatlariga aytiladi. EYUK, kuchlanish va tokning amplituda qiymatlari (2.3), (2.4), (2.5) ifodalarda tegishli E_m , U_m va I_m bilan belgilangan. 2.4-rasmdagi grafikda EYUKning amplituda qiymati E_m bilan belgilangan.

2.2-rasm, a dagi generatorning $a-x$ o'ramida induksiyalangan EYUKning to'liq bir marta o'zgarishi uchun ketgan vaqt T uning davri deyiladi. Davrga teskari bo'lgan kattalik $f = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{s} \right)$ tokning chastotasi deyiladi. Chastota gersda o'lchanadi

$$\left(1 \quad Gs = \frac{1}{s} \right).$$

Elektrotexnikada o'zgaruvchan tokning standart chastotasi sifatida Hamdo'stlik va Yevropa mamlakatlarida 50 Gs, AQSh va hamda Osiyo va Afrikadagi ayrim mamlakatlarda 60 Gs qabul qilingan. Elektrotexnik qurilmalar uchun asosiy chastota sifatida $50 \div 60$ Gs ishlatilishi quyidagilarga bog'liq. Chastotaning $50 \div 60$ Gs dan kichik qiymatlarida elektr mashinalar va transformatorlarning tannarxi ortadi. Shuningdek, elektr lampochkalar yorug'ligining lipillashi ko'zga sezilarli bo'lib qoladi. Chastotani 50 Gs dan birmuncha orttirish elektr mashinalarda energiya isrofining ortishiga sabab bo'lib, hosil bo'ladigan o'zinduksiya

EYUK va elektr sig'imi hodisalari o'zgaruvchan tok qurilmalarining ishiga salbiy ta'sir qiladi.

50 Gs chastotali o'zgaruvchan tokni hosil qilish (yoki sinusoidal o'zgaruvchan EYUK hosil qilish) uchun 2.2-rasm, *a* dagi ikki qutbli o'zgaruvchan tok generatorining rotorini

$$n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ ayl/min} \quad (2.6)$$

tezlik bilan aylantirish kerak. Bu yerda: 60 - sekunddan minutga o'tish koeffitsienti; r -rotor magnit maydonining juft qutblari soni.

Rotor bug' turbinalari yordamida katta tezlik bilan aylanadigan turbogeneratorlarning magnit qutblari bir juftli bo'ladi. Rotorining aylanish tezligi nisbatan kichik bo'lgan gidravlik turbinalarda esa ko'p qutbli generatorlardan foydalaniladi.

Sinusoidal o'zgaruvchan funktsiyani xarakterlovchi kattaliklardan yana biri uning fazasidir.

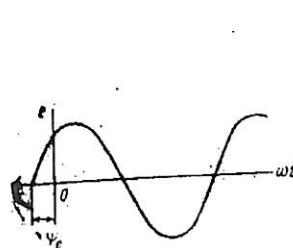
Faza – biron $t=0$ vaqtda stator chulgʻamlari oʻramlarining rotorning magnit kuch chiziqlariga nisbatan holatidir. Shuning uchun ana shu $t=0$ paytda chulgʻamlarda induksiyalangan EYUKning qiymatini bilish ahamiyatga ega. U holda 2.2-rasm, b dagi rotorning holatiga mos oʻramda induksiyalangan EYUK

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_e) \quad (2.7)$$

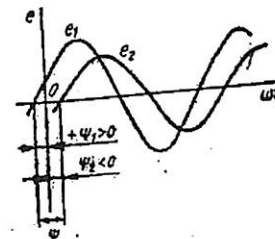
formula bilan ifodalangan. Unga mos grafik esa 2.5-rasmda ko'rsatilgan.

$(\omega t + \psi_e)$ burchak *faza burchagi* yoki *faza* deyiladi. ψ_e – boshlang'ich faza hisoblanadi. Umuman, faza vaqt o'tishi bilan sinusoidal o'zgaruvchan funksiyaning qiymatini xarakterlaydi.

2.7-ifodadagi ω
sinusoidal



2.5-rasm.



2.6-rasm.

o'zgaruvchan funk-
siyaning burchak
chastotasi bo'lib
sinusoidal o'zgaruv-
chan funksiyaning
bir sekundda necha
radian o'zgarishini
ko'rsatadi. Masalan,
 $f = 50 \text{ Gs}$ bo'lganda

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$$

Grafikda boshlang'ich faza burchagi ψ ning qiymati sinusoidalning koordinata boshidagi holati bilan aniqlanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan funksiyani nol qiymatlardan musbat qiymatlarga o'tish nuqtasi davrning boshlanish lahzasi hisoblanadi. Musbat boshlang'ich faza koordinata boshidan chap tomonga, manfiysi o'ng tomonga qo'yiladi. Masalan, turli boshlang'ich fazaga ega bo'lgan ikkita sinusoidal o'zgaruvchan funksiya $e_1 = E_m \sin(\omega t + \psi_1)$ va $e_2 = E_m \sin(\omega t - \psi_2)$.

2.6-rasmda ko'rsatilgan ikki sinusoidal o'zgaruvchan kattalik e_1 va e_2 ning boshlang'ich fazalari orasidagi burchak ψ ga faza siljish burchagi deyiladi. Amalda tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi φ ($\cos \varphi$) ko'proq ishlatiladi.

2.4. Sinusoidal o'zgaruvchan funksiyani ta'sir etuvchi va o'rtacha qiymatlari

Sinusoidal funksiyani ta'sir etuvchi qiymati. Har qanday elektr zanjiridagi tokning qiymatini bilish, baholash yoki aniqlash muhim ahamiyatga ega.

O'zgarmas tok zanjirida tok miqdori doimo o'zgarmas bo'lgani uchun uni elektr zanjiri qonunlari yoki o'lchash asboblari yordamida o'lchash mumkin. O'zgaruvchan tok zanjirida esa tok o'z yo'nalishi va qiymatini uzluksiz o'zgartirib turadi, shuning uchun uni ixtiyoriy lahzadagi oniy qiymatlar orqali baholab bo'lmaydi. Shu boisdan o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi (effektiv) yoki o'rtacha qiymatidan foydalaniladi.

Umumiy holda, o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi qiymati deb, mazkur tokning T davr ichida R qarshilikdan o'tayotib, xuddi shu kattalikdagi o'zgarmas tok ta'sirida ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga ekvivalent bo'lgan qiymatiga aytiladi.

Ma'lumki, o'zgarmas tokning R qarshilikdan T davr ichida o'tishida ajralib chiqqan issiqlik miqdori

$$Q = I^2 RT$$

Shu davrda R qarshilikdan o'tgan sinusoidal tok $i = I_m \sin \omega t$ ta'siridan ajralib chiqqan issiqlik miqdori esa

$$Q = \int_0^T i^2 R dt = R \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt = R I_m^2 \int_0^T \sin^2 \omega t dt;$$

$$Q = \frac{I_m^2}{2} RT.$$

Ikkala tok issiqlik ta'sirining ekvivalentlik sharti $Q_- = Q$ ga binoan

$$I^2 RT = \frac{I_m^2}{2} RT \text{ yoki } I^2 = \frac{I_m^2}{2}$$

yoki

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (2.9)$$

Demak, sinusoidal o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi qiymati uning maksimal qiymatidan $\sqrt{2}$ marta kichikdir.

Yuqoridagi o'xshash yo'l bilan sinusoidal o'zgaruvchan EYUK va kuchlanishlarning ham ta'sir etuvchi qiymatlarini yoza olamiz:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}; \quad (2.10)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (2.11)$$

O'zgaruvchan tok zanjiridagi barcha o'lchov asboblari sinusoidal kattaliklarning ta'sir etuvchi qiymatlarini o'lchashga mo'ljallangan.

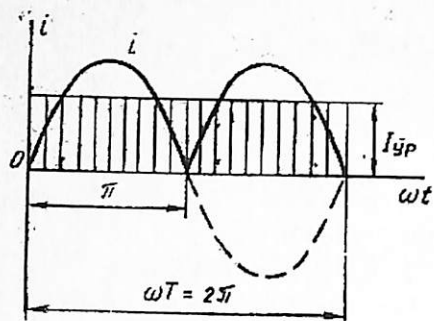
Sinusoidal kattaliklarning ta'sir etuvchi qiymatlari o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlari orasidagi asosiy qonuniyatlarni bog'lashda o'xshash matematik ifodalar olinishiga imkon beradi.

Sinusoidal kattaliklarning o'rtacha qiymati. Ba'zan elektr zanjirlarining va o'zgaruvchan tok qurilmalarining ishlashi tahlil qilinganda sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning o'rtacha qiymatini aniqlash kerak bo'ladi. Umuman, sinusoidal kattaliklarning davr ichidagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'lganidan uning musbat yarim davrdagi o'rtacha qiymati inobatga olinadi (2.7-rasm). U holda tok $i = I_m \sin \omega t$ ning o'rtacha qiymati:

$$I_{or} = \frac{1}{0,5T} \int_0^{0,5T} i dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t dt = \frac{I_m}{\pi} |\cos \omega t| = \frac{2I_m}{\pi} = 0,636 I_m. \quad (2.12)$$

Demak, sinusoidal tokning o'rtacha qiymati musbat yarim davrdagi oniy toklar yig'indisining o'rtacha arifmetik qiymatiga teng.

Yuqoridagi o'xshash yo'l bilan EYUK va kuchlanishning ham o'rtacha qiymatlarini topish mumkin:



2.7-rasm.

$$E_{0r} = \frac{2E_m}{\pi} = 0,636E_m; \quad (2.13)$$

$$U_{0r} = \frac{U_m}{\pi} = 0,636 U_m \quad (2.14)$$

O'zgaruvchan tok ta'sir etuvchi qiymatining uning o'rtacha qiymatiga nisbati (I/I_{0r}) sinusoida shaklining

koeffitsienti K_f ni ifodalaydi:

$$K_f = \frac{I}{I_{0r}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11.$$

Olingan nisbat sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning o'rtacha qiymatlari ma'lum bo'lsa, ularning ta'sir etuvchi qiymatlarini aniqlash va aksincha, ta'sir etuvchi qiymatlari ma'lum bo'lsa, qiymatlarini aniqlashga imkon beradi:

$$I = 1,11 I_{0r}; \quad E = 1,11 E_{0r}; \quad U = 1,11 U_{0r}.$$

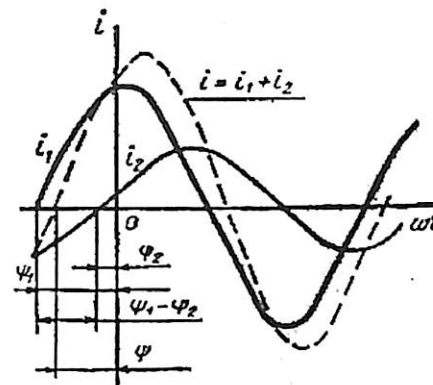
2.5. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash

Vektor diagrammalar. O'zgaruvchan tok zanjirlari nazariyasini o'rganishda va zanjirdagi jarayonlarni tekshirishda, ba'zan, turli amplituda va boshlang'ich fazaga ega bo'lgan bir xil chastotali sinusoidal miqdorlarni qo'shish va ayirish kerak bo'ladi. Bu masalani analitik va grafikaviy usullarda, shuningdek aylanuvchan vektorlar yordamida hal etish mumkin. Masalan, ikkita sinusoidal kattalik

$$i_1 = I_{m1} \sin(\omega t + \Psi_1) \quad \text{va} \quad i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \Psi_2)$$

berilgan bo'lsa, ularning yig'indisi analitik usul asosida quyidagi trigonometrik o'zgartirishlar natijasida aniqlanadi:

$$i = i_1 + i_2 = I_{m1} \sin(\omega t + \Psi_1) + I_{m2} \sin(\omega t + \Psi_2) = I_m \sin(\omega t + \Psi).$$



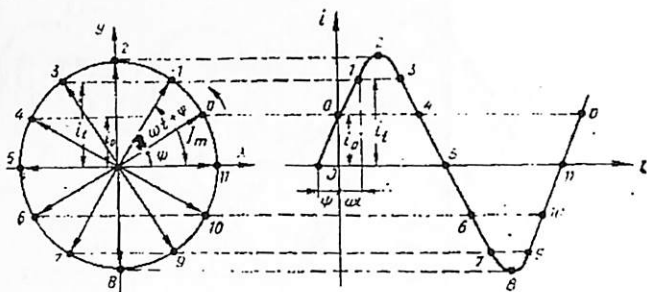
2.8-rasm

Ko'rinib turibdiki, teng ta'sir etuvchi tok i ham o'sha chastotada sinusoidal qonun bo'yicha o'zgariyapti. Qo'shiluvchilar soni orta borgan sari teng ta'sir etuvchi tokni trigonometrik almashtirishlar yo'li bilan aniqlash tobora murakkablashadi. Shuning uchun, bu usulni amaliy hisoblashlar uchun qo'llab bo'lmaydi. Bu toklarning teng ta'sir etuvchisini to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida grafik tarzda aniqlash uchun ularning koordinatalarini qo'shib chiqish kerak (2.8-rasm), bu usul ham ko'p mehnat talab qilib, aniq natija bermaydi.

Berilgan sinusoidal kattaliklarning sonidan qat'iy nazar ularning yig'indisi yoki ayirmasini aylanuvchi vektorlar yordamida aniqlash amaliy jihatdan qulay hisoblanadi. Bunda ω burchak chastotasiga ega bo'lgan sinusoidal EYUK kuchlanish va toklar to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida ω burchak tezlikka teng bo'lgan aylanuvchan vektorlar tarzida ifodalanadi.

Aylanuvchan radius-vektorning uzunligi sinusoidal kattaliklarning amplituda (yoki effektiv) qiymatiga teng qilib olinadi, Masalan, tok $i = I_m \sin(\omega t + \Psi)$ ni aylanuvchan vektor tarzida ifodalash kerak bo'lsin. Buning uchun to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasini olib (2.9-rasm), koordinata boshidan Ψ burchak ostida soat milining harakatiga teskari yo'nalishda (boshlang'ich fazasi musbat bo'lgani uchun) tanlangan masshtab bo'yicha, uzunligi tokning maksimal qiymatiga teng bo'lgan vektor I_m ni o'tkazamiz. Agar vektor I_m rasmda ko'rsatilgan yo'nalish bo'yicha ω burchak tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa,

uning ordinata o'qiga proeksiyasi vaqt bo'yicha sinusoidal qonunga ko'ra o'zgaradi.



2.9-rasm.

Faraz qilaylik, t vaqt davomida mazkur vektor ωt burchakka burilgan bo'lsin. U holda vektorning ordinata o'qiga proeksiyasi sinusoidal kattalikning oniy qiymati ($ob = i = I_m \sin(\omega t + \Psi)$) ni ifodalaydi. Vektor I_m ni boshlang'ich holatiga nisbatan turli burchaklarga burish bilan uning tegishli oniy qiymatlarini aniqlash mumkin. Radius-vektor I_m ning bir marta to'liq aylanishlar chastotasi (soni) sinusoidal tokning chastotasiga teng demakdir.

Vektor diagrammalarni tuzishda va unga o'tishda quyidagilarga rioya qilinishi kerak:

Vektorlarga faqat bir xil ω chastotali sinusoidal kattaliklar bo'lgandagina o'tish mumkin.

2. Vektorli ifodaga vaqt $t=0$ da o'tiladi, barcha tegishli hisoblashlarni ω chastotani hisobga olmasdan bajarish mumkin, chunki vektorlar aylanganda ularning o'zaro joylashishi o'zgarmaydi.

3. Sinusoidal kattaliklar soni birdan ortiq bo'lganda ulardan qaysi birini boshlang'ich vektor (yoki faza) uchun qabul qilish ixtiyoriy, ammo qolgan vektorlar boshlang'ich vektorga nisbatan fazalar farqiga ko'ra joylashishi kerak.

4. Sinusoidal kattaliklar vektorlari yo'nalishlarining o'zgarishi nazariy mexanikadagi kabi fazoviy bo'lmasdan, vaqtga qarab o'zgaradi. Ammo ularni qo'shish va ayirish oddiy vektorlar kabi bajariladi. Ularning modullari tegishli amplituda qiymatlarni ifodalasa, yo'nalishlari orasidagi burchaklar esa berilgan sinusoidal kattaliklarning (vaqt bo'yicha) faza siljishini ifodalaydi.

5. Boshlang'ich fazasi musbat bo'lgan vektor koordinata boshida soat mili harakatiga teskari yo'nalishda, manfiysi esa soat milining harakati yo'nalishida qo'yilishi kerak.

Yuqoridagi shartlarni hisobga olgan holda ikki sinusoidal kattalik $i_1 = I_{m1} \sin(\omega t + \Psi_1)$ va $i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \Psi_2)$ ning yig'indisi $i = i_1 + i_2 = I_m \sin(\omega t + \Psi)$ ni aylanuvchi vektorlar yordamida aniqlashning tasviri 4.10-rasmda ko'rsatilgan.

Ko'pincha vektor diagrammalarda aylanuvchan vektorlarning uzunligi sinusoidal miqdorlarning amplitudaviy qiymatiga teng bo'lmasdan, balki uning ta'sir etuvchi qiymatini ifodalaydi. Bunda vektor diagramma qurish masshtabi $\sqrt{2}$ marta o'zgaradi.

Umuman, vektor diagramma, deb to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida bir-birlariga nisbatan to'g'ri orientasiyalarda qurilgan, turli amplituda va boshlang'ich fazaga ega bo'lgan bir xil chastotadagi sinusoidal miqdorlarni xarakterlovchi vektorlar yig'indisiga aytiladi.

Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan tok nima?
2. Chastotaga ta'rif bering?
3. Sinusoidal tokni maksimal, effektiv va o'rtacha qiymatlari haqida ma'lumot bering.
4. Sinusoidal o'zgaruvchan EYuK qanday hosil qilinadi?

II BOB. ELEKTR MASHINALAR

2.1. Asinxron mashinalar

Asinxron mashinalar o'zgaruvchan tok mashinasi bo'lib, uning ishlash prinsipi aylanuvchan magnit maydoni hodisasiga asoslangandir. Asinxron mashinalar ham generator, ham dvigatel sifatida ishlatilishi mumkin.

Asinxron dvigatelning tuzilishi oddiy, ishlatish qulay, energetik va mexanik xarakteristikalari yaxshi bo'lgani uchun sanoatda ishlatilayotgan elektr dvigatellarining 80 foizidan ko'prog'ini asinxron dvigatellar tashkil etadi. Bunday katta talabni qondirish uchun mashinasozlik zavodlarida har yili ishlab chiqarilayotgan asinxron dvigatellarining quvvati vattning bir necha ulushlaridan, bir necha ming kilovattgacha, ish kuchlanishi esa 127 Vt dan 10 kV gacha bo'ladi.

Asinxron dvigatellar, bir, ikki va uch fazali qilib yasaladi. Uch fazali asinxron dvigatellar metall kesish, yog'ochni qayta ishlash dastgohlarini, ko'tarma kranlar, liftlar, eskalatorlar, ventilyatorlar, nasoslar va boshqa mexanizmlarni harakatga keltirishda ishlatiladi.

Bir fazali asinxron dvigatellarining quvvati, odatda 0,5 kVt dan oshmaydi. Undan avtomatik boshqarish sistemalarida, turli asboblarning elektr yuritmalarda, uy-ro'zg'or mashinalarida foydalaniladi. Kichik quvvatli asinxron mashinalar vallarining aylanish tezliklarini o'lchashda generator (taxogenerator) sifatida ham ishlatiladi.

Asinxron mashinalar chastota o'zgartirgich, kuchlanish o'zgartirgich va faza o'zgartirgich sifatida ham keng qo'llanadi.

2.2. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi

Aylanuvchan magnit maydonning hosil bo'lishini statorining pazlariga uch fazali chulg'am joylashtirilgan asinxron mashinasi misolida ko'rib chiqamiz. 3.1-rasmda asinxron dvigatelining uch fazali chulg'ami yakka chulg'am sifatida ko'rsatilgan.

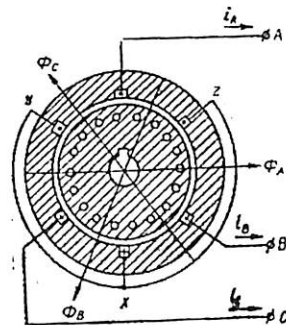
Agar stator chulg'ami uch fazali kuchlanish manbaiga ulansa, chulg'am orqali uch fazali tok o'ta boshlaydi (3.2-rasm):

$$i_A = I_m \sin \omega t;$$

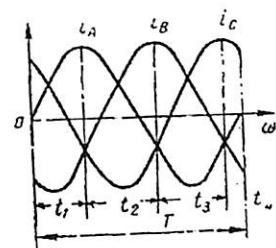
$$i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \quad (3.1)$$

$$i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right).$$

Har bir chulg'andan o'tayotgan tok vaqt bo'yicha sinusidal qonuni bo'yicha o'zgaruvchi magnit yurituvchi kuch (MYuK) F_A , F_B va F_C larni hosil qiladi ($F = I_W$). Uch fazali tok hosil qilgan umumiy MYuK ning yo'nalishini va qiymatini aniqlash uchun faza chulg'amlaridan o'tayotgan toklarning vaqt bo'yicha o'zgarish grafigiga (3.2-rasm) ga murojaat qilamiz. Grafikdan ko'rinib turibdiki, $t = t_1$ lahzada A fazasidagi



3.1-rasm.



3.2-rasm.

tok $i_A = i_m$ qolgan fazalarda esa

$$i_B = -\frac{I_m}{2}, \quad i_C = -\frac{I_m}{2}$$

bo'ladi. Ushbu faza toklari hosil qilgan MYuK larning qiymatlari:

$$F_A = F_m$$

$$F_B = F_C = -\frac{F_m}{2}$$

Faza chulg'amlarida hosil bo'lgan MYuK ning yo'nalishi o'ng qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi. 3.3-rasm, a da magnit maydonning $t = t_1$ vaqtdagi yo'nalishi ko'rsatilgan. Uch fazali tok hosil qilgan umumiy MYuK ning qiymati har bir faza toklari hosil qilgan MYuK larning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni

$$F_2 = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m$$

Vaqt $T/3$ qiymati o'zgargandan keyin, ya'ni $t_2 = t_1 + \frac{2\pi}{3}$ da (3.2-rasm) faza chulg'amlari orqali o'tayotgan toklarning qiymati va yo'nalishi o'zgarib, $i_A = i_C = -\frac{I_m}{2}$ va $i_B = I_m$ bo'ladi. Shu vaqtdagi umumiy magnit maydoni oqimining yo'nalishi va qiymati 3.3-rasm, b da ko'rsatilgandek aniqlanadi. Bunda $F_E = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m$ bo'lib, uning yo'nalishi B-U chulg'am o'qiga perpendikulyar ekanligiga

ishonch hosil qilish mumkin. 3.2-rasm, ν da $t_3 = t_1 + \frac{4\pi}{3}$ lahzadagi magnit maydoni oqimlarining chulg'am atrofida tarqalishi va umumiy magnit maydoni yo'nalishi ko'rsatilgan, bu holda ham $F_E = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m$

qiymatga ega bo'lib, uning yo'nalishi C-Z chulg'am o'qiga perpendikulyardir. Yuqorida keltirilganlardan shuni xulosa qilib aytish mumkin, umumiy MYuK vektori doimo o'zgarmas qiymatga ega bo'lgani holda o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanar ekan. Vaqtning T/Z ga o'zgarishi natijasida MYuK vektori bir davr mobaynida bir marta to'liq aylanadi. Umumiy magnit yurituvchi kuchning yo'nalishi esa har doim toki maksimal qiymatga ega bo'lgan fazaning magnit yurituvchi kuchi yo'nalishi bilan mos tushadi.

Shunday qilib, aylanuvchan magnit maydonini hosil qilish uchun, birinchidan, chulg'amlar fazada o'zaro ma'lum bir burchakka siljigan, ikkinchidan esa shu chulg'amlar orqali o'tayotgan toklar ham ma'lum bir faza siljish burchagiga ega bo'lishi kerak.

Yuqorida keltirilgan sharoitlardan birortasi bajarilmasa, aylanuvchan magnit maydoni hosil bo'lmaydi.

Aylanuvchan magnit maydonning tezligi. Ma'lumki, chulg'amlardan uch fazali tok o'tganda bir juft qutbli ($p=1$) magnit maydoni hosil bo'ladi. Bunday magnit maydoni o'zgaruvchan tokning bir davri mobaynida bir marta to'liq aylanadi. Chulg'amlar sonini shunday tanlash mumkinki, bunda juft qutblar soni ikki, uch ($p=2,3,\dots$) va hokazo bo'lishi mumkin.

3.3-rasmda ikki juft qutbli magnit maydoni ko'rsatilgan. Bu yerda chulg'amlar soni avvalgiga nisbatan ikki marta ko'p bo'lib, maxsus sxema bo'yicha ulangan. Agar statorning chulg'amlari bilan birgalikda sirtini yoyib (3.3-rasm, b) chulg'amlarning ulanish sxemasini va chulg'amlardagi toklarning yo'nalishini ko'radigan bo'lsak ($t=t_1$ vaqt uchun), u holda qo'shni har uch o'tkazgichdagi (ya'ni 3, 4, 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11; 12, 1, 2) toklarning yo'nalishi mos tushadi va bu toklar hosil qilgan magnit maydoni to'rt qutbli (yoki ikki juft qutbli) bo'ladi (3.3-rasm). Bizning misolda bir juft qutb stator aylanmasini yarmini egallaganligi uchun o'zgaruvchan tokning bir davri mobaynida aylanuvchan magnit maydoni stator aylanmasining yarimiga buriladi. Agar magnit maydoni r juft qutblar soniga ega bo'lsa, aylanuvchan magnit maydoni $1/r$ bo'lakka buriladi. U holda aylanuvchan magnit

maydonining burchak tezligi $\omega_1 = \frac{2\pi}{Tp}$. Agar $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ ekanligi hisobga

$$\text{olinsa, } \omega_1 = \frac{2\pi\omega}{2\pi p} = \frac{\omega}{p}$$

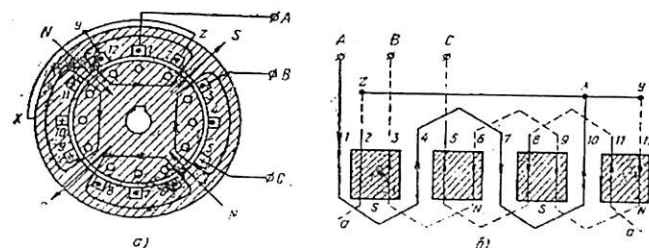
Agar aylanuvchan magnit maydonining burchak tezligi ω_1 ni aylanish tezligi n_1 bilan, burchak chastota ω ni esa o'zgaruvchan tok chastotasi f_1 orqali ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi f_1}{p},$$

bundan

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

Demak, magnit maydonining aylanish tezligi o'zgaruvchan tok chastotasiga va juft qutblar soniga bog'liq ekan. Aylanuvchan magnit maydonining yo'nalishini o'zgartirish (reverslash) uchun fazalar ketma-ketligining tartibi o'zgartiriladi, ya'ni stator chulg'amlarining manbaga ulanadigan S_1, S_2, S_3 bosh uchlaridan istalgan ikkitasining o'rni almashtiriladi.



3.3-rasm.

Sanoat
chastotasi ($f_1=50$
Gs) da
aylanuvchan
magnit
maydonining
aylanish tezligi
 $n_1 = \frac{3000}{p}$ bo'ladi.

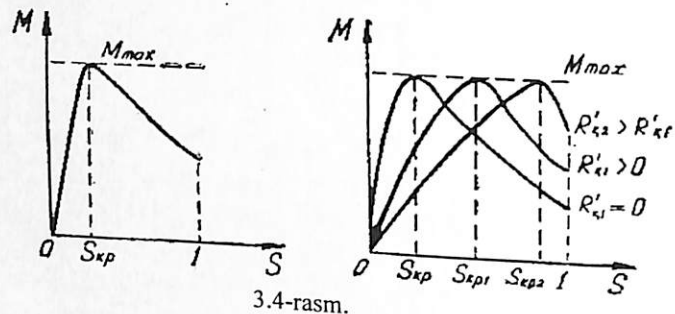
Agar $p = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ bo'lsa, aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi (soni) mos holda 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500 ayl/min ni tashkil etadi.

Odatda, dvigatelning pasportida rotorning nominal aylanishlar soni ($n_1 = n_{nom}$) ko'rsatilgan bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydonining sinxron tezlik qiymatini bilish uchun n_{nom} ga eng yaqin katta tezlik qiymati qabul qilinadi. Masalan, $n_{NOM} = 2860$ ayl/min ga, $n_1 = 3000$ ayl/min, $n_{NOM} = 1460$ ayl/min ga, $n_1 = 1500$ ayl/min mos keladi.

2.3. Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi. asinxron motorning tezligini rostlash

Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi

Manba kuchlanishi o'zgarmas ($U_1 = \text{const}$) bo'lganda rotor aylanishlar soni (n_2) ning aylantiruvchi momentga bog'liqlik egri chizig'i $n_2 = f(M)$ asinxron motorning mexanik xarakteristikasi deyiladi.



3.4-rasm.

$M = f(S)$ egri chizig'i yoki (18.18) ifoda yordamida $n_2 = n_1(1-S)$ ekanligini hisobga olgan holda qurish mumkin. Mexanik xarakteristika har qanday motorning ish qobiliyatini belgilaydi. Ma'lumki, stator aylanuvchan magnit maydon tezligi o'zgarmas ($n_1 = \text{const}$) bo'lgani uchun rotorning aylanish tezligi bilan sirpanish orasidagi bog'lanish chizig'idir. Agar $S=1$ bo'lsa, $n_2=0$; $S=0$ bo'lsa, $n_2=n_1$ bo'ladi. Mexanik xarakteristikada quyidagilarini belgilash mumkin: maksimal (kritik) moment M_{max} - asinxron motor aylantiruvchi momentning maksimal qiymati; ishga tushirish momenti; M_{IT} - asinxron motorni ishga tushirish (qo'zg'atish) uchun kerak bo'ladigan moment qiymati; nominal moment M_{NOM} - asinxron motorning nominal ish rejimi (nominal kuchlanish U_{NOM} nominal chastota f_{NOM} , nominal yuklama) dagi aylanuvchi momenti.

Yuklanish ostidagi asinxron motorni ishga tushirish uchun uning ishga tushirish momenti ish mexanizmining qarshilik momenti M_Q dan katta bo'lishi kerak, ya'ni $M_{IT} > M_Q$. Aks holda motorni harakatga keltirib bo'lmaydi. Asinxron motor aylanishlar sonining o'zgarish mexanik xarakteristikaning S nuqtasidan boshlab, V nuqta orqali o'tadi. Xarakteristikaning A-V qismidagi $M_{NOM} = M_Q$ nuqtada motorning val n_{2NOM} tezlik bilan aylana boshlaydi. Shunday qilib, mexanik xarakteristikaning S-V qismi tezlanish qismi, A-V esa ish qismi

hisoblanadi. Asinxron motor xarakteristikaning ish qismida barqaror tezlik bilan aylanadi.

Agar biror sababga ko'ra $t=t_1$ paytda qarshilik momenti M_{Q1} dan

M_{Q2} ga o'zgarsa

(3.5-rasm), u

holda $M_Q > M$

bo'lib, motor

tormozlana

boshlaydi.

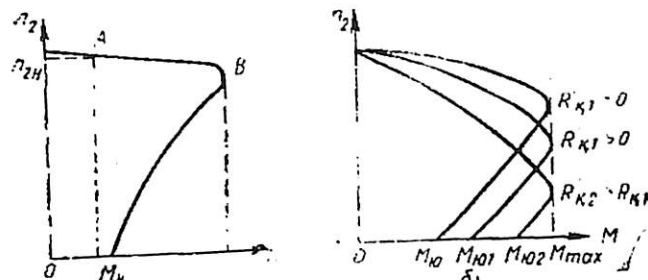
Natijada

sirpanish S

ortadi. Bu esa

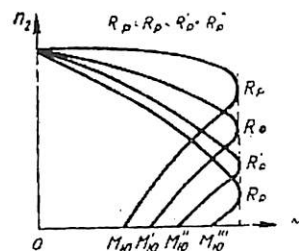
o'z navbatida

EYuK, rotor toki

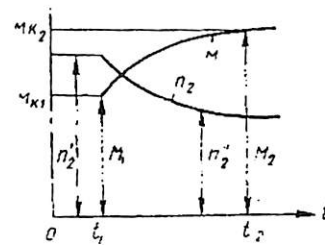


3.5-rasm.

va aylanuvchan moment qiymatining o'zgarishiga olib keladi. Bunday jarayon $M_Q = M$ bo'lguncha davom etib, motorning o'z-o'zini boshqarish jarayoni deb ataladi. Motor o'qiga qo'yilgan qarshilik momenti qiymatining kamayishi esa o'z-o'zini boshqarish jarayoniga ko'ra, rotor aylanishlar sonining ortishiga olib keladi. Odatda, motorlarda o'z-o'zini boshqarish jarayoni sekundning o'ndan yoki



3.6-rasm.



3.7-rasm.

yuzdan bir ulushi mobaynida tugaydi.

Mexanik xarakteristikaning S-V qismida esa tezlikning har qanday o'zgarishi (kamayishi) aylantiruvchi momentning kamayishiga olib keladi, natijada motor to'xtaydi. Shuning uchun $n = f(M)$ egri chiziqning S-V qismi mexanik xarakteristikaning beqaror qismi deyiladi. Ayrim hollarda maksimal moment qiymati motorni to'xtatish momenti ham deyiladi, chunki M_{max} ning ΔM_{max} ga ortishi motorning tezda to'xtashiga sabab bo'ladi. 3.7-rasmida faza rotorli asinxron motor uchun

mexanik xarakteristikalarining to'plamida ko'rsatilgan. Rotor chulg'amlari qarshiligi qiymatining ortishi xarakteristika egriligining oshishiga olib keladi. O'z navbavida, ishga tushirish momentining qiymati ortadi, ishga tushirish tokining qiymati esa kamayadi. Odatda, chulg'ami aktiv qarshiliknigina hisobga olib ko'rilgan mexanik xarakteristika "qattiq" mexanik xarakteristika deb nomlanadi.

2.4. Asinxron motorning pasportidagi ma'lumotlari bo'yicha mexanik xarakteristikasini qurish

Odatda, asinxron motorning pasportida quyidagi ma'lumotlar ko'rsatiladi:

U_{HOM} - nominal kuchlanish, [V];

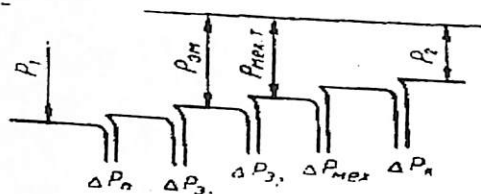
R_{NOM} - nominal quvvat, [Vt, kVt];

n_{NOM} - rotorning nominal aylanishlar soni, [ayl/min];

$\lambda = \frac{M_{max}}{M_{HOM}}$ - motorning o'ta yuklanish koeffitsienti (qisqa

tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar uchun $\lambda=1,7 \div 2,5$, faza rotorli asinxron motorlar uchun $\lambda=1,5 \div 3,4$);

$\delta = \frac{M_{IT}}{M_{HOM}}$ - ishga tushirish koeffitsienti.



3.8-rasm.

Yuqorida ko'rsatilgan ma'lumotlar bo'yicha motorning mexanik xarakteristikasini qurish mumkin. Buning uchun dastlab aylanuvchi magnit maydonning aylanish tezligini aniqlaymiz. Bu tezlik qiymatini aniqlashda sinxron tezliklar shkalasidan foydalanamiz. So'ngra motorning nominal momenti aniqlanadi:

$$M_{HOM} = 975 \frac{P_{HOM}}{n_{HOM}} [\text{kg} \cdot \text{m}], \quad M_{HOM} = 9550 \frac{P_{HOM}}{n_{HOM}} [\text{H} \cdot \text{m}] \quad (3.1)$$

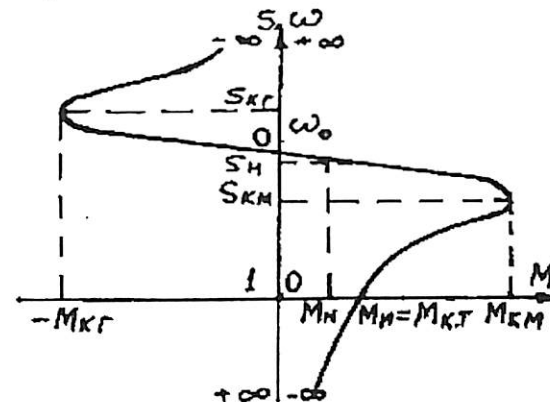
Pasportida ko'rsatilgan koeffitsientlar yordamida motorning maksimal M_{max} va ishga tushirish momenti M_{IT} aniqlanadi. Aniqlangan

kattaliklar bo'yicha koordinata o'qlariga mos holda a, δ, s nuqtalar belgilanadi. Kritik sirpanish miqdori esa

$$s_{KP} = s_{HOM} (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \quad (9.27) \quad (3.2)$$

ifoda yordamida aniqlanadi (3.9-rasm, a). Bunda $s_{HOM} = \frac{n_1 - n_{HOM}}{n_1}$

bo'ladi. Faza rotorli asinxron motorning reostat xarakteristikalarini qurish uchun dastlab kataloglardan berilgan motorning nominal quvvatini va seriyasini, so'ngra rotor chulg'aming aktiv va reaktiv qarshiliklari aniqlanadi.



3.9-rasm. Asinxron motorning mexanik tavsifi

Keyin, (3.1) va (3.2) ifodalardan foydalanib, sun'iy reostat xarakteristikasi quriladi.

$$M = \frac{2M_K}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}} \quad (3.3)$$

Kloss formulasi (3.3) bo'yicha aniqlanadi.

2.5. Asinxron motorning energetik diagrammasi va foydali ish koeffitsienti

Boshqa elektr mashinalaridagi kabi asinxron motorlarida ham elektr energiyasining mexanik energiyaga aylantirilishi energiya isrofi bilan bog'liq. Morga elektr tarmog'idan berilayotgan R_1 quvvatning qanday taqsimlanishi 19.5-rasmdagi asinxron motorning energetik diagrammasida ko'rsatilgan.

Asinxron motorga tarmoqdan berilayotgan quvvat:

$$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi.$$

Bu quvvatning bir qismi statorning po'lat o'zagidagi quvvat isrofi ΔR_P va stator chulg'amining qizishiga sabab bo'lgan ΔR_{E1} elektr quvvati isroflarini qoplashga sarflanadi:

$$\Delta R_{E1} = 3I_1^2 r_1. \quad (3.4)$$

Quvvatning qolgan qismi magnit oqimi yordamida rotorga uzatiladi va shu sababli elektromagnit quvvat deb ataladi:

$$P_{EM} = P_1 - (\Delta P_{E1} + \Delta P_P). \quad (3.5)$$

Elektromagnit quvvatning bir qismi rotor chulg'amidagi elektr quvvat isroflarini qoplashga sarflanadi:

$$\Delta R_{E2} = 3I_2^2 r_2. \quad (3.6)$$

Elektromagnit quvvatning qolgan qismi motorning mexanik quvvatiga aylanadi va *to'la mexanik quvvat* deyiladi:

$$R_{T.MEX} = R_{EM} - \Delta R_{E2}. \quad (3.7)$$

To'la mexanik quvvatning bir qismi mexanik isrof (ΔR_{MEX}) ga, boshqa bir qismi isrof (ΔR_Q) ga sarflanadi, qolgan qismi esa motorning validagi foydali ($R_2 = R_M$) quvvatni beradi:

$$R_2 = R_{T.MEX} - (\Delta R_{MEX} + \Delta R_Q). \quad (3.8)$$

Motordagi mexanik isroflar podshipniklardagi ishqalanishlar, aylanuvchan havoga ishqalanishi va cho'tkalarining halqalarga ishqalanishidan (faza rotorli motorlarda) hosil bo'ladi.

Qo'shimcha quvvat isroflari motorda sochilgan magnit oqimlar bo'lishi va boshqa sabablar tufayli vujudga keladi. Motor to'la yuklanish bilan ishlaganda qo'shimcha isrof (ΔR_Q) uning nominal quvvatining 0,5% ga teng qilib olinadi.

Shunday qilib, motorning foydali mexanik quvvati

$$P_2 = P_1 - \sum \Delta P,$$

bunda $\sum \Delta P$ - motordagi quvvat isroflarining yig'indisi

$$\sum \Delta P = \Delta P_n + \Delta P_{\Sigma 1} + \Delta P_{\Sigma 2} + \Delta P_{MEX} + \Delta P_K \quad (3.9)$$

Asinxron motorning foydali ish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

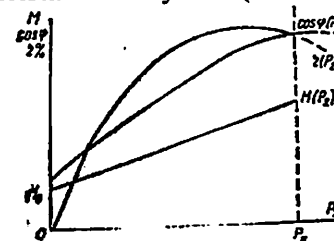
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \sum \Delta P}{P_1} \quad (3.10)$$

Motorning yuklanishi nominalga yaqin bo'lganda foydali ish koeffitsienti eng katta qiymatga yetadi. Kichik va o'rta quvvatli (1-100

kVt) motorlarda $\eta_{NOM} = 70 \div 90\%$ ni, katta quvvatli (100 kVt va undan katta) motorlarda $\eta_{NOM} = 90 \div 94\%$ ni tashkil etadi.

2.6. Asinxron motorning ish xarakteristikasi

Elektr tarmog'idagi kuchlanish U_1 va f_1 o'zgarmas bo'lganda motorning tezligi n_2 , sirpanish S , aylantirish momenti M , foydali ish koeffitsienti η , stator chulg'amidagi tok I_1 va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ning motor validagi foydali quvvat R_2 ga bog'liqlik grafiklari asinxron motorning ish xarakteristikalari deyiladi (3.10-rasm).



3.10-rasm.

Motor salt ishlaganda ($R_2 = 0$) $S \approx 0$ bo'lib, sirpanish formulasi $n_2 = n_1 (1 - S)$ da $n_2 \approx n_1$ deb qabul qilish mumkin. Yuklanishning ortishi bilan sirpanish S orta boradi, rotorning aylanish tezligi n_2 esa kamaya boradi. Nominal yuklanishda $R_2 = R_{2\text{ NOM}}$ bo'lib, sirpanish nominal qiymatga erishadi.

Motorning validagi foydali moment M ning foydali quvvatga bog'liqligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$M = 975 \frac{P_2}{n_2}.$$

Motor R_2 ning ortishi bilan aylanish tezligi kamayadi, shu sababli foydali moment M yuklanish ko'payganda R_2 ga qaraganda tezroq ko'payadi. Binobarig, $M = f(P_2)$ bo'ladi.

Motorning foydali ish koeffitsienti $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ ko'rinishida ifodalanadi.

Motorning tarmoqdan olayotgan R_1 validagi foydali quvvat R_2 va quvvat isroflari yig'indisi $\sum \Delta P$ dan, iborat, ya'ni $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum \Delta P}$. Motor

salt ishlaganda $R_2 = 0$, binobarin, FIK ham $\eta = 0$ bo'ladi. Foydali quvvat R_2 ortgan sari FIK tez osha boradi va quvvat isrofining yuklanishga

bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan qismi bilan yuklanishga bog'liq bo'lmagan o'zgarmas qismi tenglashganda η eng katta qiymatga erishadi. Yuklanishni yana ham orttirish foydali ish ko'ffisientining kamayishiga olib keladi.

Stator I_1 (9.13) formuladan aniqlanadi. U o'zgarmas I_0 va o'zgaruvchan I_2 tashkil etuvchilardan iborat bo'lib, yuklanishga bog'liqdir. Motor salt ishlagan $I_2=0$ desak, $I_1=I_0$ bo'ladi, ya'ni stator toki salt ishlash tokiga teng bo'ladi va uning qiymati asinxron motorlarda stator chulg'ami nominal toki ($I_{1\text{ NOM}}$) qiymatining 40÷60% ini tashkil etadi. R_2 ning ortishi tok I_2 va I_1 larning ortishiga olib keladi.

Motor salt ishlaganda uning quvvat ko'ffisienti eng kichik qiymatni tashkil etadi. Motorning valiga tushadigan yuklanish ortganda tokning aktiv tashkil etuvchisi ortadi. Bu holda quvvat ko'ffisienti ortadi. Bu holda quvvat ko'ffisienti orta borib, $P_2=P_{\text{HOM}}$ bo'lganda eng katta qiymatga erishadi. Yuklanish yana ham ko'payganda $\cos\varphi$ kamayadi. Bu hol sirpanishning ko'payishi hisobiga rotor chulg'aminining induktiv qarshiligi ($X_{2.S}$) ortishi bilan izohlanadi. Quvvat ko'ffisientining katta bo'lishi uchun motor doimo yoki bo'lmaganda, ko'proq vaqt nominal yuklanishda ishlashi mumkindir.

Nominal yuklanishda o'rta quvvatli (1-100 kVt) motorlarning quvvat ko'ffisienti $\cos\varphi_{\text{NOM}}=0,7\div0,9$, katta quvvatli (100 kVt dan ortiq) motorlarda $\cos\varphi_{\text{HOM}}=0,8\div0,92$.

Nazorat savollari

1. Yurgizish reostatining ahamiyati uning motorni yurgizish toki va momentiga ta'siri nimadan iborat?
2. Rotorning sirpanishi nima va motor ishlaganda u nimaga teng?
3. Motorni reverslash qanday bajariladi?
4. Motorni sun'iy mexanik xarakteristikasi tabiiysiga nisbatan qanday joylashgan?

3. SINXRON MASHINALAR

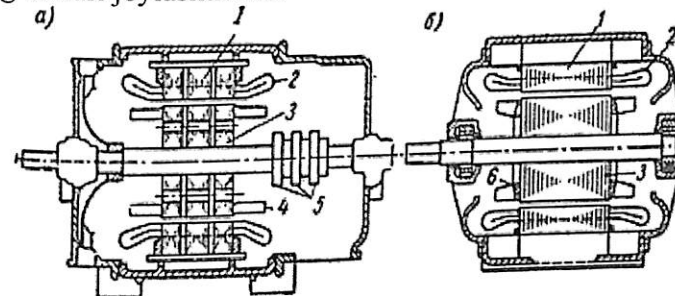
3.1. Sinxron mashinalar

Mexanik energiya deyarli sinxron generatorlar yordamidagina elektr energiyaga aylantiriladi. Rotorning aylanish tezligi qutblar juftining soni va tok chastotasi bilan bog'liq elektr mashinalar sinxron mashinalar deyiladi, bu bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$n = \frac{60f}{p}$$

$f=50$ Hs sanoat chastotasida va qutblar jufti $r=1,2,3$ va h.k. bo'lganda sinxron mashinalarning rotori $n=3000, 1500, 1000$ ayl/min tezlik bilan aylanadi.

Sinxron mashinalar elektr generatorlari, dvigatellari va reaktiv quvvat kompensatorlari sifatida ishlatiladi. Barcha elektr mashinalari kabi ular ham qaytuvchanlik xususiyatiga ega. Sinxron mashinalar, asosan, barcha elektr stansiyalarda uch fazali elektr generatorlari sifatida ishlatilmoqda. Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalarida quvvati 800 kVA va undan ortiq bo'lgan generatorlar o'rnatilgan. Gidravlik elektr stansiyalardagi generatorlarning quvvati birmuncha kam bo'lib, 500- 600 kVA ni tashkil etadi. Atom elektr stansiyalarida esa bitta blokning quvvati 1,5 ming MVA ga yetadi. Stator va rotor sinxron mashinaning asosiy qismlari hisoblanadi. Statorning o'zagi o'zaro izolyasiyalangan elektrotexnik po'lat yaproqchalardan yig'ilgan bo'lib, silindrsimon yaxlit korpusning ichki sirtiga mahkamlanadi. Stator o'zagining ichki qismidagi pazlarga uch fazali o'zgaruvchan tok chulg'amlari joylashtiriladi



3.1-rasm. Asinxron mashinani tuzilishi

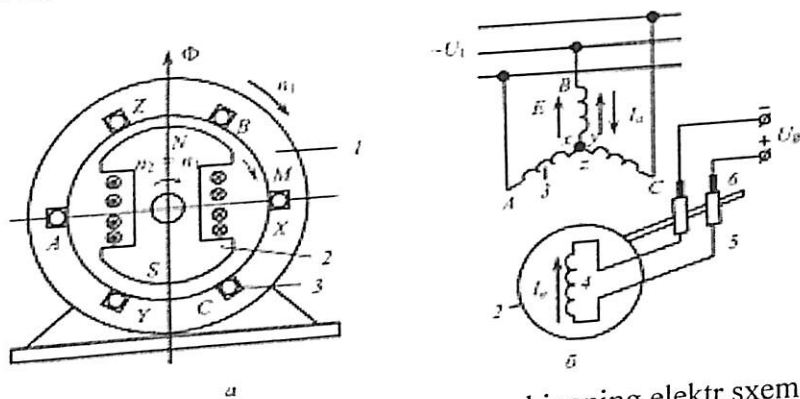
Mashina o'qiga mahkamlangan kontakt halqalariga rotor chulg'aming ikki uchi mahkamlangan bo'lib, halqalar sirtida qo'zg'almas tok ulovchi cho'tkalar sirpanadi. Rotor uchun doimiy tok manbai sifatida quvvati uncha katta bo'lmagan o'zgaras tok generatori-uyg'otgich ishlatiladi. Odatda, uyg'otgichning quvvati sinxron mashina quvvatining 1-3% ini tashkil etadi.

Bunday mashinalarda o'rnatilgan rejimda natijaviy magnit maydoni va rotor bir xil tezlikda (sinxron) aylanadi.

Aniq qutbli va noaniq qutbli sinxron mashinalar – uyg'otish chulg'ami joylashgan rotorda aniq va noaniq o'rnatilgan qutbli mashina.

Nominal (pasportida keltirilgan) kattaliklari: to'la quvvat S_{nom} (motorlar uchun valdagi mexanik energiya quvvati P_{nom}), liniya kuchlanishi U_{nom} va toki I_{nom} , quvvat koeffitsienti $\cos\varphi_{nom}$, FIK η_{nom} , chastota f , rotorning aylanish chastotasi n_{nom} , uyg'otish cho'lg'amidagi kuchlanish $U_{uy,nom}$ va tok $I_{uy,nom}$.

Ayrim hollarda sinxron generator hosil qilgan tokni to'g'rilash yuli bilan doimiy tok hosil qilinadi. 3.2-rasmda sinxron mashinaning elektr sxemasi tasvirlangan



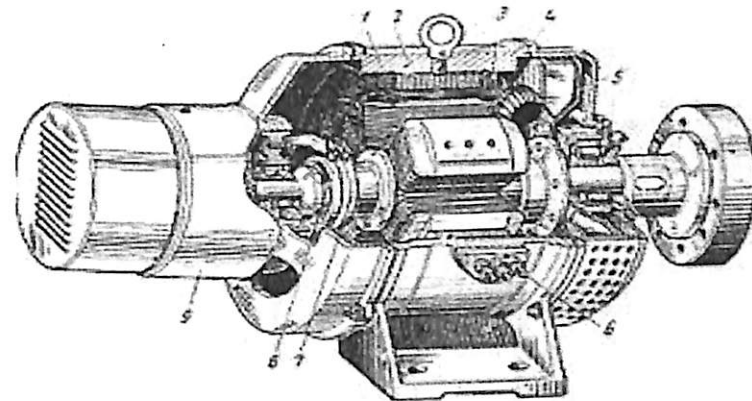
3.2-rasm. Sinxron mashina mashinaning elektr sxemasi

Aniq qutbli sinxron mashinalarni tayyorlash texnologiyasini hamda konstruksiyasining mexanik mustahkamligini ta'minlash uchun ularni aylanish tezligi 1000 ayl/min dan kam bo'lgan hollarda ishlatish uchun tavsiya etiladi. Aniq namoyon qutbli generatorning birlamchi dvigateli sifatida, ko'pincha, gidravlik turbina ishlatiladi. Shuning uchun bunday generatorlar gidrogeneratorlar deb atalib, ularning aylanish tezligi 60 dan 750 ayl/min oralig'ida bo'ladi. Tezlikning

bunday katta oraliqda o'zgarishi gidrostansiyalarda suv bosimi va isrofining turlicha bo'lishi bilan bog'liqdir. Gidrogenerator qutblarining soni gidroturbinaning tezligiga borliq holda bir necha o'ntagacha bo'lishi mumkin. Masalan, turbinaning aylanish tezligi 75 ayl/min va standart chastota 50 Gs bo'lganda $p = \frac{60f}{n_2} = \frac{60 \cdot 50}{75} = 40$ juft

qutb yoki 80 ta qutb bo'ladi.

Noaniq qutbli mashinalar, asosan, rotorning aylanish tezligi katta 1500, 3000 ayl/min bo'lganda qo'llaniladi. Bunday mashina rotorining konstruksiyasi bo'rtib chiqmagan qutb sifatida, ya'ni uyg'otish chulg'ami joylashtiriladigan pazli silindrsimon shaklda yasaladi (3.3-rasm).



3.3-rasm. Sinxron mashina

Noaniq qutbli generatorlarning birlamchi dvigateli sifatida bug' turbinasi qo'llanilgani uchun bunday generatorlar turbogeneratorlar deb ataladi.

Sinxron dvigatellar quvvati bir necha 10 ming kilovattgacha va aniq qutbli qilib ishlab chiqariladi.

Sinxron mashinalar ham bimalol katta quvvatli asinxron elektr dvigatellari o'rni bosib, elektrodvigatellar rejimida ishlashi mumkin. Ular kuchli nasoslar va havo damlari yuritmalarida ishlatiladi.

Salt ishlaydigan, shu sababli yengil mexanik konstruksiyali sinxron dvigatellar sinxron kompensatorlar deyiladi va tarmoqlarning

$\cos\varphi$ ni hamda elektr stansiyalarning foydali ish koeffitsientini yaxshilashda ishlatiladi.

3.2. Sinxron mashinaning tuzilishi va ishlash prinsipi

Sinxron mashinalarning ishlash printsipti rotor chulg'amiga o'zgaras tok berilganda, o'zgaras magnit maydoni hosil bo'lishi va rotor bilan birga aylanib stator chulg'amlarini kesib utib, ularda chastotasi f ga teng bo'lgan EYUK induksiyalashiga asoslangan.

Agar stator chulg'amlariga yuklama qarshiligi Z_{YU} ni ulasak, generatorning faza chulg'amlarida hosil bo'lgan i_A , i_B va i_C toklar tezligi $n_1 = \frac{60f}{p}$ rotor tezligiga teng bo'lgan aylanuvchan magnit maydoni hosil qiladi. Shuning uchun bunday elektr mashinalar, rotorning aylanish tezligi stator magnit maydonining aylanish tezligiga teng bo'lgani uchun sinxron mashinalar deb yuritiladi. Quvvati nisbatan katta bo'lmagan (100 kVA gacha) mashinalarning o'zgaras va o'zgaruvchan tok chulg'amlari, ko'pincha o'zaro o'rin almashgan bo'ladi (7.16-rasm PDF). Iste'molchi ulanadigan chulg'am rotorga, uyg'otish chulg'ami esa statorga joylashtiriladi.

Kam quvvatli mashinalar ba'zan teskari prinsipda, ya'ni qutblari quzg'almaydigan, yakor chulg'ami esa aylanadigan qilib yasaladi. Generator quyidagicha ishlaydi. Mashinaning rotorini birlamchi dvigatel nominal tezlikda aylantirib beradi, bu tezlik esa dvigatel tezligini avtomatik rostlovchi regulyator yordamida birday saqlab turiladi. Bundan keyin rotor chulg'amiga I_u uyg'otish toki berib, generator uyg'otiladi. Qutblarning doimiy tezlikda aylanuvchi F_a magnit oqimi yakor chulg'amini kesib unda

$$E_0 = 4,44\Phi_a f w_1 k_0$$

EYUK hosil qiladi, bu EYUK salt ishlash elektr yurituvchi kuchi deyiladi.

Asosiy magnit maydoni oqimi uyg'otish tokiga proporsional bo'lgani uchun EYUK qiymatidan uyg'otish toki qiymatini katta diapazonda o'zgartirib, rostlash mumkin.

Stator chulg'amlarida induksiyalangan EYUK ning chastotasi $f = \frac{p \cdot n}{60}$ ekanligini bilgan holda

$$E_0 = 4,44 \frac{w_1 k_0 p}{60} \Phi_a n = C_e \Phi_a n$$

deb yozish mumkin, ya'ni sinxron mashinaning EYUK magnit maydoni oqimiga hamda aylanish tezligiga proporsionaldir.

Generator yuklanish bilan ishlaganda stator chulg'amlaridan oqib o'tayotgan tok rotorning asosiy magnit maydoni oqimiga teskari yo'nalgan magnit oqimini hosil qilishi natijasida yakor reaksiyasi hosil bo'ladi. 7.8-rasm (78-rasm RDF) da generatorning aktiv-induktiv va aktiv-sig'im yuklamalari uchun mos vektor diagrammasi keltirilgan. Bunda induktiv tok (aktiv-induktiv iste'molchi) EYUK ni kamaytirib, mashinani magnitsizlaydi, sig'im toki (aktiv-sig'im iste'molchi) mashinani magnitlab, EYUK ni oshiradi. Bunda yuklama burchagi - natijaviy magnit oqimi F va uyg'otish magnit oqimi F_0 o'qlari orasidagi hosil qilingan fazoviy burchak. $X_{ya} \gg X_{yasoch}$ sababli θ' va θ burchaklar amalda teng, shu sababli bundan keyin θ ni yuklama burchagi deb olamiz.

Elektromagnit quvvat va moment

$$P_{el.m} = \frac{mUE_0}{X_c} \sin\theta, M_{el.m} = M = \frac{mUE_0}{\omega X_c} \sin\theta$$

bu yerda m - yakor chulg'ami fazalar soni, $\omega = \pi n/30$ - rotorning aylanish burchak tezligi.

To'la, aktiv va reaktiv quvvatlar:

$$\left. \begin{aligned} S &= mUI = \frac{mUE_0}{X_c} \\ P &= mUI \cos\varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \sin\theta \\ Q &= mUI \sin\varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \cos\theta \end{aligned} \right\}$$

bu yerda U va I - yakor faza kuchlanishi va toki ta'sir etuvchi qiymatlari.

Sinxron mashinalar ish rejimlari odatda yakordagi kuchlanish U va tok I , faza siljishi va uyg'otish toki I_{uy} (yoki EYUK E_0) lar bilan xarakterlanadi. Bu kattaliklar ifodasini quyida keltirilgan:

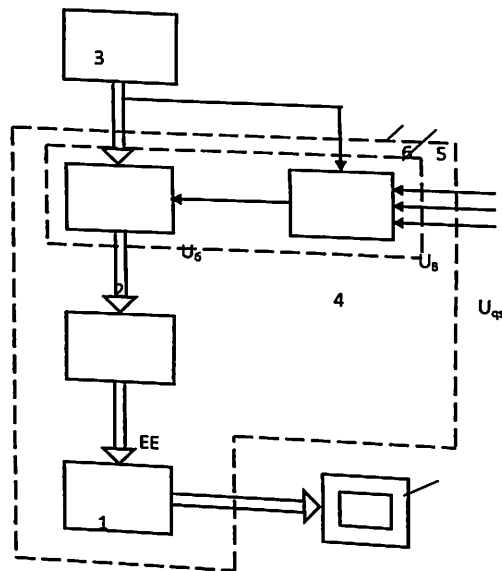
$$\begin{aligned} E_0 &= \sqrt{(U \cos\varphi)^2 + (U \sin\varphi + X_T I)^2} \\ I &= \frac{-U \sin\varphi + \sqrt{(U \sin\varphi)^2 + (E_0^2 - U^2)}}{X_T} \\ U &= -X_c I \sin\varphi + \sqrt{E_0^2 - X_c^2 I^2 \cos^2\varphi} \\ \varphi &= \arcsin \frac{E_0^2 - U^2 - X_c^2 I^2}{2UIX_c} \end{aligned}$$

4. ELEKTR YURITMA ASOSLARI

4.1. Elektr yuritma haqida umumiy tushunchalar

Elektr yuritma tarkibiy tuzilishi bo'yicha elektrotexnik va mexanik qurilmalardan iborat **elektromexanik tizim**dir (5.1 – rasm). Har qanday elektr yuritma (6) ning asosiy elementi elektr motor (1) dir. Elektr motor elektr energiya (EE) ni mexanik (ME) ga o'zgartiruvchi elektromexanik o'zgartkichdir. Elektr motorda hosil qilingan mexanik energiya uzatish qurilmasi (8) orqali ishchi mashinaning ijrochi organi (7) ga uzatiladi. Uzatish qurilmasining vazifasi elektr motor harakati bilan ijrochi organ harakatini o'zaro moslashtirishdir.

Elektr yuritma elektr energiyani elektr tarmog'i (3) dan boshqariluvchi o'zgartkich (5) orqali oladi. Boshqariluvchi o'zgartkich elektr motor uchun mos keluvchi ko'rsatkichlari rostlanadigan elektr energiya manbai vazifasini o'taydi. Boshqariluvchi o'zgartkichning kuch sxemasi (2) boshqaruv tizimi (4) yordamida boshqariladi. Boshqaruv tizimining boshqaruv signali U_b , vazifalovchi signal U_v va bir nechta qo'shimcha signallar U_{qs} (har xil elektrik va noelektrik o'lchov o'zgartkichlarning signallari) asosida shakllanadi.



