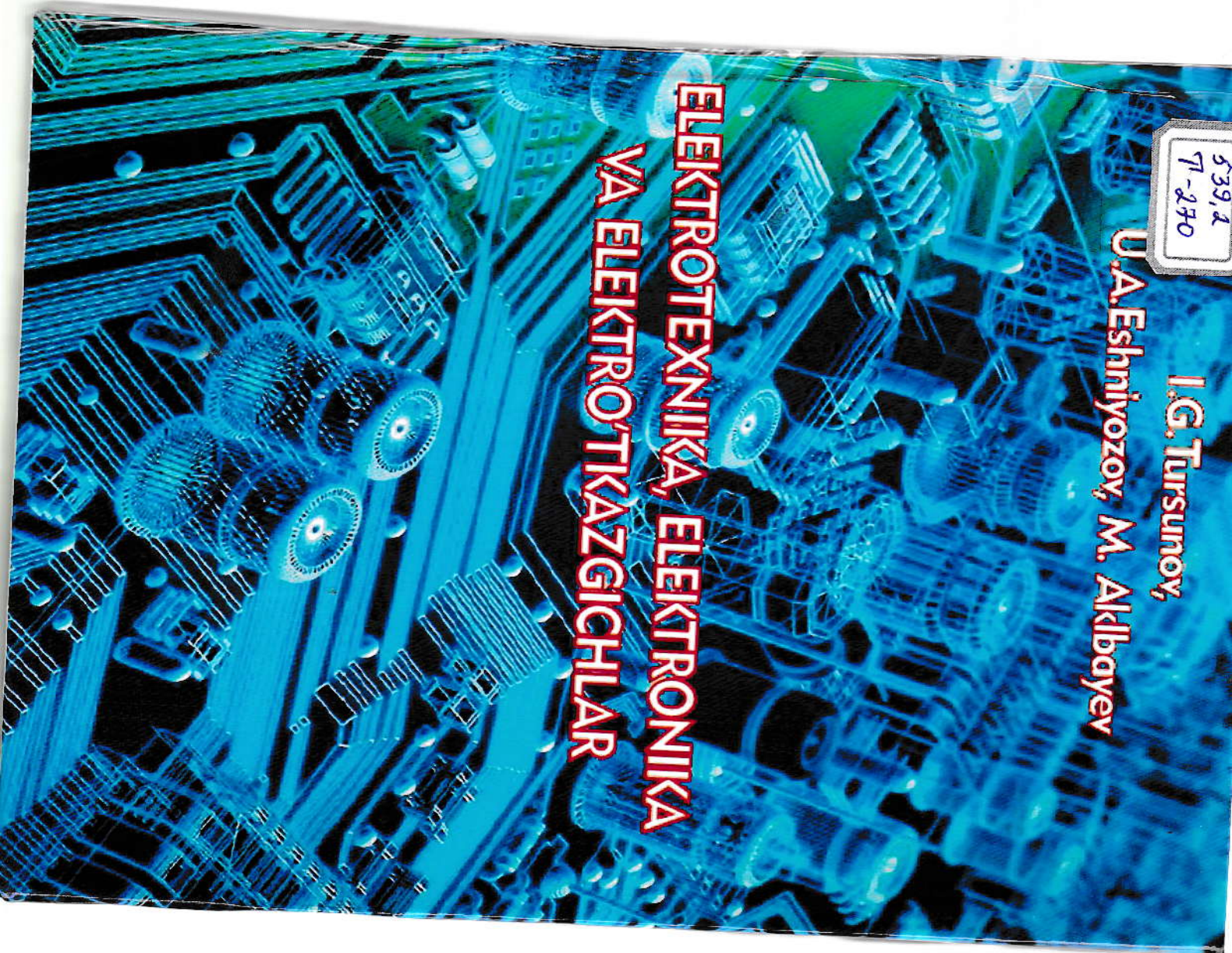


539,2
7-270

I.G. Tursunov,

U.A. Eshniyozov, M. Alibayev

ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA ELEKTROTKAZGICHILAR



539
7-240

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

I.G.Tursunov, U.A.Eshniyozov, M. Akbayer

ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA ELEKTRO'TKAZGICHLAR

O'quv qo'llanma

-14038/19-

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIV TALIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI
1-FILIALI

Chirchiq – 2023

«Yangi chirchiq book»

M.

SHETI

AZI

УДК 539.2
ББК 22.379я73

I.G.Tursunov, U.A.Eshniyozov, M. Akbayer / **Elektrotexnika, elektronika va elektro'kazgichlar** / O'quv qo'llanma. - Chirchiq: «Yangi chirchiq book», 2023. - 216 bet.

Mazkur o'quv qo'llanma, pedagogika oliy ta'lim muassasalarining 63112300-Texnologik ta'lim va 5110200-Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi ta'lim yo'nalishlari o'quv rejasiga asosan o'tiladigan "Elektrotexnika, elektronika va elektro'kazgichlar" fanidan nazariy asoslari bayon qilingan.

Mualliflar: prof.v.b. I.G.Tursunov, o'qituvchi. U.A.Eshniyozov, dots. M. Akbayer

Mas'ul muharrir: p.f.f.d. (PhD) Tillaboyev

ISBN 978-9943-9241-5-3

© I.G.Tursunov va b., 2023
© «Yangi chirchiq book», 2023

2

Kirish

Hozirgi vaqtda inson faoliyati doirasiga kirgan barcha sohada va yo'nalishda elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlarqurilmalari mavjud.shusabodan elektrotexnika asoslarini bilish, uni tushunish va amalda qo'llayolish natijada elektrotexnik xodimlar, balki turli soha mutaxassislari va xodimlari uchun ham erangi kunning ravnaqini ta'minlashda kattaahamiyat kasb etadi.

Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fani pedagogika oliy ta'limmuassasalarining texnologik ta'lim yo'nalishi talabalari uchun umumkasbiy fanlaridan hisoblanadi. Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlarfanining asosiy masalasi turli elektrotexnik qurilmalarda sodir bo'ladigan elektromagnit hodisalar va jarayonlarni sifat va miqdor tomonidan o'rganishdir.

So'nggi yillarda elektrotexnikadagi tayanch tushunchalar va tariflarga,elektr sxemalardagi sharti grafik belgilashlarga, Oliy o'quv yurtlari fandasturlariga jiddiy o'zgartirishlar kiritildi, o'qitish jarayoniga yangi pedagogik texnologiyalar joriy etilmoqda. Qo'llanmada kelingan mavzular so'ngida o'z-o'zini sinashsavollariva nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun test savollari talabalarining mustaqil ta'lim olishi va fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirish uchun xizmat qiladi. O'quv qo'llanma pedagogika oliy ta'lim muassalari fan dasturi doirasida yozilganligi bois ko'p mavzular hajmi chegaralangan.

3

1-bob. O'ZGARMAS TOK QONUNLARI VA ELEKTR ZANJIRLARI.

1.1- Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining rivojlanish tarixi

Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining yuzaga kelishi elektr va magnetizm sohasidagi kashfiyotlar bilan bog'liq. Elektr va magnit hodisalar qadim dunyodan ma'lum, lekin bu hodisalar to'g'risidagi fan 1600-yilda ingliz fizigi U. Gilbert elektr va magnit hodisalar to'g'risida tadqiqotlarini e'ton qilgandan keyin boshlandi. Elektr hodisalarining tabiatini o'rganishga bag'ishlangan M.V. Lomonosov, G.V. Rixman, B. Franklino, Sh. Kulonlarning amaliy tadqiqotlari muhim ahamiyat kasb etdi. Elektr va magnit hodisalarini o'zaro bog'langanligini rus olimi F. Epinus 1758-yilda o'z ma'ruzasida aytib o'tgan. 1785-yilda fransuz olimi Sh. Kulon elektr maydoni kuchlanganligi tushunchasini fanga kiritdi. Elektr zanjir tushunchasi 1794-yilda A. Volta tomonidan kiritilgan. Volt ustuni esa 1800-yilda yaratilgan. Magnit strelkaga tokning ta'siri X. Ersted tomonidan 1819-yilda, toklarning o'zaro ta'siri esa A. Amper tomonidan 1820-yilda o'rganilgan. Amper birinchi bo'lib elektr toki, tok kuchi, elektr kuchlanish atamalarini fanga kiritdi. Magnit maydonining dastlabki tadqiqotlari J.B. Bio va M. Savar tomonidan o'tkazilgan va Laplas tomonidan matematik jihatdan umumlashtirilgan (Bio-Savar-Laplas qonuni). Elektromagnitli telegraflar rus injeneri P. Shilling tomonidan 1832-yili yaratilgan. Rus akademigi B. Yakobi 1838-yili suv kemasi uchun elektr mashinasini yaratdi. Elektr zanjiriga oid qonuni 1826-yilda nemis olimi G. Om tomonidan kashf etilgan. Elektromagnit o'chash birligi absolyut tizimini nemis olimlari K.F. Gauss va T. Veber 1831-1833-yillari yaratdilar. Tokning issiqlik ta'siri qonunini ingliz fizigi D. Joule 1841-yili va rus akademigi E. Lens 1842-yilda ta'riflab berishgan. 1844-yili E. Lens elektromagnit inersiya qonunini bayon qilgan. Nemis olimi G. Kirxgof 1845-yilda elektr zanjirlarga oid ikkita muhim qonunga ta'rif bergan. Rus injeneri F. Pirovskiy 1875-yilda quvvati 4,4 kW o'zgarmas tokni 1 km masofaga uzatish tajribasini o'tkazgan. Cho'g'tanish lampasi 1875-yili A. Lodi'gin

tomonidan kashf etilgan. 1884-yili ingliz olimi D. Poynting elektromagnit maydon energiyasini uzatishni nazariy jihatdan tadqiq etgan. 1889-1991-yillarda rus injeneri M.O. Dolivo-Dobrovolskiy elektr energiyaning uch fazali tizimi (generator, transformator) larini ishlab chiqdi va kuchlanishi 15 kV, quvvati 150 kW bo'lgan elektr energiyani 175 km masofaga uzatishni amalga oshirgan. 1872-yilda rus olimi A. Stoleov fotoeffekt hodisasini kashf etdi. Dunyoda birinchi bo'lib A. Popov radio aloqani amalga oshirgan.

O'zbekistonda bu sohada, M.Z. Xomidxonov, S.Z. Usmonov, N.M. Usmonov, J. Jayev, M. Xusanov, O.O. Xoshimov, K. Mo'minov, X. Fozilov, K.R. Aliev, T.X. Nosirov, S. Solihov, R.A. Zohidov, J. Abdullayev, A. Dadajonov, G.R. Rahimov, Z.I. Ismoilov, P.F. Hasanov, E. Payziyev kabi olimlar energetika va elektrotexnika fanlarini nazariy va amaliy jihatlarini tadqiq etganlar.

Elektrotexnika- elektr energiyasi hosil qilish masalalari, uni amaliy maqsadlar uchun foydalanish yo'nalishlarini o'rganadigan fanga aytiladi. Hozirgi paytda elektr energiyasi ma'lum bo'lgan barcha energiyalardan farqli o'laroq sanoatda, transportda, qishloq xo'jaligida, maishiy xizmat ko'rsatishda va xalq xo'jaligini barcha sohalarida alohida tengi yo'q o'rin egallaydi.

Elektr energiya boshqa energiya turlaridan quyidagi ajoyib xossalari bilan ajralib turadi:

- elektr energiyasini boshqa energiya turiga (mexanik, kimyoviy, issiqlik, yorug'lik, atom) aylantirish qulay yoki istalgan energiyani elektr energiyasiga aylantirish mumkin;

- eng sodda va arzon qurilma va moslamalar yordamida elektr energiyasini juda katta tezlik bilan, istalgan miqdorda va uzoq masofalarga, yuqori foydali ish ko'rfitsienti bilan uzatish mumkin;

- ekologik jihatdan toza, atrof muhitni ifloslantirmaydi, hidi va rangi yo'q, o'zidan chiqqin chiqarmaydi;

- turli quvvatga ega yuklamalarni bita manbaga ulash mumkin;

- turli fizik tabiiy parametrlarni tok va kuchlanishga o'zgartirish sodda;

- signallarni uzoq masofalarga bir onda uzatish mumkin (telefon, telegrafiya, radioaloqa), kabi bir qancha afzalliklarga va yuqori iqtisodiy samaradorlikka ega.

Elektr energiya bu xususiyatlari qisqa tarixiy muddatda natijada elektrotexnika fanining asosiy masalalarini, yangi sifat darajaga ko'tarishga imkon berdi, bu fanining zaminida elektromexanika, elektronika, mikroelektronika, nanoelektronika, radiotexnika, elektr o'tkazgichlar, avtomatik uskunalar, shu jumladan hisoblash texnikasi kabi fanlar paydo bo'ldi va tez sur'atlar bilan rivojlandi.

Elektronika-fan va texnika sohasi bo'lib, axborot uzatish, qabul qilish, qayta ishlash va saqlash uchun ishlatiladigan elektron qurilmalar hamda asboblarni yaratish usullarini o'rganish, ishlab chiqish bilan shug'ullanadi. Elektronika elektromagnit maydon nazariyasi, kvant mexanikasi, qattiq jisim tuzilishi nazariyasi va elektr o'tkazuvchanlik hodisalari kabi fizik bilimlarga asoslanadi. Elektronikaning rivojlanishi elektron asboblarni texnologiyasining takomillashuvi bilan chambarchas bog'liq bo'lib, hozirgi kungacha to'rt bosqichni bosib o'tdi.

Birinchi bosqich, asboblari: rezistorlar, induktiv g'alaklar, magnitlar, kondensatorlar, elektromexanik asboblarni (qayta ulagichlar, rele va shunga o'xshash) passiv elementlardan iborat edi.

Ikkinchi bosqich, Lide Forest tomonidan 1906-yilda triod lampasining ixtiro qilinishidan boshlandi. Triod elektr signallarni o'zgartiruvchi va eng muhim, quvvat kuchaytiruvchi birinchi aktiv elektron asbob bo'ldi. Elektron lampalar yordamida kuchsiz signallarni kuchaytirish imkoniyati hisobiga radio, telefon so'zlashuvlari, keyinchalik esa, tasvirlarni ham uzoq masofalarga uzatish imkoniyati (televizioniya) paydo bo'ldi. Bu davrning elektron asboblari passiv elementlar bilan birga aktiv elementlar- elektron lampalardan iborat edi.

Uchinchi bosqich, J.Bardin, V.Bratteyn va U.Shoklilarni tomonidan 1948-yilda

elektronikaning asosiy aktiv elementi bo'lgan bipolyar tranzistorning ixtiro qilinishi bilan boshlandi. Bu ixtiroga Nobel mukofoti berilgan. Transistor elektron lampaning barcha vazifalarini bajarishi bilan birga uning past ishonchlik, ko'p energiya sarflash, katta o'lchamlari kabi asosiy kamchiliklarini bartaraf etdi.

To'rtinchi bosqich, integral mikrosxemalar (IMS) asosida elektron qurilma hamda tizimlar yaratish bilan boshlandi va mikroelektronika davri deb ataldi.

Mikroelektronika-fizik, konstruktiv-texnologik va sxemotexnik usullardan foydalanib yangi turdagi elektron asboblarni-IMSlar va ularning qo'llanish prinsiplarini ishlab chiqish yo'lida izlanishlar olib borayotgan elektronikaning bir yo'nalishidir. Hozirgi kunda telekommunikatsiya va axborotlashuv tizimining rivojlanish tom ma'noda mikroelektronika va nanoelektronika mahsulotlarining ularda qo'llanilish darajasiga bog'liq.

Birinchi IMSlar 1958-yilda yaratildi. IMSlarning hajmi ixcham, og'irligi va energiya sarfi kichik, ishonchligi yuqori bo'lib, uch konstruktiv-texnologik variantlarda yaratilgan, bular qalin, yupqa pardali, yarimo'tkazgichli va g'ibrid kabi turlarga bo'lingan. 1965-yildan buyon mikroelektronikaning rivoji G.Mur qonuniga muvofiq bormoqda, ya'ni har ikki yilda zamonaviy IMSlardagi elementlar soni ikki marta ortmoqda. Telekommunikatsiya va axborot-kommunikatsiya tizimlarini loyihalovchi va ekspluatatsiya qiluvchi mutaxassislar uchun mikroelektron element bazaning imkoniyatlari haqidagi bilimlarga ega bo'lish muhim. Integral mikroelektronika rivojining fizik chegaralari mavjudligi sababli, an'anaviy mikroelektronika bilan birqatorda elektronikaning yangi yo'nalishi -nanoelektronika jadal rivojlanmoqda.

Nanoelektronika o'lchamlari 0,1 dan 100 nm gacha bo'lgan yarimo'tkazgich tuzilmalar elektronikasi bo'lib, mikroelektronikaning mantiqiy davomi hisoblanadi. U qattiq jisim fizikasi, kvant elektronikasi, fizikaviy-kimyoviy, elektr o'tkazgichlar va yarimo'tkazgichlar elektronikasining so'nggi yutuqlari negizidagi qattiq jisim

texnologiyaning bir qismini tashkil etadi. Soʻnggi yillarda nanoelektronikada muhim amaliy natijalarga erishildi, yaʼni zamonaviy telekommunikatsiya va axborot tizimlarining negiz elementlarini tashkil etuvchi, geterotsuzimlar asosida yuqori samaradorlikka ega lazerlar va nurlanuvchi diodlar yaratildi; fotoqutblagichlar, oʻta yuqori chastotali tranzistorlar, birelektrodi tranzistorlar, turli xil sensorlar hamda boshqalar yaratildi. Nanoelektron mikroprotsessorlarni ishlab chiqarish yoʻliga qoʻyildi. Shveysiya Qirolligi fanlar akademiyasi ilmiy ishlarida tezkor tranzistorlar, lazerlar, integral mikrosxemalar (chiplar) va boshqalarni ishlab chiqish bilan zamonaviy axborot kommunikatsiya texnologiyalariga asos solgan olimlar: J.L. Alfrov, G.Kremet, J.S.Kilbiniar Nobel mukofoti bilan taqdirlandi. Integral mikroelektronika va nanoelektronika bilan bir vaqtda funksional elektronika rivojlanmoqda. Elektronikaning bu yoʻnalishi anʼanaviy elementlar (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar va kondensatorlar)dan voz kechish va qatʼiq jismdagi turli fizik hodisa (optik, magnit, akustik va h.k.)lardan foydalanish bilan bogʻliq.

1.2-§. Oʻzgarmas tok qonunlari

Elektromagnit hodisalari sodir boʻlib turgan muhitdagi ayrim tur materiya elektromagnit maydoni deb ataladi. Muhitda elektromagnit maydoni uzluksiz tarqalgan. Elektr va magnit hodisalari bir-birlari bilan chambarchas bogʻlangan. Elektromagnit maydoni elektrlangan boshqa zarrachalarga taʼsir etadi. Materiya yoki jismlarning oʻz elektromagnit maydoni bilan yoki tashqi elektromagnit maydoni bilan oʻzaro taʼsir olish xususiyatini elektr zaryadi yoki qisqacha elektr deb ataymiz.

Elektromagnit maydoni elektrlangan harakatsiz jismlarga va zarrachalarga kuch bilan taʼsir etsa uni elektr maydoni deb ataymiz. Agar elektromagnit maydoni harakatdagi elektrlangan zarrachalarga kuch bilan taʼsir 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 boʻlgan. Haqiqatda esa tabiatda faqat elektromagnit hodisalari, elektromagnit maydonigina mavjud.

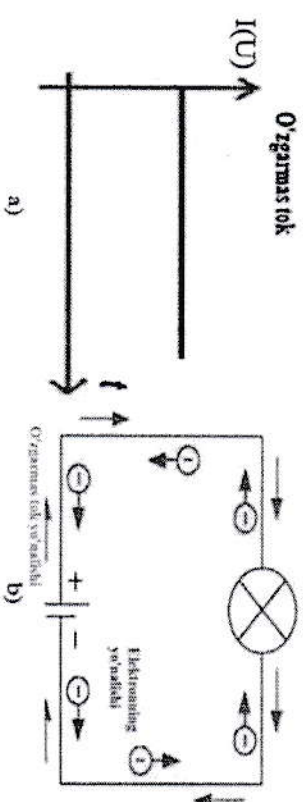
Elektr toki-erkin zaryadlangan zarrachalar (elektron, yoki ionlar)ning bir tomonga tartibli harakatiga aytiladi. Oʻzgarmas tok-qiymati va yoʻnalishi oʻzgarmas boʻlgan tokdir.

Oʻtkazgichning koʻndalang kesimi yuzasi orqali bir sekundda oʻtgan Δq elektr miqdori (zaryad kattaligi)ga tok kuchi I deyiladi (1.a-rasm):

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \quad (1.1)$$

bu yerda Δq – zaryad miqdori, Δt –vaqt oraligʻi. Vaqt oʻtishi bilan kuch va yoʻnalishi oʻzgarmaydigan tok oʻzgarmas tok deyiladi (1.a-rasm); aks holda bunday tok oʻzgaruvchan tok deyiladi.

Berk zanjir boʻylab, zaryadlangan zarralar(elektronlar)ning harakatiga teskari yoʻnalish elektr tokining yoʻnalishi sifatida qabul qilingan (1.b-rasm).



1-rasm. a) tok kuchi va kuchlanishning vaqtga bogʻliqligi. b) elektronlar va tok yoʻnalishi.

Xalqaro birliklar sistemasida (SI) tok kuchi birligi-Ampere [A] asosiy birlik bo'lib, ikkita tokli parallel o'tkazgichning o'zaro ta'siri asosida aniqlangan. (1.1) formuladan esa SI sistemasida zaryad birligi Kulon bilan aniqlanadi.

Zanjirning bir qismi uchun om qonuni. XIX asrning boshida (1826 yil) nemis fizigi Om o'tkazgichdagi tok kuchi I bu o'tkazgichning uchlari orasidagi U kuchlanishga to'g'ri proporsional bo'lishini tajriba yo'li bilan aniqlagan edi:

$$I = kU \quad (1.2)$$

bu yerda k —proporsionallik koeffitsienti bo'lib, o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi yoki o'tkazuvchanlik deb ataladi. O'tkazuvchanlikka teskari bo'lgan

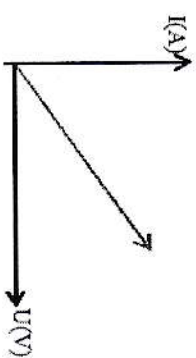
$$R = \frac{1}{k},$$

kattalik o'tkazgichning elektr qarshiligi deyiladi (1.2-rasm). (1.3) formulaga R qarshilikni kiritib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1.3)$$

(1.3) munosabat zanjirning tok manbai bo'lmagan qismi uchun Om qonunini ifodalaydi (zanjirning bir qismi uchun Om qonunining integral ko'rinishi): o'tkazgichdagi tok kuchi berilgan kuchlanishga to'g'ri proporsional va o'tkazgichning qarshiligiga teskari proporsionaldir. (1.3) formulaga muvofiq, qarshilikning o'lchov birligi uchun shunday o'tkazgichning qarshiligi olinadiki, o'tkazgich uchlariidagi kuchlanish 1 V bo'lganda unda 1 A tok kuchi hosil bo'ladi, bu birlik Om deb atalgan.

$$1 \text{ Om} = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}.$$



2-rasm. Tok kuchini kuchlanishga bog'liqligi.

O'tkazgichlarning elektr qarshiligi. Metall o'tkazgichning tokka ko'rsatadigan qarshiligi erkin elektronlarning metall ionlari bilan to'qnashishi tufayli hosil bo'lgani uchun qarshilik o'tkazgichning shakli, o'lchamlari va moddasiga bog'liq bo'ladi deb faraz qilish mumkin. Omning eksperimental tadqiqotlariga muvofiq, o'tkazgichning qarshiligi uning l uzunligiga to'g'ri proporsional va ko'ndalang kesim yuzi S ga teskari proporsionaldir hamda silindrsimon bir jinsli o'tkazgich uchun

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.4)$$

deb yozish mumkin. Bu yerda ρ —o'tkazgichning materialini xarakterlovchi proporsionallik koeffitsienti bo'lib, o'tkazgich moddasining solishtirma qarshiligi deb ataladi. (1.4) - formuladan shunday munosabatni yozish mumkin:

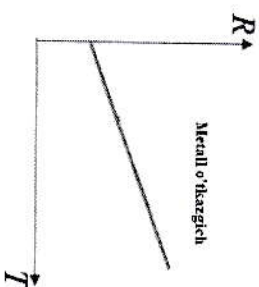
$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (1.5)$$

(1.5) formulaga muvofiq, solishtirma qarshilikning birligi [Om·m].

O'tkazgichlarning qarshiligi va solishtirma qarshiligi tashqi sharoitlarga, ayniqsa temperaturaga bog'liq bo'ladi. Temperatura o'rishi bilan metall panjaradagi ionlarning xaoitik harakati tezlashadi va elektronlarning tartibli harakatini qiyinlashtiradi. Shuning uchun metallarning qarshiligi temperatura o'rishi bilan ortadi. Tajribaning ko'rsatishicha, birinchi yaqinlashishda barcha metallarning qarshiligi temperatura o'zgarishi bilan chiziqchi bog'langandir (3-rasm):

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (1.6)$$

bu yerda R_0 — o'tkazgichning 0°C dagi qarshiligi, t — temperatura, α — qarshilikning temperatura ko'effitsienti. Ko'pchilik metallar uchun (juda past bo'lmagan temperaturada) $\alpha = 0,004 \text{ grad}^{-1}$.



1.3-rasm. Metall o'tkazgich elektr qarshiligini temperaturaga bog'liqligi.

Elektr tokining ishi va quvvati. Potensial (kuchlanish) gradiyenti $\frac{U}{l} = E$

o'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi ekanligi $\frac{l}{S} = j$ tok zichligi (o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi birligidan o'tuvchi tok) ekanligini hisobga olgan holda quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}. \quad (1.7)$$

O'tkazgich ichida joylashgan ixtiyoriy nuqtadagi tok zichligini shu nuqtadagi elektr maydoni kuchlanganligi bilan bog'laydigan bu munosabat differensial shakldagi Om qonuni deb ataladi.

Endi qarshiligi R va $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ kuchlanishda bo'lgan o'tkazgichda o'zgarimas tok bajargan ishini aniqlaymiz. Tok q zaryadning elektr maydoni ta'sirida ko'chishidan iborat bo'lgani uchun bajarilgan ishini quyidagi munosabardan aniqlash mumkin:

$$A = qU$$

(1.1) formulani va Om qonuni (1.3) ni nazarga olib, tokning ishi uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1.8)$$

bu yerda t — tok ishi hisoblanayotgan vaqt. Bu tengliklarning har ikki qismini t vaqtga bo'lib, o'zgarimas tok quvvati N ning tegishli ifodalarni chiqaramiz:

$$N = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (1.9)$$

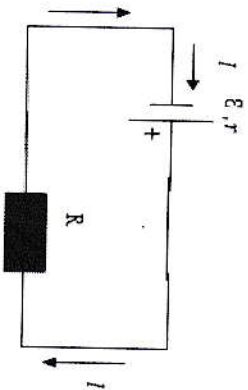
agar tok kuchi Amperlarda (A), kuchlanish Voltlarda (V), qarshilik Omlarda (Om) va vaqt sekundlarda (s) o'lsansa, tokning ishi Joulllarda (J), quvvati esa Vattlarda (Vt) ifodalanadi.

Tajribalarning ko'rsatishidan ma'lumki, tok hamma vaqt o'tkazgichni qizdiradi, uning qizishiga sabab shuki, o'tkazgich bo'ylab tartibli harakatlanayotgan erkin elektronlarning kinetik energiyasi elektronlarning metall kristall panjarasi ionlari bilan to'qnashishlarida issiqlikka aylanishi natijasidir. Agar o'tkazgichda U kuchlanish tushishi faqat o'tkazgichning qarshiligi tufayli bo'lsa, tokning bajargan butun ishi bu o'tkazgichni (va atrof muhitni) qizdirishga sarf bo'ladi. Bu holda o'tkazgichdan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori Q quyidagi tengliklardan aniqlanadi:

$$Q = A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t. \quad (1.10)$$

Bu munosabatlar Joule-Lens qonunini ifodalaydi. Bu qonun birinchi marta tajriba yo'li bilan ingliz va rus olimlari Joule (1843 yilda) va E.X.Lens (1844 yilda) tomonidan aniqlangan.

Butun zanjir uchun Om qonuni. Berk elektr zanjirida tok manbaining elektr yurituvchi kuchi ε bilan I tok kuchi orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz (1.4-rasm).



1.4-rasm. Butun zanjir uchun om qonuni.

Tok manbai qutblarini birlashtiruvchi o'tkazgichning qarshiligi R tashqi qarshilik, tok manbaining o'zini qarshiligi r esa ichki qarshilik deb ataladi.

$$\varepsilon = U + \frac{A'}{q}, \quad (1.11)$$

bu yerda $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ tashqi qarshilikdagi kuchlanish, A' - tok manbai ichida q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish, ya'ni tokning r ichki qarshilikdagi ishi. U holda (1.8) formulaga muvofiq, $A' = I^2 r t$. Ishning bu ifodasini (1.11) formulaga qo'yib va $q = It$ hamda $U = IR$ ekanligini hisobga olgan holda quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\varepsilon = IR + \frac{I^2 r t}{It},$$

$$\text{bundan} \quad \varepsilon = IR + Ir \quad (1.12)$$

Om qonuni (1.3) ga ko'ra, IR va Ir ko'paytmalar mos ravishda zanjirning tashqi va ichki qismlarida kuchlanish tushishidan iborat, shuning uchun (1.12) munosabatini shunday izohlash mumkin: berk elektr zanjirida tok manbaining elektr yurituvchi kuchi zanjirning hamma qismlaridagi kuchlanish tushishlarining yig'indisiga teng. (1.12) munosabatini quyidagi ko'rinishga keltirib,

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}, \quad (1.13)$$

14

berk elektr zanjiri uchun Om qonuni ifodasini hosil qilamiz, ya'ni yopiq zanjirda tok kuchi shu zanjirdagi elektr yurituvchi kuchi (EYuK) (ε) ga to'g'ri, zanjirning to'la qarshiligi $(R+r)$ ga teskari proporsionaldir.

Agar elektr yurituvchi kuch ε va ichki qarshiligi r bo'lgan tok manbaiga ketma-ket bir nechta R_1, R_2, R_3 va hokazo tashqi qarshiliklar ulangan bo'lsa, u holda Om qonuni (1.13) ga ko'ra bunday zanjirdagi tok kuchi quyidagicha teng bo'ladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + r}.$$

Bunda $R_1 + R_2 + R_3 + \dots + r$ yig'indi zanjirning to'la qarshiligi bo'ladi. Shunday qilib, bir nechta ketma-ket ulangan o'tkazgichlardan tuzilgan zanjirning to'la qarshiligi alohida o'tkazgichlar qarshiliklarining yig'indisiga teng.

Elektr zanjirlari uchun Kirxgof qonunlari. Murakkab elektr zanjirlarda ya'ni bir nechta har xil tarmoqlanish va bir nechta EYuK manbalari bo'lgan zanjirda toklarning murakkab taqsimlanishi bo'ladi. Ammo hamma EYuK va elementlar qarshiliklarining berilgan qiymatlarida bu toklar qiymatlarini va ularning har qanday konturdagi yo'nalishini Kirxgofning 1- va 2- qonunlari yordamida aniqlashimiz mumkin.

Kirxgofning 1-qonuni zanjirning tugunlariga tegishli bo'lib, unga ko'ra zanjirning istalgan tugunida toklarning algebrak yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1.14)$$

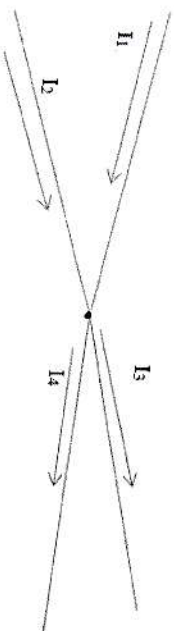
yoki elektr zanjirning istalgan tuguniga kiruvchi toklarning arifmetik yig'indisi shu tugundan chiquvchi toklarning arifmetik yig'indisiga tengdir, ya'ni:

$$\sum_{k=1}^n I_k = \sum_{l=1}^m I_l$$

15

1.5 rasmda elektr zanjirining a tuguni ko'rsatilgan. Agar a tugunga kiruvchi toklar musbat ishora bilan olinsa, tugundan chiquvchi toklar ishorasi manfiy olinadi (yoki aksincha).

Kirxgof 1-qonunining fizik ma'nosi: elektr zanjirining tugunida zaryadlarning harakati uzluksizdir va unda zaryadlar to'planib qolmaydi.

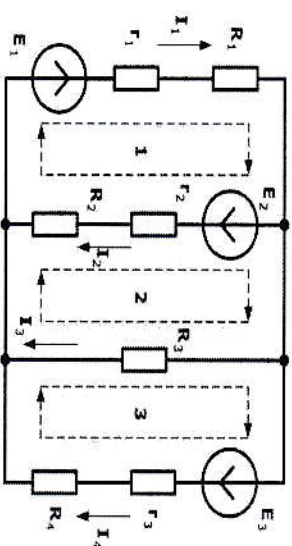


1.5-rasm. Elektr zanjirining tuguni.

Kirxgofning 2-qonuni zanjirining berk konturlariga tegishli bo'lib, unga ko'ra elektr zanjirining istalgan berk konturda kuchlanishlar tushuvining algebratik yig'indisi shu konturdagi EYuKlarning algebratik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\sum_{k=1}^m I_k \cdot R_k = \sum_{k=1}^m E_k \quad (1.15)$$

Agar konturni aylanib chiqish yo'nalishi bilan tok yoki EYuK yo'nalishi bir xil bo'lsa, u holda yig'indiga tegishli tashkil etuvchilar «musbat» ishora bilan, aks holda esa «manfiy» ishora bilan olinadi (1.6-rasm).



1.6-rasm. Kirxgof qonuni bo'yicha zanjirida tok yo'nalishi belgilash.

1.6-rasm uchun Kirxgofning ikkinchi qonunini bo'yicha tenglamasini 1.15 formulaga asosan tuzamiz.

$$\text{Birinchi kontur uchun } E_1 + E_2 = I_1 r_1 + I_2 r_2 + I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$\text{Ikkinchi kontur uchun } -E_2 = -I_2 r_2 - I_2 R_2 + I_3 R_3$$

$$\text{Uchunchi kontur uchun } E_3 = I_4 r_4 + I_4 R_4 - I_3 R_3$$

Yuqoridagi tenglamalardan foydalanib izlanayotgan kattaliklarni toppish mumkin.

Kirxgofning 2- qonunini boshqa ko'rinishda yozish ham mumkin: zanjirning ixtiyoriy konturda kuchlanishlarning algebratik yig'indisi nolga teng:

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

Kirxgofning ikkinchi qonuni berk elektr zanjirining qismlarida EYuK va kuchlanishlarning qanday taqsimlanganligini aniqlashga yordam beradi. Binobarin, berk konturdagi barcha EYuKlarning algebratik yig'indisi shu konturning barcha qismlaridagi kuchlanishlar pasayishining algebratik yig'indisiga teng:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n I_k \cdot R_k$$

Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan, 1.6-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjirida EYuk ning shartli musbat yo'nalishi bo'yicha, (ya'ni, soat milining harakat yunalishi bo'yicha) zanjirning elektr muvozanat tenglamasi:

$$E_1 + E_2 + \dots + E_n = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n \quad (1.16)$$

Zanjirdagi har qanday nuqtaning potentsiali mazkur nuqtaning zanjirdagi holati bilan aniqlanadi. Umumiy holda deb yozish mumkin.

1.3.8. Elektr zanjiri va uning ish rejimlari

Elektr energiya manbai, iste'molchi va ularni o'zaro birlashtiruvchi o'tkazgichlar majmuasi elektr zanjiri deb ataladi (1.4-rasm). Elektr energiya manbai, iste'molchi va ularni o'zaro birlashtiruvchi o'tkazgichlar elektr zanjirining asosiy elementlari, o'lash asboblari, ulab-uzgichlar va himoyalash qurilmalari esa uning yordamchi elementlari hisoblanadi.

Elektr zanjirlarida qo'llaniladigan asosiy tushunchalar:

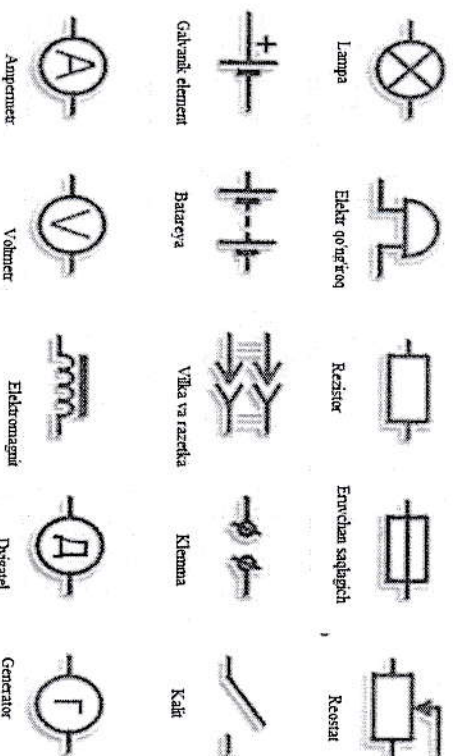
tugun — elektr zanjirining uchadan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'tmi;

kontur — elektr zanjirining shoxobchalardan hosil bo'lgan berk yo'l;

potensiallari ayirmasi — elektr zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanishi;

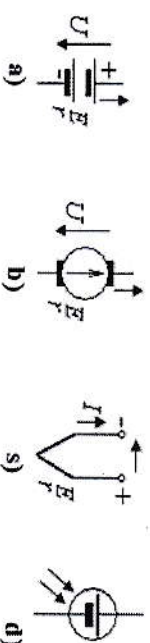
Elektr zanjirning elementlari shartli belgilar bilan tasvirlanadi.

Elektrotexnik ayrim elementlarning sxemalarda belgilanishi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Elektrotexnika elementlarining sxemalarda belgilanishi.

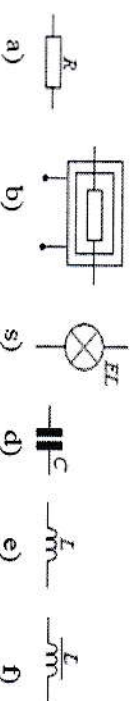
Ba'zi elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi 1.8- rasmda keltirilgan.



1.8-rasm. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi.

a) galvanik element, b) o'zgarmas tok manbai s) generatori, termojuftlik, d) fotoelement.

Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemalari shartli belgilanishi 1.10-rasmda keltirilgan.



1.9-rasm. Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemalari sharti belgilanishi.

Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemalarida belgilanishi: a) rezistor, b) elektr qizdirgich, s) cho'g'lanma lamp, d) kondensator, e) induktiv g'altak, f) o'zakli g'altak.

Elektr energiya iste'molchilari elektr motorlar, elektr qo'ralar, issiqlik asboblari, cho'g'lanish lampalari, rezistorlar bo'lib, ular elektr energiyani boshqa turdagi 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.

Elektr zanjirining ish rejimlari. Elektr zanjirlarining ish rejimlari, ya'ni ularning elektr xollari mazkur zanjir aytirm elementlarining toki, kuchlanishi va quvvallarining qiymatlari bilan aniqlanadi. Elektr zanjirlarining xarakterli hisoblangan quyidagi ish rejimlari bilan tanishib chiqamiz. Nominal (normal) rejim elctr mashinalarining, apparatlarining, asboblarning va simlarning ishlab chiqaruvchi zavod tomonidan ko'rsatilgan nominal tok - I_{nom} nominal kuchlanish - U_{nom} va nominal quvvat - P_{nom} bilan ishlaydirl. Elektr masining nominal parametrlari, odatda, uning pasportida ko'rsatilgan bo'ladi. Elektr qurilmalarining nominal parametrlari ichida eng xarakterlisi nominal kuchlanish va nominal tok xisoblanadi. O'zgaras tokda ishlaydigan aksariyat iste'molchilar 110, 220, 440 V nominal kuchlanishlarga mo'ljallangan bo'ladi.

Elektr qurilmalarining izolyatsiyasi va elementlarining konstruksiyasi uning nominal kuchlanishiga, ularning chegaraviy qizish temperaturasi esa nominal tok kuchiga bog'liq. Elektroenergetik qurilmaning nominal toki va kuchlanishi uning nominal quvvatni aniqlashga imkon beradi. Generatorning nominal quvvati deyilganda, uning normal sharoitda tashqi zanjirga bera oladigan eng katta foydali quvvati tushuniladi. Dvigatelning nominal quvvati deyilganda esa normal sharoitda uning valda xosi qilinib, uzoq vaqt davomida tutil turiladigan eng katta foydali

quvvat tushuniladi. Boshqa iste'molchilar uchun nominal quvvat, ularning normal rejimda iste'mol qila oladigan elektr quvvatidir.

Elektr energiyasi iste'molchilarining normal rejimda ishlashini ta'minlash uchun, birinchi navbatda, ularning kirish qismlaridagi haqiqiy kuchlanishning nominal kuchlanish qiymatiga teng bo'lishiga erishmoq zarur.

Elektr zanjirlarining ish rejimlari turi sabablarga ko'ra nominaldan farq qilishi mumkin. Agar elektr zanjiri rejimining haqiqiy xarakteristikalari uning nominalidan farq qilsa-yu, ammo bu farq joiz chegarada bo'lsa, bunday rejim nagruzka rejimi deyiladi. Masalan, radio va televizorlar uchun kuchlanishning joiz chegarasi

210-235 V nominal kuchlanish esa $U_{nom} = 220$ V hisoblanadi.

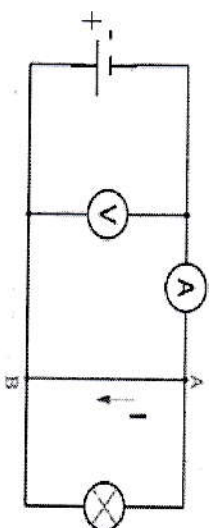
Salt ishlash rejimi deganda tashqi zanjir manbadan ajratilgan va uning arshiligiamaida cheksizga teng bo'lib ($R_f = \infty$), zanjirdan tok o'tmagandagi ($I=0$) holatlashuniladi. Bu holda manba ichida kuchlanishning passiyishi molga teng bo'lib, uning qismalaridagi kuchlanish generatorning (manbaning) EYUK siga teng bo'ladi.

$$E \approx U_s$$

Elementlari o'zaro kegma-ket ulangan zanjirning biror elementi salt ishlasa, qolgan barcha elementlar ham ana shu rejimda ishlaydi. Shuningdek, elektr dvigatellarning vali mexanik nagruzkasiz aylanishi, transformatorlarning esa elektr nagruzkasiz ishlashi salt ishlash rejimiga kiradi.

Qisqa tutashish rejimi deb, qismlarida kuchlanishi bo'lgan zanjir yoki zanjir elementlarining (manba, iste'molchi, uzatish liniyasi yoki birlashtiruvchi simlar) qarshiliksiz, uzaro ulanib qolishiga aytiladi. (1.10-rasm). Elektr qurilmalari uchun qisqa tutashish rejimi salbiy xolat xisoblanadi. Chunki zanjirning qisqa tutashuv bo'lgan joyida qarshilik $R \approx 0$ bo'lishi natijasida qisqa tutashish toki nominal qiymadan bir necha mara ortib ketadi. Natijada katta issiqlik ajralib chiqib, qurilmaning izolyatsiyasi ishdan chiqadi. Ba'zi qisqa tutashishlarda elektr yoyi xosi

bo'lishi mumkin. Umuman, qisqa tutashish rejimi noxush oqibatlariga olib kelishi sababli uni avariya rejimi deb ham ataladi.



1.10-rasm. Qisqa tutashish rejimi

Qisqa tutashish elektr qurilmalarini montaj qilish va undan foydalanishning norma va qoidalariga to'liq rioya qilmaganligining natijasidir. Elektr qurilmalarini qisqa tutashuv toklaridan himoyalash uchun zanjirning shikastlangan joyini tarmoqdan avtomatik ravishda uziib qo'yadigan himoya qurilmalaridan foydalaniladi.

Ibrog'a doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar

Nazorat savollari.

1. Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar fanining maqsad va vazifalarini ayting?
2. Faning rivojlanish bosqichlarini ayting?
3. Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar sohasida kimlar va qaysi kashfiyotlari uchun Nobel mukofotlarini olishgan?
4. O'zgarmas tok qonunlarini ayting?
5. Elektr zanjirlari deb nimaga aytiladi?
6. Elektr zanjirlari elementlarini sxemada belgilanishini tushuntirib bering?
7. Elektr zanjirlar elementlarining sxemalarda belgilanishini yozing?
8. Elektr zanjirlari ish rejimlarini tushuntirib bering?

22

Test savollari

1. Tok kuchi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ B) $R = \frac{1}{k} C$ C) $R = \rho \frac{l}{S}$ D) $\rho = \frac{RS}{l}$
2. Tok zichligi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $\frac{l}{S} = j$ B) $R = \frac{1}{k} C$ C) $R = \rho \frac{l}{S}$ D) $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
3. Elektr maydon kuchlanganligi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $\frac{U}{l} = E$ B) $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} C$ C) $R = \rho \frac{l}{S}$ D) $R = \frac{1}{k}$
4. Metallarning qarshiligi temperatura o'zgarishi bilan chiziqli bog'langanligi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $R = R_0 (1 + \alpha t)$ B) $R = \rho \frac{l}{S}$ C) $\frac{l}{S} = j$ D) $R = \frac{1}{k}$
5. Differentsial shakldagi Om qonuni formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ B) $\frac{l}{S} = j$ C) $R = R_0 (1 + \alpha t)$ D) $R = \frac{1}{k}$
6. Tokning ishi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $A = qU$ B) $R = R_0 (1 + \alpha t)$ C) $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ D) $\frac{U}{l} = E$
7. Tok quvvati formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $N = I \cdot U$ B) $\frac{U}{l} = E$ C) $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ D) $R = R_0 (1 + \alpha t)$
8. O'tkazgichdan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $Q = R(I/B)$ B) $N = I \cdot U$ C) $R = R_0 (1 + \alpha t)$ D) $\frac{U}{l} = E$
9. Tok manbaining elektr yurituvchi kuchi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $E = U + \frac{l}{q} B$ B) $N = I \cdot U$ C) $R = R_0 (1 + \alpha t)$ D) $\frac{U}{l} = E$

23

10. Berk elektr zanjiri uchun Om qonuni ifodasini to'g'ri ko'rsating?

A) $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ B) $N = I \cdot U(C) R = R_0(1+\alpha t)D) \frac{U}{I} = E$

11. Kirxgofning 1-qonuni ifodasini to'g'ri ko'rsating?

A) $\sum_{k=1}^n I_k = 0$ B) $N = I \cdot U(C) R = R_0(1+\alpha t)D) \frac{U}{I} = E$

12. Kirxgofning 2-qonuni ifodasini to'g'ri ko'rsating?

A) $\sum_{k=1}^n U_k = 0$ B) $N = I \cdot U(C) R = R_0(1+\alpha t)D) \frac{U}{I} = E$

13. Elektr zanjirlaridagi tugun Nuqtalar o'rtasidagi...

- A) Elektr zanjirining uchidan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rtasidagi nuqta
- B) Elektr zanjirining shoxobchalaridan hosil bo'lgan berk yo'l
- C) Elektr zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanishi
- D) Elektr zanjirning elementlari va ularni o'zaro ulanishining grafik tasviri elektr zanjirining sxemasi

14. Elektr zanjirlaridagi kontur deb nimaga aytiladi?

- A) Elektr zanjirining uchidan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rtasidagi nuqta
- B) Elektr zanjirining shoxobchalaridan hosil bo'lgan berk yo'l
- C) Elektr zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanishi
- D) Elektr zanjirning elementlari va ularni o'zaro ulanishining grafik tasviri elektr zanjirining sxemasi

15. Elektr zanjirlaridagi potentsiallari ayirmasi nima?

- A) Elektr zanjirining uchidan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rtasidagi nuqta
- B) Elektr zanjirining shoxobchalaridan hosil bo'lgan berk yo'l
- C) Elektr zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanishi
- D) Elektr zanjirning elementlari va ularni o'zaro ulanishining grafik tasviri elektr zanjirining sxemasi

16. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi nomini toping?

24

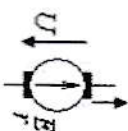
A) Galvanik element

- B) O'zgaruvchan tok manbai
- C) Generatori, termojuftlik,
- D) Fotoelement.



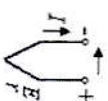
17. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi nomini toping?

- A) Galvanik element
- B) O'zgaruvchan tok manbai
- C) Generatori, termojuftlik,
- D) Fotoelement.



18. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi nomini toping?

- A) Galvanik element
- B) O'zgaruvchan tok manbai
- C) Generatori, termojuftlik
- D) Fotoelement.



19. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi nomini toping?

- A) Galvanik element
- B) O'zgaruvchan tok manbai
- C) Generatori, termojuftlik
- D) Fotoelement



20. Elektr energiya iste'molchilarining sxemalari shartli belgilanishi nomini toping?

- A) Rezistor
- B) Elektr qizdirgich
- C) Cho'g'lanma lamp
- D) Kondensator

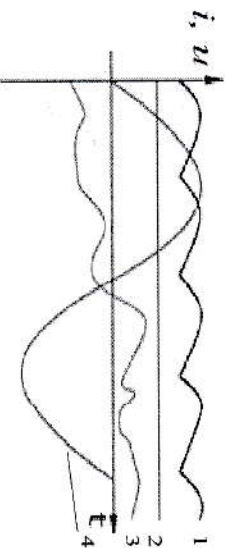


25

II-BOB. BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI

2.1-§. O'zgaruvchan tok va uning turlari

Yo'nalishi va son 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 (2.1-rasm). Shuningdek, elektromagnit energiyasini bir turdan boshqa turga aylantirishning barcha fizik jarayonlari hozirgi zamon elektrotexnikasining barcha sohalari (elektr mashinalar, elektr o'lkazgichlar, yarimo'lkazgichlar, elektr avtomatika, elektronika, radiotexnika, aloqa, hisoblash texnikasi, mikro va nano elektronika va boshqalar)ning asosini tashkil etadi. Ayrim elektr qurilmalarda esa qiymati davriy ravishda o'zgaruvchi toklar ishlatiladi, bunday toklar pulsatsiyalanuvchi toklar deyiladi.



2.1-rasm. Tok kuchi va kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarish diagrammasi.

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

- 1) qiymati o'zgaruvchan, ammo yo'nalishi o'zgarmas tok (2.1-rasm, 1-egri chiziq);
- 2) qiymati va yo'nalishi o'zgarmas tok (2.1-rasm, 2-to'g'ri chiziq);
- 3) qiymati va yo'nalishi o'zgaruvchan tok (2.1-rasm, 3-egri chiziq);
- 4) davriy o'zgaruvchan tok (2.1-rasm, 4-egri chiziq);

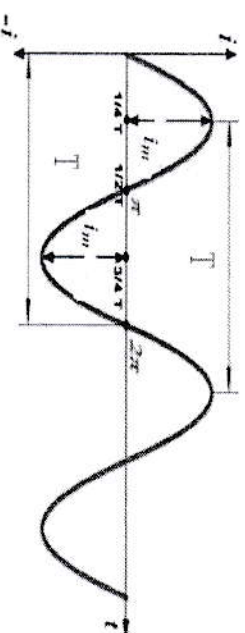
Davriy o'zgaruvchan tok. Sanoatda va turmushda foydalaniladigan o'zgaruvchan tok sinusoidal ya'ni sinus qonuni bo'yicha o'zgaradigan o'zgaruvchan tokdir (2.1-rasm, 4-egri chiziq). Bu tokni yuqori kuchlanish bilan uzoq masofalarga

uzatish hamda o'zgaruvchan tokda ishlovchi mashina va apparatlar (transformatorlar, asinxron va sinxron dvigatellar)ni ishga tushirishda ishlatish mumkin. Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan elektr yurutuvchi kuch (EYuK), kuchlanish va toklar sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar hisoblanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar bo'linish EYuK, kuchlanish, tok va quvvatlarining ixtiyoriy vaqtidagi qiymatlari o'ny qiymatlar deyilib, e, u, i va p kichik harflar bilan belgilanadi.

Vaqt birligida EYuK, tok va kuchlanish sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan toklar sinusoidal toklar deb ataladi (2.2-rasm). Sinusoidal tok vaqt birligida quyidagicha o'zgaradi (2.1).

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (2.1)$$

bu yerda $i(t)$ — o'zgaruvchan tokning o'ny qiymati, I_m — o'zgaruvchan tokning maksimal (amplituda) qiymati, ω — burchak chastota, φ — boshlang'ich faza, t — vaqt, $(\omega t + \varphi)$ — tebranishlar fazasi.



2.2-rasm. Sinusoidal tok kuchining vaqt birligida o'zgarish grafi.

Agar tok qiymatlari bir xil vaqt oralig'larida takrorlansa unda bu davriy tok deyiladi.

$$i(t) = i(t + T) \quad (2.2)$$

O'zgaruvchan tok qiymatlari eng kam vaqt oralig'larida takrorlansa bu vaqt davr deyiladi T va sekundlarda o'lchanadi.

Sinusoidal tokning davriy qiymati quyidagi formula orqali topiladi.

$$i(t) = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_i\right) = I_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_m) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (2.3)$$

Bu yerda I_m tokning maksimal yoki amplituda qiymati.

$\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_i\right)$ sinusoidal funksiya argument faza deyiladi; $t=0$ vaqt oralig'idagi fazaga teng bo'lgan φ kattaligi boshlang'ich faza deyiladi. Faza radian yoki graduslarda o'lchanadi. Davrga teskari bo'lgan kattalik chastota deyiladi. Chastota ν gertsalarda o'lchanadi (2.4).

$$\nu = \frac{1}{T} \quad [\text{Hz}] \quad (2.4)$$

G'arbiy yarim sharda, Yaponiyada 60 Hz li o'zgaruvchan tok, sharqiy yarimsharda esa 50 Hz chastotali tok foydalaniladi.

ω kattaligi aylanma yoki burchakli chastota deyiladi, burchakli chastota rad/s da o'lchanadi (2.5).

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (2.5)$$

Agar bir xil chastotali sinusoidal toklarning boshlang'ich fazalari bir xil bo'lsa unda bu toklar faza bo'yicha to'g'ri keladi. Ikki sinusoidal toklarning faza siljishi boshlang'ich fazalarning ayirmasi (2.6) bilan o'lchanadi.

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (2.6)$$

Ossillograf yordamida sinusoidal tok yoki kuchlanishning amplituda qiymatini o'lchash mumkin. Elektromagnit tizimining ampermetr va volmetrlari o'zgaruvchan tok va kuchlanishning amaldagi qiymatlarini o'lchaydi. Davr davomidagi tokning o'rtaqadrat qiymatiga o'zgaruvchan tokning amaldagi qiymati deyiladi.

Ba'zan elektr zanjirlarining va o'zgaruvchan tok qurilmalarining ishlashi tahlil qilinganda sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning o'rtaqadrat qiymatini aniqlash kerak bo'ladi. Umuman, sinusoidal kattaliklarning davr ichidagi o'rtaqadrat qiymati nolga teng.

bo'lganidan uning musbat yarim davrdagi o'rtaqadrat qiymati inobatga olinadi (2.1-rasm). U holda tok $i(t) = I_m \sin \omega t$ ning o'rtaqadrat qiymati:

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{0.5T} \int_0^{0.5T} i dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t dt = \frac{I_m}{\pi} |\cos \omega t| = 2 \frac{I_m}{\pi} = 0.636 I_m \quad (2.7)$$

Demak, sinusoidal tokning o'rtaqadrat qiymati musbat yarim davrdagi o'rtacha qiymatining o'rtaqadrat arifmetik qiymatiga teng. Yuqoridagi o'xshash yo'l bilan E_{eff} va kuchlanishning ham o'rtaqadrat qiymatlarini topish mumkin:

$$E_{\text{eff}} = \frac{2E_m}{\pi} = 0.636 E_m \quad (2.8)$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{2U_m}{\pi} = 0.636 U_m \quad (2.9)$$

O'zgaruvchan tok ta'sir etuvchi qiymatining uning o'rtaqadrat qiymatiga nisbati (U/U_{eff}) sinusoidal shaklning koeffitsienti K_f ni ifodalaydi:

$$K_f = \frac{I}{I_{\text{eff}}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11 \quad (2.10)$$

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

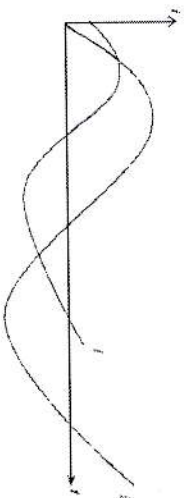
$$I = 1.11 I_{\text{eff}}, E = 1.11 E_{\text{eff}}, U = 1.11 U_{\text{eff}} \quad (2.11)$$

2.2-§. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash.