4.1– rasm. Elektr yuritmaning tarkibiy tuzilishi

Shunday qilib, ishchi mashina ijrochi organlari harakatini boshqarishga xizmat qiluvchi elektr motor, boshqariluvchi o'zgartkich va uzatish qurilmasidan iborat elektromexanik tizim **elektr yuritma** deb ataladi.

Elektr yuritma asosini mustaqil, ketma – ket va aralash qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorlari; asinxron, sinxron, ventilli va odimlovchi o'zgaruvchan tok motorlari; o'zgarmas va o'zgaruvchan chiziqli elektr motorlar tashkil etadi.

Elektr yuritmalarda mexanik uzatish qurilmalari sifatida turli xil reduktorlar, shkvlar, variatorlar, zanjirli va tasmali uzatmalar va h. k. lar keng qo'llaniladi.

Boshqariluvchi o'zgartkichlarga elektrik boshqariluvchi o'zgarmas tok yarim o'tkazgichli to'g'irlagichlar va impuls kengligi boshqariladigan o'zgartkichlar, chastota va kuchlanish rostlagichlari hamda induktiv – sig'imli parametrik o'zgartkichlar kirishi bilan bir qatorda elektromexanik o'zgartkichlar vazifasini bajaruvchi o'zgarmas tok generatorlari, asinxron va sinxron generatorlar kiradi.

Yarim o'tkazgichli boshqariluvchi o'zgartkichlar kuch sxemalarining boshqaruv tizimlari elektr yuritmalarga qo'yiladigan vazifaviy shartlarga ko'ra oddiy boshqaruv knopka va komandoapparatlar, magnitli ishga tushiruvchi qurilmalar, mantiqiy elementlar, rostlagichlar, kuchaytirgichlar, mikroprotessorlar va turli elektron qurilmalardan tashkil topgan bo'lishi mumkin.

Elektr yuritma harakat turiga qarab **aylanma yoki ilgariylanma**, ijrochi organining tezligi rostlanuvchi yoki rostlanmaydigan, harakatning o'zi **uzluksiz yoki uzlukli va reversiv** bo'lishi mumkin.

Elektr motorlarning soniga qarab **individual, guruhiiy va o'zaro elektrik bog'langan** elektr yuritma turlari mavjuddir.

Individual elektr yuritmalarda ishchi mashinaning bir ijrochi organining harakatini bir motor amalga oshiradi. Guruhiiy elektr yuritma-larda esa ishchi mashinaning bir nechta ijrochi organlari harakatlarini bir motor harakatga keltiradi.

Ikki yoki undan ortiq elektrik yoki mexanik bog'langan va o'z harakatlarini moslashtiruvchi individual elektr yuritmalar **o'zaro bog'langan elektr yuritmalar** deb ataladi. Agar bu bog'lanishlar mexanik bo'lsa ya'ni motorlarning harakati umumiy valni aylantirishga yo'naltirilgan bo'lsa, u holda bu elektr yuritmalar **o'zaro mexanik**

bog'lan-gan ko'p motorli elektr yuritmalar deyiladi. Agar motorlarning o'zaro bog'lanishi elektr zanjirlar orqali amalga oshiriladigan bo'lsa, u holda bu elektr yuritmalar **elektr val** deb yuritiladi.

Elektr yuritmalarning turlari xilma – xil bo'lishidan qat'iy nazar, ularning asosiy vazifasi elektr energiyani mexanik energiyaga o'zgartirish jarayonida mexanik harakat xarakterini aniqlash va uni boshqarishdan iboratdir.

Zamonaviy elektr yuritmalar rivojlanishining asosiy yo'nalishlari:

zamonaviy o'zgartkichlar va ularni boshqarishda mikroprotsessorlardan foydalanilgan holda rostanuvchi komplekt elektr yuritmalarni yaratish va ishlab chiqarish;

rostanuvchi asinxron elektr yuritmalardan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish;

texnologik jarayonlarning algoritm va modellarini yaratish va elektr yuritmalarni loyihalash jarayonini avtomatlashtirish uchun ilmiy – tadqiqot ishlarini rivojlantirish;

energiya tejankor elektr yuritmalarni loyihalash, yaratish va joriy qilish;

zamonaviy avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarni loyihalash, yaratish va ishlatishni amalga oshira oladigan ilmiy va texnik mutaxassislarni tayyorlash.

4.2. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi

Elektr motorning harakatlanuvchi qismi (rotor yoki yakor), kinematik uzatish qurilmasining elementlari va ijrochi organ bilan birgalikda elektr yuritmaning **mexanika qismini** (yoki **kinematik sxemasini**) tashkil etadi.

Elektr yuritmaning mexanika qismi har bir elementining harakati mexanika qonunlari bilan izohlanadi. Bu harakatlar ilgarilanma va aylanma xarakterga ega bo'lishi mumkin. Shu bilan birga ko'pgina elementlarining massasi va inersiya momentlari xarakati davomida o'zgarmasligini hisobga olsak, u holda elektr yuritmaning harakat tenglamasi quyidagi ikki tenglama bilan ifodalanadi:

$$\sum F = m dv / dt = ma, \quad (5.1)$$

$$\sum M = J d\omega / dt = J\varepsilon, \quad (5.2)$$

bu yerda, $\sum F$ va $\sum M$ – elementga ta'sir etuvchi umumiy kuchlar va momentlar; m va J – elementning massasi va inersiya momenti; $a = dv / dt$ va $\varepsilon = d\omega / dt$ – ilgarilanma va aylanma harakatdagi elementlarning tezlanishlari, t – vaqt.

(5.1) va (5.2) tenglamalar, element harakatining tezlanishga, unga ta'sir etuvchi kuchlarning (momentlarning) algebraik yig'indisiga to'g'ri va massasiga (inersiya momentiga) teskari proporsionalligini anglatuvchi ma'lum mexanika shonunini ifodalaydi. Agar $dv / dt = d\omega / dt = 0$ bo'lsa, u holda

$$\sum F = 0, \quad \sum M = 0, \quad (5.3)$$

boshqacha qilib aytganda, agar elementga ta'sir etuvchi kuch va momentning yig'indisi nolga teng bo'lsa, u holda elektr yuritmaning mexanika qismi elementi o'zgarmas tezlik bilan harakat qilayotgan bo'ladi (yoki tinch holatda bo'ladi).

Agar $\sum F > 0$ *ea* $\sum M > 0$ bo'lsa, u holda elektr yuritmaning mexanika qismi tezlanish bilan harakat qilayotgan bo'ladi, agar $\sum F < 0$ *ea* $\sum M < 0$ bo'lsa esa, u holda uning harakati so'nuvchi xarakterli bo'ladi.

(5.3) shart bo'yicha elektr yuritma mexanika qismining turg'un mexanik harakati ko'rsatkichlari aniqlanadi.

4.3. Elektr yuritmaning turg'un harakati

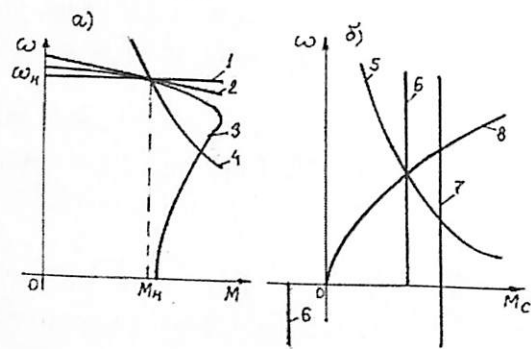
Elektr motor validagi ishchi mashina ijrochi organi hosil qiladigan statik moment M_s ga teng motor elektromagnit momenti o'zo'aro teng bo'lganida elektr yuritmaning mexanik harakati turg'un xarakterga ega bo'ladi.

Motorning mexanik tavsifi deb motor tezligining hosil qilinayotgan momentga yoki kuchga bog'liqligiga aytiladi. Mexanik tavsiflar tabiiy va sun'iy turlarga bo'linadi. Motorning tabiiy mexanik tavsifi motorni asosiy sxema bo'yicha, ko'rsatkichlari nominal bo'lgan elektr tarmog'iga ulash natijasida olingan mexanik tavsifga aytiladi va

bu tavsif har bir motor uchun yagonadir. 5.2a – rasmda turli rusumdagi motorlarning tabiiy mexanik tavsiflari keltirilgan.

1 – 4 – tavsiflar mos ravishda sinxron, mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgaras tok motori, asinxron va ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgaras tok motorlari –ning mexanik tavsiflari; 5 – metall yo'nuvchi dastgohlar bosh mexanizm – larining, 6 – transportyor va dastgohlar uzatish mexanizmlarining, 7 – ko'tarma mexanizmlarning va 8 – ventilator, kompressor hamda nasoslarning mexanik tavsiflari.

Motorni asosiy sxema bo'yicha emas, balki uning elektr zanjiriga qo'shimcha elementlar: qarshiliklar, reaktorlar, konedensatorlar ulangan bo'lsa yoki bo'lmasa motorga berilayotgan kuchlanishning qiymati nominaldan farqli bo'lsa, u holda motor **sun'iy tavsiflarda** ishlayotgan bo'ladi deyiladi. Odatda sun'iy tavsiflar motorning o'zgaruvchan koordinatalari: tok, moment, tezlik va holatlarini rostdashda foydalanilgani uchun ham bu tavsiflar **rostlash tavsiflari** deb ham ataladi.



4.2 – rasm. Elektr motor (a) va ba'zi ishchi mashina ijrochi organlarining (b) mexanik tavsiflari

3.2b – rasmda ba'zi ishchi mexanizmlar ijrochi organlarining mexanik tavsiflari keltirilgan. Real ishchi mexanizmlarning mexanik tavsiflari murakkab ko'rinishga ega bo'lib, 3.2b – rasmdagi tavsiflar majmuasidan iborat bo'lishi ham mumkin.

Yuklanish momentlari M_s harakati xarakteriga qarab **aktiv** yoki **reaktiv** bo'lishi mumkin.

Aktiv moment o'zgaras yo'nalishli bo'lib, elektr yuritmaning harakat yo'nalishi va tezligiga bog'liq emas. Bunday momentlarga 3.2b

– rasmdagi ko'tarma kran mexanizmining mexanik tavsifi (7 – tavsif) misol bo'la oladi.

Reaktiv momentga misol tariqasida 3.2b– rasmdagi transportyor mexanizmining mexanik tavsifini (6 – tavsif) keltirish mumkin. Bunday momentlarning asosini ishqlanish kuchlari hosil qilib, har doim harakat yo'nalishiga teskari yo'nalgan bo'ladi.

Mexanik tavsiflarning bikrligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$\beta = dM / d\omega \approx \Delta M / \Delta \omega \quad (5.4)$$

Bu ko'rsatkichdan foydalanilgan holda 5.2a – rasmdagi sinxron motor tavsifini (1 – gorizontall chiziq) mutloq biki ($\beta = \infty$), asinxron motorning tavsifini (3 – tavsif) o'zgaruvchan bikrlikka ega deyish mumkin. 5.2b – rasmdagi ko'tarma kran mexanizmining tavsifini (7 – tavsif) nol bikrlikka ega deb qarash mumkin.

4.4. Elektr yuritmaning rostlanuvchi koordinatalari

Tezlikni rostlash

Ko'pgina ishlab chiqarish mashina va mexanizmlari ijrochi organlari harakati tezliklarini rostlanishi talab etiladi. Elektr yuritma yordamida ijrochi organlar harakatining turli tezliklarda bo'lishi, berilgan tezlik qiymatini bir xil o'zgartirmasdan ushlab turish, vazifalovchi signalning biror qonuniyatga bo'ysunmaydigan qiymatlari asosida tezligini rostlash (izlovchi tizimlarda) yoki oldindan berilgan dastur asosida tezlikni rostlash (dasturli tizimlarda) kabi turlarga bo'linadi.

Elektr yuritma tarkibiy qismini tashkil etuvchi elementlari motor va ijrochi organlarning aylanma va ilgarilanma harakatlarining tezliklari o'zaro quyidagicha bog'langandir

$$\omega_{io} = \omega / i, \quad v_{io} = \omega \rho. \quad (5.5)$$

Keltirilgan ifodadan ko'rinib turibdiki, ijrochi organ tezligini rostlash mexanik uzatish vositalari orqali yoki bo'lmasa motor tezligini rostlash orqali amalga oshirish mumkin.

Motor tezligi qiymati o'zgaras bo'lgan holda mexanik uzatmaning uzatish soni i ni yoki mexanik uzatmaning keltirilgan radiusi p ni o'zgartirish asosida ijrochi organning tezligini rostlash usuli **tezlikni mexanik usulda rostlash** usuli deb ham yuritiladi. Bu usul bilan tezlikni rostlash reduktor, variator, zanjirli uzatmalar va transportyor kabi mexanik qurilmalar hamda elektromagnit muftalar yordamida amalga oshiriladi.

Ikkinchi usul, mexanik ko'rsatkichlarini o'zgartirmasdan, motor tezligini rostlab ijrochi organ harakati tezligini rostlash, **tezlikni elektr ko'rsatkichlari bo'yicha rostlash** deb ataladi. Bu usul zamonaviy elektr yuritmalarda tezlikni rostlashda keng qo'llaniladi.

Uchinchi usul, har ikkala usulni birgalikda qo'llash, ammo bu usul amaliyotda kam qo'llaniladi. Asosan metall yo'nuvchi dastgohlarning elektr yuritmalarida qo'llaniladi.

Motorlarning tezligini rostlash quyidagi asosiy ko'rsatkichlar bilan baholanadi: tezlikni rostlash diapazoni, tezlikning stabilligi, rostlashning silliqiligi, rostlashning yo'nalishi, motorning ruxsat etilgan yuklanishi, rostlashning samaradorligi.

Tezlikni rostlash diapazoni. Bu ko'rsatkich eng katta tezlikning eng kichik tezlikka nisbati bilan aniqlanadi

$$D = \omega_{\max} / \omega_{\min}$$

Tezlikning stabilligi. Motor validagi yuklanish momentining mavjud o'zgarishlarida tezlikning o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Bu ko'rsatkich mexanik tavsifning bikrligi orqali aniqlanadi. Bikrlik qancha katta bo'lsa, tezlikning yuklanish momentiga bog'liqlik darajasi shuncha kam bo'ladi.

Tezlikni rostlash silliqiligi. Bu ko'rsatkich bir sun'iy tavsifdan ikkinchisiga o'tishdagi tezlik o'zgarishi qiymati bilan baholanadi. Berilgan tezlikni rostlash diapazonida sun'iy tavsiflar soni qancha ko'p bo'lsa, tezlikni rostlash shuncha silliq kechadi.

Tezlikni rostlash yo'nalishi. Berilgan yuklanish momentida motorning tezligi tabiiy tavsifidan pastga yoki yuoriga qarab rostlanishi mumkin. Birinchi holda tezlikni rostlash, tezlikni pastga qarab rostlash deyilsa, ikkinchi holda yuoriga qarab rostlash deb ataladi.

Motorning ruxsat etilgan yuklanishi. Elektr motor shunday hisoblanib loyihalanganki motor nominal elektrik ko'rsatkichlarida (tezlik, tok, moment, kuchlanish va quvvatlarda) ishlaganida aktiv qismlarining qizishi qo'llanilgan izolyatsiya materiali turi uchun ruxsat

etilgan harorat qiymatidan oshmaydi. Agar ushbu shart bajarilsa, motorning jiddiy ta'mirsiz ishlash muddati 15 – 20 yilni tashkil etadi.

Tezlikni rostlashning samaradorligi. Ishchi mashina yoki mexanizm ijrochi organining berilgan texnik ko'rsatkichlari asosida tezligini rostlash turli rusumdagi elektr yuritmalarda yordamida amalga oshirilishi mumkin. Tezlik diapazoni, tavsif bikrligi va boshqa ko'rsatkichlari bir xil bo'lgan turli rusumdagi elektr yuritmalardan birini tanlash texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlarini o'zaro solishtirish natijasidagina amalga oshiriladi. Bu texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlar: sarmoya sarflari, ekspluatatsion sarflar, elektr yuritmaning ishonchiligi, qo'llash va ishlatishning qulayiligi, ko'plab ishlab chiqarilganligi, boshqaruv vositalarining universalligi va h. k. lardir.

Moment va tokni rostlash

Ko'pincha texnologik jarayonlardan kelib chiqqan holda ijrochi organ harakatini tezlashtirish yoki sekinlashtirish kerak bo'ladi va bu jarayonni elektr yuritma momenti yoki kuchini rostlash orqali amalga oshirish mumkin.

Ishchi mexanizmlarning ishlashi vaqtida ishdan chiqishiga sabab bo'luvchi elektr yuritma hosil qiladigan moment yoki kuchning katta qiymatlarini cheklash kerak bo'ladi (masalan, tuproq qazish ishlarida, quduqlar qazishda, mexanik uzatma tishlarining tishlanib qolishida). Momentni rostlash (cheklash) usullarin tanlash uchun aniqlik va iqtisodiy samaradorlik kabi ko'rsatkichlar o'zaro solishtiriladi. O'zgaras tok elektr motorining hosil qiladigan elektromagnit momenti quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$M = \kappa \Phi I$$

bu yerda, κ – motorning konstruktiv doimiyligi; Φ – magnit oqimi; I – yakor toki. Mana shu uch ko'rsatkichning rostlash natijasida moment qiymatini o'zgartirish mumkin.

Motor toki va momentini rostlash bu alohida hal qilinadigan masalalardir. Kollektor – shchetka bo'g'inlarining normal ishlashi uchun o'zgaras tok motori ishga tushirilayotgan paytda ishga tushirish tokining qiymati nominal qiymatiga nisbatan 2 – 3 martadan ortiq katta

bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi. Shuningdek, katta quvvatli o'zgaras va o'zgaruvchan tok motorlarini ishga tushirishda ishga tushirish toklarini cheklash tarmoq kuchlanishida katta qiymatdagi kuchlanish pasayishiga yo'l qo'ymaslik uchun ham amalga oshiriladi.

Ijrochi organ holatini rostlash

Ba'zi bir turdagi ishchi mexanizmlarning ijrochi organlarining fazodagi holatlarini texnologik jarayon kechayotgan vaqtda o'zgartirishga zaruriyat tug'iladi. Bularga robot va manipulyatorlar, ko'tarish va transport mexanizmlari, klapanlar, dastgohlarning uzatish mexanizmlari va bir qancha shunga o'xshash mexanizmlar kiradi. Ijrochi organing fazoda bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chishi motor valining holatini rostlash asosida amalga oshiriladi. Bunday yuritmalar **pozitsion yuritmalar** deb ataladi.

Aniqlik darajasi yuqori bo'lishi talab qilinmagan hollarda ijrochi organlarning fazodagi holatini boshqarish yo'l yoki oxirgi o'chirgichlar yordamida amalga oshiriladi.

Aniqlik darajasi yuqori bo'lishi shart bo'lgan hollarda ijrochi organlarning fazodagi holati koordinatalarida bo'lishi uchun elektr yuritmalarni boshqariluvchi o'zgartirichlar orqali boshqarilishi talab etiladi.

4.5. Koordinatalari rostlanuvchi elektr yuritmalarning tuzilishi

Bajarishi kerak bo'lgan amallari, rostlanuvchi koordinatalarining soni, turi hamda texnologik jarayonni avtomatlashtirishdagi ishtiroki bo'yicha elektr yuritmalarning tuzilishi turli xil bo'ladi.

Hamma elektr yuritmalar **avtomatlashtirilgan va avtomatlash-tirilmagan** guruhlariga bo'linadi. Avtomatlashtirilmagan elektr yuritma-larni ishga tushirish, tormozlash, tezligini rostlash va harakat yo'nalishini o'zgartirishlar oddiy texnik vositalar (magnitli ishga tushirgichlar, avtomat – o'chirgichlar va h. k.) yordamida operator tomonidan amalga oshiriladi. Ammo elektr yuritma zarur himoya, blokirovka va signalizatsiya qurilmalari bilan jihozlangan bo'ladi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritma texnologik jarayon talablaridan kelib chiqqan holda ishchi mexanizmning ijrochi organini harakatga keltiradi (3.1 – rasmga qarang). Avtomatlashtirilgan elektr

yuritmalarda operator ishga tushirish va ish oxirida to'xtatish amallarini bajargan holda sozlash va nazorat funksiyalarini ham bajaradi. Texnologik jarayon vaqtida yuzaga keladigan barcha zarur bo'lgan ko'rsatkichlarni rostlash avtomatik ravishda amalga oshiriladi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritma o'z navbatida **ochiq va yopiq** guruhlariga bo'linadi. **Ochiq tizimli elektr yuritmalarda** tashqi ta'sirlar elektr yuritmaning chiqish ko'rsatkichlari o'zgarishiga olib keladi. Masalan, motor validagi momentning o'zgarishi motor tezligining oshishiga yoki kamayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun ham bunday elektr yuritmalarning boshqaruv sifat ko'rsatkichlari yuqori emas.

Ochiq tizimli elektr yuritmalar odatda motorlarni ishga tushirish, tormozlash va harakat yo'nalishini o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Elektr yuritmaning bunday sxemalarida tezlik, moment, tok, vaqt va boshqa ko'rsatkichlar to'g'risidagi oniy axborotlar asosida avtomatik rostlanadi.

Elektr yuritmadagi tashqi ta'sirlarni butunlay yoki qisman bartaraf qilish uchun yopiq elektr yuritma tizimlari qo'llaniladi. Yopiq elektr yuritmalar **xatolik bo'yicha** va **g'alayonli ta'sir bo'yicha** rostlanuvchi turlarga bo'linadi.

Xatolik bo'yicha rostlanuvchi elektr yuritmalarda chiqish koordinatalari bo'yicha teskari aloqa zanjiridagi signal vazifalovchi signal bilan solishtirilib, natijasi elektr yuritma uchun boshqaruv signali vazifasini bajaradi va natijada tashqi ta'sirning yuritma chiqish ko'rsatkichiga bo'ladigan ta'siri to'liq yoki qisman bartaraf etiladi.

G'alayonli ta'sir bo'yicha rostlanuvchi elektr yuritmalarda g'alayonli ta'sir (masalan, M_s) qo'shimcha signal sifatida elektr yuritmaning kirish qismiga vazifalovchi signal bilan baravar beriladi va bu yig'ma signal elektr yuritmaning chiqish koordinatalaridagi g'alayonli ta'sirni butunlay yoki qisman bartaraf qiladi. G'alayonli ta'sir o'lchov o'zgartirichlarining murakkabligi sababli bunday yopiq elektr yuritma tizimlari amaliyotda keng qo'llanilmaydi.

Ba'zi hollarda g'alayonli va xatolik bo'yicha birgalikda rostlanuvchi elektr yuritmalar ham qo'llaniladi.

4.6. Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari

Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorining tarmoqqa ulanish sxemasi va tavsiflari

Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorining (MQ O'TM) asosiy ulanish sxemasi 5.3a – rasmda keltirilgan. Bu sxemada quyidagi belgilash-lar qabul qilingan: I, I_k – yakor va qo'zg'atish chulg'ami (QCh) zanjirlaridagi toklar (A); E – yakorning EYuKi (V); ω va M – motorning burchak tezligi (s^{-1}) va momenti (Nm); $R_{Ya} = r_{yach} + r_{qq} + r_{kch} + r_{shk}$ – yakor chulg'ami qarshiligi: yakor chulg'ami, qo'shimcha qutblar, kompensatsion chulg'amlarning va shchetka kontaktlarining qarshiliklari (Om); R_{QCh} – qo'zg'atish chulg'aminin g'arshiligi; L_{Ya} va L_{QCh} – yakor va qo'zg'atish chulg'amlarining induktivliklari (Gn); R_Q va R_{QQ} – yakor va qo'zg'atish chulg'amlariga ulangan qo'shimcha qarshi–liklar. Shuningdek yakor va qo'zg'atish chulg'amlari alohida U va U_{QCh} manbalarga ulangan.

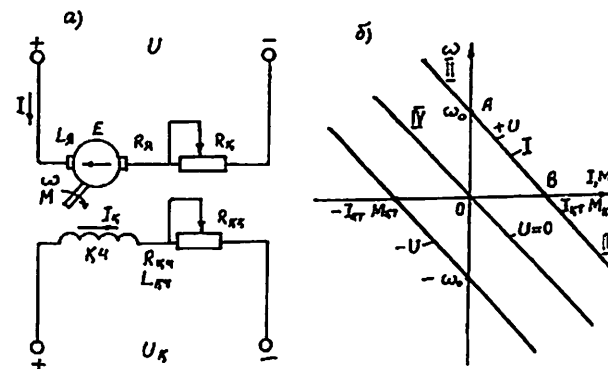
Motorning statik tavsiflarini keltirib chiqarishda quyidagi cheklashlarni qabul qilamiz: yakor reaksiyasi hisobga olinmaydi va motor validagi moment elektromagnit momentga teng.

Kuchlanishlar, yakor EYuKi va elektromagnit tenglamalari asosida elektr yuritmaning elektromexanik va mexanik tavsiflarining ifodalarini hosil qilamiz

$$\omega = (U - IR)/(kF), \quad (5.6)$$

$$\omega = U/(KF) - MR/(kF)^2, \quad (5.7)$$

bu yerda, $R = R_{Ya} + R_Q$ – yakor zanjirining to'liq qarshiligi, F – magnit oqimi, V_b ; U – yakor zanjiriga berilayotgan kuchlanishi, V ; $k = rN/(2\pi a)$ – motorning konstruktiv koeffitsienti; r – qutblar soni; N – yakor chulg'ami aktiv o'tkazgichlarining soni; a – yakor chulg'ami parallel tarmoqlari soni.



4.3 – rasm. MQ O'TM ning elektr tarmog'iga ulanish sxemasi (a) va tavsiflari(b)

(5.6) va (5.7) lar bo'yicha MQ O'TM ning elektromexanik va mexanik tavsiflari ya'ni burchak tezligining tok va momentlarga bog'liqlik tavsiflari yakor kuchlanishi qutblarining har xil ishorali bo'lgan holdagi ko'rinishlari 5.3 b – rasmda keltirilgan. $kF = \text{const}$ bo'lgan hol uchun elektromexanik va mexanik tavsiflar bir xil ko'rinishga ega bo'lgani uchun ham bitta tavsif bilan ifodalangan. Tavsifning A va V nuqtalari xarakterli nuqtalardir. A nuqta motorning salt yurishini anglatadi - $\omega = \omega_0$, $I = M = 0$, V nuqta qisqa tutashish ya'ni ishga tushirish rejimi deb ham yuritiladi - $\omega = 0$, $I = I_{QT}$ va $M = M_{QT}$.

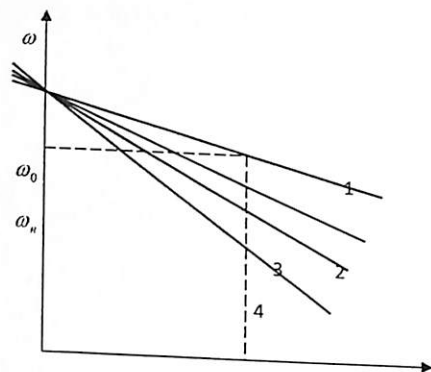
(5.6) va (5.7) tenglamalar asosida MQ O'TM ning sun'iy tavsiflarini yakor va magnit oqimi zanjirlariga qo'shimcha aktiv qarshiliklar ulab va yakor zanjiriga berilayotgan kuchlanish U ni o'zgartirish natijasida ham olish mumkin. Bu tenglamalardagi tok va moment motorning mexanik yuklanishi M_s orqaligina aniqlanadi va bu kattaliklar ixtiyoriy olinmaydi.

Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori tezligini yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshiliklar ulab tezligini rostdlash

Tezlikni rostdlashning eng sodda usullaridan biri bu yakor zanjiriga qo'shimcha qarshiliklar ulash usulidir. Bunday usulda tezlikni rostdlash usuli rostdlashning sifat ko'rsatkichlariga uncha yuqori bo'lmagan talablar qo'yilgan energetik ko'rsatkichlari asosiy rol

o'ynamagan hollarda qo'llaniladi. Bu usulni amalga oshirish oson hamdir (4.3 a – rasm).

(5.7) tenglamadan ko'rinib turibdiki, ω_0 ning qiymati R_Q ga bog'liq emas. Tavsifning nishabligi R_Q qiymatiga to'g'ri proporsionaldir 4.4 – rasmda MQ O'TM ning yakor zanjiriga $R_{Q1} < R_{Q2} < R_{Q3}$ qarshiliklari ulash natijasida hosil qilingan mexanik (elektromexanik) tavsiflar (1 – tavsif motrning tabiiy mexanik tavsifi. 2 – 4 – sun'iy mexanik tavsiflar) keltirilgan.



4.4 – rasm. Yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshiliklar ulab tezligi rostlanadigan

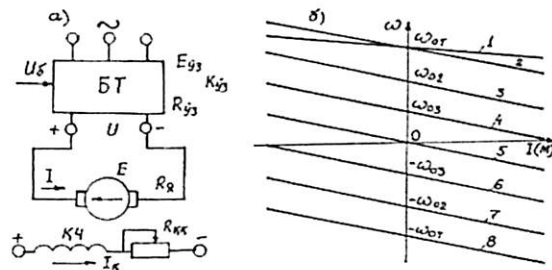
MQ O'TM ning statik tavsiflari

Tezlikni rostlash diapazoni $D = (2 - 3):1$ dan oshmaydi. Sababi tezlik oshgan sari mexanik tavsifning bikrligi kamayib boradi. Tezlik tabiiy mexanik tavsifdan pastga qarab rostlanadi. Bunday usulda tezlikni rostlash tezlikni pog'onali rostlash usuliga kiradi.

Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgaras tok motor tezligini yakor zanjiridagi kuchlanishni o'zgartirib rostlash

(5.6) va (5.7) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, motorning tezligini rostlash uchun yakor zanjiriga qo'shimcha qarshiliklar ulab tezlikni rostlash bilan bir qatorda yakor zanjiriga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirish hisobiga ham tezlikni rostlash mumkin. Buning uchun motorning yakor zanjiri qiymati o'zgaruvch o'zgaras tok kuchlanishi manbaidan ta'minlanishi kerak. Asosiy elektr tarmog'i

o'zgaruvchan tok tarmog'i ekanligini hisobga olsak, boshqariluvchi o'zgartkich sifatida asosan yarim o'tkazgichli boshqariluvchi to'g'irlagichlar (BT) qo'llaniladi. Motor yakori BT dan ta'minlanadigan elektr yuritma tizimi «boshqariluvchi to'g'irlagich – motor» tizimi deb ataladi (4.5a – rasm), bu yerda, $YeO'Z$ – BT ning EYuK, $RO'Z$ – BT ning ichki qarshiligi, $kO'Z = YeO'Z / U_b$ – BT ning kuchaytirish koeffitsienti, U_b – boshqaruv signali.



4.5 – rasm. MQ O'TM ning yakor zanjiridagi kuchlanishni boshqariluvchi to'g'irlagich yordamida rostlash sxemasi (a) va motorning elektromexanik (mexanik) tavsiflari (b)

BT ning kuchlanishi

$$U = E_{O'Z} - I R_{O'Z} \quad (5.8)$$

MQ O'TM ning qo'zg'atish chulg'ami alohida o'zgaras tok manbaiga ulangan bo'ladi.

(5.6) va (5.7) larni (5.29) ni hisobga olgan holda BT – M tizimining elektromexanik va mexanik tavsiflari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\omega = E_{O'Z} / (kF) - I (R_{Ya} + R_{O'Z}) / (kF) = \omega_0 - \Delta \omega; \quad (5.9)$$

$$\omega = E_{O'Z} / (kF) - M (R_{Ya} + R_{O'Z}) / (kF)^2 = \omega_0 - \Delta \omega. \quad (5.10)$$

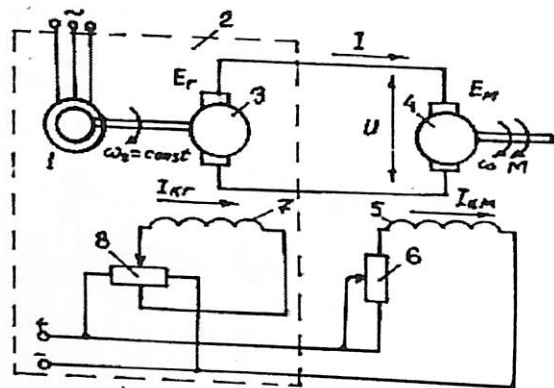
(5.9) va (5.10) ifodalardan ko'rinib turibdiki, $Ye_{O'Z}$ o'zgarishi bilan proporsional motorning ideal salt yurish tezligi ω_0 ham o'zgaradi.

Motorning 1 – 7 elektromexanik (mexanik) tavsiflari (5.5b – rasm) chiziqli va o‘zaro parallel bo‘lib va ular BT EYuK larining quyidagi qiymatlariga mos keladi: $E_{O'Z1} > E_{O'Z2} > E_{O'Z3}$; $E_{O'Z4} = 0$; $E_{O'Z5} = -E_{O'Z3}$; $E_{O'Z6} = -E_{O'Z2}$; $E_{O'Z7} = -E_{O'Z1}$.

Har qanday koordinatalarini rostlashda sifat ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lishi talab qilinadigan elektr yuritmalarda «boshqariluvchi to‘g‘irlagich – motor» tizimi keng qo‘llaniladi. Shuning uchun ham bu usul avtomatlashtirilgan o‘zgaras tok elektr yuritmalarining asosini tashkil etadi.

Shuningdek, «o‘zgaras tok generatori – motor» (G – M) tizimida ham motorning yakoriga berilayotgan boshqariluvchi o‘zgaras tok kuchlanishi o‘zgaras tok generatoridan olinadi.

O‘zgaras tok generatori 3 ning yakori motor 4 ning yakori bilan to‘g‘ridan – to‘g‘ri elektrik bog‘langan, generator yakorini esa asinxron motor 1 harakatga keltiradi va asinxron motor 1 va generator 3 uch fazali o‘zgaruvchan tok kuchlanishini o‘zgaras tok kuchlanishiga o‘zgartiruvchi elektromexanik to‘g‘irlagich 2 ni tashkil etadi (4.6 – rasm).



4.6 – rasm. G – M tizimining sxemasi

Generator 3 ning qo‘zg‘atish chulg‘amidagi toki qiymatini potensiometr 8 yordamida o‘zgartirib, generatorning EYuK i Y_{eG} o‘zgartiriladi va bu EYuK motor 4 yakoriga beriladi. EYuK qiymatiga mos ravishda motor 4 ning tezligi nominaldan pastga qarab rostlanadi. Motor 4 ning qo‘zg‘atish chulg‘amidagi toki I_Q qiymatini o‘zgaruvchan

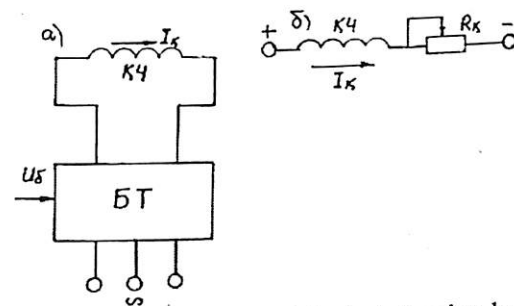
qarshilik 6 yordamida o‘zgartirilib uning magnit oqimi qiymati o‘zgartiriladi va natijada motor tezligini endi ikkinchi zonada ham ya‘ni nominaldan yuqoriga qarab rostlash mumkin. G – M tizimining elektromexanik (mexanik) tavsiflari 5.5b – rasmdagi tavsiflarga mos keladi.

Mustaqil qo‘zg‘aluvchan o‘zgaras tok motorining tezligini magnit oqimini o‘zgartirib rostlash

Magnit oqimini o‘zgartirib elektr yuritma tezligini rostlash o‘zining soddaligi va kam energiya sarf bo‘lishi sababli keng qo‘llaniladi. Chunki motor qo‘zg‘atish chulg‘amidagi kuchlanishni o‘zgartirishga sarf bo‘ladigan energiya, yakor zanjirida sarf bo‘ladigan energiyadan bir necha barobar kamdir.

Motorlarning nominal ish rejimi motor magnit tizimining to‘yinmagan qismiga to‘g‘ri keladi va bu esa magnit oqimi qiymatining qo‘zg‘atish chulg‘ami tokiga chiziqli bog‘langan deb qarash imkonini beradi. (4.6) va (4.7) ifodalardan ko‘rinib turibdiki, magnit oqimining nominal qiymatidan kamayish tomonga o‘zgaritadiga bo‘lsak, motorning tezligi nominaldaen katta bo‘lgan qiymatlarga erishishi mumkin ekan.

Qo‘zg‘atish chulg‘amidagi tokni o‘zgartirish uchun qo‘zg‘atish chulg‘amiga qo‘shimcha o‘zgaruvchan qarshilik R_Q ulanadi (4.7b – rasm) yoki qo‘zg‘atish chulg‘amining boshqariluvchi manbai sifatida boshqariluvchi to‘g‘irlagich BT (4.7a – rasm) qo‘llaniladi.

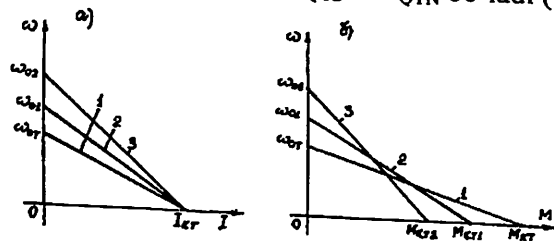


4.7 – rasm. MQ O‘TM ning qo‘zg‘atish chulg‘amiga boshqariluvchi to‘g‘irlagich (a) va o‘zgaruvchan qarshilik ulab (b) qo‘zg‘atish tokini rostlash sxemalari

Qo'zg'atish chulg'amidagi kuchlanish boshqaruv signali U_b yordamida boshqariladi. Bu sxema odatda katta quvvatli motorlarning qo'zg'atish chulg'ami toklarini keng oraliqda o'zgartirishda, shuningdek agar BT sxemasi reversiv qilib bajarilgan bo'lsa, u holda qo'zg'atish toki yo'nalishini o'zgartirib motorni revers qilishda ham ishlatiladi.

(4.6) tenglama bo'yicha magnit oqimining kamayishi ideal salt yurish tezligi ω_0 ning oshishiga olib keladi. Qisqa tutashuv toki $I_{QT} = U / R_{Ya}$ magnit oqimi o'zgarishiga bog'liq emas. Magnit oqimlarining $F_H > F_2$ qiymatlari uchun motorning elektromexanik tavsiflari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (4.8 a – rasm).

Kisqa tutashuv momenti $M_{QT} = kFI_{QT}$ ekanligini hisobga oladigan bo'lsak $I_{QT} = \text{const}$, u holda $M_{QT1} < M_{QT2} < M_{QTn}$ bo'ladi (4.8b – rasm).



4.8 – rasm. MQ O'TM ning magnit oqimini o'zgartirib tezligi rostlanganidagi elektromexanik (a) va mexanik tavsiflari(b)

Magnit oqimining kamayishi bilan bir paytda tezlik oshadi va moment qiymati kamayadi va ularning ko'paytmasi bo'lgan mexanik quvvat nominalga teng bo'lib o'zgarmasdan qoladi. Shunday qilib, bu usul bilan motor tezligini rostdash mexanik quvvat o'zgarmaydigan yuritmalarda qo'llanilganida, sun'iy tavsiflarda motordan quvvati bo'yicha to'liq foydalanish imkonini beradi.

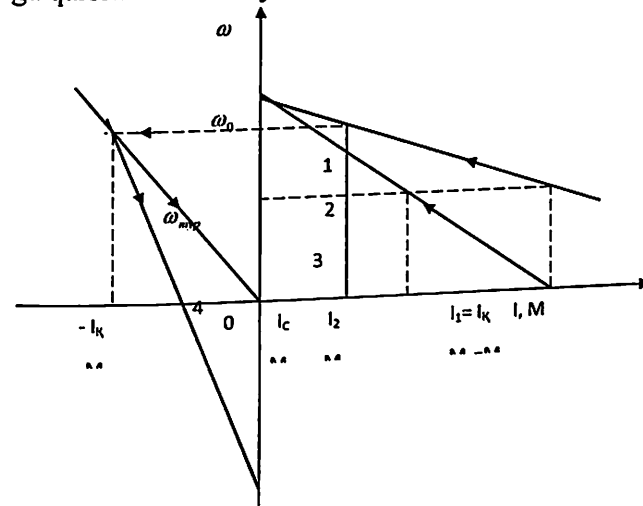
Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorini ishga tushirish va tormozlash

Motorni ishga tushirish jarayonida uning toki va momentini rostdash yoki chegaralashning eng oddiy usuli yakor zanjiriga rostlanmaydigan qarshilik R_{Q1} ni ulash bilan amalga oshiriladi.

Motorning ishga tushirilishi sun'iy tavsif 1 bo'yicha bo'lib, bunda yakor zanjiriga R_{Q1} qarshilik ulangan bo'ladi va bu qarshilik ishga tushirish qarshiligi deyiladi (5.9 – rasm). Motorni ishga tushirish vaqtida uning toki va momenti berilgan ruxsat etilgan qiymatlari $I_1 = I_{rux}$, $M_1 = M_{rux}$ bilan chegaralanadi. Tezlik oshib borgan sari motorning EYuK oshib boradi, yakordagi tok esa kamayib boradi va tezlik ω_1 qiymatiga yetganida qarshilik R_{Q1} yakor zanjirdan uziladi ya'ni R_{Q1} ning uchlari o'zaro tutashtiriladi. Motor tabiiy tavsif 2 ga o'tib ishlay boshlaydi, bu o'tish vaqtida tok va momentlarning tegishli o'zgarishlari berilgan qiymatdan oshib ketmasligi kerak.

MQ O'TM ning revers yoki **teskari ulab tormoz rejimlarida** ishlashi yakor yoki qo'zg'atish chulg'amlariga berilayotgan kuchlanishning qutblarini o'zgartirib, yakor zanjiriga qo'shimcha R_{Q2} qarshilik ulab amalga oshiriladi va motor 5 tavsifda ishlaydi.

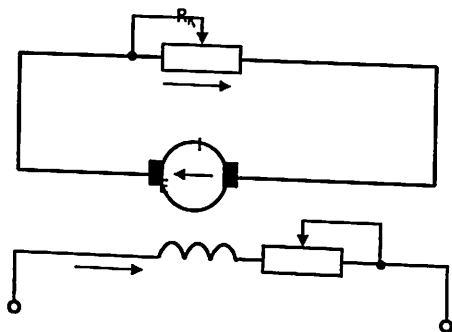
Katta quvvatli motorlarni ishga tushirishda elektr energiya sarfini kamaytirish va ishga tushirish jarayoni vaqtini kamaytirish maqsadida yakor zanjiriga qarshiliklar sekisiyasi ulanadi.



4.9 – rasm. MQ O'TM ini ishga tushirish va teskari ulab tormozlash tavsiflari

5.10 – rasmdagi sxema bo'yicha motorni **dinamik tormozlaganish** rejimiga o'tkazganimizda, tezlik ω_{tur} qiymatiga yetganda ya'ni motorning 2 tavsifi ijrochni organning mexanik tavsifi 3 bilan

kesishganda, yakor zanjiriga R_Q qarshilik parallel ulanadi va motor 4 tavsif bo'yicha ishlaydi. R_Q ning qiymati elektr yuritmaning sekinlashish tempi yoki motorning kommutatsiya sharoitlaridan kelib chiqqan holda aniqlangan I yoki M qiymatlari asosida hisoblanadi.



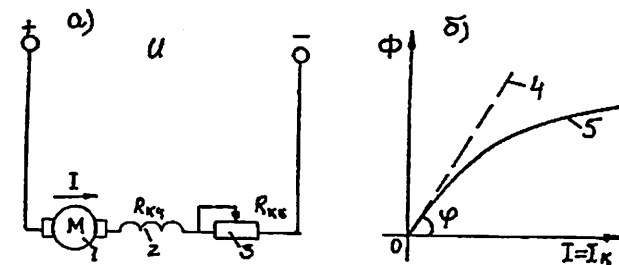
4.10 – rasm. MQ O'TM ni dinamik tormozlash sxemasi

Rekuperativ tormoz rejimida motorni tarmoqqa ulash sxemasida hech qanday o'zgarish ro'y bermaydi, motor validagi statik moment yo'nalishining o'zgarishi natijasida motrning tezligi salt yurish tezligidan oshib ketadi va motor tarmoqqa paralel ishlayotgan generator sifatida ishlaydi.

5.7. Ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari

Ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorinngi tarmoqqa ulash sxemasi va tavsiflari

Elektr transportda va ko'pgina ko'tarish mashina va mexanizmlarning elektr yuritmalarida ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorlari (KQ O'TM) keng qo'llaniladi.



4.11 – rasm. KQ O'TM ning tarmoqqa ulanish sxemasi (a) va magnitlanish tavsifi (b)

Bu motorlarda qo'zg'atish chulg'ami 2 yakor chulg'ami 1 bilan ketma – ket ulanishi natijasida qo'zg'atish chulg'amidan va yakor chulg'amidan ham bir xil tok o'tadi. 5.11 – rasmda KQ O'TM ining ulanish sxemasi va magnitlanish tavsiflari keltirilgan bo'lib, quyidagi belgilashlar qabul qilingan: 1, 2, 3 – mos ravishda motorning yakori va qo'zg'atish chulg'amlari va qo'shimcha qarshilik; 4 – to'g'ri chiziqqa keltirilgan magnitlanish tavsifi va 5 – real magnitlanish tavsifi.

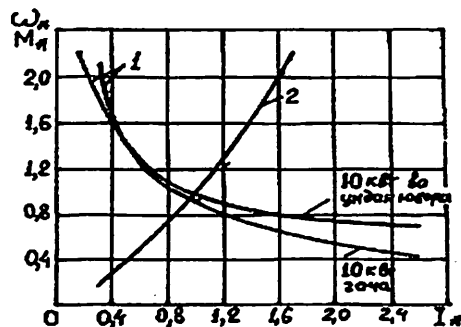
KQ O'TM ning elektromexanik va mexanik tavsiflari (5.6) va (5.7) formulalar bilan ifodalanadi, ammo magnit oqimining yakor tokiga $F(I)$ bog'liqligini hisobga olishga to'g'ri keladi va shuning uchun ham bu formulalarni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\omega = (U - IR) / [kF(I)], \quad (5.11)$$

$$\omega = U / [kF(I)] - MR / [kF(I)]^2, \quad (5.12)$$

bu yerda, $R = R_{ya} + R_{Q2} + R_Q$ – yakor zanjirining umumiy aktiv qarshiligi. Magnit oqimi $F(I)$ tok bilan o'zaro 5 magnitlanish tavsifi bo'yicha bog'langan (5.11b – rasm).

Tok va momentlarning kichik qiymatlarida motorning tezligi katta qiymatga ega bo'ladi va hamda ordinata o'qi bilan kesishmaydi. 5.11a – rasmdagi sxema buyicha tarmoqqa ulangan KQ O'TM ning **salt yurish** va **rekuperativ generator rejimlari** bo'lmaydi. $I \rightarrow 0$ va $M \rightarrow 0$ bo'lsa, u holda magnit o'simi $F \rightarrow 0$ bo'ladi va natijada $Y_e \rightarrow U$ bo'ladi, ya'ni tezlikning har qanday qiymatida ham $Y_e < U$ tengsizlik saqlanib qolaveradi.



4.12 – rasm. KQ O'TM ning universal tavsiflari

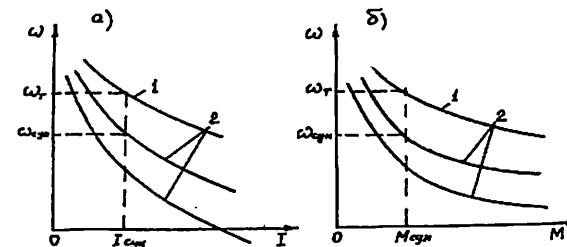
KQ O'TM larning tavsiflarini hisoblash va qurish uchun uning universal tavsiflaridan foydalaniladi (5.12 – rasm).

Bu tavsiflar nisbiy tezlik $\omega_r = \omega / \omega_N$ (1 – tavsif) va nisbiy moment $M_r = M / M_N$ (2 – tavsif) larning nisbiy tok $I_r = I / I_N$ qiymatiga nisbatan o'zgarishi tavsiflaridir. Katalog va ma'lumotnomalarda berilgan KQ O'TM ning nominal qiymatlari bo'yicha nominal burchak tezligi ω_N , toki I_N va momenti M_N aniqlanadi, shundan so'ng yakor tokining nominal qiymatiga nisbatan 0,4 dan 2,0 qiymatigacha qiymatlar berib avval $M(I)$ bog'liqlik funksiyasi aniqlanadi va shu funksiya asosida elektromexanik $\omega(I)$ va mexanik $\omega(M)$ tavsiflarini quramiz.

Ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori tezligini yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshiliklar ulab rostlash

KQ O'TM ining yakor zanjiriga qo'shimcha qarshiliklar ulab tezligini rostlash eng oson amalga oshiriladigan tezlikni rostlash usulidir.

5.11a – rasmdagi yakor chulg'amiga ulangan qo'shimcha qarshilik qiymatini rostlash (bir nechta qarshiliklarni ketma – ket ulab, tezlikni pog'onali rostlash) natijasida sun'iy elektromexanik va mexanik tavsiflarni olish mumkin. Bunda barcha sun'iy tavsiflar tabiiy tasifdan pastda bo'ladi 5.13 – rasmdagi 2 – tavsiflar.

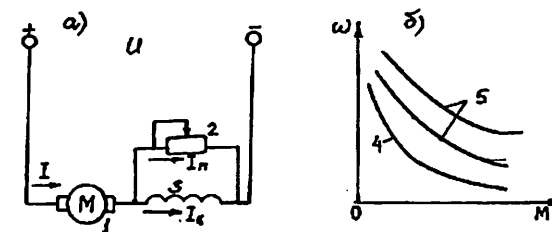


4.13 – rasm. Yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshiliklar ulab tezligi rostlanganidagi KQ O'TM ning elektromexanik (a) va mexanik tavsiflari (b)

Bu usul bilan motorning tezligi rostlanganida rostlanish diapazoni $D = (2 + 3) : 1$ bo'lib, tezlikning kichik qiymatlarida motorning qisqa muddatli ish rejimida ishlashi iqtisodiy jihatdan ma'qul bo'ladi.

Magnit oqimi va kuchlanishni o'zgartirib hamda yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshiliklarni parallel ulab ketma - ket qo'zg'aluvchi o'zgarmas tok motorining tezligini rostlash

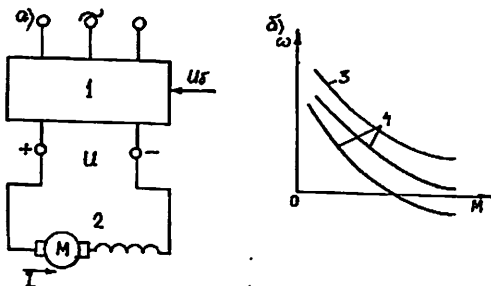
Magnit oqimini o'zgartirib motor tezligini rostlash. Bu usul bilan motor tezligini rostlashda motor 1 ning qo'zg'atish chulg'ami 3 ga qo'shimcha parallel ulanadigan o'zgaruvchan qarshilik 2 ni o'zgartirib amalga oshiriladi (3.13a – rasm). Shuni unutmaslik kerakki, magnit oqimining rostlanishi bu rusumdagi motorlar uchun to'liq mustaqil bo'lmaydi, chunki bu ko'rilayotgan sxemada avvdagidek magnit oqimi elektr yuritmaning yuklanishiga, ya'ni yakor toki I ga proporsionaldir.



4.13 – rasm. KQ O'TM magnit oqimini o'zgartirib tezligini rostlash sxemasi (a) va mexanik tavsiflari (b)

$R_p = \infty$ bo'lishi (o'zgaruvchan qarshilikning zanjirdan uzilgan holatiga to'g'ri keladi) motorning tabiiy tavsifida ishlashini bildiradi (3.13b – rasmdagi 4 – tavsif). $0 < R_p < \infty$ oralig'ndagi qiymatlarida I_Q tokning bir qismi R_p qarshilik orqali o'tgani sababli magnit oqimi F kamayadi, natijada motor tezligi oshadi (3.13b – rasmdagi 5 – tavsiflar).

Kuchlanishni o'zgartirib motor tezligini rostdlash. Bu usul bilan tezlikni rostdlash motor 2 boshqariluvchi to'g'irlagich 1 dan ta'minlanib uning chiqishidagi kuchlanish U ning qiymati boshqaruv signali U_b orqali boshqariladi (5.14a – rasm).

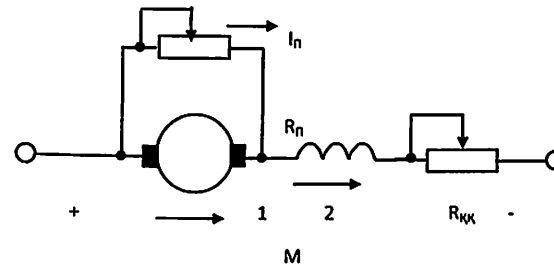


4.14 – rasm. KQ O'TM ning kuchlanishini o'zgartirib tezligini rostdlash sxemasi (a), mexanik tavsiflari (b)

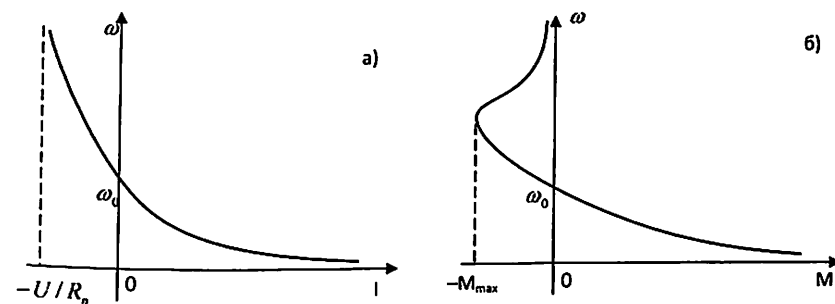
O'zgartkich kuchlanishining turli qiymatlariga mos keluvchi motorning mexanik tavsiflari 5.14b – rasmda keltirilgan. Boshqariluvchi to'g'irlagichning ichki qarshiligini hisobga olmasak, motor tabiiy mexanik tavsifda ishlaydi (3 – tavsif).

Yakor zanjiridagi kuchlanish qiymati nominal qiymatidan kam bo'lgan hollarda motor sun'iy tavsiflarda ishlaydi (4 – tavsiflar).

Motor yakoriga qarshiliklarni parallel ulab tezlikni rostdlash. Bu usul KQ O'TM ni elektr yuritmalarda kichik tezliklarni va ma'lum ideal salt yurish tezliklarini hosil qilish uchun qo'llaniladi. Yakor lga R_p qarshilik parallel ulanadi, qo'zg'atish chulg'ami 2 ga ketma – ket o'zgaruvchan R_{QQ} qarshilik ulanadi va qo'zg'atish chulg'ami bilan R_{QQ} qarshilik kuchlanishni bo'luvchi vazifasini o'taydi (5.15 – rasm).



4.15 – rasm. KQ O'TM ning yakoriga parallel qarshilik ulab tezlikni rostdlash sxemasi



4.16 – rasm. Yakor zanjiriga qarshilik ulangan KQ O'TM ning elektromexanik (a) va mexanik (b) tavsiflari

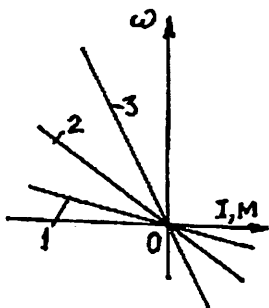
$I = 0$ bo'lganda R_p hisobiga $I_{QQ} \neq 0$ bo'ladi va shuning uchun motorda ideal salt yurish tezligi ω_0 mavjud bo'ladi. Motor tezligi $\omega > \omega_0$ bo'lganda yakordagi tok yo'nalishini o'zgartiradi va tezlikning oshishiga qarab I_Q kamaya boradi. Yakordagi tokning qiymati $I = -U / R_p$ ga intilganda $I_{QQ} \rightarrow 0$, $F \rightarrow 0$ va $\omega \rightarrow \infty$ bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, elektromexanik tavsif 1 uchun $I = -U / R_{Sh}$ – vertikal chiziq asimptota bo'ladi (3.16a – rasm).

$\omega = \omega_0$, $I = 0$ va $M = 0$ bo'lib, $I \rightarrow -U / R_p$, $F \rightarrow 0$ va $M \rightarrow 0$ bo'lganda tezlik o'qi mexanik tavsiflar uchun asimptota bo'ladi. $\omega = \omega_0$ bo'lganda $M = 0$ va $\omega \rightarrow \infty$ oralig'idagi tezlikda $M = M_{MAX}$ bo'ladi (3.16b – rasmdagi 2 – tavsif).

Ketma – ket qo'zg'aluvchi o'zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning tormoz rejimlari

KQ O'TM ni dinamik tormozlash. KQ O'TM ning mustaqil qo'zg'atishli dinamik tormozlash 5.10 – rasmda keltirilgan sxema

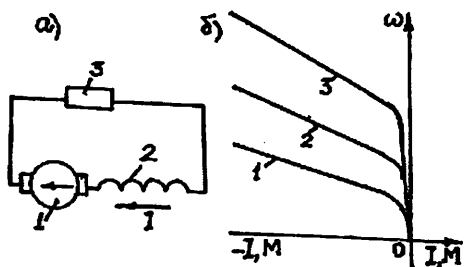
bo'yicha amalga oshiriladi. Tavsiflari 5.17 – rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'lib, qarshilik qiymati oshib borgan sari tavsifning nishabligi ham oshib boradi. Qarshilikning $R_{Q3} > R_{Q2} > R_{Q1}$ qiymatlari uchun mos ravishda 3, 2, 1 tavsiflar to'g'ri keladi.



4.17 – rasm. KQ O'TM ning mustaqil qo'zg'atishli dinamik tormozlanish tavsiflari

Uyg'otishli dinamik tormozlash 5.18a – rasmdagi sxema bo'yicha amalga oshiriladi. Motor yakori 1, qo'zg'atish chulg'ami 2 va qo'shimcha qarshilik 3 (bu qarshilik bo'lmasligi ham mumkin) bilan o'zaro yopiq kontur hosil qiladi.

O'zuyg'otish rejimining paydo bo'lishi va joriy qilinishi uchun motordagi qoldiq magnit oqimi F_{QOL} bo'lishi va uning yo'nalishi qo'zg'atish chulg'ami hosil qilayotgan asosiy magnit oqimi F yo'nalishi bilan bir xil bo'lishi va $R_{Ya} + R_{Qch} + R_{QQ} < R_{QR}$ sharti bajarilishi kerak.



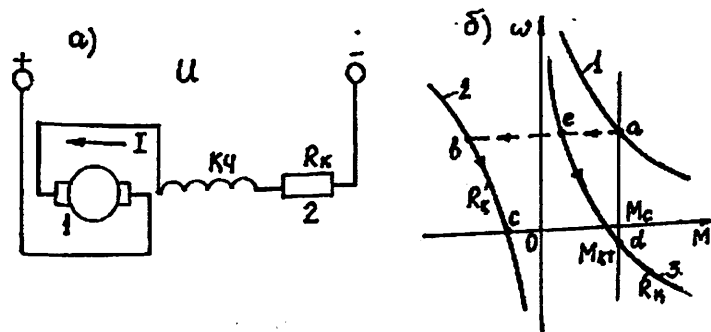
4.18 – rasm. KQ O'TM ning uyg'otishli dinamik tormozlanish sxemasi (a) va tavsiflari (b)

O'zuyg'otish dinamik tormozlash rejimida qoldiq magnit oqimi va yakorning aylanishi natijasida yakorda EYuK hosil bo'ladi va bu EYuK ta'sirida yakor zanjirida tok o'ta boshlaydi. Bu tok asosiy magnit oqimi F ni yuzaga keltiradi va bu magnit oqimining yo'nalishi qoldiq magnit oqimi F_{QOL} yo'nalishi bir xil bo'lgani uchun EYuK qiymatining oshishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida motor tokining oshishiga olib keladi va motorning o'zuyg'otish jarayoni EYuK bilan yakor zanjiridan umumiy kuchlanish pasayishiga teng bo'lgunicha davom etadi.

Qarshiliklarning $R_{QQ3} > R_{QQ2} > R_{QQ1}$ qiymatlariga mos KQ O'TM ning o'zuyg'otishli dinamik tormozlash tavsiflari 3, 2, 1 – tavsiflari to'g'ri keladi (3.18b – rasm).

KQ O'TM ini teskari ulab tormozlash. Bu rejim motor yakoridagi tok yo'nalishini o'zgartirib, qo'zg'atish chulg'amidagi tok yo'nalishi o'zgartirmasdan qoldiriladi (yoki teskarisi), motor momenti ishorasi o'zgaradi. Bu rejimda yakor zanjiri 1 dagi tok qiymatini cheklash uchun qo'shimcha qarshilik 2 ulanadi (3.19a – rasm).

Tormozlash jarayoni tavsiflari 3.19b – rasmda keltirilgan. Tormozlangunga qadar motor a nuqtada ishlayotgan bo'lsa (1 – tavsif) yakor zanjiriga qo'shimcha R_Q ulab yakordagi tok yo'nalishini o'zgartirgani-mizdan so'ng motor 1 – tavsifdan 2 – tavsifning v nuqtasiga o'tadi va bu tormozlanish jarayoni 2 – tavsifning vs qismini o'z ichiga oladi.



4.19 – rasm. KQ O'TM ning teskari ulab tormozlanish sxemasi (a) va tavsiflari (b)

2 – tavsifning s nuqtasida $\omega = 0$ bo'ladi va motorning boshqaruv sxemasi tarmoqdan uziladi.