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 amplitud va grafik usullarda, shuningdek aylanuvchan vektorlar yordamida hal etish mumkin. Masalan, ikki sinusoidal kattalik $i_1 = I_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_1)$ va

$i_2 = I_{m_2} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_2)$ berilgan bo'lsa, ularning yig'indisi analitik usul asosida quyidagi trigonometrik o'zgartirishlar natijasida aniqlanadi:

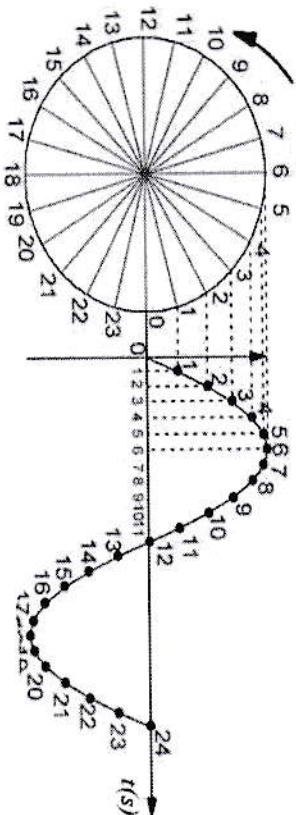
$$i = i_1 + i_2 = I_{m_1} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_1) + I_{m_2} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_2) = I_2 \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi)$$



2.3-rasm. Sinusoidal toklarni qo'shish.

Ko'rinish turidagi, teng ta'sir etuvchi tok i ham o'sha chastotada sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi. Qo'shiluvchilar soni ortib 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 koordinatlarini qo'shib chiqish kerak (2.3-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 ifodalaniadi (2.4-rasm). Aylanuvchan radius-vektorning uzunligi sinusoidal kattaliklarning amplituda (yoki effektiv) qiymatiga teng qilib olinadi. Masalan, tok $i = I_m \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi)$ ni aylanuvchan vektor tarzida ifodalash kerak bo'lsin. Buning uchun to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasini olib (2.4-rasm), koordinata boshidan φ 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 (2.4-rasm) 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.



2.4-rasm. Sinusoidal EYuKni aylanuvchan vektorlar tarzida ifodalaniishi.

Faraz qilaylik, t vaqt davomida mazkur vektor $\omega(t)$ burchakka burilgan bo'lsin. U holda vektorning ordinata o'qiga proeksiyasi sinusoidal kattalikning oniy qiymati $i = I_m \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi)$ ni ifodalaydi. Vektor $I = \frac{q}{t}$ ni boshlang'ich holatiga nisbatan turi 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.

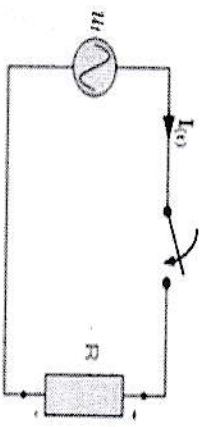
Tokning amaldagi qiymati (sinusoidal uchun) $i = I_m \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi)$

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt} = \\ &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{T}{T} \int_0^T \cos 2\omega t dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \\ I &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

O'zgaruvchan tok, kuchlanish, EYuKlarning amaldagi qiymatlari maksimaldan $\sqrt{2}$ marta kam bo'lar ekan.

Om va Kirxgof qonunlari tok va kuchlanishlarning tezkor qiymatlari uchun amal qiladi. Tezkor qiymatlar uchun Om qonuni $i = \frac{u}{R}$

Aktiv qarshiilik. O'zgaruvchan tok zanjiri manbadan va rezistordan tashkil topgan bo'lsin, sig'im va induktivlik qarshiiliklar esa juda kichik qiymati bo'lgani sababli hisobga olinmasin. Bu holatdagi zanjirga bo'lgan ortish aktiv hisoblanadi, ya'ni unda elektrik tokning issiqlik va mexanik ko'rinishga o'zgarish ro'y beradi (2.5-rasm).



2.5-rasm.

Zanjirga, chiqishda kuchlanish quyidagi qonun asosida o'zgaradigan, o'zgaruvchan tok qo'yilgan:

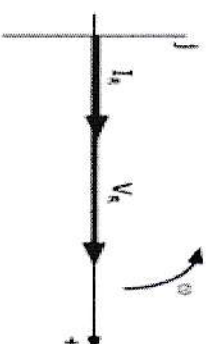
$$u = U_m \cos \omega t$$

Bu yerda u – kuchlanishning oniy qiymati (t-vaqtidagi kuchlanish), U_m – kuchlanish amplitude, ω – tsiklik takrorlanish kuchlanish o'zgarishi. Tok, zanjirning har qanday qismida Om qonuniga bajariladi (2.13), gachonki kvazistatsionar shart bajarilsa.

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t \quad (2.13)$$

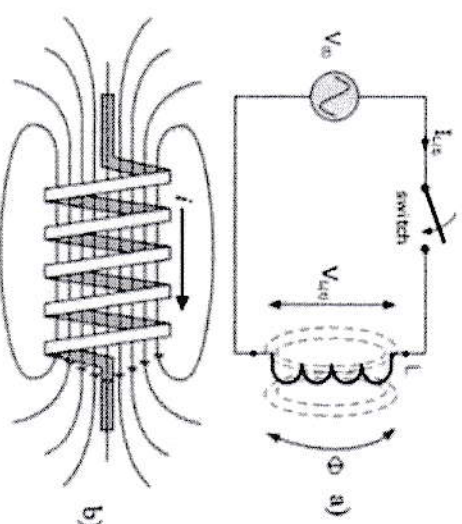
I_m – tok amplitudasi $I_m = \frac{U_m}{R}$ bilan ifodalanadi.

Har xil elektr zanjirlarda, vektorlar ko'rinishida vektor diagrammasiga asosan qaraganda tok va kuchlanish o'rtasidagi nisbat yaqqol nomoyon bo'ladi. Istalgan yo'nalishdagi masalan, tok o'qi tanlansin (2.6-rasm). Shu yo'nalishga qarab olingan qism tog'ri proporsional tarzda I_m – tok vektori joylashadi. Kuchlanish vektori U_m / R nisbatga asosan kuchlanish va tok aktiv ortish natijasida $\sin \varphi = 0$ o'zgaradi. Hamma kuchlanish vektorlar va tok vektor, bitta vektor diagrammasini tashkil qiladi.



2.6-rasm.

Induktiv qarshiilik. Induktivligi L bo'lgan g'altakka, kichik aktiv qarshiiligni hisobga olmagan holda, o'zgaruvchan kuchlanish beramiz (2.7-rasm).



2.7. a, b-rasm. Induktiv g'altakda o'zgaruvchan tokning o'tishi.

G'alakdan o'zgaruvchan tok i o'tishni boshlaydi, oqibatta EYUK o'zinduksiya xosil bo'ladi. (2.7 a-rasm)

$$E_m = -L \frac{di}{dt}$$

Stasionar holatlarda EYUK o'zinduksiya qiymati manba tomonidan berilayotgan kuchlanish bilan bir miqdorda bo'ladi (2.14).

$$L \frac{di}{dt} = U_m \cos \omega t \quad (2.14)$$

Ularni induktivlikda kuchlanishni tushishi (kamayishi) deb nomlaymiz va u_L deb belgilaymiz va tenglama ko'rinishida yozamiz (2.25).

$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad (2.25)$$

tengsizlikni ko'rinishida yozamiz

$$di = \frac{U_m}{L} \cos \omega t \quad (2.26)$$

va zanjirdagi tokni aniqlashirish uchun integrallaymiz: $di = \frac{U_m}{L} \cos \omega t$

$$di = \frac{U_m}{L} \sin \omega t + const$$

Zanjirda o'zgarmas tashkil etuvchi tok yo'qliguchun, $const = 0$. Shunday qilib,

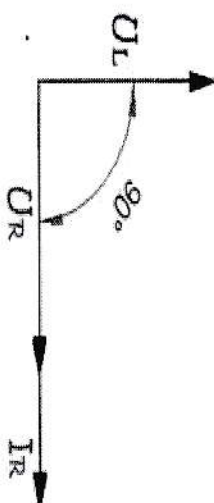
$$i = \frac{U_m}{L} \sin \omega t = I_m \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (2.17)$$

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L} \quad (2.18)$$

ko'rib turganingizdek, qarshilik, induktivlik ortishida, o'lchami ahamiyatlidir.

$$X_L = \omega L \quad (2.19)$$

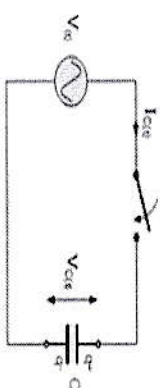
Agar L induktivlik genrida oladigan bo'lsak, unda induktiv qarshilik X_L . Omda bo'ladi. Doimiy tokga induktivlik qarshilik qilmaydi. Induktiv g'alakdagi tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Induktiv g'alakda tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi.

Induktiv g'alakdan oqayotgan tok berilayotgan kuchlanishdan fazasi 90° ga qolib ketadi (2.8-rasm).

Sig'im qarshilik. Sig'imi C bo'lgan kondensatorga o'zgaruvchan tok berilgan bo'lsin, bu tok natijasidan kondensator qaytadan zaryad oladi va takrorlanishi $v = \frac{\omega}{2\pi}$ natijada o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi (2.9-rasm).



2.9-rasm. O'zgaruvchan tok zanjirida kondensator.

$$u_C = \frac{q}{C} = U_m \cos \omega t \quad (2.20)$$

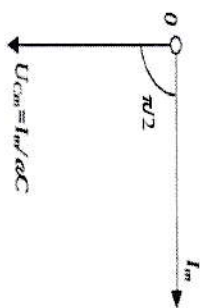
Bu yerdan: $q = CU_m \cos \omega t$ hosilasi $\frac{dq}{dt}$ zanjirdagi tokni aniqlash mumkin:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega C U_m \sin \omega t = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (2.21)$$

$$I_m = \omega C U_m \quad (2.22)$$

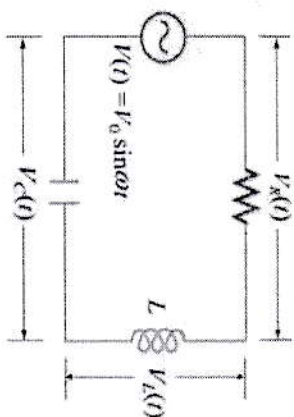
$X_C = 1/\omega C$ agar sig'imi C farad olinsa, unda X_C Omda bo'ladi. Doimiy tok ($\omega=0$) bo'lishi uchun cheksiz katta qarshilik bo'lish kerak. O'zgaruvchan tok takrorlanish o'lishi bilan kondensator qarshiligi kamayadi. Agar kondensatordan oqayotgan tok

berilayotgan kuchlanishdan 90° ga oldinlab ketadi. Shundan kelib chiqsa sig'ım vektor toki vektor diagrammasida $+\pi/2$ radian aylangan, ya'ni tok kuchi kuchlanishdan $+\pi/2$ ga oldinlab ketadi (2.10-rasm).



2.10-rasm. O'zgaruvchan tok zanjirida kondensatoridagi tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi.

RLC - elementlari ketma-ket ulangan elektr zanjiri. Elekt zanjiri ketma-ket ulangan rezistor, kondensator va induktiv g'altakdan tashkil topgan (2.11-rasm).



2.11-rasm. RLC ketma-ket ulangan zanjiri.

Zanjir qisqichidagi kuchlanish:

$$u = U_m \sin \omega t \quad (2.23)$$

yoki:

$$u = u_R + u_L + u_C \quad (2.24)$$

Bu yerda:

$$u_R = iR; \quad u_L = L \frac{di}{dt}; \quad u_C = \frac{1}{C} \int i dt \quad (2.25)$$

Almashtirish kiritib, natija olamiz: $iR + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = U_m \sin \omega t$

Oxirgi ifodaga zanjirdagi tokni qo'yib, $i = I_m (\sin \omega t - \varphi)$

Oxirida ifodani olamiz

$$I_m R (\sin \omega t - \varphi) + I_m \omega L \left(\sin \omega t - \varphi + \frac{\pi}{2} \right) + I_m \frac{1}{\omega C} \left(\sin \omega t - \varphi - \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \omega t$$

Ushbu ifodadan har bir elementning faza siljishini ko'rish mumkin. Rezistorda faza siljishi mavjud emas, kuchlanish va tok fazalari to'g'ri keladi, induktiv g'altagida kuchlanish tok kuchidan faza bo'yicha $\pi/2$ burchak oldinda bo'ladi, kondensatorida qarama-qarshi orda qoladi. Faza siljishi RLC-zanjir uchun formula bo'yicha aniqlash mumkin (2.26).

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} \quad (2.26)$$

RLC-zanjirining to'la qarshiligi

$$Z = \sqrt{R^2 - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad (2.27)$$

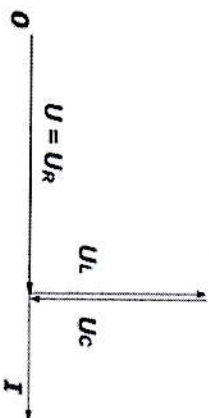
Tokning amplitudaviy qiymati

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \quad (2.28)$$

RLC-zanjirining vektor diagrammasini qurishda uchta holat bor: 1-Zanjir aktiv harakterga ega, faza siljishi nolga teng, induktiv va sig'ım qarshilik teng. Shunday zanjirlarda rezonans kuchlanish kuzatiladi (2.12-rasm).

$$X_L = X_C; \quad U_C = U_L$$

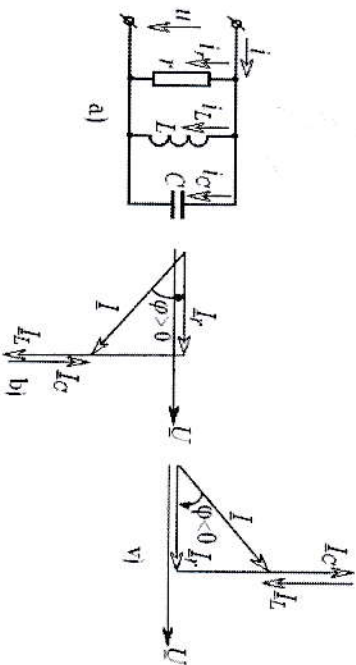
Zanjir induktiv harakterga ega, ushbu holatda induktiv qarshilik sig'ım qarshilikdan ko'proq. Vektor diagrammada, qoida bo'yicha dastlab vektor kuchlanishni induktiv g'altak, keyin undan kondensatoridagi kuchlanishni ayiramiz.



2.12-rasm. RCL ketma-ket ulangan zanjirida tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi.

shundan keyin umumiy kuchlanish vektorini o'kazamiz va faza siljishini φ ni aniqlaymiz.

Sinusoidal tok zanjiridagi parallel ulangan induktivlik, sig'im va aktiv qarshilik. Sxema parallel ulangan induktivlik, sig'im va aktiv qarshilikdan iborat (2.13-rasm).



2.13. a, b, v-rasmdagi sxemaga sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish ulangan.

Sxemaning kiritishdagi tokni aniqlaymiz. Kirxgofning birinchi qonuniga asosan:

$$i = i_R + i_L + i_C \quad (2.29)$$

$$\text{Bu yerda } i = \frac{U}{R} = gU_m \sin \omega t; \quad g = \frac{1}{R} \quad (2.30)$$

Aktiv o'tkazuvchanlik

$$i_L = \frac{1}{L} \int u \cdot dt \quad i_C = C \frac{du}{dt} \quad (2.31)$$

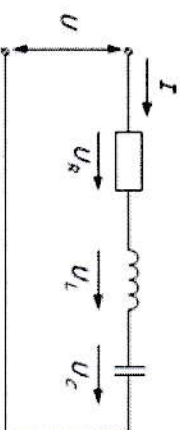
Umumiy zanjirida tok faza jihatdani fodalaymiz:

$$i = gu + \frac{1}{L} \int u dt + C \frac{du}{dt} = gU_m \sin \omega t - \frac{1}{\omega L} U_m \cos \omega t + \omega C U_m \cos \omega t = gU_m \sin \omega t + b_L U_m \sin(\omega t - 90^\circ) + b_C U_m \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (2.32)$$

bu yerda $b_L = 1/\omega L$ induktiv o'tkazuvchanlik, $b_C = \omega C$ sig'imli o'tkazuvchanlik bo'ladi.

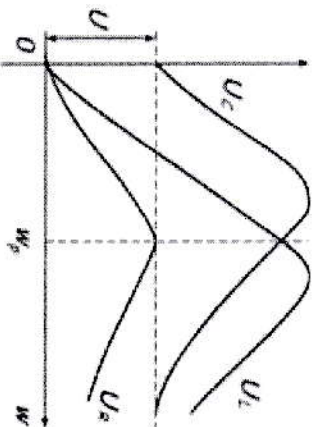
2.3-§. Elektr zanjiridagi kuchlanishlar rezonansi

Kuchlanishlar rezonansi RLC - ketma-ket ulangan zanjirida paydo bo'ladi (2.14-rasm).



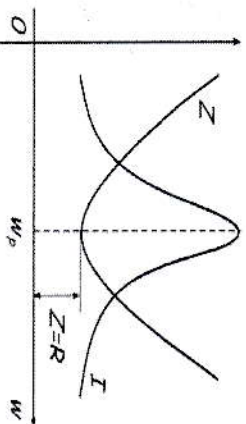
2.14-rasm. RLC - ketma-ket ulangan zanjir.

Rezonansning paydo bo'lishi sharti manba chastotasining rezonans chastotasiga tengligidan vujudga keladi, keyin induktiv va sig'im qarshiliklar ham teng bo'lish kerak, $X_L = X_C$ ular ishoralari bo'yicha qarama-qarshi, natijada reaktiv qarshilik nolga teng bo'ladi. G'alakdagi kuchlanish u_L va kondensatoridagi kuchlanish u_C faza bo'yicha qarama-qarshi va bir-birini kompensatsiyalaydi. Zanjirdagi to'la qarshilik aktiv qarshilikka teng R , o'z navbatida zanjirdagi tokning kattalashishiga, elementdagi kuchlanish o'rtishiga olib keladi. Rezonansda u_C va u_L kuchlanishlar biroz manbadagi kuchlanishidan ko'prog bo'lishi mumkin, bu elektr zanjirlari uchun zanjir uchun havfidir (2.15-rasm).



2.15-rasm. Kuchlanish rezonansi.

Chastota ortishi bilan g'altak qarshiligi ortadi, lekin kondensatorniki kamayadi. Vaqt o'tishi bilan manbaning chastotasi rezonansga teng bo'lsa, zanjirning to'la qarshiligi kichik bo'ladi. Zanjirdagi tok maksimal bo'ladi (2.16-rasm).



2.16-rasm.

Tenglikka ko'ra induktiv va sig'im qarshilikdan rezonans chastotani topamiz

$$X_L = \omega L; X_C = \frac{1}{\omega C}; \omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2.33)$$

Yozilgan tenglamadan kelib chiqib, xulosa qilish mumkin, tebranna konturdagi rezonansga manbaning tok chastotasini o'zgartirgan holda yoki g'altakning va kondensatorning parametrlarini o'zgartirgan holda erishish mumkin. Bilish kerakki, R, L, C zanjiri ketma-ketligida, g'altak va kondensatorning o'zaro energiya

almashinishi manba orqali amalga oshiriladi. Zanjir analizi, parallel ulangan rezistor, kondensator va induktivlik g'altagi RL-C-zanjiri, rezonans tokidan tashkil topadi.

2.4-§. Sinusoidal tok zanjirida quvvat

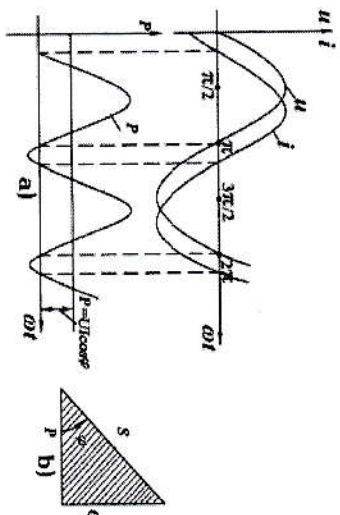
Sinusoidal tok zanjirining R, L va C kabi ayrim elementlaridagi energetik munosabatlari avvalgi paragraflarda ko'rib chiqildi. Endi umumiy holat, ya'ni zanjirdagi kuchlanish $u = U_m \sin \omega t$ va tok $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ ga teng bo'lgan holat uchun energetik munosabatlarni ko'rib chiqamiz. Zanjirdagi oniy quvvatni aniqlaymiz: $P = iu = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin(\omega t - \varphi) = I_m U_m [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)]$ oniy quvvat ikkita: doimiy ($IU \cos \varphi$) va ikkilangan chastota bilan o'zgaruvchi kosinusoidal ($IU \cos(2\omega t - \varphi)$) tashkil etuvchilardan iborat. Induktiv xarakterli $\varphi > 0$ zanjirdagi tok, kuchlanish va quvvat oniy qiymatlarning grafiqi 2.17-a-rasmga keltirilgan. Davrning kuchlanish va tok ishoralari bir xil bo'lgan qismlarida oniy quvvat musbat, energiya manbadan iste'mol qilinadi va bir qismi rezistorida iste'mol qilinadi, qolgan qismi esa g'altak magnit maydoniga to'planadi. Davrning kuchlanish va tok ishoralari har xil bo'lgan qismlarida oniy quvvat manfiy, energiya qisman iste'molchidan manbaga qaytariladi. Rezistorida iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat oniy quvvatning bir davr mobaynida o'rtacha qiymatiga teng (2.34):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \cos \varphi \quad (2.34)$$

$\cos \varphi$ ko'paytma quvvat koeffitsienti deb ataladi. (2.34) ifodadan ko'rinib turibdiki, zanjirning aktiv quvvati kuchlanish, tok ta'sir etuvchi qiymatlari va quvvat koeffitsientlarining o'zaro ko'paytmasiga teng.

Zanjirdagi tok va kuchlanishlar orasidagi faza siljish burchagi φ qancha nolga yaqin bo'lsa, $\cos \varphi$ shuncha birga yaqin bo'ladi. Bunda U va I larning berilgan qiymatlarida $\cos \varphi$ qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p aktiv quvvat manbadan iste'molchiga uzatiladi. Aktiv quvvatni quyidagicha ifodalash mumkin (2.35).

$$P = zI^2 \cos \varphi = rI^2; P = yU^2 \cos \varphi = gU^2 \quad (2.35)$$



2.17. a, b-rasm.

Kuchlanish va tokning berilgan qiymatlarida aktiv quvvatning maksimal qiymati zanjirning to'la quvvati (S) deb ataladi:

$$S = I \cdot U \quad (2.36)$$

Aktiv quvvat ifodasidan, quvvat ko'effitsientini topish mumkin: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

Elektr zanjirini hisoblashda va amaliyotda reaktiv quvvat (Q) tushunchasidan foydalaniladi (2.37):

$$Q = I \cdot U \sin \varphi = I^2 X = U^2 b \quad (2.37)$$

Reaktiv quvvat manba bilan iste'molchi o'rtasidagi energiya almasishuvi tezligini tavsiflaydi va reaktiv tok iste'molini o'ltahovi hisoblanadi. Zanjir induktiv xarakterga ega ($\varphi > 0$) bo'lganda reaktiv quvvat musbat, sig'im xarakterga ega ($\varphi < 0$) bo'lganda esa manfiy bo'ladi. Aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar o'zaro quyidagicha bog'langan (2.17-rasm, b):

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad \sin \varphi = \frac{Q}{S} \quad \tg \varphi = \frac{Q}{P}$$

2.5-§. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulida hisoblash va vektorlar bilan tasvirlash

Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblashni amerikalik olim I. Shveytsets 1894 yilda ishlab chiqqan. Bu usul bilan hisoblashning asosida sinusoidal tok zanjiri uchun tuzilgan differensial tenglamalarni algebratik tenglamalar bilan almashlash yotadi. Bunda tok va kuchlanishlarning only qiymatlari ularning kompleks tasvirlari bilan almashtiriladi, ya'ni vaqt funksiyasidagi integro-differensial tenglamalardan kompleks shaklda yozilgan va vaqt kattaligi istisno qilingan algebratik tenglamalar hosil qilinadi, bu esa, tabiiyki zanjirlarni hisoblashni ancha soddalashtiradi.

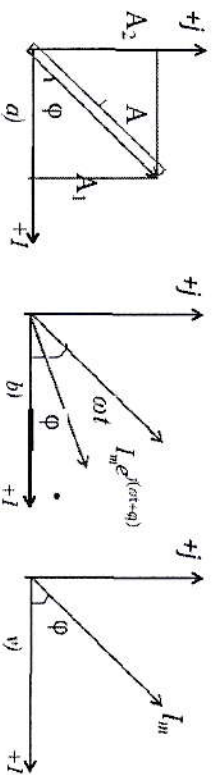
Ma'lumki xar qanday kompleks son haqiqiy va mavhum qismlardan iborat. 2.16-rasmda kompleks tekislik keltirilgan. Absissa o'qi haqiqiy sonlar o'qi, ordinata o'qi esa mavhum sonlar o'qi hisoblanadi. Kompleks tekislikda haqiqiy sonlar o'qi +1 belgi bilan, mavhum sonlar o'qi esa $+j$ ($j = \sqrt{-1}$) bilan belgilanadi. Agar kompleks tekislikda absissa o'qiga kompleks sonning haqiqiy qismini, ordinata o'qiga esa mavhum qismini joylashtirsak, u holda kompleks son tekislikda bir nuqtani ifodalaydi. Eylar formulasiga binoan $e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$ Kompleks son $e^{j\varphi}$ kompleks tekislikda vektor ko'rinishda tasvirlanadi, uning amplitudasi 1 ga teng va α burchakning musbat yo'nalishi haqiqiy sonlar o'qi (+1) ga nisbatan soat miliga teskari yo'nalishda hisoblanadi. $e^{j\varphi}$ funksiyaning moduli birga teng:

$$|e^{j\varphi}| = \sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi} = 1$$

$e^{j\varphi}$ funksiya vektorining haqiqiy o'qqa proyeksiyasi $\cos \varphi$ ga teng, mavhum o'qqa proyeksiyasi esa $\sin \varphi$ ga teng. Agar funksiya o'rninga $I_m e^{j\varphi}$ funksiyasini olsak, u holda

$$I e^{j\varphi} = I \cos \varphi + j I \sin \varphi \quad (2.38)$$

ifoda hosil bo'ladi.