Teskari ulab tormozlash rejimi, shuningdek motor aktiv moment bilan yuklangan bo'lsa va uning qiymati M_{QT} qiymatidan katta bo'lgan holda ham sodir bo'ladi.

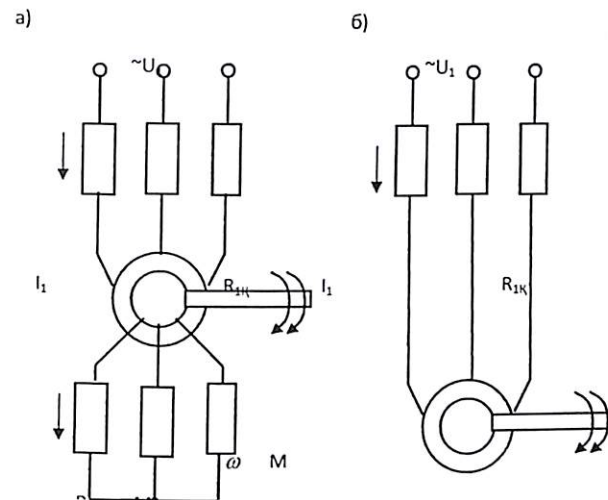
Aytaylik, motor 1 – tavsifning a nuqtasida ishlayotgan bo'lsin va yakor zanjirdagi tokning yo'nalishini o'zgartirmay, balki qo'shimcha qarshilik R_s ulaganimizda, motor 3 – sun'iy tavsifning ye nuqtasiga o'tib tormoz rejimida ishlay boshlaydi. 3 – tavsifning ye nuqtasida motor momenti yuklanish momenti M_s dan kichik bo'lgani uchun motor boshida sekinlana boshlaydi, so'ngra $M_c > M_{QT}$ ta'sirida teskari yo'nalish bo'yicha tezligi osha boshlaydi. 3 – tavsifning α nuqtasida motor momenti bilan M_s tenglashadi. Motor teskari ulanib tormozlash rejimida ishlaydi.

4.8. Asinxron motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari

asinxron motorning ulanish sxemasi, statik tavsiflari va ish rejimlari

Uch fazali asinxron motor (A) kuchlanishi U va chastotasi f bo'lgan uch fazali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanuvchi stator chulg'amidan va rotor chulg'ami esa ikki xil variantda bajarilgan bo'lishi mumkin.

Birinchi variant – asinxron motorning rotori uch fazali chulg'amdan iborat bo'lib, uning uchlari uchta kontakt halqalarga chiqarilgan bo'ladi va bunday asinxron motor **faza rotorli asinxron motor** deb ataladi (5.20a – rasm). Rotor zanjiriga turli elektrotexnik elementlar, masalan qarshiliklar ulab elektr yuritmaning tezligi, toki va momentini rostlash mumkin va shu maqsadda alohida sxemalarni qo'llash ham mumkin.



4.20 – rasm. Faza rotorli (a) va rotori qisqa tutashtirilgan (b) asinxron motorlarning ulanish sxemalari

Ikkichi variant – rotor ariqchalariga alyumiiy eritilib quyulib, uchlari o'zaro qisqa tutashtiriladi va bunday asinxron motor **rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motor** deb ataladi (5.20b – rasm).

Asinxron motorning elektromexanik tavsifi (5.21 – rasm) rotor tokining tezlikka emas, sirpanishga bog'liq o'zgarishi sifatida qaralishi bilan o'zgaras tok motorlarining elektromexanik tavsiflaridan farq qiladi. Sirpanishning tezlik bilan almashtirish quyidagi ifoda bilan amalga oshiriladi

$$\omega = \omega_0 (1 - s). \quad (5.13)$$

Asinxron motorning mexanik tavsifi quyidagi Kloss formulasi bilan hisoblanadi:

$$M = \frac{2M_K(1 + as_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2as_K}, \quad (5.14)$$

bu yerda, $a = R_1 / R_2$ – stator chulg'ami aktiv qarshiligining keltirilgan rotor chulg'ami aktiv qarshiligiga nisbati; M_K – cirpanishning kritik qiymati s_K ga to'g'ri keluvchi moment qiymati (kataloglarda motorning

nominal momentga nisbatan yuklanganlik ko'rsatkichi $\lambda_M = \frac{M_K}{M_H}$ sifatida beriladi); $s_k = s_H (\lambda_M^2 \pm \sqrt{\lambda_M^2 - 1})$;

Asinxron motorning (3.14) ifoda bo'icha hisoblangan mexanik 5.21 – rasmda keltirilgan.

Asinxron motor mexanik tavsifining xarakterli nuqtalari:

$s = 0, \omega = \omega_0, M = 0$ – ideal salt yurish nuqtasi;

$s = 1, \omega = 0, M = M_{QT} = M_{IT}$ – qisqa tutashuv nuqtasi;

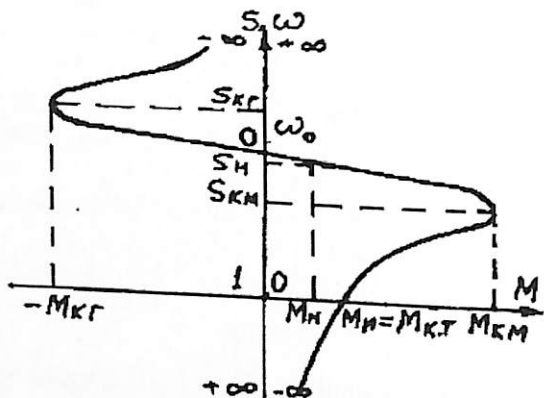
$s = s_{KM}, M = M_{KM}, s = -s_{KG}, M = -M_{KG}$ – ekstrimum nuqtalar;

$s \rightarrow \pm\infty, \omega \rightarrow \mp\infty, M \rightarrow 0$ – mexanik tavsifning asimptotasi – koordinatalar tizimining tezlik o'qi.

5.21 – rasmda asinxron motorning mexanik tavsifi keltirilgan.

Ba'zi hollarda stator chulg'aming aktiv qarshiligini hisobga olmasdan ($R_1 = 0$) asinxron motorning mexanik tavsifini qurishda soddalashtirilgan formuladan foydalaniladi:

$$M = \frac{2M_K}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}} \quad (5.15)$$



4.21 – rasm. Asinxron motorning mexanik tavsifi

Asinxron motor energetik rejimlarning barchasida ishlashi mumkin (5.21 – rasm).

$s = 0, \omega = \omega_0$ – ideal salt yurish rejimi;

$s = 1, \omega = 0$ – qisqa tutashuv rejimi;

$0 < s < 1, 0 < \omega < \omega_0$ – motor rejimi;

$s < 0, \omega > \omega_0$ – tarmoq bilan parallel ishlaydigan generator rejimi (rekuperativ tormozlash);

$s > 1, \omega < 0$ – tarmoq bilan ketma – ket ishlaydigan generator rejim (teskari ulab tormozlash).

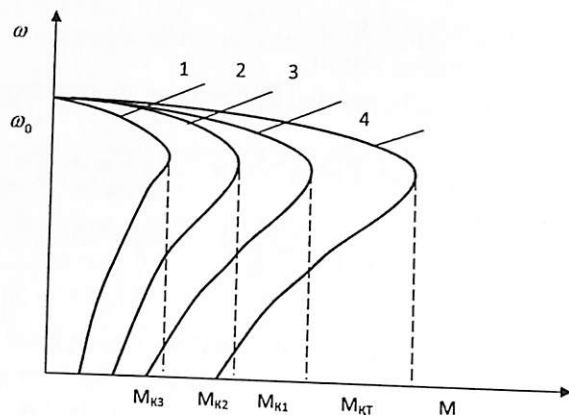
Bundan tashqari, asinxron motor dinamik tormoz rejimida ham ishlay oladi.

Asinxron motor koordinatalarini rostlash usuli

Stator zanjiriga qo'shimcha qarshilik R_{1Q} larni ulab asinxron motor koordinatalarini rostlash. Bu usul asosan rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning o'tkinchi jarayonlarida tok va moment qiymatlarini rostlashda (cheklashda) qo'llaniladi. Stator zanjiriga qo'shimcha R_{1Q} qarshilikning ulanishi berilgan tezlikda (sirpanishda) stator va rotor tokining kamayishiga olib keladi. R_{1Q} qarshilikning ulanishi ideal salt yurish tezligi ω_0 ni o'zgartirmaydi.

Stator zanjiriga ulanadigan qo'shimcha qarshiliklarning amaliy ahamiyati shundaki, bu qarshiliklarning qiymatiga proporsional ravishda asinxron motorni ishga tushirishdagi qisqa tutashuv toki I_{QT} qiymatini cheklash imkonini beradi.

5.22 – rasmdagi mexanik tavsiflar tahlili shuni ko'rsatadiki, $R_{1Q} = \text{var}$ bo'lganida $\omega_0 = \text{const}$ bo'lib, tabiiy va sun'iy tavsiflar uchun ideal salt yurish tezligi o'zgarmaydi va barcha tavsiflar ω_0 nuqtadan boshlanadi. 1 – tavsif asinxron motorning tabiiy tavsifi bo'lib ($R_{1Q} = 0$), qolgan sun'iy tavsiflar qarshiliklarning $R_{1Q1} < R_{1Q2} < R_{1Q3}$ qiymatlariga mos keluvchi 2, 3, 4 sun'iy tavsiflardir. Sun'iy tavsiflarning M_K va s_K qiymatlari R_{1Q} qiymatiga mos ravishda kamayadi. Sirpanish $s = 1$ qiymatda asinxron motorni ishga tushirish momenti ham R_{1Q} qiymatiga qarab kamayadi. Bu usul tezlikni rostlashga yaramaydi, chunki tezlikni rostlash diapazoni juda kichik; Bu usul odatda asinxron motorning turli rostlash diapazoni, ya'ni ishga tushirish, revers va tormozlash o'tkinchi jarayonlarida, ya'ni ishga tushirish, revers va tormozlash vaqtlarida tok va momentni cheklash maqsadlaridagina qo'llaniladi.



4.22 – rasm. Stator chulg'amiga ulangan qo'shimcha qarshiliklar yordamida koordinatalari rostlanadigan asinxron motorning mexanik tavsiflari

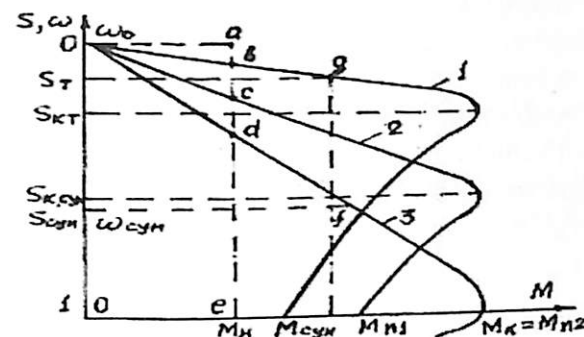
Rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik R_{2Q} larni ulab, asinxron motor koordinatalarini rostlash. Bu usul asinxron motor toki va momentini rostlash bilan bir qatorda tezligini rostlashda ham qo'llaniladi.

Bu usul bilan asinxron motorning sun'iy mexanik tavsiflarini qurganimizda R_{2Q} ning har qanday qiymatlarida ideal salt yurish tezligi ω_0 va momentining maksimal (kritik) qiymati M_K o'zgarmaydi. Ammo siranishning kritik qiymati s_K o'zgaradi. 5.23 – rasmda asinxron motorning rotor zanjiriga ulangan qo'shimcha qarshiliklarni o'zgartirib tezligini boshqarish jarayonining mexanik tavsiflari keltirilgan bo'lib, bu yerda, 1 – tabiiy tavsif ($R_{2Q} = 0$) va 2 – 3 ($R_{2Q3} > R_{2Q2}$) sun'iy tavsiflardir.

Tezlikni rostlash diapazoni MQ O'TM niki kabi $D = (2 \div 3)$: 1 bo'lib, tezlikni chuqurroq rostlaganimizda mexanik tavsifning bikrligi kamayib boradi; tezlik asosiy tezlikdan pastga qarab rostlanadi; rostlanish silliqqligi R_{2Q} qiymatining silliq o'zgarishiga bog'liq; rostlash jarayonida elektr energiya isrofi katta. (4.5) bo'yicha quvvat isrofni tahlil qiladigan bo'lsak, sirpanish s ning oshishi rotor zanjirida quvvat isrofni oshishiga olib keladi va bu esa FIK kamayishiga sabab bo'ladi.

Bunday usul bilan tezlikni rostlash qisqa muddatli ish rejimida ishlayotgan elektr yuritmalar uchun maqsadga muvofiqdir. Masalan,

yuk ko'tarish mashina va mexanizmlarining elektr yuritmalarida keng qo'llaniladi.



4.23 – rasm. Rotori chulg'amiga ulanadigan qo'shimcha qarshiliklarning turli qiymatlariga mos keluvchi faza rotorli asinxron motorning mexanik tavsiflari

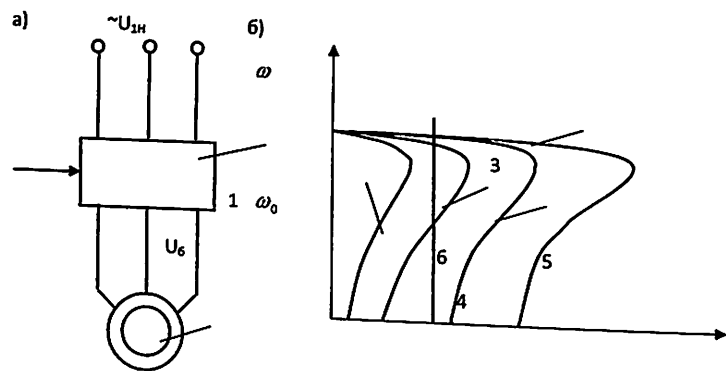
Asinxron motorli elektr yuritma koordinatalarini kuchlanishni o'zgartirib rostlash

Asinxron motorning rostlanuvchan koordinatalarini rostlashni, nisbatan sodda boshqaruv sxemalari asosida, stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirib amalga oshirish mumkin. Bu usulning yana bir jihati energiya tejankor asinxron elektr yuritmalarni yaratish imkonini ham berishidir.

Rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motor koordinatalarini rostlash uchun asinxron motor 2 bilan tarmoq o'rtasida boshqariluvchi o'zgaruvchan tok o'zgartkichi 1 bo'lib, uning chiqish qismidagi rostlanuvchi kuchlanish U_{1rost} boshqariluvchi o'zgartkichga berilayotgan boshqaruv signali U_b ga proporsional o'zgaradi (5.24 – rasm). Stator chulg'amidagi kuchlanish 0 dan U_{IN} gacha o'zgargan holda uning chastotasi $f = 50$ Gs o'zgarmay qolaveradi.

Stator chulg'amidagi kuchlanishning o'zgarishi ideal salt yurish tezligini o'zgartirmaydi, chunki, bu tezlik kuchlanish chastotasiga to'g'ri proporsional bo'lib, qutblar soniga teskari proporsionaldir. Sirpanishning kritik qiymati esa motor chulg'amlarining qarshiliklari qiymatiga va motorning yuklanish darajasiga bog'liq. Motorning maksimal momenti esa kuchlanishning kvadratiga to'g'ri proporsionaldir.

Shu sababli $U_{1\text{ rost}} = \text{var}$ uchun qurilgan mexanik tavsiflar asinxron motor tezligini rostlash uchun yaramaydi (3.24b – rasm), chunki kuchlanish qiymati kamaygan sari uning yuklanish darajasi kamayib boradi va rostlanish diapazoni ham juda kichik bo'ladi. 3, 4, 5, 6 tavsiflar kuchlanishning U_{1N} , $0,8U_{1N}$, $0,6U_{1N}$, $0,4U_{1N}$ qiymatlari uchun qurilgan. Shu sababli ham 3.24a – rasmdagi asinxron elektr yuritma tizimini asinxron motorning o'tkinchi jarayonlarida, texnologik talablardan kelib chiqqan holda, moment va tok qiymatlariga ta'sir etish uchun qo'llash mumkin.



4.24. – rasm. Asinxron motorning stator chulg'amidagi kuchlanishni o'zgartirib koordinatalarini rostlash sxemasi (a) va mexanik tavsiflari (b)

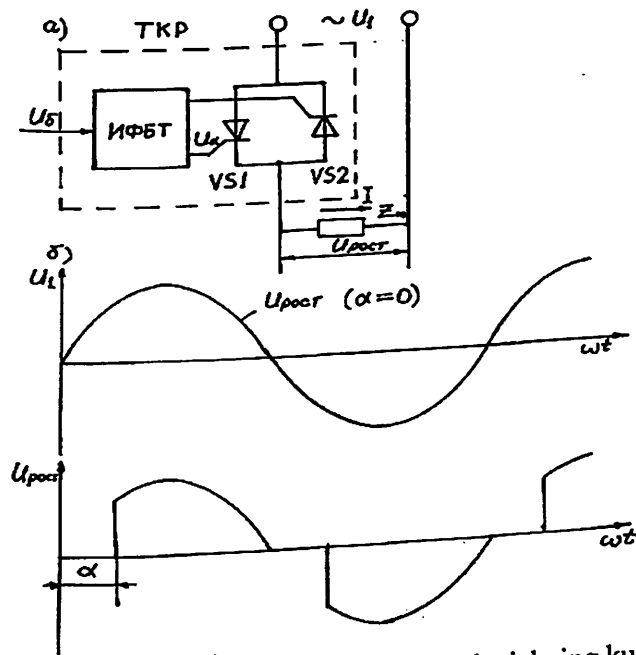
Boshqariluvchi o'zgaruvchan tok o'zgartkichi sifatida, boshqariluvchi transformator, avtotransformator, induksion regulyator va tiristorli kuchlanish rostlagichlar (TKR) qo'llaniladi. Hozirgi paytda asosan TKR lar qo'llanilmoqda. Chunki boshqa o'zgartkichlarga nisbatan TKR yuqori FIK ga ega bo'lishi bilan bir qatorda asinxron motorlarni boshqarishda avtomatik tizimlarni qo'llash uchun qulay hamdir.

Keng tarqalgan «Tiristorli kuchlanish rostlagich – asinxron motor» tizimi asosini tashkil etuvchi TKR ning ishlash printsipini ko'rib chiqamiz.

5.25a – rasmda, bir fazali o'zgaruvchan tokning yuklanishi Z_{yu} bo'lgan tiristorli kuchlanish rostlagichning kuch sxemasi keltirilgan.

TKR ning kuch sxemasi ikki o'zaro parallel qarama – qarshi ulangan VS1 va VS2 tiristorlardan iborat bo'lib, kuchlanish U_1 ning har ikki yarim davrida yuklanishdan tok o'tishini ta'minlaydi. Impulsli faza boshqaruv tizimi (IFBT) ning kirish signali U_b ta'sirida uning chiqish qismida boshqaruv kuchlanishi U_α hosil qilinadi va bu signal bilan tiristorlarning ochilish burchagi α ning qiymati rostlanadi.

Agar VS1 va VS2 tiristorlarga berilayotgan signal $U_\alpha = 0$ bo'lsa, ular yopiq holatda bo'ladi va TKR ning chiqish qismidagi kuchlanish ham $U_{\text{rost}} = 0$ bo'ladi. Agar tiristorlarga berilayotgan signal U_α ning qiymati $\alpha = 0$ ga mos bo'lsa, ya'ni $U_\alpha = U_{\text{6MAX}}$ bo'lganida TKR ning chiqish qismidagi kuchlanish eng katta qiymatiga ega bo'ladi, ya'ni $U_{\text{rost}} = U_1$ bo'ladi (5.25b – rasm). Agar U_α signal qiymati $\alpha \neq 0$ ga mos bo'lsa, u holda yuklanishga U_1 kuchlanishning ma'lum bir qismi ulangan bo'ladi (5.25b – rasm). Shunday qilib, boshqaruv burchagi α ni 0 dan π gacha o'zgartirganimizda o'zgartkichning chiqish qismidagi kuchlanish U_1 dan 0 gacha o'zgaradi.



4.25 – rasm. Bir fazali tiristorli kuchlanish rostlagichning kuch sxemasi (a) va kuchlanish tavsiflari (b)

Bir fazali TKR sxema asosida yaratilgan uch fazali TKR ning kuch sxemasida oltita tiristorlari bo'ladi va ular stator chulg'ami fazalari bilan uch fazali tarmoq orasiga ulanadi. Bunday TKR larda parallel qarama – qarshi ulangan tiristorlar o'rniga xuddi shu funksiyalarni bajaruvchi simistorlarning qo'llanilishi kuch sxemasini soddalashtirishga olib keladi.

TKR dan chiqayotgan kuchlanishning formasi nosinusoidal ko'rinishga ega bo'ladi. Bu nosinusoidal kuchlanish turli chastotali va amplitudali garmonik tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi.

Asinxron elektr yuritmalarni boshqarishda TKR larni qo'llash motorlarni revers qilish imkonini beradi; majburiy elektr tormozlash mumkin; elektr yuritma o'tkiinchi jarayonlari ko'rsatkichlarini rostlash hamda energiya tejankor ish rejimlarini joriy etish kabi funksional imkoniyatlarini oshiradi.

Asinxron motorning chastotasini o'zgartirib tezligini rostlash

Bu usul bilan asinxron motor tezligini rostlash eng istiqbolli bo'lib, hozirgi paytda juda keng qo'llanilmoqda. $\omega_0 = \frac{2\pi f}{P}$ ifodadagi asinxron motor kuchlanishi (toki) chastotasi f_1 ni keng diapazonda o'zgartirish natijasida sun'iy tavsiflar hosil qilish mumkin va bu tavsiflar yuqori darajadagi birlikka ega bo'ladi. Yana bu tezlikni rostlashning asosiy xususiyatlaridan biri chastotaning turli qiymatlaridagi tavsiflarda sirpanishning oshishi ro'y bermaydi va bu quvvat isrofining uncha oshmasligini ta'minlaydi.

Asinxron motordan yanada unumliroq foydalanish uchun hamda energetik ko'rsatkichlari: quvvat koeffitsienti va FIK hamda yuklanish xususiyati yuqori bo'lishi uchun chastota bilan bir paytda kuchlanishni ham o'zgartirish kerak. Kuchlanishni o'zgartirish qonuniyati yuklanish momenti M_s xarakteriga bog'liqdir.

Yuklanish momenti $M_s = M_N = \text{const}$ bo'lganida chastotaning o'zgarishi bilan bir qatorda kuchlanishni ham rostlash ushbu ifoda orqali amalga oshiriladi

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}. \quad (5.16)$$

Yuklanish momenti $M_s = \omega_s^2$ – ventilyator xarakteriga ega bo'lganida esa bu chastota bilan kuchlanishning o'zaro bog'lanishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}. \quad (5.17)$$

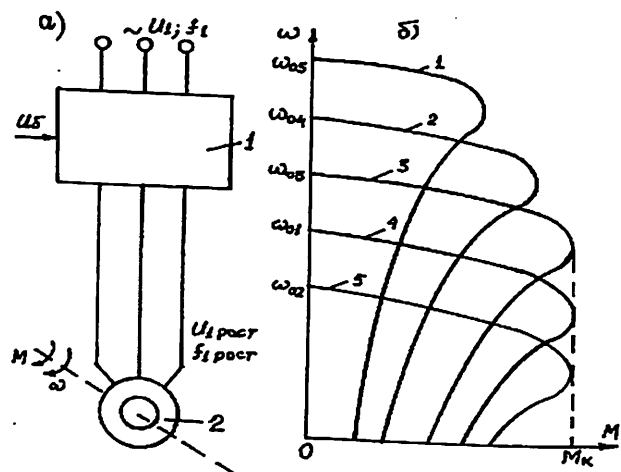
Yuklanish momenti $M_s = \omega_s^{-1}$ – tezlikka teskari proporsional bo'lgan holda kuchlanishning chastotaga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}. \quad (5.17)$$

Shunday qilib, asinxron motorning tezligini rostlash uchun albatta boshqariluvchi chastota o'zgartkich bo'lishi shart bo'lib, bu o'zgartkich stator cholg'amiga berilayotgan kuchlanishning chastotasini keng diapazonda rostlash imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

Asinxron motorning chastota o'zgartkichga ulanish sxemasi va tavsiflari

Elektr yuritmaning asosiy elementi kuchlanish va chastota o'zgartkichi 1 bo'lib, uning kirish qismi $U_1=220, 380V$ va h. k. kuchlanishli va chastotasi $f_1 = 50$ Gs bo'lgan tarmoqqa ulangan bo'lib uning chiqish qismidagi kuchlanishning qiymati ($U_{1\text{rost}} = \text{var}$) va chastotasi ($f_{1\text{rost}} = \text{var}$) keng diapazonda rostlanadi (5.26a – rasm). $U_{1\text{rost}}$ va $f_{1\text{rost}}$ larni rostlash boshqaruv signali U_b orqali amalga oshiriladi va natijada asinxron motor 2 ning tezligi rostlanadi. Asinxron motorning chastotasini rostlashning eng sodda $\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$ shquniyatini amalga oshiruvchi elektr yuritmaning mexanik tavsiflari tahlili shuni ko'rsatadiki, ideal salt yurish tezligi f_1 ga proporsional ravishda o'zgargan holda motorning maksimal momenti $M_K = \text{const}$ bo'lib o'zgarmay qoladi.



4.26 – rasm. Asinxron motorli chastota bo'yicha tezligi rostlanadigan elektr yuritmaning umumiy tizim sxemasi (a) va mexanik tavsiflari (b)

va Mexanik tavsiflar (5.26b – rasm) o'z xususiyatlariga ko'ra $f_1 < f_{1N}$ $f_1 > f_{1N}$ guruhlariga bo'linadi.

Chastota qiymati $f_1 < f_{IN}$ bo'yicha rostlanganida va chastotaning $f_{13} = f_{IN}$; $f_{14} < f_{13}$ va $f_{15} < f_{14}$ lariga mos asinxron motorning tavsiflari 5.26b – rasmdagi 3, 4 va 5 tavsiflar to'g'ri keladi. Amaliyotda esa chastotaning kichik qiymatlarida stator chulg'ami aktiv qarshiligini hisobga olmaslik M_K qiymatining kamayishiga olib keladi va shuning uchun stator chulg'amining aktiv qarshiligida kuchlanish pasayishini hisobga olgan holda kuchlanishni bir oz oshirish kerak bo'ladi.

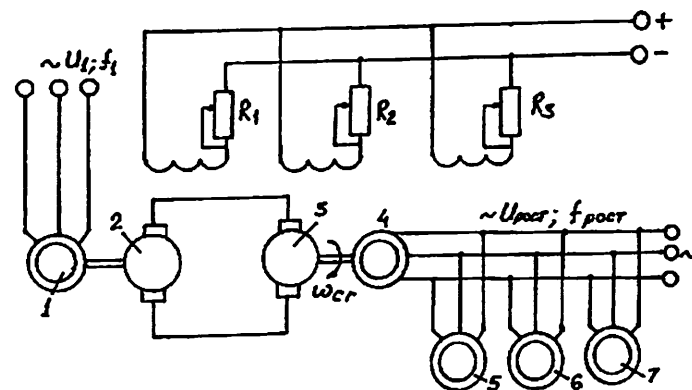
Chastota qiymati $f_1 > f_{IN}$ bo'yicha rostlanganida asinxron motorning normal ishlashini ta'minlash uchun kuchlanishni nominal qiymatdan oshirib bo'lmaydi va shuning uchun chastotaning rostanishi kuchlanishning o'zgarish qiymatida – $U_1 = U_{IN} = \text{const}$ da amalga oshiriladi (1, 2 – tavsiflar).

Shuning uchun M_K ning qiymati chastota oshgan sari proporsional kamayib boradi.

Chastota o'zgartkichning ishlash asoslari. Chastota o'zgartkichlar (ChO^*) tarkibiy elementlari bo'yicha **elektromexanik** va **statik** turlarga bo'linadi.

Birinci turdagi CHO larning asosini sinxron generatorlar tashkil etadi (5.27 – rasm).

5.27 – rasmdagi chizmada quyidagi belgilashlar qabul qilingan: 1 – asinxron motor; 2 – o'zgarmas tok generatori; 3 – mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori; 4 – sinxron generator; 5, 6, 7 – asinxron motorlar; QCh1, QCh2, QCh3 – o'zgarmas tok generatori, motori va sinxron generatorlarning qo'zg'atish chulg'amlari.



4.27 – rasm. Sinxron generatorli elektromexanik chastota o'zgartkichning elektr sxemasi

Asinxron motor 1 o'zgarmas tok generatori 2 ning yakorini aylantiradi va qo'zg'atish chulg'ami hosil qilgan magnit maydon bilan o'zaro ta'siri natijasida yakor chulg'ami uchlarida EYuK hosil bo'ladi. EYuKning qiymati QCh1 zanjiridagi qarshilik R_1 ni rostlash natijasida, noldan to nominal qiymatigacha rostlanadi va motor 3 ning tezligi shu kuchlanishga monand o'zgaradi. QCh2 zanjiridagi R_2 qarshilikning vazifasi motor tezligini qo'shimcha rostlashga xizmat qiladi. Sinxron generatordagi hosil bo'layotgan kuchlanishning chastotasi motor 3 ning tezligi bilan belgilansa, haqiqiy qiymati esa QCh3 zanjiridagi R_3 qarshilik yordamida rostlanadi. Shunday qilib, elektromexanik ChO' da olinayotgan o'zgaruvchan tok kuchlanishining qiymati va chastotasi alohida bir – biriga bog'liq bo'lmagan ko'rsatkichlar kabi rostlanadi.

Elektromexanik ChE larning asosiy kamchiliklari:

tO'rtta to'liq quvvatli elektr mashinalarning bo'lishi shartligi;

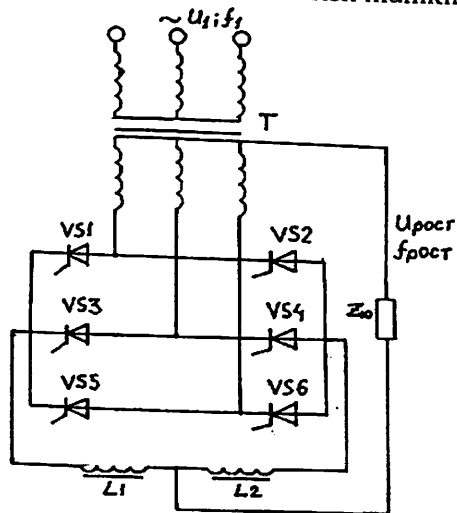
FIK ning bor yo'g'i 50 – 70 % ga tengligi va tannarxining balandligi.

Yarim o'tkazgichli texnikaning rivojlanishi va ular asosida ishonchli chastota o'zgartkichlarning yaratilish statik ChO' larning hozirda keng qo'lla-nishiga omil bo'lmoqda. Bu o'zgartkichlar elektromexanik o'zgartkichlarga nisbatan kichik hajmga egaligi va FIK ning yuqoriligi va aylanuvchi qism-larining yo'qligi sababli ham shovqinsiz ishlaydi.

Statik chastota o'zgartkichlar o'z o'mida bevosita va bilvosita chastota o'zgartgichlarga bo'linadi.

Bevosita ChO' larda tarmoqdagi o'zgaruvchan tok kuchlanishi to'g'ridan – to'g'ri chastota va haqiqiy qiymati rostlanadigan o'zgaruvchan tok kuchlanishiga o'zgartiriladi.

Bevosita ChO' ning ishlash prinsipini quyidagi bir fazali bevosita ChO' sxemasi (5.28 – rasm) asosida tushuntirish mumkin.



4.28 – rasm. Bir fazali bevosita chastota o'zgartkichning elektr sxemasi

Bu sxema reversiv o'zgarman tok o'zgartkichning nol sxemasi bo'lib, agar chap tomonda joylashgan tiristorlar guruhiga boshqaruv impulslari yuborilsa yuklanish Z_{yu} dagi kuchlanishning ishorasi nol nuqtaga nisbatan musbat bo'ladi va uning o'rtacha qiymati $U_{yu} = U_{yu0} \cos \alpha$, bu yerda, α – tiristorlarning ulanish burchagi; $U_{yu0} - \alpha = 0$ holdagi yuklanishdagi kuchlanish. O'ng guruh tiristorlari ochilganida yuklanishdagi kuchlanish manfiy ishorali bo'ladi. Agar ma'lum

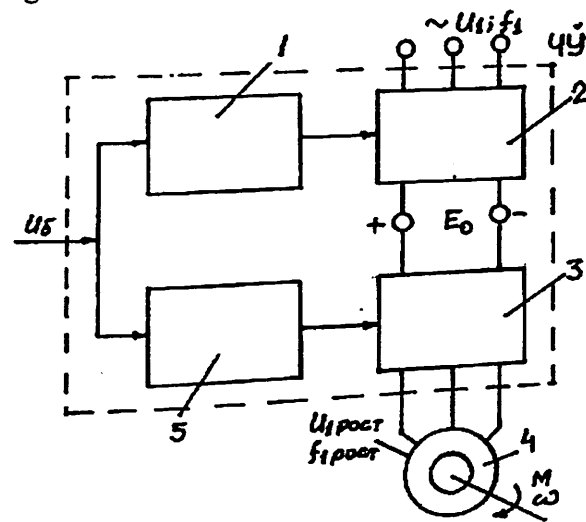
takrorlanuvchan vaqt oralig'ida har ikkala tiristorlar guruhi ochilib va yopilib turilsa, u holda shu chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishi yuklanishga uzluksiz berilib turiladi.

Boshqaruv burchagi α ni rostlab yuklanishdagi kuchlanishning o'rtacha qiymati rostlanadi. Tarmoqdan yuklanishga berilayotgan standart $f_1 = 50$ Gs chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishi $U_N = 220, 380$ V bevosita ChO' da o'rtacha qiymati va chastotasi rostlanadi (faqat chastota qiymati $f_1 \leq 50$ Gs oralig'idagina o'zgaradi).

Amaliyotda bevosita ChO' larning uch fazali nol va ko'prik sxemalari keng qo'llaniladi.

Bilvosita ChO' ning asosiy tashkil etuvchi bloklari: boshqariluvchi to'g'irlagich 2 va uning boshqaruv bloki 1; boshqariluvchi inverter 3 va uning boshqaruv bloki 5 (3.29 – rasm).

Tarmoqdan f_1 chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishi U_1 boshqariluvchi to'g'irlagich 2 da to'g'irlanib boshqariluvchi inverter 3 ga uzatiladi va uning chishish qismidan haqiqiy qiymati va chastotasi rostlanadigan o'zgaruvchan tok kuchlanishi olinadi.



4.29 – rasm. Bilvosita chastota o'zgartkichli asinxron elektr yuritmaning blok sxemasi

Boshqariluvchi inverterlarning turlari

Inverterlar tiristorlardagi tok kommutatsiyasi bo'yicha tarmoqqa bog'liq va avtonom inverter turlariga bo'linadi. Tarmoqqa bog'liq inverterlarda bir tiristordan ikkinchi tiristorga tokli ulanish jarayoni o'zgaruvchan tok manbaining kuchlanishi tomonidan ta'minlanadi.

Avtonom inverter tiristorlaridagi tokli ulanish jarayoni qo'shimcha elementlar: tiristorlar, diodlar, sig'imlar va induktivliklar yordamida amalga oshiriladi.

Avtonom inverterlar o'z navbatida kuchlanish yoki tok inverterlarga bo'linadi. **Kuchlanish avtonom inverterlari (KAI)** kuchlanish manbaiga, masalan boshqariluvchi to'g'rilagichga katta sig'imli kondensator orqali ulanadi. KAI ning tashqi tavsifining birligi yuqori bo'lib, yuklanish tokining chiqish kuchlanishi o'zgarishiga deyarli ta'siri bo'lmaydi.

Tok avtonom inverterlari (TAI) tok manbaiga, masalan, boshqariluvchi to'g'rilagichga katta induktivlik reaktor orqali ulanadi.

Avtonom inverterlarning har ikki turi ham chastotasi boshqariladigan asinxron elektr yuritmalarda o'z qo'llanish doiralari ega. KAI ning chiqishidagi kuchlanishiga asinxron motor ish rejimining deyarli ta'siri bo'lmasligi sababli bu inverterlar ochiq tizimli asinxron elektr yuritmalarda va bir nechta asinxron motorlar bir ChO' dan ta'minlanadigan sxemalarda qo'llaniladi.

KAI li ChO' larning asosiy kamchiliklari: kirish qismida katta sig'imli kondensatorning bo'lishi shartligi, ko'p sonli tiristorlar va kommutatsiya elementlarining bo'lishi, rekuperativ rejimda ishlashi uchun alohida bog'liq avtonom inverting bo'lishi shartligidir.

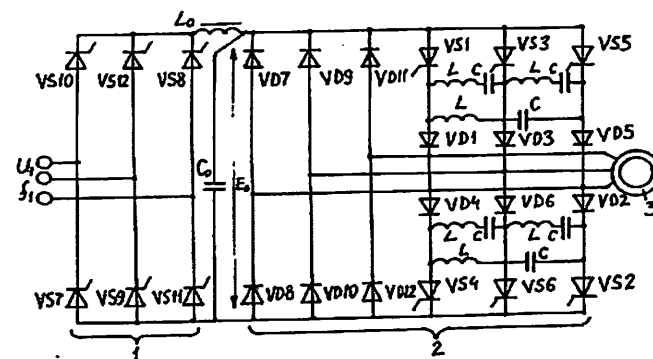
TAI li ChO' asinxron motor uchun chastotasi rostlanadigan o'zgarmas tok manbai bo'lib xizmat qilgani uchun uning elektr sxemalari nisbatan sodda, tez harakatlanuvchi asinxron elektr yuritmalarda, shuningdek, individual reversiv elektr yuritmalarda hamda katta tezlikda takrorlanuvchan – qisqa muddatli rejimda ishlovchi elektr yuritmalarda qo'llash maqsadga muvofiqdir.

TAI li ChO' larning afzalliklari: aktiv energiyani rekuperatsiya qilish uchun alohida sxemalar zarur emas; tiristorlar va diodlar sonining nisbatan kam bo'lishi. Kamchiliklaridan asosiysi – katta induktivlikka ega reaktorning bo'lishi shartligidir.

ChO' ning kuchlanishini rostlash bir necha usullar bilan amalga oshiriladi. Bevosita ChO' lardagi kuchlanish xuddi boshqariluvchi to'g'rilagichlardagidek rostlanadi.

Bilvosita ChO' larda kuchlanish alohida kuchlanish boshqariluvchi to'g'irlanich yoki rostlagich yordamida o'zgarmas tokli qismida rostlanadi.

5.30 – rasmda bilvosita ChO' kuch sxemasi keltirilgan bo'lib, bu yerda 1 – boshqariluvchi to'g'irlagich, 2 – kuchlanish avtonom inverteri, 3 – asinxron motor. Bu sxemada boshqariluvchi to'g'irlagich 1 ning chiqish qismiga L_0 reaktor va S_0 sig'im ulangan bo'lib, ular VD7 – VD12 diodlar bilan birga reaktiv quvvat aylanishini ta'minlaydi. VS1 – VS6 tiristorlar kuchlanish avtonom inverteri kuch sxemasini tashkil etadi. VS1 – VS6 tiristorlarning o'z vaqtida o'chirilishini ta'minlash uchun VD1 – VD6 diodlar bilan birga sun'iy kommutatsiya zanjirini tashkil etuvchi S kondensator va L reaktorlar qo'llanilgan. KAI chiqishidagi kuchlanish – Y_{e0} ning rostlanishi boshqariluvchi to'g'irlagich 1 dagi VS7 – VS12 tiristor larning boshqaruv burchaklarini rostlash hisobiga amalga oshiriladi.



4.30 – rasm. Kuchlanish avtonom inverterli bilvosita chastota o'zgartkichning elektr sxemasi

KAI chiqishidagi kuchlanishning chastotasi f_{rost} VS1 – VS6 tiristorlarning kommutatsiya chastotasiga bog'liq ravishda rostlanadi.

Amaliyotda bilvosita ChO'larning 5.30 – rasmdagi sxemadan boshqa ko'plab xilma – xil sxemalari ham qo'llaniladi.

Chastotani boshqarib asinxron motor tezligini rostlash usuli iqtisodiy nuqtai nazardagi eng ma'qul usul bo'lib, chastota (tezlik)

keng diapazonda rostlanganida sirpanishning o'zgarishi kam bo'lishi sababli motorning FIK kam o'zgaradi. Tezlikni nominaldan pastga ham, yuqoriga ham silliq o'zgartirish mumkin. Sun'iy mexanik tavsiflarning bikrligi yuqori bo'ladi va motorning moment bo'yicha yuklanish xususiyati ham yuqoriligicha qolaveradi.

Ochiq tizimli tezligi chastotani rostlab boshqariladigan asinxron elektr yuritmalarda tezlikni rostlash diapazoni $D = (5 \div 10):1$ bo'lsa, yopiq tizimli elektr yuritmalarda esa $D = (1000 \div 1500):1$ va undan ham yuqori bo'lishi mumkin.

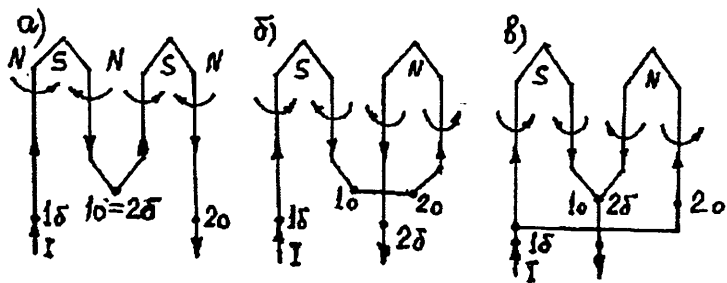
Hozirgi paytga kelib, asinxron motorlarni stator chulg'amidagi kuchlanish (yoki tok) chastotasini rostlab boshqarishning afzalliklaridan kelib chiqqan holda bu boshqaruv usuli o'zgaruvchan tok motorlarini boshqarishda intensiv qo'llanilmoqda.

Asinxron motor qutblar juftligi sonini o'zgartirib tezligini rostlash

Bu usul bilan tezlikni rostlash uchun asinxron motor stator chulg'ami ikkita bir xil seksiyadan (yarim chulg'am) iborat bo'lishi kerak. Bunday asinxron motorlar ko'p tezlikli motorlar deb yuritiladi. Stator chulg'am seksiyalarini ulashda turli ulanish sxemalarini amalga oshirish natijasida asinxron motor qutblar soni r o'zgartiriladi. Ko'p tezlikli asinxron motorlarning rotorlari odatda qisqa tutashtirilgan bo'ladi.

Asinxron motor qutblari soni $r = 1, 2, 3, 4, \dots$ bo'lgan diskret sonlardan iborat bo'lganligi sababli motor tezligi pog'onali rostlanadi.

Qutblar juftligining qanday qilib turli sonlarga teng bo'lishi mumkinligini ko'rib chiqamiz.



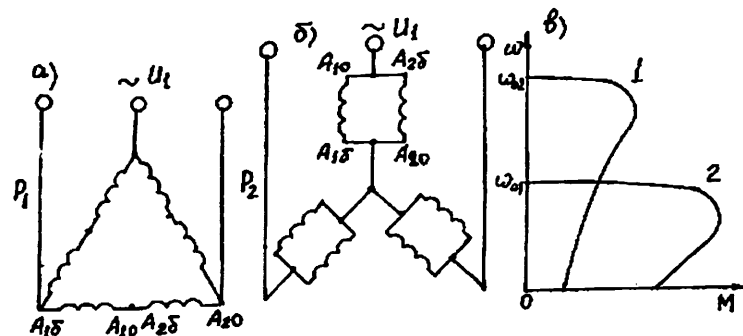
4.31 – rasm. Asinxron motorning qutblar sonini o'zgartirib tezligini pog'onali rostlashni amalga oshiruvchi stator chulg'ami seksiyalarining ulanishi sxemalari

Stator chulg'ami fazasi ikkita bir xil ikki seksiya $1_b - 1_0$ va $2_b - 2_0$ lardan iborat bo'lib (5.31a – rasm) va har bir seksiyaning ikkala o'tkazgichlari ketma – ket va mos ulangan bo'lsin. Stator chulg'amidan o'tayotgan tok yo'nalishi strelka bilan ko'rsatilgan. Parma qoidasidan kelib chiqqan holda magnit maydonning qutblar juftli $2r = 4$ ekanligini aniqlaymiz.

Endi chulg'amdagi tok yo'nalishini o'zgartirmagan holda seksiyalarni ketma – ket va qarama – qarshi ulaganimizda (5.31b – rasm) qutblar juftli $2r = 2$ ga teng bo'ladi. Xuddi shuningdek, seksiyalarni o'zaro parallel ulaganimizda ham (5.31v – rasm) qutblar juftli $2r = 2$ bo'ladi.

Amaliyotda ko'p tezlikli asinxron motor stator chulg'ami seksiyalarini ulashning asosan ikki sxemasi qo'llaniladi: «uchburchak»dan «ikkilangan yulduz»ga va «yulduz»dan «ikkilangan yulduz»ga o'tish sxemalari.

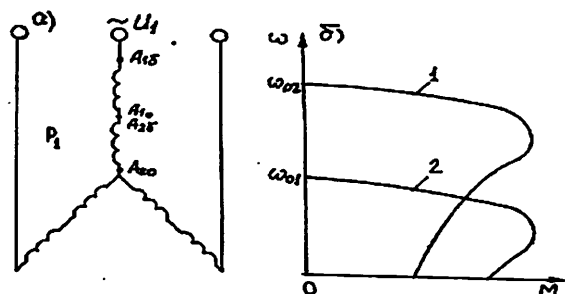
«Uchburchak – ikkilangan yulduz». Qutblar juftligi sonini katta qilish uchun har bir fazadagi seksiyalar ketma – ket va mos ulanib uchburchak hosil qilinadi (5.32a – rasm), A_{1b} va $A_{2b} - A$ fazaning birinchi va ikkinchi seksiyalarining boshlanishi; A_{10} va $A_{20} -$ shu seksiyalarning oxirlari, boshqa V va S fazalar uchun ham bu ulanishlar monand bo'ladi. 5.32b – sxemadagi seksiyalarning ulanishi 5.32v – sxemadagi kabi bo'lib, qutblar juftligi sonini ikki marta kamayishiga olib keladi. 5.32b – rasmdagi sxemada stator chulg'ami fazalari ikki parallel ulangan seksiyalar bo'lgani uchun «ikkilangan yulduz sxemasi» deb nomlanadi.



4.32 – rasm. Stator chulg'ami «uchburchak» (a), «ikkilangan yulduz» (b) usullaridagi ulanish sxemalari va shu sxemalarga mos motorning mexanik tavsiflari (v)

5.32v – rasmda stator chulgʻamlari seksiyalarining «uchburchak» (2) va «ikkilangan yulduz» (1) usulda ulangan hollariga mos keluvchi asinxron motorning mexanik tavsiflari keltirilgan.

«Yulduz» - «ikkilangan yulduz». Bu variantda qutblar juftligining katta soni «yulduz» sxemada hosil qilinadi (5.33 a – rasm) har bir fazadagi seksiyalar ketma – ket ulanadi va (belgilashlar 5.32 – rasmdagi kabidir). «Ikkilangan yulduz» sxemasida stator chulgʻami seksiyalari 5.32b – rasmdagi kabi ulanadi va bunda qutblar soni ikki marta kam boʻladi. 5.33b – rasmda «yulduz» (2) va «ikkilangan yulduz» (1) sxemalari boʻyicha stator chulgʻamlari seksiyalar ulangan hollarga mos keluvchi asinxron motorning mexanik tavsiflari keltirilgan.



4.33 – rasm. Stator chulgʻami seksiyalarini «yulduz» usulda ulash sxemasi (a) va stator chulgʻami seksiyalarini «yulduz» hamda «ikkilangan yulduz» usullarda ulangan sxemali asinxron motorning mexanik tavsiflari (b)

Bundan tashqari, koʻrib chiqilgan ikki tezlikli asinxron motorlardan tashqari shuningdek, uch va toʻrt tezlikli asinxron motorlar ham qoʻlla – niladi. Uch tezlikli asinxron motorlarning har bir fazasida ikkita qayta ulanuvchi chulgʻamlaridan tashqari bitta bu ulanishlarda qatnashmaydigan chulgʻmi boʻladi. Toʻrt tezlikli asinxron motorlarda qutblar juftligi sonlari turlicha boʻlgan ikkita qayta ulanuvchi chulgʻamlar yordamida toʻrt xil rostlanuvchi mexanik tavsiflar hosil qilish mumkin.

Bu usulning afzalliklari: tezlikni rostlash jarayonida rotorda qoʻshimcha quvvat isrofi yuzaga kelmaydi va shuning uchun ham FIK

yomonlashmaydi; mexanik tavsiflarining bikrligi yuqori boʻladi; motorning hosil qiladigan maksimal momenti qiymati yetarli darajada boʻladi.

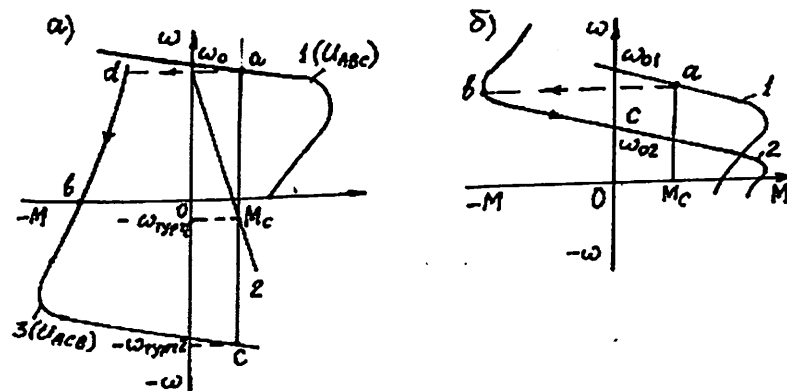
Kamchiliklari: tezlik rostlash diapazoni katta emas $D=(6÷8):1$; tezlik pogʻonali oʻzgaradi; alohida rusumdagi motorlarning boʻlishi shartligidir.

Asinxron motorlarning koordinatalarini **elektromexanik va ventilli kaskad sxemalari** boʻyicha ham rostlash sxemalari qoʻlaniladi.

Asinxron motorlarni tormozlash

Asinxron motorlarni stator chulgʻamini oʻzgaruvchan tok tarmogʻiga ulangan holda va oʻzgaruvchan tok manbaiga ulab (**dinamik tormozlash**) hamda oʻzqoʻzgʻalish orqali ham tormozlash mumkin.

Asinxron motorning asosiy ulanish sxemasi (5.20a – rasimga qarang) boʻyicha **teskari ulab va rekuperativ tormozlashni** amalga oshirilishi mumkin.



4.34 – rasm. Asinxron motorning teskari ulab (a) va energiyani tarmoqqa uzatib tormozlash (b) rejimlarining mexanik tavsiflari

Teskari ulab tormoz rejimi ikki xil usulda amalga oshiriladi. **Birinchi usul** – motor stator chulgʻami fazalaridan ikkitasining tarmoqqa ulanish tartibini oʻzgartirib amalga oshiriladi. Asinxron motor mexanik tavsifning a nuqtasida ishlayotganida (5.34a – rasm) stator chulgʻami fazalarining tarmoq kuchlanishi fazalariga ulanish tartibi A_T – A_A , V_T – V_A , S_T – S_A ga toʻgʻri keladi. Asinxron motor stator chulgʻami fazalari V_A va S_A larni tarmoq fazalarining S_T va V_T lariga

mos ravishda almashtirib ketma – ketlikda ulaganimizda asinxron motor 3 tavsifning **d** nuqtasiga o'tadi va tavsifning **db** šismi teskari ulanish tormoz rejimiga to'g'ri keladi. Bu usul bilan motor tormozlanganida asinxron motorning toki va momentini cheklash maqsadida stator yoki rotor chulg'amiga qo'shimcha qarshilik ulanadi.

Ikkinchi usul – asinxron motorni teskari ulab tormozlash uchun yuklanish momenti M_S aktiv xarakterga ega bo'lishi kerak. Aytaylik, asin-xron motor yordamida tormozlab yukni tushirish kerak. Buning uchun rotor zanjiriga katta qiymatdagi qo'shimcha qarshilik ulanib, motor yukni ko'tarish uchun ishga tushiriladi (5.34a – rasm, 2 – tavsif). $M_S > M_{IT}$ bo'lgani uchun yuk pastga ω_{turg} tezlik bilan tusha boshlaydi va teskari ulab tormozlash rejimi yuzaga keladi.

Rekuperativ tormozlanish. Bu rejim motor tezligi sinxron tezlik ω_0 dan katta bo'lganida yuzaga keladi. Bunday rejim, masalan, ikki tezlikli asinxron motorda yuqori tezlikdan kichik tezlikka o'tishda sodir bo'ladi (5.34b – rasm). Aytaylik, motor 1 – tavsifning a nuqtasida ishlayotgan bo'lsin va turg'un tezligi ω_{turg} qiymatga ega bo'lsin. Qutblar juftligining o'zgarishi natijasida motor 2 – tavsifning b nuqtasiga o'tadi va tavsifning **bc** qismi rekuperativ tormozlash rejimiga to'g'ri keladi.

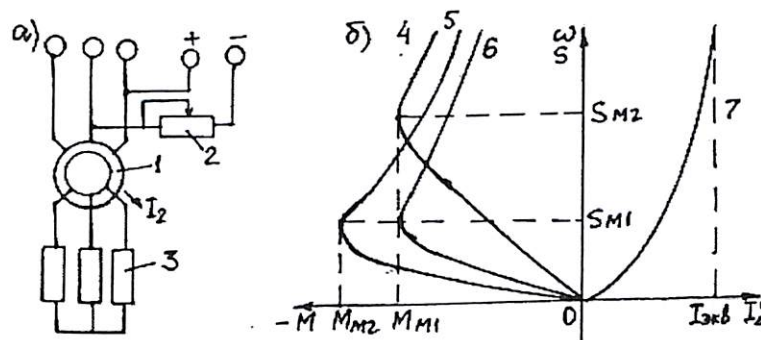
Rekuperativ tormozlash yuk ko'taruvchi mexanizm elektr yuritmalarida yukni tushirishda ham amalga oshishi mumkin. Bunda motor yukni tushirish yo'nalishiga monand ulanadi (5.34a – rasm, 3 – tavsif). Motorning harakati tezlikning - ω_{turg} nuqtasida to'xtaydi. Shunda yuk tushish jarayonida tarmoqqa energiya uzatiladi.

«Chastota o'zgartkich – asinxron motor» tizimida ham rekuperativ tormozlash rejimini amalga oshirish mumkin. Buning uchun ChO' chiqishidagi kuchlanish chastotasi kamaytiriladi. Mexanik inersiya kuchi ta'sirida magnit maydoni tezligiga nisbatan motor tezligi sekin o'zgaradi va bu tezliklar orasidagi tafovot doimo saqlanib turadi. Shuning hisobiga energiyaning tarmoqqa uzatilishi ya'ni rekuperativ tormoz rejimi yuzaga keladi. Asinxron motorlar uchun rekuperativ tormozlash rejimi iqtisodiy jihatdan eng ma'qul rejimdir.

Dinamik tormozlash. Asinxron motorni dinamik tormozlash rejimiga o'tkazish uchun uning stator chulg'amin o'zgaruvchan tok tarmog'idan uzib o'zgaras tok manbaiga ulash kerak (5.35a – rasm).

Asinxron motor 1 ning rotori qisqa tutashtirilishi yoki ma'lum qo'shimcha qarshilik R_{2Q} ulanishi mumkin. Stator chulg'amidagi

o'zgaras tok I_0 fazoda harakatlanmaydigan magnit maydon hosil qiladi. Rotorning stator chulg'ami qo'zg'almas magnit maydon ichida aylanishi natijasida chulg'amlarida EYuK hosil bo'ladi, bu EYuK ta'sirida rotor chulg'amida tok oqadi va o'z navbatida fazoda qo'zg'almas bo'lgan magnit maydonini yuzaga keltiradi. Rotor tokining motorning umumiy magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirida tormozlash momenti hosil bo'ladi va natijada tormozlanish effektiga erishiladi. Ishchi mexanizm va elektr yuritma aylanuvchi qismlarining mexanik energiyasi elektr energiyasiga o'zgartirilib, issiqlik tarzida rotor zanjirida ajralib chiqadi.



4.35 – rasm. Asinxron motorning dinamik tormozlash sxemasi (a) va tavsiflari (b)

5.35b – rasmda asinxron motorning dinamik tormozlash rejimidagi elektromexanik tavsifi $I_2(s)$ (koordinatalar tizimining birinchi choragida) va mexanik tavsifi $M(\omega)$ (koordinatalar tizimining ikkinchi choragida) keltirilgan.

$I_0 = \text{const}$ bo'lganida rotor zanjiridagi qo'shimcha qarshiliklar $R_{2Q2} > R_{2Q1}$ bo'lganida motorning dinamik tormozlash tavsiflariga mos ravishda 4 va 6 tavsiflar to'g'ri keladi. Bunda motorning maksimal momentining qiymati o'zgarmaydi, balki kritik sirpanish qiymati qo'shimcha qarshilik qiymatiga mos ravishda o'zgaradi. $I_{0.1} > I_{0.2}$ bo'lib

$R_{2Q1} = \text{const}$ bo'lgan holda kritik sirpanish qiymati o'zgarmaydi balki maksimal moment qiymati tokka proporsional ravishda o'zgaradi (5.35b – rasm, 5 – tavsif). Shunday qilib, I_0

va R_{2Q} larni o'zgartirib zarur bo'lgan motorning dinamik tormozlash ish rejimlarini hosil qilish mumkin.

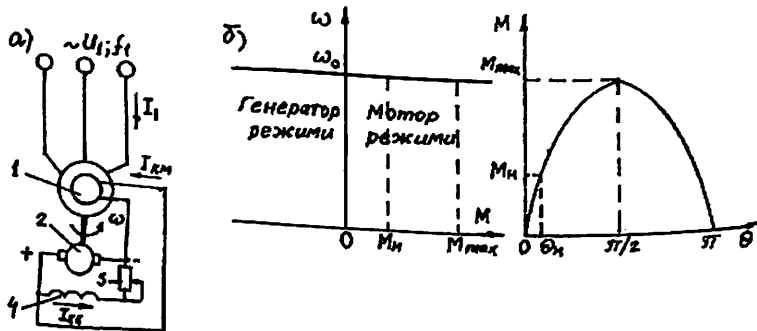
Asinxron motorni o'z – o'zini qo'zg'atilgan holda tormozlash. Asinxron motorning bu turdagi tormozlanishi, motor elektr tarmog'idan uzilganida elektromagnit maydonining o'sha zahoti so'nmasligiga asoslangan. Bu usulda asinxron motorlarni tormozlash xali so'nmagani maydon energiyasi hisobiga va asinxron motoriga qo'shimcha kondensatrlar ulab ham amalga oshiriladi. Shuningdek, sanoatda ishlab chiqarilayotgan tiristorli ishga tushiruvchi va rostlovchi shurilmalar yordamida asinxron motorlarda magnitli va boshqa turdagi tormozlash rejimlarini joriy qilish mumkin.

4.9. Sinxron motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari

Sinxron motorning ulanish sxemasi, statik tavsiflari va ish rejimlari

Sinxron motorning statori aynan asinxron motorning uch fazali stator chulg'amiga o'hshab bajarilib, o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi. Sinxron motorning rotorida qo'zg'atish va «olmaxon qafasi» ko'rinishidagi qisqa tutashtirilgan ishga tushirish chulg'amlari joylashtirilgan. Konstruktiv jihatdan rotor **aniq qutbli** va **noaniq qutbli** ko'rinishda bajarilishi mumkin.

Qo'zg'atish chulg'amining manbai sifatida ko'pgina hollarda sinxron motor 1 valiga o'rnatilgan o'zgaruvchan tok generatori 2 ishlatiladi (uning quvvati sinxron motor quvvatining 0,3 ÷ 3% ini tashkil etadi) va qo'zg'atuvchi deb ataladi (5.36a – rasm).



4.36 – rasm. Sinxron motorning tarmoqqa ulanish sxemasi (a) va mexanik tavsiflari (b) 5.37 – rasm. Sinxron motorning burchak tavsifi

Motorning qo'zg'atish toki I_Q ni rostlash qo'zg'atuvchi generator 2 ning qo'zg'atish chulg'ami 4 ga ketma – ket ulangan qarshilik 3 ni o'zgartirish asosida amalga oshiriladi. Zamonaviy sinxron motor qo'zg'atish tizimlarida tiristorli boshqariluvchi to'g'irlagichlar (tiristorli qo'zg'atuvchi) keng qo'llaniladi.

Sinxron motorning aylantiruvchi momenti stator chulg'ami hosil qilgan aylanuvchi magnit maydoni va rotordagi qo'zg'atish chulg'ami yoki o'zgaruvchan magnit hosil qilgan magnit maydonlarning o'zaro ta'siri asosida yuzaga keladi. Rotor magnit maydoni tezligi $\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$ ga teng tezlik bilan aylangandagina bu magnit maydonlarning o'zaro ta'siri natijasida yo'nalishi bo'yicha doimiy bo'lgan aylantiruvchi moment hosil bo'ladi. Shunday qilib, sinxron motorning mexanik tavsifi $\omega(M)$ (5.36b – rasm) ordinata o'qidagi ω_0 ga teng bo'lgan nuqtadan o'tgan gorizontal chiziqdan iborat bo'ladi.

Momentning maksimal M_{max} qiymatidan so'ng sinxron motor sinxronizmdan chiqib ketadi, ya'ni rotorning magnit maydoni tezligi bilan sinxron aylanishi buziladi.

Bu M_{max} ni aniqlash uchun sinxron motorning burchak tavsifini quramiz (5.37 – rasm). Bu tavsif moment M ning tarmoq faza kuchlanishi U_f bilan stator EYuK i vektorlari orasidagi burchak θ ga bog'liqligini anglatadi.

Sinxron motorning momenti burchak θ ning sinusoidal funksiyasidir

$$M = \frac{3U_\phi E \sin \theta}{(\omega_0 x_1)} = M_{max} \sin \theta, \quad (5.18)$$

bu yerda: U_ϕ – tarmoqning faza kuchlanishi qiymati; Y_e – sinxron motor statorining EYuK; x_1 – sinxron motor stator chulg'ami fazasining induktiv qarshiligi; ω_0 – magnit maydonining aylanish tezligi.

$\theta = \frac{\pi}{2}$ qiymatida sinxron motorning momenti eng katta qiymatga erishadi va bu motorning maksimal yuklanish imkoniyatini belgilaydi.

$\theta > \frac{\pi}{2}$ bo'lganida sinxron motor sinxronizmdan chiqib ketadi, $\theta < \frac{\pi}{2}$ bo'lganida esa motor turg'un ish rejimida ishlaydi.

Odatda $\theta_H = (25-30^\circ)$ bo'lib, motorning nominal momenti M_N da ishlashini ta'minlaydi va maksimal momentning nominal qiymatiga nisbatan qiymati:

$$\lambda_M = \frac{M_{\max}}{M_H} = 2 \div 2,5.$$

Sinxron motor deyarli barcha energetik ish rejimlarida ishlaydi.

Sinxron motorni ishga tushirish

Rotori qo'zg'almay turgan sinxron motorning stator chulg'amini o'zgaruvchan tok tarmog'iga va qo'zg'atish chulg'amini o'zgarmas tok manbaiga ulanganida hosil bo'lgan ularning magnit maydonlari o'zaro yo'nalishlarining doimiy o'zgarib turishi natijasida aylantiruvchi moment ham yo'nalishini tinmay o'zgartirib turadi. Shu sababli ham sinxron motor tezligini sinxron tezlik ω_0 gacha yetkaza olmaydi va shuning uchun uni ishga tushirishda albatta qo'shimcha choralar ko'rish kerak bo'ladi.

Hozirda kam qo'llaniladigan variantlardan biri, sinxron motor valiga o'rnatilgan kichik quvvatli yordamchi motordan foydalanish. Kam yuklangan sinxron motor rotor shu motor yordamida sinxron tezlikkacha aylantiriladi va shundan so'ng sinxron motor tarmoq bilan sinxronizatsiya qilinadi. Sinxron motor validagi o'zgarmas tok generatori – qo'zg'atuvchi ishga tushirish vaqtida yordamchi motor vazifasini bajarishi mumkin.

Amaliyotda ko'p qo'llaniladigan usul sinxron motorni asinxron motordek ishga tushirish. Buning uchun sinxron motorning rotoriga qo'shimcha asinxron motor rotoridagi kabi qisqa tutashtirilgan chulg'am joylashtirilgan bo'lishi kerak. Sinxron motorni ishga tushirishda stator chulg'ami o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi, xuddi asinxron motorni ishga tushirgandek, tezlik sinxron tezlikka yetishiga bir necha foiz farqli bo'lganida qo'zg'atish chulg'ami o'zgarmas tok manbaiga ulanib, motor tarmoq bilan sinxronizatsiyaga tortiladi.

Quvvati bir necha yuz kilovatt bo'lgan sinxron motorlarni tokni cheklovchi qurilmalarsiz ishga tushirish mumkin emas. Ishga tushirish toki odatda nominalga nisbatan 4 – 5 marta katta bo'ladi. Kata quvvatli sinxron motorlarni ishga tushirish vaqtida stator chulg'amida ishga tushirish toki qiymatining oshib ketishini cheklash maqsadida reaktorlar va avtotransformatorlardan foydalaniladi.

Bundan tashqari sinxron motor chastota o'zgartkichdan ta'minlanayotgan bo'lsa, u holda chastotani rostlab uni ishga tushirish mumkin. Bunday ishga tushirish, maxsus vazifalovchi qurilma yordamida chastota o'zgarishining shunday tempi hosil qilinadiki, bunday tezlanishda rotorning aylanish tezligi magnit maydoni aylanishi tezligiga deyarli yetib oladi va sinxron motor tezlikning eng kichik qiymatlarida ham o'zgartkich bilan sinxron ishlaydi.

Sinxron motorlar tezligini rostlash va tormozlash

Sinxron motorlar to shu kunga qadar tezligi rostlanmaydigan katta quvvatli sanoat qurilmalarining elektr yuritmalarida qo'llanilar edi. Tiristorli chastota o'zgartkichlarning joriy etilishi natijasida sinxron motorlarning tezliklarini rostlash imkoniyatlari paydo bo'ldi. Bunday sinxron elektr yuritmalar xuddi chastota bo'yicha boshqariladigan asinxron elektr yuritmalar kabi xususiyatlarga ega bo'ladi.

Sinxron motorlarda eng ko'p qo'llaniladigan tormozlash rejimi bu **dinamik tormozlashdir**. Bu tormoz rejimida sinxron motorning stator chulg'ami tarmoqdan uzilib, qo'shimcha qarshilikka ulanadi (yoki faza chulg'amlari uchlari o'zaro qisqa tutashtiriladi), qo'zg'atish chulg'ami qo'shimcha qarshilik orqali o'zgarmas tok manbaiga ulanadi.

Sinxron motorlarda teskari ulab tormozlash rejimi deyarli qo'llanilmaydi, chunki bu rejimda tok va momentning keskin o'zgarishi yuzaga keladi va tok qiymatini cheklash uchun albatta murakkab sxemalarni qo'llash kerak bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

1. O'zgarmas tok motorlarining qanday turlarini bilasiz?
2. Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori (MQ O'TM) tarmoqqa asosiy ulanish sxemasini tushuntirib bering.
3. MQ O'TM li elektr yuritma tezligini rostlashning asosiy usullarini aytib bering.
4. MSQ O'TM ning qanday tormoz rejimlari mavjud?
5. Boshqariluvchi to'g'irlagichning ishlash asosini tushuntirib bering.
6. G – M tizimining afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
7. Ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motori (KQ O'TM) tarmoqqa ulanish sxemasini tushuntirib bering.

8. KQ O'TM ning universal tavsiflari qanday tavsiflar?
9. KQ O'TM li elektr yuritmalarning tezligini qanday usullar bilan rostdlash mumkin?
10. KQ O'TM ning qanday tormoz rejimlari mavjud?
11. Qanday turdagi asinxron motorlarni bilasiz?
12. Asinxron motor qanday energetik rejimlarda ishlashi mumkin?
13. Asinxron motorning sun'iy tavsiflari qanday usullar bilan olinadi?
14. Qarshiliklar yordamida asinxron motor koordinatalarini rostdlashning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
15. Stator chulg'amidagi kuchlanishni rostdlab asinxron motorni boshqarishning afzalliklari nimalardan iborat?
16. Asinxron motor stator kuchlanishi chastotasi va qiymatini birgalikda boshqarish nima uchun kerak?
17. Chastota o'zgartkichlarining qanday turlarini bilasiz?
18. Bilvosita chastota o'zgartkich qanday ishlaydi?
19. Belvosita chastota o'zgartkich qanday ishlaydi?
20. Avtonom tvertorlar haqida umumiy tushuncha bering.
21. Qanday qurilma hisobiga chastota bo'yicha tezligi boshqariladigan asinxron elektr yuritmalarda kuchlanish rostdlanadi?
22. Ko'p tezlikli asinxron motorlarda qutblar juftligi soni qanday o'zgartiriladi?
23. Asinxron motorlarda qanday tormoz ish rejimlari mavjud?
24. Asinxron motorni dinamik tormozlash qanday amalga oshiriladi?
25. Sinxron motorning afzalliklarini aytib bering.
26. Sinxron motorning burchak tavsifi nima?
27. Sinxron motorlar qanday usullar bilan ishga tushiriladi?
- 28.. Sinxron motor qanday tormozlanish rejimlarida ishlaydi?

5. ASINXRON MOTORLI ELEKTR YURITMALARNING ENERGIYA TEJAMKOR ISH REJIMLARI

5.1. Faza rotorli asinxron motorlarni sinxron ish rejimda ishlatish

Neft va gaz sanoati korxonalarida katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlar kompressor va nasoslarning elektr yuritmalarida keng qo'llaniladi. Bu asinxron motorlarning energetik ko'rsatkichlarini yaxshilash va ular iste'mol qilayotgan reaktiv energiyani kompensatsiya qilish elektr energiyani iqtisod qilishning asosiy masalalaridan biridir.

Asinxron motorlar iste'mol qilayotgan reaktiv energiya miqdorini kamaytirishning amalda **ikki usuli** qo'llaniladi: individual har bir asinxron motorning tarmoqqa ulangan joyida reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish va energetik va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan yangi rusumdagi motorlarni qo'llash. **Birinchi usul** bilan reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish, tarmoq elementlarini reaktiv quvvatdan halos etish nuqtai nazaridan qaraganda ancha samarali usul bo'lib, ammo 1000V gacha kuchlanishli tarmoqlarda qo'llaniladigan kompensatsion qurilmalarning narxi yuqori bo'lgani sababli ko'pincha iqtisodiy jihatdan bu usul o'zini oqlamaydi. **Ikkinchi usul**, zamonaviy asinxron motorlarni yaratish va joriy qilish bilan bog'liq bo'lgani uchun ham eng istiqbolli usuldir.

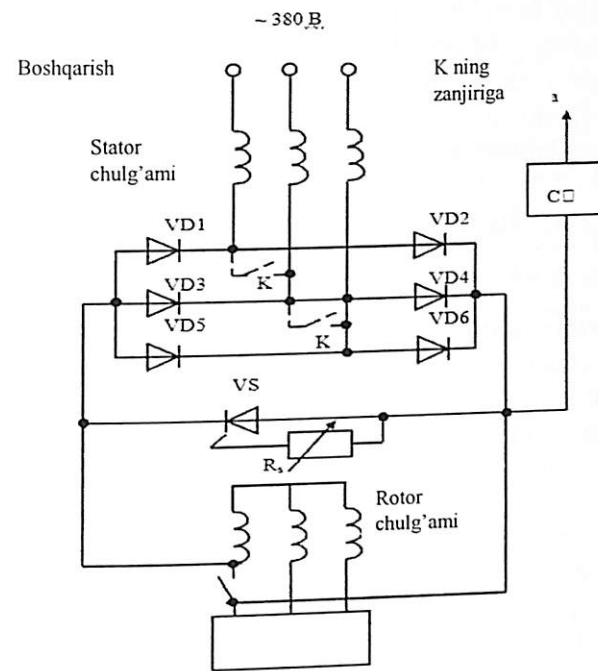
Faza rotorli asinxron motorlarning reaktiv quvvati iste'molini kamaytirishning, ya'ni ularning quvvat koeffitsientini oshirishning usullaridan biri ularni **sinxronlashtirishdir**. Yarim o'tkazgichli qurilmalari mavjud bo'lgan asinxron elektr yuritmalarda asinxron motorlarni sinxronlashtirish maqsadga muvofiqdir. Masalan, asinxron ventilli kaskad sxemalarida motorni sinxronlashtirish imkoniyati rotor zanjiridagi o'zgaras tok manbai mavjudligi sababli o'z-o'zidan kelib chiqadi.

Quyida ketma-ket qo'zg'aluvchan sinxronlashtirilgan asinxron motorning qo'llanilishi bo'yicha texnik-iqtisodiy imkoniyatlarini ko'rib chiqamiz. Sinxronlashtirilgan asinxron motorning prinsipial elektr sxemasi 6.1-rasmda keltirilgan va quyidagi belgilashlar qo'llanilgan: SQ - sinxronlash qurilmasi; IQ - ishga tushirish qurilmasi; S va R - motorning stator va rotor chulg'amlari. Asinxron motorni sinxronlashtirish stator va rotor chulg'amlarining VD1 - VD6 uch fazali ko'priki sxemali to'g'irlagich orqali elektrik bog'lanishi yordamida amalga oshiriladi. Bu

elektrik bog'lanish qo'zg'atish tokining qiymatini motorning real yuklanishiga qarab avtomatik boshqarish imkonini beradi. Bu holda stator chulg'aming to'g'irlangan ishchi toki qo'zg'atish toki vazifasini o'taydi.

Motorni ishga tushirish odatdagidek rotor zanjiridagi kommutatsiya apparati K ning yopiq holatida amalga oshiriladi. Katta quvvatli motorlarni ishga tushirishda K kontaktlar (6.1-rasmda punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan) ventillarni ishdan chiqishidan saqlash maqsadida to'g'irlagichni shuntlaydi. Kontakt K yopiq bo'lganida motor asinxron rejimida ishlaydi. Bu holda uch fazali ko'priks sxema qisqa tutashuv rejimida ishlagani sababli stator chulg'amidan stator chulg'amlarini «yulduzcha» ulanishidagi tok o'tadi. Kontakt K ochiq holatda bo'lganida rotor chulg'amidan to'g'irlangan stator toki o'tadi va motor sinxron motor rejimida ishlaydi. To'g'irlagichning kirish qismiga katta qiymatli stator chulg'aming induktiv qarshiligi ulangan bo'lgani uchun, rotorning aktiv qarshiligi juda kichik ekanligi hisobiga, motorning sinxron rejimida uchta ventillardan iborat ventilli guruhlar navbat bilan ishlaydi (kommutatsiya burchagi $\gamma = \pi/3$) va ventillardan o'tayotgan toklarning o'tish vaqti 180 el.grad.ni tashkil etadi. Shunday qilib, rotor chulg'aming stator chulg'amiga to'g'irlagich orqali ketma-ket ulanganligi sababli stator chulg'ami fazalaridan toklarning o'tish vaqtiga deyarli ta'sir qilmaydi. Motorning sinxronlashtirilishi motorning quvvati va yuklanishning tavsifiga qarab sinxronlashtirish qurilmasi (SQ) orqali yoki usiz amalga oshiriladi.

Yuklanish nominal qiymatiga yetganida yoki motor sinxronizmdan chiqib ketganida rotor chulg'amida e.yu.k. qiymati oshib ketadi, natijada tiristor V_s bir paytda to'g'irlagichni hamda rotor chulg'amin shuntlaydi va natijada motor avtomatik ravishda asinxron motor ish rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Motorning optimal ko'rsatkichlarida maksimal momentning nominal momentga nisbatini 2 – 2,5 gacha yetkazish mumkin. Odatda, quvvati 30 kVt va undan katta quvvatli deyarli barcha faza rotorli asinxron motorlar bunday ko'rsatkichlarga egadir.



5.1 – rasm. Faza rotorli asinxron motorni sinxron ish rejimiga o'tkazib ishlatishning prinsipial elektr sxemasi

Tavsiflar tahlilini umumlashtiradigan bo'lsak, faza rotorli asinxron motorlarni sinxron rejimiga o'tkazish, ularning energetik ko'rsatkichlarini sezilarli darajada oshishini ta'minlaydi, masalan quvvati 80 kVt gacha bo'lgan asinxron motorlarning FIK 2,5% gacha va undan katta quvvatlilarniki esa 1,5% gacha oshadi; o'rta hisobda quvvat koeffitsienti 30% gacha ko'tariladi va yuklanish nominalga teng bo'lganida esa xatto 1,0 gacha ko'tarilishi mumkin.

Shunday qilib, neft va gaz sanoat korxonalarida ishlab chiqarish mashina va mexanizmlarning elektr yuritmalarida faza rotorli asinxron motorlarining ish rejimlarini sinxron ish rejimiga o'tkazish, reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish hisobiga elektr energiyani iqtisod qilishga hamda elektr ta'minoti tarmoqlari elementlarida aktiv quvvat isroflarini kamayishiga ham olib keladi.

Quvvati cheklangan elektr energiya manbalaridan ta'minlanadigan faza rotorli asinxron motorlarning ish rejimlarini sinxronlashtirish elektr energiyadan samarali foydalanish imkonini beradi. Ayniqsa, avtonom

elektr energiya manbalaridan ta'minlanadigan neft va gaz quduqlarini qazishda keng ishlatiladigan burg'aloqchi qurilmalari elektr yuritmalarining katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlari ish rejimlarini sinxronlashtirish elektr energiya iste'molidan qilinadigan foyda juda sezilarli bo'ladi.

5.2. Rostlanmaydigan asinxron motorlarning energiya tejamlorligi.

Asinxron motorlarni minimum reaktiv quvvat iste'moli rejimida ishlashini ta'minlovchi avtomatik boshqarish tizimi ma'lumki nasos qurilmalari elektr yuritmalarining asinxron motorlari butun ish rejimi davomida valida nominal yuklanish bilan ishlamaydi. Ularning real yuklanganlik darajasi yuklanishning nominal qiymatiga nisbatan $0,3 \div 1,0$ oraliqda o'zgaradi. Yuklanish momentining nominal qiymatidan kam bo'lishi, motorning tarmoqdan iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatining oshishiga olib keladi va natijada motorning quvvat koeffitsienti pasayadi. Asinxron motor reaktiv quvvati Q ni motor validagi yuklanish momenti bilan o'zaro bog'lab, minimal qiymatiga keltirib avtomatik boshqarish asinxron elektr yuritmalarda energiya tejamlorlikka erishishning asosiy yo'nalishlaridan biridir.

Asinxron motor ishlash vaqtida stator chulg'ami kuchlanish chastotasi $f=50\text{Gs}=\text{const}$ ekanligini va yuklanish momenti yoki quvvati nominal qiymatidan kichik ekanligini hisobga oladigan bo'lsak, u holda motor magnit tizimining to'yinmagan rejimida ishlayotgan bo'ladi va motor magnitlanish tavsifining to'g'ri chiziqli qismida ishlaydi. Shunda stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanish U_1 bilan magnit oqimi o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni chiziqli deb qarash mumkin bo'ladi va ularning nisbiy qiymatlarini o'zaro teng deb olinadi

$$\phi = \gamma, \quad (6.1)$$

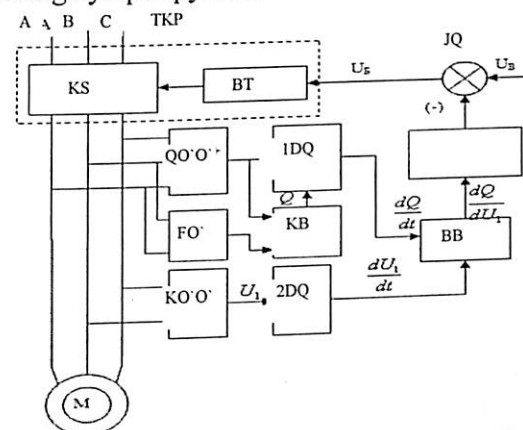
bu yerda, $\phi = F/F_n$ – magnit oqimining nisbiy qiymati, $\gamma = U_1/U_{1H}$ – stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning nisbiy qiymati.

(6.1) tenglamani hisobga olgan holda yuklanishning real qiymatiga qarab, motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatni magnit oqimini o'zgartirib amalga oshirish bilvosita, ya'ni stator kuchlanishi vositasida bajariladi va uning qiymati quyidagi diferensial tenglama orqali aniqlanadi

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_H}\right)}{d\gamma} = 0, \quad (6.2)$$

bu yerda Q/Q_n – reaktiv quvvatning nisbiy qiymati.

6.2 – rasmda tasvirlangan asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi yuklanishning barcha real qiymatlarida motor iste'mol qilayotgan reaktiv quvvat miqdorini minimal qiymatida bo'lishini (7.2) tenglama asosida amalga oshiradi va motor energetik ko'rsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda bo'lishini ta'minlaydi.



5.2 – rasm. Reaktiv quvvat iste'moli minimum bo'lgan rejimda ishlaydigan asinxron motorli ekstremal avtomatik boshqarish tizimining blok sxemasi

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat: asinxron motor M , tiristorli o'zgaruvchan tok kuchlanishi rostlagichi TKR kuch sxemasi KS orqali o'zgaruvchan tok kuchlanishi rostlagichi TKR ning boshqaruv tizimi BT uch fazali elektr tarmog'iga ulangan, TKR ning boshqaruv tizimi BT uch fazali elektr tarmog'iga ulangan, JQ ning birinchi kirish jamlovchi qurilma JQ chiqish qismiga ulangan, JQ ning ikkinchi kirish qismiga esa vazifalovchi signal U_v beriladi, JQ ning ikkinchi kirish qismiga esa esda saqlovchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, quvvat o'lchov o'zgartirgichi $QO'O'$ ning kirish qismi asinxron motor M ning stator chulg'amiga ulangan va shu kirish qismga funksional o'zgartirgich FO' ning kirish qismi ulangan, FO' ning chiqish qismi esa o'zgartirgich KB ning ikkinchi kirish qismiga ulangan, $QO'O'$ ning chiqish qismi ko'paytirish bloki KB ning ikkinchi kirish qismiga

ulangan, KB ning chiqish qismi esa birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulangan bo'lsa chiqish qismi esa bo'luvchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan va KO'O' ning kirish qismi esa asinxron motor M ning liniya kuchlanishiga ulangan.

Asinxron motor energetik ko'rsatkichlarining optimal qiymatlarida bo'lishi, motor validagi yuklanishning qiymatiga mos ravishda stator chulg'amidagi kuchlanishni rostlash natijasida, motorning reaktiv quvvat iste'molini minimal qiymatga keltirish asosida amalga oshiriladi. Bu avtomatik boshqarish tizimida motor validagi yuklanishning qiymati bilvosita aktiv quvvat bo'yicha hisoblanadi.

Oxirgi qayd qilingan yuklanish uchun stator chulg'ami kuchlanishi xali o'zgartirilmagan holda $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$ bo'ladi va bu signal ESQ da

saqlanadi, xuddi shu signal JQ ga yuboriladi va $U_E = U_B - \frac{dQ}{dU_1}$ boshqaruv

signalini tashkil etuvchisi bo'ladi. Yangi boshqaruv signali ta'sirida TKO' ning KS ining chiqish qismida kuchlanishning qiymati o'zgaradi. Stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning optimal qiymati asinxron motorni berilgan yuklanishda minimal reaktiv quvvat iste'moli rejimida ishlashini ta'minlaydi. Yuklanish qiymatining to yangi qiymatiga o'zgargunga qadar $\frac{dQ}{dU_1}$ signal ESQ da saqlanib turadi va

yuklanish qiymati o'zgarganida hosil bo'ladigan keyingi tengsizlik $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$ qiymati ESQ ga saqlash uchun yuboriladi. Asinxron motorning yangi yuklanish qiymati uchun minimal reaktiv quvvat iste'moli rejimi joriy qilinadi.

Asinxron motorlarni minimum quvvat isrofi rejimida ishlashini ta'minlovchi ekstremal avtomatik boshqarish tizimi ventilyator, kondensiyer, nasos va kompressorlar kabi umumsanoat mexanizmlarining asinxron elektr yuritmalari energetik ko'rsatkichlarini real yuklanish qiymatiga qarab rostlash elektr energiyadan unumli foydalanishga olib keladi.

Asinxron motor stator chulg'ami kuchlanishi bilan magnit oqimi orasidagi chiziqli bog'lanish (6.1) ni hisobga olgan holda yuklanishning

$\mu_c = 0,3 - 1,0$ qiymatlarida asinxron motorning minimum quvvat ish rejimida ishlashi quyidagi differensial tenglamani nolga tenglab amalga oshiriladi.

$$\frac{d \sum \Delta p}{dy} = 0, \quad (6.3)$$

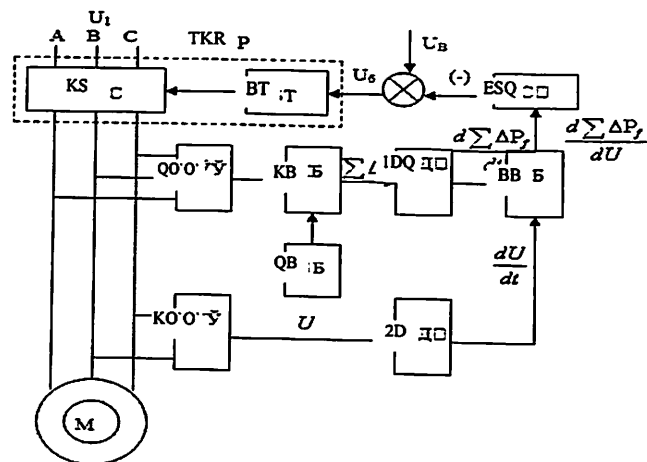
bu yerda,

$$\sum \Delta p = \frac{\sum \Delta P}{\sum \Delta P_H} - \text{asinxron motorning nisbiy umumiy quvvat}$$

yo'qotilishi.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi (6.3 – rasm) motordagi quvvat isrofining minimal qiymatida bo'lishini (6.3) tenglama bo'yicha boshqarish asosida amalga oshiradi va yuklanishning barcha real qiymatlarida motorning energetik ko'rsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda bo'lishini ta'minlaydi.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat: asinxron motor M, tiristorli o'zgaruvchan tok kuchlanishi rostlagichi TKR kuch sxemasi KS orqali uch fazali elektr tarmog'iga ulangan, TKR ning boshqaruv tizimi BT jamlovchi qurilma JQ chiqish qismiga ulangan, JQ ning birinchi kirish qismiga esa vazifalovchi signal U_V beriladi, JQ ning ikkinchi kirish qismiga esa esda saqlovchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, quvvat o'lchov o'zgartkichi QO'O' ning kirish qismi asinxron motor M ning stator chulg'amiga ulangan, chiqish qismi esa ko'paytirish bloki KB ning birinchi kirish qismiga ulangan, ikkinchi kirish qismi esa hisoblovchi blok HB ning chiqish qismiga ulangan, KB ning chiqish qismi birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulangan bo'lsa chiqish qismi esa bo'luvchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan va KO'O' ning kirish qismi esa asinxron motor M ning liniya kuchlanishiga ulangan.



5.3 – rasm. Quvvat isrofi minimum bo‘lgan rejimda ishlaydigan asinxron motorli ekstremal avtomatik boshqarish tizimining blok sxemasi.

Asinxron motor energetik ko‘rsatkichlarining optimal qiymatlarida bo‘lishi, motor validagi yuklanishning qiymatiga mos ravishda stator chulg‘amidagi kuchlanishni rostdash natijasida, motordagi quvvat isrofini minimal qiymatga keltirish asosida amalga oshiriladi. Bu avtomatik boshqarish tizimida motor validagi yuklanishning qiymati bilvosita aktiv quvvat bo‘yicha hisoblanadi.

Asinxron motor ishlab turgan paytda quvvat va kuchlanish o‘lchov o‘zgartkichlari QO‘O‘ va KO‘O‘ chiqish qismlarida doimiy signal mavjud bo‘ladi. KO‘O‘ dan chiqayotgan liniya kuchlanishi signali 2DQ da vaqt bo‘yicha differensiallanib BB ning ikkinchi kirish qismiga yuboriladi. Hisoblash bloki HB da $(1 - \eta_H)$ amali bajarilib KB ning ikkinchi kirish qismiga uzatiladi va u yerda QO‘O‘ ning chiqish qismidan KB ning birinchi kirish qismiga yuborilgan R_2 ga proporsional signal bilan ko‘paytmasi $\sum \Delta P = P_2(1 - \eta_H)$ motorning umumiy quvvat isrofini beradi. $\sum \Delta P$ signal 1DQ da vaqt bo‘yicha differensiallanib BB

ning birinchi kirish qismiga yuboriladi. BB da $\frac{d\sum \Delta P}{dt} : \frac{dU_1}{dt}$ amali bajariladi va natijada chiqish qismida vaqtga bog‘liq bo‘lmagan $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1}$ signal hosil bo‘ladi. Yuklanishning nominal qiymatidan katta yoki kichikligiga qarab, bu signalning ishorasi «-» yoki «+» va qiymati ham

monand ravishda har xil bo‘ladi. $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1} = 0$ shartining bajarilishi asinxron motorning qayd qilingan yuklanish qiymatida minimal quvvat isrofida ishlashini ta‘minlaydi.

Oxirgi qayd qilingan yuklanish uchun stator chulg‘ami kuchlanishi xali o‘zgartirilmagan holda $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1} \neq 0$ bo‘ladi va bu signal ESQ da

saqlanadi, xuddi shu signal JQ ga yuboriladi va $U_s = U_b - \frac{d\sum \Delta P}{dU_1}$

boshqaruv signalini tashkil etuvchisi bo‘ladi. Yangi boshqaruv signali ta‘sirida TKO‘ ning KS ining chiqish qismida kuchlanishning qiymati o‘zgaradi. Stator chulg‘amiga berilayotgan kuchlanishning optimal qiymati asinxron motorni berilgan yuklanishda minimal quvvat isrofi rejimida ishlashini ta‘minlaydi. Yuklanish qiymatining to yangi qiymatiga o‘tgunga qadar $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1}$ signal ESQ da saqlanib turadi va

yuklanish qiymati o‘zgarganida hosil bo‘ladigan keyingi tengsizlik $\frac{d\sum \Delta P}{dU_1} \neq 0$ qiymati ESQ ga saqlash uchun yuboriladi. Asinxron motorning yangi yuklanish qiymati uchun minimal quvvat isrofi rejimi joriy qilinadi.

Asinxron motorlarni minimum stator toki rejimida ishlashini ta‘minlovchi ekstremal avtomatik boshqarish tizimi asinxron motor stator chulg‘ami kuchlanishi bilan magnit oqimi orasidagi chiziqli bog‘lanish (6.1) ni hisobga olgan holda yuklanishning $\mu_c = 0,3 - 1,0$ qiymatlarida asinxron motorning minimum stator toki ish rejimida ishlashi quyidagi differensial tenglamani nolga tenglab amalga oshiriladi

$$\frac{d\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)}{d\gamma} = 0, \quad (6.4)$$

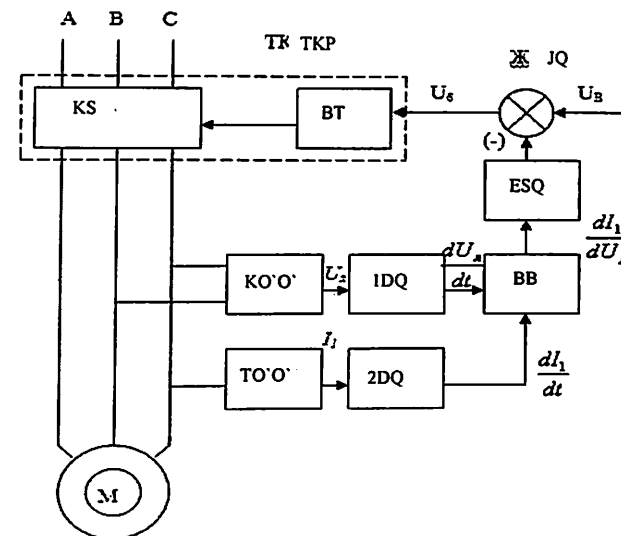
bu yerda, $\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)$ – asinxron motor stator tokining nominal qiymatiga nisbatan qiymati.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi (6.4 – rasm) motordagi quvvat isrofining minimal qiymatida bo‘lishini (6.4) tenglama bo‘yicha boshqarish asosida amalga oshiradi va yuklanishning

barcha real qiymatlarida motorning energetik ko'rsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda bo'lishini ta'minlaydi.

Ekstremal avtomatik asinxron elektr yuritma tizimining tarkibiy tuzilishi: asinxron motor M va uning stator chulg'amiga tiristorli kuchlanish rostlagich TKR ning kuch sxemasi KS ulangan, TKR ning boshqarish tizimi BT jamlovchi qurilma JQ ning chiqish qismiga ulangan. JQ ning birinchi kirish qismiga vazifalovchi signal U_v beriladi, kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning kirish qismi stator chulg'amiga berilayotgan liniya kuchlanishiga ulanadi, KO'O' ning chiqish qismi esa birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulanadi, 1DQ ning chiqish qismi esa bo'luvchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulanadi, 1DQ ning chiqish qismi esa esda saqlovchi qurilma ESQ ning kirish qismiga ulanadi, ESQ ning chiqish qismi esa JQ ning ikkinchi kirish qismiga ulanadi, tok o'lchov o'zgartkichi TO'O' ning kirish qismi stator chulg'ami fazasiga ulangan, chiqish qismi esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 2DQ ning kirish qismiga ulangan, 2DQ ning chiqish qismi esa BB ning ikkinchi kirish qismiga ulangan.

Asinxron elektr yuritma energetik ko'rsatkichlarining nominal qiymatlariga yaqin bo'lgan qiymatlarda ishlashi, motor valida yuklanishning qiymatiga qarab kuchlanishni rostlash natijasida stator tokining eng kichik qiymatiga erishish asosida amalga oshiriladi. O'lchov o'zgartkichlari sifatida kuchlanish va tok transformatorlaridan foydalanish mumkin. Elektr yuritma ishlayotganida KO'O' va TO'O' larning chiqish qismlarida liniya kuchlanishi va faza tokilarining o'zgartirilgan va vaqt bo'yicha uzluksiz bo'lgan signallar hosil qilinadi va bu signallarni 1DQ va 2DQ differensiallovchi qurilmalarda vaqt bo'yicha differensiallangan qiymatlarini BB ning mos kirish qismlariga yuboriladi.



5.4 – rasm. Stator tokining eng kichik qiymatida ishlaydigan ekstremal avtomatik boshqariladigan asinxron elektr yuritmaning blok sxemasi

BB da bu signallarni bo'lish amali bajariladi: $\frac{dI_1}{dt} : \frac{dU_s}{dt} = \frac{dI_1}{dU_s} \neq 0$ va

bu signal ESQ ga eslab qolish uchun yuboriladi. ESQ da bu signal oldingi eslab qolingani xuddi shuningdek signal bilan solishtiriladi, agar o'zaro farqlansa, u holda JQ ga yuboriladi va bu signal U_b – boshqaruv signalini shakllantirishda ishtirok etadi ya'ni $U_b = U_v - \frac{dI_1}{dU_a}$ BT ning kirish qismiga yuboriladi va natijada TKO' ning KS chiqish qismida kuchlanish qiymati o'zgaradi.

KO'O' va TO'O' larning chiqish qismlarida yangi liniya kuchlanishi va yangi faza toki qiymatlariga mos signallar hosil bo'ladi. Bu signallarning differensiallanishi va bo'lish amallari bajarilishi quyidagicha qilingan yuklanish uchun $\frac{dI_1}{dU_n} = 0$ shartini bajarishga olib keladi. Asinxron motor energetik ko'rsatkichlarining nominal qiymatga yaqin qiymatda ishlay boshlaydi. ESQ da saqlangan $\frac{dI_1}{dU_n} \neq 0$ qiymat manfiy teskari bog'lanish signali sifatida to motor valida yuklanish o'zgarguncha ishtirok etadi.

Motor validagi yuklanish o'zgarganida ushbu sikl qaytadan takrorlanib, yuklanishning yangi qiymati uchun energetik ko'rsatkichlarining optimal qiymatda bo'lishi ta'minlanadi.

5.3. Rostlanadigan asinxron motorlarning energiya tejamligi

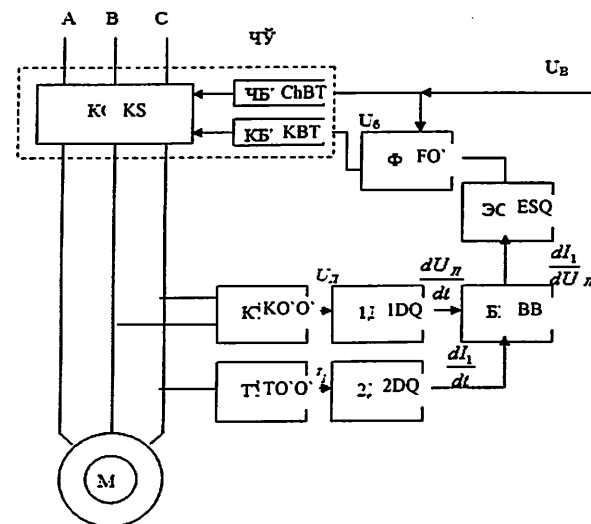
Tezligi rostlanmaydigan asinxron motorlarni energiya tejamkor ish rejimlarini chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron motorlar uchun ham qo'llash mumkin. Agar tezligi rostlanmaydigan asinxron elektr yuritmalarda kuch o'zgartkichi sifatida yarim o'tkazgichli kuchlanish rostlagichlar qo'llaniladigan bo'lsa, chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron elektr yuritmalar uchun esa yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar qo'llaniladi va chastotaning qiymati mustaqil ravishda rostlanadi.

Misol tariqasida amalga oshirish eng oson bo'lgan chastotani o'zgartirib tengligi rostlanadigan asinxron motorning minimum stator toki ish rejimini amalga oshiruvchi avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritma sxemasini ko'rib chiqamiz (6.4 – rasm).

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning tarkibiy tuzilishi: asinxron motor M va uning stator chulg'amiga bilvosita tiristorli chastota o'zgartkich ChO' ning kuch sxemasi KS ulangan, ChO' ning chastotani boshqarish tizimi ChBT ga to'g'ridan tug'ri vazifalovchi qurilmadan berilayotgan vazifalovchi signal U_v ulangan, kuchlanishni boshqarish tizimi KBT ga funksional o'zgartkich FO' ning birinchi kirish qismi orqali U_v signal beriladi, ikkinchi kirish qismiga esda saqlab qoluvchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, ESQ ning kirish qismiga bo'lish bloking chiqish qismi ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan, KO'O' ning kirish qismi esa stator chulg'amiga berilayotgan liniya kuchlanishiga ulangan, BB ning birinchi kirish qismi ikkinchi differensiallovchi qurilma 2DQ ning chiqish qismiga ulangan, 2DQ ning kirish qismi esa tok o'lchov o'zgartkichi TO'O' ning chiqish qismiga ulangan, TO'O' ning kirish qismi esa stator toki zanjiriga ulangan.

Asinxron elektr yuritma quyidagi tarzda ishlaydi. Vazifalovchi signal U_v ChBT ga boshqaruv chastotaga mos signalni uzatadi va bu signal bir paytda $1FO'$ ga ham berilib yuklanish momenti xarakteriga

mos ravishda $\gamma = \alpha$ ifoda bo'yicha rostdlab KBT ga uzatiladi. ChO' ning kuch sxemasi KS ning chiqish qismidan asinxron motor M ning stator chulg'amiga motor validagi yuklanish momentiga mos chastotali kuchlanish beriladi. Motor validagi yuklanish nominal qiymatda bo'lsa, ya'ni $\mu_c = 1,0$ bo'lganida, u holda ESQ ning chiqish qismidagi signal $\frac{dI_1}{dt} = 0$ bo'ladi.



5.5 – rasm. Stator tokining eng kichik qiymatida ishlaydigan chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritmaning blok sxemasi

Yuklanish momenti $\mu_c < 1,0$ bo'lsa, u holda TO'O' da stator tokiga mos ekvivalent signal hosil qilinadi. Bu signal 2DQ ning kirish qismiga yuboriladi va u yerda vaqt bo'yicha differensiallanib $\frac{dI_1}{dt}$ BB ning birinchi kirish qismiga yuboriladi va shuningdek BB ning ikkinchi kirish qismiga KO'O' dan olingan kuchlanish 2DQ da vaqt bo'yicha differensiallangan $\frac{dU_n}{dt}$ signal beriladi. BB da bo'lish amali bajarilib vaqt bo'yicha bog'lanmagan $\frac{dI_1}{dU_n}$ signal hosil qilinadi. $\frac{dI_1}{dU_n} = 0$ shartining bajarilishi asinxron motorning minimal stator toki rejimida ishlashini ta'minlaydi.

Bu shartning bajarilmasligi $\frac{dI_1}{dU_n}$ ning ma'lum qiymatga ega bulishiga olib keladi va bu signal ESQ orqali FO' ning ikkinchi kirish qismiga uzatiladi. Bu yerda real yuklanish momenti va chastotani hisobga olgan holda motorning minimal stator toki rejimida ishlashini ta'minlovchi boshqaruv kuchlanishini yuzaga keltirishda ishtirok etadi $U_E = U_B \mp \frac{dI_1}{dU_n}$

Signal $\frac{dI_1}{dU_n}$ ESQ da keyingi yuklanish momenti va shuningdek chastota qiymatining o'zgarishiga qadar saqlanib turiladi.

Bu avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritma blok sxemasidagi qurilmalari va bloklarini yagona mikroprssessorli tizimga biriktirish elektr yuritmaning funksional imkoniyatlarini va tezkorligini oshirishi bilan birga konstruktiv ihsamlikka ham olib keladi.

III BOB. KORHONALARNING ELEKTR TA'MINOTI ASOSLARI

6.1. Elektr energiya bilan ta'minlash

Ishlarining olib borishda elektr energiya bilan uzluksiz ta'minlanishi ish sifatni yuqori bo'lishiga olib keladi.

Ishlab chiqarish va Qurilish maydonchalarini elektr energiya bilan ta'minlanishi, yuqori kuchlanishli energetika tizimi tarmoqlaridan, turli vazirliklar ta'safurida bo'lgan elektr stansiyalardan va shuningdek xususiy elektr energiya manbalari tomonidan olib borilishi mumkin.

Qurilish maydonchasining energiya tizimi bilan tashqi elektr ta'minoti sxemalari bo'yicha bog'lanishlari maydonchani quyidai quvvat ko'rsatkichlari, texnik imkoniyatlari va holatlari asosida quriladi:

qurilish olib borilayotgan xududda yuqori kuchlanishli elektr tarmog'i mavjudligi;

qurilish maydonchasidagi elektr energiya iste'molchilari quvvatlarining katta yoki kichikligi; Masalan, qurilish maydonchasiga uzatiladigan quvvat 2000 kVt gacha bo'lganida mavjud bo'lgan 6 kV li yuqori kuchlanishli elektr tarmog'idan tortib kelinadigan elektr liniyalar uzunligi 5 – 10 km dan oshmasligi kerak. Shuningdek, uzatiladigan quvvat 3000 kVt gacha bo'lganida mavjud bo'lgan 6 kV li yuqori kuchlanishli elektr tarmog'idan tortib kelinadigan elektr liniyalar uzunligi 8 – 15 km oralig'ida bo'lishi kerak;

qurilish maydonchasini elektr energiya bilan ta'minlash uchun uzatilayotgan elektr energiyaning uzatilish muddati;

elektr iste'molchilarning elektr energiya bilan ishonchligi.

Ma'lumki elektr qurilmalarni uskunalash qoidalari (EQUQ) bo'yicha alohida toifadagi elektr iste'molchilar uchta mustaqil ta'minlanish manbaiga ega bulishlari kerak. Bu toifaga yong'in yoki portlashlar sodir bo'lganida ham texnologik jarayonning to'xtalishi mumkin bo'lmagan iste'molchilar kiradi.

Birinchi toifadagi iste'molchilar ikki mustaqil ta'minlanish manbaiga ega bo'lishi kerak. Bu iste'molchilarda elektr ta'minotining ma'lum vaqtga uzilishi (bir ta'minot manbaidan ikkinchisiga o'tish vakti bilan belgilanadi), insonlarni o'lim holatiga olib kelishi yoki katta imqdorda moddiy talofatlarga olib kelishi mumkin. Bu toifadagi iste'molchilarga suv satxini pasaytirishga xizmat qiluvchi nasos

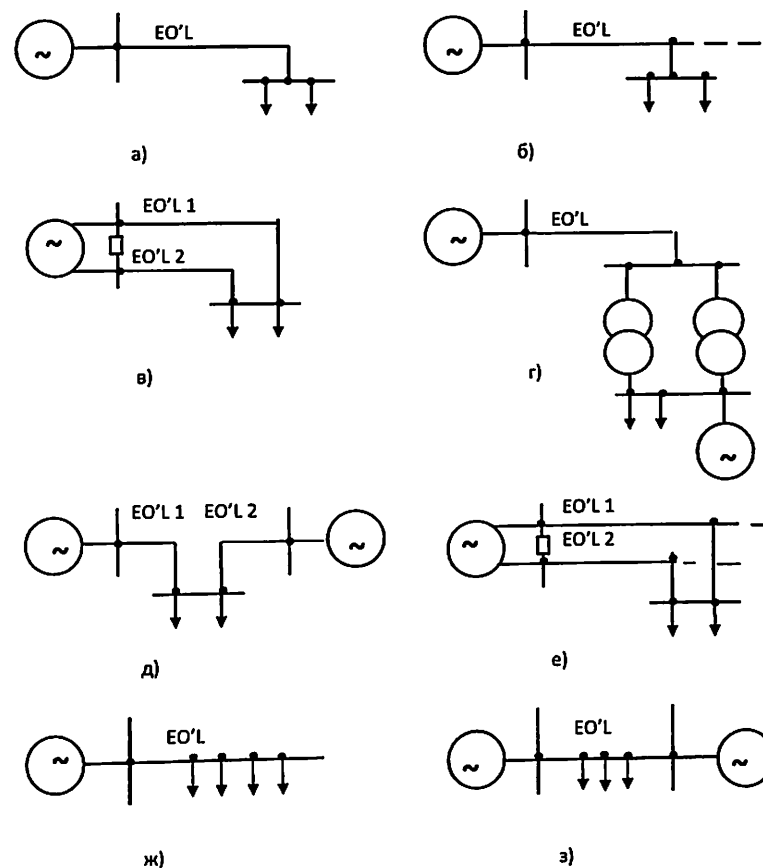
qurilmalar, yer ostida qurilish ishlari olib borilayotgan joylardagi ventilyatsiya tizimlari va h.k.

Ikkinchi toifadagi iste'molchilar bir yoki ikki mustaqil ta'minlanish manbaiga ega bo'lishi mumkin. Bu toifadagi iste'molchilarda elektr energiya uzatilishining ma'lum muddatga to'xtatilishi ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sezilarli kamayishiga, odamlar va mexanizmlarning turib qolishiga olib keladi. Bunday mexanizmlarga ekskavatorlar, gidromexanizatsiya vositalari, yuk ko'tarish va transport qurilmalari, beton aralashtirgichlar, bir qator kompressorlar, ventilyatorlar, nasoslar, energiya o'zgartkichlari va elektr payvandlash qurilmalari, elektr betonqizdirgichlarlar kabi qurilma va mexanizmlar kiradi.

Uchinchi toifadagi iste'molchilarning ishlashi jarayonida elektr energiyaning ma'lum muddatga, ya'ni bir sutkadadan ko'p bo'lmagan vaqtga o'chirilishiga ruxsat etiladi. Bunday elektr iste'molchilari (elektrlashtirilgan qo'l asboblarning asosiy qismi, qurilishning kommunal-maishiy ob'ektlari qurilmalari va h.k) odatda bitta ta'minlanish manbaiga ega bo'ladilar.

Agar maydochada alohida va birinchi toifalarga kiruvchi iste'molchilar bo'lmasa, quvvati va yuqori kuchlanishli liniyalardan uzoqlikda joylanganlari qoniqtirsa, u holda maydonchani yoki iste'molchilarni elektr energiya bilan ta'minlash quyidagi bir liniyalik sxemasi asosida amalga oshirilishi mumkin (7.1a – rasm).

Agar maydoncha yaqinidan yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasi o'tgan bo'lsa va uning ko'ndalang kesimi yuzasi qo'shimcha yuklanish ulash mumkin bo'lsa, hamda ta'minot manbai generatori quvvat bo'yicha yetarli zahiraga ega bo'lsa, u holda 7.1b – rasmdagi ta'minlash sxemasidan foydalanish mumkin.

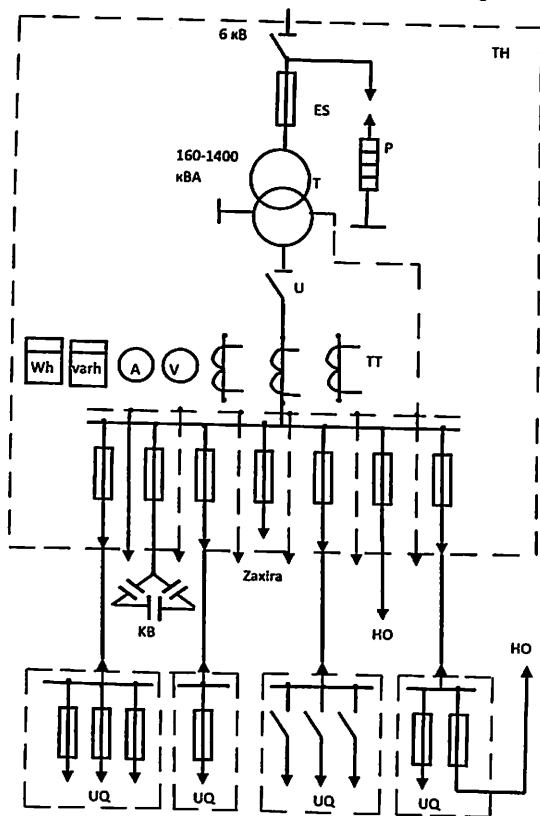


6.1 – rasm. Ob'ekt maydonchasining tashqi elektr ta'minoti sxemalari

Ob'ektlarda katta miqdorda birinchi toifadagi iste'molchilar bo'lganida tashqi elektr ta'minoti sxemasi taqsimlovchi qurilma seksiyalariga ulangan ikki parallel liniyalik tashqi elektr ta'minot sxemasidan foydalaniladi (7.1v – rasm). Agar birinchi toifadagi iste'molchilarning quvvati uncha katta bo'lmasa, u holda tashqi ta'minot liniyalarining biridan beriladigan elektr energiya, ob'ektning xususiy elektr stansiyasidan ta'minot yuborilsa ham bo'ladi (7.1g – rasm). Bu sxema va shuningdek ikki nim stansiyali ta'minlash sxemasi (7.1d – rasm) ob'ektni ishonchli elektr energiya bilan ta'minlaydi.

Agar maydoncha yaqinidan energiya tizimining ikkita elektr energiya o'tkazish liniyasi (EO'L) o'tgan bo'lsa, u holda shu liniyalarga ulanish natijasida maydonchani elektr energiya bilan ta'minlash sxemalari ham qo'llaniladi (7.1e – rasm).

Kanallarni qazish, tunnellarda, shaxtalarda va karerlardagi uzoq masofaga cho'zilgan ishlarini olib borishda 7.1j, z – rasmlarda keltirilgan sxemalar bo'yicha elektr energiya bilan ta'minlanishi bilan qatorda uni maydoncha ichida taqsimlash ham amalga oshiriladi.



6.2 – rasm. Bir transformatorli nim stansiya (TNS) ning bir chiziqli sxemasi:

T – transformator, YuKA – yuqori kuchlanishli ajratkich, ES – eruvchi saqlagich, R – razryadlagich, U – uzgich, KB – kondensatorlar batareyasi, TT – tok transformatorlari, Wh – aktiv energiya o'lchagichi, varh – vattmetr, A – ampermetr, V – voltmetr, UQ – iste'molchilarga ulanish qurilmalari,

Tashqi elektr energiya bilan ta'minlovchi tarmoqlar bilan ichki elektr ta'minotini o'zaro bog'lovchi bo'g'in bu bosh kuchlanishni pasaytiruvchi (taqsimlovchi) nim stansiya BPN (BTN) dir. Elektr energiya BPN dan qurilish maydonchasining transformatorli nim stansiyasi (TN)ga beriladi.

TN ning kirish qismiga yuqori kuchlanishli uzgich YuKU va yuqori kuchlanishli eruvchan saqlagich S o'rnatilgan bo'lib, ular orqali transformator T ning yuqori kuchlanishli «yulduzcha» yoki boshka usulda ulangan uch fazali chulg'ami 6 kV kuchlanishli EO'L ga ulanadi (7.2 – rasm). Transformatoridan yuklanishni o'chirish, transformator T ning ikkilamchi chulg'amidagi uzgich U ni o'chirish bilan amalga oshiriladi. Bu chulg'amning neytrali zaminlangan bo'ladi. EO'L larning oxirgi tayanchlarida o'rnatilgan razryadlagichlar (R) liniyalarning oxirgi uchlari ulangan nim stansiyalarni kuchlanishning o'ta oshib ketishidan muhofazalaydi, iste'molchilarni ta'minlovchi magistral liniyalarni (kabelli yoki havodan tortilgan liniyalar) esa asosan eruvchi saqlagichlar vositasida saqlanadi.

Transformator T ning ikkilamchi chulg'amiga ulangan eruvchi saqlagich ES yoki avtomatik uzgichlardan iborat kirish qurilmalari KQ saqlagich ES yoki avtomatik uzgichlardan iborat kirish qurilmalari KQ vositasida iste'molchilar tarmoqqa ulanadi. Iste'molchilarni reaktiv energiya sarfini kamaytirish maqsadida TN ning shinalariga, yani tarmoqdagi quvvat koeffitsientini oshirish maqsadida kondensatorlar batareyasi (KB) ham ulanishi mumkin.

Elektr energiyani transformatorli nim stansiyasidan qurilish maydonchasi iste'molchilariga uzatish, iste'molchilarning qanday toifaga mansubligiga qarab, radial, magistral va har ikkalasi mujassamlashgan (aralash) sxemalar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin.

Ayirim xollarda, yoki ta'minot manba'lari uzoq bo'lganda Qurilish ishlarini boshlanishi vaqtida odatda 1 – 12 kVt quvvatga ega bo'lgan benzin motorli, (masalan, quvvati 10,5 kVt bo'lgan PES – 12 rusumli ko'chma elektr stansiya), dizel motorli PES – 100 rusumli va gazoturbinali quvvati 1250 kVt bo'lgan PAES – 1600 – T/6,31 rusumli ko'chma elektr stansiyalar qo'llanilishi tavsiya etiladi.

6.2. Bosh podstansiyasining sxemasi

Podstansiya elementlarining ulanish sxemasi deb elementlarning chizmadagi grafik tasviri va elementlar orasidagi bog‘lanishlarni ko‘rsatilishiga aytiladi.

Podstansiya elektr ulanishlarining asosiy sxemasi deb asosiy jixozlar to'plami va elementlar orasidagi bajarilgan hamma fizik ulanishlarga aytiladi.

Podstansiyalarning sxemalariga quyidagi talablar qo'yiladi:

iste'molchilarning elektrotta'minotida sxema zarur ishonchlilikni ta'minlashi kerak;

sxema oddiy va eksplatatsiya uchun qulay bo'lishi kerak;

sxema korxonaning rivojlanishiga yo'l qo'yadigan bo'lishi kerak
nagruzkani o'sishini hisobga olgan holda tarmoqni tubdan
rekonstruksiya qilmasdan;

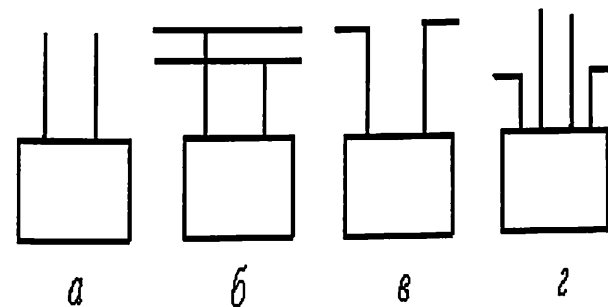
sxema avariya rejimlari paytida elektrojihozlarning ishonchli himoyasini va tokning avtomatik tiklanishini ta'minlashi kerak;

asosiy elementlarning birortasi (transformator, elektruzatish liniyasi) avariya natijasida ishdan chiqqan paytda iste'molchilarning elektrotarminotini ta'minlashi kerak, bu paytda ishda qolgan elementlar o'chib qolgan element nagruzkasini to'la yoki qisman o'z zimmalariga olishlari kerak avariya dan keyingi rejimdagi yo'l qo'yiladigan peregruzkani hisobga olgan holda;

remont va avariya qarshi ishlar o'tkazish uchun sxemada ba'zi elementlarning rezervlanishlari bo'lishi kerak;

Elektrota'minotning ishonchliligi va beto'xtovlik darajasi bo'yicha elektroenergiya iste'molchilarining kategoriyasi sxema tanlashga ta'sir ko'rsatadi. Podstansiya ishonchliligi, elektrota'minot sistemasining ishonchliligi kabi, mustaqil manbalar soni va podstansiya sxemasi bilan aniqlanadi.

1 kategoriyadagi elektropriyomniklar ikkita mustaqil manbalardan elektroenergiya bilan ta'minlanishlari kerak, bu manbalar bir-birlarini rezervlab turishlari lozim. Biror manbadan olinayotgan elektro-ta'minotdagi tanaffus ta'minlanishning boshqa manbadan avtomatik tiklanishi vaqtigagina yo'qo'yiladi.



6.3-rasm. Transformator podstansiyalarning turlari: a – tupik, b – tarmoqlantiruvchi, v – o‘tiluvchi, g – tugunsimon.

Mustaqil manbalarga bitta yoki ikkita podstantsiyalarning, taqsimlash moslamalarining shinalar sistemalari yoki seksiyalari kiradi.

2 kategoriyadagi elektropriyomniklar, qoida bo'yicha, ikkita mustaqil manbadan elektroenergiya bilan ta'minlanadilar, bunda elektrota'minotdagi yo'l qo'yiladigan tanaffus operativ yo'l bilan (operatorning yoqishi) rezerv manbani yoqish uchun zarur bo'ladigan vaqtga teng bo'ladi.

3 kategoriyadagi elektropriyomniklarning elektrota'minoti bitta manbadan amalga oshirilishi mumkin, agar zararlangan elementning remonti yoki almashtirilishi bilan bog'liq bolgan tiklash ishlari 1 sutkadan ko'p vaqtni talab qilmasa.

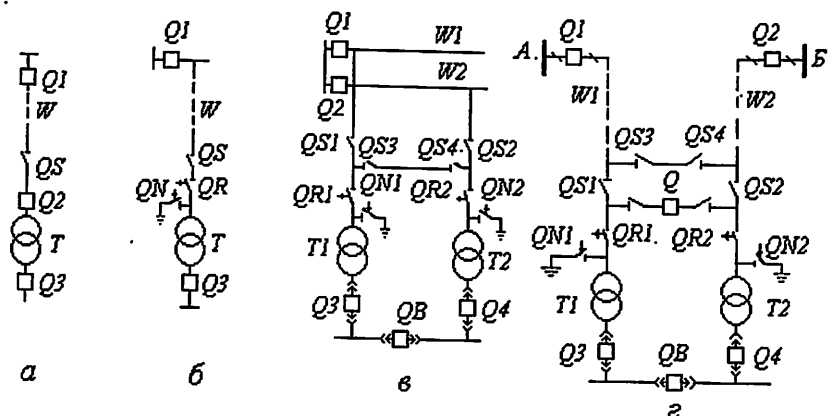
Bosh pasaytiruvchi podstantsiyalar (BPP) ta'minlovchi liniyalarga ulanish usuli bo'yicha to'rt turga bo'linadilar: tupik, tarmoqlantiruvchi, o'tiluvchi va tugunsimon. BPP larning ta'minlanishi bitta yoki ikkita liniyalardan amalga oshirilishi mumkin. Ikki transformatorli podstantsiyalar ikkita liniyadan ta'minlanishlari kerak. Ta'minlovchi liniyaning oxiriga ulanadigan TP tupik podstantsiya deb ataladi. Bitta yoki ikkita o'tuvchi liniyalarga ulanadigan TP tarmoqlantiruvchi deb ataladi. O'tiluvchi podstantsiya bitta yoki ikkita ta'minlovchi liniyalarning kesilgan joyiga ulanadi. Tugunsimon (taqsimlovchi) podstantsiyada ta'minlovchi liniyalar ikkitadan kam bo'lmaydi va bir necha xuddi shunday kuchlanishdagi chiquvchi liniyalari bo'ladi.

O'tiluvchi va tugunsimon podstantsiyalar orqali boshqa TP larga elektroenergiya tranziti amalga oshiriladi. Qishloq xo'jalik rayonlarida,

asosan, tupik tarmoqlantiruvchi va o'tiluvchi podstansiyalar qo'llaniladi.

Qoida bo'yicha, TP larning past kuchlanish shinalari seksiyalangan qilib yasaladi. Shinalarning seksiyalari orasida seksiya viklyuchateli o'rnatiladi ishonchlilikni oshirish maqsadida. Seksiyalarning bittasida avariya bo'lganida va remont ishlari bajarilganda ikkinchi seksiya ishda qoladi.

7.4-rasmda BPP larning sxemalari keltirilgan. Qoida bo'yicha, ular energosistema tarmoqlaridan sxema blok "liniya-transformator" bo'yicha ta'minlanadi. Ta'minlovchi liniyadan T transformatorni Q2 viklyuchatel bilan uzib qo'yish mumkin (5.16-rasm. a).



6.4-rasm. 35-220kV birlamchi kuchlanishda yig‘ma shinalarsiz podstansiyalarning sxemalari. a – viklyuchatelli podstansiya; b – qisqatutashtirgichli va otdelitelli podstansiya; v – ikki transformatorli tarmoqlantiruvchi podstansiya; g – ikkitaraflama ta‘minlanishli podstansiya; Q, Q1-Q4, QV – viklyuchatellar; QS, QS1-QS4 – raz‘edinitellar; QR1, QR2 – otdelitellar; QN1, QN2 – qisqatutashtirgichlar; W, W1, W2 – elektrouzatish liniyalari; T, T1, T2 – transformatorlar.