2.18 a, b, v-rasm

Kompleks tekislikda bu funksiyaning (+1) o'qiga nisbatan burchagi α ga teng, faqat vektorning uzunligi I_m marta kattadir. (2.38) formuladagi α burchak qiymati har xil bo'lishi mumkin. Masalan, $\alpha = \omega t + \phi$ (2.18-rasm, b), ya'ni ϕ burchak t vaqtga proporsional o'zgarsa, u holda

$$I_m e^{j(\omega t + \phi)} = I_m \cos(\omega t + \phi) + j I_m \sin(\omega t + \phi)$$

$I_m \cos(\omega t + \phi)$ tashkil etuvchi $I_m e^{j(\omega t + \phi)}$ ifodaning haqiqiy (Re) qismi bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\operatorname{Re} [I_m e^{j(\omega t + \phi)}] = I_m \cos(\omega t + \phi)$$

$I_m \sin(\omega t + \phi)$ tashkil etuvchi $I_m e^{j(\omega t + \phi)}$ ifodaning mavhum I_m qismi bo'lib, u quyidagicha yoziladi:

$$I_m [I_m e^{j(\omega t + \phi)}] = I_m \sin(\omega t + \phi)$$

Shunday qilib, sinusoidal tokni $i = I_m e^{j(\omega t + \phi)}$ ko'rinishda yozish mumkin. Bu aylanuvchi vektor $I_m = I_m e^{j(\omega t + \phi)}$ ni $+j$ o'qiga proyeksiyasidir. Kompleks tekislikda sinusoidal kattaliklarni vektor tasvirlarini $\omega t = 0$ daqi holatini tasvirlash

qabul qilingan. Bu holda $I_m = I_m e^{j(\omega t + \phi)}$ vektor $\omega t = 0$ bo'lganda quyidagicha ifodalanadi:

$$I_m = I_m e^{j\phi}$$

I_m -kompleks tok, uning moduli I_m ga, argumenti esa vektorni haqiqiy sonlar o'qiga nisbatan hosil qilgan burchagi (boshlang'ich faza ϕ) ga teng bo'ladi (2.18-rasm, v).

II bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar

1. Sinusoidal tokni o'zgarmas tokka nisbatan afzalliklarini aytib bering?
2. Sinusoidal kattalik(EYuK, tok, kuchlanish)larni tavsiflovchi asosiy ko'rsatkichlar- ga nimalar kiradi?
3. Sinusoidal EYuK qanday hosil qilinadi?
4. Sinusoidal EYuK, tok va kuchlanishlarning ta'sir etuvchi(effektiv) va o'rtaqcha qiymatlari qanday aniqlanadi?
5. Sinusoidal kattaliklarni aylanuvchi vektorlar bilan tasvirlashning mohiyatini tushuntirib bering?
6. Sinusoidal kuchlanish va tok vektorlari orasidagi faza siljish burchagi deganda nima tushuniladi?
7. Aktiv, induktiv, sig'in, reaktiv va to'la qarshiliklar ifodalarini yozing va mu'holarni tushuntirib bering?
8. Sinusoidal kattaliklarni kompleks tekislikda vektorlar bilan tasvirlash qanday amalga oshiriladi va u qanday qulayliklar tug'diradi?
9. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblash ketma-ketligini aytib bering?
10. Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi nima va uni mexanikadagi rezonans bilan taqqoslang?

11. Rezonans shartlari nima? Kuchlanishlar rezonansi nima va uni hosil qilishusullarini so'zlab bering?

12. Quvvat koeffitsienti va uning amaliy ahamiyati haqida nimalarni bilasiz?

Test savollari.

1. Yo'nalishi va son qiymati davriy ravishda o'zgarib turadigan har qanday tok..... deyiladi. Nuqtalar o'rtasiga qo'yilgan?
2. Sinusoidal tok vaqt birligida o'zgarishi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?
A) $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ B) $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ C) $R = R_0(1 + \alpha t)$ D) $\varepsilon = U + \frac{d\Phi}{dt}$
3. O'zgaruvchan tokning keng qo'llanishiga sabab nima?
A) O'zgaruvchan tokni o'zgarish tokka aylantirish osonligi
B) O'zgaruvchan tok ishlab chiqarishining qulayligi
C) O'zgaruvchan tok generatori tuzilishining soddaligi va arzonligi
D) Hamma javoblar to'g'ri
4. O'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
A) Tok kuchi va kuchlanishning davriy ravishda o'zgarib turishiga
B) Tok kuchi o'zgarib, kuchlanish o'zgarish bo'yicha
C) Kuchlanish o'zgaruvchan bo'lib, tok kuchi o'zgarish bo'yicha toklarga
D) Chastotasi 0 ga teng bo'lishiga.
5. Biz ishlatadigan o'zgaruvchan tokning chastotasi qancha?
A) Chastotasi 50 Hz
B) Chastotasi 60 Hz
C) Chastotasi 500 Hz
D) Chastotasi 5 Hz

6. O'zgaruvchan tok zanjirining ixtiyoriy vaqt lahzasidagi quvvati uning..... deyiladi?

A) tok kuchlanishi B) o'rtacha quvvat C) quvvat miqdori D) effektiv quvvat

7. Kuchlanish qaysi asborda o'lchanadi?

A) ampermetr B) voltmeter C) gigrometr D) ommetr

8. Vaqt birligida tok kuchi sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarish tenglamasini toping?

A) $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ B) $i(t) = u_m \sin(\omega t + \varphi)$

C) $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ D) $u(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$

9. Bir fazali o'zgaruvchan tok, kuchlanish, EY uklarining amaldagi qiymatlari maksimaldan marta kam bo'ladi?

A) $\sqrt{2}$ B) $\sqrt{3}$ C) $\sqrt{5}$ D) farq qilmaydi

10. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda, faza siljishi RL C-zanjir uchun qaysi ifoda to'g'ri yozilgan?

A) $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$ B) $\varphi = \arctg \frac{R - X_C}{R}$ C) $\varphi = \arctg \frac{X_L + X_C}{R}$ D) $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$

11. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda kelma-ket ulangan RL C-zanjirning to'la qushiligi qaysi ifodada to'g'ri yozilgan?

A) $Z = \sqrt{R^2 - (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ B) $Z = \sqrt{R^2 - (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}$

C) $Z = \sqrt{R^2 - (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ D) $Z = \sqrt{R^2 - (L - \frac{1}{C})^2}$

12. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda kelma-ket ulangan RL C-zanjirning om qonuni qaysi ifodada to'g'ri yozilgan?

A) $I = \frac{U}{Z}$ B) $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$ C) $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$

$$C) I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - (L - \frac{1}{C})^2}} \quad D) I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - (\omega R - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

13. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda, iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat oniy quvvatning bir davr mobaynida o'rtacha qiymati qaysi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \cos \varphi \quad B) P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UR \cos \varphi$$

$$C) P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \quad D) P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = RI \cos \varphi$$

13. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda P-aktiv, Q-reaktiv va S-to'la quvvatlar o'zaro quyidagicha..... bog'langan?

$$A) S^2 = P^2 + Q^2 \quad B) Q^2 = P^2 + S^2 \quad C) S^2 = P^2 - Q^2 \quad D) S^2 = P^2 \cdot Q^2$$

14. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblashni kim ishlab chiqqan?

A) I. Shteynmetz B) O. Gan C) Kirxgof D) G. S. Om

15. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblash ifodasi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) Ie^{j\omega t} = I \cos \varphi + jI \sin \varphi \quad B) Ie = I \cos \alpha + jI \sin \alpha$$

$$C) Ie^{j\omega t} = I + jI \sin \alpha \quad D) Ie^{j\omega t} = I \cos \alpha$$

III. BOB. UCH FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI

3.1 §. Uch fazali toklarning afzalliklari

Bir fazali tok o'zgaruvchan tokning bir qancha afzalliklariga ega bo'lishiga qaramay, halq xo'jaligida keng qo'llanilishiga uning ayrim kamchiliklari to'sqinlik qiladi. Masalan, bir fazali tok yordamida aylanuvchi magnit maydonini hosil qilib bo'lmaydi. Bunday maydon esa o'zgaruvchan tokda ishlovchi barcha dvigatellarning "yuragi" hisoblanadi. Texnologik qurilmalarni harakatga keltirish uchun ishlatishga qulay va ishonchli bo'lgan katta quvvatli o'zgaruvchan tok dvigatellarini yaratish esa faqat ko'p fazali tok orqali amalga oshiriladi.

1891 yilda rus injeneri M.O. Dolivo-Dobrovolskiy uch fazali tok sistemasini ishlab chiqib, uni mazkur dvigatellarni ishlatishga tadbir eildi, bu uch fazali sistema hozirgi vaqtda elektrlashtirish sohasida butun dunyoga tarqalgan sistemaga aylandi. Uch fazali tokning keng qo'llamda ishlatilishi quyidagi sabablar bilan bog'liq:

1. Elektr energiyasini uch fazali tok sistemasi yordamida uzoq masofalarga uzatish uni fazalar soni boshqacha bo'lgan o'zgaruvchan tok bilan uzatishga qaraganda iqtisodiy jihatdan birmuncha tejamli hisoblanadi. Chunki elektr energiyasi uch fazali tok sistemasi bilan uzatilganda uzatish liniyalariga sarf qilinadigan rangli metall, uni bir fazali tok sistemasi bilan uzatishdagiga qaraganda 25% kam sarf bo'ladi.

2. Uch fazali tok sistemasining asosiy elementlari hisoblangan uch fazali asinxron dvigatel va transformatorlarning tuzilishi oddiy, ishlatishga qulay bo'lib, ishonchligi hamda tejamligi nisbatan yuqoridir.

3. Bir yo'la ikkita ishchi kuchlanish, ya'ni faza kuchlanishi U_f va liniya kuchlanishi U_l ning birligi, turli nominal kuchlanishdagi iste'molchilarni ulash imkoniyati faqat ko'p fazali (shu jumladan, uch fazali) sistemaga hosdir.

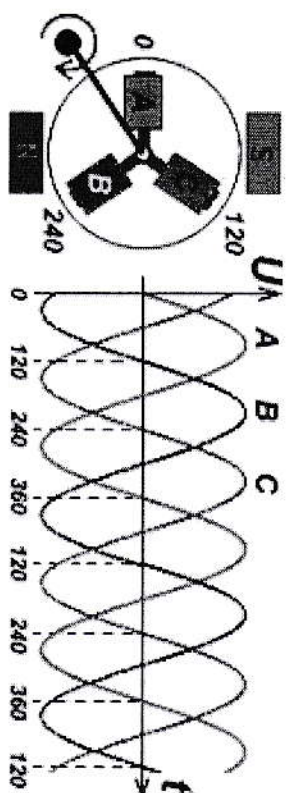
4. Agar uch fazali EYUK (yoki kuchlanish) sistemasiga simmetrik yuklama ulangan bo'lsa, uning oniy quvvati har qanday vaqt uchun o'zgarmas bo'ladi.

3.2-§. Uch fazali E.Yu.K, kuchlanish va tok sistemasini hosil qilish

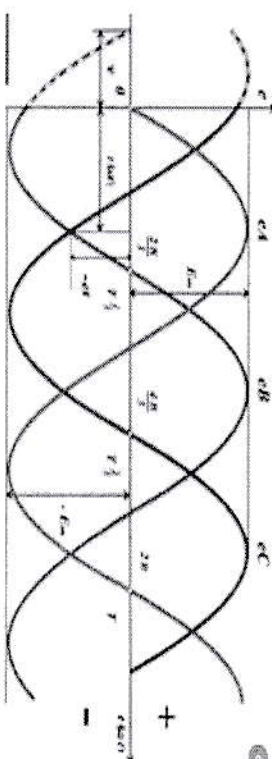
Uch fazali EYuK uch fazali sinxron generatorda hosil qilinadi. Ushbu generator (3.1-rasm,) qo'zg'almas stator va uning ichida aylanuvchi rotordan iborat. Statorning pazlari (arqachalariga) o'ramlar soni o'zaro teng bo'lgan va bir-biridan faza bo'yicha 120° ga siljigan (yoki $T/3$ davr farq qilgan) uchta A,B,C chulg'amlar joylashtirilgan. Chulg'amlarning bosh uchlari A, B, C harflari bilan belgilangan. Har bir chulg'am uch fazali generatorning alohida fazasi hisoblanadi. Bu chulg'amlarda (fazalarda) induksiyalangan EYuK larning ta'sir etuvchi qiymatlari e_A , e_B , va e_C harflari bilan belgilanadi.

Rotor o'zgarmas magnit (elektromagnit)dan yasalgan bo'lib, mashinaning asosiy magnit maydonini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Unga o'ralgan "uyg'otish chulg'ami" dan o'tadigan tok yordamida rotorning magnit maydonini boshqarish mumkin. Rotor o'zgarmas burchak tezligi bilan aylanganda uning magnit kuch chiziqlari statorning har bir chulg'amida (fazasida) elektromagnit induksiya qonuniga ko'ra, amplituda va chastotalari bir xil bo'lgan, ammo bir-biridan faza bo'yicha $2\pi/3$ ga (yoki $T/3$ davrga) farqlanuvchi quyidagi sinusoidal o'zgaruvchan EYuK larni induksiyalaydi(3.1):

$$\begin{cases} e_A = E_m \sin \omega t \\ e_B = E_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ e_C = E_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (3.1)$$



3.1-rasm. Uch fazali toklarning hosil bo'lish jarayoni.



3.2-rasm. Uch fazali EYuK lar sistemasining vektor diagrammasi.

Bu ifodalarga mos grafiklar 3.2-rasmida ko'rsatilgan. (3.1) ifodadan uch fazali EYuK lar sistemasining simmetrikligi ko'rinib turibdi.

Yuqoridagiga o'xshash yo'l bilan uch fazali kuchlanish va tok sistemasi uchun ham quyidagi ifodalarni yozish mumkin(3.2):

$$\begin{cases} u_A = U_m \sin \omega t \\ u_B = U_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ u_C = U_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\begin{cases} i_A = I_m \sin \omega t \\ i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (3.3)$$

Demak, uch fazali EYuK, kuchlanish va toklarning o'zgarish qonuniyatlari bir xil ekan(3.3). Chastota va amplitudalari bir xil bo'lib, faza jihatdan $2\pi/3$ ga farq qilgan uchta EYuK lar (yoki toklar) yig'indisi uch fazali EYuK larning (yoki toklarning) simmetrik sistemasi deyiladi. EYuK larning simmetrik sistemasida uchala faza EYuK lari oniy qiymatlarining yig'indisi istalgan vaqt lathasida nolga teng. Masalan, (3.2-rasm) foydalanib, i vaqt uchun quyidagini yozish mumkin:

$$e_A + e_B + e_C = E_m - \frac{E_m}{2} - \frac{E_m}{2} = 0$$

Shuningdek, grafikdan ko'rinadiki har bir faza EYuK lari o'zlarining maksimumlariga $T/3$ davr o'lib erishadi. Shunga ko'ra, EYuK vektorlari e_A, e_B , va e_C larning geometrik yig'indisi quyidagicha (3.1-rasm)

$$e_A + e_B + e_C = 0$$

bo'lib, qirrali simmetrik yulduz shaklini tashkil etadi, 3.1- rasmda keltirilgan grafik vektorlar diagrammasi generator rotorining soat mili harakati yo'nalishida aylanishiga mos keladi. Bunda hosil bo'lgan fazalarning A-B-C ketma-ketligi (almashinuvi) fazalarning to'g'ri ketma-ketligi deyiladi. 3.2-rasmda ko'rsatilgan vektor diagrammada esa EYuK vektorlari o'zlarining effektiv qiymatlarida ifoda qilingan.

3.3-§. Uch fazali iste'molchilarni yulduz va uchburchak ulash

Generator va iste'molchi fazalari oxirgi uclarini tegishlicha nuqtalarga ulash yulduz usulida ulash deyiladi (3.3-rasm). Bunday ulash usuli "Y" belgisi bilan belgilanadi. O va O' nuqtalar generator va iste'molchining nolunchi (yoki neytral) nuqtalari deyiladi. Ana shu nuqtalarni birlashtiruvchi sim nolunchisim deyiladi.

Manba va iste'molchi bir nomli fazalarining bosh uclarini birlashtiruvchi A - a, B - b va C - c simlar liniya simlari deyiladi. Ana shu simlardan o'tadigan I_A, I_B, I_C toklar liniya toklari deyiladi va ular I_l deb belgilanadi. Manba va iste'molchining bir nomli fazalaridan o'tadigan I_A, I_B, I_C toklar faza toklari deyiladi va ular I_f deb belgilanadi.

Elektr iste'molchilarni yulduz usulida ulash. Yulduz usuli bilan ulashda manba va iste'molchining bir nomli fazalari ketma-ket ulangani uchun liniya va faza toklari o'zaro teng bo'ladi(3.4):

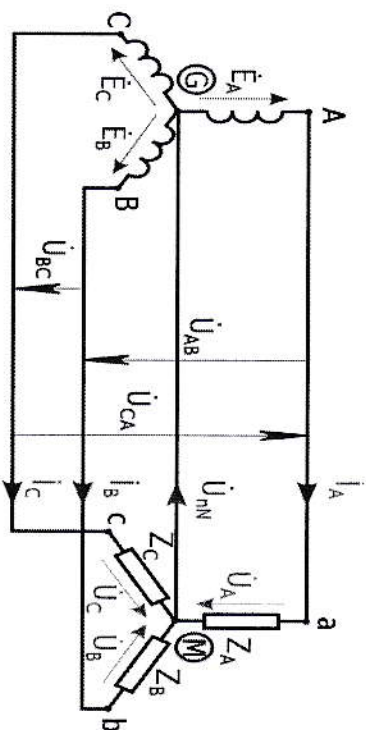
$$I_l = I_f \quad (3.4)$$

Ixtiyoriy liniya simi (manba yoki iste'molchining bosh uchi) bilan nolunchi sim (nolunchi nuqta) orasidagi kuchlanish faza kuchlanishi deyiladi va ular tegishlicha

U_A, U_B, U_C (yoki U_f) tarzda belgilanadi. Istalgan ikkita liniya simi (yoki manba bilan iste'molchining istalgan ikkita bosh uchlari) orasidagi kuchlanish liniya kuchlanishi deyiladi. Ularni U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} (yoki U_l) tarzda yozish qabul qilingan.

Iste'molchining faza qarshiliklari Z_A, Z_B, Z_C uch fazali manbaning (yoki tarmog'ining) faza kuchlanishiga ulansa, u holda iste'molchining har bir fazasidagi tok (3.5) va quvvat ko'effitsienti (3.6) quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}; I_B = \frac{U_B}{Z_B}; I_C = \frac{U_C}{Z_C}; I_f = \frac{U_f}{Z_f} \quad (3.5)$$



3.3-rasm. Uch fazali zanjirning to'rt simli sistemasi (nol simli yulduz usulida ulash sxemasi).

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}; \cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}; \cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}; \cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} \quad (3.6)$$

$$\sin \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}; \sin \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}; \sin \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}; \sin \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} \quad (3.7)$$

Uch fazali EYUK, kuchlanish va toklarning shartli musbat yo'nalishi 3.1-rasmdagi sxemada ko'rsatilgandek qabul qilinadi. Ushbu rasmda tokning musbat yo'nalishi qilib generator dan iste'molchiga tomon yo'nalishi, generator EYUK ning musbat yo'nalishi esa generator chulg'amlarining oxirgi uchlari dan uning bosh uchlari A, B, C tomon yo'nalishi olingan. Iste'molchilarda kuchlanish va tokning musbat yo'nalishi qilib ularning bosh uchlari dan oxirgi uchlari ga tomon yo'nalish qabul qilingan. No'linchi simdan o'tadigan tok I_0 bilan belgilanadi. Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq no'linchi simdagi tok liniya (yoki faza) toklarining geometrik yig'indisiga teng, ya'ni (3.8).

$$I_A + I_B + I_C = I_0 \quad (3.8)$$

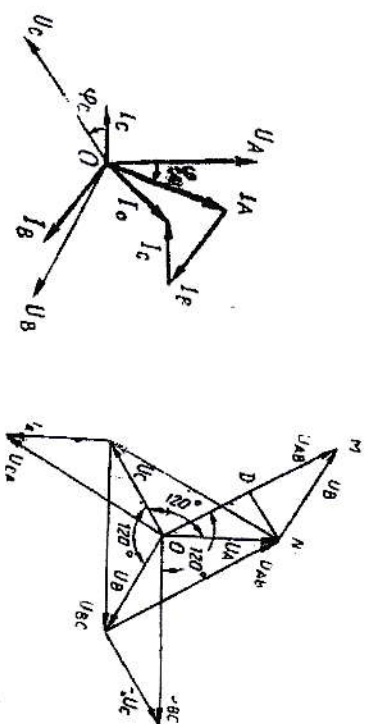
3.3-rasmdagi sxema uch fazali zanjirning to'rt simli sistemasi (yoki nol simli yulduz usulida ulash sxemasi) deyiladi. Bunday sistema yuklama nosimmetrik ($I_A \neq I_B \neq I_C$) bo'lganda qo'llanadi.

3.4-rasmda aktiv-induktiv xarakterdagi nosimmetrik yuklama uchun qurilgan faza kuchlanishlari va toklarning vektor diagrammasi ko'rsatilgan. Uni qurishda avval ixtiyoriy O nuqtadan U_A, U_B, U_C faza kuchlanishlarining vektorlari 120° farq bilan chiziladi. So'ngira I_A, I_B, I_C faza toklari kuchlanishlarga nisbatan $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ qo'qchikuvchi burchaklar ostida chizilib, tok I_0 ning qiymati (3.8) ifodaga binoan aniqlanadi. To'rt simli sistemada uch fazali zanjirning har bir fazasi mustaqil zanjir hisoblanadi. Faza qarshiliklarining qiymatidan qat'iyl nazar uchala faza kuchlanishi o'zaro teng, ya'ni $U_A = U_B = U_C = U_f$. Biron fazadagi qarshilikning o'zgarishi shu fazada va no'linchi simdagi tokning o'zgarishiga sabab bo'ladi. Agar nosimmetrik yuklamada no'linchi sim uzilsa, yuklamasi kichikroq fazaning kuchlanishi nominaldan ortib ketib, shu fazadagi qarshilik qiziydi yoki kuyib ketadi. Yuklamasi kattaroq fazaning kuchlanishi esa nominaldan kamayib, tarmoqdan kamroq quvvat oladi. Shuning uchun nosimmetrik yuklamada faza kuchlanishlarining simmetriyasini saqlash maqsadida no'linchi simga saqlagich (rele) qo'yilmaydi. Uch fazali notekis yuklamaga asosan, elektr yoritish asboblari va maishiy iste'molchilar kiradi.

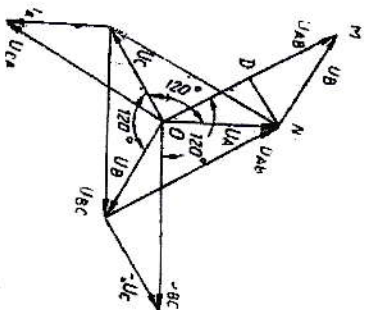
Faza va liniya kuchlanishlari orasidagi nisbat. Agar 3.3-rasmda keltirilgan sxemadagi konturlarda liniya kuchlanishlari faza kuchlanishlarining geometrik ayirmasiga teng bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} U_{AB} &= U_A - U_B \\ U_{BC} &= U_B - U_C \\ U_{CA} &= U_C - U_A \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

Ushbu (3.9) tengliklardan foydalanib, faza va liniya kuchlanishlari orasidagi nisbatni aniqlash mumkin. Buning uchun ixtiyoriy O nuqtadan faza kuchlanishlarining U_A, U_B, U_C vektorlari o'zaro 120° farq bilan chiziladi (3.5-rasm).



3.4-rasm



3.5-rasm

So'ngra faza kuchlanishlarining ma'lum qiymatlariga ko'ra (3.9) ifodaga binoan liniya kuchlanishlarining vektor diagrammasini qurib, uning qiymatini aniqlaymiz (3.5-rasm). Ushbu vektorlar diagrammasidan ko'rinadiki, uchala liniya kuchlanishlari o'zaro teng va faza jihatdan bir-birlariga nisbatan 120° ga siljigan. Teng yonli OMN uchburchakdan quyidagilarni aniqlaymiz:

$$OM = 2OD = 2ON \cos 30^\circ = \sqrt{3}ON$$

$$\text{Agar } OM = U_{\text{m}} = U_l \quad \text{va} \quad ON = U_f = U_f \text{ bo'lsa, u holda}$$

$$U_l = \sqrt{3}U_f \quad (3.10)$$

Demak, elektr iste'molchilari yulduz usulida ulanganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan $\sqrt{3}$ marta katta bo'lar ekan.

Iste'molchilarni uchburchak usulida ulash. Uch fazali tok iste'molchilarini uchburchak usulida ulash deb, birinchi fazaning oxirgi uchi A ni ikkinchi fazaning bosh uchi a bilan, ikkinchi fazaning oxirgi uchi B ni uchinchi fazaning bosh uchi b bilan va uchinchi fazaning oxirgi uchi C ni birinchi fazaning bosh uchi c bilan ulashga aytiladi (3.6-rasm). Bunday ulash usuli «Δ» belgisi bilan ko'rsatiladi. Odatda, generatorning chulg'amlari yulduz usulida ulanadi. Ammo uch fazali

transformatorlarning ikkilamchi chulg'amli yulduz yoki uchburchak usulida ulanishi mumkin. 3.6-rasmidagi sxemalardan ko'rinadiki, iste'molchining faza qarshiliklari Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{CA} xar juft A-B, B-C, C-A liniya simlariga ulangan. Demak, iste'molchi uchburchak usulida ulanganda uning xar bir fazasi manbaning (yoki tarmoqning) liniya kuchlanishiga ulanar ekan. Bunday ulash sxemasida liniya va faza kuchlanishlari o'zaro teng bo'ladi (3.11):

$$U_l = U_f \quad (3.11)$$

Iste'molchining faza qarshiliklaridan o'tayotgan I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} toklarga faza toklari deyiladi (3.12). Liniya simlaridan o'tayotgan I_A, I_B, I_C toklar esa liniya toklari deyiladi.

Faza kuchlanishlari va qarshiliklarining ma'lum qiymatlarida har bir faza tokini va quvvat ko'effitsientini hisoblab topish mumkin (3.14):

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}}; I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}}; I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}}; \quad (3.12)$$

$$\cos \varphi_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}}; \cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}}; \cos \varphi_{CA} = \frac{R_{CA}}{Z_{CA}}; \quad (3.13)$$

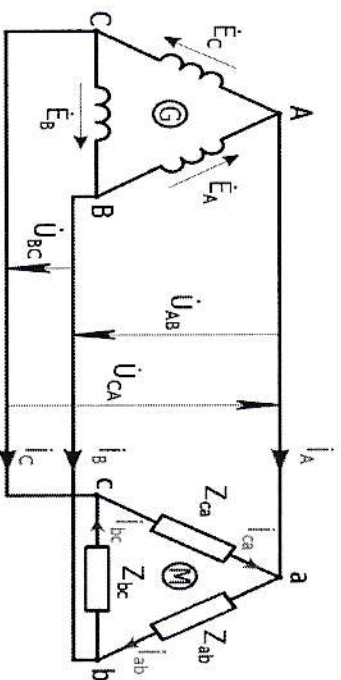
$$\sin \varphi_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}}; \sin \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}}; \sin \varphi_{CA} = \frac{R_{CA}}{Z_{CA}}; \quad (3.14)$$

yoki umumiy holda

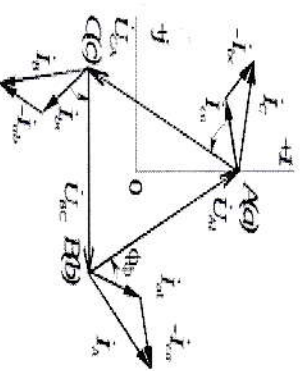
$$I_f = \frac{U_f}{Z_f} \cos \varphi_f = \frac{R_f}{Z_f}; \sin \varphi_f = \frac{R_f}{Z_f} \quad (3.15)$$

Iste'molchining faza qarshiliklarini yulduz yoki uchburchak usulida ulash liniya kuchlanishining qiymatiga va iste'molchining qanday nominal kuchlanishga mo'ljallanganiga bog'liq. Masalan, pasportida "Y/Δ - 380/220" yozuvi bo'lgan uch fazali asinxron dvigatelni liniya kuchlanishi $U_l = 380$ V li tarmoqqa yulduz usulida, liniya kuchlanishi $U_l = 220$ V li tarmoqqa esa uchburchak usulida ulash mumkin. Agar $U_l = 380$ V li tarmoqqa uchburchak usulida ulanisa, $U_{\text{m}} = U_l = 380$ V bo'lib, stator

chul'amlari quyib ketadi. Agar $U_l = 220$ V li lamogqa yulduz usulida ulanilsa, $U_{\text{nom}} = U_l = 380$ V bo'lib, diveratel to'la quvvat bilan ishlamaydi.



3.6-rasm. Uchburchak usulida ulash.



3.7-rasm. Uchburchak usulida ulashda vektor diagrammasi.

Faza va liniya toklari orasidagi munosabat. Uchburchak usulida ulashda faza va liniya toklarining teng emasligi 3.6-rasndagi sxemalardan ham ko'rinish turibdi. Bu toklar orasidagi nisbatni aniqlash uchun Kirxgofning I-qonuniga asosan A, B, C tugunlar uchun quyidagi tenglamalarni yozamiz:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}; \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}; \quad I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

Demak, liniya toklari faza toklarining geometrik ayirimasigateng ekan. 3.7-rasnda aktiv-induktiv xarakterdagi simmetrik yuklama uchun liniya va faza kuchlanishlari

hamda toklarining vektor diagrammasi ko'rsatilgan. Dastlab liniya (faza) kuchlanishlari vektorlarining uchburchagi quriladi, so'ngira I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} faza toklarini liniya kuchlanishlari U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ga nisbatan $\varphi_{AB}, \varphi_{BC}, \varphi_{CA}$ kechikuvchi burchaklar ostida chizamiz. Keyin (3.9) ifodaga binoan liniya toklarining vektorlarini topib, ularning qiymatini aniqlaymiz. Ushbu vektorlar diagrammasidan ko'rinishki, uchala liniya toklari (I_A, I_B, I_C) o'zaro teng va faza toklaridan faza bo'yicha kechikadi. Teng yonli uchburchak BND dan (3.10) formulani topgandagi kabi usul bilan

$$I_l = \sqrt{3} I_f \quad (3.16)$$

ekanligini aniqlaymiz. Demak, iste'molchilarni uchburchak usulida ulaganda liniya toklari faza toklaridan $\sqrt{3}$ marta katta bo'lar ekan. (3.16) ifoda yuklama simmetrik bo'lgandagina kuchga ega. Yuklama nosimmetrik bo'lganda har bir liniya toki alohida o'lganadi yoki ma'lum faza toklari bo'yicha (3.15) ifodaga binoan tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasini tegishli masshabda ko'rib aniqlanadi.

3.4-§. Uch fazali zanjirlarning quvvati

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

Yulduz usulida ulanganda	Uchburchak usulida ulanganda
$I_A \neq I_B \neq I_C$	$I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}$
Aktiv quvvat	Aktiv quvvat
$P_A = U_A I_A \cos \varphi_A$ $P_B = U_B I_B \cos \varphi_B$	$P_{AB} = U_{AB} I_{AB} \cos \varphi_{AB}$ $P_{BC} = U_{BC} I_{BC} \cos \varphi_{BC}$

$P_C = U_C I_C \cos \varphi_C$	$P_{CA} = U_{CA} I_{CA} \cos \varphi_{CA}$
Uch fazali zanjirning aktiv quvvati alohida fazalar aktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni	
$P_{yulduz} = P_A + P_B + P_C$	$P_A = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$
Reaktiv quvvat	
$Q_A = U_A I_A \sin \varphi_A$ $Q_B = U_B I_B \sin \varphi_B$ $Q_C = U_C I_C \sin \varphi_C$	$Q_{AB} = U_{AB} I_{AB} \sin \varphi_{AB}$ $Q_{BC} = U_{BC} I_{BC} \sin \varphi_{BC}$ $Q_{CA} = U_{CA} I_{CA} \sin \varphi_{CA}$
Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni	
$Q_{yulduz} = Q_A + Q_B + Q_C$	$Q_A = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$
To'la quvvat	
$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2}$ $S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2}$ $S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$	$S_{AB} = \sqrt{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2}$ $S_{BC} = \sqrt{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2}$ $S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2}$
Uch fazali zanjirning to'la quvvati	
$S_{yulduz} = \sqrt{P_{yulduz}^2 + Q_{yulduz}^2}$	$S_{yulduz} = \sqrt{P_{yulduz}^2 + Q_{yulduz}^2}$
Yuklama simmetrik bo'lganda	
$I_A = I_B = I_C = I_f$ $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi_f$ $P_A = P_B = P_C = P_f$ $P_f = U_f I_f \cos \varphi_f$ $P_{yulduz} = 3U_f I_f \cos \varphi_f = 3P_f$	$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_f$ $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_f$ $\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi_f$ $P_{AB} = P_{BC} = P_{CA} = P_f$ $P_f = U_f I_f \cos \varphi_f$

$Q_A = Q_B = Q_C = Q_f$ $Q_f = U_f I_f \sin \varphi_f$ $Q_{yulduz} = 3U_f I_f \sin \varphi_f = 3Q_f$ $S_A = S_B = S_C = S_f$ $S_f = U_f I_f$ $S_{yulduz} = 3S_f = 3U_f I_f$	$P_A = 3U_f I_f \cos \varphi_f = 3P_f$ $Q_{AB} = Q_{BC} = Q_{CA} = Q_f$ $Q_f = U_f I_f \sin \varphi_f$ $Q_A = 3U_f I_f \sin \varphi_f = 3Q_f$ $S_{AB} = S_{BC} = S_{CA} = S_f$ $S_f = U_f I_f$ $S_A = 3S_f = 3U_f I_f$
--	--

Isic'molchi yulduz usulida $I_f = I_f$ va $U_f = \sqrt{3}U_f$ uchburchak usulida ulanganda esa $I_f = \sqrt{3}I_f$ va $U_f = U_f$ ekanligini hisobga olib, aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni aniqlashning quyidagi umumlashgan formulalarini yozish mumkin:

$$P = \sqrt{3}I_f U_f \cos \varphi_f, Q = \sqrt{3}U_f I_f \sin \varphi_f, S = \sqrt{3}I_f U_f$$

Yuklama qarshiliklarini yulduz usulidan uchburchak usuliga va aksincha o'tkazib ulash amalda uchtab turadi. Masalan uch fazali elektr pechining temperaturasini roslash maqsadida Δ dan Y ga o'tkazib ulanadi. Ammo bunda pechning quvvati 3 marta kamayadi. Agarda Y dan Δ ga o'tkazib ulansa pechning quvvati 3 marta ortadi. Haqiqatan ham, yulduz usulida ulanganda:

$$I_{(Y)yulduz} = \frac{U_{(Y)yulduz}}{R_f}, P_{yulduz} = 3U_{(Y)yulduz} I_{(Y)yulduz} = \frac{U_f^2}{R_f}$$

Uchburchak usulida ulanganda esa

$$U_f = \sqrt{3}U_{f\Delta}, I_{f\Delta} = \frac{\sqrt{3}U_{f\Delta}}{R_f}, P_{\Delta} = 3U_{f\Delta} I_{f\Delta}$$

III bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va

testlar

1. Uch va bir fazali toklar farqini tushuntirib bering?
2. Uch fazali toklarning qulayliklari nimada?

3. Uch fazali E.Yu.K. kuchlanish va tok sistemasini hosil qilish jarayonini tushuntiring?
4. Uch fazali iste'molchilarni «yulduz» va «uchburchak» ulash qonuniyalari va qo'llanish sohalarni ayting?
5. Yulduz usulida ulanganda faza, liniya toklari va faza, liniya kuchlanishlari orasidagi bog'lanish keltirib chiqaring?
6. Uchburchak usulida ulanganda faza, liniya toklari va faza, liniya kuchlanishlari orasidagi bog'lanish keltirib chiqaring?
7. Uch fazali zanjirlarning quvvati haqida to'la ma'lumot bering?

Test savollari.

1. Bir fazali tok kamchiligi?
 - A) Bir fazali tok yordamida aylanuvchi magnit maydonini hosil qilib bo'lmaydi.
 - B) Bir fazali tok yordamida aylanuvchi elektr maydonini hosil qilib bo'lmaydi.
 - C) Bir fazali tok yordamida elektr maydonini hosil qilib bo'lmaydi.
 - D) Hammasi to'g'ri.
2. Uch fazali tok sistemasini birinchi bo'lib kim ishlab chiqdi?
 - A) M.O.Dolivo-Dobrovolskiy
 - B) Rus olimi F. Epinus
 - C) Bio-Savar-Laplas
 - D) Ingliz olimi D. Poyting
3. Quyidagi fikrlardan qasi biri noto'g'ri?
 - A) Elektr energiyasini uch fazali tok sistemasi yordamida uzoq masofalarga uzatish uni fazalar soni boshqacha bo'lgan o'zgaruvchan tok bilan uzatishga qaraganda iqtisodiy jihatdan birmuncha tejimli hisoblanadi.
 - B) Uch fazali tok sistemasining asosiy elementlari hisoblangan uch fazali asinxron dvigatel va transformatorlarning tuzilishi oddiy,

- C) Bir yo'la ikkita ishchi kuchlanish, ya'ni faza kuchlanishi U_f va liniya kuchlanishi U_l ning borligi
- D) Agar uch fazali E.Yu.K. (yoki kuchlanish) sistemasiga simmetrik yuklama ulangan bo'lsa, uning oniy quvvati har qanday vaqt uchun o'zgarmas bo'ladi.
4. Uch fazali tonkni hosil qilishda sinxron dvigatel statorning o'rnamlar soni qanday bo'ladi?
 - A) Teng B) 90 taga farq qiladi
 - C) 120 taga farq qiladi D) Ular nisbati 2π ga farq qilishi lozim
5. Qaysi usulda ulanganda $I_l = I_f$ teng bo'ladi?
 - A) Yulduz B) Uchburchak C) Hamisha teng D) Teng bo'lmaydi
5. Qaysi usulda ulanganda $U_l = U_f$ teng bo'ladi?
 - A) Yulduz B) Uchburchak C) Hamisha teng D) Teng bo'lmaydi
7. Uch fazali tokda Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq nolinchin simdagi tok liniya (yoki faza) toklari orasidani munosabatini toping?
 - A) $I_A + I_B + I_C = I_0(B)$ $I_A \neq I_B \neq I_C$ $U_A = U_B = U_C = U_f$ D) $I_A - I_B + I_C = I_0$
8. Faza qarshiliklarining qiymatidan qat'iy nazar uchala faza kuchlanishi , ya'ni Nuqtalar o'rmini to'ldiring?
 - A) O'zaro teng $U_A = U_B = U_C = U_f$
 - B) Farqlanmaydi $U_A = U_B = U_C = U_f$
 - C) O'zaro farqlanadi $U_A = U_B = U_C = U_f$
 - D) O'zaro perpendikulyar
9. Uch fazali tok uchburchak usulida ulanganda tok kuchining effitetv qiymatini toping?

$$A) I_A = \frac{\sqrt{3}U_L}{R_f} \quad B) P_A = 3U_L I_A \quad C) P = \sqrt{3}U_L \cos\varphi_f \quad D) U_L = \sqrt{3}U_f$$

10. Uch fazali tok uchburchak usulida ulanganda kuchlanishning effektiv qiymatini toping?

$$A) I_A = \frac{\sqrt{3}U_L}{R_f} \quad B) P_A = 3U_L I_A \quad C) P = \sqrt{3}U_L \cos\varphi_f \quad D) U_L = \sqrt{3}U_f$$

11. Uch fazali tok uchburchak usulida ulanganda kuchlanishning effektiv qiymatini toping?

$$A) I_A = \frac{\sqrt{3}U_L}{R_f} \quad B) P_A = 3U_L I_A \quad C) I_f = I_f \quad D) U_L = U_f$$

12. Yulduz ulashda, uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvatlari qanday topiladi?

$$A) P_{yulduz} = P_A + P_B + P_C \quad B) P_{yulduz} = P_A - P_B + P_C$$

$$C) P_{yulduz} = P_A + P_B - P_C \quad D) P_{yulduz} = P_A - P_B - P_C$$

13. Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvat qaysi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) Q_C = U_C I_C \sin\varphi_C \quad B) P_C = U_C I_C \cos\varphi_C \quad C) P_B = U_B I_B \cos\varphi_B \quad D) P_A = U_A I_A \cos\varphi_A$$

14. Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq nolinch simdagi tok liniya (yoki faza) qanday hisoblanadi?

$$A) I_A + I_B + I_C = I_0 \quad B) I_A - I_B + I_C = I_0 \quad C) I_A + I_B - I_C = I_0 \quad D) I_A - I_B - I_C = I_0$$

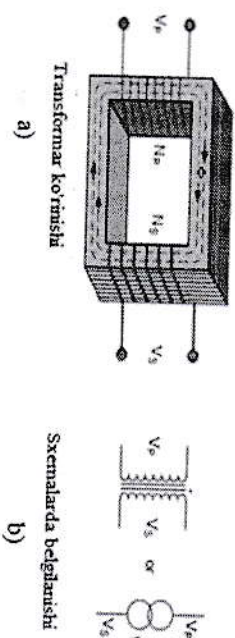
15. Uch fazali tok yulduz usulida ulanganda tok kuchlanishlar o'rtasidagi munosabat qanday?

$$A) U_f = \sqrt{3}U_L \quad B) U_L = \sqrt{2}U_f \quad C) U_f = U_L \quad D) Barcha javoblar to'g'ri$$

IV. BOB. TRANSFORMATORLAR

4.1 - §. Transformator xaqida umumiy ma'lumotlar

Elektrotexnika fanining asosiy vazifalaridan biri elektr energiyasini bir joydan ikkinchi joyga uzatishdir. Chunki elektr energiyasining ishtirokchilari aksariyat hollarda yozilg'i va gidroresurslar tabiiy joylashgan hududlarda qurilgan elektr stansiyalaridan bir necha o'nlab va yuzlab kilometr masofalarda joylashadi. Elektr energiyasini uzatish liniyalarida esa quvvatning issiqlikka sarf bo'ladigan isrofi Joule qonuniga ko'ra ro'y beradi. Elektr tokining to'la quvvatini o'zgartirmagan holda uni turli kuchlanish va tok kuchi bilan uzatish mumkin. Elektr tokining quvvati fildasidan bizga malumki, uzatishda kuchlanish qanchalik yuqori bo'lsa ($S = const$), tok kuchi shunchalik kichik bo'lib, u bilan bog'liq isroflar ham shunchalik kam bo'lar ekan.



4.1 - rasm. Transformatorning a) tuzilishi; b) sxemada shartli belgilanishlari

Bu yerda:

V_1 - Boshlang'ich kuchlanish

V_2 - Chiqish kuchlanishi

N_1 - Birlamchi o'tram simlarining soni

N_2 - Ikkinchi o'tram simlarining soni

Φ - Magnet oqimi

Hozirgi vaqtda o'zgaruvchan tokning 35, 110, 220, 500, 750 va 1150 kV kuchlanishi uzatish liniyalari mavjud. Ammo o'ta yuqori kuchlanishlarni bevosita generatorlardan olib bo'lmaydi. Odatda, elektr stansiyalaridagi generatorlarning nominal kuchlanishi ko'pi bilan 21kV dan oshmaydi. Elektr energiyasining iste'molchilari esa bir fazali 220 V va uch fazali 380 V nominal kuchlanishlarga mo'ljallangan. Shuning uchun generatorlar ishlab chiqaradigan elektr energiyasining nisbatan past kuchlanishi, ammo katta tok kuchiga ega bo'lgan quvvatini (hozirgi vaqtda 150, 300, 500, 800 va 1200 ming kVt li generatorlar ishlab chiqariladi) yuqori kuchlanishi va nisbatan kichik tok kuchiga ega bo'lgan quvvatga o'zgartirish kerak. Bu vazifa transformatorlar yordamida oddiygina hal etiladi.

Transformatorning ixtirochisi rus olimi P.N. Yablochkov hisoblanadi. U 1876 yilda elektr yoy lampasi uchun manba sifatida ilk bor transformatoridan foydalangan.

Transformatorlardan foydalanish 1891 yili uch fazali transformatorning konstruksiyasi ishlab chiqilib, elektr energiyasini uch fazali tok sistemasi yordamida uzatish amalga oshirilgandan so'ng yanada kengaydi. Bu elektrtashirishning jadal rivojlanishiga sabab bo'ldi.

Elektr energiyasining bir pog'onada bo'lgan u_1 , i_1 kuchlanish va tokini boshqa pog'onadagi u_2 , i_2 kuchlanish va toka aylantirib beradigan statik (harakatlanuvchi qismlari bo'lmagan) elektromagnit apparati *transformator* deyiladi. Yoki bir xil chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishining qiymatini o'zgartirib beruvchi elektrostatik apparat *transformator* deyiladi. Transformatorlar energetik sistemalarda qo'llanilishidan tashqari, kuchsiz toklarda ishlovchi hisoblash mashinalari, avtomatika, telemechanika, aloqa, radiotexnika va televideniya qurilmalari zanjirlarida va umuman, elektr kuchlanishini o'zgartirib berish kerak bo'lgan barcha joylarda ishlatiladi.

Transformatorlar bajaradigan vazifasiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi:

-elektr energiyasini uzatish va taqsimlash uchun mo'ljallangan *katta quvvatli* (uch fazali) transformatorlar;

-kerakli joylarda kuchlanishni keng doirada o'zgartirib berish va dvigatellarni ishga tushirish uchun mo'ljallangan *aviotransformatorlar*;

-taqsimlash tarmoqlaridagi kuchlanishni roslab turish uchun mo'ljallangan induksion roslagichlar;

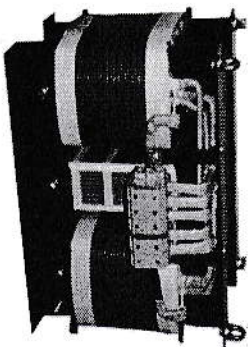
-o'lov asboblari va himoya vositalarini sxemalarga ulash uchun mo'ljallangan o'lov transformatorlari;

-payvandlash, qizdirish pechlari sinov, to'g'rilash va hokazolar uchun mo'ljallangan maxsus transformatorlar.

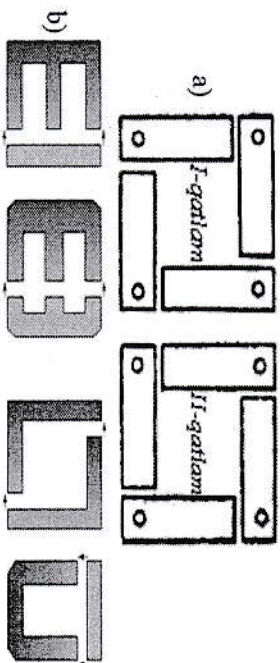
4.2 -§. Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi

Transformator turlarining ko'p bo'lishiga qaramay, ularda bo'ladigan elektromagnit jarayonlar umumiy o'xshashlikka ega bo'lib, ularning ishlash prinsipi bir xil, 4.1-rasmda bir fazali ikki chulg'ami transformatorning sxemasi va shartli belgilanishi ko'rsatilgan. Transformator po'lat o'zak (magnit o'tkazgich) va ikkitamli chulg'amlardan iborat. Po'lat o'zakning induksion toklar hisobiga qizib ketishini kamaytirish maqsadida u qalinligi $0,35 \div 0,5$ mm bo'lgan elektrotexnika po'lat plastinalardan yig'iladi. Plastinalarning ikki tomoniga izolyatsion lak surtiladi yoki ular tegishli qizdiriladi (4.2- rasn). Po'lat o'zak plastinalarni yig'ish tartibi 4.3-a va b- rasmlarda ko'rsatilgan. Qatlarni plastinalarining choklari ushma-ust tushmasligi kerak. Po'lat o'zak magnit zanjirini hosil qilish uchun xizmat qiladi va shu tufayli magnit magnit oqini Φ po'lat o'zak bo'ylab harakatlantadi. Po'lat o'zakning mis chulg'amlar o'ralgan qismi sterjen deyiladi. Shuning uchun birlamchi chulg'amga (zanjirga) oid kattaliklar biri indeksiga ega, masalan, birlamchi chulg'amning o'ramlar soni w , qismlaridagi kuchlanish u , zanjirdagi tok i va h.k. shuningdek, ikkilamchi chulg'amga oid kattaliklar ikki indeksiga ega, masalan, w_2 , u_2 , i_2 va h.k.

Transformatorning birlamchi chulg'amiga berilgan sinusoidal kuchlanish $u_1 = U_m \sin \omega t$ ta'sirida chulg'amdan o'zgaruvchan tok oqib o'tadi. Bu tok transformatorning po'lat o'zagida o'zgaruvchan magnit oqimi (Φ) ni hosil qiladi.



4.2 - rasm.



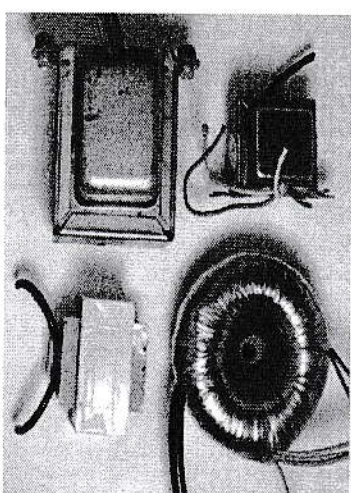
4.3 a.b-rasm.

Chulg'amlarning o'tamlarini kesib o'tayotgan bu asosiy magnit oqimi birlamchi chulg'amda o'zinduksiya, ikkilamchi chulg'amda esa o'zaro induksiya hodisasiga binoan tegishli E_1 va E_2 elektr yurutuvchi kuchlarni induksiyalaydi. Mazkur EYuK larning ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$E_1 = 4,44 \nu w_1 \Phi \quad (4.1)$$

$$E_2 = 4,44 \nu w_2 \Phi \quad (4.2)$$

Bu yerda ν - o'zgaruvchan tokning chastotasi [Hz], w_1 , w_2 - birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning o'tamlari soni; Φ - asosiy magnit oqimi, vebir birliklarda o'lchanadi (Vb). Transformatorlar vazifasiga ko'ra turlicha ko'rinishda bo'ladi (4.4-rasm)



4.4-rasm. bir fazalitransformatorlarning umumiy ko'rinishi.

Demak, (4.1) va (4.2) ifodalardan ko'rinadiki, chastota va magnit oqimi Φ o'zgarmas bo'lganda chulg'amlarda induksiyalangan EYuK E_1 va E_2 lar ularning o'tamlari soniga proporsional ekan, ya'ni

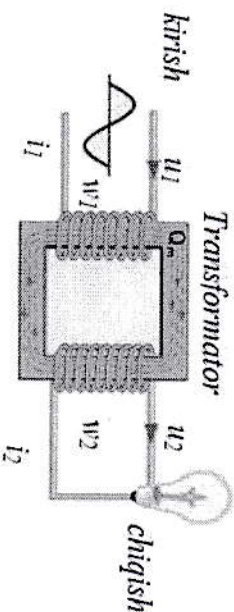
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (4.3)$$

Bu nisbat transformatorning (k) transformatsiya koeffitsienti hisoblanadi, ya'ni

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (4.4)$$

Mazkur koeffitsient transformatorga berilgan kuchlanishning necha marta o'zgarishini ko'rsatadi. Agar $w_1 > w_2$ va $k > 1$ bo'lsa, transformator kuchlanishini pasaytirib beruvchi, agar $w_1 < w_2$ va $k < 1$ bo'lsa, kuchlanishni oshirib beruvchi hisoblanadi.

Agar 4.5-rasmda ko'rsatilgan transformatorning ikkilamchi chulg'amiga yuklama ulasak, EYuK ta'sirida undan tok (i_2) o'ta boshlaydi. Shunday qilib, kuchlanishi u_2 , tok kuchi i_2 bo'lgan manbaning elektr energiyasi transformator yordamida kuchlanishi u_1 va tok kuchi i_1 bo'lgan elektr energiyasiga aylantirib, iste'molchiga quvvat o'zgartirilmagan holda uzatiladi.



4.5-rasm.

Transformatorning manbadan (tarmoqdan) olayotgan birlamchi quvvati $P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$ bo'lsa, uning iste'molchiga berayotgan ikkilamchi quvvati $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$. Agar transformatoridagi quvvat istrofi juda kichik bo'sa hisobga olinmasa ham bo'ladi. Birlamchi va ikkilamchi zanjirlardagi faza siljish burchaklarini deyarli bir xil desak, $U_1 I_1 = U_2 I_2$ deyish mumkin. Agar kuchlanishlar bir-birlari bilan xuddi EYuK lar kabi nisbada bo'ladi desak, transformatsiya koeffitsientini quyidagicha qayta yozish mumkin (4.5):

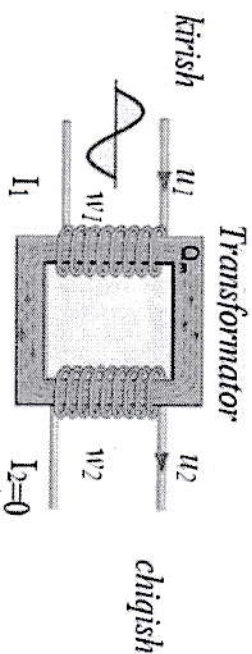
$$k = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (4.5)$$

Demak, transformator chulg'amlaridagi toklar kuchlanishlarga teskari proporsional.

4.3 -§. Transformatorning ish rejimlari

Transformatorlarni ishlatish jarayonida ko'pgina vaqt ularning birlamchi chulg'amni manbaga ulanib, ikkilamchi uchlari bo'sh qoladi. Bunday rejim transformatorning *salt (yuklamasiz) ishlash rejimi deyiladi*.

Salt ishlash rejimida $U_1 = U_{nom}$ va $I_2 = 0$ bo'ladi. Bunga mos sxema 4.6-rasmda ko'rsatilgan. Transformatorning birlamchi chulg'amiga berilgan sinusoidal kuchlanish U_1 ta'sirida chulg'andan salt ishlash toki I_0 oqib o'tadi. Bu tokning magnitlovchi kuchi $I_0 \omega_1$ po'lat o'zak bo'ylab tutashuvchi asosiy magnet oqimini $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ni va qisman havo hamda po'lat o'zak orqali tutashib tarqalgan magnet oqimini Φ_2 ni hosil qiladi.



4.6-rasm. Transformatorning salt (yuklamasiz) ishlash rejimi.

Bu o'zgaruvchan magnet oqimlari o'zining chulg'amlarda induksiyalangan EYuK lari bilan quyidagi bog'lanishga ega:

$$\begin{cases} E_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = \omega N_1 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\ E_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = \omega N_2 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\ E_{is} = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = \omega N_1 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \end{cases} \quad (4.6)$$

Demak, EYuK lar ularni induksiyalangan magnet oqimlaridan faza bo'yicha 90° ga kechikadi. Bu EYuK larning ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$E_1 = \frac{F_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi v w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}}$$

yoki

$$\begin{cases} E_1 = 4,44 v w_1 \Phi_m \\ E_2 = 4,44 v w_2 \Phi_m \\ E_{1s} = 4,44 v w_1 \Phi_{1s} \end{cases} \quad (4.7)$$

Birlamchi chulg'amga berilgan kuchlanish U_1 EYuK (E_1 va E_{1s}) larni, shuningdek, chulg'amning aktiv qarshiligi R_1 kuchlanishning pasayishini kompensatsiya qiladi. U holda Kirxgofning II qonuniga binoan birlamchi chulg'am zanjirining elektr muvozanat holati:

$$U_1 = -E_1 + E_{1s} + I_0 R_1 \quad (4.8)$$

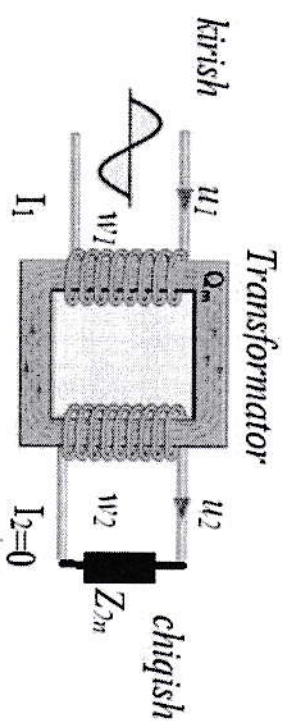
Agar EYuK E_{1s} ni chulg'amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi $I_0 X_L$ bilan kompensatsiya qilinadi desak

$$\begin{cases} U_1 = -E_1 + U_{L1} + U_{L0} \\ U_1 = -U_1 + I_0 R_1 + I_0 X_L \end{cases} \quad (4.9)$$

Yuklama rejimi. Bu rejimda kuchlanish yuklamaga bog'liq emas. Transformatorning ikkilamchi chulg'amini biror yuklamaga ulaganimizda EYuK E_2 ta'sirida undan I_2 yuklama toki o'ta Z_n boshlaydi. Bu tok hosil qilgan magnitlovchi kuch $I_2 w_2$ po'lat o'zak va havo orqali tutashgan, tarqalgan magnit oqimi Φ_{2s} ni hosil qiladi (4.7-rasm).