Transformatorni qisqa tutashuvlardan himoya qilish maqsadida 35kV kuchlanishda Q2 viklyuchatel o'rniga predoxranitellar qo'llanilishi mumkin. Ko'p hollar uchun uzoq vaqt viklyuchatel o'rnatish iqtisodiy tomondan foydali emas deb hisoblanadi. Transformatorni remontga chiqarish zarur bo'lganida uni rayon podstantsiyasidagi Q1 viklyuchatel bilan uzib qo'yish va ta'minlovchi

liniyadan raz'edinitel QS bilan ajratib qo'yish mumkin (7.4-rasm.b). Ko'pchilik transformatorlarni ta'minlovchi liniyadan raz'edinitel bilan ajratish mumkin past kuchlanish tomonidagi Q3 viklyuchatel bilan nagruzka ulardan olib tashlangandan keyin rayon podstansiyasidagi Q viklyuchatelni o'girmasdan. Viklyuchatel o'rninga qisqatutashtirgich QN va otdelitel QR o'rnatiladi. Normal rejimdagi transformatorni o'chirish uchun past kuchlanish (6-20kV) tomonidagi viklyuchatel Q2 bilan nagruzkani o'chirish yetarli, keyin esa otdelitel QR bilan transformatorning magnitlanish tokini o'chirish kerak.

Yuqori kuchlanish tomonida viklyuchatel o'rniga qisqatutash-tirgichlar va otdelitelar qo'llaniladigan ikki transformatorli podstansiya sxemasi eng ratsional va yetarlicha ishonchli hisoblanadi. Transformator ichida zararlanish paydo bo'lganida rele himoyasi ishga tushib, qisqatutashtirgich yuritmasining zanjirini ulaydi. Qisqatutash-tirgich yoqiladi va liniyada qisqa tutashuv hosil qiladi. Bu qisqa tutashuv rayon podstansiyasidagi viklyuchatelning rele himoyasining ishga tushishini chaqiradi, viklyuchatel liniyani transformator bilan birga o'chiradi. Bitta liniya zararlanganda va u rayon podstansiyasidagi viklyuchatel bilan o'chirilganda, tutashtirgichdagi raz'edinitellarni yoqish va ikkita transformatorning bitta liniyadan ta'minlanishini amalga oshirish mumkin.

7.4-rasm. *g* da ko'rsatilgan ikki tomonlama ta'minlanishli sxemada tutashtirgichda Q viklyuchatel va remont tutashtirgichida raz'edinitellari bor bo'lib, ular viklyuchatel reviziyasi paytida elektrota'minotning ishonchlilikini ta'minlab turadi. Zarur bo'lganda viklyuchatel Q boshqa podstansiyalarga quvvat tranzit qilinishini ta'minlaydi. Transformatorlarning zanjirlarida otdelitelar o'rnatiladi. Normal rejimda viklyuchatel Q yoqilgan, raz'edinitel QS3 yoki QS4 o'chirilgan.

T1 transformator shikastlanganda Q3 o'chiriladi, QN1 yoqiladi, Q o'chiriladi, keyin esa A tayanch podstantsiyadagi Q1 o'chiriladi. Toksiz pauza paytida QR1 otdeitel o'chiriladi, keyin Q1 va Q2 yoqiladi. Quvvatning oqib o'tishi buzilmagan, T1 transformator o'chirilgan 6-20 kV ning iste'molchilari T2 transformatordan tok olinmoqda QV seksiya viklyuchateli orkali. Bitti liniyada shikastlanish sodir bo'lganida, masalan W2 da, Q o'chiriladi, keyin B tayanch podstantsiyadagi Q2 o'chiriladi. Agar liniyaning avtomatik qayta ulanishi muvaffaqiyatsiz bo'lsa, Q4 o'chiriladi, va rezervning avtomatik ulanishi qurilmasi

ta'sirida QV viklyuchatel yoqiladi. Shunday qilib, iste'molchilarning elektrota'minoti buzilmaydi. Q viklyuchatelni reviziya qilish zarur bo'lganida QS3 va QS4 tutashtirgich yoqiladi, bu orqali quvvatning oqib o'tishi amalga oshiriladi. Agar klimatik sharoitlar bo'yicha otdelitellar va qisqatutashtirgichlarning o'rnatilishi mumkin bo'lmasa, transformator zanjirida viklyuchatellar qo'llaniladi. Texnika – ekonomik dalillar bilan tasdiqlangan holdagina viklyuchatellar qo'llaniladi. Viklyuchatellarning ishonchliligi yuqoriroq bo'lganligi sababli kelajakda 35-110/6-10 kV podstansiyalarda transformatorning yuqori kuchlanishi tomonida faqat viklyuchatellar o'rnatiladi.

6.3. Podstansiyalardagi ochiq taqsimlash moslamalari.

35-110 kV kuchlanishli podstansiyalarning taqsimlash moslamalari, qoida bo'yicha, ochiq holda quriladi. Ular ishning ishonchliligini, jihozlar bilan ishlash xavfsizligi va qulayligini ta'minlab berishlari kerak, ularni qurishda minimal harajatlar bo'lishi kerak. Ochiq taqsimlash moslamalarida (OTM) transformatorlar o'rnatiladi, sxemaga muvofiq holda kommutatsion, himoya va kontrol qilishi apparatlari qo'llaniladi. OTM da viklyuchatellar, raz'edinitellar, tok va kuchlanish transformatorlari, razryadniklar qo'llanishi mumkin. OTM ni arzonlashtirish maqsadida podstansiyalarning ko'pchiligida viklyuchatellar qisqatutashtirgichlar va otdelitellar bilan almashtiriladi. OTM ning hamma apparatlari baland bo'lmagan metall yoki temirbeton asoslarga o'rnatiladi. Transformatorlar betonlangan yoki asfaltlangan maydonchalarda fundamentlar ustida o'rnatiladi. Maydonchalarni yopiq taqsimlash qurilmasidan chet tomonga qaragan qiyalik bilan tayyorlaydilar suvni olib ketish maqsadida va shag'al yoki chig'anoqtoqsh qatlami bilan qoplaydilar suv filtratsiyasini ta'minlash va o'simliklar o'sishini oldini olish maqsadida. Transformatorlar va transformator yog'i ishlatiladigan apparatlar tagiga masloppriyomniklar o'rnatilishi kerak, ularning qiyaligi yesa maslosbornik tomonigi qaratilgan bo'lishi kerak. Yotqiziladigan shag'al qatlami qalinligi 25sm dan kam bo'lsamligi kerak. Shag'al yotqizilgan joy yuzasi transformator yuzasidan kam bo'lmamligi kerak.

Apparatlar tagidagi asoslar va tayanch konstruksiyalar tagidagi fundamentlar shag'al to'kilgan sathdan kamida 20 sm ko'tarilgan bo'lishlari kerak. P- yoki T-simon metall yoki temirbeton tayanch

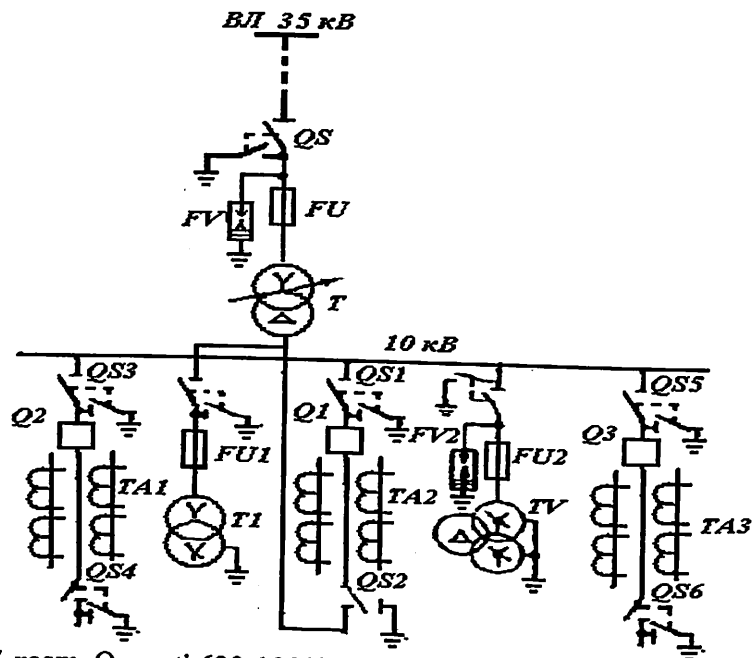
konstruksiyalar asosiy qurilish inshootlari bo'ladilar. Podstansiyalarni ta'minlash ikkizanjirli yoki ikkita radial liniyalar bo'ylab amalga oshiriladi. Ta'minlovchi liniyalar partallarga keladilar. Toko'tkazgichlarni mahkamlashga mo'ljallangan tayanch konstruksiyalar shamol va muzdan simlarning birtaraflama og'irlashishini hisobga olgan hoda quriladi.

OTM dagi shinalash ko'psimli simlardan tuzilgan bo'lib egiluvchan bo'lishi mumkin yoki turli kesimli shinalardan iborat bo'lib qattiq bo'lishi mumkin. Egiluvchan shinalar osma izolyatorlar yordamida mahkamlanadi, qattiq shinalar esa tayanch izolyatorlarda mahkamlanadi.

Podrstansiyalarni loyihalash va qurida hamma jihozlarni shunday joylashtirish kerakki, jihozlarni montaj qilishda, xizmat ko'rsatishda va remont qilishda yukko'tarish mexanizmlarini ishlatish mumkin bo'lsin, jihozlarni olib kelish va olib ketish uchun avtotransporning kirishi mumkin bo'lsin. Katta quvvatli podrstansiyalarda transformatorlarning reviziyasi va remonti uchun yopiq maydoncha bo'lishi mumkin. OTMlarda momaqaldiroq razryadlaridan himoya qilish moslamalari, yashin qaytargich va razryadniklar o'rnatiladi. Podstansiyaning hamma jihozlari yerga ulanishi kerak.

Kontrol zanjirlari kabellari va kommutatsion apparatlarni boshqarish kabellari konstruktiv va tayanch elementlar orqali lotoklarda tortib o'tiladi OTM g'ov yoki devor bilan o'ralishi kerak. Elektroqurilmalarni tuzish qoidalari [8] talablariga binoan tok olibboruvchi qismlar orasidagi masofalar va ulardan turli moslamalargacha masofalar 8.1-jadvalga asosan tanlab olinadilar.

Agar izolyatordan planirovka sathigacha balandlik 2,5m dan kam bo'lsa, transformatorlar va apparatlarni to'siq bilan to'sish kerak. To'siq balandligi 2m bo'lgan to'r yoki balandligi 1,2m bo'lgan barer ko'rinishda bo'lishi mumkin. Transformatorlar orasidagi masofa ularning quvvatiga bog'liq va 1,25m dan kam bo'lishi mumkin emas. YoTM binosining olovga chidamli devori bilan transformator orasidagi masofa 0,8m dan kam bo'lmamligi kerak. 5.17-rasmda OTMli va tashqarida o'rnatiladigan komplekt taqsimlash moslamasi (TKTM) li bitta transformatorli komplekt transformator podstansiya KTP 35/ 10 kV ning birlamchi ulanishlarining sxemasi keltirilgan. 7.5-rasmda uning konstruksiyasi.



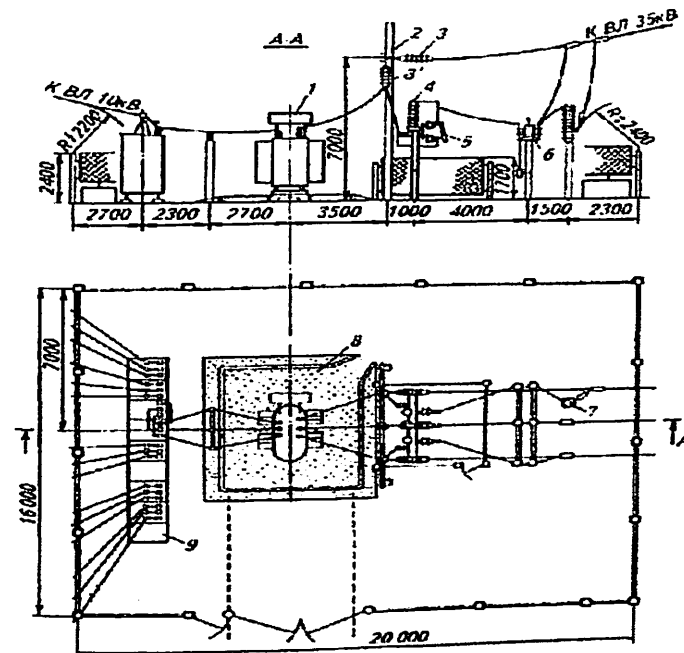
6.5-rasm. Quvvati 630-1000kVA bo'lgan tupik bittatransformatorli podstansiya KTP 35/10kV ning birlamchi ulanishlarining sxemasi:
Q1- Q3- viklyuchatellar; QS, QS1 –QS6 – raz'edinitellar; FU, FU1- predoxranitellar; FV,FV2 – razryadniklar; T – transformator; T1-shaxsiy extiyojlar transformatori;TA1-TA3 – tok transformatorlari; TV – kuchlanish transformatori.

T transformatorning yoqilishi va o'chirilishi uchun OTM 35kV da oddiy kommutatsion apparatlar bo'lishini sxema nazarda tutadi: yerga ulovchi pichoqlari bor raz'edinitel QS, qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun har bir fazada FU predoxranitellar, haddan oshiq kuchlanishdan himoya qilish uchun razryadnik FV. TKTM da shina va liniya raz'edinitellari QS1- QS6 bilan birgalika viklyuchatellar Q1, Q2, Q3 lar ham o'rnatiladi. Sxema shaxsiy ehtiyojlar transformatori (ShET) T1 ning o'rnatilishini nazarda tutadi, shuningdek o'lchov uchun kuchlanish transformatori TV va tok transformatorlari TA1-TA3 elektrotarminot sistemasi parametrlarini o'lchash uchun.

Transformator podstansiyasiga 35 kV li havo liniyasi simlari olib kelinadi va izolyatorlar 3 orqali qabul portali 2 ga mahkamlanadi. Kuchlanish havo liniyasidan transformator lga rez'edinitel 6 va

saqlagich 5 orqali uzatiladi. Saqlagich 5 qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun mo'ljallangan. Haddan oshiq kuchlanishlardan himoya qilish uchun razrednik 7 mo'ljallab qo'yilgan. Transformator 1 to'kilgan shag'al 8 ustidagi fundamentga o'rnatilgan. Transformator 1 dan kuchlanish tashqaridan o'rnatiladigan komplekt taqsimlash moslamasi 9 TKTM ga uzatiladi, bu yerdan esa elektroenergiya 10kVli ketayotgan liniyalarga taqsimlanadi.

ShET 10/0,4kV kuchlanishga va 25-63 kVA quvvatga ega. ShET quvvatiga qarab YoTM (TKTM) ichidagi shaxsiy ehtiyojlar shkafida yoki OTM territoriyasida ochiq holda o'rnatilishi mumkin. Podstansiyaning shaxsiy ehtiyojlari priemniklariga boshqarishning operativ zanjirlari, rele himoyasi va avtomatikaning operativ zanjirlari, aloqa va telemexanika sistemasi, ustaxonaning mexanik jihozlari, yoritish, o't o'chirish sistemasi kiradi.



6.6-rasm. Quvvati 630 – 1000kVA bo'lgan bittatransformatorli tupik podstansiya KTP 35/10 kV: 1 – transformator; 2 – portal; 3,3 – izolyatorlar; 4 – kuchlanish transformatori; 5 – saqlagich; 6 – raz'edinitel; 7 – razryadnik; 8 – fundament; 9 – taqsimlash moslamasi

6.4. Yopiq taqsimlash moslamalari

BPP dan olingan elektroenergiyani 6-20kV kuchlanishda iste'molchilarning podstansiyalariga, taqsimlash punktlariga va alohida elektropriyomniklarga taqsimlash uchun rayon podstansiyalaridagi taqsimlash moslamalari barpo qilinadi. Jihozlarni ichkarida o'rnatish uchun ular yopiq (YoTM) va tashqarida o'rnatish uchun ochiq (KRUN) bo'lishi mumkin. YoTM xizmat ko'rsatish uchun va remont qilish uchun qulay va havfsiz bo'lishi kerak. Tokolibboruvchi qisimlar kameralarga joylashtirilgan bo'lishi yoki ularga bexosdan tegib ketmasligi uchun ishonchli kilib to'sib ko'yilishi kerak. To'sik yaxlit yoki to'rdan bo'lishi mumkin. Ko'pincha aralash to'siq qo'llaniladi. Yaxlit qismida kammutatsion apparatlarining yuritmalari maxkamlab qo'yiladi, to'r to'siq orqali esa jihozlarni kuzatishi mumkin. To'r kataklarining o'lchamlari 24x25mm dan ko'p bo'lmasliklari kerak. To'siqlar yoki kameralarning eshikchalari qulof bilan qulflanib qo'yilishlari kerak. YoTM binosining ichida jihozlar bir yoki ikki qator qilib joylashtirilishi mumkin. Kuzatish zonasining eni jihozlar bir qator qilib joylashtirilganda 1m dan kam bo'lsamligi va ikki qator qilib joylashtirilganda 1,2m dan kam bo'lsamligi kerak. Agar kuzatish zonasida kommutatsion apparatlarining yuritmalari joylashtirilgan bo'lsa kuzatish zonasining kengligi mos ravishda 1,5 m va 2,0 m dan kam bo'lmasligi kerak.

Taqsimlash moslamalari bir tarafdin xizmat ko'rsatish kameralari yoki koplekt taqsimlash moslamalari KTM shikaflaridan (yacheykalaridan) komplektlanadi. Kameralar tarkibiga shina va liniya raz'edinitellari bor bo'lgan viklyuchatellar kiradi. KTM yacheykalari g'ildirab chiqadigan aravachali viklyuchatellar bilan komplektlanadi. Raz'edinitellar o'rniga tiqma kontaktlar qo'llaniladi, bu tiqma kontaktlar xizmat ko'rsatish va remont paytida zanjirning ko'zga ko'rinib turadigan uzunligini ta'minlab turadi. KTM va TKTM larga 10 kV yuqori kuchlanishni olib kirish shkaflari, liniya shkaflari, ShET, o'lcho'v transformatorlari kiradi. Ikki transformatorli podstansiyalarning qo'shimcha seksiya shkafi bor. Olib kirish shkaflari ketayotgan liniyalar shkaflari bir xil viklyuchatellar bilan komplektlanadilar – statsionar qilib qurilgan yoki g'ildirab chiqadigan aravachadagi; kamyog'li yoki vakuum. 8.4-rasmda g'ildirab chiqadigan aravachadan VMP-10 viklyuchateli bor bolgan ichkarida o'rnatish

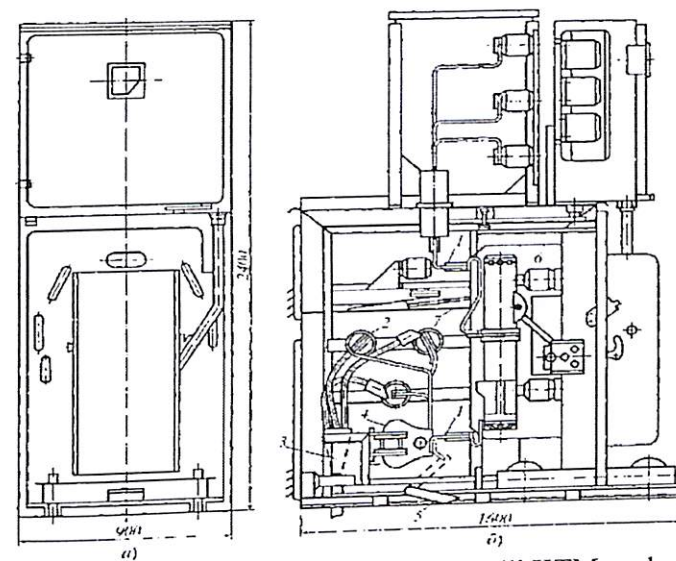
uchun mo'ljallangan K-XII liniya kamerasi ko'rsatilgan. Kamera korpusi bo'lmalarga bo'lingan bo'lib, bularda yuqori va pastki qo'zg'almas tiqma kontaktlar 1, kabel yig'masi 2 uchlarida bekitishlar 3 bor, tok transformatori 4 va yerga ulovchi pichoqlar 5, viklyutachelli 6 va yuritmali g'ildirab chiquvchi aravacha. Bitta bo'lmada yig'ma shinalar montaj qilingan. Parametrlarni o'lchash uchun asboblar, rele himoyasi, boshqaruv va signalizatsiya uchun bo'lma bor bo'ladi.

G'ildirab chiqadigan aravacha eksplattatsiya sharoitlarida uchta holatni egallashi mumkin:

– ishchi holat: aravacha yacheykada turibdi, bosh va yordamchi zanjirlar ulangan;

– kontrak holat: aravacha yacheykada turibdi, bosh zanjir uzilgan, yordamchi zanjirlar nagruzkasiz viklyuchatelni yoqish va o'chirishni amal oshirishga imkon beradi;

– remont holati: aravacha yacheykadan tashqarida joylashgan bosh va yordamchi zanjirlar uzilgan.



6.7a-rasm. Tortib chiqariladigan viklyuchatelli KTM yacheykasi:
a – old tomondan qo'rinishi; b – o'q bo'yicha kesimi: 1 – tiqma kontaktlar; 2 – kabel yig'masi; 3 – uchining bekitilishi; 4 – tok transformatori; 5 – yerga ulovchi pichoqlar; 6 – viklyuchatelli g'ildirab chiqadigan aravacha.

Viklyuchatel yacheykadan g'ildirab chiqanda kuchlanish ostida turgan TM qisimlaridan viklyuchatel avtomatik ravishda metall pardachalar bilan ajratiladi. Kuchlanish ostida turgan tok olib boruvchi qisimlarga bexostan tegib ketishi bartaraf etiladi. Viqlyuchatel yoqilgan payta aravchaning g'ildirab kirishi va g'ildirab chiqishining oldini olish uchun blokirovka o'rnatiladi, aravchaning o'zi yesa sirpanuvchi kontaktlar yordamida yerga ulangan bo'ladi. KTM ning orqa tomonida o'tish joyi bor bo'lganida uning kengligi 0,8 m dan kam bo'lmasligi kerak.

YoTM ikkita tashqariga joyiga ega bo'lishi kerak. Eshiklar tashqariga ochilishlari kerak va o'zi qulflanadigan qulflarga ega bo'lishlari kerak, TM tomonidan kalitsiz ochiladigan bo'lishlari kerak. YoTM ning binosi olovga chidamli materiallardan barpo etiladi yoki devorlariga olovga chidamli sostav singdirilgan bo'lishi kerak.

YoTMda tabiiy ventilatsiya ko'zda tutilgan bo'ladi, shuningdek avariya so'ruvchi ventilatsiyasi. Elektr kaloriferlar bilan isitish ko'zda tutiladi. Cho'g'lanish lampalari bilan yoritish amalga oshiriladi.

YoTM binosining devorida transformator yaqinida deraza va eshiklar o'rnatishga ruxsat etilmaydi.

6.5. Iste'molchilarning transformator podstantsiyalari

Iste'molchilarning podstantsiyalari 6-20/0,4 kV kuchlanishga mo'ljallangan bo'ladi. Bularga aholi punktlaridagi kvartallar, sanoat korxonalari va qurilishlar, agro sanoat kompleksining sex podstantsiyalari kiradi. Podstantsiyalar birlamchi kuchlanishning yig'ma shinalarisiz quriladilar.

Iste'molchilarning transformator podstantsiyalari o'zlarining joylashtirilishi bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi (7.8-rasm):

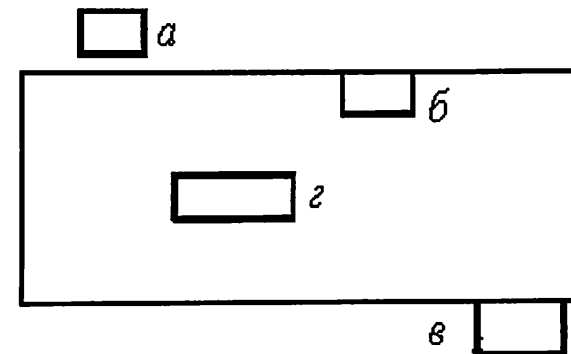
alohida turuvchi (a);

ishlab chiqarish korpusining ichiga qurilgan(b), korpus ichidagi devorcha tutashgan;

ishlab chiqarish korpusiga taqab qurilgan (v), korpus devoriga tashqaridan tutashgan;

korpusichi podstantsiyalari (G), bular korpusning ichiga joylashtiriladi. Bular, qoida bo'yicha komplekt transformator podstantsiyalari (KTP)

Qurilish maydonchalirida, qoida bo'yicha, alohida turuvchi TPlar, ko'p hollarda KTP lar qo'llaniladi. Ular bio joydan boshqa joyga ko'cha oladigan bo'lishlari kerak qurilish ishlarining yurishi va boshka ob'ektlarga ko'chishi munosabati bilan.

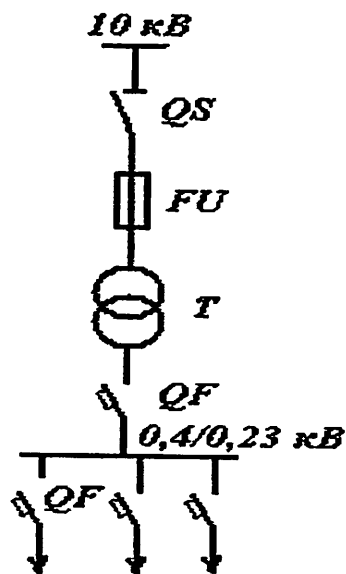


6.8-rasm. Qurilishdagi sex podstantsiyalarining joylashtirilishi:

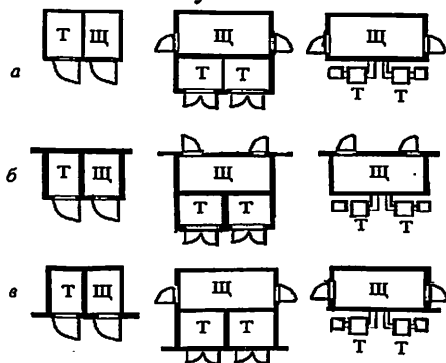
a – alohida turuvchi; b – ichigaqurilgan; v – taqab qurilgan;
g – korpusichi podstantsiyasi.

7.9- rasmda iste'molchilarning TPning sxemasi keltirilgan. Transformator T ta'minlovchi liniyaga raz'edinitel QS va saqlagich FU orqali ulanadi. Bu apparatlarni nagruzka viklyuchateliga almashtirish mumkin.

Past kuchlanish taqsimlash moslamasidan (PKTM) ketayotgan liniyalarda avtomatik viklyuchatellar QF o'rnatiladi, bular saqlagich-viklyuchatel bloklari (PVB) bilan almashtirilishlari mumkin.



6.9-rasm. Iste'molchilar podstantsiyasining sxemasi:
QS – raz'edinitel; FU – saqlagich; T – transformator; QF – avtomatik viklyuchatel.



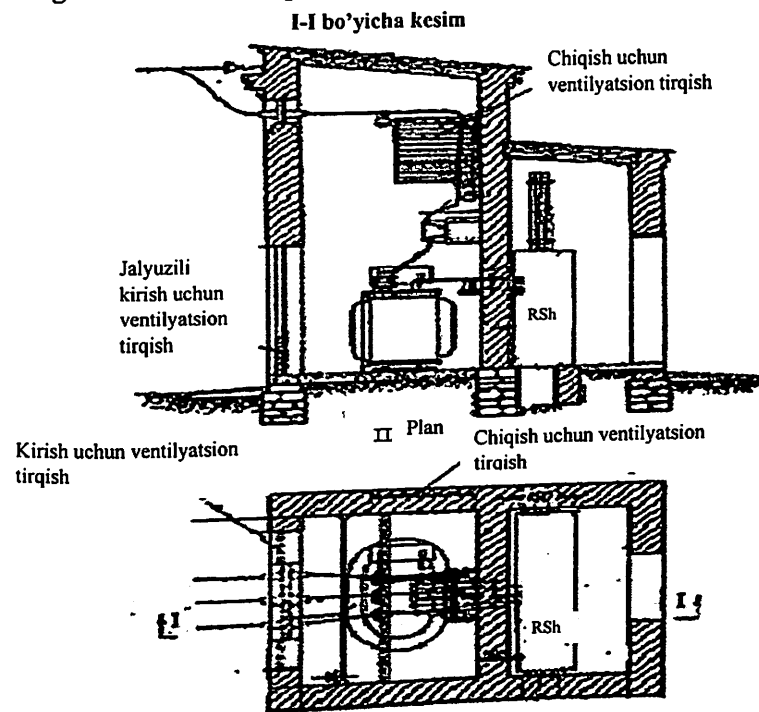
6.10-rasm. Sex TP larining komponovkalari. T – transformator kamerasi; Ш – shit xonasi (past kuchlanish taqsimlash moslamasi)
a – alohida turuvchi; b – taqab qurilgan; v – ichiga qurilgan.

7.10-rasm. Remont sexlari ustaxonalari, rastvor va beton zavodlarining TP larining komponovkasi ko'rsatilgan. PKTM shitlar xonasiga joylashtiriladi va ShO-70 larga avtomatikmas va avtomatik viklyuchatellar joylashtiriladi. Avtomatikmas viklyuchatellar bilan birga

predoxranitellar qo'llaniladi. Birinchi va ikkinchi kategoriyali priyomniklarning elektrotarminoti uchun ikkitransformatorli podstantsiyalar qo'llaniladi. Yopiq transformator podstantsiyalarida har bir yog'li sovutishli kuch transformatori alohida kameraga (7.11-rasm) o'rnatiladi. Har bir kameradan tashqariga chiqish joyi bor, bu transformatorni g'ildiratib olib chikish imkonini beradi.

Alohida turuvchi, taqab qurilgan va ichiga qurilgan podstantsiyalarda yog'ining xajmi 600kg gacha bo'ladigan transformatorning kamerasida eshik uchun qoldirilgan teshikda yonmaydigan materialdan yasalgan ostona qilinadi. Bu yog'ning 20%ini ushlab qolishga mo'ljallanadi. Yog'ning xajmi 600kg dan ko'p bo'lganida betonlangan yog'qabulqilgich ishlatiladi, uning yuzasi transformator asosining yuzasidan kam bo'lmaydi. U yog'ning to'la xajmiga mo'ljallangan bo'lib, panjara bilan to'silgan bo'ladi. Panjaraning ustiga 25sm qalinlikda shag'al to'kilgan bo'ladi.

Transformator bilan kamera devorlari orasida masofa 0,6m gacha, eshikgacha masofa -1m gacha bo'lishi kerak.

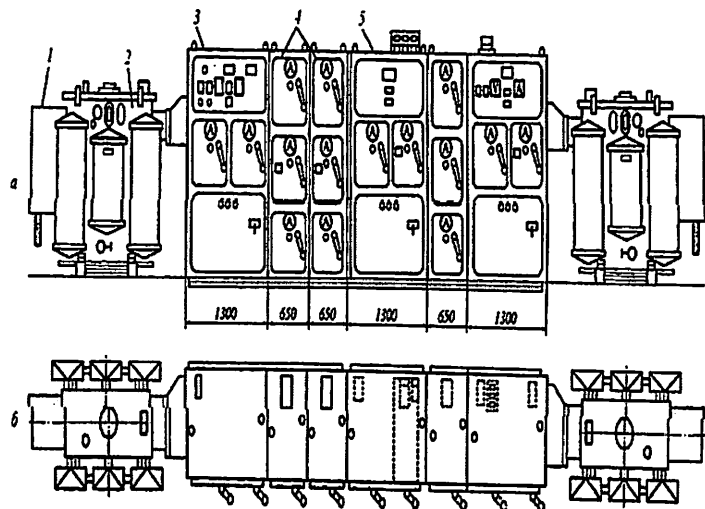


6.11 -rasm. Transformatorli kamera

Kuch transformatorlarining kameralari tabiiy ventilyatsiya bilan jihozlanadi. Ventilyatsiya shunday quriladiki, kamera kirayotgan havo va undan chiqayotgan havoning temperaturalarini farqi 15°S dan oshmasin kamera eshigining tagida joylashgan teshik orqali havo kiradi, kameraning tepa qismida joylashgan teshik orqali tashqariga chiqib ketadi. Teshik jalyuzi panjara bilan yopiladi.

Transformator podstansiyalari binolarining devorlari g'ishtdan, shlakoblokdan yoki yig'ma temirbetondan quriladi.

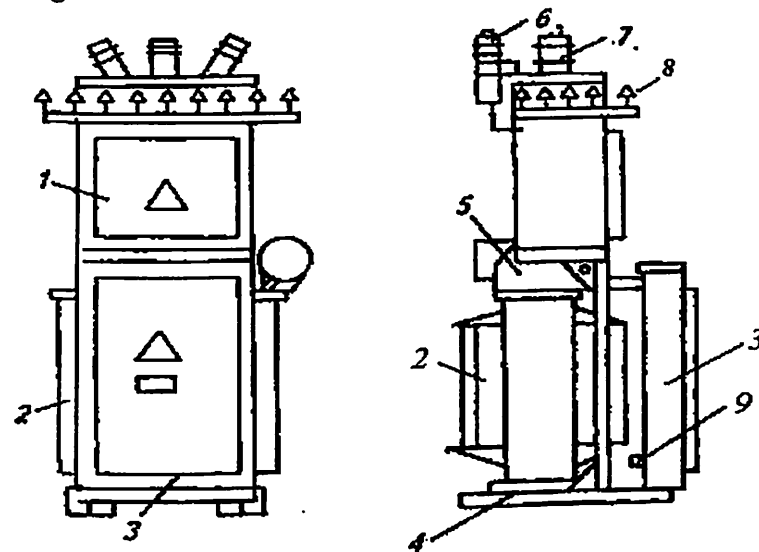
7.12-rasmda 630-1000 kVA quvvatli sexichi qurilmasi uchun komplet transformator podstansiyasi qo'rsatilgan. Podstansiyalar bittatransformatorli yoki ikkitransformatorli bo'lishi mumkin. Podstansiyaning elektrojihozlari bir qator yoki ikki qator qilib joylashtirilishi mumkin. KTP ga bitta yoki ikkita transformator kiradi. Yuqori kuchlanishni (YuK) olib kirish moslamasi 1 viklyuchatel bilan, nagruzka viklyuchateli bilan yoki raz'edinitel bilan komplektlanishi mumkin. PKTM tarkibiga past kuchlanishni (PK) olib kirish shkaflari 3, ketayotgan liniyalar shkaflari kiradi. Ikkitransformatorli KTPda olib kirish shkaflari ikkita bo'lishi kerak va qo'shimcha seksiya shkaflari 5 bo'lishi kerak.



6.12-rasm. Komplet transformator podstansiya 630 – 1000kVA quvvatli, jihozlari bir qator joylashtiriladigan ichki o'rnatish uchun: a – fasad; b – plan; 1 – yuqori kuchlanishni olib kirish shkaflari; 2 – transformator; 3 – past kuchlanishni olib kirish shkaflari; 4 – ketayotgan liniyalar shkaflari; 5 – seksiya shkaflari.

Shkaflar avtomatik viklyuchatellar bilan komplektlanadilar. Olib kirish shkaflari va seksiya shkaflarida, olib kirish va seksiya viklyuchatellaridan tashqari, ketayotgan liniyalarning viklyuchatellari o'rnatilishi mumkin.

7.13-rasmda 25-160 kVA quvvatli KTP ning umumiy ko'rinishi keltirilgan.



6.13-rasm. 25 – 160 kVA quvvatli KTP ning umumiy qo'riishi: 1 – olib kirish moslamasi; 2 – transformator; 3 – past kuchlanishni taqsimlash moslamasi; 4 – asosi; 5 – kojux; 6 – razryadnik; 7 – olib kirish izolyatorlari; 8 – ketayotgan liniyalar izolyatorlari; 9 – yerga ulash uzeli.

Podstansiya komplektiga yuqori kuchlanishni (10kv) olib kirish moslamasi 1, transformator 2, 0,4/0,23 kV kuchlanishga mo'ljallangan PKTM 3, yuqori kuchlanishni olib kirish uchun o'tish izolyatorlari 7 va ketayotgan liniyalar uchun o'tish izolyatorlari 8, shuningdek TP ni atmosferadagi xaddan oshiq kuchlanishlardan himoya qilish uchun razryadnik kiradi.

KTP yuqori kuchlanishni olib kirish shkaflari, past kuchlanishni taqsimlash moslamasi ko'rinishidagi payvandlab yasalgan blok konstruksiyadir. Bu bloklar va kuch transformatori umumiy asosda 4 o'rnatilishi mumkin.

Kojux 5 transformatorning olib chiqish joylarini tegib ketishdan va ularga begona predmetlarning tushib qolishdan himoya qiladi. Podstansiya yerga ulash tuguni 9 bilan ta'minlangan.

Predoxranitelli liniya raz'edinitellari chetki tayanchlarga joylashtiriladi. Raz'edinitel yuritmasi va 10 kV kuchlanishni olib kirish moslamasi shkafining 1 eshigi mexanik blokirovka qulflari bilan ta'minlangan. Katta quvvatli iste'molchilarning elektrotarminoti uchun 250-630 kVA quvvatli ikkitransformatorli KTPlar qo'llaniladi. Shinalarni seksiyalash uchun olib kirish shkafi qullaniladi, bunda ikkita seksiyaning PKTmlari o'zaro aloqa kabeli orqali birlashtirilishlari mumkin. 250-1000V kVA quvvatli "Kiosk" tipidagi KTPlar keng qo'llaniladi.

6.6. Podstansiyalarining transformatorlarini tanlab olish

Podstansiyalarning asosiy jihozi kuch transformatorlaridir. Ular elektroenergiya kuchlanishini o'zgartirishi uchun mo'ljallanganlar. Ta'minlash liniyalari tomonidagi kuchlanishlar taqsimlash tarmoqlarining kuchlanishiga o'zgartiriladi. Ikkichulg'amli uchfazali transformatorlar eng ko'p tarqalgan transformatorlardir. Yirik qurilishlarning elektrotarminotini amalga oshiruvchi BPP larda uchfazali ikkichulg'amli transformatorlar qo'llanilishi mumkin.

Transformatorlar nominal quvvat bo'sh (yuksiz) ishlash paytidagi chulg'amlarning nominal kuchlanishi, qisqa tutashuv kuchlanishi, bo'sh (yuksiz) ishlash toki, qisqa tutashuv va bo'sh ishlash paytidagi quvvat isroflari bilan xarakterlanadi.

Transformatorlar quvvatlarining shkalasi standart bo'ladi va ushbu qatordan tanlab olinadi: 25,40,63,100,160,250,400,630,1000 kVA va bu quvvatlardan o'n marta katta bo'lgan quvvatlar 80000 kVA gacha BPP da 1 dan 40 MVA gacha quvvatli transformatorlar qo'llaniladi, sanoat korxonalari va qurilishlarning iste'molchilar podstansiyalarida 100dan 2500 kVA gacha. Transformatorlarning chulg'amlari o'zaro yulduz Y va uchburchak Δ sxemalari bo'yicha ulanadi. BPP transformatorlarning yuqori kuchlanish (YuK) chulg'amlari odatda yulduz usulida ulanadi, bu ichki izolyatsiyani faza kuchlanishiga, ya'ni liniya kuchlanishidan $\sqrt{3}$ marta kam kuchlanishga, mo'ljallab bajarish imkonini beradi. Past kuchlanish (PK) chulg'amlari ko'pincha uchburchak usulida ulanadi, bu tokni $\sqrt{3}$ marta kamaytirish va natijada chulg'am

simining ko'ndalang kesimini va sarfini kamaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, transformator chulg'amlarini uchburchak usulida ulanganda yuqori garmonika toklari uchun berk kontur hosil bo'ladi, ular bunda tashqi tarmoqqa chiqmaydilar, shu sababli nagruzkadan kuchlanishlar simmetriyasi yaxshilanadi. Iste'molchilar TPlari transformatorlarining YuK chulg'amlari odatda uchburchak Δ qilib, PK chulg'amlari esa noli olib chiqilgan yulduz yoki yulduz qilib ulanadi.

Transformatorning ishlashi jarayonida chulg'amlar va magnitoo'tkazgichning qizishi sodir bo'ladi. Transformator qizishini pasaytirish uchun uning chulg'amlari sovitilishi kerak. BPP larda ishlatiladigan transformatorlarda quyidagi sovitish usullari qo'llaniladi: tabiiy havo bilan sovutish, tabiiy yog'li sovutish, yog'li sovutish puflash bilan va yog'ning tabiiy sirkulyatsiyasi bilan, yog'li sovutish puflash bilan va havo sovutgichlari orqali yog'ning majburiy sirkulyatsiyasi bilan, yog'li – suvli sovutish yog'ning majburiy sirkulyatsiyasi bilan. Iste'molchilar TPlaridagi transformatorlar yog'li sovutish bilan yoki quruq bo'ladi.

Transformatorlar ma'lum peregruzkaga yo'l qo'yadilar, bu dastlabki nagruzka, peregruzkaning davom etishi vaqti va sovutuvchi muhitning temperaturasiga bog'liq. Avariyaning maksimal peregruzkasi 0,5 soat davomida transformator nominal quvvatidan ikki marta katta bo'lishi mumkin emas. Agar yog'li sovutishga ega bo'lgan transformatorning nagruzkasi $0,9 S_{nom}$ dan ko'p bo'lmagan bo'lsa, unda u sovutuvchi havo temperaturasi $+20^{\circ}S$ dan ko'p bo'lmaganda 6 soat davomida 40% peregruzkaga yo'l qo'yish mumkin. Iste'molchilarning normal ishlashi uchun podstansiya shinalaridagi kuchlanish ma'lum bir darajada ushlab turilishi lozim. Bu darajani transformatsiya koeffitsientini $n = U_1/U_2$ (birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar kuchlanishlari nisbati) o'zgartirish usuli bilan ushlab turish mumkin. Bu maqsadlar uchun transformator chulg'amlarida qo'shimcha tarmoqlar chiqarilgan bo'ladi. Chiqarilgan tarmoqlarning boshqasiga ulanishni g'alayonsiz amalga oshirish mumkin, yani transformator chulg'amlar tarmoqdan uzilgan holda va nagruzka ostida. Transformatorlarning konstruktiv xususiyatlaridan tashqari ularning soni va quvvatini ham tanlab olish zarur. Podstansiyadagi transformatorlarning sonini tanlab olishda elektroenergiya priyomniklarining kategoriyasi hisobga olinishi kerak. 1 va 2 kategoriya priyomniklarining elektrotarminoti uchun ikkitransformatorli

podstansiyalar qo'llaniladi. Korxona (qurilish) nagruzkasining notekis sutkalik va yillik grafiklarida, ikkismenali ish paytida smenalar nagruzkalari orasidagi farq katta bo'lganda ikkitransformatorli podstansiyalarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. 3 kategoriyali elektropriyomniklar bitta transformatoridan elektroenergiya bilan ta'minlanadilar.

BPP larda, qoida bo'yicha, ikkita transformator qo'llaniladi. Bu hamma kategoriyadagi iste'molchilarning ishonchli elektrota'minotini vujudga keltiradi. Agar qo'shni podstansiyalar yoki boshqa tok manbalarining ikkilamchi kuchlanish liniyalari bo'yicha elektropriyomniklarning avariya dan keyingi ta'milanishini amalga oshirish imkoniyati bor bo'lsa, bu holda bittatransformatorli podstansiyalarni qo'llash mumkin bo'ladi.

Ikkitranformatorli podstansiyalarda transformatorlar alohida ishlaydi. Bir xil quvvatli bir xil konstruktiv yasaliqli transformatorlarni qo'llashga harakat qilinadi. Bu holda bittita transformator ishdan chiqan paytda uni almashtirish osonlashadi, zavod rezervining nomenklaturasi qisqaradi. Transformatorlarning quvvati korxona (rayon) aktiv nagruzkasi va korxona elektroenergiyani minimal iste'mol qilingan davrdagi sistemadan uzatiladigan reaktiv quvvat bilan aniqlanadi.

$$S_m = \frac{S_{xis}}{K_b N} = \frac{\sqrt{P_{xis}^2 + Q_{xis}^2}}{K_b N} \quad (7.1)$$

bu yerda S_m -transformatorning hisoblab aniqlangan quvvati; S_{xis} -korxona nagruzkasining hisoblab aniqlangan quvvati; Q_{xis} -hisoblab aniqlangan reaktiv quvvat, bu reaktiv quvvatni korxona nagruzkaning maksimumi davrida iste'mol qiladi reaktiv quvvat kompensatsiyasi hisobga olingan yoki hisobga olinmagan holda; K_b - transformatorning bandlik koeffitsienti (ish bilan band bo'lish koeffitsienti); N - podstansiyadan transformatorlar soni. Hisoblab aniqlangan nagruzkasi sifatida ETS ning maksimal aktiv nagruzkasi emas, eng band smena paytidagi o'rtacha nagruzkasi qabul qilinishi mumkin.

Transformatorlarning bandlik koeffitsienti kattaligini quyidagicha qabul qilish mumkin:

- 1 kategoriya iste'molchilari ko'pchilikni tashkil etganda $K_b = 0,6-0,7$;
- 2 kategoriya iste'molchilari ko'pchilikni tashkil etganda $K_b = 0,7-0,8$;

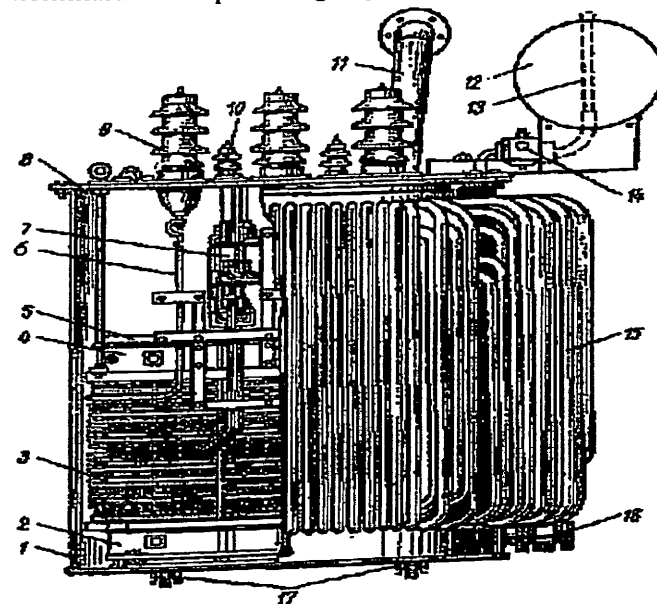
- 3 kategoriya iste'molchilari uchun $K_b = 0,9-0,95$.

Transformatorlarning quvvati shunday tanlab olinishi kerakki transformatorlardan biri ishdan chiqqan paytda, uning rezervlovchi ikkinchi transformator o'ziga hamma nagruzkani qabul qilib olishga qodir bo'lsin normal va avariya peregruзкаlarini hisobga olgan holda.

Transformatorning nominal quvvati hisoblab aniqlangan quvvatga S_m teng yoki undan katta qilib tanlab olinadi.

$$S_{m.nom} \geq S_m$$

Ammo transformatorning nominal quvvatini hisoblab aniqlangan quvvatdan kam qilib tanlab olish ham mumkin, agar transformatorning faktik bandlik koeffitsienti avariya dan keyingi rejimda 1,6 dan ortiq bo'lmasa. Transformatorning yo'l qo'yib bo'lmaydigan peregruзкаsi bo'lmasligi uchun, tok bo'yicha avtomatik razgruзка nazarda tutilishi kerak 1,4 nominaldan ortiq bo'lmagan peregruзкаgacha.



7.14-rasm. Yog'li sovutishga yega uchfazali transformator: 1 - bak; 2,4 - tortib turuvchi balkalar; 3 - past kuchlanish chulg'amlari; 5 - magnitoo'tkazgich; 6 - YuK chulg'ami uchi; 7 - PK chulg'ami uchi; 8 - magnitoo'tkazgich; 9 - YuK izolyatorlari; 10 - PK izolyatorlari; 11 - saqligich qopqoq; 12 - kengaytirgich; 13 - yog'ko'rsatgich; 14 - gaz relesi; 15 - radiator; 16 - to'kish krani; 17 - g'ildiratgichlar.

Shaxsiy ehtiyojlar priyomniklarni ta'minlash uchun BPPda shaxsiy ehtiyojlar transformatorlari o'rnatiladi. Bittatransformatorli BPP da $S_m \geq S_{xis}$ quvvatli bitta transformator qo'llaniladi. Shaxsiy ehtiyojlar transformatorlarining quvvati bosh transformator quvvatining taxminan 1% ni tashkil qiladi 630kVA dan oshmaydi.

Ikkittransformatorli podstansiyalarida quvvati 630kVA dan oshmaydigan soni ikkitadan kam bo'lmagan transformator ishlatiladi.

7.14-rasmda transformatorning umumiy ko'rinishi tasvirlangan.

Transformator bakida bir magnito o'tkazgich 5 joylashtirilgan yuqori kuchlanish (YuK) va past kuchlanish (PK) chulg'amlari 3 bilan. Chulg'amlar dumaloq yoki to'rtburchak kesimli elektrotexnik mis yoki aluminiydan yasaladi. YuK chulg'amlarining uchlari 6 izolyatorlar 9 orqali olib chiqiladi, PK chulg'amlarining uchlari 7 esa izolyatorlar 10 orqali olib chiqiladi. Magnitoo'tkazgich 5 elektrotexnik po'lat listlaridan yasaladi, bu listlar pastki 2 va balandagi 4 balkalar bilan tortib turiladi. Transformatsiya koeffitsientini boshqarish pereklyuchatel 7 orqali amalga oshiriladi. Transformator baki 1 yog' bilan to'ldirilgan. Yog' chulg'amlarining izolyatsiyasi uchun ularni sovutish uchun xizmat qiladi. Yog'ning o'zi esa bakda va radiator trubalarda 15 sirkulatsiya bo'lishi hisobiga soviydi. Isish va sovushdagi yog' hajmining o'zgarishini kompensatsiya qilish uchun kengaytirgich 12 o'rnatilgan. Kengaytirgichni bak bilan ulab turuvchi truboo'tkazgichda yog' ko'tsatgich 13 va gaz relesi 14 bor. Qisqa tutashuv paytida bak ichida bosim keskin oshib ketadi. Bakning shikastlanishining oldini olish maqsadida qopqoq 8 da saqlagich truba 11 o'rnatiladi. Trubaning tashqi uchi membrana bilan yopilgan bo'lib, bu membrani yuqori bosim paytida yorilib ketadi va yog'ning bir qismi tashqariga chiqarilib tashlanadi. Yog'ni to'kib tashlash uchun kran 16 xizmat qiladi. Transformatorni qo'chirish paytida g'ildiratgichlar 17 qo'llaniladi.

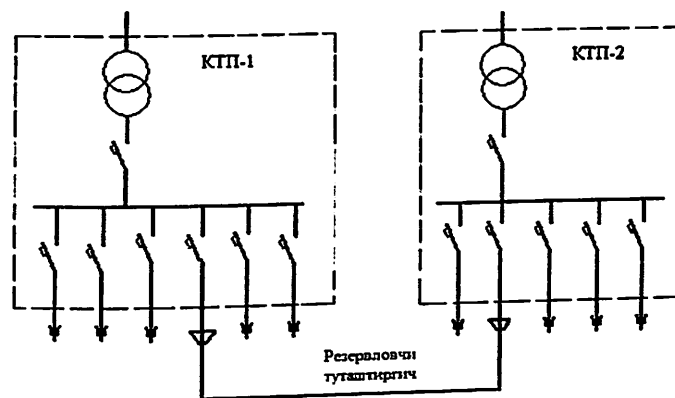
Iste'molchilar TPlarida transformatorlar konstruktiv xususiyatlari bo'yicha o'rnatish usuliga – tashqi yoki ichki – qarab tanlab olinadi. Transformatorlarning soni va quvvati xuddi BPPlardagi kabi, 1000 V gacha kuchlanishdagi elektropriyomniklar elektrotaminotining ishonchlilik kategoriyasiga va reaktiv quvvat kompensatsiyasiga bog'liq.

1 va 2 kategoriya priyomniklarining soni ko'proq bo'lgan paytda ikkitransformatorli podstansiyalar qo'llaniladi. Nagruzkalarning sutka-

lik yoki yillik grafigi notekis bo'lganida ikkitransformatorli podstansiyalarning qo'llanilishi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Ishdan chiqqan transformatorni almashtirish vaqtiga elektrotaminotda tanaffusga yo'l qo'ya oladigan 3 kategoriya elektropriyomniklari mavjud bo'lgan paytda yoki ikkilamchi kuchlanish liniyalari bo'yicha qo'shni TPlardan rezervlash paytida bittatransformatorli podstansiyalar qo'llaniladi (5.26-rasm)

Rezervlash rezervlovchi tutashtirgichlar yoki aloqa liniyalari bo'yicha amalga oshiriladi. Bullar ikkita podstansiyaning o'zaro bog'laydilar va zarur bo'lganda bitta transformator shinalaridan boshqa transformator shinalariga elektroenergiyani uzatadilar.



7.14-rasm. Bittatransformatorli TPlardan elektrotaminot qoshida rezervlash

6.7. Transformator postansiyalari o'rnatiladigan joyini tanlab olish

Energiyani ko'p talab qiluvchi korxonalar va qurilishlarda ETSdagi tok manbalarining o'rnatilishi joyini to'g'ri tanlab olish katta ahamiyatga ega ratsional taqsimlash tarmog'ini qurish uchun. Hamma quvvatlar va kuchlanishlarning podstansiyalari o'zlariga ulanadigan elektr nagruzkalar markaziga (ENM) masimal yaqinlashtirilgan bo'lishlari kerak. Bu o'tkazgich materiallarni sarf qilish va taqsimlash tarmog'ida elektroenergiya yo'qotilishlari bo'yicha eng yaxshi texnikoekonomik ko'rsatkichlarni ta'minlaydi, ya'ni keltirilgan xarajatlarning minimumini ta'minlaydi. Korxona (qurilish) territo-

riyasida podstansiyalar joylashuvining eng foydali variantini tanlab olish uchun nagruzkalarning kartogrammalari quriladi. Nagruzka kartogrammasi ishlab chiqarish xonalari planida elektropriyomniklarning joylashuvi kartasidir. Elektropriyomniklarning nagruzkalari doiralar bilan tasvirlanadi va doiralarning yuzi priyomnikning quvvatiga mos kattalikda bo'ladi. 7.15-rasmda remont sexi elektr nagruzkalarining kartogrammasi ko'rsatilgan. Kartogrammada priyomniklarning koordinatalari (X_i , Y_i), ularning quvvatlari P_i berilgan. Aktiv nagruzkani xarak-terlovchi doiraning radiusi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

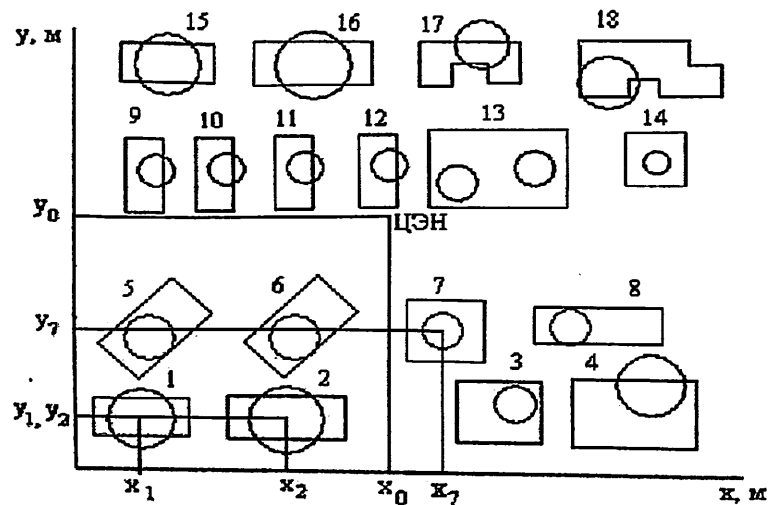
$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}} \quad (7.2)$$

Bu yerda m – doira yuzini aniqlash uchun masshtab.

Agar massalar va elektr nagruzkalar o'rtasida analogiya o'tkazilsa, ENM geometrik og'irlik markazi bilan mos tushadi. Uning koordinatalari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} ; Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (7.3)$$

bu yerda X_i , Y_i – nagruzkaning koordinatalari, P_i – nagruzkanining nominal yoki hisoblab aniqlangan quvvati; n – elektropriyomniklar soni.



6.15 – rasm. Ob'ekt elektr nagruzkalarining kartogrammasi.

Zarur bo'lganida reaktiv nagruzkalarning kartogrammasi quriladi. Reaktiv nagruzkani xarakterlovchi doira radiusi va reaktiv nagruzkalar markazining koordinatalari (7.2) va (7.3) formulalar bo'yicha aniqlanadi ulardagi P_i ni Q_i ga almashtirib.

Aktiv va reaktiv nagruzkalarning kartogrammalari alohida quriladi, yoki ularni bitta kartogrammada birgalikda joylashtiriladi. Bunda nagruzkalarni xarakterlovchi doiralarning aylanalari turli xildagi chiziqlar bilan ko'rsatiladi. Kartogrammada har bir doira sektorlarga bo'linishi mumkin. Sektorlar, masalan, kuch va yoritish nagruzkalariga tegishli bo'lishi mumkin.

Aktiv va reaktiv nagruzkalarning hisoblab aniqlangan markazlarida iste'molchilarning (sexlarning) TP larini va reaktiv quvvat manblarini joylashtirishga harakat qiladilar. Reaktiv quvvat manbai sifatida, masalan, komplekt kompensatsiyalovchi moslama (KKM) qo'llanilishi mumkin. Ko'p xollarja KKM ni sex TP sining xonasiga joylashtirishadi, shuning uchun sexlarning aktiv va reaktiv nagruzkalarining faktik markazlari bir joyda bo'ladi deb hisoblash kerak. Aktiv va reaktiv nagruzkalarining markazlari bir joyda ustma-ust tushmaydi, agar KKM lar sex ichidagi taqsimlash punktlariga va shina o'tkazgichlarga ulangan bo'lsalar. Sexda sexchi podstansiyalarini (KTP) ENM ga yaqin joylashtirishga harakat qilinadi. Ular kolonnalarning orasiga, ko'taruvchi kranlar xizmat ko'rsatishining "o'lik zonasiga" antresollar tagiga joylashtiriladi, sexning foydali yuzasidan ishlab chiqarish ehtiyojlari uchun maksimal foydalanish maqsadida.

Tashqarida o'rnatiladigan KTP lar maydonchada planirovka sathidan 0,2 m dan kam bo'lmagan balandlikda joylashtiriladi. Qalin qor yog'adigan rayonlarda esa 1-1,2 m balandlikda o'rnatiladi.

IV. BOB. ELEKTRONIKA

7. Elektron asboblari va turlari

Elektronika - elektronlarning turli sharoitlarda (vakuumda, gazlarda, suyuqliklarda, qattiq jismlarda) harakatlanishi bilan bog'liq hodisa va jarayonlarni o'rganadigan, elektron asboblari va ular asosida (bazasida) elektron qurilmalari hamda ularni ekspluatatsiya qilishni o'rgatadigan fandir. Elektronika fani elektrovakuum va ionli asboblari paydo bo'lgan vaqtdan boshlab rivojlana boshladi. Elektrovakuum va ion asboblariining ko'p energiya iste'mol qilishlari, ishonchliligining kichikligi, katta massa va o'lchamlarga egalik kabi ko'rsatkichlari elektronikaning keyingi rivojlanishiga hamda kengroq qo'llanilishiga to'sqinlik qila boshladi. hozirgi vaqtda elektrovakuum asboblari elektronikada cheklangan qo'llanishga ega bo'lsalar, ion asboblari esa asosan indikatsiya elementlari sifatida qo'llaniladilar.

Elektronikaning keyingi rivojlanishida yarimo'tkazgich asboblarning yaratilishi (1948-1950 yillar) katta ahamiyatga ega bo'ldi. Elektronikaning hozirgi vaqtdagi rivojlanish bosqichi elektron apparaturaning qo'yiladigan masalalarining qiyinlashuvi natijasida uning murakkablashuvchi bilan xarakterlanadi. Bunday holat elektron texnikasida diskret komponentlarining qo'llanishi elektron qurilmalarga qo'yiladigan asosiy talablar: massa va o'lchamlarni keskin kamaytirish, ishonchliligini oshirish hamda iqtisodiyiligini keskin ko'tarish kabilarni hal qila olmaydi. Elektron qurilmalarga qo'yilgan bu talablarni qanoatlantirish ularda mikroelektron komponentlarni qo'llashni taqozo etadi.

7.1. Elektron asboblari.

Elektron asboblari deb shunday qurilmalarga aytiladiki, ularning ishlashi elektr tokining vakuumdan, gazdan, suyuqlikdan, qattiq jismdan o'tganida ro'y beradigan hodisalarga asoslangan bo'ladi.

"Elektron asboblari" nomining o'zi ham ularda bo'ladigan jarayonlar elektronlari harakati yoki to'g'ridan-to'g'ri elektronlari bilan bog'liqligini ko'rsatadi.

Elektron asboblari ishlashi uchun erkin holdagi elektronlari mavjud bo'lishi kerak. Erkin elektronlari qanday muhitda harakatlanishiga

bog'liq holda elektron asboblari elektrovakuum, ion (gaz to'ldirilgan) va yarim o'tkazgich kabi asboblarga bo'linadilar.

Elektrovakuum asbob deb shunday elektron asbobga aytiladiki, uning toki faqat erkin elektronlarning vakuumda yo'nalishli harakatiga asoslangan bo'ladi. Har qanday elektrovakuum asbob havosi so'rib olingan, ya'ni vakuum hosil qilingan ballon ichiga joylashtirilgan ikki va undan ortiq elektrodga ega bo'lib, ulardan biri erkin elektronlari manbai-katod, ikkinchisi esa elektronlarni qabul qilib oluvchi-anod deb ataladi. Qolgan bitta yoki undan ortiq elektrodlar anod va katod oralig'iga joylashtirilgan bo'lib, ulardagi potensial katoddan chiqib anodga boradigan elektronlari sonini, ya'ni shu elektrovakuum asbobdan o'tadigan tok qiymatini boshqarish uchun xizmat qiladilar.

Elektrovakuum elektron asboblari elektrodlar soniga bog'liq hamda ikki elektrodli - diodlar, uch elektrodli - triodlar va ko'p elektrodli - tetrodlar va pentodlarga bo'linadilar.

Vakuum diodlar chastotani o'zgartirish va elektrozuqa manbalarini tayyorlashda o'zgaruvchi tokni o'zgarmas tokka aylantirishda qo'llaniladilar.

Vakuumli triod va ko'p elektrodli elektron lampalari esa generator va kuchaytirgichlarda elektr to'lqinlarini hosil qiluvchi va kuchaytiruvchi element sifatida qo'llanadilar.

Elektrovakuum asboblari asosida yaratilgan elektron qurilmalarning massa va o'lchamlari katta iqtisodiyiligi va ishonchliligi past bo'lganligi sababli hozirgi vaqtda ular o'rmini o'lcham va massalari juda kichik, iqtisodiyiligi va ishonchliligi juda yuqori bo'lgan yarimo'tkazgich asboblari olgan.

7.2. Ion (gaz to'ldirilgan) asboblari.

Ion asboblarning tuzilishlari vakuum asboblardan shu bilan farqlanadiki, elektrodlar joylashtirilgan ballon ichida vakuum hosil qilingandan keyin uning ichi inert gez (neon, ksenon, kripton, vodorod va boshqalar) yoki simop bug'i bilan to'ldiriladi.

Ion asboblarning elektr o'tkazuvchanligi anod-katod oralig'ida hosil bo'ladigan elektr razryadi turiga bog'liqdir.

Elektr razryadi deb, elektr tokinig gaz yoki smop bug'i orqali o'tishiga aytiladi.

Ion asboblarda asosan burqsima va yoyli elektr razryadlari qo'llaniladilar. Burqsima razryadga tokning nisbatan kichikligi (bir necha 10 milliamper) va bu tokning biror minimal va maksimal qiymatlari oralig'ida kuchlanish qiymatlarining o'zgarishligi xosdir.

Yoyli razryad tokining kattaligi (bir necha yuz A) va kuchlanish pasayish qiymatining kichikligi (10-30 V) bilan boshqa razryadlardan farqlanadi.

Ion asboblarda, vakuumli asboblardan farqli ravishda normal ishlagan vaqtida o'zidan yorug'lik sochadi. Bu hodisaning sababi shuki, katoddan chiqqan elektron anod tomon harakat davomida to'ldirilgan gaz molekulalari bilan to'qnashib, uni uyg'onish holatiga keltiradi, ya'ni gaz atomining valentli elektroni tashqaridan (elektronidan) qo'shimcha energiya olib, yuqoriroq energetik sathga (qobiqqa) o'tadi va bu yerda qisqa vaqt (10^{-7} s) bo'lib, yana o'z qobig'iga qaytadi. Qaytish vaqtida to'ldiruvchi gazga bog'liq holda ortiqcha energiya turli to'lqin uzunlikdagi yorug'lik kvanti sifatida sochiladi.

Ion asboblarining bu xususiyati ularni yorug'lik indikatorlari sifatida qo'llash imkonini beradi.

Burqsima va yoyli razryadlarga asoslangan turli ion asboblarda ishlab chiqilgan va ular elektron texnikaning rivojlanishida katta ahamiyatga ega bo'lganlar. Lekin ion asboblarining ham, vakuum asboblari kabi, massa va o'lchamlari nisbatan juda katta, iqtisodiyligi, ishonchiligi pastdir. Shuning uchun yarim o'tkazgich asboblari paydo bo'lganidan keyin ion asboblarining burqsima razryadlariga yorug'lik indikatorlari sifatida qo'llaniladilar.

7.3. Elektrovakuum fotoelektron asboblari.

Fotoelektron asboblarining fotoelementlari ishlashi fotoelektron emissiyaga asoslangan bo'lib, yorug'lik energiyasini elektr energiyaga o'zgartirib berish uchun xizmat qiladi. Erkin elektronlarning harakatlanish muhitiga bog'liq holda fotoelektron asboblari vakuumli va gaz to'ldirilgan bo'ladilar. Hozirgi vaqtda vakuumli fotoelementlari keng ko'lamda qo'llanishga ega bo'lib, ikkita elektrodan tarkib topgan bo'ladilar. Ulardan biri fotokatod bo'lib, elektronlari manbai bo'lib xizmat qiladi, ikkinchisi esa, fotoelektronlarni yig'uvchi anoddir.

Fotoelementlarning asosiy tavsiflariga quyidagilar kiradi:

Volt amper, yorug'lik, spektral koeffitsientlar.

Volt-amper tavsifi.

Berilgan va o'zgarish yorug'likda fototok qiymatining anod kuchlanishiga bog'liqligi fotoelementning Volt-amper tavsifi (VAT) deb ataladi, ya'ni

$$I_{\phi} = f(U_a) | \phi = \text{const.}$$

Vakuumli fotoelementlarning namunaviy VATi (1-rasm) tasvirlangan.

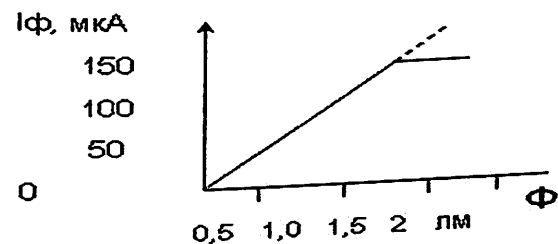
Rasmdan ko'rinadiki, tavsif bir biridan keskin farq qiladigan ikkita qismdan iborat. Anoddagi kuchlanish kam bo'lgan vaqtda (1-qism) katod oldida fotoemissiya natijasida chiqqan elektronlari elektron bulut ya'ni manfiy hajmiy zaryad hosil qiladilar va natijada hamma elektronlari ham anodga bora olmaydilar. Anod kuchlanishi U_a osha borgan sari elektron bulutdan anodga borib tushadigan elektronlarning soni ortib, tokning o'sishiga olib keladi.

Tavsifning II-qismida katod oldida hosil bo'lgan elektron buluti yo'qolib, fotokatoddan chiqqan barcha elektronlari anodga kelib tushadilar. Stoletov qonuniga binoan yorug'lik oqimining kuchayishi fototokning ortishiga olib kelganligi uchun katta yorug'likka tokning katta qiymati to'g'ri keladi.

Yorug'lik tavsifi: Anoddagi kuchlanish berilgan va o'zgarish bo'lganida fototokning yorug'lik oqimiga bog'liqligi yorug'lik tavsifi deb ataladi, ya'ni

$$I_{\phi} = f(\lambda) | U_a = \text{const.}$$

Rasmdan ko'rinib turibdiki, yorug'lik tavsifi yorug'likning katta o'zgarish oralig'ida chiziqlidir, chunki Stoletov qonuniga binoan fototok yorug'lik oqimining jadalligiga to'g'ri proporsional-dir, ya'ni $I_{\phi} = kF$.



8.1-rasm

Nazorat savollari

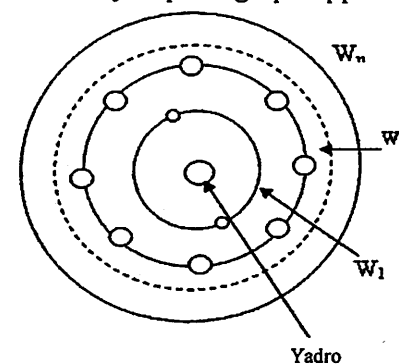
1. Qanday asboblarga elektron asbob deyiladi?
2. Qanday sababga kura elektron asboblar turli xillarga bulinadilar?
3. Elektrovakuum asboblarda tok kiymati nimaga boglik?
4. Ion asboblarda tok kiymati nimaga boglik?
5. Fotoelektron asboblarda tok kiymati nimalarga boglik?

8. YARIM O'TKAZGICH ASBOBLAR

8.1. Yarim o'tkazgich asboblar

Elektron nazariyasiga binoan hamma jisimlar nihoyatda kichik zaralar-atomlardan tashkil topgandir. O'z o'mida atom ham yanada kichikroq zaralardan hosil bo'lganki, ular elektron, proton va neytron deb ataladilar. Elektronlar manfiy va musbat zaryadli o'zaro tengdir. Neytronlarning zaryadi nolga teng. Protonlar va neytronlar yadroni hosil qilinadi va uning atrofida ma'lum qobiq (orbita) bo'ylab elektronlar harakatida bo'ladilar. Qobiqlar soni qattiq jisimga bog'liq holda turlicha bo'ladi va ular o'zaro o'zlariga tug'ri keladigan energiyalar bilan farqlanadilarki, ularning qiymatlari yadroga nisbatan ortib boradi, Ya'ni $W_1 < W_2 < \dots < W_n$ (9.1-rasm). Shuning uchun ham ichki elektron qobiqlar butun, tashqisi esa qisman to'lgan bo'adilar.

Har bir qobiqdan elektronlar qattiq jisimga bog'liq holda Pakli prinsipi asosida joylashgan bo'ladilar. Birinchi kobikda elektronlar soni ikkitadan, ikkinchi va uchinchi qobiqlarda sakki-ztadan, to'rtinchisida o'ntadan, beshin-chisida esayana sakkiztadan oshmasligi kerak va xakozo. Biror qobiqda joylashgan elektron yuqorirok qobiqqa o'tishi uchun tashqaridan qobiqlar energiyalari farqiga teng energiya olishi kerak. Shundagina elektron yuuqoridagi qobiqqa o'tadi.



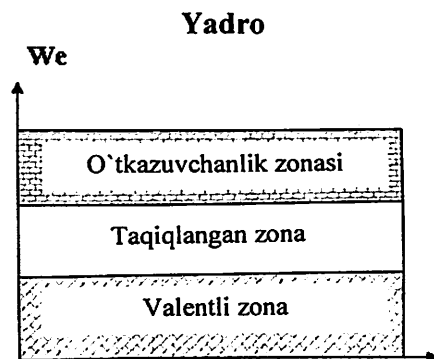
9.1-rasm

Uning bu holati *qo'zg'alish holati* deyiladi. Elektron holatida juda qisqa vaqt ($\approx 10^{-9}$ sek) bo'ladi va undan so'ng o'zining qobug'iga

(holatiga) qaytad. Qaytish vaqtida elektronning ortiqcha energiyasi elektromagnit to'liqlari ko'rinishda tarqaladi.

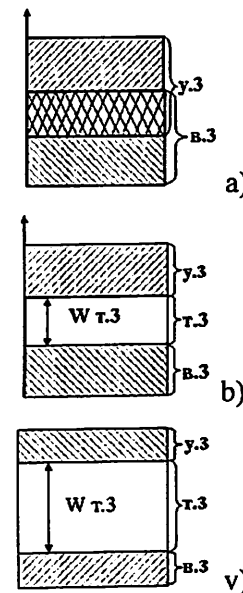
Qattiq jismlarda atomlarning o'zaro ta'siri sababli energetik sathlarning siljish va ajralishi ro'y berishi natijasida qiymatlar o'zaro yaqin bo'lgan eneogetik sathlardan tashkil topgan *eneogetikzonalar* hosil bo'ladi. Valentli elektronlar energetik sathlari ajralishi natijasida *valentli zona* hosil bo'ladi. Elektronsiz energetik sathlarning bo'lishi esa *o'tkazuvchanlik zona* ning tashkil topishiga olib keladi. Bu ikkala zonalar o'zaro energetik sathlar bo'lmagan oraliq bilan ajralib turadi. Bu oraliq taqiqlangan zona deb ataladi. Bu energetik zonalar 3-rasmda tasvirlangan.

Qattiq jismda elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'lishi uchun valentli zonada joylashgan elektron o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi shart. Bu zonalar oralig'ida taqiqlangan zona mavjudligi elektronning valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi uchun unga tashqaridan taqiqlangan zona kengligidan katta bo'lgan energiya berish kerakligini taqozo etadi. Tashqaridan berilgan energiya issiqlik. Yorug'lik, elektr maydon va hakoza ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.



9.2- rasm

Taqiqlangan zona kengligi qattiq jismlarning elektr o'tkazuvchanligini belgilaydi. 9.2-rasmda elektr o'tkazuvchiligi yuqori, yarimo'tkazgich va dielektriklarning energetik zonalar diagramalari tasvirlangan.



9.3-rasm.

9.3a-rasmda elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan qattiq jismlarning energetik zonalar diagramasi tasvirlangan. 4 a -tasvirdan ko'rinib turibdiki, valentli va o'tkazuvchanlik zonalar oralig'ida taqiqlangan zona yo'qdir. Shuning uchun valentli zonadagi elektronlar osongina o'tkazuvchanlik zonasiga o'ta oladilar va demak, elektr o'tkazuvchanlik hosil qiladilar.

Valentlik va o'tkazuvchanlik zonalar oralig'idagi taqiqlangan zona bo'lmasligi metall va uning qotishmalari uchun hosidir. Bunday qattiq jismlar *o'tkazuvchilar* deb ataladilar.

Agar valentli va o'tkazuvchanlik zonalar oralig'da taqiqlangan zona kengligi 3 ev dan kichik bo'lsa, valentli zonadagi elektronlar tashqi ta'sirning ma'lum qiymatida o'tkazuvchanlik zonasiga o'ta oladilar va elektr o'tkazuvchanlik hosil qiadilar. Demak, bunday qattiq jismlarda faqat malum sharoitdagina elektr o'tkazuvchanlik paydo bo'lar ekan. Bunday xususiyatga ega bo'lgan qattiq jismlar *yarimo'tkazgich* lar deb ataladilar. (4 b-rasim).

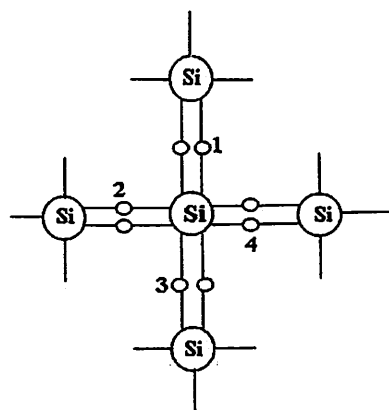
Yarimo'tkazgichlarning asosiy xususiyat va belglardan biri ular elektr o'tkazuvchanligining tashqardan ta'sir etayotgan harorat, yorug'lik, elektr maydoni, bosim va boshqalarga bog'likligidir.

O'tkazuvchanliklardan farqli ravishda yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi harorat ortganda ko'payadi, chunki bu holda valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadigan elektronlar soni (konsentratsiyasi) ko'payadi.

Taqiqlangan zona kengligi 3ev dan katta bo'lgan qattiq jismlarda tashqi ta'sirning yuqori qiymatlarida ham valentli zona elektronlarning o'tkazuvchanlik zonasiga o'tish ehtimoli kamdir va demak, elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'lmaydi. Bunday qattiq jismlar dielektriklar deyiladi.

8.2. Sof holdagi yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi.

Yarimo'tkazgich asboblari tayyorlashda ko'proq germaniy, kremniy hamda arsenid galliy, karbit kremniy, sulfid kadmii kabi birikmalar qo'llanadilar.

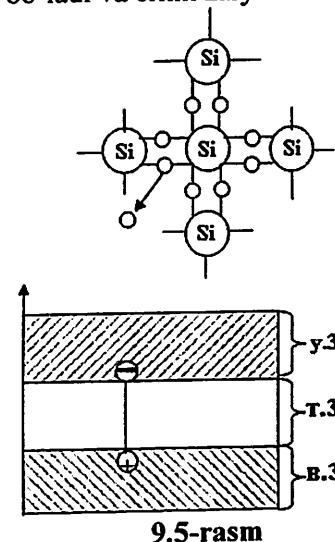


9.4- rasm

Sof yarimo'tkazgichlarda elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'lishini kremniy (Si) misolida ko'raylik. Quyidagi 5-rasmda kremniy atomlarining kovalent bog'lanishi tasvirlangan. Tasvirdan ko'rinib turibtki, atomlar orasidagi bog'lanish hosil qilishda ishtirok etayotgan valentli elektronlar bir vaqtning o'zida o'z va qo'shni atomga tegishli

bo'ladigan va ular bilan mustahkam bog'likdirlar. Bog'lanish hosil qilishda ishtirok etmaydigan, ya'ni erkin elektronlar yo'qdir. Shuning uchun absolyut harorat nol bo'lgan holatida bu yerda elektr o'tkazuvchanlik ham nolga teng bo'ladi.

Agar bu yarimo'tkazgichga biror tashqi omil ta'sir etsa, bog'lamdagi (valentli zonadagi) elektronlar qo'shimcha energiya oladilar va to'liq energiyasi taqiqlangan zona kengligi qiymatiga teng yoki undan katta bo'lgan elektron valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadi (atomlar kovalent bog'lamdagi elektronlardan biri bog'lanishdan ozod bo'ladi va erkin zaryad hosil bo'ladi (rasim-6).



9.5-rasm

Elektron atomlar orasidagi bog'lanishdan ozod bo'lganida (valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tganida) uning o'rni bo'shab qoladi. Bu bo'sh o'rni *kavak* deb atalib, qiymati elektron zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryadga ega bo'ladi. Elektron kavak juftligi hosil bo'lishi jarayoniga *zaryadlar generatsiyasi* deyiladi. Kavak musbat zaryadga ega bo'lgani uchun qo'shni kovalent bog'lanishlardagi elektronlardan birini o'zi qo'shib olishi mumkin. Buning natijasida avvalgi uzilgan bog'lanish qayta tiklanadi. Bu hodisaga *rekombinatsiya* deyiladi.

Demak, rekombinatsiya natijasida elektron kavak juftligi yo'qolar ekan. Harakatga muvofiq ravishda elektron va kavaklarning ma'lum bir

konsentratsiyalari hosil bo'ladiki, ularni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$n_i = P_i = M_e - \Delta W T \cdot 3/2KT \quad (9.1)$$

bu yerda M-yarimo'tkazgich materiali bilan aniqlanadigan koefitsent.

($M=5 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$ - germaniy uchun, $M=5 \cdot 10^{20} \text{ sm}^{-3}$ - kremniy uchun)

n_i - erkin elektronlar soni 1 sm^3 sof yarimo'tkazgichda

$P_i - 1 \text{ cm}^3$ sof yarimo'tkazgichda kovak kengligi.

$\Delta W \cdot 3 =$ taqiqlangan zona kengligi.

K - Bol'sman doimiyliigi.

T - absoyult harorat.

Agar yarimo'tkazgichga elektr maydani ta'sir etsa, erkin elektronlar va kavaklar qarma-qarshi yo'nalishda tartibli harakat qiladilar va ularining har biri o'z elektr o'tkazuvchanligini hosil qiladilar.

Erkin elektronlar hosil qiladigan elektr o'tkazuvchanlik elektron o'tkazuvchanlik kavaklvr hisobtgga hosil bo'ladigan elektr o'tkazuvchanlik esa *kavak o'tkazuvchanlik* deb ataladi. Demak, sof yarimo'tkazvchning elektr o'tkazuvchanligi elektron hamda kavak o'tkazuvchanliklardan tashkil topgan bo'lar ekan, ya'ni sof yarimo'tkazgichdan o'tadigan elaktr toki elektron va kavak toklar yig'indisiga teng ekan:

$$J = J_n + J_p \quad (9.2)$$

Bu yerda

J - umumiy tok zichlini, A/cm^2 ;

J_n - elektron tashkil etuvchi tok zichlini;

J_p - tokning kavak tashkil etuvchisi zichligi.

Sof holdagi yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi uncha katta bo'lmaydi, chunki zaryadlar generatsiyasi va rekombinatsiyasi natijasida zaryadlar juftligi konsentratsiyalari xaroratining yuqori qiymatlarida ham biror katta bo'lmagan miqdorda saqlanib qoladilar. Shuning uchun yarimo'tkazgich asboblari, asosan arlashmali yarimo'tkazgichlar asosida tayyorlanadilar.

8.3. Aralashma yarmo'tkazgichlar va uning elektr o'tkazuvchanligi

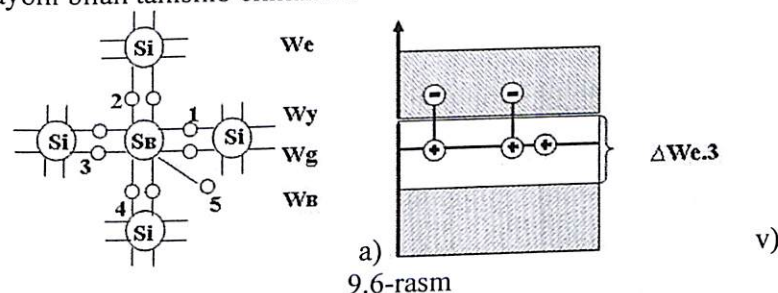
Sof holdagi yario'tkazgichlar tarkibiga boshqa elementlar aralashtirishi (kiritilishi) ularning elektr o'tkazuvchanligini keskin oshiradi.

Yuqorida ko'rib o'tdikki, yarimutkazgichlarda elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'lishi uchun ularda erkin holdagi elektron yoki kavaklar mavjuti shart ekan. Shuning uchun yarimo'tkazgichda qanday erkin zariyad hosil qilishga bog'lik holda aralashtiruvchi element tanlab olinadi, natijada faqat elektron yoki kavak o'tkazuvchanlika ega bo'lgan aralashmali yarimo'tkazgich hosil kilinadi.

Agar aralashtiruvchi element kiritilshi natijasida yarimo'tkazgichda erkin elektronlar konsentratsiyasi (soni) ortsa, bunday aralashtiriluvchi element *donor* element, hosil bo'lgan aralashmali yarimo'tkazgich esa *donorli* yarimo'tkazgich deb ataladi.

Agarda aralashtiriluvchi element kiritilshi natijasida yarimo'tkazgichda kavaklar soni ko'paysa, bunday elementga *akseptor* hosil bo'lgan aralashmali yarimo'tkazgichga *akseptor* yarimo'tkazgichlar deyiladi.

Bunday aralashmali yarimo'tkazgichlarining hosil bo'lishi jarayoni bilan tanishib chikamiz.



9.6-rasm

Aytaylik (faraz kilaylik), kurib utilgan sof holdagi kremniy (germaniy) kristalliga valentligi beshga teng bo'lgan element (Bor, Mishyak, Surma, Fosfor), masalan surma aralashtiraylik (Rasm 9.6a). Bunda surma atomning beshta valentligi elektronlardan turtasi kremniy atomlari bilan kovalent boglanish hosil kilishad ishtirok etadilar, beshinchimi esa boglamagan holda, ya'ni erkin xolatida buladi, va natijada bu aralashmali yarimo'tkazgich elektr o'tkazuvchanligi-ning

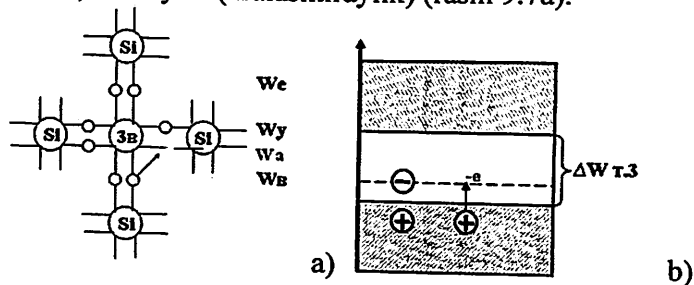
elektron tashkil etuvchisi keskin ortadi. Bunday aralashma yarimo'tkazgichlar *elektron o'tkazuvchanlik* yoki kiskacha *n-xil* yarimo'tkazgichlar deb ataladi.

n-xil yarimo'tkazgichlar energetik diagramasida (rasm 9.6 b) donor element atomlari takiklangan zonada o'tkazuvchanlik zonasiga yaqin joylashgan donor satx deb ataladigan energetik satxlar hosil kiladi.

Donor energetik satxdan o'tkazuvchalik zonaning engpastdagi energetik satxigacha bo'lgan masofa, ya'ni $W_y = W_g = \Delta W_g$ takiklangan zona kengiligiga nisbatan juda kichik bo'lganligi sababli ($\Delta W_g \ll \Delta W_t$) deyarli uy xaroratida donor satx elektronlarisongina o'tkazuvchanlik zonasiga utadilar ʻnʻ yarimo'tkazgichdan utadigan tok tashkti etishida ishtirok etadilar. donor element atomidan valentlik elektron ketishi natijasida u musbat zaryadli ionga aylandi. Bu musbat ionlar elektronlardan farkliravishda, asosiy yarimo'tkazgich kristallda uning atomdlari bilan mustaxkam boglanganligi sababli kuzgalmas buladilar.

Shunday qilib, berilgan xaroratda o'tkazuvchanlik zonasiga donor satxidan utgan elektronlar konsentratsiyasi (n_n) issiklik generatsiyasi natijasida hosil buladigan kavaklar konsentratsiyasiiga (P_n) nisbatan juda katta buladi, ya'ni $n_n \gg P_n$. Shuning uchun *n-xil* yarm o'tkazgichda elektronlar asosiy zaryad tashuvchilar, kavaklar esa noasosiy xisoblanadilar.

Endi sof kremniy kirstalliga uch valentli element(alyuminiy, galiy, indiy,...) kiritaylik (aralashtiraylik) (rasm 9.7a).



9.7-rasm

Bu aralashtiralayotgan elementlar da fakatgina uchta valentli elctron bo'lgani sababli, ular kushni kermniy atomlarning uchitasi bilan

kovalent boglanish hosil kiladi, turtinchisi esa bush koladi va unikushni kremniy atomlarning elektrolari osongina egalash mumkin. Natijada elektrn ketgan kovalent boglanishda kavak hosil buladi (rasm 9.7a) va akseptor element atomi esa manfiy ionga aylanadi (rasm 9.7 b). Sof yarimo'tkazgich kristal konsentratsiyasi shuncha katta buladi va natjada bu aralashmali yarimo'tkazgich elektir o'tkazuvchanligning kavak tashki etuvchisi katta kiymaiga ega buladi. Bunday aralashma yarimo'tkazgichlar *kavak o'tkazuvchanli* yoki *r-xil* yarimo'tkazgichlar deb ataladi. *R-xil* yarimo'tkazgich energetik dagrammasida akseptor element atomlari takikilangan zonada valentli zonaga yaqin akseptor satx debataluvchi energetik satxlar hosil kiladilar va bu satx bilan valentli zonaning eng yuukorigi energetik saix orlig, ya'ni $\Delta W_a = W_n - W_v$ takiklangan zona kengligi ΔW_t nisbatan judakichik buladi (rasm 9.7 b). Shu sabablivalentli zonada kavaklar xosi buladi va osongina akseptor elementi konsentratsiyasiga boglik bo'lgan kavaklar soni bilan belginaladi. *R-xil* yarimo'tkazgich uchun kavaklar (R_r) saosiy, elektronlar (N_p) esa nasosiy zaryad tashuvchilardir, ya'ni $R_r \gg N_p$.

Shunday qilib aralashma yarimo'tkazgichlarda asosiy zaryad tashuvchiilar konsentratsiyasi aralashtirilayotgan element xisobiga, noaslsiy zariyad tashuvchilvr konsentratsiyasi esa issiklik generatsiyasi natijasida hosil bular ekan. Aralashtiriladigan element konsentrat-siyasiga boglik holda aralashma yarimo'tkazgichlarning solishtirma elektro'tkazuvchanligi sof yarimo'tkazg-ichlarnikiga nisbatan bir necha un, xatto yuz ming marta katta bo'lishi mumkin.

Aralashma yarimo'tkazgchning uzga xos xususiyati shundan iboratki, berilgan xaroratda asosiy va noasosiy zaryadlar konsentratsiyalarning kupaytmasi uzgarmas buladi va kuyidagicha aniklanadi:

$$N_n \cdot P_n = P_p \cdot N_p = P_i \cdot N_i = M^2 e^{-\Delta W_{T.3} / 2KT}$$

Bu tenglikdan kurinadiki, asosiy xamda noasosiy zaryadlar konsentratsiya-lari xaroratga boglik holda uzgarar ekan. Shuning uchun yarimo'tkazgich asboblar mu'tadil (normal) ishlash ishchi xaraoratni xam yukoridan xam kuyidan chegaralashni takozo etadi, chunki xaroratning xaddan tashkari kutarilishi $R_n \gg N_n$. va $R_r \gg N_p$ nisbatni buzlishigaolib keladi. Germaniy yarimo'tkazgichlari uchun xaraoratnin yukori chegarasi $70^\circ S$, kremniy uchun esa $120^\circ S$.

Xaroratning paspyshi aralashma yarimo'tkazgichlarda kushiladgan elementning ionlashga atomlar konsentratsiyasini kamayishiga va demak, asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini kamayishiga

sababchi buladi. Yarimo'tkazgich asboblarning mu'tadil ishlayolish kuyi xarorat - 60°S gacha.

Savollar:

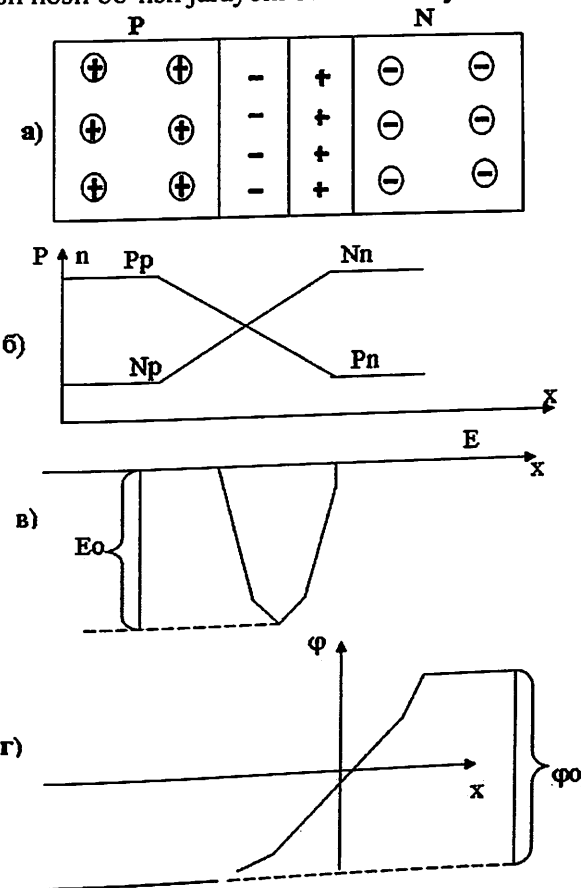
1. Takiklangan zona kengligi kattik jismlarning qanday xususiyatiga ta'sir etadi?
2. Qanday yarim o'tkazgich aralashmali yarim o'tkazgich deyiladi?
3. Asosiy va noasosiy zaryadlar deyilganda qanday zaryadlarni tushunasiz?
4. Yarim o'tkazgichdan qanday toklar utadi?
5. Aralashma yarim o'tkazgichlar qanday hosil kilinadi?
6. Xaroratning uzgarishi yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligiga qanday ta'sir etadi?
7. Yarim o'tkazgich asboblari tayyorlashda qanday yarim o'tkazgichlar kullanadilar?

9. ELEKTRON-KOVAK (P-N) O'TISH

9.1. Elektron-kovak (P-N) o'tish

Turli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlar oralig'ida hosil buladigan elektr qatlamiga elektron- kovak (r-n) o'tish deyiladi.

P-n utish hosil bo'lish jarayoni bilan tanishaylik.



10.1-rasm.

Asosiy zaryad tashuvchilar qarama-qarshi ishoraga ega bo'lgan ikki yarimo'tkazgichni o'zaro tutashtirilganda (10.1-rasm a), ularning asosiy va noasosiy zaryad tashuvchilari konsentratsiyalari bir biridan

keskin farqlanishlari (10.1-rasm b) (gradineti) natijasida zaryadlarinng diffuziyasi ro'y beradi. Bunda kavaklar *R-xil* yarimo'tkazgichdan *N-xilga*, elektronlar esa aksincha. *N-xil* yarimo'tkazgichdan *R-xilga* utadilar. Natijada, *R-xil* yarimo'tkazgichning chegara oldi qatlamida akseptor aralashmaning manfiy ionlar, *N-xil* tomonida esa donor aralashmaning musbat ionlari (rasim a) hosil bo'ladi. Shunday qilib, *R-xil* va *N-xil* yarimutkazgichlar oralig'i chegarasida ishorolari qarama-qarshi bo'lgan zaryadlarning ikkita qatlami vujudga keladi va bu qo'sh elektr qatlamda *diffuziya elektor maydoni* deb ataluvchi ichki maydon Y_e (10.1-rasm v) hamda potentsiallar farqi ϕ , ya'ni potentsial to'siq (rasm g) paydo bo'ladiki, ular asosiy zaryadlar harakatga to'sqinlik ko'rsatadilar, noasosiylani esa tezlashtiradilar. Bu ta'sirlarining kattaliklari (qiymatlari) chegarolardi qatlamda hosil bo'ladigan musbat hamda manfiy ionlar konsentratsiyalariga bog'lik bo'ladi. O'z navbatida bu ionlar konsentratsiyalari qiymatlari diffuziya natijasida chegara orqali mos tomonlarga o'tayotgan asosiy zaryadlar konsentratsiyalar bilan aniqlanadi.

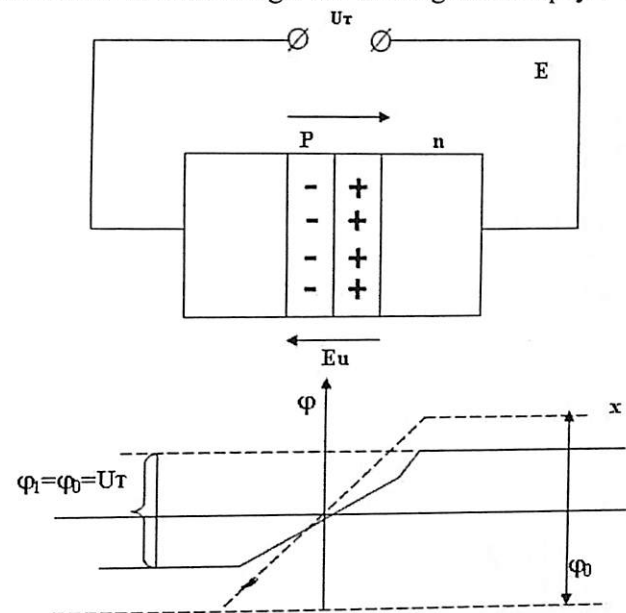
Vaqt o'tishi bilan chegara orqali mos tomonga o'tadigan zaryadlar konsentratsiyalari kamaya boradi, chunki hosil bo'lgan potentsial to'siq balandligi (ichki elektor maydon qiymati) orta boradi va uning $\phi_0(Y_{e0})$ qiymati asosiy zaryadlarning chegara orqali mos tomonlarga o'tishi to'xtaydi, chunki ulrning o'z energiyalari bunday qiymatli potentsial to'siqdan o'tish uchun yetarli bo'lmaydi.

Shunday qilib, hosil bo'lgan elektr maydoni (potentsial to'siq) asosiy zaryadlarning diffuziya harakatiga to'sqinlik qilib, noasosiy zaryadlarni dreyf harakatga keltirar ekan. Bu xar ikkala xil zaryadlar hosil kilgan toklar o'zaro tenglashganliklarida, ya'ni $I_{dif}=I_{dr}$ buganda P-n utish deyarili yopik xolatida utadi. P-n utishning bu xolatida kiymatlari juda kichik bo'lgan diffuziya va dref toklari o'zaro qarama-qarshi tommonga yunalganliklari sababli biri ikkinchisini yuk kiladi, ya'ni $I_{dif}-I_{dr}=0$ va bunga P-n utishining muvozonati xolati deyiladi.

P-n utishning muvozanati xolati unga tashkardan kuyilgan elektr maydan ta'sirida buziladi va P-n utish orkali tok utaboshlaydi. Bu tokning kiymati P-n utishga kuyilayotgan elektr maydoni yunalishiga boglik buladi.

Agar tashki elektr maydon hosil kiladigan energiya manbaining musbat kutbi *P-xil*, manfiy kutub esa *n-xil* yarimo'tkazgichlarga ulangan bulsa, hosil bo'lgan tashki elektr maydon yunalishi diffuziya

lekt r maydoni yunalishiga teskari buladi va P-N utishdagi natijalovchi elektr maydon kiymati xamda potentsial to'siq balandligi kamayai, ya'ni $\phi_1=\phi_0-U_t$ P-n utishining tashki elektr manbatga bunday ulanishi uning *tugri ulanishi* dyiladi (rasm 8) . Potentsial to'siq balandligining kamayishi sababli asosiy zaryadlarning P-n utish orkali diffuziyasi kuchayadi va natijada diffuziya toki kupayadi, ya'ni P-n utish tugri ulanganda undan utadigan $I_t=I_{dif}-I_{dr}>0$ ifoda bilan aniklanib *tugri tok* deb ataladi. Kuyilgan tugri (tashki) kuchlanish kiymati orta borishi bilan diffuziya toki I_{dif} va demak tugri tok kattaligi xam kupayar ekan.

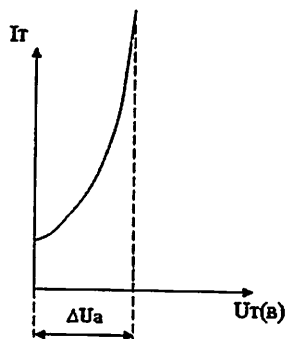


10.2 - rasm

To'g'ri tok qiymatining to'g'ri kuchlanish kattaligiga bog'liqligi P-N o'tishning to'g'ri ulanishdagi *Volt-Ampere* tavsifi deb ataladi va kuyidagi analitik ko'rinishga ega buladi.

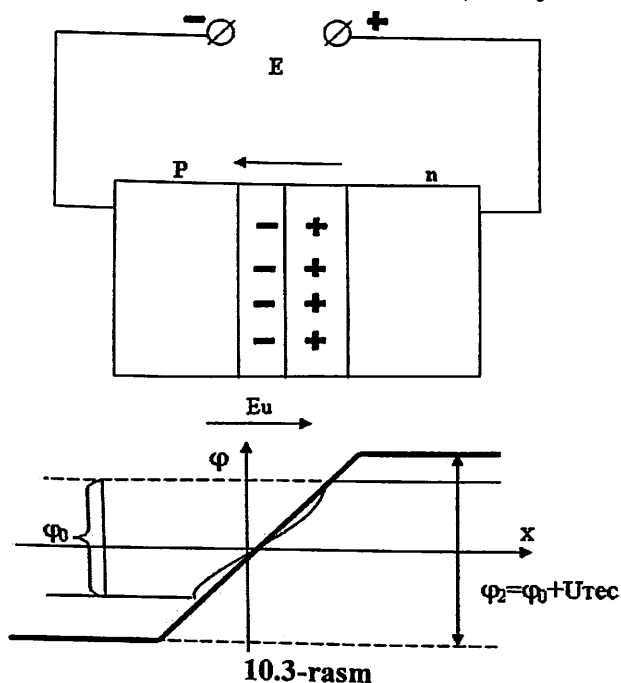
$$I_t=f(U_t)$$

Uning grafik ko'rinishi quyidagi rasmda tavsirlangan.



Bu yerda ΔU_a -P-N utish tugri ulanganida unda hosil buladigan kuchlanish pasayishi bulib, P-N utish hosil kilingan asosiy yarimo'tkazgich materialiga boglik buladi (germaniydan tayyorlangan yarimo'tkazgich asoslar uchun $\Delta U_a=0,3\div0,6V$, kremniydan tayyorlanganlar uchun esa $\Delta U_a=0,8\div1,2V$).

Endi P-N utish xususiyatini unga *teskari kuchlanish* kuyilganda, ya'ni tashki elektr manbay musbat kutbi *n-xil* yarimo'tkazgichga, manfiy kutbi esa *R-xilga* ulangan xolatini (rasm) kuraylik.



10.3-rasm

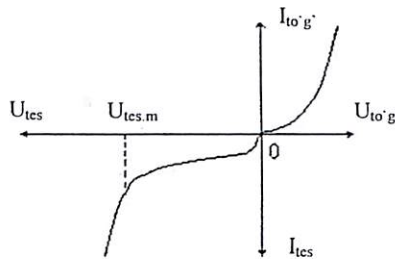
Savollar:

1. p-n utish deb nimaga aytiladi?
2. p-n utish qanday hosil buladi?
3. p-n utish orkali elektronlar kaysi yunalishda harakatlanadilar?
4. p-n utish orkali kavaklar kaysi yunalishda harakatlanadilar?
5. p-n utish orkali elektron va kavaklarning yunalishli harakati nima xisobiga sodir buladi?
6. p-n utishning chizmasini va uning tavsifini analitik xamda grafik tasvirlab, shuntirib bering.
7. p-n utishning teskari ulanish chizmasini va uning tavsifini analitik xamda grafik kurinishda tasvirlab, tushuntirib bering.
8. p-n utishning teskari toki qanday zaryadlar xisobiga hosil buladi?
9. p-n utishning kengligi uning ulanishiga boglik buladimi?
10. p-n utishning ventil xususiyati deganda nimani tushunasiz?

10. YARIM O'TKAZGICH DIODLAR

10.1. Yarim o'tkazgich diodlar

Bitta p-n o'tishdan tashkil topgan yarimo'tkazgich asbob diod deb ataladi. Shuning uchun diodning V-A xarakteristikasi (11.1-rasm) p-n o'tish kabidir. Sanoatda kremniyli va germaniyli diodlar ishlab chiqariladi. Kremniyli diodlar ustunliklari: kichik teskari tok, mukitning katta temperaturasida va teskari kuchlanishlarda shellanishi, to'g'ri tokning katta zichligi (6080 A/sm^2 20-40 A/sm^2 ga germaniyalarda). Germaniyli diod uskunolari: to'g'ri tokning o'tishida kam kuchlanish pasayishi (0,30,6 V) kremniylarda 0,81,2 V.



11.1- rasm

Qo'llanishiga ko'ra yarimo'tkazgich diodlar to'g'rilagich, impulsi stabiltron va boshqalarga bo'linadi.

To'g'rilovchi diodlar.

Quvvatiga ko'ra to'g'rilagich diodlar quyidagilarga bo'linadi:

a) kichik quvvatli

b) o'rta quvvatli

v) katta quvvatli

a) kichik quvvatli diodlarga to'g'ri toki 300 tagacha bo'lgan diodlar kiradi. Kichik quvvatli to'g'rilagich diodlarning ma'lumotnoma (spravochnik) parametri sifatida to'g'ri tokning o'rtacha qiymati olinadi. Bu diodlarning maksimal teskari kuchlanishi o'nlab voltdan 1200 V oralig'ida yotadi. Teskari toklar:

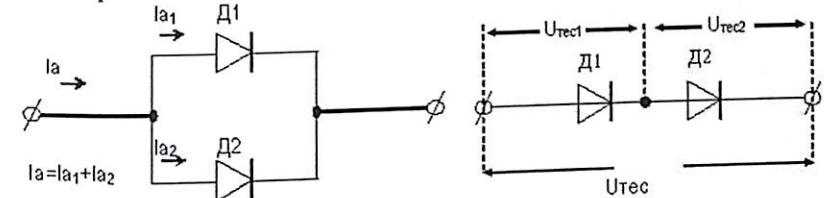
$I_{tes} 300 \text{ mA}$ germaniyalar uchun

$I_{tes} 10 \text{ mA}$ kremniylar uchun.

Bu o'rta quvvatli to'g'rilagich diodlarga to'g'ri tok qiymati 0,310 A orasidagi diodlar kiradi.

Bk diodlarning katta tok kichik quvvatlilar bilan solishtirganda p-n o'tishning ishchi maydonining oshishi bilan erishiladi. O'rta quvvatli diodlar ko'proq kremniylilar ishlab chiqariladi. O'rta quvvatli diodlarda to'g'ri va teskari oqishidan vujudga kelgan issiqlik asbob korpusi tarafidan tarqatila olmaydi, shuning uchun bu diodlarda issiqlik ketkazish maqsadida radiatorlar qo'llaniladi. Radiatorlar yaxshi issiqlik o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan metallardan tayyorlanadi. Radiator nurlanishini yaxshilash maqsadida radiatorga rang beriladi.

v) Katta quvvatli diodlar. Bu diodlarga 10 A va undan yuqori tokli diodlar kiradi. Sanoatda 1000 A tokli va 3500 V gacha kuchlanishli quvvatli diodlar ishlab chiqariladi. Quvvatli diodlar kremniydan tayyorlanadi. Quvvatli diodlar qurilmalarda havo va suyuqlik bilan sovitish qo'llaniladi.



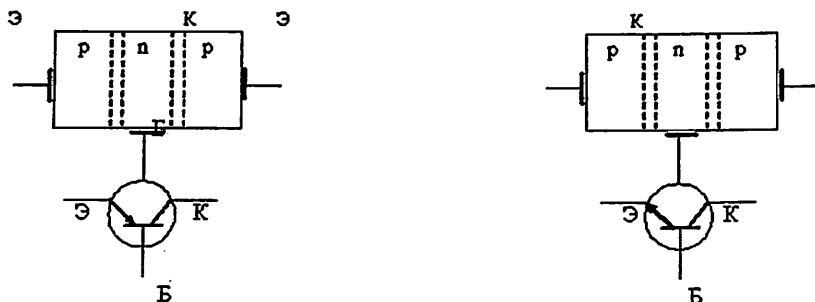
11.2-rasm

$$U_{tes} = U_{tes1} + U_{tes2}$$

Qator o'zgartgich qurilmalarda to'g'ri tok va teskari kuchlanish qiymatlariga bo'lgan talab mavjud diodlar parametr qiymatlaridan yuqori bo'ladi. Bunday hollarda diodlar parallel va ketma-ket ulanib muammo hal qilinadi.

10.2. Bipolyar tranzistorlar.

Tranzistor deb ikkita p-n o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgich asbobga aytiladi. Bipolyar deb atalishining sababi, uning tokini hosil qilishda har ikkala ishorali zaryadlar ishtirok etadilar. U turli elektr o'tkazuvchanligiga ega bo'lgan uch qatlamli yarimo'tkazgich strukturadan tashkil topganligi uchun qatlamlarning almashuviga bog'liq holda p-n-p va n-p-n hillarga bo'linadilar.



11.3-rasm

Uch qatlamli strukturani olish uchun asosiy material sifatida germaniy Ge yoki kremniy Si ishlatiladi. n-xil (p-n-p tranzistor uchun) va p-xil (n-p-n tranzistor uchun) yarimo'tkazgich plastinka konstruksiya asos – baza (B) bo'ladi. Tashqi qatlamlardan biri emitter (E), ikkinchisi kollektor (K) deb ataladi. Emitter va baza orasidagi p-n o'tish emitter o'tishi, baza va kollektor orasidagi esa kollektor o'tishi deyiladi.

Emitter p-n o'tishining funksiyasi zaryad tashuvchilarni bazaga injektorlash (o'tkazish) dir, kollektor p-n o'tishniki esa baza qatlamidan o'tgan zaryad tashuvchilarni to'plashdir.

n-p-n xil tranzistorlarda hamma uchchala qatlamning funksiyalari va nomlari o'xshashdir. Faqat bazadan o'tadigan zaryad tashuvchilar xili o'zgaradi.

p-n-p xil tranzistorlarda kovaklar, n-p-n xillarda esa elektronlardir. Bipolyar tranzistorning normal ishlashi uchun xilidan qat'iy nazar tashqi kuchlanish manbaiga shunday ulanishi kerakki, bunda emitter o'tishi to'g'ri, kollektor o'tishi esa teskari ulngan holatda bo'lishi kerak.

Bunga ikkita kuchlanish manbalari U_e va U_k yordamida erishiladi.

p-n-p xil tranzistor uchun U_e kuchlanish manbai baza (B) ga nisbatan emitter (E) ga musbat qutbi, U_k kuchlanish manbai esa baza (B) ga nisbatan kollektorga manfiy qutbi ulanadi.

Emitter o'tishida tashqi kuchlanish U_e to'g'ri yo'nalishda ta'sir qilganligi sababli kovaklar uchun potensial barer qiymati kamayadi va kovaklar diffuziya ta'siri ostida emitterdan bazaga o'tadi. Mos ravishda emitterda elektronlarning diffuzion oqimi sodir bo'ladi. Emitter toki kovak va elektron tashkil etuvchilardan hosil bo'ladi.

$$I_e = I_{ep} + I_{en}$$

I_{ep} -kovaklar hisobiga hosil bo'ladigan tashkil etuvchi.

I_{en} -elektronlar hisobiga hosil bo'ladigan tashkil etuvchi.

Bazada elektron va kovaklarning mavjud bo'lishi diffuziya jarayonida kovaklarning bir qismi elektronlar bilan neytrallashishiga sabab bo'ladi, ya'ni rekombinatsiya ro'y beradi.

Rekombinatsiya natijasida emitter p-n o'tishidan o'tgan kovaklarning hammasi kollektorga yetib kelmaydi, ya'ni:

$$I_{kp} < I_{ep}$$

Shu bilan birga kovak va elektronlar rekombinatsiyasi emitterdan bazaga kiruvchi kovaklar kompensatsiyasi uchun talab etilgan elektronlar yetishmovchiligini keltirib chiqaradi. Zaruriy elektronlar oqimi tranzistorning baza tokini hosil qiladi. Demak,

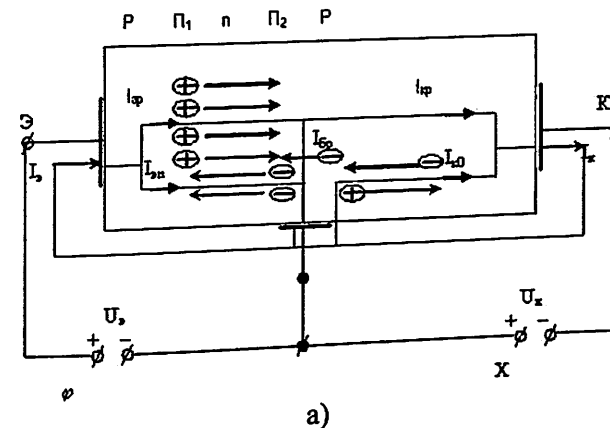
$$I_e = I_k + I_b$$

Kollektor toki I_k emitter toki I_e bilan tok bo'yicha uzatish koeffitsienti orqali quyidagi ifoda bilan bog'langan:

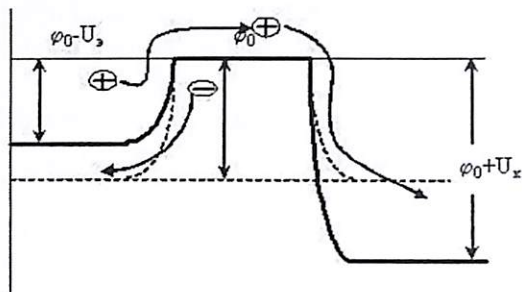
$$\alpha = \frac{I_k}{I_e}$$

Bipolyar tranzistorning boshqariladiganlik xususiyati kollektor toki kovak tashkil etuvchisi I_{kp} ning emitter toki kovak tashkil etuvchisi I_{ep} o'zgarishi hisobiga asoslanadi.

Shunday qilib, bipolyar tranzistorlarning ishlash prinsipi baza orqali emitterdan kollektorga zaryadlarning tranzit oqimini hosil qilishga ya'ni, emitter toki o'zgarishi hisobiga kollektor tokini boshqarishga asoslanadi.



a)



b)
11.4-rasm

Savollar:

1. Yarim o'tkazgich diodlarda nechta p-n utish mavjud?
2. Yarim o'tkazgich diodning tugri ulanish tavsifi olinadigan chizmani chizing.
3. Yarim o'tkazgich diodning teskari ulanish tavsifi olinadigan chizmani chizing.
4. Stabilitronnig tavsifi tugrilagich diod tavsifidan nima bilan farklanadi?
- 5 Yarim o'tkazgich diodlarning tamgalanishini yozib, tushuntirib bering.
6. Yarim o'tkazgich diodlarning shartli belgilarini chizib bering.
7. Bipolyar tranzistorda nechta p-n utish bor?
8. p-n-p va n-p-n tranzistorlar nima bilan bir-biridan farklanadilar?
9. Emitter utish deyilganda nimani tushunasiz?
10. Kollektor utish deyilganda nimani ushunasiz?

11. BIPOLYAR TRANZISTORLAR.

11.1. Bipolyar tranzistorlarning ulanish chizmalari.

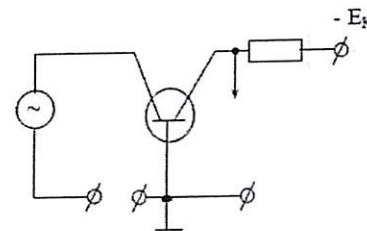
Bipolyar tranzistorlarning qaysi elektrodi qolgan ikkitasiga nisbatan umumiy bo'lishiga bog'liq holda quyidagi uch xil ulanishi mavjud:

- a) umumiy bazali – UB
- b) umumiy emitterli – UE
- v) umumiy kollektorli – UK

Bu ulanishlarni alohida-alohida ko'rib chiqamiz.

a) tranzistorning umumiy baza (UB) ulanishi chizmasi 12.1-rasmda tasvirlangan.

Bu ulanishda kirish elektrodi emitter bo'lib, chiqish elektrodi esa kollektordir. Shunga mos kolda kirish toki emitter toki bo'lib, chiqish toki esa kollektor tokidir.



12.1-rasm

Tranzistor bazasi umumiy nuqta bilan ulanganligi sababli kirish va chiqish elektrodlarining potentsiallari bazaga nisbatan hisoblanadi, ya'ni emitterning bazaga nisbatan potentsiali U_{eb} , kollektorning potentsiali U_{kb} .

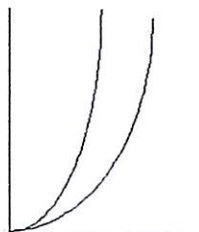
Emitter, baza, manba Y_{e_k} tranzistorning kirish zanjirini; kollektor, manba Y_{e_k} va baza esa chiqish zanjirini tashkil etadi. Tranzistor kirish va chiqish zanjirlari tavsiflarga ega bo'lib, ular tranzistorning kirish tavsifi va chiqish tavsifi bo'ladilar.

Tranzistorning kirish tavsifi deb, chiqish elektrodi potentsiali berilgan va o'zgarmas bo'lganida kirish elektrodi tokining shu elektrod potentsialiga bog'liqligiga aytiladi, ya'ni

$$I_s = f(U_{kb})|U_{eb} = \text{const.}$$

Bu UB ulangan tranzistor kirish tavsifining analitik ifodasi bo'lib, uning grafik ko'rinishi quyidagi 12.2 -rasmda ifodalangan.

12.2 -rasmdan ko'rinadiki, tranzis-torning kichik tavsifi tæhri ulangan p-n ætish Volt-amper tavsifiga æxshash bælib, kollektor potentsiali U_{kb} ning æzgarishi emitter toki I_e ga deyarli ta'sir etmaydi, chunki U_{kb} kuchlanishdan ksil bælgan elektr maydon kollektor ætishida yihilgan bælib, emitter ætishidan ætadigan zaryadlarga kam ta'sir etadi. -rasmdan yana shuni kam kærish mumkinki, U_{kb0} shiyamatlar uchun olinadigan kirish tavsiflar amalda shæshilib ketadilar.



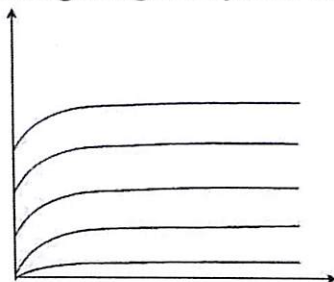
12.2-rasm

Shuning uchun ko'p hollarda ma'lumotnomalarda kollektor kuchlanishining ikkita qiymati uchun, ya'ni $U_{kb}=0$ va U_{kb0} uchun olingan kirish tavsifi beriladi. Umumiy baza bilan ulangan tranzistorning chiqish tavsifi deyilganda, emitter tokining berilgan o'zgarmas qiymatida chiqish elektrodi tokining shu elektrod potentsialiga bog'liqligi tushuniladi, ya'ni

$$I_x = f(U_{x6})|I_3 = \text{const.}$$

Chiqish tavsifi majmuining grafik ko'rinishi 19 -rasmda tavsiflangan.

Rasmdan kærinib turibdiki, tavsifning chiziqli shismida chishish tavsifi kuchlanish æsiga nisbatan kam shiyalika ega bælgan tæhri chizishdan iboratdir. Bu shuni kærinatadiki, kollektor toki emitterdan chishib baza orshali kollektorga kelgan zaryadlar ksiboga ksil bælad.



12.3-rasm

Shuning uchun kollektor tokining qiymati asosan emitter toki bilan belgilanib, kollektor kuchlanishlarga kam bog'liqdir.

Emitter toki $I_e=0$ bo'lganida, kollektorda qiymat jihatdan kichik tok mavjud bo'lib, boshqarilmaydi, chunki u teskari ulangan kollektor o'tishdan o'tadigan noasosiy zaryadlar hosil bo'ladigan teskari tokdir.

Umumiy baza bilan ulangan quyidagi

$$K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{U_{x6}}{U_{36}} \gg 1, \text{ чунки } E_x \gg E_3.$$

$$K_I = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} \ll 1, \text{ чунки } \alpha = 0,9 + 0,999$$

$$K_p = K_u \cdot K_I \gg 1.$$

Demak, UB bilan ulangan tranzistor tok kuchaytirgichi sifatida qo'llanishi mumkin emas.

UB bilan ulangan tranzistorning kirish qarshiligi $R_{\text{вх}} = \frac{U_{36}}{U_3}$ juda kichikdir, chunki U_{EB} nisbatan kichik qiymatga, I_e esa katta qiymatga ega.

B) Umumiy emitter bilan tranzistor -rasmda tasvirlangan. Bu ulanishda kirish va chiqish zanjirlarining umumiy nuqtasi emitter bilan ulangan bo'lib, kirish elektrodi baza, chiqish elektrodi esa kollektordir. Shunga mos holda kirish parametri baza toki I_b bo'lib, chiqish parametri esa kollektor tokidir. Kirish va chiqish elektrodlarining kuchlanishlari U_{BE} va U_{KE} shu elektrodlar potentsiallarining emitterga nisbatan olingan qiymatlariga tengdir.

UE bilan ulangan tranzistorning kirish tavsifi quyidagi bog'lanish bilan ifodalanadi:

$$I_e = f(U_{E3})|U_{36} = \text{const.}$$

Kirish tavsiflari majmui 12.4-rasmda tasvirlangan. Undan ko'rinadiki, kollektor kuchlanishi U_{KE} ortishi bilan baza toki I_B kamayadi. Buning sababi shuki, U_{KE} ortishi oshibatida kollektor o'tishga sho'yilgan teskari kuchlanish shiyamati oshib, kollektorga keladigan zaryadlar sonini oshiradi, ya'ni baza qalinligida zaryad rekombinatsiyasi kamayadi.

UE bilan ulangan tranzistorning chiqish tavsifi deb, baza toki I_B berilgan va o'zgarmas bo'lganida kollektor tokining kollektor potentsialiga bog'liqligiga aytiladi, ya'ni

$$I_K = f(U_{K3})|_{I_E = \text{const}}$$

Uning grafik ko'rinishi 19 -rasmida tasvirlangan.

$I_E^I < I_E^{II} < I_E^{III} < I_E^{IV}$. Tasvirdan ko'rinadiki, chiqish tavsifi biri ikkinchisidan keskin farq qiladigan ikkita qismdan iborat. I qismda kollektor kuchlanishi nol qiymatidan ozgina ortganda kollektor toki keskin ko'payadi va kollektor kuchlanishining qiymati keyingi ortishlarida uning qiymati juda kam o'zgaradi (II qism). Buning sababi quyidagicha tushuntiriladi.

Kollektor kuchlanishining kichik qiymatlarida, ya'ni $|U_{KE}| < |U_{BE}|$ bo'lganida kollektor o'tishdagi kuchlanish ($U_{KE} - U_{BE}$) ga teng bo'lib, kollektor o'tishni to'g'ri ulangan holatga keltiradi va demak kollektor o'tishdan o'tadigan tokning, ya'ni kollektor tokning keskin ortishiga olib keladi.

Chiqish tavsifining II qismida $|U_{KE}| > |U_{BE}|$ bo'lib, kollektor toki juda kam qiymatga o'zgaradi. Tavsif egriliklarining o'rni baza toki qiymatiga bog'liq bo'lib, baza tokining ortishi tavsif egriligini yuqoriga siljitadi.

Endi UE bilan ulangan tranzistorlarning kuchaytirish parametrlarini ko'ramiz. Bu ulanishda kirish parametri I_B , chiqish parametri I_K bo'lganligi uchun tok bo'yicha uzatish (kuchaytirish)

ko'rsatkichi $K_I = \frac{I_K}{I_B}$ ga tengdir.

Avval keltirilgan $I_E = I_K + I_B$ va $\alpha = \frac{I_K}{I_E}$ ifodalardan I_K va I_B larni va I_E va Δ orqali ifodalaymiz:

$$I_K = \Delta I_E; I_B = I_E - I_K = I_E - \Delta I_E = I_E(1 - \Delta)$$

Bu ifodalarni $K_I = \frac{I_K}{I_B}$ ga qo'yib, quyidagini aniqlaymiz:

$$K_I = \frac{I_K}{I_B} = \frac{\alpha I_E}{I_E(1 - \alpha)} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \beta$$

Umumiy emitter bilan ulangan tranzistorning tok bo'yicha o'zgarish ko'rsatkichi β bilan belgilanib, qiymati $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ ifodadan aniqlanadi.