Bu oqim asosiy magnit oqimiga qarama-qarshi yo'nalgani uchun uni, shuningdek, elektr yurituvchi kuch E_1 ni ham kuchsizlantirmoqchi bo'ladi. U holda transformator elektr muvozanat holatining buzilishiga yo'l qo'yiladi. Ammo birlamchi chulg'amning magnitlovchi kuchi $I_1 w_1$ shunday o'zgaradiki, natijasida transformatorning muvozanat holati saqlanib, o'zakdagi asosiy magnit oqimi Φ miqdor jihatidan o'zgarishsiz qoladi.

72



4.7-rasm.

Bu holda magnitlovchi kuchlar muvozanati quyidagicha ifodalanadi (4.10).

$$I_1 w_1 + I_2 w_2 = I_0 w_1 \quad (4.10)$$

Demak, birlamchi tokning magnitlovchi kuchi ikkilamchi tokning magnitsizlash ta'sirini kompensatsiyalaydi. Agar (4.10) ifodaning ikkala tomonini w_1 ga bo'lsak, magnitlovchi kuchlar tenglamasidan toklar tenglamasiga o'tish mumkin:

$$I_1 = I_0 + \left(-I_2 \frac{w_2}{w_1} \right) \quad (4.11)$$

Bu $I_2 = -I_2 (w_2 / w_1)$ kattalik ikkilamchi tokning magnitsizlash ta'sirini muvozanatlovchi birlamchi tokning tashkiliy etuvchisi hisoblanadi. Shuning uchun bu kattalik ikkilamchi tok deyiladi. U holda birlamchi tok

$$I_1 = I_0 + I_2' \quad (4.10)$$

Ya'ni salt ishlash toki bilan keltirilgan ikkilamchi tokning geometrik yig'indisiga teng. Yuklama toki I_2 noldan boshlab, tok I_1 esa salt ishlash toki I_0 dan boshlab ortadi. Salt ishlash toki nominal tokning $I_0 = (2,5 \div 10\%) I_{1nom}$ ulushini tashkil etadi. Taxminiy hisoblashlarda $I_1 \approx I_2$ deyish mumkin.

Yuklama toki I_2 ning o'zgarishi bilan tok I_1 ning tashqi ta'sirsiz o'z-o'zidan o'zgarishi transformatorning o'z-o'zidan roslanishi deyiladi. U holda ikkilamchi

73

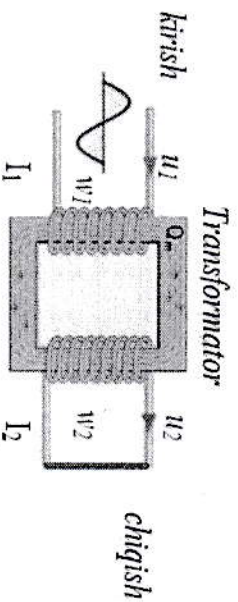
zanjirning yuklama rejimidagi elektr muvozanati tenglamasi Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan

$$U_2 = E_2 - U_{R2} - E_{2s}$$

Bu yerda: U_2 – ikkilamchi chulg‘am uchlaridagi kuchlanish; $I_2 \cdot R_2 = U_{R2}$ – ikkilamchi chulg‘amdagi kuchlanishning aktiv pasayishi; E_{2s} – tarqalgan magnit oqimi Φ_{2s} tufayli induksiyaalangan EYuK. Φ_{2s} ikkilamchi chulg‘amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi $I_2 \cdot X_{L2} = U_{L2}$ bilan kompensatsiya qilinadi.

$$\begin{cases} U_2 = E_2 + U_{R2} + U_{L2} \\ U_2 = E_2 + I_2 R_2 + I_2 X_{L2} \end{cases} \quad (4.11)$$

Qisqa tutashuv rejimi. Bu rejimda ikkilamchi chulg‘am uchlari o‘zaro tutashib, tashqi qarshilik $Z_{2n} = 0$ bo‘ladi (4.8-rasm). Transformator uchun bunday rejimi nomqabul rejim hisoblanadi. Bunda ikkilamchi, shuningdek birlamchi tok nominalidan 18-20 marta ortib ketadi. Bu hodisaga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi, shuning uchun real sharoitlarda transformatorni qisqa tutashuv tokidan saqlash maqsadida avtomatik ajratkich (rele)lar o‘rnatiladi. Transformatorlarni laboratoriya sharoitida tekshirish uchun «qisqa tutashuv» pasaytirilgan kuchlanishlarda amalga oshiriladi.



4.8-rasm. Transformatorlarni qisqa tutashuv rejimi.

4.4 §. Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish ko‘effitsienti

Har qanday elektr mashinalaridagi kabi transformatorlarda ham keltirilgan energiya ning bir qismi uning o‘zida isrof bo‘ladi. Bu quvvat isroflari quyidagilardan iborat:

1. Tokning issiqlik ta’siri tufayli mis chulg‘amlarda yuzaga kelgan quvvat isrof.

$$P_m = I_{mwm}^2 R_1 + I_{2wm}^2 R_2 \quad (4.12)$$

2. Magnit oqimining o‘zgaruvchanligi tufayli yuzaga kelgan po‘lat o‘zakdagi g‘ijerczis va uyuma toklarga sarf bo‘ladigan quvvat isrof $P_n = P_g + P_u$. Bu quvvat isrof po‘lat o‘zakning materialiga, magnit induksiya-siga va o‘zgaruvchan tokning chastotasiga bog‘liq.

3. Transformatorning konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lgan quvvat isrof P_k .

Bulardan P_m va P_n asosiy isroflar hisoblanadi. Mis chulg‘amlardagi quvvat P_m isroflari yuklamaga bog‘liq bo‘lgani uchun o‘zgaruvchan, po‘lat o‘zakdagi quvvat isroflari P_n esa transformatorning ish jarayonidan o‘zgarmas (nominal kuchlanish chegarasida)dir.

Transformatorning foydali ish ko‘effitsienti (4.13).

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + \Delta P} = \frac{P_2}{P_2 + P_1 + P_m} \quad (4.13)$$

Bu yerda: P_1 – transformatorning kirish tomonidagi quvvati;

P_2 – transformatorning chiqish tomonidagi foydali quvvati;

ΔP – transformatoridagi to‘la quvvat isrof. Agar transformatorning foydali ish ko‘effitsientini uning qanday yuklanganligini ko‘rsatuvchi yuklanish ko‘effitsienti.

$$\beta = \frac{I_2}{I_n}$$

Orgali ifodalasak

$$\eta = \frac{\beta P_{\text{nom}}}{\beta P_{\text{2nom}} + P_{\text{p}} + \beta^2 P_{\text{p}}} = \frac{\beta S_{\text{nom}} \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{2nom}} \cos \varphi_2 + P_{\text{p}} + \beta^2 P_{\text{p}}}$$

$\cos \varphi_2$ yuklama quvvat koeffitsienti, S_{2nom} transformatorning to'la quvvati, katta quvvatli transformatorlarning foydali ish koeffitsienti $0,97 \div 0,99$, kichik quvvatliarniki esa $0,82 \div 0,9$ atrofida bo'ladi.

Transformatorning nominal kattaliklari. Transformatorlardan normal foydalanish maqsadida uning pasportida quyidagi nominal kattaliklar ko'rsatilgan bo'ladi:

- 1) transformatorning turi;
- 2) chiqish tomonidagi nominal quvvat S_{nom} , [kVt];
- 3) birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning nominal liniya kuchlanishlari (U_{1nom} va U_{2nom}) kV;
- 4) salt ishlagandagi quvvat isrof ($P_0 = P_{\text{p}}$), kVt;
- 5) mis chulg'amlardagi, ya'ni qisqa tutashuv paytidagi quvvat isrof ($P_{\text{m}} = P_{\text{k}}$) kVt;
- 6) qisqa tutashuv kuchlanishi (U_{q}) %

7) yuklama nominal va uning yarmiga teng hamda $\cos \varphi_2 = 1$ dagi eng yuqori foydali ish koeffitsientiga ega bo'ladi. Transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarining nominal toklari esa uning nominal kattaliklardan hisoblab topiladi.

Bir fazali transformatorlarda

$$I_{\text{1nom}} = \frac{S_{\text{nom}} 10^3}{U_{\text{1nom}}} [\text{A}] \quad I_{\text{2nom}} = \frac{S_{\text{nom}} 10^3}{U_{\text{2nom}}} [\text{A}] \quad (4.14)$$

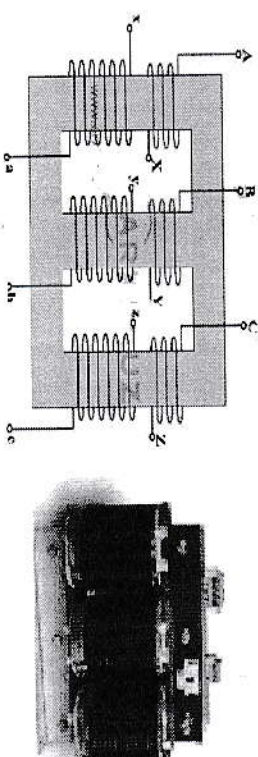
Uch fazali transformatorlarda

$$I_{\text{2nom}} = \frac{S_{\text{nom}} 10^3}{U_{\text{2nom}}} [\text{A}] \quad I_{\text{1nom}} = \frac{S_{\text{nom}} 10^3}{\sqrt{3} U_{\text{1nom}}} [\text{A}] \quad (4.15)$$

Kichik quvvatli transformatorlarning nominal kuchlanishi va toki xujjadda ko'rsatilgan bo'ladi.

4.5-§. Uch fazali transformatorlarning tuzilishi, chulg'amlarini ulash sxemalari va ularning parallel ishlashi

Uch fazali transformatorlarning tuzilishi ishlash prinsipi bir fazali transformatorlardan deyarli farq ilmaydi. Uch fazali transformatorlar, asosan, uch fazali tok sistemasini transformatsiyalash uchun ishlatiladi. Uch fazali transformator umumiy po'lat o'zakka ega bo'lib, alohida fazalarning toklari hosil qilgan barcha magnit oqimlari ana shu o'zak bo'ylab tutashadi (4.9-rasm).



4.9-rasm. Uch fazali transformator.

Uch fazali transformatorning po'lat o'zagi ostki va uski tomonlardan birlashtirilgan uchta sterjendan iborat. Har bir sterjenda har fazaning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari joylashtirilgan. Chulg'amlar yulduz yoki uchburchak sxemada ulanishi mumkin. Bu birlitirish sxemalari tegishlicha yulduz va uchburchak tarzda belgilanadi. Chulg'amlar qanday sxemada ulanishidan qat'iy nazar birlamchi chulg'arning bosh (A, B, C) va oxirgi (X, Y, Z) uchlari katta harflar bilan, ikkilamchi chulg'arning bosh (a, b, c) va oxirgi uchlari (x, y, z) kichik harflar bilan belgilanadi. Birinchi o'rinaldigan chulg'arning o'rta shartli yo'nalishi ixtiyoriy, ammo qolgan fazalarning chulg'amlari birinchi o'rta shartli yo'nalishida o'rta shartli kerak. Faqat shundaygina ayrim fazalardagi toklarning va ularni hosil qilgan magnit oqimlari (Φ_A, Φ_B, Φ_C) larning shartli musbat yo'nalishi ta'minlangan bo'ladi.

Kirgofning birinchi qonuniga binoan istalgan vaqt lahzasida uchala faza magnit oqimlarining yig'indisi doimo nolga teng. Masalan, magnit oqimlarining o'zgarish grafigidan ko'rinadiki, $\Phi_A = \Phi_B$ bo'lgan t_1 vaqtida Φ_A o'zining musbat maksimal qiymatiga erishgan bo'lsa, qo'lgan ikkita magnit oqimi Φ_B va Φ_C larning manfiy yarim maksimal qiymatlarga ega bo'lishi uchala faza magnit oqimlarining po'lat o'zak bo'ylab qo'shilishini bildiradi, ya'ni

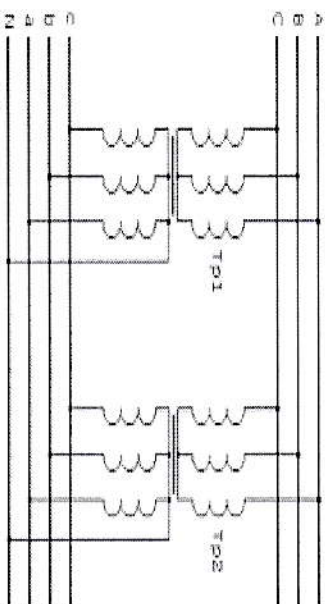
$$\Phi_{\text{m1}} - \frac{1}{2}\Phi_{\text{m2}} - \frac{1}{2}\Phi_{\text{m3}} = 0 \quad (4.16)$$

uch fazali transformatorlar chulg'amlarini ulash sxemalarini kasr tarzida ko'rsatish qabul qilingan. Kasrning surtidagi belgi birlamchi chulg'amni, maxrajidagi belgi esa ikkilamchi chulg'amni ulash sxemasini bildiradi. Masalan, uch fazali transformatorning chulg'amlari yulduz/yulduz sxemada ulangan bo'lib, δ/δ tarzda belgilanadi. Agar yulduz/uchburchak sxemada ulangan bo'lsa, yulduz δ/Δ belgi bilan ko'rsatiladi. Amalda, asosan kichik va o'rta quvvatli (taxminan 1800 kVt gacha bo'lgan) transformatorlarning ikkala chulg'amiga nisbatan yulduz usulida ulash sxemasi qo'llanadi. Bunday ulashda chulg'amlarning izolyatsiyasi faza kuchlanishiga ($U_f = \sqrt{3}U_l$), uchburchak sxemada ulanganda esa liniya kuchlanishiga hisoblanadi. Odatda, transformatorning yuqori kuchlanishli chulg'ami (manba tomonidagi) yulduz sxemada ulanadi. Bunda ma'lum qiymatdagi liniya kuchlanishini olish qulay va chulg'amning o'rta soni kam bo'ladi. Chulg'amlarni uchburchak sxemada ulash katta toklarda ma'qul bo'lgani uchun δ/Δ sxema past kuchlanish tomoni katta quvvatli bo'lgan transformatorlarda qo'llanadi. Uch fazali tok zanjirida faza va liniya kuchlanishlari bir-biridan farq qilgani uchun uch fazali transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari bir xil sxemada, masalan yulduz/yulduz (δ/δ) sxemada ulanganda birlamchi va ikkilamchi chulg'amning faza

$U_A, U_B, \dots$) va liniya (U_{AB}, U_{BC}) kuchlanishlarining vektorlari faza bo'yicha mos tushadi.

Sanoat korxonalarining podstantsiyalarida bir nechta transformatorlar o'rnatilgan bo'lib, ular alohida yoki birgalikda (parallel) ishlashi mumkin (4.10-rasm). Transformatorlar alohida ishlaganda ularning ikkilamchi chulg'amlari o'zaro bog'lanmagan, parallel ishlaganda esa umumiy yuklamaga ulanadi. Transformatorlarni parallel ishlatishtan oldin ular oqilona foydalanishga imkon beradi. Masalan, yuklama kam bo'lgan soatlarda transformatorlarning bir qismini uzib qo'yish mumkin. Shuningdek, kuchli yuklama ulanganda har bir transformatorga to'g'ri keladigan yuklama miqdorining kichikroq bo'lishi va har bir transformatorning bir tekis yuklanishi ta'minlanadi. Transformatorlarning parallel ishlashi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning nominal kuchlanishlari bir xil bo'lishi kerak; transformatsiya koeffitsientining farqi 0,5% dan ortib ketmasligi kerak.
2. Qisqa tutashish kuchlanishlari bir xil bo'lishi kerak ($\pm 10\%$ farq qilishiga yo'l qo'yiladi).
3. Uch fazali transformatorlar parallel ishlashi uchun ularning turkumlari

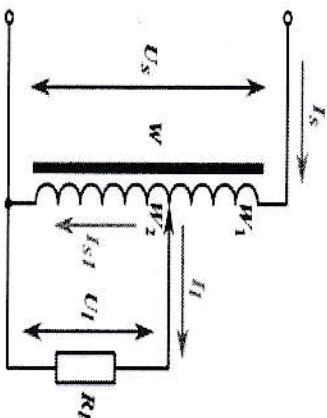


4.10-rasm. Transformatorlarning parallel ishlash sxemasi.

bir xil bo'lishi kerak. Transformatorlarning parallel ishlash sxemasi 4.10-rasmda ko'rsatilgan. Transformator salt ishlaganda ikkilamchi chulg'am zanjirida tokning yo'qligi handa yuklaning parallel ishlayotgan transformatorlarning

nominalquvvatlariga proporsional ravishda to'g'ri taqsimlanishi transformatorlar normal holda parallel ishlashining asosiy belgilar hisoblanadi.

Past kuchlanishi chulg'am yuqori kuchlanishi chulg'amning bir qismini tashkil qilgan transformator avtotransformator deyiladi. U pasaytiruvchi va yuksaltiruvchi transformator bo'lishi mumkin. 4.11-rasmda avtotransformatorning chulg'ami w_1 o'ramlardan iborat bo'lib, U_1 kuchlanishi o'zgaruvchan tarmoqqa ulangan.



4.11-rasm. Avtotransformator sxemasi.

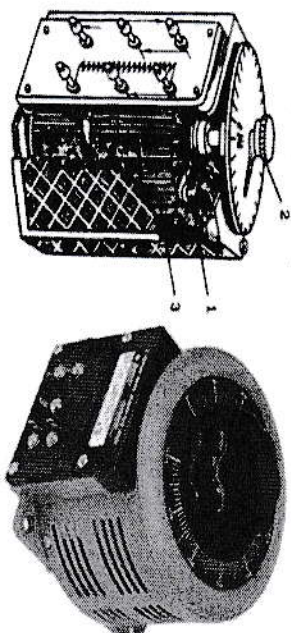
Chulg'amning o'ramlar soni w_2 bo'lgan qismiga energiya iste'molchisi R_1 ulangan. Avtotransformator salt yurishida birlamchi kuchlanishning ikkilamchi kuchlanishiga nisbat uning transformatsiya koeffitsientiga yoki o'ramlarning w_1 va w_2 sonlarining nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad (4.17)$$

Avtotransformatoridagi elektr energiya isroflari bo'lgani uchun hisobga kichik olinmasa, u holda yuklangan avtotransformatorning birlamchi va ikkilamchi zanjirlaridagi quvvatlar bir-biriga teng bo'ladi deb hisoblash mumkin.

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

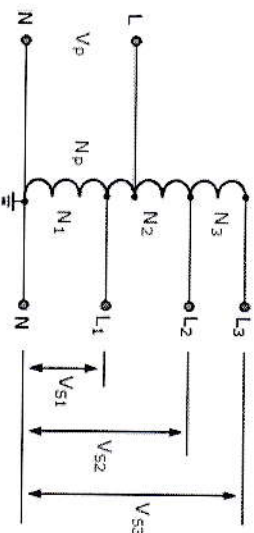
Istalgan paytda chulg'amning qismida bir-biriga qaramaqarshi toklar (I_1 va I_2) oqadi. Shuning uchun chulg'amning a-x qismidagi toklar I_1 va I_2 ayirmasiga teng: $I = I_1 - I_2$. Demak, chulg'amning umumiy a-x qismi ko'ndalang kesimi kichikroq bo'lgan sim bilan bajarishi mumkin. Moslab yasalganda avtotransformatorlar keng chegaralarda kuchlanishni ikkilamchi zanjirda bir tekis roslashga imkon beradi. 5.4-rasmda laboratoriya avtotransformatorlari LATR ko'rsatilgan.



4.12-rasm. Laboratoriya avtotransformatorning umumiy ko'rinishi.

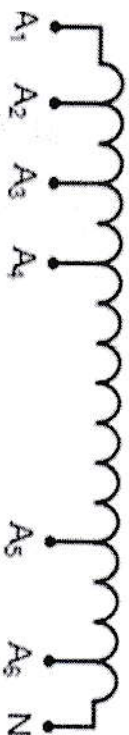
4.12-rasmdagi, 1-2 - rolkning tutqichi, 3-4 - chulg'am. Uning tutqich kontakti rolgi bo'lib, chulg'am o'ramlarning izolyasiyadan tozalangan tomonida hatto dumalash ham mumkin. Shu harakatlanayotgan kontakt yordamida ikkilamchi zanjirdagi kuchlanishni noldan 1,1 U_1 gacha roslash mumkin.

Avtotransformatorlarning o'rash bilan birga turli kuchlanish miqdorini taqdim qilish yoki ko'rsatilganidek, uning ta'minoti kuchlanish V_p (kiritchi kuchlanish) qiymatini oshirish uchun foydalanish mumkin. N , L_1 , L_2 , L_3 nuqtalari bilan avtotransformatorlarni har-xil qiymatlarga roslash mumkin (4.13-rasm).



4.13-rasm.

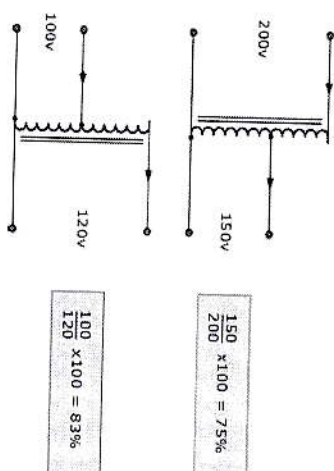
Avtotransformatordagi belgilash L_1 , L_2 , L_3 o'rtiga yuqori kuchlanish tomonida A, B, C harflar bilan belgilanishi mumkin. Umumiy olganda umumiy neytral simni N harf bilan belgilash qabul qilingan. 4.14-rasmida ko'p cho'ig'anni A_1 , A_2 , A_3 , ... A_n , belgilashli avtotransformator chizmasi keltirilgan.



4.14-rasm.

Ko'p cho'ig'anni avtotransformatordagi liniya kuchlanishini rostdash uchun ishlatiladi. Avtotransformatordagi rostdash cho'ig'anni asosiy cho'ig'anning bir qismi bo'lishi mumkin. Bunday o'rash sarlangan mis sim miqdorini bir qancha kamaytirish imkonini beradi, solishtirish orqali amalga oshiriladi. Misol uchun (5.15-rasm), ikki avtotransformatordagi yordamida mis tejash mumkin bo'ladi.

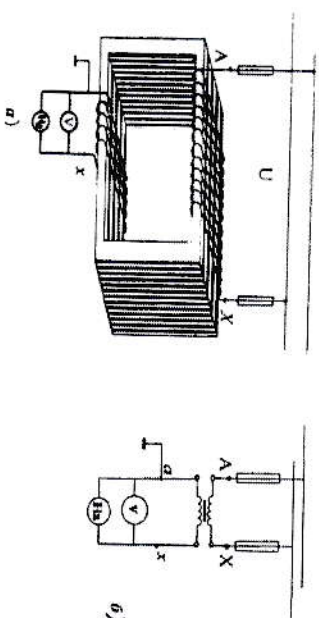
Yuqori kuchlanishli zanjirlarda o'lchash asboblari bilan ishlash xavfsizligi, shuningdek, bu asboblarning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun maxsus o'lchash transformatorlari ishlatiladi.



5.15-rasm.

4.6 - §. O'lchash transformatorlari

Kuchlanish transformatorining tuzilishi va ish prinsipi avval ko'rilgan bir fazali kuch transformatoriga o'xshaydi. Birlamchi cho'ig'anning o'rnatilgan soni ko'p bo'ladi va unga yuqori kuchlanish beriladi (4.16-rasm)



4.16-rasm. Kuchlanish transformatori.

a) ulash sxemasi, b) kuchlanishli transformatorning shartli belgisi. Ikki lamchi cho'ig'anning o'rnatilgan soni ozgina bo'ladi va unga yuqori ichki qarshilikli asboblardan (masalan, voltmeter, vattneter, schyotchiklarning kuchlanish g'alaktari).

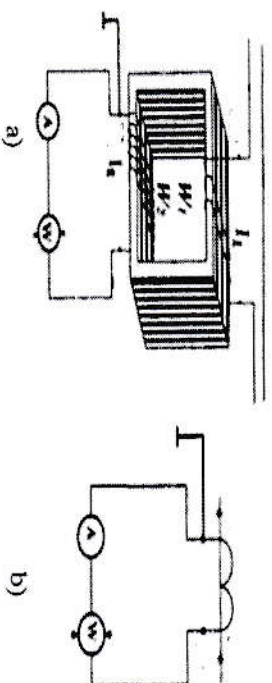
Shuning uchun ikkilamchi chulg'andan juda kichik tok o'tadi. Demak, kuchlanish transformatori oddiy kuch transformatori singari salt yurish rejimida ishlaydi. Kuchlanish transformatori yuqori kuchlanishni 100 V gacha kamaytirib beradi. Shuning uchun ikkilamchi chulg'amga 100 V li voltmetr ulanadi. U holda birlamchi kuchlanish:

K - transformatsiya ko'effitsienti.

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (4.18)$$

Kuchlanish transformatorlari bir fazali va uch fazali qilib ishlab chiqariladi. Bir fazali kuchlanish transformatorning ulash sxemasi 4.16.b - rasmda ko'rsatilgan.

Tok transformatorlari. Tok transformatorlari katta o'zgaruvchan toklarni o'lcashda qo'llaniladi. Ularning birlamchi chulg'ami ampermetr singari liniya kesimiga ulanadi va o'ranlar soni kam, ba'zida bir - ikki o'ran yoki qalin o'tkazgichning bir qismi bo'ladi. Ikkilamchi chulg'amda o'ranlar soni ko'p bo'ladi va u 5 amp erga (ba'zan 10 amp erga) mo'ljallangan bo'lib, vatmetrlar, ampermetrlar va boshqa asboblarning tok chulg'amiga parallel ulanadi (4.17 - rasm)



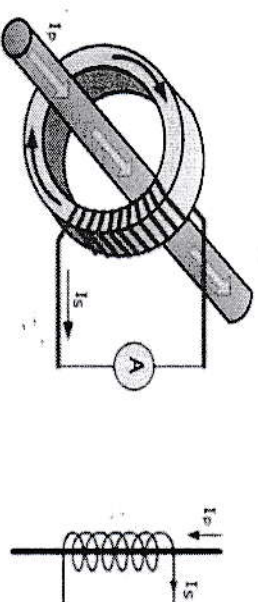
4.17-rasm. Tok transformatori: a) ulash sxemasi, b) to'kli transformatorning

shartli belgisi.

Agar ulovchi simlar va ulangan o'lcash asboblari chulg'amlarning qarshiligi transformator uchun yo'l qo'yilgan miqdordan yuqori bo'lmasa, K - const bo'ladi. Unda birlamchi chulg'amdagi tok:

$$I_1 = \frac{I_2}{K}$$

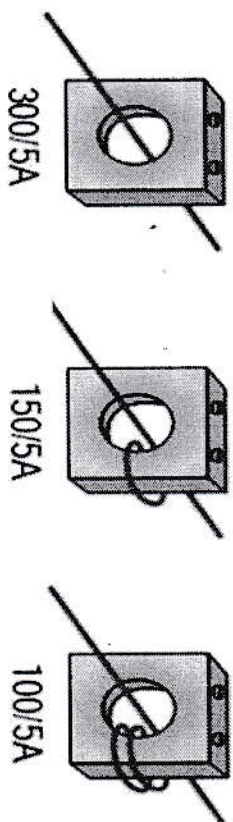
Birlamchi chulg'ami iste'molchiga ketma-ket ulangani uchun uning toki ikkilamchi chulg'amning tokiga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun zanjirning qarshiligi ortib, I_2 tok kamayganda Φ_2 kamayadi va natijada magnit oqimi Φ_m ortadi (5.18-rasm). Agar ikkilamchi zanjir uzilsa Φ_2 nolga aylanadi, Φ_m esa Φ_1 kattalikgacha yetadi. Transformatorning oqimi bilan birga ikkilamchi chulg'amning $E_2 E Y u K$ keskin ortib ketadi. Natijada transformator o'zagi o'ta qizib ketishi, chulg'am izolyatsiyasi teshilib, transformator bilan ishlayotgan kishilarga shikast yetkazish xavfi tug'yishi mumkin. Shuning uchun transformatorning birlamchi chulg'amidan tok o'tayotganda ikkilamchi chulg'ami uzish mumkin emas. Ikkilamchi chulg'am bu holda o'lcash asbobiga ulangan yoki qisqa ulashgan bo'lishi kerak.