Δ ning qiymati 0,90,999 oraliq deb olsak, u holda

$$\beta = \frac{0,9}{1 - 0,9} = \frac{0,9}{0,1} = 9$$

, ya'ni β ning qiymati 9999 oraliqda bo'ladi, ya'ni UE bilan ulangan tranzistorning tok bo'yicha kuchaytirish ko'rsatkichi birdan juda katta bo'lar ekan.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'rsatkichi

$$K_U = \frac{U_{K3}}{U_{B3}} = \frac{U_{K3}}{U_{B3}} \gg 1$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'rsatkichi ham juda kattadir, ya'ni $K_P = K_I K_U \gg 1$.

Demak, UE bilan ulangan tranzistor signalni har uchchala parametr bo'yicha kuchaytirish qobiliyatiga ega ekan, shuning uchun bu ulanish juda ko'p qo'llaniladi.

v) Umumiy kollektor bilan ulangan tranzistorda (17- rasm) kirish parametri baza toki I_B bo'lib, chiqish parametri esa emitter tokidir, shuning uchun uning tok bo'yicha kuchaytirish ko'rsatkichi

$$K_I = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_K + I_E}{I_E} = \frac{I_K}{I_E} + \frac{I_E}{I_E} = (\beta + 1)$$

ga tengdir, ya'ni bu ulanish ham tok bo'yicha kuchaytirish xususiyatiga ega ekan.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'rsatkichi

$$K_U = \frac{U_{K3}}{U_{B3}} = \frac{I_B R_3}{I_E R_{B3}} = \frac{I_B R_3}{I_E (R_{B3} + R_3)} = (\beta + 1) \frac{R_3}{R_{B3} + R_3} < 1$$

r_{kir} -tranzistorning kirish ko'rsatkichi.

$$K_P = K_I K_U = (\beta + 1) \cdot (\beta + 1) \frac{R_3}{R_{B3} + R_3} = (\beta + 1)^2 \frac{R_3}{R_{B3} + R_3}$$

Demak, UK bilan ulangan tranzistor signalni tok va quvvat bo'yicha kuchaytirish ekan.

UK bilan ulangan tranzistorning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, uning kirish qarshiligi boshqa ulanishlardagiga nisbatan eng katta ($\beta + 1$ marta), chiqish qarshiligi esa eng kichik bo'lar ekan.

Savollar

1. Bipolyar tranzistorning qanday ulanish chizmalari mavjud?
2. Bipolyar tranzistorlarda boshqaruvchi parametr kuchlanishmi yoki tokmi? Nima uchun?
3. Bipolyar tranzistorning qanday tavsiflari mavjud?
4. Bipolyar tranzistorning kirish tavsifi deganda nimani tushunasiz?
5. Bipolyar tranzistorning chiqish tavsifi deganda nimani tushunasiz?

6. h- parametrlar ifodasini yozib, tavsiflardan aniklang.
7. Bipolyar tranzistorning tamgalanishini yozib, tushuntirib bering.
8. Bipolyar tranzistorlarning uqartli belgilarini chizib bering.

12. BIPOLYAR TRANZISTORLAR

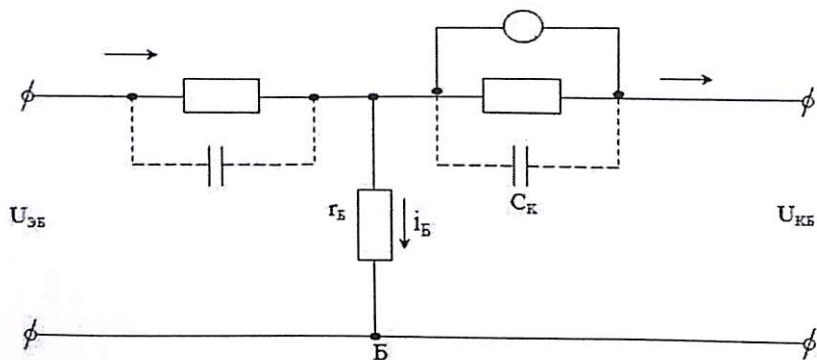
Tranzistorni ekvivalent chizma orqali tasvirlash tranzistorli zanjirlarni hisoblash uchun zarurdir. Ekvivalent chizmalar turli parametrlar asosida tuzilib, bular ichida fizik (ichki) parametrlar asosidagi ekvivalent chizmalar alohida qiziqish uyg'otib, uning hamma elementlari tranzistorning ichki parametrlari bilan bog'langandirlar. Bunday ekvivalent chizmaning qo'llanishi tranzistorli chizma (qurilma) ko'rsatkichlariga tranzistor parametrlarining ta'sirini tahlil qilishda qulaylik va yaqqollik yaratadi.

Ko'pincha tranzistorning tuzilishini T-ko'rinishli ekvivalent chizma aniqlash aks ettiradi.

Endi U_B va U_E bilan ulangan tranzistorlarning ekvivalent chizmalarini tok va kuchlanishlarning o'zgaruvchi tashkil etuvchilariga nisbatan ko'rib chiqamiz.

Bunda tranzistorning tok va kuchlanishning kichik o'zgarishlariga aloqador bo'lgan differensial parametrlari qo'llaniladi.

13.1-rasmdagi tasvirdan ko'rinadiki, ekvivalent chizma U_B bilan ulangna tranzistor uchun kirish va chiqish zanjirlardan iborat bo'lib, ular uchun r_b qarshilik umumiydir.



13.1-rasm.

Endi ekvivalent chizma tarkibiga kiruvchi elementlarni tavisflaymiz.

Emitter o'tishining differensial qarshiligi

$$r_e = \left. \frac{dU_{BE}}{dI_E} \right|_{U_{KB} = \text{const}}$$

Bu qarshilik emitter o'tishdagi kuchlanish U_{BE} bilan undan o'tadigan tok I_E orasidagi bog'lanishni hisobga olish imkonini yaratadi. r_e qarshilikning qiymati emitter tokining o'zgarish tashkil etuvchisiga bog'liq bo'lib, quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

$$r_e = \frac{\varphi_T}{I_E} \approx \frac{0,025}{I_E};$$

Ko'p hollarda $r_e \approx 110$ (Om).

Bazaning hajmiy qarshiligi r_B emitter va kollektor o'tishlari oralig'idagi baza qatlamining qarshiligi bo'lib, uning qiymati tranzistor xiliga bog'liq holda $r_B \approx 100400$ (Om) ga teng bo'ladi.

Kollektor o'tishining differensial qarshiligi

$$r_k = \left. \frac{dU_{KB}}{dI_K} \right|_{I_E = \text{const}}$$

r_k qarshilik kuchlanish U_{KB} o'zgarish natijasida kollektor tokining o'zgarishini hisobga oladi. $r_k \approx 0,51$ Mom.

Ekvivalent tok manbai ΔI_E . U baza qatlami orqali o'tib, kollektorga o'tadigan emitter tokining o'zgaruvchi tashkil etuvchisini hisobga oladi.

Emitter va kollektor o'tishlarning sig'implari S_E va S_K larning har biri barer va diffuzion sig'implar yig'indisiga teng bo'lib, ularning qiymatlari tranzistor xiliga bog'liqdir. Odatda, yuqori chastotali tranzistorlarning sig'implari past chastotali tranzistorlarnikidan ancha kichik bo'ladilar. Lekin bunday farq bo'lishiga qaramasdan tranzistorning yuqori chastotalarda ishlaganida S_K ning ta'siri S_E nikiga qaraganda kuchlidir, chunki S_E ga parallel kichik qiymatli r_e qarshiligi S_K ga katta qiymatga bo'lgan r_k qarshiligi ulangan. Shuning uchun yuqori chastotalarda ekvivalent chizmada faqat S_K hisobga olinadi.

Emitter tokining differensial uzatish koeffitsienti bu tokning kichik o'zgarishlari uchun α ning qiymatlarini aniqroq tavsiflaydi.

$$\alpha = \left. \frac{dI_K}{dI_E} \right|_{U_{BE} = \text{const}}$$

O'rtacha chastotalarda Δ ning qiymati o'zgaras bo'lib, yuqori chastotaga o'tish bilan uning qiymati kamaya boshlaydi.

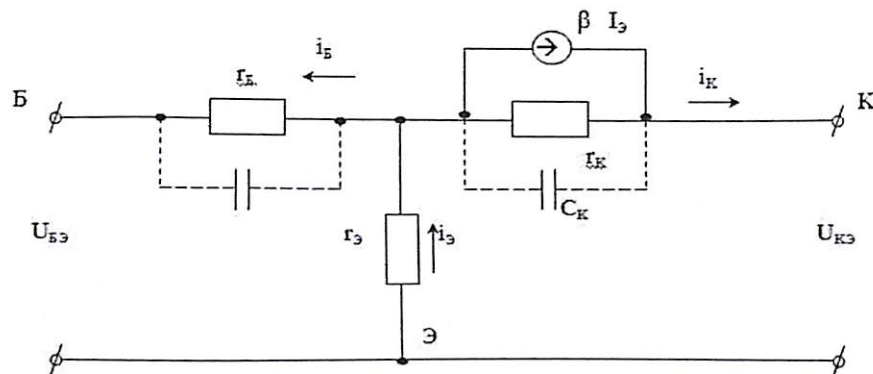
Tranzistorlarning chastotaviy xususiyatlarini chegaraviy chastota deb ataluvchi f_{Δ} chastotaga qarab belgilanadiki, bunda tok uzatish koeffitsientining moduli $|\Delta| \sqrt{2}$ marta kamayadi. Chegaraviy chastota f_{Δ} tranzistorning asosiy parametrlaridan bo'lib, ma'lumotnomalarda keltiriladi.

Chegaraviy chastota f_{Δ} ga bog'liq holda tranzistorlar past chastotali ($f_{\Delta} < 3$ MGs), o'rtacha chastotali ($3 \text{ MGs} \leq f_{\Delta} \leq 30$ MGs), yuqori chastotali ($30 \text{ MGs} \leq f_{\Delta} \leq 300$ MGs) va o'rtacha yuqori chastotali ($f_{\Delta} > 300$ MGs) bo'ladi.

Umumiy emitter – UE bilan ulangan tranzistorning

T-ko'rinishli ekvivalent chizmasi.

UE bilan ulangan tranzistorning T-ko'rinishli chizmasi - rasmda tasvirlangan bo'lib, undagi r_B , r_E qarshiliklar UB bilan ulangan tranzistorning ekvivalent chizmasida ko'rib o'tilgan fizik ma'nolarga va qiymatlarga ega.



13.2-rasm

UE bilan ulangan tranzistorlarda kirish toki baza toki bo'lganligi uchun ekvivalent chizmaning chiqish zanjiriga tok manbai – βI_B

ulandir. Ekvivalent chizmadagi $r_{K(E)} = \frac{r_{K(B)}}{1 + \beta}$ ifodadan aniqlanib, u kollektor kuchlanishi U_{KE} o'zgarganida kollektor toki I_K ning o'zgarishini hisobga oladi. Ifodadan ko'rinadiki, tranzistor umumiy emitter bilan ulanganda uning faol qarshiligi $(1 + \beta)$ marta kamayar ekan. Bu ulanishda nafaqat qarshilik $r_{K(E)}$ sig'im qarshilik ham shuncha marta

kamayadi, ya'ni sig'im $S_{K(E)} = (1 + \beta) C_{K(B)}$ ortadi. Sig'im S_{KE} qiymatining ko'payishi yuqori chastotalarda uning ta'sirini yanada oshiradi. Emitter o'tishi $S_{EE} = S_{EB}$ va $S_{KE} \gg C_{EE}$ bo'lganligi uchun UE bilan ulangan tranzistorning emitter o'tishi sig'im S_{EE} hisobga olinmaydi.

Umumiy emittir bilan ulangan tranzistorning differensial tok

uzatish koeffitsienti $\beta = \frac{dI_K}{dI_E} \Big|_{U_{B3} = \text{const}}$ chastotaga bog'liq bo'lib, chegaraviy

chastotada $\sqrt{2}$ marta kamayadi, ya'ni $f_p = \frac{f_{\alpha}}{1 + \beta}$.

Ifodadan ko'rinadiki, UE bilan ulangan tranzistorning chastotaviy ko'rsatkichlari umumiy baza bilan ulangan tranzistornikidan $(1 + \beta)$ marta yomon ekan.

Endi umumiy baza bilan ulangan tranzistor uchun ichki (fizik) parametrlar bilan H-parametrlar orasidagi bog'lanish ifodalarini aniqlaymiz. Shu maqsadda o'zgaruvchi tashkil etuvchilarni kichik o'zgarishlar bilan almashtiramiz, ya'ni:

$U_{EB} = \Delta U_1$, $i_E = \Delta I_1$, $U_{KB} = \Delta U_2$, $i_K = \Delta I_2$ va baza toki i_B ni kirish toki orqali ifodalaymiz: $i_B = (1 - \Delta)$; $i_E = (1 - \Delta)\Delta I_1$.

Tranzistorning kirish zanjir uchun $\Delta U_2 = 0$ bo'lganida kuchlanish o'zgarishi

$\Delta U_1 = \Delta I_1 \cdot [r_E + (1 - \Delta)r_B]$ bo'ladi, undan $h_{11} = r_E + (1 - \Delta)r_B$ ni aniqlaymiz. Shu holat uchun chiqish zanjiri tokining o'zgarishi $\Delta I_K = \Delta \Delta I_B$ bo'lib, uzatish koeffitsienti

$$\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E} = h_{21} \text{ bo'ladi.}$$

Kirish zanjirida tok o'zgaras, ya'ni $\Delta I_1 = 0$ bo'lganida chiqish zanjiridashi tok

$$\Delta I_2 = \frac{\Delta U_2}{r_{KE} + r_E} \approx \frac{\Delta U_2}{r_{KE}} \quad (r_{KE} \gg r_E) \text{ bo'ladi, undan } \frac{\Delta I_2}{\Delta U_2} = h_{22} = \frac{1}{r_{KE}} \text{ ni}$$

aniqlaymiz.

Shu holat uchun kirish va chiqishdagi kuchlanishlar o'zgarishlari quyidagilarga teng bo'lib, $\Delta U_1 = \Delta I_2 r_B$, $\Delta U_2 \approx \Delta I_K \cdot r_{KB}$ ulardan

$$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = h_{12} \approx \frac{r_E}{r_{KE}} \text{ ni topamiz.}$$

O'z o'rnida h-parametrlarning aniqlangan ifodalaridan ichki parametr qiymatlarini h orqali ifodalash, ya'ni topish mumkin.

$$r_{35} = h_{11} - (1 - h_{21}) \frac{h_{12}}{h_{22}}, \quad r_{5} = \frac{h_{12}}{h_{22}}, \quad r_{55} = \frac{1}{h_{22}}, \quad \Delta = h_{21}.$$

Savollar:

1. Qanday chizmaga ekvivalent chizma deyiladi?
2. UB bilan ulangan tranzistor ekvivalent chizmasi UE bilan ulangan tranzistornikidan nima bilan fark kiladi?
3. Kaysi bir ulanishning chegaraviy chastotasi keng?
4. L- parametrlarning ichki parametrlar orkali ifodasi qanday kurinishga ega buladilar?
5. Ichki parametrlarning L- parametrlar orkali ifodalari qanday kurinishga ega buladilar?

13. MAYDON TRANZISTORLARI

Maydon tranzistorlari deb shunday yarimo'tkazgich asbobga aytiladiki, ularning ishlash prinsipi faqat bir xil ishorali zaryadlar (elektron yoki kovak) harakatiga asoslangan bo'ladi. Zaryadlarning harakat kanali deb aytiluvchi yarimo'tkazgich qatlamida sodir bo'lib, uning o'tkazuvchanligi, ya'ni kanal orqali o'tadigan tok qiymati kanalning ko'ndalang kesimiga bog'liq bo'ladi. Kanalning ko'ndalang kesimi, ya'ni uning o'tkazuvchanligini boshqaruvchi elektrod – zatvor bilan istok deb ataluvchi (shu elektrod orqali zaryadlar kanalga kiradi). Elektrod oralig'iga qo'yilgan kuchlanishdan hosil bo'ladigan ko'ndalang elektr maydoniga bog'liq bo'ladi. Shu sababli bu yarim o'tkazgich asboblari maydon tranzistorlari deb ataladi. Ba'zan adabiyotlarda maydon tranzistorlari *unipolyar* tranzistorlar deb ataladi, chunki ularning ishlash prinsipi faqat bir xil ishorali zaryadlar hisobiga asoslangan bo'ladi. Maydon tranzistorlarning uchinchi elektrodi stok bo'lib, kanaldan chiqadigan zaryadlarni yig'adi.

Maydon tranzistorlari kanalni hosil qilish usuliga bog'liq holda ikkiga bo'linadi:

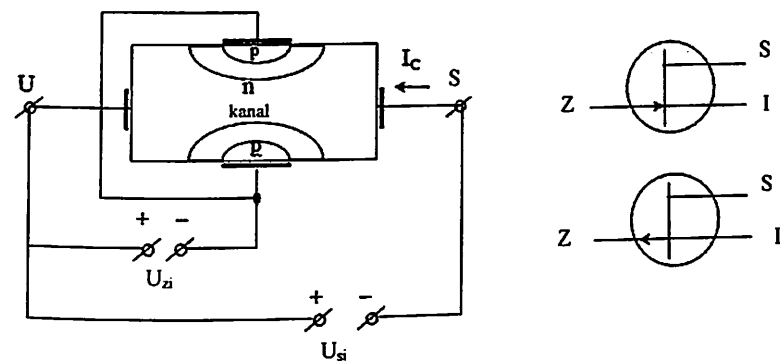
P-n o'tish bilan boshqariladigan maydon tranzistorlar.

Ajratilgan zatvorli maydon tranzistorlar (MDP yoki MOP tranzistorlar).

Hamma maydon tranzistorlar kanal o'tkazuvchanligiga bog'liq holda p-xil kanalli yoki n-xil kanalliga bo'linadilar.

P-n o'tish bilan boshqariladigan maydon tranzistorlar.

Boshqaruvchi p-n o'tishli maydon tranzistori 14.1 -rasmدا tasvirlangan.



14.1-rasm

Tasvirdagi maydon tranzistorida kanal ikkita p-n o'tish oralig'idagi n-xil yarim o'tkazgich qatlamdan iboratdir. R-xil kanalli maydon tranzistorlarning tuzilishi ham -rasmdagidek bo'ladi, faqatgina tranzistorga ulanadigan tashqi kuchlanish manbai qutblari bilan farqlanadilar. n-xil kanalli va R-xil kanalli maydon tranzistorlarning shartli belgilari -rasmda tasvirlangan.

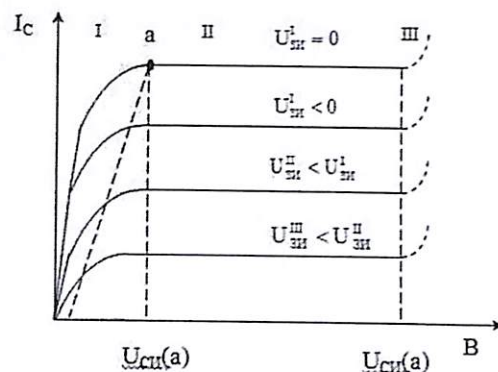
Maydon tranzistorlarda boshqarish xususiyati shu bilan tushuntiriladiki, kuchlanish Uzi o'zgarishi natijasida p-n o'tishlarning kengligi va demak, kanalning ko'ndalang kesimi, elektr o'tkazuvchanligi, ya'ni stok toki Ic o'zgaradi.

Endi p-n o'tish bilan boshqariladigan maydon tranzistorlarning Volt-ampere tavsiflarini ko'ramiz (n-xil kanalli uchun).

Stok (chiqish) tavsifi

$$I_c = f(U_{cz})|_{U_{zi} = \text{const}}$$

deb, zatvor potensialining berilgan qiymatida stok toki bilan stok potentsiali orasidagi bog'lanishga aytiladi. Uning grafik ko'rinishi 14.2 -rasmda tasvirlangan.



14.2-rasm

Stok tavsiflaridan ko'rinadiki, bir-biridan keskin farq qiladigan uchta qism (I, II, III) ga bo'linadi.

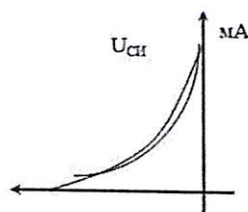
I qismda stok kuchlanishining ortishi natijasida stok toki I_c ortadi, lekin shu bilan bir vaqtda kanalning kesimi kamayib, uning qarshiligi ortib boradi va stokdagi $U_{SI} = U_{SI(a)}$ bo'lganda kanal stok tomonidan yopilib, tokning keyingi o'sishiga to'sqinlik qiladi, shuning uchun tavsifning II qismida tok o'zgarishsiz qoladi. Tavsifning III qismida p-n o'tishning stok tomonidan teshilishiga va stok-zatvor zanjir orqali tokning keskin ortishiga olib keladi. Kuchlanishi ruxsat etilgan qiymatidan oshmasligi kerak.

Zatvor potensialining ortishi kanal qarshiligini oshirganligi sababli, stok toki kamaya boradi.

Stok-zatvor tavsifi.

$$I_c = f(U_{3H})|_{U_{cII} = \text{const}}$$

stok kuchlanishining berilgan qiymatida stok toki I_c va zatvor kuchlanishi U_{zi} orasidagi bog'lanishni bildiradi. Uning grafik ko'rinishi 14.3-rasmda ko'rsatilgan.



14.3-rasm.

Stok-zatvor tavsifidan ko'rinadiki, zatvor kuchlanishi $U_{zi}=0$ bo'lganda, ya'ni kanal kengligi maksimal bo'lganda stok toki I_c eng katta qiymatga ega bo'ladi. Zatvordagi manfiy kuchlanish qiymati orta borishi bilan p-n o'tish kengligini kattalashishiga va kanal kengligi kamayib uning qarshiligi ko'payishi natijasida stok tokini kamayishiga sabab bo'ladi. Zatvordagi kuchlanish uning yopilish qiymati U_{zi} ga tenglashganida kanal butunlay yopilib, stok toki nolga teng bo'ladi. Stok kuchlanishiga bog'liq holda kanalning zatvor bo'yicha yopilish kuchlanishi turlicha bo'lib, stok kuchlanishining katta qiymatiga zatvor kuchlanishining ham shunday qiymati to'g'ri keladi. Masalan, stokdagi kuchlanish U_{cII}^I ga teng bo'lganda zatvordagi kanalni yopish kuchlanishi U_{cII}^I , $U_{cII} = U_{cII}^I$ bo'lganda esa $U_{cII} = U_{cII}^I$ ga teng bo'lib, $|U_{cII}^I| > |U_{cII}^II|$ ekanligi -rasmdan ko'rinib turibdi.

Maydon tranzistorlarnig asosiy parametrlari quyidagilardir:

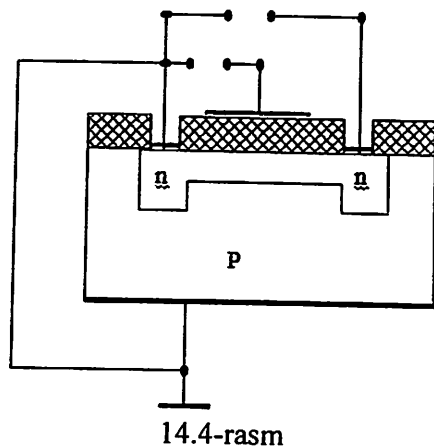
stokning maksimal toki I_{cmax} , stokning maksimal kuchlanishi U_{maks} , kagalni yopuvchi zatvor kuchlanish U_{zi} , ichki qarshilik r_i , kirish qarshiligi r_{kir} , stok-zatvor tavsifligi S hamda elektrodlar orasidagi sig'irlar C_{ZL} , S_{ZE} , S_{SI} .

p-n o'tish bilan boshqarilgan tranzistorlarning stok toki qiymati 50 mA gacha va stok kuchlanishi 50 V gacha bo'ladi. Ularning kirish qarshiligi $r_{kir}=10^8-10^9$ Om oralig'ida bo'ladi.

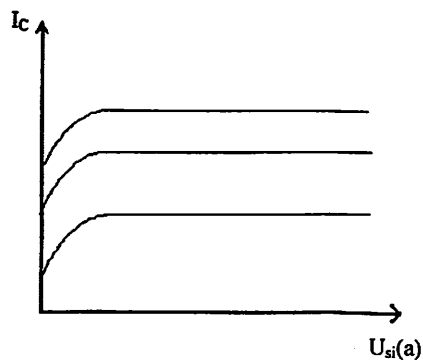
Ajratilgan zatvorli maydon tranzistorlar.

Bunday maydon tranzistorlar metall-dielektrik (oksid - SiO_2) - yarim o'tkazgich tuzilishiga ega bo'lib, MDP yoki MOP tranzistorlar deb ataladilar. MDP maydon tranzistorlar ikki turli - oldindan hosil qilingan kanalli va ishlash vaqtida hosil bo'ladigan kanalli bo'ladilar.

Oldindan hosil qilingan kanalli ajratish zatvorli maydon tranzistorlarning tuzilishi -rasmda tavsirlangan bo'lib, undan ko'rinadiki, p-xil kremniy yarim o'tkazgichida n-xil kanal hosil qilingan. Zatvorga istokka nisbatan manfiy hamda musbat kuchlanish berish mumkin.



Agar zatvorga manfiy kuchlanish berilsa, zatvor-istok oralig'ida hosil bo'ladigan maydon elektronlarni n-xil yarim o'tkazgichdan p-xil yarim o'tkazgichga itarib chiqarib, ularning n-kanaldagi konsentratsiyasini va demak, elektr o'tkazuvchanligini kamaytiradi. Shu sababli $U_{zi} < 0$ bo'lgandagi stok tavsifi $U_{zi} = 0$ bo'lgandagiga nisbatan pastda joylashadi (14.4 -rasm).

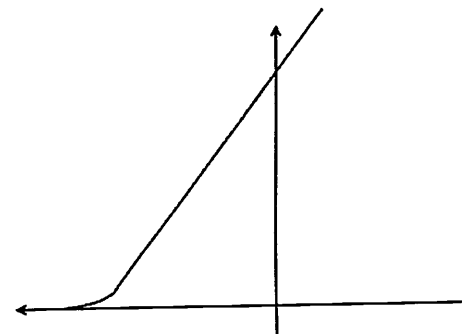


14.4-rasm

Tranzistorning kanal o'tkazuvchanligi kamayadigan ishlash rejimi kambag'allashgan rejim deb ataladi.

Agar zatvorga musbat kuchlanish ($U_{zi} > 0$) berilsa, zatvor-istok oralig'ida hosil bo'ladigan maydon elektronlarni p-xil yarim o'tkazgichdan n-kanal tortib, undagi elektronlar konsentratsiyasini va

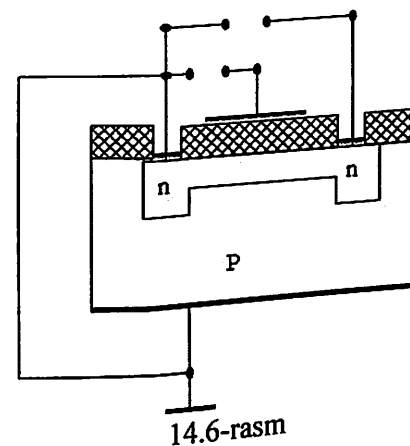
natijada elektr o'tkazuvchanligini oshiradi. Shuning uchun, $U_{zi} > 0$ bo'lganida stok toki ko'payadi (14.5- rasm). Bunday ish rejimi boyitilgan rejim deyiladi.



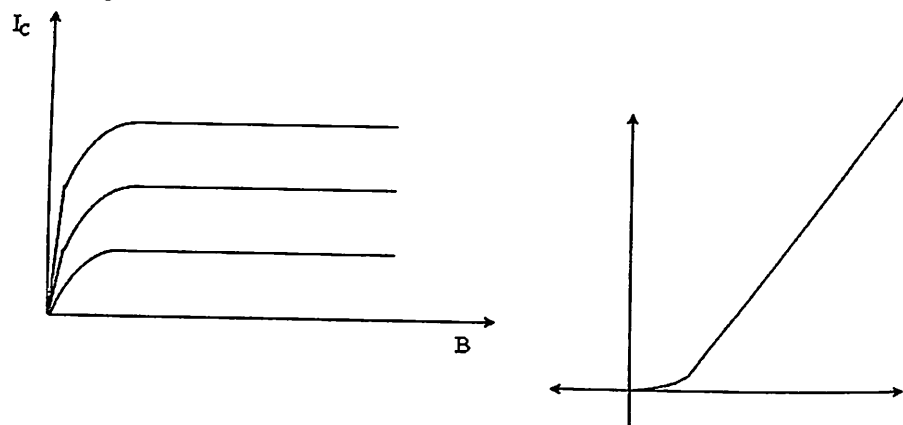
14.5-rasm

Demak, oldindan hosil qilingan kanalli ajratilgan zatvorli maydon tranzistorlar, p-n o'tish bilan boshqariladigan maydon tranzistorlardan farqli ravishda, zatvorning manfiy va musbat kuchlanishlarida ishlashi mumkin ekan (-rasm).

Ishlash vaqtida hosil bo'ladigan kanalli ajratilgan zatvorli maydon tranzistorning tuzilishi 14.6-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, bunda kanal oldindan hosil qilinmagan. Zatvorga musbat nurlanish berilishi natijasida elektronlar yarim o'tkazgich (r-xil) sirti oldida yig'ilib, n-xil kanal hosil qilinadi.



Bunday tranzistorlar faqat boyitilgan rejimda ishlaydilar. Ishlash vaqtida hosil bo'ladigan kanalli ajratilgan zatvorli maydon tranzistorlarning stok va stok-zatvor tavsiflari 14.7 -rasmida ko'rsatilgan.



14.7-rasm

Tavsiflardan ko'rinib turibdiki, ishlash vaqtida hosil bo'ladigan kanalli maydon tranzistorlarda, boshqa xil maydon tranzistorlardan farqli ravishda, zatvordagi kuchlanish nolga teng bo'lganida stok toki ham nolga teng bo'ladi.

MDP tranzistorlarda zatvor ajratilishi hisobiga uning kirish qarshiligi ortib, uning qiymati $10^{12} 10^{14}$ Omga yetadi. Elektrodlar oralig'idagi sig'imga kamayib, $S_{Z1} \approx S_{SI} \approx 10$ pf, $S_{ES} \approx 2$ pfni tashkil etadi.

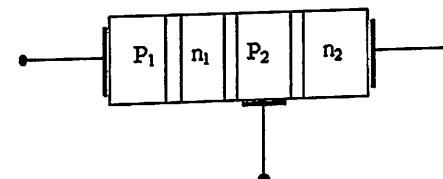
MDP tranzistorlarning shartli belgilari -rasmida tasvirlangan.

Savollar:

1. Qanday yarim o'tkazuvchi asbobga maydon tranzistor deyiladi?
2. Maydon tranzistorlarda boshqaruvchi parametr kuchlanishmi yoki tokmi?
3. Maydon tranzistorning qanday turlarini bilasiz?
4. Maydon tranzistorlarning bipolyar tranzistorlardan afzalligi nimadan iborat?
5. Maydon tranzistorlarning qanday tavsiflarini bilasiz?

14. TIRISTORLAR. KUCHAYTIRGICHLAR. KUCHAYTIRGICHLARNING ASOSIY TAVSIF VA PARAMETRLARI

Tiristor deb, uchta p-n o'tishdan iborat bo'lgan, barqaror ochiq yoki yopiq holatlarga ega bo'lishi mumkin yarim o'tkazgich asbobga aytiladi. Tiristorning tuzilishi 15.1 -rasmida berilgan.



15.1-rasm

Bunda R_1 qatlam anod A vazifasini n_2 qatlam esa katod vazifasini bajaradi.

Tiristorning ishlash prinsipi uning vaolt-amper tavsifi (-rasm) yordamida va tiristorni xillari turlicha bo'lgan ikkita tranzistor $T_1+(R_1-n_1-P_2)$ va $T_2+(n_1-P_2-n_2)$ orqali tasvirlab tushuntiramiz. 15.1 -rasmdan ko'rinadiki, T_1 tranzistorning emitter o'tishi 1-o'tish bo'lib, T_2 niki esa 3 chi p-n o'tishdir. Har ikkala tranzistor uchun kollektor o'tishi bo'lib, 2 chi p-n o'tish hisoblanadi. Tranzistor T_1 ning kollektori T_2 uchun baza bo'ladi, ya'ni $I_{K1}=I_{B2}$ va $I_{K2}=I_{B1}$.

Tashqi ozuqa manbai tiristorga 15.1 -rasmdagidek ulanganida 1 va 2 o'tishlar to'g'ri ulangan holatda, 2-o'tish esa teskari ulangan holatda bo'ladi. Anod kuchlanishi oshirib borilganda va uning qiymati $U_a=U_{aoch}$ bo'lganida tiristor yopiq holatdan ochiq holatga o'tadi, ya'ni bunda 2-o'tish ham to'g'ri ulangan holatda o'tadi. Natijada tiristordan o'tadigan anod toki I_a keskin ortib, anod-katod oralig'idagi kuchlanish juda kichik qiymatga ega bo'ladi (1-2 v).

Tiristorni yopiq holatdan ochiq holatga o'tkazish faqatgina anod kuchlanishini oshirish bilangina emas, balki, boshqaruvchi elektrod (BE) orqali ham amalga oshirilsa bo'ladi. Boshqaruvchi elektrodga tok manbai ulansa, BE da hosil bo'lgan boshqarish toki I_B ekvivalent $I_K = I_K + \Delta I_K$ tranzistorlardan birining kollektor tokini oshiradi, ya'ni

$$\Delta I_{K2} = \Delta I_{B2} \cdot \beta_2 = \Delta I_{K1} \cdot \beta_2.$$

Bu yerda β_2 -umumiy emitter bilan ulangan tranzistor T_2 ning tok bo'yicha uzatish koeffitsienti.

O'z navbatida T_1 tranzistorning ham kollektor toki quyidagi qiymatga ko'payadi.

$$\Delta I_{k1} = \Delta I_{k2} \cdot \beta_1 = \Delta I_{k2} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$$

bu yerda β_1 -umumiy emitter bilan ulangan T_1 tranzistorning tok bo'yicha uzatish koeffitsienti. Oxirgi ifodadan ko'rinadiki, olingan tranzistor uchun kollektor tokining boshlang'ich o'zgarishi $\beta_1 \beta_2$ marta ortar ekan. Jarayon shunday davom etib, tiristorni butunlay ochilishiga, ya'ni anod tokini keskin ko'payishiga olib keladi.

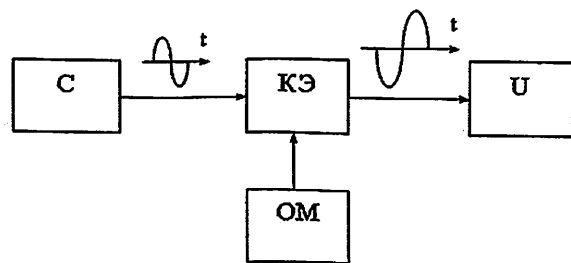
boshqarish elektrodagi tok qiymatini o'zgartirib, tiristorni yopiq holatdan ochiq holatga o'tishini boshqarish mumkin ekan.

Boshqarish elektrodi orqali bir yoki ikki jarayon, ya'ni tiristorning faqat ochilishi yoki ham ochilishi, ham yopilishi amalga oshirilishi mumkin. Bundan tiristorlar bir va ikki operatsiyali deb ataladilar, ularning shartli belgilari -rasmida keltirilgan.

Kuchaytirgichlar.

Kuchaytirgich deb, elektr tebranishlarni (signallarni) kuchaytiruvchi qurilmaga aytiladi. Eng oddiy kuchaytirgichga kuchaytirish kaskadi deyiladi. Kuchaytirish kaskadining tuzilish chizmasi 15.2 - rasmida berilgan bo'lib, uning tarkibidagi kuchaytiruvchi element (KE) ning vazifasi ozuqa manbai (OM) energiyasini kirishdagi signal (S) bilan boshqariladigan iste'molchi (I) ga uzatiladigan o'zgaruvchi tok energiyasiga o'zgartirishdan iborat.

Kuchaytiruvchi element sifatida elektrovakuum asboblari va tranzistorlar qo'llanadilar.



15.2-rasm

Kuchaytirgichlar shartli ravishda uchga bo'linadilar:

Kuchlanish kuchaytirgichlari, bunday kuchaytirgichlarda kirishdagi signal kuchlanish bo'yicha kuchaytiriladi;

Tok kuchaytirgichlari, bu xil kuchaytirgichlar chiqishda talab etiladigan tok qiymatini ta'min etadilar, ya'ni kirishdagi signalni tok bo'yicha kuchaytiradi;

Quvvat kuchaytirgichlari. Bu kuchaytirgichlar signalni quvvat bo'yicha kuchaytiradi;

Umuman, har qanday kuchaytirgichda signal quvvati kuchayadi.

Kuchaytirgichlar kuchaytiriladigan signal chastotasiga bog'liq holda quyidagi xillarga bo'linadilar:

Past (quyi) chastota kuchaytirgichlari. Bunday kuchaytirgichlar chastota spektri bir necha o'n Gs dan bir necha o'n kGs gacha bo'lgan uzluksiz takrorlanuvchi signallarni kuchaytirish uchun xizmat qiladi.

Rezonans (tanlovchi) kuchaytirgichlar. Bu xil kuchaytirgichlar past yoki yuqori chastotali bo'lib, ma'lum bir diapazondagi (oraliqdagi) chastotali signallarni ajratib olib, kuchaytirish uchun xizmat qiladilar.

Keng polosali (poyonli) kuchaytirgichlar. Bu kuchaytirgichlar impuls ko'rinishidagi signallarni kuchaytirib, impulsli aloqa qurilmalarida, radiolokatsiyada, televideniya keng qo'llaniladi. Ko'p hollarda kuchaytirilgan signal elektron nur trubka ekranida qayd etilganligi sababli, keng polosali kuchaytirgichlar videokuchaytirgichlar deb ham yuritiladi.

O'zgarmas tok kuchaytirgichlari yoki sekin o'zgaruvchi kuchlanish va tok kuchaytirgichlar. Bunday kuchaytirgichlar chastotasi noldan boshlab bir necha o'n kGs gacha bo'lgan elektr signallarni kuchaytirish uchun xizmat qilib, apparatlarda, avtomatikada, hisoblash texnikasida keng qo'llaniladi.

Kuchaytirishning asosiy tavsif va parametrlari.

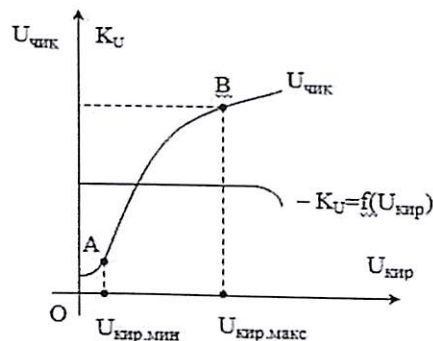
Kuchaytirgichlarning asosiy texnik parametrlari (ko'rsatkichlari) quyidagilardir: kuchaytirish koeffitsienti (tok, kuchlanish va quvvat bo'yicha), kirish va chiqish qarshiliklari kirishdagi signalning nominal qiymati, chiqishdagi quvvat, foydali ish koeffitsienti, kuchaytiriladigan chastotaviy diapazon hamda kuchaytirilayotgan signalning nochiqiq chastotaviy va fazaviy buzilishi.

Kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti deb kuchaytirgich chiqishidagi signal (kuchlanishi, toki va quvvati) kirishdagi signaldan necha marta kattaligini ko'rsatuvchi kattalikka aytiladi, ya'ni

$$K_u = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кп}}}, K_I = \frac{I_{\text{чик}}}{I_{\text{кп}}}, K_P = \frac{P_{\text{чик}}}{P_{\text{кп}}}$$

Kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti kuchaytirilayotgan signal amplitudasi va chastotasining ma'lum qiymat oralig'ida o'zgartirishidagina o'zgarmas bo'ladi.

Kuchaytirgich chiqishidagi signal qiymatlarining kirishdagi signalga bog'liqligi uning amplituda tavsifi (15.3-rasm) bilan aniqlanadi.



15.3- rasm

Rasmdan ko'rinadiki, amplituda tavsifi koordinata boshidan o'tmas ekan, chunki kirishda signal bo'lmaganda kuchaytirgich chiqishda kuchaytirgich tarkibidagi elementlarning shovqin kuchlanishi mavjud bo'ladi.

Shuning uchun kuchaytiriladigan signal kuchlanishi shovqin kuchlanishidan katta bo'lishi kerak, ya'ni $U_{\text{кп}} > U_{\text{кп.мин}}$.

Kirishdagi signalning katta qiymatlarida ($U_{\text{кп}} > U_{\text{кп.макс}}$) kuchaytiruvchi elementlarning noxiziq tavsifga ega bo'lishligi sababli kuchaytirish koeffitsienti kamayadi. Demak, kuchaytirgich kirish signalining $U_{\text{кп.мин}}$ va $U_{\text{кп.макс}}$ qiymatlari oralig'ida (A V) signal ko'rinishini buzmasdan kuchaytirar ekan.

Kuchaytirgichdagi kuchaytiruvchi elementning noxiziq tavsifga ega bo'lishligi faqat kuchaytirish koeffitsienti qiymatini kamaytirib qolmay, chiqishdagi kuchaytirilgan signal ko'rinishini ham buzadi.

Bunday buzilish noxiziq buzilish deb atalib, noxiziq buzilish koeffitsienti bilan baholanadi.

$$K_p = \frac{\sqrt{I_{2m}^2 + I_{3m}^2 + \dots + I_{nm}^2}}{I_{1m}} = \frac{\sqrt{U_{2m}^2 + U_{3m}^2 + \dots + U_{nm}^2}}{U_{1m}}$$

$I_{1m}, I_{2m}, \dots, U_{1m}, U_{2m}$ – tok va kuchlanishlar 1 chi, 2 chi va hokazo garmonikalarning amplituda qiymatlari.

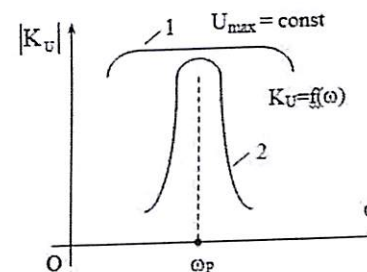
Shunday qilib, kirish signalining qiymati $U_{\text{кп}} U_{\text{кп.мин}}$ va $U_{\text{кп}} U_{\text{кп.макс}}$ bo'lganidan noxiziq buzilishlar (gormonikalar) koeffitsienti eng kichik qiymatga ega bo'lar ekan. Har qanday to'rtqutblik kabi kuchaytirgichlar ham kirish va chiqish qarshiliklarga ega bo'lib, umumiy holda kirish

qarshiligi $Z_{\text{кп}} = \frac{U_{\text{кп}}}{i_{\text{кп}}}$ ifoda orqali, chiqish qarshiligi esa $Z_{\text{чик}} = \frac{U_{\text{чик}}}{i_{\text{чик}}}$ ifodadan aniqlanadi.

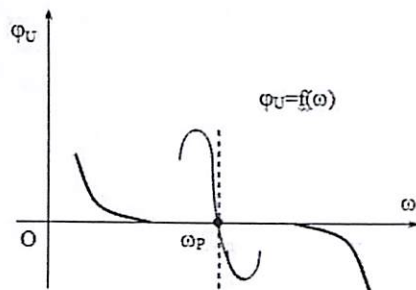
Kuchaytirgich chizmasida sig'im va induktivliklar mavjud bo'lganligi sababli, turli chastotali signallar har xil kuchaytiriladilar, ya'ni kuchaytirish koeffitsient kompleks qiymatga egadir.

$K = |K_u| e^{-j\varphi}$ bu yerda: $|K_u| = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кп}}}$ kuchaytirish koeffitsientining moduli, φ_U – kirish va chiqish kuchlanishlar orasidagi faza siljishi.

$|K_u|$ va φ_U lar kirish signali chastotasining funksiyalari bo'lib, amplituda-chastotaviy hamda faza-chastotaviy tavsiflar sifatida aks ettiriladilar (15.4, 15.5-rasmlar).



15.4- rasm



15.5- rasm

Chastotaviy buzilishda hamma vaqt kirish va chiqish signallari orasida faza siljishi kuzatiladi (ro'y beradi).

Quvvat kuchaytirgichlarida ularning foydali ish koeffitsienti muhim ko'rsatkich bo'lib, iste'molchidagi foydali quvvatning iste'mol manbaidan olingan quvvatga nisbati bilan aniqlaniladi, ya'ni

$$\eta = \frac{P_{\text{faydal}}}{P_{\text{K0}}} \cdot 100\%$$

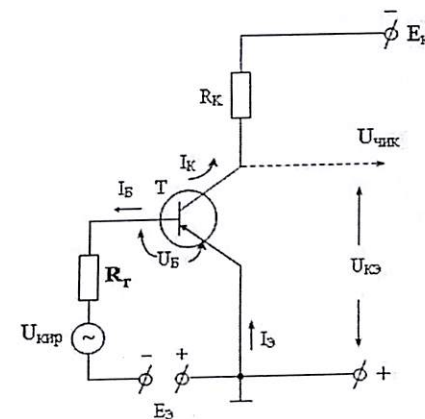
Savollar:

1. Nechta operatsiyali tiristorlarni bilasiz?
2. Tiristorlarda boshqaruvchi elektrod tokining uzgarishi tiristor VAT iga qanday ta'sir kursatadi?
3. Bir operatsiyali tiristorlarni ochik xolatdan yopik xolatga qanday o'tkaziladi?
4. Tiristorlar kaerlarda kullanilishi mumkin?
5. Tiristorlarning shartli belgilarini va tamgalanishlarini keltiring.
6. Qanday qurilmaga kuchaytirgich deyiladi ?
7. Kuchaytirgichlarning qanday tavsiflari mavjud?
8. Kuchaytirgichning blok-chizmasini chizib, tushuntirib bering

15. BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHLAR

Odatda kuchaytirgichlar bir necha kuchaytirish kaskadlaridan tarkib topgan bo'lib, ular tartibli ravishda signal kuchayishini amalga oshiradilar. Kuchaytirish kaskadlarining chizmalari turlicha bo'lishlari mumkin, lekin ularning asosiy zanjirlari tuzilishi deyarli bir xil bo'ladi.

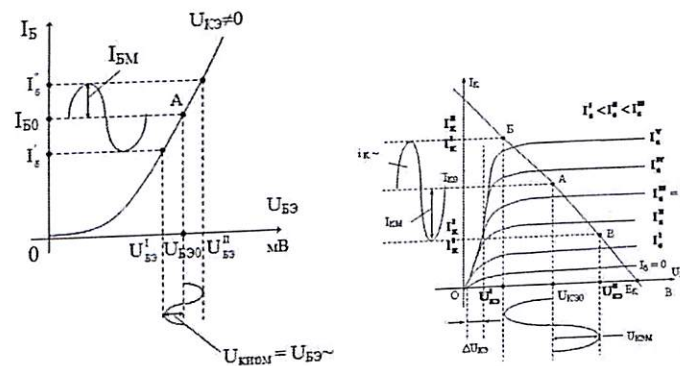
Shuning uchun, kuchaytirish kaskadi sifatida UE bilan ulangan tranzistorning kuchaytiruvchi elementi bo'lib ishlashini ko'rib chiqamiz. 16.1 –rasmda eng oddiy kuchaytirish kaskadi tasvirlangan.



16.1-rasm

Kuchaytirish kaskadining asosiy elementlari Y_{EK} , tranzistor T va rezistor R_K lar bo'lib, kaskadning asosiy zanjirini tashkil etadilar. Bu zanjirdan tranzistor baza zanjiri orqali boshqariladigan kollektor toki o'tib, chiqishda o'zgaruvchi kuchlanish hosil qiladi.

Kuchaytirish kaskadining ishlashini grafik ko'rish va analitik hisoblashlarga asoslangan grafoo-analitik usul bilan tushuntiramiz (16.2-rasm).



16.2-rasm

Grafik qurish uchun tranzistorning kirish va chiqish tavsiflari majmuida yuklantirish chizig'ichiziladi. Kollektor zanjiridagi rezistor R_K faol bo'lganligi uchun yuklantirish to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, u o'rni aniqlanadigan ikki nuqta orqali o'tadi. Ozuqa manbai Y_{EK} ga tranzistor T va rezistor R_K ulanganligi uchun uning qiymati shu elementlar o'rtasida taqsimlanadi, ya'ni

$$Y_{EK} = U_{KE} + I_K R_K = U_{KE} + U_{RK} \quad (A)$$

Yuklantirish to'g'ri chizig'i o'tadigan ikki nuqta o'rni quyidagi mulohazalar asosida aniqlaymiz:

a) soat yurish rejimi, ya'ni $I_K=0$, u holda (A) ifodadan $U_{KE}=E_K$.

b) qisqa tutashuv rejimi, ya'ni $U_{KE}=0$, u holda (A) ifodadan

$$I_K = \frac{E_K}{R_K}$$

Har ikkala nuqtalarni kuchlanish va tok o'qlarida aniqlab, ular orqali yuklanish to'g'ri chizig'ini o'tkazamiz.

Berilgan baza toki (I_{B0}) ga to'g'ri kelgan chiqish tavsifi bilan yuklantirish to'g'ri chizig'ining kesishgan nuqtasi (A) tinch holat ($U_{kir}=0$) o'rni belgilaydi. Bu nuqta koordinatalari U_{KE0} va I_{K0} lardan iborat.

Tranzistor bazasida $I_b=I_{B0}$ tokni ta'min etish uchun baza va emitter orasida $U_{BE}=U_{BE0}$ siljitish kuchlanishi bo'lishi kerak. bu kuchlanish qiymati ma'lum I_{B0} bo'yicha kirish tavsifidan aniqlaniladi.

Kuchaytirgich kirishiga signal kelgan vaqtda, ya'ni $U_{kir}>0$ bo'lganda baza kuchlanishi U_{BE} o'zgaradi, bu esa o'z navbatida baza tokining o'zgaruvchi tashkil etuvchisini hosil bo'lishiga olib keladi (-rasm). Baza tokining o'zgarishi o'z navbatida baza tok bo'yicha uzatish koeffitsienti β orqali bog'langan kollektor toki ham o'zgaruvchi tashkil etuvchiga ega bo'ladi, ya'ni $i_{K-}=\beta i_{B-}$ yoki to'laroq yozadigan bo'lsak, $i_K = i_{K0} + i_{K-} = (i_{B0} + i_{B-})\beta$. Bu tok kollektor zanjiri orqali o'tib, kollektor kuchlanishini o'zgarishiga olib keladi. Grafik qurilishidan ko'rinadiki, kollektor kuchlanishining o'zgaruvchi tashkil etuvchisi kuchaytirgichning chiqish kuchlanishi bo'lib xizmat qiladi.

Grafikdan ko'rinadiki, chiqish kuchlanishining nohiziq buzilishini kamaytirish uchun ishchi nuqta (A) tavsifning nohiziq qismiga o'tmasligini ta'min etish kerak ekan. Bu esa tinch holatda, ya'ni $U_{kir}=0$ bo'lganda ishchi nuqta koordinatlari quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak.

$$U_{KE0} > U_{KEM} + \Delta U_{KE}$$

$$I_{K0} > I_{KM} + I_{0KMaks}$$

Bu yerda ΔU_{KE} – tranzistor chiqish tavsifining nohiziq bo'lagiga to'g'ri keladigan kollektor kuchlanishi.

I_{0KMaks} – baza toki $I_B=0$ bo'lgandagi kollektorning boshlang'ich toki (eng yuqori haroratdagi).

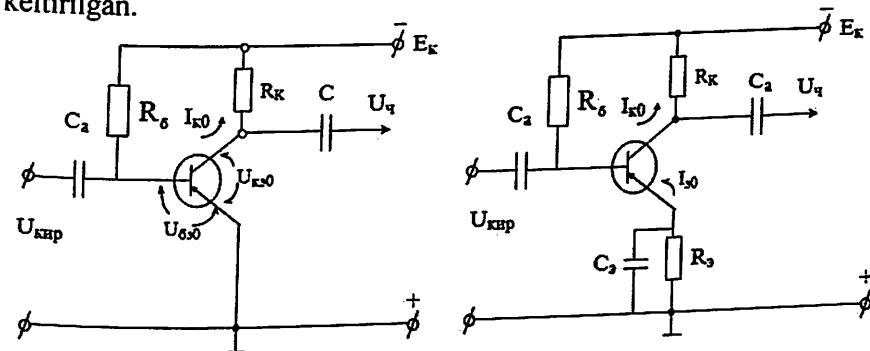
Savollar:

1. Kuchaytirish kaskadining chizmasini chizib, elementlar vazifalarini tushuntiring.
2. Kaskadning tinch holat o'rni qanday parametrlar bilan aniqlanadi?
3. Kuchaytirish kaskadining qaysi elementlari uning o'zgarmas tok bo'yicha ish rejasini rejimini belgilaydi.
4. Transformator kuchaytirgichmi?
5. Qanday kuchaytirish koeffitsientlari mavjud?

16. Avtomatik siljishli kuchaytirish kaskadlari

Avvalgi ko'rilgan kuchaytirish kaskadida tinch holatda tranzistorning ishchi nuqta o'rni belgilovchi baza toki I_{B0} baza-emitter oralig'iga ulangan ozuqa manbai Y_{EE} hisobiga hosil qilingan edi.

Ko'p hollarda baza toki I_{B0} alohida olingan Y_{EE} manba hisobiga emas, asosiy ozuqa manbai bo'lib xizmat qiladigan Y_{EK} manba hisobiga turli usul bilan hosil qilinadi. Quyidagi rasmlarda turli usullar bilan siljitish toki hosil qiladigan kuchaytirish kaskadlar chizmalari keltirilgan.



17.1-rasm

Kuchaytirgichlarning bu chizmalarida siljitish toki R_b rezistor orqali berilib, qiymati quyidagi ifodadan aniqlaniladi:

$$I_{EO} = \frac{E_K - U_{E30}}{R_E}$$

Ko'p hollarda I_{BO} qiymati ma'lum bo'lib, bu tokni ta'min etuvchi R_B ning qiymati

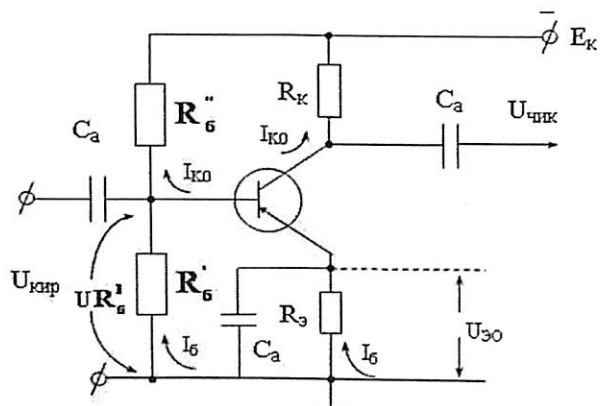
$$R_B = \frac{E_K - U_{E30}}{I_{EO}}$$

ifodadan aniqlaniladi.

Chizmasi 38-rasmda keltirilgan kuchaytirish kaskadida rezistor R_B bo'lgichni tashkil etuvchi R_B^I va R_B^{II} rezistorlar bilan almashtirilgan bo'lib, ularning qiymatlari quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$R_B^I = \frac{U_{R_1}}{I_{E30}} = \frac{U_{E30} + U_{E30}}{(2+5)I_{EO}} = \frac{(0,1+0,2)E_K + U_{E30}}{(2+5)I_{EO}}$$

$$R_B^{II} = \frac{E_K - U_{R_1}}{I_{E30} + I_{EO}}$$



17.2-rasm

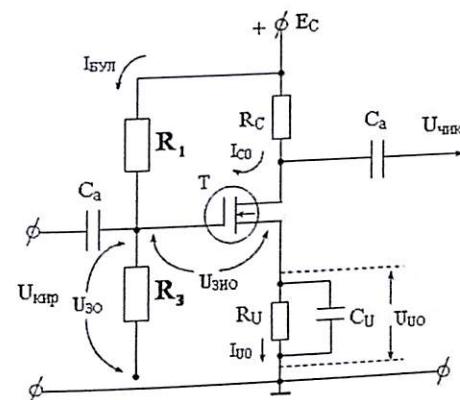
Har ikkala chizmalardagi R_E - S_E zanjiri tranzistor ishchi o'rnini harorat bo'yicha stabillashtirish uchun xizmat qiladi.

Shunday qilib, R_E rezistor yordamida tranzistorli kuchaytirgichlarda ishchi nuqta o'rnini harorat bo'yicha stabillashtirish amalga oshirilgan ekan.

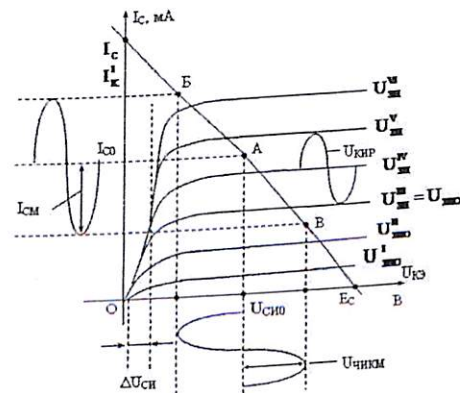
Rezistor R_E ga parallel ulangan kondensator S_E signal quvvatining R_E qarshilikda yo'qolishini kamaytiradi, ya'ni emitter tokining o'zgaruvchi tashkil etuvchisi S_E kondensator orqali o'tadi. Bu kondensatorning sig'imi $X_{SE0,1R_E}$ ifodadan aniqlanadi.

Maydon tranzistorli kuchaytirish kaskadi.

Maydon tranzistorlarining xususiyatiga bog'liq holda maydon tranzistorli kuchaytirish kaskadining tinch holati uning kirishiga berilgan o'zgarmas kuchlanish bilan belgilanadi. 17.3-rasmda umumiy istok bilan ulangan maydon tranzistorli kuchaytirish kaskadining chizmasi keltirilgan.



17.3-rasm



17.4-rasm

Kuchaytirish kaskadining asosiy elementlari bo'lib ozuqa manbai $Y_{\text{с}}$, tranzistor T va rezistor $R_{\text{с}}$ hisoblanadilar. Kaskaddagi R_1 , R_z va R_U qarshiliklar tranzistorning tinch holatini belgilaydilar. Tinch holat o'rnini aniqlash bipolyar tranzistorli kaskaddagi kabidir.

$$\begin{aligned} U_{\text{сво}} &> U_{\text{чххм}} + \Delta U_{\text{св}} \\ I_{\text{св}} &> I_{\text{см}} \\ U_{\text{сво}} &= E_{\text{с}} - I_{\text{св}}(R_{\text{с}} + R_U) \end{aligned}$$

Tinch holatda zatvor kuchlanishi qiymati tinch holat nuqtasidan o'tadigan stok tavsifi parametri bilan aniqlanilib, R_U va R_z rezistorlar yordamida hosil qilinadi. Rezistor R_U ning qiymati ma'lum bo'lgan $U_{\text{зю}}$ va $I_{\text{св}}$ qiymatlari orqali quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$R_U = \frac{U_{\text{зю}}}{I_{\text{св}}}$$

Bu rezistor faqatgina zatvor kuchlanishini ta'min etib qolmay, tinch holat o'rnini harorat bo'yicha stabilashtiruvchi element bo'lib ham xizmat qiladi.

Tranzistor kirishiga ulangan R_z rezistorning vazifasi R_U rezistor pastki chiqishidagi potensialni, ya'ni kuchlanish $U_{\text{зю}}$ ni zatvorga berishdan iborat. Ko'pincha $R_z = 12 \text{ M}\Omega$ olinadi.

Ba'zi hollarda tinch holat o'rnining stabiligini oshirish maqsadida R_U rezistorning qiymati oshiriladi. Bu esa o'z o'rnida zatvor potensialini oshishiga olib keladi. Rezistor R_U da hosil bo'ladigan $U_{\text{св}}$ kuchlanishning ortiqcha qismini kompensatsiyalash uchun R_1 rezistor ulanib, $I_{\text{бул}}$ tokdan R_z rezistorda hosil bo'ladigan $U_{\text{зю}}$ kuchlanish xizmat qiladi.

$$R_1 = \frac{E_{\text{с}} \cdot R_z}{U_{\text{св}} - U_{\text{зю}}}$$

Ko'pincha $U_{\text{св}} \approx (0,1-0,2)E_{\text{с}}$ deb olinadi.

Savollar:

1. Kuchaytirgichning avtomatik siljiqli kaskad chizmasini chizing.
2. Avtomatik siljishli kuchaytirish kaskadi elementlarining vazifalarini tushuntiring.
3. Nima sabadan tranzistorli kuchaytirgichlarda tinch holat o'rniga harakat bo'yicha stabilashtiriladi?
4. Harakat bo'yicha stabilashtiruvchi zanjir elementlarining vazifalari.

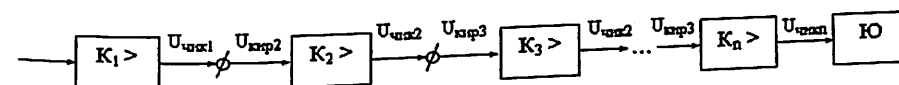
5. Harakat o'zgarganida stabilashtiruvchi zanjir yordamida ishchi nuqta o'zni stabil holda qolishligini tushuntiring.

17. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar.

Teskari bog'lanishlar.

Ko'p hollarda bitta kuchaytirish kaskadining kuchaytirish koefitsienti talab etilgan qiymatdan ancha kichik bo'ladi. Bunday hollarda muammo ko'p kaskadli kuchaytirgichlarni qo'llash bilan hal etiladi.

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarning tuzilish chizmasi 41-rasmda keltirilgan.

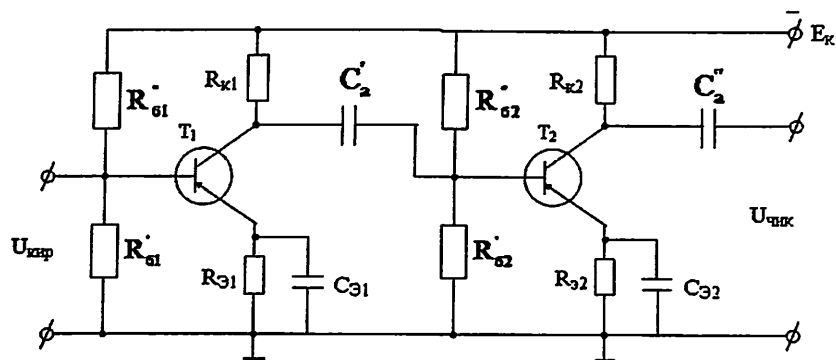


18.1-rasm

Rasmdan ko'rinadiki, oldingi kaskadning chiqish signali keyingi kaskad uchun kirish signali bo'lib xizmat qiladi. Masalan, 1-kaskadning chiqish kuchlanishi U_{chik1} , 2-kaskad uchun kirish signali U_{kir2} bo'lib, o'z galida 2-kaskadda kuchaytirilgan signal U_{chik2} 3-kaskadning kirish signali bo'lib xizmat qiladi va hokazo.

$$K = K_{\text{т1}} \cdot K_{\text{т2}} \cdot K_{\text{т3}} \cdot \dots \cdot K_{\text{тn}}$$

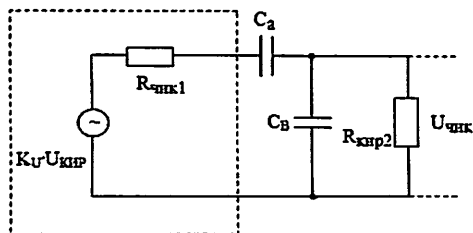
Ko'p kaskadli kuchaytirgich tarkibiga kiruvchi kaskadlar o'zaro kondensator, transformator orqali yoki bevosita ulanishi mumkin. Bu ulanishlardan ko'proq kondensatorli bog'lanish qo'llanilganligi uchun, misol uchun 2 kaskadli kondensator bog'lanishli kuchlanish kuchaytirgichni 18.1-rasmdan ko'rinadiki, 1-kaskad tranzistorining kollektori 2-kaskad tranzistori bazasi bilan $C_{\text{с}}$ kondensator orqali bog'langan bo'lib, u tokning o'zgaruvchi tashkil etuvchisiga deyarli qarshilik ko'rsatmay, o'zgaras tashkil etuvchisini esa 2-tranzistor bazasiga o'tkazmaydi.



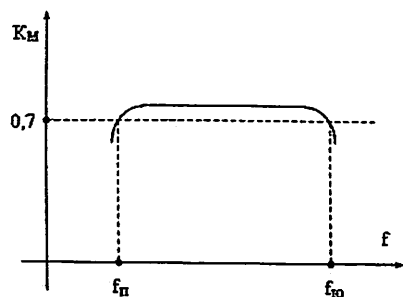
42-рasm

18.2-рasm.

Kuchaytirgich tarkibida reaktiv elementlar bo'lganligi sababli uning kuchaytirishi ko'effitsienti qiymati kuchaytirilayotgan signal chastotasiga bog'liq bo'lib, amplituda chastotaviy tavsifi deb ataladi. Bu tavsifni 18.2-rasm tahlil qilish uchun kondensator bog'lanishli kuchaytirgichni quyidagi 18.3-rasm ekvivalent chizma bilan almashtiramiz.



18.3- rasm

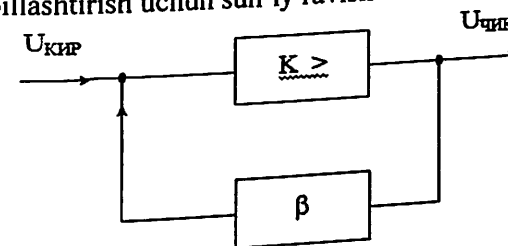


18.4- rasm

Bu chizmadagi $S_0 = S_{KE1}(1+K_2)+S_m$. Bu yerda S_{KE1} - 1-tranzistorning kollektor-emitter orasidagi sig'im, K_2 - 2-kaskadning kuchaytirish ko'effitsienti, S_m - montaj sig'imidir. $R_{к2}$ - keyingi kaskadning kirish qarshiligi.

Chastota kamayishi C_a sig'im qarshiligini oshirishga ($X_S=1/\omega C$) olib kelib, keyingi kaskad qarshiligiga olib keladigan signal kuchlanishining kamayishiga va natijada kuchaytirish ko'effitsienti kamayadi, ya'ni $f \rightarrow 0$ bo'lganda $K_{U_n} \rightarrow 0$ bo'ladi. Yuqori chastotada kuchaytirish ko'effitsientining kamayishiga S_0 sig'im sababchidir, chunki $f_{yu} \rightarrow 0$ bo'lganda $X_{S0} \rightarrow 0$ bo'lganligi sababli $K_{U_{yu}} \rightarrow 0$ bo'ladi.

Teskari bog'lanish deb, kuchaytirgich chiqishidagi kuchaytirilgan signalning bir qismini yana qaytadan kirishga berishga aytiladi (18.5-rasm). Teskari bog'lanish kuchaytirgich tavsiflarini yaxshilash va ular ishlashini stabilashtirish uchun sun'iy ravishda hosil qilinadi.



18.5-rasm

Lekin ba'zan kirish va chiqish zanjirlari orasida ko'ngilsiz bog'lanishlar hosil bo'lishi mumkin, bunday bog'lanishlar parazit teskari bog'lanish deb ataladi.

Teskari bog'lanishlar kuchlanish yoki tok bo'yicha amalga oshirilishi mumkin.

Agar teskari bog'lanish kuchlanishi chiqish kuchlanishiga proporsional (18.5-rasm), ya'ni $U_{t.b.} = U_{chik}$ bo'lsa, teskari bog'lanish kuchlanishi bo'yicha, agar teskari bog'lanish chiqishdagi tokka proporsional ya'ni $U_{t.b.} = I_{chik}$ bo'lsa, teskari bog'lanish tok bo'yicha amalga oshirilgan bo'ladi.

Teskari bog'lanish kuchlanishi kirishga paralell va ketma-ket ulash bilan berilishi mumkin.

Agar kirish zanjirida teskari bog'lanish $U_{t.b.}$ va kirish U_{kir} kuchlanishlari qo'shiladilar ketma-ket (18.5-rasm a,v) teskari bog'lanish

deb atalib, bordiyu toklar qo'shilsa, (- rasm b,g), parallel teskari bog'lanish deyiladi.

Agar teskari bog'lanish natijasida kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti ko'paysa, teskari bog'lanish musbat bo'lib, kamaysa, manfiy bo'ladi.

Savollar:

1. Qanday kuchaytirgichga ko'p kaskadli deyiladi?
2. Ko'p kaskadli kuchaytirishning tuzilish va elektr chizmalarini chizib bering.
3. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarning tavsiflarini chizib, tushuntirib bering.
4. Teskari bog'lanish deganda nimani tushunasiz?
5. Teskari bog'lanishning qanday xillarini bilasiz?
6. Qanday teskari bog'lanish manfiy bo'ladi?
7. Qanday teskari bog'lanish musbat bo'ladi?
8. Kuchlanish bo'yicha teskari bog'lanish chizmasini chizib bering.
9. Tok bo'yicha teskari bog'lanish chizmasini chizib bering.
10. Ketma-ket teskari bog'lanish chizmasini chizib bering.

18. Kuchaytirgichlarda teskari bog'lanishlar.

Kuchaytirgichlarda, asosan, manfiy teskari bog'lanish qo'llanadi.

Endi, masalan, kuchlanish bo'yicha ketma-ket manfiy teskari bog'lanishning kuchaytirgich parametrlariga ta'sirini ko'rib chiqamiz. – rasm a dan ko'rinadiki, kuchaytirgich kirish zanjirida kirish va teskari bog'lanish kuchlanishlari qo'shiladilar.

$$U = U_{kir} + U_{t.b.} \quad (19.1)$$

bu yerda $U_{t.b.} = \beta \cdot U_{chik}$ (19.2)

$$U_{chik} = K_U \cdot U \quad (19.3)$$

K_U – kuchaytirgichning teskari bog'lanishsiz kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsienti.

Teskari bog'lanish kuchaytirgichning chiqishidagi kuchlanishi (19.1) va (19.2) larni qo'yib aniqlaymiz

$$U_{chik} = K_U (U_{kir} + U_{t.b.}) = K_U (U_{kir} + \beta U_{chik}) \quad (19.4)$$

Olingan (19.4) ifodaning har ikki tomonini kirish kuchlanishi U_{kir} ga bo'lib, quyidagini topamiz.

$$\frac{U_{chik}}{U_{kir}} = K_U \left(\frac{U_{kir}}{U_{kir}} + \beta \frac{U_{chik}}{U_{kir}} \right) = K_U \left(1 + \beta \frac{U_{chik}}{U_{kir}} \right) \quad (19.5)$$

Bu yerda $\frac{U_{chik}}{U_{kir}}$ – teskari bog'lanishli kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti, ya'ni

$$K_{U.T.B.} = K_U (1 + \beta K_{U.T.B.}) \text{ yoki } K_{U.T.B.} = \frac{K_U}{1 - \beta K_U} \quad (19.6)$$

Oxirgi (6) ifodadan ko'rinadiki, agar $1 > \beta K_U > 0$, ya'ni teskari bog'lanish musbat bo'lsa, u holda $K_{U.T.B.} > K_U$ bo'ladi.

Agar $\beta K_U < 0$, ya'ni teskari bog'lanishi manfiy bo'lsa, $K_{U.T.B.} = \frac{K_U}{1 - \beta K_U} < K_U$ bo'ladi.

Demak, manfiy teskari bog'lanish bo'lganida kirish U_{kir} kuchlanishi va teskari bog'lanishi $U_{t.b.}$ kuchlanishi faza bo'yicha teskari bo'ladilar, ya'ni

$$U = U_{kir} - U_{t.b.} \quad (19.7)$$

Kuchaytirgichga manfiy teskari bog'lanish kiritilishi natijasida quyidagi sifat o'zgarishlari ro'y beradi:

a) kuchlanish bo'yicha manfiy teskari bog'lanish kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsientini stabillashtiradi;

b) kuchaytirgichdagi noxiziq buzilishlarni kamaytiradi;

v) kirish qarshiligi $(1 + \beta)$ marta ko'payadi, ya'ni

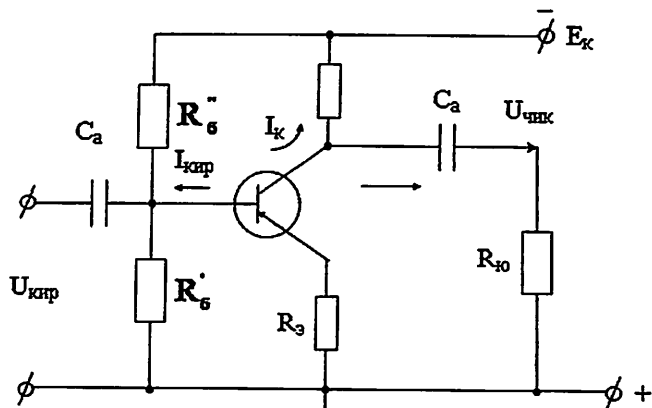
$$R_{kir.t.b.} = R_{kir} \cdot (1 + \beta) \quad (19.8)$$

g) chiqish qarshiligi $(1 + \beta)$ marta kamayadi, ya'ni

$$R_{chik.t.b.} = \frac{R_{chik}}{1 + \beta} \quad (19.9)$$

Manfiy teskari bog'lanishli kuchaytirgichlarning elektr chizmalari.

Tok bo'yicha ichki ketma-ket manfiy teskari bog'lanish (-rasm). Bu xil teskari bog'lanish emitter zanjiriga R_e rezistor ulash bilan ta'minlanadi.



19.1-rasm

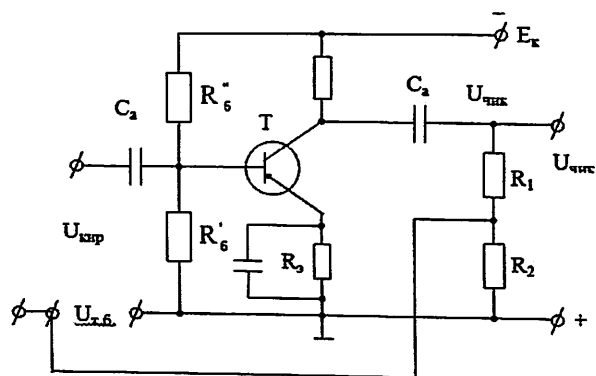
$$K_{\text{t.r.}} = \frac{I_K}{I_{\text{np}}}; \quad R_{\text{t.r.}} = \frac{R_K \parallel R_{30}}{R_3}$$

Kuchlanish kuchaytirgichlarda R_E rezistorning qarshiligi katta bo'lishi kerak emas, uning qiymati $R_E \ll R_K \parallel R_{Yu}$ nisbat bilan chegaralanadi.

Kuchlanish bo'yicha ichki ketma-ket manfiy teskari bog'lanish (-rasm). Bu chizmada manfiy teskari bog'lanish zanjirini rezistorlardan

tashkil topgan bo'lib hosil qilib, uning uzatish koeffitsienti ga tengdir.

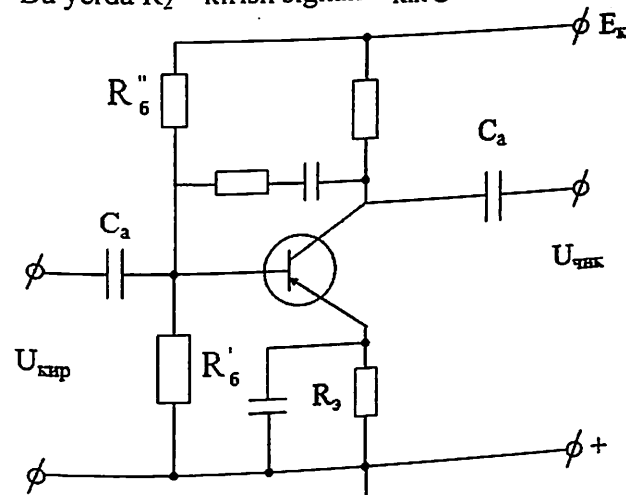
$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



19.2-rasm

Kuchlanish bo'yicha ichki parallel manfiy teskari bog'lanish (-rasm). Bu chizmada manfiy teskari bog'lanish tranzistorning kollektori bazasi oralig'iga ulangan $R_0 C_0$ zanjir orqali amalga oshiriladi. Uning

kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti $K_{\text{t.r.}} \approx \frac{R_0}{R_2}$ ga teng. Bu yerda R_2 - kirish signali U_{KIR} generatorining ichki qarshiligi.



19.2-pacm.

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda teskari bog'lanish

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda umumiy deb ataluvchi teskari bog'lanish qo'llanadi. Ikki va undan ko'p kaskadlarni qamrab oladigan teskari bog'lanish umumiy teskari bog'lanish deb ataladi. Amalda umumiy teskari bog'lanish ichki teskari bog'lanishdan afzal bo'lishligi isbotlangan. Lekin manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olinadigan kaskadlar sonini ortishi bilan kuchaytirgichning generator rejimiga o'tish ehtimolligi ortadi. Buning sababi quyidagicha tushuntiriladi.

Kuchaytirgichga manfiy teskari bog'lanish kiritilishi fazalar siljishi $\varphi_{\text{t.r.}} + \varphi_p = \pm \pi, 3\pi, \dots$ bo'lishiga olib keladi. har ikkala faza siljish qiymatlari kuchaytirilayotgan signal chastotasiga bog'liqdir va chastotaning pastki yoki yuqori qiymatlarida faza shunday o'zgarishi mumkinki, natijada teskari bog'lanish kuchlanishi fazasi bo'yicha kirish kuchlanishi fazasi bilan bir xil bo'lib, musbat teskari bog'lanishga

aylanadi. Musbat teskari bog‘lanishli kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti

$$K_v = \frac{K_v}{1 - \beta K_v}$$

bo‘lib, $\beta k \rightarrow 1$ da $K_{U.T.B} \rightarrow$ bo‘ladi, ya‘ni kuchaytirgich generator rejimiga o‘tadi.

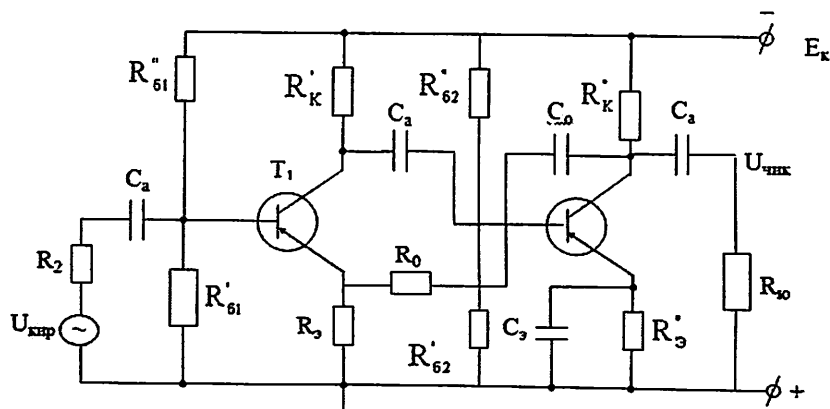
Generator rejimiga o‘tish sharti

$$\varphi_{xyx} + \varphi_p = 0, 2\pi, \dots \text{ fazalar balansi}$$

$$|K_v| \cdot |\beta| \geq 1 \text{ amplitudalar balansi.}$$

Manfiy teskari bog‘lanish bilan qamrab olinadigan kaskadlar soni qancha ko‘p bo‘lsa, kuchaytirgichning generator ish rejimiga o‘tish ehtimolligi shuncha katt bo‘ladi.

Teskari bog‘lanish chizmasi kuchaytirgichning vazifasiga bog‘liq holda tanlab olinadi va hamma hollarda qanday vazifani bajarishidan qat‘iy nazar kuchaytirgich ishlashining hamda parametrlarining stabililigini oshirali.



Kuchlanish bo‘yicha umumiy ketma-ket manfiy teskari bog‘lanishli ikki kaskadli kuchaytirgichning elektr chizmasi –rasmda keltirilgan.

Bu chizmada umumiy manfiy teskari bog‘lanish $R_0 C_0$ zanjiri orqali amalga oshirilgan.

$R_0 \gg R_k$ ba $R_0 \gg R_3$ bo‘lishi kerak.

$$\beta = \frac{U_{TS}}{U_{chx}} = \frac{U_{R_3}}{U_{chx}} = \frac{R_3}{R_3 + R_0} \approx \frac{R_3}{R_0}, \text{ chunki } R_3 \ll R_0.$$

Kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti $K_{U.T.B} \approx \frac{1}{\beta}$ (bu chuqur manfiy teskari bog‘lanish, ya‘ni $K_{U.T.B} \gg 1$ bo‘lgan holat uchun).

Kuchlanish bo‘yicha umumiy manfiy bog‘lanishli kuchaytirgichning chiqish qarshiligi kamayib ($R_{CHK.T.B} \approx 0,5 \text{ kOm}$), kirish qarshiligi ($R_{KIR.T.B} \approx 2050 \text{ kOm}$) ortadi.

Ba‘zi hollarda chiqish qarshiligini yanada kamaytirish uchun ($R_{CHK.T.B} \approx 10 \text{ Om}$) ikkita kaskaddan keyin emitter takrorlagich ulanib, shu takrorlagichdan teskari bog‘lanish olinadi.

Savollar:

1. Nima sababdan kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti manfiy teskari bog‘lanish kiritilganda kamayadi?
2. Manfiy teskari bog‘lanish kuchaytirgich kuchaytirish koefitsientiga qanday ta‘sir ko‘rsatadi?
3. Manfiy teskari bog‘lanish kuchaytirgichning kirish qarshiligiga qanday ta‘sir ko‘rsatadi?
4. Manfiy teskari bog‘lanishli va teskari bog‘lanishsiz kuchaytirgich amplituda-chastotaviy tavsifini chizib, tushuntirib bering.
5. Umumiy ketma-ket manfiy teskari bog‘lanishli kuchaytirgichning chizmasini chizib, teskari bog‘lanishning ta‘sirini tushuntirib bering.

19. Quvvat kuchaytirgichlari.

Quvvat kuchaytirgichlari iste‘molchini kerakli quvvatdagi signal bilan ta‘min etish uchun xizmat qiladilar. Quvvat kuchaytirgichlari ko‘pincha chiqish kaskadi deb atalib, ularning iste‘molchilari kichik qarshiligi bo‘ladilar, masalan, elektrodvigatel, rele, dinamik va boshqalar.

Quvvat kuchaytirgichlarning kuchlanish kuchaytirgichlardan farqli ravishda uziga xos xususiyatlari mavjud bulib ulardan biri kichik qarshilikli yuklamani tugridan-tugri trazistor kollektor zanjiriga ulab bo‘lmaydi, chunki istemolchi yuklamasida ajraladigan foydali quvvat juda kichik buladi. Buning asosiy sababi kuchaytirgich chiqish qarshiligi bilan yukama qarshiligi orasidagi katta tafovutlikdir, ya‘ni $R_{chik} \gg R_{yu}$.

Yuklamada, ya'niy istemolchida eng katta kuvvat fakatgina kuchaytirgich chikish qarshiligi va yuklama qarshiliklari o'zaro teng, ya'niy $R_{chik}=R_{yu}$ bo'lgandagina ajralishi mumkin. Demak, maksimal kuvvat olish uchun kuchaytirgich chikish qarshiligi bilan istemolchi qarshiligi moslashtirish (tenglashtirish) kerak. Bundan vazifani chikish transformator bajaradi. Moslovchi transformatorning birinchi cho'lg'amini kollektor zanjiriga, 2-cho'lg'amiga esa yuklama ulanadi. Yuklamaning 1-cho'lg'amiga keltirilgan qarshiligi transformatorning transformatsiya koeffitsientiga bog'liq bo'lib, quyidagi ifodadan aniqlanadi.

$$R'_n = R \left(\frac{w_1}{w_2} \right)^2 = R_n n^2$$

Iste'molchining berilgan qarshiligidan transformatsiya koeffitsientini tanlash bilan maksimal quvvatga erishish mumkin.

Quvvat kuchaytirgichlarning asosiy ko'rsatkichlaridan biri uningn iqtisodiyiligini ko'rsatuvchi foydali ish koeffitsientidir.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{K0}}$$

bu yerda P_{chik} – quvvai kuchaytirgichining chiqishdagi foydali quvvat.

R_{K0} – kuchaytirgichning iste'mol manbaidan olinadigan quvvat.

Quvvat kuchaytirgichlari chizmalariga bog'liq holda bir taktli va 2 taktli bo'lishlari mumkin. Odatda, quvvat qiymati 1-5 Vt gacha bo'lsa, 1 taktli va undan katta qiymatlarda esa 2 taktli quvvat kuchaytirgichlari qo'llanadilar.

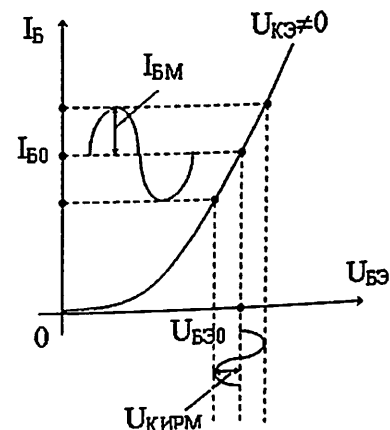
Quvvat kuchaytirgichlarida tranzistorning ishlash rejimlari.

Quvvat kuchaytirgichlarida yuklama to'g'ri chizig'ida ishchi nuqta o'rni bilan farqlanadigan 3 xil kuchaytirish sinflari (rejimlari) qo'llanadilar, bular:

A sinf, V sinf, AV sinf.

1) A sinfi (ishlash rejimi).

Bu ish rejimida siljitish kuchlanishi U_{BEO} qiymati shunday shakllanadiki, ishchi nuqta o'rni tinch holatda kirish tavsifi chiziqli qismining o'rtasida joylashsin, (20.1-rasm).



20.1-rasm

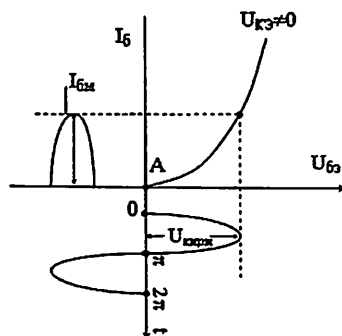
Bu sinfda kirish signalining amplituda qiymati siljitish kuchlanishinikidan kichik bo'lishi kerak, ya'ni $U_{kir} < U_{BEO}$ shu sababli bu rejimda chiqish signali ko'rinishi kam buzilib, sifat ko'rsatkichi yuqori bo'ladi va shuning uchun yuqori sifatli kuchaytirgichlar A sinfda ishlaydilar. Bu rejimning kamchiligi kichik foydali ish koeffitsientidir. Foydali ish koeffitsientining kichik bo'lishining sababi shuki, signal berilmagan vaqtida kuchaytiruvchi element (tranzistor) orqali nisbatan

$$\eta = 0.5 \frac{U_{KЭM} I_{KM}}{I_{K0} \cdot U_{KЭ0}} = \frac{P_{max}}{P_{K0}}$$

katta (I_{K0} , I_{B0}) o'tishidir. Bu yerda: $U_{KЭM}$ va I_{KM} – kuchaytirilgan signal kuchlanishi va tokining amplituda qiymatlari;

$U_{KЭ0}$, I_{K0} signal berilmagan vaqtida kollektor kuchlanishi va undagi o'tadigan tok $I_{K0} > I_{KM}$ va $U_{KЭ0} > U_{KЭM}$ bo'lganligi sababli $\eta_A < 0,5$ bo'ladi.

2) sinf. Bu ishlash rejimida bipolyar tranzistorli kuchaytirgichlar uchun siljitish kuchlanishi $U_{BEO} = 0$ bo'lib, tinch holatda ishchi nuqta o'rni koordinata boshida bo'ladi va shuning uchun I_{B0} va demak, kollektor toki $I_{K0} = \beta I_{B0}$ ham tinch holatda 0 ga teng bo'ladi, ya'ni signal bo'lmagan vaqtida tranzistor (kuchaytiruvchi element) yopiq holatda bo'ladi.



20.2 - rasm.

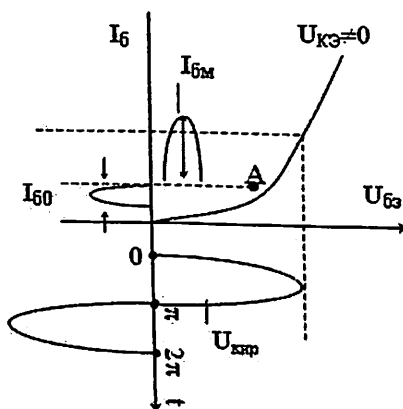
Kuchaytirgichga kirish signali kelgan vaqtda signalning musbat yarim davri davomida (0- π) tranzistor orqali tok o'tadi (I_{BM} va $I_{KM} = \beta I_{BM}$).

Shu sababli «B» rejimda ishlaydigan kuchaytirgichlarning foydali ish koeffitsienti A rejimdagidan ancha katta bo'ladi ($\eta_V \approx 80\%$).

«V» rejimda signalning faqat musbat yarim davrigina kuchaytirilganligi sababli, buzilish koeffitsienti katta bo'ladi.

3) AV sinfi. Bu ish rejimida tinch holatda ishchi nuqta o'rni tavsif chiziqli qismining pastki nuqtasida olinadi (20.3-rasm), natijada tavsifning noxiziq qismi kuchaytirish jarayonida ishtirok etmaydi.

$I_{B0} \gg I_{BM}$ va $I_{K0} \ll I_{KM}$ bo'lganligi uchun buzilish koeffitsienti va foydali ish koeffitsienti kamayadi ($\eta_{AV} \approx 70\%$).

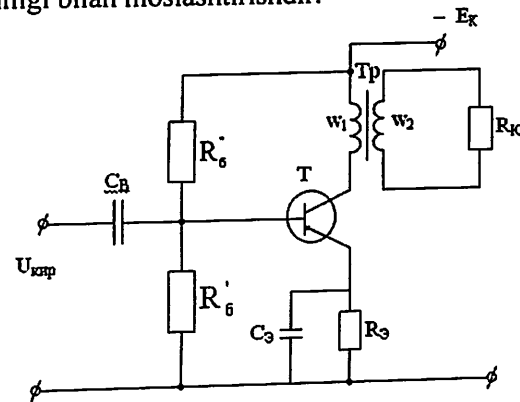


20.3 - rasm

Bir taktli quvvat kuchaytirgichlari.

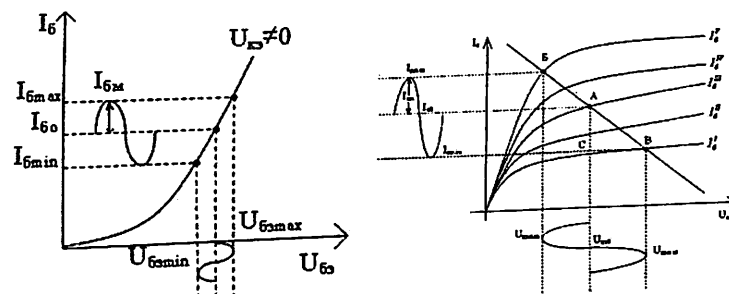
Bir taktli quvvat kuchaytirgichlarining tipik chizmasi 54-rasmda ko'rsatilgan. Bir taktli quvvat kuchaytirgichlarda tranzistor (kuchaytiruvchi element) hamma vaqt «A» rejimda ishlaydi. Chizmadagi C_1, R_1', R_1, R_2, C_2 elementlar kuchlanish kaskadida qanday vazifani bajaradi.

Transformatorning vazifasi yuklama qarshiligi R_{yu} ni tranzistor chiqish qarshiligi bilan moslashtirishdir.



20.4-rasm

Bir taktli quvvat kuchaytirgichni hisoblash grafo-analitik usulda bajariladi. 20.5-rasm. Bundan chiqishdagi quvvat R_{chik} va yuklama qarshiligi R_{yu} berilgan bo'ladi.



20.5-rasm

Tranzistordan katta quvvat olish uchun yuklama chizig'i ruxsat etilgan quvvat (R_{kmaks}) egriligiga urinma bo'lishi kerak. Berilgan

tranzistorning kirish va chiqish tavsiflari ma'lumotnomadan olinadi. Ishchi nuqta o'rni quyidagicha aniqlanadi ($U_{kir}=0$). Kaskadning o'zgaras tokka bo'lgan chiqish qarshiligi transformator 1-cho'lg'aming faol qarshiligiga teng bo'lib, uning qiymati juda kichik ($R_k \approx 0,1 \text{ Om}$) bo'ladi. Shuning uchun kaskadning tinch holatida ($U_{kir}=0$) manba kuchlanishi Yek emitter-kollektor oralg'iga qo'yiladi, ya'ni

$$Yek = U_{ke} + I_k R_k = U_{ke}; \text{ chunki } U_{RK} \ll U_{KE}.$$

Demak, o'zgaras tok bo'yicha yuklama to'g'ri chizig'i kuchlanish o'qining manba kuchlanishiga to'g'ri kelgan nuqtadan ($U_{KE}=Yek$) o'tadigan vertikal to'g'ri chiziq bo'ladi. Shu to'g'ri chiziqning tranzistor chiqish tavsifi majmuidagi o'rtada joylashgan tavsif bilan kesishgan nuqta (A) tinch holatdagi ishchi nuqta o'rni bo'ladi.

Enda bu nuqta orqali yuklama to'g'ri chizig'ini ($U_{kir}=0$ rejim uchun) shunday o'tkazamizki, bu BV kesmani teng 2 ga bo'lsin. BV to'g'ri chizig'i quvvatning ruxsat etilgan egri chizig'iga (R_{kmaks}) qancha yaqin bo'lsa, kaskaddan olinadigan quvvat qiymati shuncha katta bo'ladi. B va V nuqtalar o'rni bo'yicha baza va kollektordagi minimal va maksimal toklar hamda kuchlanishlar qiymatlari aniqlanadi (I_{bmin} , I_{bmaks} , U_{Bemin} , U_{Bemaks} , I_{kmin} , U_{Kemin} , U_{KEmaks}). Grafik quvirlanishidan ko'rinadiki, kollektor toki va kuchlanishning amplituda qiymatlari

$$I_{KM} = \frac{I_{KEmaks} - I_{Kemin}}{2}; \quad U_{KM} = \frac{U_{KEmaks} - U_{Kemin}}{2}$$

Kaskadning chiqishidagi (transformatorning 1-cho'lg'amidagi quvvati kirish signalining maksimal qiymatida

$R_{chikm}=0,5 I_{km} U_{kem}$ ifodadan aniqlanib, grafikda ABS (ABS') uchburchaklarning yuzasi bilan aniqlanadi.

Yuklamadagi quvvat $P_{sum} = \frac{P_{sum}}{\eta_{sp}}$ - transformatorning foydali ish koeffitsienti.

Kirish signali yo'q vaqtida ($U_{kir}=0$) tranzistor kollektorida maksimal quvvat so'nadi, ya'ni $R_{kmaks}=U_{keo} I_{ko} \approx 2 R_{chikm}$. Demak, chiqish quvvatining ikkilangan qiymati berilgan tranzistor uchun ruxsat etilgan quvvat qiymatidan kichik bo'lishi kerak, ya'ni $2 R_{chik} R_{kmaks}$.

Manbadan olinadigan quvvat qiymati

$$R_{KO} = Y_{ek} I_{KO} \approx U_{KEO} I_{KO}.$$

Bir taktli quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsienti

$$\eta_A = \frac{P_{sum}}{P_{ko}} = \frac{0,5 \cdot I_{KM} \cdot U_{KEM}}{I_{KO} \cdot U_{K33}} = 0,5 \frac{I_{KM} \cdot U_{KEM}}{I_{KO} \cdot U_{K30}}$$

«A» rejim uchun $I_{KM} < I_{KO}$ va $U_{KM} < U_{KEO}$ edi. Shuning uchun $\eta_A \approx 35-40 \%$ bo'ladi. Bir taktli quvvat kuchaytirgichlarida chiqish transformatorining birlamchi cho'lg'ami orqali I_{KO} toki hamda transformator o'zagining magnitlash toki oqib o'tadi va o'zakning o'lchamlarini oshirishga sabab bo'ladi. Bundan tashqari nisbatan kichik foydali ish koeffitsienti bir taktli quvvat kuchaytirgichlarini chiqishdagi quvvat qiymati 3-5 Vatdan katta quvvat qiymatlarida qo'llash imkoniyatini bermaydi.

Savollar:

1. Quvvat kuchaytirgichlarining vazifasi nimadan iborat?
2. Kuchaytirishning A, V va AV sinflari (rejimlari) orasidagi farqlar nimadan iborat?
3. Nima sababdan quvvat kuchaytirgichlarida chiqish transformatori qo'llaniladi?
4. Quvvat kuchaytirgichlarining qanday xillari mavjud?
5. Berilgan tranzistor uchun bir taktli kuchaytirgichning chiqishdagi foydali quvvatini hisoblang.
6. Bir taktli quvvat kuchaytirgichning foydali ish koeffitsientini hisoblang.

Adabiyotlar:

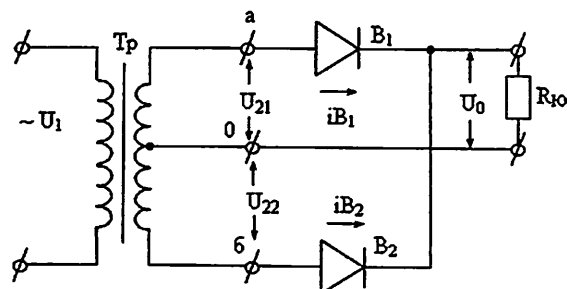
- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Zabrodin Yu. S. | 112-120 betlar. |
| 2. Iz'yurova G.I. | 233-242 betlar. |
| 3. Gershunskiy B. S. | 251 - 253, 269-270 betlar. |

20. Bir fazali to'liq davrli to'g'rilagichlar.

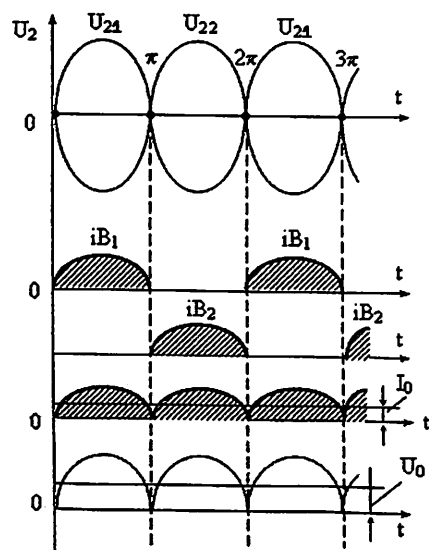
Filtrlar.

To'g'rilagichning chizmasi (21.1-rasm)da ko'rsatilgan bo'lib, uning o'ziga xos tomoni shundan iboratki, qo'llanadigan transformatorning ikkinchi cho'lg'ami ikkita teng qismdan iborat bo'lib, o'rta (nol)

nuqtaga nisbatan fazasi bir-biridan π ga farq qiladigan ikkita kuchlanish hosil qiladi.



21.1-rasm



21.2-rasm. To'g'rilagichning kirish-chiqish diagrammalari

To'g'rilagichning tok va kuchlanishlari orasidagi bog'lanishlar ifodalarini aniqlaymiz:

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} U_2 \sin \omega t dt = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9 U_2$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_{10}} = \frac{2\sqrt{2} U_2}{\pi R_{10}}$$

To'g'rilagichlarni hisoblashda, uning chiqishidagi kuchlanish qiymati berilganligi sababli, ikkinchi cho'lg'amdagi kuchlanish qiymatini aniqlaymiz.

$$U_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_0 = 1,11 U_0$$

Transformatorlarning transformatsiya koeffitsientini aniqlaymiz.

$$n = \frac{u_1}{u_2}$$

Iste'molchi orqali o'tadigan tok ventillardan galma-gal o'tganligi uchun ventildan o'tadigan tokning o'rtacha qiymati

$$I_B = I_{B1} = I_{B2} = \frac{I_0}{2}$$

ifodadan aniqlaniladi.

Yopiq holatdagi ventilga qo'yilgan teskari kuchlanish qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$U_{\text{teskari}} = 2\sqrt{2} U_2 = \pi U_0$$

Transformatorning birinchi va ikkinchi cho'lg'amlaridagi toklar

$$I_2 = \frac{\pi}{4} I_0$$

$$I_1 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{n} \cdot I_0 = 1,11 \frac{I_0}{n}$$

Transformator cho'lg'amlarining quvvatlari

$$S_1 = U_1 I_1 = 1,23 U_0 \cdot I_0 = 1,23 P_0$$

$$S_2 = 2 U_2 I_2 = 2 \cdot 1,11 \cdot U_0 \cdot \frac{\pi}{4} I_0 = 1,74 P_0$$

Transformator quvvati (o'rtacha)

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2} = 1,48 P_0$$

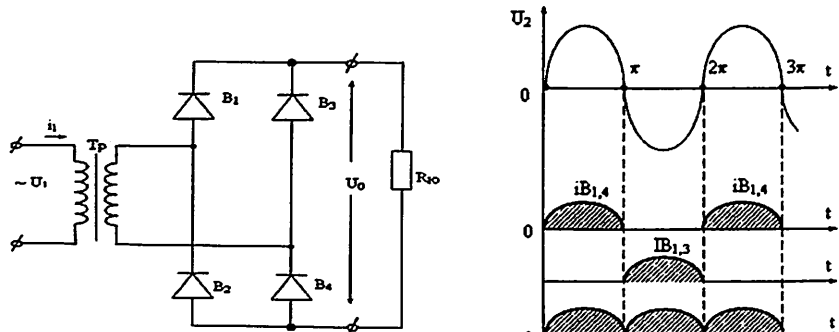
To'g'rilangan kuchlanish sifatini baholash uchun pulsatsiya koeffitsienti q kiritilgan bo'lib, uning qiymati qiziqtiradigan gormonika kuchlanishining to'g'rilangan kuchlanishi o'rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlaniladi. Ko'pincha pulsatsiya koeffitsienti birinchi gormonikaga nisbatan aniqlanadi, ya'ni

$$q_1 = \frac{U_{01m}}{U_0} = \frac{2}{m^2 - 1}$$

bu yerda m -fazalar soni.

Ko'rilgan to'g'rilagich uchun $m=2$ $q_1=0,67$ ya'ni birinchi gormonika amplituda qiymati to'g'rilangan kuchlanish 67 % ni tashkil etadi.

Bir fazali to'liq davrli ko'prik chizmalı to'g'rilagich.
To'g'rilagichning chizmasi 21.3-rasmda ko'rsatilgan.



21.3-rasm

To'g'rilagich chizmasidagi $V_1 V_4$ -gal ochilib yopiladilar. Transformator ikkinchi cho'lg'amidagi kuchlanish U_2 ning musbat yarim davrida ($0-T/2$) V_1 va V_4 ventillar ochiq holatda bo'lib, iste'molchini transformatorning ikkinchi cho'lg'amiga ulaydi. Manfiy yarim davrda esa, ya'ni $T/2-T$ oraliqda V_2 va V_3 ventillar ochiq holatga o'tib, avvalgilari yopiq holatga o'tadilar va iste'molchi orqali uzluksiz tok o'tadi.

To'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati

$$U_0 = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2$$

Iste'molchidan o'tadigan tokning o'rtacha qiymati

$$I_0 = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = \frac{U_0}{R_{yo}}$$

Teskari kuchlanishning maksimal qiymati

$$U_{\text{teskari}} = \sqrt{2} U_2 = \frac{\pi}{2} U_0$$

Ikkilamchi cho'lg'am kuchlanishi

$$U_n = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_0 = 1,1 U_0$$

Ventildan o'tadigan tokning o'rtacha qiymati

$$I_B = \frac{I_0}{2}$$

Birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amlardagi toklar

$$I_2 = \frac{U_2}{R_{yo}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{U_0}{R_{yo}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot I_0$$

$$I_1 = \frac{I_2}{n} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{I_0}{n}$$

Transformator quvvati

$$S_T = S_1 = S_2 = 1,23 P_0$$

Shunday qilib, ko'prik chizmalı to'g'rilagichda transformator faqat bitta ikkilamchi cho'lg'amga ega bo'lib, ventillarga qo'yiladigan teskari kuchlanish qiymati 2 marta kichik bo'lar ekan. Shu sababli ko'p hollarda ko'prik chizmalı to'g'rilagichlar kichik va o'rtacha quvvatli to'g'rilagichlar sifatida qo'llanishga egadirlar.

Filtrlar.

To'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiyalar qiymatini kamaytirish, ya'ni tekislash uchun filtr qo'llanadi. Chunki to'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiyalarning mavjudligi o'zgarmas tok istemolchilarning ishlashini yomonlashtiradi. Shuning uchun pulsasiya qiymat jihatidan kamaytirilishi kerak. To'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiya uning to'g'rilangan qiymati q bilan baholanadi. Pulsasiya koeffitsientining ruxsat etilgan qiymati istemolchi xiliga bog'liq bo'ladi. Masalan, radiotexnik qurilmalarni ozuqalanitiruvchi to'g'rilagichlar uchun pulsasiya koeffitsientining ruxsat etilgan qiymati $q=0,1$ 0,003% bo'lishi kerak.

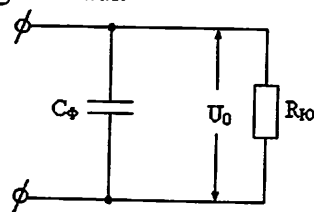
To'g'rilagich chiqishidagi pulsasiya koeffitsientining filtr chiqishidagi pulsasiya koeffitsientiga nisbati filtning tekislash koeffitsienti deyiladi.

$$S = \frac{q}{q_1} = \frac{U_{ax}}{U_{ax}}$$

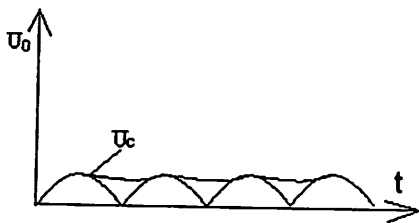
Filtrlarning ba'zi xillarini ko'rib chiqamiz.

Sig'imli filtr (21.5-rasm). Bunda filtr iste'molchiga parallel ulanadi. Filtr uchun olinadigan kondensator sig'imi shunday bo'lishi kerakki, uning asosiy garmonikadagi qarshiligi X_{sr} yuklama qarshiligi

R_{yu} dan juda kichik bo'lishi kerak, ya'ni $X_{C\phi} = \frac{1}{\omega_{ax} \cdot C_{\phi}} \ll R_{\phi 0}$, chunki shunday nisbat bo'lgandagina iste'molchida hosil bo'ladigan tokning o'zgaruvchi tashkil etuvchisi hosil qilgan kuchlanishning pasayishi kichik qiymatga ega bo'ladi.



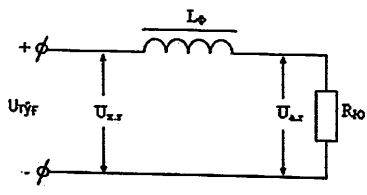
21.5-rasm



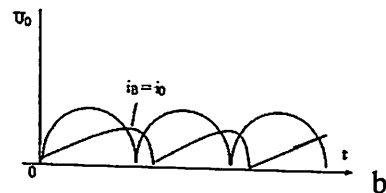
21.6-rasm To'g'rilagichning chiqish diagrammalari

Sig'im filtrli to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish ko'rinishi 21.6-rasmla tasvirlangan.

21.6-rasmdan ko'rinadiki, to'g'rilagich chiqishidagi pulsatsiyalanuvchi kuchlanish ta'sirida sig'im ventildan o'tadigan tok bilan zaryadlanib, iste'molchi orqali razryadlanadi. Shu sababli, iste'molchidagi to'g'rilangan kuchlanish ancha tekislangan bo'ladi. Induktiv filtr (21.7-rasm). Bunda induktiv g'altagi iste'molchi bilan ketma-ket ulanadi. Uning qarshiligi o'zgaruvchi tokka nisbatan katta bo'lganligi uchun tokning iste'molchida o'zgaruvchi tashkil etuvchisidan hosil bo'ladigan kuchlanish pasayishi juda kichik bo'ladi.



a



b

21.7-rasm

Induktiv filtrli to'g'rilagichda iste'molchi qarshiligi bilan induktiv qarshilik quyidagi nisbatda bo'lishlari kerak

$$X_{L\phi} = \omega L_{\phi} \gg R_{\phi 0}$$

amalda $\omega L_{\phi} = 2\pi f L_{\phi} \geq 10R_{\phi 0}$ bo'ladi.

Induktiv filtrning tekislash koeffitsienti

$$S = \frac{q}{q_1} = \frac{U_{ax}}{U_{ax}} = \frac{\sqrt{(\omega_{ax} \cdot L_{\phi})^2 + R_{\phi 0}^2}}{R_{\phi 0}}$$

agar $\omega_{ax} L_{\phi} \gg R_{\phi 0}$ hisobga olinsa, u holda

$$S = \frac{\omega_{ax}}{R_{\phi 0}} = \frac{2\pi f \cdot L_{\phi}}{R_{\phi 0}}$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, iste'molchi qarshiligi R_{yu} qancha kichik bo'lsa, tekislash koeffitsienti shuncha katta bo'lar ekan. Shuning uchun induktiv filtr nisbatan katta tokli to'g'rilagichlarda qo'llanadi.

Tekislash koeffitsientining qiymatlarini oshirish kerak bo'lsa, LC yoki RC filtrlar (67-rasm) qo'llanadilar.

Ularning tekislash koeffitsientlari

$$S = \omega_{ax}^2 L_{\phi} \cdot C_{\phi} - 1; S = \omega_{ax} R_{\phi} \cdot C_{\phi} \cdot \frac{R_{\phi 0}}{R_{\phi 0} \cdot R_{\phi}}$$

filtrlarda katta sig'imga (20-100 mkF) ega bo'lgan elektrolit kondensatorlar qo'llanadilar. RC-filtrlarda R_F qiymati 0,2-0,3 R_{yu} oralig'ida olinadi.

Bir fazali to'g'rilagichlarning turli filtrli yuklantirish (tashqi) tavsiflari -rasmda tasvirlangan.

Yuklantirish tavsifidan ko'rinadiki, $I_0=0$ bo'lganida sig'imli filtrlarda kuchlanish transformator ikkinchi cho'lg'amidagi kuchlanish U_2 ning amplituda qiymatigacha ortar ekan. Iste'molchidan o'tadigan tok ortishi bilan kuchlanish U_0 ning tezlik bilan kamayishi kondensatorning vaqt davomiyligi kamayishi natijasida uning tezda zaryadsizlanishi sabab bo'ladi.

Savollar:

1. To'liq davrli nol nuqtali to'g'rilagich chizmasini chizib, uning ishlashini vaqtiy diagrammada tushuntiring.
2. To'g'rilagichlarda diodlar qanday tanlab olinadi?
3. Ko'prik chizmasi to'g'rilagich chizmasini chizib, uning ishlashini vaqtiy diagrammada tushuntiring.

4.Nima sababdan filtr sifatida sig'im va g'altak olinadi, ular yuklamaga qanday ulanadilar?

5. Kichik quvvatli to'g'rilagichlarda qanday filtrlar qo'llanadilar?

6.Katta quvvatli to'g'rilagichlarda qanday filtrlar qo'llanadilar?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mirziyoev SH.M. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. Toshkent, "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 29 b.
2. Mirziyoev Sh.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 47 b.
3. Mirziyoev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. "O'zbekiston" NMIU, 2017. – 485 b.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi PF-4947-sonli Farmoni. O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami, 2017 y., 6-son, 70-modda/
5. Frank Petruzella. Activities Manual for Electric Motors and Control Systems with Constructor CD - 15 edition. Publisher: McGraw-Hill Publishing Company. 2021.
6. Seung-Ki Sul. Control of Electric Machine Drive Systems. Wiley-IEEE Press February 2020, 424 pages.
7. Quang, Nguyen Phung, Dittrich, Jörg-Andreas. Vector Control of Three-Phase AC Machines. System Development in the Practice , 2019.
8. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Texnika oily o'quv yurtlarining "Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari" yo'nalishi talabalari uchun darslik / J.S. Salimov, N.B. Pirmatov. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. T. O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti 2011. – 408 b.
9. M. V. Deshpande. Design And Testing Of Electrical Machines. Prentice-Hall Of India Pvt. Limited, 2020. 495 pages.
10. Gray, Alexander. Electrical Machine Design: The Design and Specification of Direct and Alternating Current Machinery. 1913. Reprint. London: Forgotten Books, 2021. Print.
11. Pirmatov N.B., Yarmuxamedova Z.A., Mustafakulova G.N. Elektr mashinalari fanining transformatorlar qismi boyicha kurs loyihasini bajarishga oid o'quvmetodik qo'llanma. -T.: ToshDTU, 2012. –120 b.
12. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari.-T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.

13. Pirmatov N.B., Salimov J.S., Toshev Sh.E. Elektr mashinalari (elektromexanika) fanining "Transformatorlar" qismi bo'yicha mustaqil ta'limga oid metodik qo'llanma. –Toshkent.: ToshDTU 2010, 35 bet.
14. Pirmatov N.B. "Elektr mashinalarining maxsus kursi" fanidan mustaqil ish bajarishga oid metodik qo'llanma. –Toshkent.: ToshDTU 2012, 16 bet.
15. Aliev, I. Elektricheskie mashiny: Uchebnoe posobie dlya stud. Vuzov M.:RadioSoft,2021.-448c.
16. Aliev, I.I. Elektricheskie mashiny / I.I. Aliev. - M.: Radio i svyaz, 2020.-448c.
17. Aliev, I.I. Elektricheskie mashiny / I.I. Aliev. - Vologda: Infra-Injeneriya,2019.-448c.
18. Antonov, Yu.F. Sverxprovodnikovye topologicheskie elektricheskie mashiny / Yu.F. Antonov, Ya.B. Danilevich. - M.: Fizmatlit, 2019.-368 c.
19. Baklin, V.S. Elektricheskie mashiny. raschet dvuxpolyusnykh turbogeneratorov. praktikum.: Uchebnoe posobie dlya prikladnogo bakalavriata / V.S. Baklin. - Lyubersy: Yurayt, 2016. - 137 c.
20. Bepalov, V.Ya. Elektricheskie mashiny: Uchebnik dlya studentov uchrejdeniy vysshego professionalnogo obrazovaniya / V.Ya. Bepalov, N.F. Kotelenes.-M.:ITSAkademiya,2019.-320c.
21. Bityuskiy, I.B. Elektricheskie mashiny. Dvigatel postoyannogo toka. Kursovoe proektirovanie: Uchebnoe posobie / I.B. Bityuskiy, I.V. Muzyleva.-SPb.:Lan,2018.-184c.
22. Bruskin, A.E. Elektricheskie mashiny i mikromashiny: Uchebnik /
23. A.E.Bruskin, A.Ye. Zoxorovich, V.S. Xvostov. - M.: Alyans, 2016. - 528 c.
24. Bruskin, D.E. Elektricheskie mashiny Ch.2. / D.E. Bruskin, A.Ye. Zoroxovich, V.S.Xvost.-M.:Alyans,2016.-304c.
25. Bruskin, D.E. Elektricheskie mashiny Ch.1. / D.E. Bruskin, A.Ye. Zoroxovich, V.S.Xvost.-M.:Alyans,2016.-319c.
26. Vanurin, V.N. Elektricheskie mashiny: Uchebnik / V.N. Vanurin. - SPb.:Lan,2016.-352c.
27. Vanurin, V.N. Elektricheskie mashiny: Uchebnik / V.N. Vanurin. - SPb.:Lan,2016.-304c.
28. Lessons In Electric Circuits, Volume I – DC.By Tony R. Kuphaldt Fifth Edition, last update October 18, 2006.-p.1-28

29. basic electronics tutorials. electronics-tutorials. com» basics... electronics. htm, 2015.p.1-8. Elektronika asoslari.Elektrodarslik
30. W.J.R.H.Pooler Electrical Power. USA, 2013.
31. http://de.wikibooks.org/wiki/Benutzer:Dirk_Huenniger/wb2 pdf. Circuit Theory. Wiki books.org, 2013.-143-p.
32. Xonboboev A.I., Xalilov N.A. Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik. – T.: "Uzbekiston", 2000. – 446 b.
33. Atabekov G.I. Teoreticheskie osnovy elektrotexniki. Lineynye elektricheskie sepi: Uchebnoe posobie. 7 – ye izd., SPb.: Izdatelstvo «Lan»,2009. – 592 s.
34. Majidov S.M. "Elektrotexnika", Toshkent, "O'qituvchi" 2000 y., 210b.
35. Karimov A.S va boshqalar. "Elektrotexnika" (masalalar to'plami va laboratoriya ishlari), Toshkent, "O'qituvchi" 1989y., 240b. Shatene G., Boe M., Bui D., Vayan J., Verkiider D. "Uchebnik po obshchey elektrotexnike" Moskva, Texnosfera, 2009.- 624s. ISBN 978-5-94836-210-perevod s fransuzskogo k.t.n. V.N. Grasevicha.
36. Levashov, Yu.A., Aksenyuk, Ye.B. L 34 ELEKTROTEKNIKA I ELEKTRONIKA [Tekst] : uchebnoe posobie. – Vladivostok: Izd-vo VGUES, 2010. – 192 s.
37. Karimov A.S. Elektrotexnikaning nazariy asoslari: Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. – Toshkent, 2007 y.

MUNDARIJA

SO'Z BOSHI.....	3
I BOB. ELEKTR ZANJIRI VA UNING ASOSIY QONUNLARI	5
1.1. Elektr va magnit hodisalari, elektr toki.....	5
1.2. Elektr zanjiri va uning ish rejimlari	7
1.2.1. Elektr kuchlanish.....	9
1.2.2. Elektr toki.....	10
1.2.3. Elektr qarshilik.....	13
2. SINUSOIDAL O'ZGARUVCHAN TOK. VEKTOR DIAGRAMMALAR. TOK, KUHLANISH VA EYUKLARNING EFJEKTIV VA O'RTACHA QIYMATI	14
2.1. O'zgaruvchan tok turlari.....	14
2.2. Sinusoidal o'zgaruvchan EYUK ni hosil qilish.....	15
2.3. Sinusoidal o'zgaruvchan funksiyani xarakterlovchi kattaliklar	18
2.4. Sinusoidal o'zgaruvchan funksiyaning ta'sir etuvchi va o'rtacha qiymatlari	20
2.5. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash.....	22
II BOB. ELEKTR MASHINALAR	26
2.1. Asinxron mashinalar	26
2.2. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi.....	26
2.3. Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi. Asinxron motorning tezligini rostlash	30
2.4. Asinxron motorning pasportidagi ma'lumotlari bo'yicha mexanik xarakteristikasini qurish	32
2.5. Asinxron motorning energetik diagrammasi va foydali ish koeffitsienti.....	33
2.6. Asinxron motorning ish xarakteristikasi.....	35
3. SINXRON MASHINALAR	37
3.1. Sinxron mashinalar	37
3.2. Sinxron mashinaning tuzilishi va ishlash prinsipi	40
4. ELEKTR YURITMA ASOSLARI	42
4.1. Elektr yuritma haqida umumiy tushunchalar.....	42
4.2. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi.....	44
4.3. Elektr yuritmaning turg'un harakati	45

4.4. Elektr yuritmaning rostlanuvchi koordinatalari.....	47
4.5. Koordinatalari rostlanuvchi elektr yuritmalarning tuzilishi	50
4.6. Mustaqil qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari	52
4.7. Ketma – ket qo'zg'aluvchan o'zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari	60
4.8. Asinxron motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari	68
4.9. Sinxron motorli elektr yuritmalarning ish rejimlari va tavsiflari	90
5. ASINXRON MOTORLI ELEKTR YURITMALARNING ENERGIYA TEJAMKOR ISH REJIMLARI	95
5.1. Faza rotorli asinxron motorlarni sinxron ish rejimda ishlatish.....	95
5.2. Rostlanmaydigan asinxron motorlarning energiya tejamkorligi	98
5.3. Rostlanadigan asinxron motorlarning energiya tejamkorligi	106
III BOB. KORHONALARNING ELEKTR TA'MINOTI ASOSLARI	109
6.1. Elektr energiya bilan ta'minlash	109
6.2. Bosh podstantsiyasining sxemasi.....	114
6.3. Podstantsiyalardagi ochiq taqsimlash moslamalari	118
6.4. Yopiq taqsimlash moslamalari.....	122
6.5. Iste'molchilarning transformator podstantsiyalari.....	124
6.6. Podstantsiyalarining transformatorlarini tanlab olish.....	130
6.7. Transformator postansiyalari o'rnatiladigan joyni tanlab olish	135
IV BOB. ELEKTRONIKA	138
7. ELEKTRON ASBOBLAR VA TURLARI	138
7.1. Elektron asboblari	138
7.2. Ion (gaz to'ldirilgan) asboblari	139
7.3. Elektrovakuum fotoelektron asboblari.....	140
8. YARIM O'TKAZGICH ASBOBLAR	143
8.1. Yarim o'tkazgich asboblari	143
8.2. Sof holdagi yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi	146
8.3. Aralashma yarmo'tkazgichlar va uning elektr o'tkazuvchanligi	149
9. ELEKTRON-KOVAK (P-N) O'TISH	153
9.1. Elektron-kovak (P-N) o'tish	153
10. YARIM O'TKAZGICH DIODLAR	158
10.1. Yarim o'tkazgich diodlar	158
10.2. Bipolyar tranzistorlar	159
11. BIPOLYAR TRANZISTORLAR	163
11.1. Bipolyar tranzistorlarning ulanish chizmalari	163

12. Bipolyar tranzistorlar	168
13. Maydon tranzistorlari	172
14. Tiristorlar. kuchaytirgichlar. kuchaytirgichlarning asosiy tavsif va parametrlari	179
15. Bir kaskadli kuchaytirgichlar	184
16. Avtomatik siljishli kuchaytirish kaskadlari	187
17. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar	191
18. Kuchaytirgichlarda teskari bog'lanishlar	194
19. Quvvat kuchaytirgichlari	199
20. Bir fazali to'liq davrli to'g'rilagichlar	205
Foydalanilgan adabiyotlar	213

A.U. Mirisayev

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA

Muharrir: X. Tahirov
Texnik muharrir: S. Meliquziyeva
Musahhih: M. Yunusova
Sahifalovchi: A. Muhammad

Nashr. lits № 1961. 07.04.2022.
Bosishga ruxsat etildi 17.10.2022.
Bichimi 60x84 1/16. Ofset qog'ozi. "Times New Roman"
garnituras. Hisob-nashr tabog'i. 13,5.
Adadi 100 dona. Buyurtma № 12.

«BOOK TRADE 2022» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent v., Chirchiq sh., Madaniyat MFY,
Saodat ko'chasi, 17-1.