4.18-rasm.

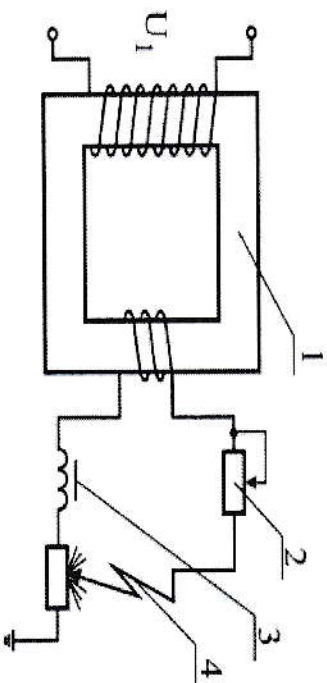
Misol uchun, aytaylik bir munosaballar bilan bir joriy transformator, 300/5A ko'rsatilgandek o'z ichki derazadan ikki yoki uch marta asosiy birlamchi o'tkazgichlaridan o'tib 150/5A yoki hatto 100/5 A bo'lib bir aylanada bo'lishi

munim. Bunday kichik transformatorlar katta tokli liniyalarida ishlatiladi. Amaldagi tok transformatorlaridir(4.19-rasm).



4.19-rasm.

Payvandlash transformatori. Payvandlash transformatori metall buyumlarni, konstruksiyalarni va hokazolarni eritib, o'zaro ulash uchun xizmat qiladi. 4.20-rasmda payvandlash transformatorining prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. U transformator 1, drossel 2, yakor 3, elektrod 4, payvandlanadigan buyum 5, drossel bilan yakor orasidagi tirqish 6 dan iborat. Payvand sifatli bo'lishi uchun elektr yoy barqaror yonishi kerak, buning uchun payvandlash jarayonida payvandlash toki qiymat jihatdan o'zgarishsiz bo'lishi lozim. Payvandlash toki drossel 2 bilan yakor 3 orasidagi tirqish 6 ni o'zgartirish orqali rostanadi. Tirqish ortganda drossel chulg'amining induktiv qarshiligi kamayib, payvandlash toki ko'payadi va aksincha.



5.20-rasm. Payvandlash transformatorining sxemasi

Qisqa tutashuv bo'lganda drossel elektr yoy va transformatorning tokini cheklaydi. Transformator salt ishlaganda $U_2 = 60 \div 70$ V, nominal yuklama bilan ishlaganda esa 30 V ni tashkil etadi.

IV. bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar

1. Uch fazali transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
2. Uch fazali transformatorlarning ulanish usullarni aytib bering?
3. Uch fazali avtotransformatorlarning vazifasi va ishlash prinsipini tushuntirib?
4. O'tchoy transformatorlarning vazifasi va ishlash prinsipini tushuntirib?
5. Avtotransformatorlarning vazifasi va ishlash prinsipini tushuntirib?
6. Payvandlash transformatorlarning vazifasi hamda ishlash prinsipini tushuntirib?
7. Transformatorlarning parallel ishlash sxemasini tavsiflab bering?

Test savollari.

1. Transformatorning ixtirochisi kim?
A) P.N. Yablochkov B) U. Gilbert C) F. Epinus D) Bio-Savar-Laplas
2. Tok kuchi va kuchlanishni o'zgartiruvchi asbob?
A) Transformator B) Ampermetr C) Voltmetr D) Multimetr
3. Transformatorlar bajaradigan vazifasiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?
A) barcha javoblar to'g'ri B) maxsus transformatorlar
C) o'tchoy transformatorlar D) avtotransformatorlar, katta quvvatli
4. Pasaytiruvchi transformatorlar uchun quyidagi tenglamaning qaysi o'rinli (W_1 o'tiruvchi soni)?
A) $W_1 > W_2$ va $k > 1$ B) $W_1 < W_2$ va $k < 1$
C) $W_1 = W_2$ va $k = 1$ D) Barcha javoblar to'g'ri

5. Yuksaltiruvchi (kuchaytiruvchi) transformatorlar uchun quyidagi tenglamaning qaysi o'rinini (W-o'ramlar soni)?

A) $w_1 < w_2$ W2 va $k < 1$ B) $w_1 > w_2$ va $k > 1$

C) $w_1 = w_2$ va $k = 1$ D) Barcha javoblar to'g'ri

6. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Yuklamasiz

B) Salt

C) Qisqa tutashuv

D) Yuklamalim rejim

7. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Yuklamalim rejim

B) Salt

C) Qisqa tutashuv

D) barcha javoblar to'g'ri

8. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Qisqa tutashuv

B) Salt

C) Yuklamalim rejim

D) Yuklamalim rejim

9. Transformatorning foydali ish ko'rsatishini qaysi ifoda bilan topiladi (P_2 - transformatorning chiqish tomonidagi foydali quvvati, P - kirishdagi quvvat)?

A) $\eta = \frac{P_2}{P}$ B) $\eta = \frac{P}{P_2}$ C) $\eta = \frac{P_2}{P_2 + P}$ D) Barcha javoblar to'g'ri

10. Transformatorning foydali ish ko'rsatishini uning qanday yuklanganligini ko'rsatuvchi, yuklanish ko'rsatishini qaysi ifoda bilan topiladi (I_2 - ikkinchi chulga'dagi tok kuchi, I_{2n} - ikkinchi chulga'dagi nominal tok kuchi).

A) $\beta = \frac{I_2}{I_{2n}}$ B) $\beta = \frac{I_{2n}}{I_2}$ C) $\beta > \frac{I_2}{I_{2n}}$ D) $\beta < \frac{I_2}{I_{2n}}$

11. Transformatorlarning foydali ish ko'rsatishini qancha?

A) $0,97 \pm 0,99$ B) $0,2 \pm 0,6$ C) $0,1 \pm 0,3$ D) $0,25 \pm 0,4$

12. Uch fazali transformatorlar tarmoqqa qanday ulish mumkin?

A) Barcha javoblar to'g'ri B) Yulduz

C) Uchburchak/ Yulduz, Yulduz/ Uchburchak D) Uchburchak

13. Rasmdagi transformator nomini toping?

A) Avtotransformator

B) Maxsus transformatorlar

C) O'lehov transformatorlari

D) katta quvvatli transformatorlari

14. Rasmdagi transformator nomini toping?

A) Kuchlanishni o'lehovchi transformatorlari

B) Maxsus transformatorlar

C) Avtotransformator

D) katta quvvatli transformatorlari

15. Rasmdagi transformator nomini toping?

A) Tok kuchini o'lehovchi transformatorlari

B) Maxsus transformatorlar

C) Avtotransformator

D) katta quvvatli transformatorlari

V. BOB. ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI VA ELEKTR

O'LCHASHLAR

5.1-§. O'Ichash xatoliklari va aniqlik sinfi

O'Ichash natijasida, odatda, o'Ichamayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladigan qiymati topiladi. Ko'pincha, fizik va elektrotexnik kattalikning haqiqiy qiymati noma'lum bo'ladi va shu kattalikning qiymati o'rinda uning tajriba yordamida topilgan qiymatlaridan foydalaniladi, bu qiymat kattalikning haqiqiy qiymatiga shuncha yaqin bo'ladiki ko'zda tutilgan maqsad uchun undan foydalanish mumkin. Kattalikning o'Ichash usuli bilan topilgan qiymati o'Ichash natijasi deyiladi. O'Ichash natijasi bilan o'Ichamayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq o'Ichash xatoligi deyiladi. O'Ichamayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o'Ichash xatoligi o'Ichashning mutloq xatoligi deyiladi. O'Ichash mutloq xatoligining o'Ichamayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati o'Ichashning nisbiy xatoligi deyiladi. O'Ichash xatoliklari ularning kelib chiqishi sabablariga ko'ra muntazam, tasodifiy va qo'pol xatoliklarga bo'linadi.

Muntazam xatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'Ichaganda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'Ichash xatoligi tushuniadi. Ular aniq qiymat va ishoraga ega bo'ladi, ularni tuzatmalar kiritish bilan yo'qotish mumkin. Kattalikni o'Ichash natijasida olgan qiymatga muntazam xatolikni yo'qotish maqsadida qo'shiladigan qiymat tuzatma deb ataladi. Odatda, muntazam xatoliklar instrumental (o'Ichash asboblari), o'Ichash usullari, sub'ektiv (noaniq o'qish), o'rnatish, uslubiy xatoliklarga bo'linadi.

Instrumental xatolik deyilganda, qo'llanayotgan o'Ichov asboblari xatoliklariga bog'liq bo'lgan o'Ichash xatoliklari tushuniadi. Yuqori aniqlikda o'Ichaydigan asboblari qo'llanganda o'Ichov asboblarning takomillashmagan natijasida kelib chiqadigan instrumental xatoliklar tuzatma kiritish usuli bilan yo'qotiladi. Texnik

o'Ichov asboblarning instrumental xatoliklarini yo'qotib bo'lmaydi, chunki bu asboblarni tekshirilganda tuzatmalar bilan ta'minlanmaydi.

O'Ichash usuli xatoligideyilganda, usulning takomillashmaganligi natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniadi. O'Ichash usuli xatoligi o'Ichov vositasi, xususan, o'Ichash qurilmasi, ba'zida esa, o'Ichash natijasi xatoliklarini baholashda e'tiborga olinishi lozim.

Sub'ektiv xatoliklar kuzatuvchining shaxsiy xususiyatlaridan masalan, biror signal berilgan paytni qayd qilishda kechikish yoki shoshilishdan, shkala bir bo'limi chegarasida ko'rsatuvni noto'g'ri yozib olishdan, parallaksdan va hokazodan kelib chiqadi. Parallaksdan hosil bo'lgan xatolik deyilganda, sanash xatoligiga kiradigan, shkala sirtidan biror masofada joylashgan strekka shu sirtga perpendikulyar bo'lmagan yo'nalishda vizirlash (belgilash) natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniadi.

O'rnatish xatoligi o'Ichov asbobi strekasining shkala boshlang'ich belgisiga noto'g'ri o'rnatilishi natijasida yoki o'Ichash vositasini e'tiborsizlik bilan, masalan, vertikal yoki gorizontal bo'yicha o'rnatilmasligi natijasida kelib chiqadi.

O'Ichash uslubiy xatoliklar kattaliklarni (bosim harorat va boshqalarni) o'Ichash uslubiy bilan bog'liq bo'lgan va qo'llanayotgan o'Ichash asboblari bog'liq bo'lmagan xatoliklaridan iborat. O'Ichashlarni, ayniqsa, aniq o'Ichashlarni bajarishda o'Ichash natijasini muntazam xatoliklar anchagina buzishi mumkin. Shuning uchun, o'Ichashlarni bajarishga kirishishdan avval bu xatoliklarning barcha manbalarini aniqlash va ularni yo'qotish choralarini ko'rish zarur. Ammo muntazam xatoliklarni topish va yo'qotish uchun uzli-kesil qoidalar berish amalda mumkin emas, chunki turli kattaliklarni o'Ichash usullari g'oyatda turli-tumandir.

Tasodifiy xatolik deyilganda, faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'Ichash mobaynida tasodifiy o'zgaruvchi o'Ichash xatoligi tushuniadi. Tasodifiy xatolikning borligini faqat bitta kattalikni bir xil sinchkovlik bilan qayta-qayta o'Ichangandagina sezish mumkin. Agar xar bir o'Ichash natijasi boshqalardan farq qilsa, u holda

tasodifiy xatolik mavjud bo'ladi. Shu xatoliklarni baholash ehtimollar nazariyasi va matematik statistika nazariyasiga asoslangan bo'lib, ular o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish darajasini baholash usullarini, xatolikning ehtimoliy chegarasini baholash imkonini beradi, ya'ni natijani aniqlash, boshqacha aytganda, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga anchagina yaqin qiymatini topish va kuzatish natijasini topish imkonini beradi.

O'lchashning qo'pol xatoligi deyilganda, berilgan shartlar bajarilganda yuz beradigan, kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o'lchash xatoligi tushuniladi.

O'lchashdan ko'zda tutilgan maqsad va o'lchash aniqligiga qo'yiladigan talablarga qarab o'lchashlar aniq (laboratoriya) va texnik o'lchashlarga bo'linadi. O'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatiga yaqinligini ifodalovchi o'lchash sifati o'lchash aniqligi deb ataladi. Aniqlikni oshirishga intilib, biz o'lchash xatoligini kamaytirishimiz lozim. Ammo aniqlikni oshirish usullari, ko'pincha, murakkab bo'ladi va qimmat turadi. Shuning uchun, avval o'lchashning aniq shart-sharoitlari va maqsadlarga bog'liq bo'lgan maqbul aniqlikni baholab olish va zarur bo'lsa, so'ngra aniqlikni oshirish choralarini ko'rish lozim. O'lchashni bajaruvchi asboblarning ko'rsatishi o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Shuning uchun, o'lchov asbobining ko'rsatishi va haqiqiy ko'rsatishi degan tushunchalar mavjud.

Kattalikning sanoqqa ko'ra topilgan qiymati o'lchov asbobining ko'rsatishi deyiladi. Bu kattalikning namuna asboblari orqali aniqlangan ko'rsatishi haqiqiy ko'rsatishi deyiladi. Asbobning ko'rsatishi va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq o'lchov asbobining xatosi deyiladi. Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash mumkin bo'lmagani sababli, o'lchov texnikasida namuna asbobning ko'rsatishi shu kattalikning haqiqiy qiymati deb qabul qilinadi.

Agar X_s bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymatni, X_x bilan haqiqiy qiymatni belgilasak, quyidagi ifodadan $\square X$ mutloq xatolikni topamiz:

$$\square X = X_k - X_x \quad (5.1)$$

O'lchov asbobining mutloq xatoligi deb, shu asbobning ko'rsatishi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati oradagi farqqa aytiladi. Bu yerda, xatoliklar musbat yoki manfiy ishorasi bilan kattalikning birliklarida ifodalanadi. Mutloq xatolik kattaligining haqiqiy qiymatiga nisbati nisbiy xatolik deb ataladi (5.2). Nisbiy xatolik orqali o'lchashning aniqlik darajasini ifodalash juda qulay.

$$b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\% = \pm \frac{X_k - X_x}{X_x} \cdot 100\% \quad (5.2)$$

Oddada, haqiqiy qiymat $\rightarrow X_k$ va topilgan qiymatlar X_x ga nisbatan $\square X$ juda kichik bo'ladi, ya'ni $\square X \leq X_k$ va $\square X \leq X_x$

Shuning uchun, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\% \approx \pm \frac{\square X}{X_k} \cdot 100\% \quad (5.3)$$

Shunday qilib, nisbiy xatolikni hisoblashda mutloq xatolikning asbobning ko'rsatishiga nisbatini olish mumkin. Nisbiy xatolik % larda ifodalanadi. Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash uchun o'lchov asbobining ko'rsatishiga tuzatish kiritiladi. Uning son qiymati teskari ishora bilan olingan mutloq qiymatga teng:

$$T = X_x - X_q \text{ yoki } T = -\square X \quad (5.4)$$

bu yerda, T — tuzatma.

Asbobning xatoligi shkala diapazonining foizlarida ifodalanadi. Bunday xatoliklar keltirilgan xatolik deyiladi va mutloq xatolikning asbob o'lchash chegarasiga nisbatiga teng (5.5), ya'ni

$$j = \frac{\square X}{N} \quad (5.5)$$

bu yerda, N — asbobning o'lchash chegarasi.

O'lash aniq bo'lishi uchun xatosi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish lozim. Ammo xatosiz asboblari tayyorlash mumkin emas. O'lash asbobi uchun texnik sharoitlar imkon bergan, maxsus yaratilgan normal ish sharoitida yo'l qo'yilgan xato asosiy xatolik deyiladi. Atmosferaning normal holati deb 20°C harorat va 101325 N/m² (760 mm. sim. ust) atmosfera bosimi qabul qilingan. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqqan xatolikqo'shimcha xatoliktir. O'lov asboblarning sifati ularning xatoliklaridan tashqari asboblari variatsiyasi, sezgirligi va sezgirlilik chegarasi bilan harakterlanadi.

Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq o'lov asbobining variatsiyasi deyiladi. Variatsiya o'lovayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asla-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Variatsiya o'lov asbobining mexanizmi, oraliqlari, gisticrzi va boshqa qismlardagi ishqalanishi sababli kelib chiqadi. Variatsiya (V) o'lov asbobi shkalasi maksimal qiymatining foizi hisobida ifodalanib, asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik qiymatidan oshib ketmasligi lozim(5.6):

$$V = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \quad (5.6)$$

bu yerda, ΔN — asbob ko'rsatishidagi eng katta farq; $N_{\max}$ va $N_{\min}$ — asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlari. Asbob ko'rsatishining aniqligiga uning sezgirligi ham katta ta'sir qiladi. Asbob strekasi chiziqi yoki burchak siljishining u siljishni xosil qilgan fizik kattalik o'zgarishiga nisbati asbobning sezgirligi deyiladi (5.7):

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} \quad (5.7)$$

bu yerda, S - asbobning sezgirligi; Δn — strekka siljishining o'zgarishi; ΔQ - o'lovayotgan kattalikning o'zgarishi.

Sezgirligi yuqori bo'lgan asboblari asosan aniq o'lashlar uchun ishlatiladi. O'lovayotgan kattalik qiymatining asbob ko'rsatishiga ta'sir qila oladigan eng kichik o'zgarishi sezgirlilik chegarasi deyiladi. Shkala va strekaga ega bo'lgan asboblari uchun asbobning sezgirligiga teskari bo'lgan kattalik shkala bo'linmasi qiymati deyiladi (5.8):

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n} \quad (5.8)$$

bu yerda, C -shkala bo'linmasining qiymati.

Ikkita yonma-yon belgi (shtrix yoki nuqtalar) orasidagi farq-shkala bo'linmasi deyiladi. Shkala bo'linmasining qiymati strekani bir bo'linmaga siljigan kattalik qiymatining o'zgarishini harakterlaydi. Ba'zan kattalikning xaqiqiy qiymatini topish uchun asbob ko'rsatishini tuzatish koefitsienti K ga ko'paytiriladi (5.9):

$$X_x = kX_k \quad (5.9)$$

O'lov asbobi ko'rsatishining kechikishi uning inertsiyasini, ya'ni kattalik o'zgarigan vaqtdan asbob ko'rsatishining siljishigacha o'lgan vaqtni harakterlaydi. Asbob ko'rsatishining kechikishi qancha kam bo'lsa, asbobning sifati shuncha yuqori bo'ladi. O'lovash vositalarining umumlashgan harakteristikasi asosiy va qo'shimcha xatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan, shuningdek, o'lovash vositalari aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa parametrlar bilan ifodalanadigan aniqlik sinfidan iborat, parametrlarning qiymati o'lovash vositalarining ayrim turlari uchun standartlarda belgilangan. O'lovash vositalarining aniqlik sinfi ularning aniqlik xossalari harakterlaydi, ammo ular shu vositalar yordamida olib borilgan o'lovashlarning bevosita ko'rsatkichi bo'la olmaydi. Chunki aniqlik o'lovash usullariga hamda o'lovash o'lkazilayotgan sharoitiga ham bog'liq. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklari chegaralari keltirilgan (nisbiy) xatoliklari ko'rinishida berilgan o'lovash asboblari uchun quyidagi sonlar qatoridan olingan aniqlik sinfi beriladi: (1, 1.5; 2.0; 2.5; 3; 4; 5; 6) 10ⁿ, bu yerda, $n = 1, 0; -1; -2$ va hokazo.

O'lash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan xatolikka teng (5.10):

$$j = \frac{\overline{X}_{\max}}{N} \cdot 100\% = \frac{\overline{X}_{\max} - \overline{X}_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (5.10)$$

O'lash vositalarining xatoliklari statistik va dinamik xatoliklarga bo'linadi. Statistik hatolik o'zgarmas kattaliklarni o'lash uchun foydalaniladigan o'lash vositasi xatoligidir. Agar o'lanayotgan kattalik vaqtning funksiyasi bo'lsa, vositalarni dinamik xatoligi deb ataladigan umumiy xatolikning tashkil etuvchisi xosil bo'ladi. Dinamik rejimda umumiy xatolik statistik va dinamik xatoliklar yig'indisiga teng. Ikki yoki undan ortiq o'lov vositalariga ega bo'lgan o'lash tizimidan foydalanganda tizimning mulloq xatoligi

$$\overline{X}_{\text{iz}} = \pm \sqrt{\overline{X}_1^2 + \overline{X}_2^2 + \dots + \overline{X}_n^2} \quad (5.11)$$

ifoda bilan aniqlanadi (5.11), bu yerda, $\overline{X}_1, \overline{X}_2, \dots, \overline{X}_n$ — tizimning 1-, 2-, ..., n o'lov vositasi. Tizimning nisbiy (5.12) va keltirilgan (5.13) xatoligi shunga o'xshash aniqlanadi.

$$\overline{b}_{\text{iz}} = \pm \sqrt{\overline{b}_1^2 + \overline{b}_2^2 + \dots + \overline{b}_n^2} \quad (5.12)$$

$$\overline{j}_{\text{iz}} = \pm \sqrt{\overline{j}_1^2 + \overline{j}_2^2 + \dots + \overline{j}_n^2} \quad (5.13)$$

5.2 - §. Elektr o'lashlar

O'lash texnikasi xalq xo'jaligining hamma tarmoqlarida fan va texnika taraqqiyotini ilgari suruvchi muhim omildardan biri bo'lib hisoblanadi. Tabiatdagi narsa va hodisalarni o'zaro taqqoslamay turib, ularni ilmiy jihatdan asoslab bo'lmaydi. Bunda o'lash texnikasining bir tarmog'i bo'lgan elektr o'lash texnikasi katta ahamiyatga ega. Elektr o'lash texnikasi yordamida amalda ma'lum bo'lgan barcha fizik miqdorlar, ya'ni elektrik va noelektrik miqdorlarni, o'zgarmas va

vaqt bo'yicha o'zgaruvchan miqdorlarni keng ko'lamda va uzoq masofadan o'lash mumkin. Shuning uchun ham elektr o'lash usullari xilma-xildir. Elektr o'lash usullariga bevosita baholash usuli va taqqoslash usullari kiradi.

Agar o'lanadigan kattalikning qiymati oldindan darajalab qo'yilgan o'lash asbobining hisoblash qurilmasidan bevosita olingan bo'lsa, bunday o'lash bevosita baholash usuli deyiladi. Masalan, tok kuchini o'lash ampermetr bilan, kuchlanishni o'lash voltmeter bilan, quvvatni o'lash vatmetr bilan olib boriladi va hokazo.

Agar o'lanadigan kattalikning qiymati o'lov namunasi bilan solishtirib aniqlansa, bunday o'lash usuli taqqoslash usuli deyiladi. Taqqoslash usuli o'z navbatida nol differensial, almashtirish va ustma-ust tushirish usullariga bo'linadi. Taqqoslash usuliga ko'priksimon zanjirlardagi qarshilik, sig'im va induktivliklarni yoki potensiometrardagi kuchlanish va EYuK larni o'lash usullari misol bo'la oladi. Amalda taqqoslash usullaridan nol va differensial usullari eng ko'p qo'llanadi. Nol usulda o'lanayotgan kattalikning qiymati namuna o'lov bilan solishtirishda hosil bo'lgan farq nolga yaqinlashguncha o'zgartirib boriladi. Bunga potensiometrda kuchlanishni, muvozanat ko'priksimon zanjirlarda qarshilikni o'lashlar misol bo'la oladi. Solishtirish farqi solishtirish asbobida yoki nol indikatorida kuzatiladi. Nol o'lash usulig juda aniq o'lash usulidir, chunki bunday o'lashlar yuqori aniqlikni namuna o'lov va sezgirligi yuqori taqqoslash asboblarda qo'llaniladi, masalan galvanometrida ishlatiladi.

Differensial usulda o'lanayotgan kattalikning qiymati namuna o'lov bilan taqqoslanadi va hosil bo'lgan farq oddiy elektr o'lash asbobi bilan o'lanadi. Differensial usul bir-biridan kam farq qilgan ikkita miqdorni taqqoslash va o'lash uchun ishlatiladi. Shuning uchun ham bu usulning o'lash aniqligi yuqoridir. Masalan, ikki miqdorning farqi 1% ga teng bo'lib, bu farq 1,5% xatolik bilan o'lanansa, u holda o'lanadigan miqdor 0,015% xatolik bilan o'lanadi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan usullarning qaysi biridan foydalanmaylik, o'lash natijasini to'g'ridan-to'g'ri yoki bilvosita olish mumkin.

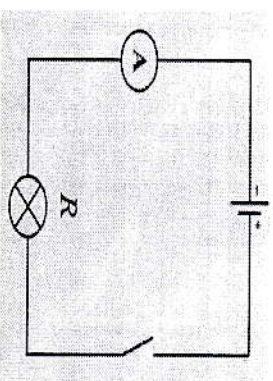
To'g'ridan-to'g'ri o'lash-bu o'lanuvchi miqdorni to'g'ridan to'g'ri tajribadan, ya'ni bevosita o'lash asbobining ko'rsatishidan olishdir. Masalan, kuchlanishni voltmeterda, quvvatni vatmeterda o'lash va hokazo.

Bilvosita o'lash-bu aniqlanishi lozim bo'lgan miqdorni shu miqdorni va bevosita o'lash mumkin bo'lgan boshqa miqdorlarni o'zaro bog'lovchi ma'lum ifodadan topishdir. Masalan, kuchlanishni voltmeter yordamida va tokni ampermetr yordamida o'lash, qarshilikni topishdir. Ba'zi hollarda, ayniqsa, ilmiy tekshirish ishlarida o'lash natijasi o'lanuvchi miqdor bilan tenglamalar orqali bog'langan bir qancha miqdorlarni to'g'ridan-to'g'ri yoki bilvosita o'lash, so'ngra tenglamalarni yechish orqali topiladi va bunday o'lash birgalikdagi o'lash deb ataladi. Bunga materiallar qarshiliklarining temperatura koeffitsientini topish misol bo'ladi.

Tok kuchi va kuchlanishni bevosita o'lash. Tok kuchi va kuchlanishni bevosita o'lash uchun ampermetr va voltmeterlardan foydalaniladi. Ampermetr va voltmeterlar magnitoelektrik (faqat o'zgarmas tok zanjiri uchun); elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik (o'zgarmas va o'zgaruvchan tok uchun); induksion, to'g'riqlichli (o'zgaruvchan tok uchun) va boshqa sistemalarda bo'lishi mumkin.

Tokni o'lash uchun zanjirni qulay joyini uzib, ampermetrni iste'molchilari qarshiligi bilan ketma-ket ulash kerak (5.1-rasm). Ampermetrni ulashdan oldin o'lanayotgan tokning turini va taxminiy qiymatini bilish kerak. O'zgarmas tokni o'lash uchun induksion sistemadan boshqa barcha sistemadagi ampermetrlardan foydalanish mumkin, ammo amalda magnitoelektrik ampermetrlar ishlatiladi. Chunki ular juda aniq va yuqori sezgirlikka egadir. O'zgaruvchan miqdorlarni o'lashda asbob shkalasidagi chastota o'zgaruvchan tok chastotasiga teng yoki katta bo'lishiga e'tibor berish kerak, aks holda katta xatolik paydo bo'ladi.

Asbobning o'lash chegarasini tanlashda quyidagi oddiy qoidaga rioya qilish kerak, ya'ni o'lash chegarasi o'lanishi kerak bo'lgan miqdordan taxminan 25-30% katta qilib olinadi. Chunki asbobning ikkinchi yarmida nisbiy o'lash xatoligi birinchi yarmidagiga nisbatan kamdir.



5.1-rasm.

Tekshirilayotgan elektr zanjiriga ulanuvchi asbob uning parametrlarini mumkin qadar kam o'zgartirishi lozim. Shu sababli ampermetrning qarshiligi nolga teng bo'lishi kerak. Bu holda tokni o'lash uchun zanjir qarshiligini o'zgartirmaydi.

Amalda bu shartni bajarish mumkin bo'lmaydi, shuning uchun ichki qarshiligi eng kichik bo'lgan ampermetrdan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Ammo kichik tok (milli va mikroamper) larni o'lashda ichki qarshiligi bir necha o'n va yuz Om bo'lgan milli va mikroampermetrlarni ulashga to'g'ri keladi.

Zanjirga ampermetr ulaganda, uning qarshiligi o'zgaradi, natijada zanjirdagi tok ham o'zgaradi. Agar zanjir qarshiligi R bo'lib, unga berilgan kuchlanish U bo'lsa, zanjirdagi tok (ampermetr ulanmasdan oldin) $I = \frac{U}{R}$ bo'ladi. Zanjirga ampermetr ulangandan so'ng, zanjirning umumiy qarshiligi ampermetr qarshiligi R_A miqdoriga ortadi. Natijada ampermetr ulangandan keyingi tok, ya'ni ampermetr o'lagan tok (5.1-rasm) quyidagiga teng bo'ladi (5.14):

$$I_2 = \frac{U}{R_A + R} \quad (5.14)$$

Shuning uchun tokni o'lchash usulining nisbiy xatoligi:

$$\beta = \frac{\Delta I}{I_1} = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \quad (5.15)$$

Tok kuchlarining qiymatini qo'yib, o'lchash xatoligini hosil qilamiz:

$$\beta = \frac{\Delta I}{I_1} = \frac{R_A}{R_A + R} \quad (5.16)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, ampermetr qarshiligi R_A qancha kichik bo'lsa yoki zanjir qarshiligi R qancha katta bo'lsa, o'lchash xatoligi shuncha kichik bo'ladi.

O'zgarmas tok magnitoelektrik ampermetrlar bilan, o'zgaruvchan tok elektromagnit, elektrodinamik ampermetrlar va to'g'riqliqlikli milliampermetrlar bilan o'lchanadi.

To'g'riqliqlikli milliampermetrlar maxsus chastota xatoligini yo'q qiluvchi qurilma qo'llanganda 20 kHz chastotali o'zgaruvchan tok zanjiridagi kichik o'zgaruvchan tokni o'lchashda ham qo'llanadi (S28, S29 mikroampermetrlar, S55, S56, S57 turdagi ampervolmetrlar). Tok kuchini yuqori aniqlik bilan o'lchashda taqqoslash usulidan foydalaniladi.

Ampermetrlarning o'lchash chegarasini oshirish uchun o'zgarmas tok zanjirida shuntlar, o'zgaruvchan tok zanjirida esa o'lchash tok transformatorlari ishlatiladi.

O'zgaras tok zanjirlarida kuchlanishni o'lchash uchun, odatda, yuqori aniqlikdagi magnitoelektrik mexanizmlı volmetrlar ishlatiladi. Shu bilan birga, o'zgaras tok zanjirlaridagi kuchlanishni o'lchash uchun elektromagnit, elektrodinamik, aylanirigich va issiqlik sistemasidagi volmetrlardan ham foydalansa bo'ladi, ammo bunda o'lchash aniqligi nisbatan pastroq bo'ladi.

O'zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanishni o'lchash uchun magnito-elektrik sistemadan boshqa barcha sistemadagi volmetrlardan foydalansa bo'ladi. Bularda albatta, volmetr chastotasiga katta ahamiyat berish kerak, aks holda chastota bo'yicha qo'shimcha o'lchash xatoligi vujudga kelishi mumkin. Yuqori chastotalı

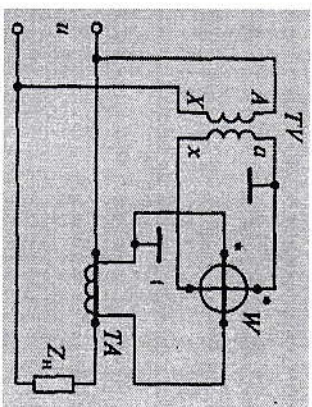
o'zgaruvchan tok kuchlanishi issiqlik, aylanirigichli sistemalardagi volmetrlar va elektron volmetrlar yordamida o'lchanadi. Kichik o'zgaruvchan kuchlanishlar (milli va mikrovoltlar), to'g'riqliqlikli va elektron millıvolmetrlar yordamida o'lchanadi. Voltmetr zanjiriga ulanishi bilan zanjirning qarshiligini o'zgartirib, o'lchash usulidagi xatolikni hosil qiladi. O'lchash usulidagi xatolikning nolga teng yoki juda kichik (asbobning xatoligidan 5-10 marta kichik) bo'lishi uchun volmetr qarshiligi cheksiz yoki juda katta (bir necha o'n, yuz kiloom) bo'lishi kerak. Voltmetrlarnı o'lchash chegarasini oshirish uchun o'zgaras tok zanjirida qo'shimcha qarshilik, o'zgaruvchan tok zanjirida esa kuchlanish o'lchash transformatori ishlatiladi. O'lchash chegarasi 600 V bo'lgan o'zgaruvchan tok volmetrlarida ham qo'shimcha ichki qarshılıkdan foydalaniladi.

5.3-§. Quvvat va elektr energiyani o'lchash

O'zgaras tok zanjirlarida quvvatni ampermetr va volmetr yordamida o'lchash mumkin. Buning uchun bir vaqtda ikki asbobning ko'rsatishini yozib olish va so'ngra o'lchangan tok va kuchlanish qiymatlari o'zaro ko'paytiriladi. Bu holda o'lchash aniqligi ancha past bo'ladi, shuning uchun o'zgaras tok quvvatini o'lchash uchun amalda elektrodinamik vatmetr ishlatiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirida quvvatni ampermetr va volmetr bilan o'lchab bo'lmaydi, chunki o'zgaruvchan tok zanjirining quvvati tok va kuchlanishdan tashqari quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ga ham bog'liqdir. Demak, o'zgaruvchan tok quvvatini ampermetr, volmetr va fazometr bilan o'lchash mumkin, degan xulosa chiqadi. Ammo bunday o'lchash ancha noqulaydir, chunki bir vaqtning o'zida uchta asbobning ko'rsatishini yozib olish ancha qiyin, ikkinchi tomondan quvvatni o'lchashdagi xatolik uchta asbob ayrim xatoliklariga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun o'zgaruvchan tok zanjirlaridagi quvvat elektrodinamik va ferrodinamik vatmetrlar bilan o'lchanadi.

Elektrodinamik vattmetrlarning aniqligi ferodinamik vattmetrnikiga nisbatan yuqori bo'lganligi uchun ularni yuqori aniqlik bilan o'lchash kerak bo'lganda hamda yuqori chastotali (2000 Hz gacha) o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi. Yuqori chastotali quvvatlarni o'lchashda termoelektrik va elektron vattmetrlardan ham foydalanish mumkin.

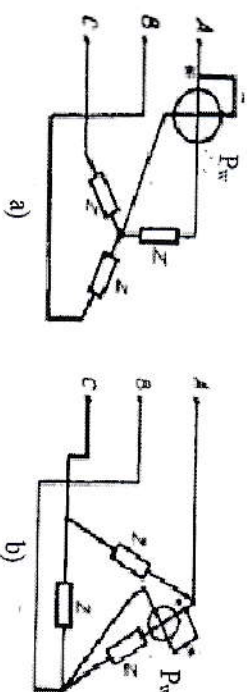


5.2-rasm. Bir fazali tokning quvvatini ferrodinamik vattmetr yordamida o'lchash.

Uch fazali tok zanjiridagi aktiv quvvatni o'lchash uchun bitta, ikkita va uchta vattmetr usullaridan foydalaniladi.

Uch simli simmetrik zanjirning aktiv quvvatini bitta vattmetr usulida

o'lchash. Simmetrik sistemalarda uch fazali quvvatni o'lchash uchun bitta vattmetrdan foydalansa bo'ladi, chunki bunda iste'molchilarning toki, kuchlanishi, faza siljishi va har bir fazadagi aktiv quvvat bir xil bo'ladi. Iste'molchilarning aktiv quvvatini o'lchash uchun vattmetrni ulash sxemasi 5.3.a-rasmda keltirilgan. Rasmda vattmetr chulg'amlarining bosh uchlari yulduzcha bilan belgilangan. 5.3.b-rasmda aktiv quvvatni o'lchash uchun sun'iy neytral nuqta orqali ulash sxemasi keltirilgan. Chunki ko'pgina hollarda neytral nuqtaga ulash va uchburchakni uzish mumkin bo'lmay qoladi.



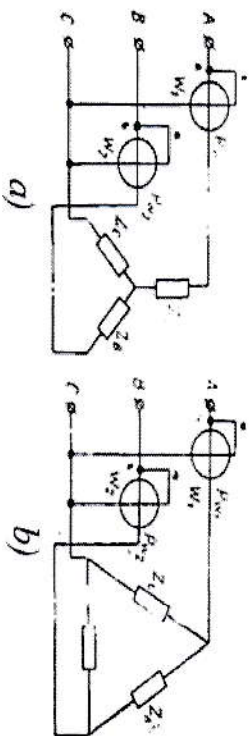
5.3.a.b-rasm. Uch fazali yulduz va uchburchak usulida ulangan toklarni quvvatni o'lchash.

Qarshilik R_2 va R_3 lar vattmetrdagi kuchlanish cho'lg'amining qarshiligi R_2 ga teng bo'lishi $R_2 = R_3 = R_w$ shart. Uch fazali sistemaning aktiv quvvatini aniqlash uchun to'rtala sxemada ham vattmetr ko'rsatgan quvvat P_w ni uchga ko'paytirish kerak (5.3.a.b-rasm):

$$P = 3P_w \quad (5.17)$$

Uch simli nosimmetrik zanjirning aktiv quvvatini ikkita vattmetr usulida

o'lchash. Uch fazali nosimmetrik zanjirda har bir fazadagi tok, faza siljishi va aktiv quvvat turlicha bo'ladi. Hatto faza va liniya kuchlanishlari ham har xil bo'lishi mumkin. Bunday zanjirning quvvatini ikkita vattmetr usulida o'lchash mumkin. Ikkita vattmetrni uch simli zanjirga ulash sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan. Sxemadan ko'rinadiki, vattmetrlardagi kuchlanish chulg'amlarining bosh uchlari tok chulg'ami ulangan fazalarga ulanadi. Faqat shundaygina uch fazali tok



5.4-rasm

zanjirining quvvati ikkita vattmetr ko'rsatishi P_{w1} va P_{w2} larning algebratik yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$P = P_{w1} + P_{w2} \quad (5.18)$$

Bu ifodaning to'g'riligini quyidagicha isbotlash mumkin. Uch fazali iste'molchilarning oniy quvvati quyidagicha topiladi (5.19).

$$P = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C \quad (5.19)$$

Agar iste'molchilar Yulduz shaklida (5.4.a-rasm) ulangan bo'lsa,

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

bunda

$$i_C = -i_A - i_B \quad (5.20)$$

(5.19) ifodani uch fazali sistema oniy quvvatining ifodasi (5.20) ga qo'yib, quyidagi ko'rinishni hosil qilamiz:

$$P = u_A i_A + u_B i_B + u_C (-i_A - i_B)$$

Shunday qilib, uch fazali uch simli sistemaning oniy quvvatini ikkita yig'indi shakliga keltirish mumkin. Bu esa ikkita vattmetr yordamida uch fazali sistema quvvatini o'lchash imkonini beradi. Oniy quvvatdan o'racha, ya'ni aktiv quvvatga o'tsak, uch fazali sistemaning quvvati quyidagicha bo'ladi:

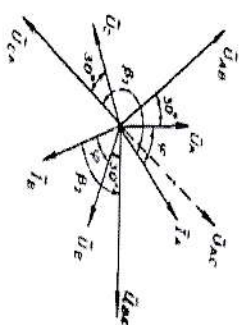
$$P = U_{AC} I_A \cos(\bar{I}_A \bar{U}_{AC}) + U_{BC} I_B \cos(\bar{I}_B \bar{U}_{BC}) \quad (5.21)$$

Demak, ikkita vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebratik yig'indisi uch fazali zanjirning aktiv quvvatiga teng bo'ladi:

$$P = P_{w1} + P_{w2}$$

Chunki, vattmetr w_1 , ko'rsatgan quvvat $P_{w1} = U_{AC} I_A \cos(\bar{I}_A \bar{U}_{AC})$

ga vattmetr ko'rsatgan quvvat esa $P_{w2} = U_{BC} I_B \cos(\bar{I}_B \bar{U}_{BC})$ ga teng bo'ladi.



5.5-rasm

Xuddi shunday natijaga iste'molchilar uchburchak shaklida ulanganda va vattmetrlar B, C hamda A, C fazalarga ulanganda ham kelish mumkin. Simmetrik magruzkali iste'molchilar yulduz shaklida ulangandagi tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi 5.5-rasmda keltirilgan. Bunda barcha liniya toki va kuchlanishlari miqdor jihatdan teng bo'lib, $\bar{I}_A$ va $\bar{U}_{AC}$ vektorlar orasidagi burchak $\beta_1 = (\varphi - 30^\circ)$ ga, $\bar{I}_B$ va $\bar{U}_{BC}$ vektorlar orasidagi burchak $\beta_2 = (\varphi - 30^\circ)$ ga teng bo'ladi. Shuning uchun (5.22) formulani quyidagicha yozamiz

$$P = U_{I1} \cos \beta_1 + U_{I1} \cos \beta_2 = U_{I1} \cos(\varphi - 30^\circ) + U_{I1} \cos(\varphi + 30^\circ) = U_{I1} 2 \cos 30^\circ \cos \varphi = \sqrt{3} U_{I1} \cos \varphi \quad (5.22)$$

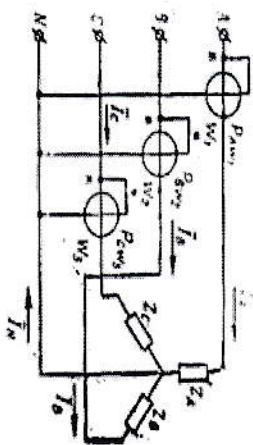
(5.22) ifodaga asosan har bir vattmetrning ko'rsatishi faza siljishi qiymati va informatsiya qarab ma'nfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Masalan, $\varphi > 60^\circ$ bo'lganda birinchi vattmetrning ko'rsatishi ma'nfiy, ikkinchisinki esa musbatlarda $\varphi < 60^\circ$ da aksincha bo'ladi. Bunday hollarda vattmetrning kuchlanish chulg'amidagi tokning

yo'nalishi o'zgartiriladi va iste'molchining aktiv quvvati vattmetrlar ko'rsatishining ayirmasi sifatida aniqlanadi. Agar $\varphi = 0^\circ$ bo'lsa, iste'molchining aktiv quvvati ikkala vattmetr ko'rsatishlarining ayirmasi sifatida aniqlanadi. Agar $\varphi = 60^\circ$ bo'lsa, ikkala vattmetrning ko'rsatishi bir xil bo'ladi, ya'ni:

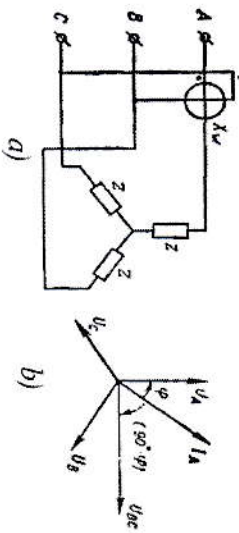
$$P_{w1} = P_{w2} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_L I_L = 0,866 U_L I_L$$

Ikkita vattmetr usuli to'rt simli zanjirlarda uch fazali quvvatni o'lchash uchun yaroqsizdir.

To'rt simli zanjirning aktiv quvvatini uchta vattmetr usulida o'lchash. Notekis nagruzkali to'rt simli zanjirlardagi uch fazali quvvatni o'lchash uchun uchta vattmetrdan foydalaniladi. 5.6-rasmda vattmetrlarni zanjirga ulash sxemasi ko'rsatilgan.



5.6-rasm.



5.7-rasm
106

Bu sxemada (5.6-rasm) har bir vattmetr ayrim fazaning aktiv quvvatini o'lchaydi, ya'ni:

$$P_{w1} = U_A I_A \cos \varphi_A; P_{w2} = U_B I_B \cos \varphi_B; P_{w3} = U_C I_C \cos \varphi_C$$

Uch fazali zanjirning aktiv quvvati uchala vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebraik yig'indisiga teng (5.23):

$$P = P_{AIV} + P_{BIV} + P_{CIV} \quad (5.23)$$

Amalda bir vaqtning o'zida ikkita yoki uchta vattmetrlarning ko'rsatishini kuzatish juda qiyin. Shuning uchun sanoatimizda uch simli zanjir uchun ikki elementli hamda to'rt simli zanjir uchun uch elementli uch fazali vattmetrlar ishlab chiqariladi. Uch fazali vattmetr ikkita yoki uchta bir fazali o'lchash mexanizmlaridan iborat bo'lib, ularning umumiy momenti yagona qo'zg'altuvchan qismga ta'sir qiladi.

Uch fazali zanjirdagi reaktiv quvvatni o'lchash. Uch fazali simmetrik zanjirning reaktiv quvvatini bita aktiv quvvat vattmetri bilan o'lchash mumkin. Buning uchun vattmetrni zanjirga 5.7.a-rasmda ko'rsatilgandek ulash kerak. 5.7.b-rasmdagi vektor diagrammadan ko'rinadiki, vattmetrning ko'rsatishi quyidagiga teng:

$$X_w = U_{wC} I_A \cos(\bar{I}_A \bar{U}_{wC}) = U_L I_L \cos(90^\circ - \varphi) = U_L I_L \sin \varphi$$

Uch fazali simmetrik zanjirning reaktiv quvvati vattmetr ko'rsatishini $\sqrt{3}$ ga ko'paytirib aniqlanadi:

$$Q = \sqrt{3} X_w = \sqrt{3} U_L I_L \sin \varphi \quad (5.24)$$

Uch fazali zanjirning reaktiv quvvatini ikkita vattmetr usuli (5.7-rasm) bilan ham o'lchash mumkin. Buning uchun, avvaldagidek, vattmetrlar ko'rsatishlarining algebraik yig'indisini emas, balki ayirmasini olish kerak. Bu quyidagicha ifodalanadi (5.7-rasm):

$$P_{w1} - P_{w2} = U_L I_L [\cos(30^\circ - \varphi) - \cos(30^\circ + \varphi)] = U_L I_L \sin \varphi$$

Demak, uch fazali sistemaning reaktiv quvvatini aniqlash uchun vattmetrlar ko'rsatishlarining ayirmasini $\sqrt{3}$ ga ko'paytirish kerak, ya'ni

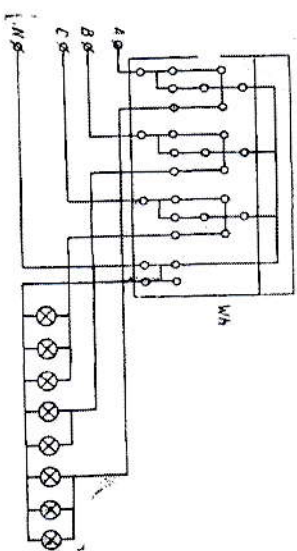
$$Q = \sqrt{3}(P_{w1} - P_{w2}) = \sqrt{3}U_l I_l \sin \varphi$$

Ushbu xulosalarning barchasi nagruzka tekis va liniya kuchlanishlari simmetrik bo'lgandagina to'g'ri bo'ladi. Nagruzka notekis bo'lganda reaktiv quvvatni o'lchash uchun maxsus sxemalardan foydalaniladi.

5.7- rasmda ko'rsatilgan uchta vattmetri sxema har qanday uch fazali zanjirlardagi reaktiv quvvati o'lchash uchun yaroqlikdir. Buning uchun vattmetrlar ko'rsatgan qiymatlar yig'indisini $\sqrt{3}$ ga bo'lish kerak(5.27):

$$Q = \frac{X_{w1} + X_{w2} + X_{w3}}{\sqrt{3}} \quad (5.27)$$

O'zgaruvchan tokning aktiv energiyasi induksion schyotchiklar yordamida o'lchanadi. Ularni zanjirga ulash sxemasi xuddi vattmetrlarni ulashsxemasi kabi bo'ladi. Misol tariqasida 5.8-rasmida uch elementli induksion schyotchikni to'rt simli uch fazali zanjirga ulash sxemasi berilgan.



5.8-rasm. Uch elementli induksion schyotchikni to'rt simli uch fazali zanjirga ulash sxemasi.

Reaktiv energiyani ham xuddi reaktiv quvvatni o'lchagandagidek schyotchiklarni ulab, o'lchash mumkin. Ammo uch fazali zanjirlarda reaktiv energiyani o'lchash uchun uch fazali maxsus reaktiv schyotchikdan foydalaniladi.

V. bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va

testlar

1. O'lchash xatoliklari deganda nimani tushunasiz?
2. O'lchash ishlarida aniqlik sinflarini ayting?
3. Xatoliklarni bartaraf etish usullari qanday?
4. Nol va differensial usullari nima?
5. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash usulida qanday elektr kattaliklarni o'lchash mumkin?
6. Bilvosita o'lchash nima?
7. Uch simli simmetrik zanjirning aktiv quvvati qanday o'lchanadi?
8. Uch simli nosimmetrik zanjirning aktiv quvvati qanday o'lchanadi?
9. To'rt simli zanjirning aktiv quvvati qanday o'lchanadi?
10. Uch fazali zanjirdagi reaktiv quvvat qanday o'lchanadi?
11. Uch fazali zanjirdagi aktiv va reaktiv energiyaganday o'lchanadi?

Test savollari.

1. O'lchash xatoliklari ularning kelib chiqishi sabablariga ko'ra qanday tur xatoliklarga bo'linadi?
- A) Barcha javoblar to'g'ri B) Muntazam xatoliklar
- C) Tasodifiy xatoliklar D) Qo'pol xatoliklar
2. Mutloq (absolyut) xatolik qaysi ifoda bilan topiladi (X_k -bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymat, X_x -bilan haqiqiy qiymat)?

$$A) \square X = X_k - X_x \quad B) \square X = X_x - X_k \quad C) b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\% \quad D) b = \pm \frac{\square X_k}{X_x} \cdot 100\%$$

3. Nisbiy xatolik qaysi ifoda bilan topiladi ($\square X$ absolyut xatolik)?

$$A) b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\% \quad B) \square X = X_x - X_k \quad C) \square X = X_k - X_x \quad D) b = \pm \frac{\square X_k}{X_x} \cdot 100\%$$

4. Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq o'lchov asbobining variatsiyasi qaysi ifoda bilan topiladi (ΔN - asbob ko'rsatishidagi eng katta farq; $N_{\max}$, $N_{\min}$ - asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlari)?

$$A) V = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} B) V = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} C) V = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} D) V = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}}$$

5. O'lchov asboblarning sezgirligi qanday aniqlanadi (Δn - strejka siljishining o'zgarishi; ΔQ - o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishi)?

$$A) S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} B) S = \frac{\Delta Q}{\Delta n} C) S = \frac{\Delta X}{\Delta Q} D) S = \frac{\Delta n}{\Delta X}$$

6. O'lchash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan xatolik qanday aniqlanadi (X - absolyut xatolik, $N_{\max}$, $N_{\min}$ - asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlari)?

$$A) j = \frac{X}{N_{\max} - N_{\min}} B) j = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} C) j = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} D) j = \frac{X_{\max}}{N_{\max}}$$

7. Ikki yoki undan ortiq o'lchov vositalariga ega bo'lgan o'lchash tizimidan foydalanganda tizimning mulloq xatoligi qaysi ifoda bilan topiladi ($X_1, X_2, \dots, X_n$ - tizimning 1, 2, ..., n o'lchov vositasi)?

$$A) X_{\text{uz}} = \pm \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2} B) X_{\text{uz}} = \pm \sqrt{X_1 + X_2 + \dots + X_n}$$

$$C) X_{\text{uz}} = \pm \sqrt{X_1^3 + X_2^3 + \dots + X_n^3} D) X_{\text{uz}} = \pm \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}$$

8. Elektr zanjirdagi tok kuchini o'lchaydigan asbob va u elektr estemolchilarga qanday ulanadi?

- A) Ampermetr, ketma-ket ulanadi B) Ampermetr, paralel ulanadi
C) Voltmetr, ketma-ket ulanadi D) Voltmetr, paralel ulanadi
8. Elektr zanjirdagi kuchlanishni o'lchaydigan asbob va u elektr estemolchilarga qanday ulanadi?

A) Voltmetr, paralel ulanadi B) Ampermetr, paralel ulanadi

C) Voltmetr, ketma-ket ulanadi D) Ampermetr, ketma-ket ulanadi

9. Elektr energiyasi quvvatni o'lchaydigan asbob?

A) Voltmetr B) Ampermetr C) Voltmetr D) Ommetr

10. Quvvat ko'effitsientini o'lchaydigan asbobi toping?

A) Fazometr B) Ampermetr C) Voltmetr D) Ommetr

11. O'zgaruvchan tok quvvatini qaysi bilan jamlanmasi bilan o'lchash mumkin?

A) Ampermetr, voltmetr va fazometr B) Ampermetr, voltmetr

C) Voltmetr, fazometr D) Ommetr, ampermetr

12. O'zgaruvchan tok zanjirlaridagi quvvat qanday vattmetrlar bilan o'lchanaadi?

A) Barcha javoblar to'g'ri B) Ferrodinamik vattmetrlar

C) Elektrodinamik vattmetrlar D) Ampermetr, voltmetr va fazometr

13. O'zgaruvchan tok energiyasi qaysi o'lchov qurilmasida o'lchanaadi?

A) Induksion schyotchik B) Ampermetr C) Voltmetr D) Ommetr

14. Atrof muhitning normal holati (normal sharoitda) bosim qanchagacha teng?

A) 101325 N/m² B) 11000 N/m² C) 90000 N/m² D) 13000 N/m²

15. Atrof muhitning normal holati (normal sharoitda) temperatura necha gradusga teng?

A) 20 °C B) 0 °C C) 100 °C D) 273 °C

VI. BOB. YARIMO'TKAZGICHLI DIODLAR

6.1-§. Yarimo'tkazgichlar xaqida tushuncha

Elektr o'tkazuvchanligi jihatdan barcha jismlar uch turga bo'linadi, bular o'tkazgichlar, yarimo'tkazgichlar va dielektriklardir. Tajriba ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, metall o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi $10^{-8} \text{ Om} \cdot m$ tartibida (va undan kam), dielektriklarniki esa $10^8 \text{ Om} \cdot m$ tartibida (va undan ortiq) bo'lishi mumkin ekan. Ayrim moddalarning solishtirma qarshiligi esa bu chegaralar orasida bo'ladi. Bunday moddalar yarimo'tkazgichlar deyiladi. Yarimo'tkazgichlarning tipik vakillari kremniy, germaniy, selen, tellur va boshqalardir.

Metallardagi singari yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi elektronlarning harakati bilan bog'liqdir. Biroq elektronlarning harakatlaniish sharoitlari metallarda va yarimo'tkazgichlarda turlicha bo'ladi, buni xususan yuqorida biz aytib o'tgan metallar va yarimo'tkazgichlarda solishtirma qarshilik qiymatining keskin farq qilishi ham ko'rsatib turibdi. Metallardan farq qilib, yarimo'tkazgichlarning quyidagi asosiy xususiyatlari mavjud.

Birinchidan, yarimo'tkazgichlarning qarshiligi temperatura ortishi bilan kamayishi kuzatiladi.

Ikkinchidan, yarimo'tkazgichlarda elektr toki faqat erkin elektronlarning tartibli harakati bilan emas, shu bilan birga "kovaklar" harakati bilan ham yuzaga keladi. Ba'zi sharoitlarda yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligida "kovaklar" harakati hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Uchinchidan, o'zgina aralashma miqdori yarimo'tkazgichning qarshiligini keskin o'zgartirib yuborishi mumkin. Protseuning yuzdan bir ulushicha aralashma yarimo'tkazgich qarshiligini o'n mingga marta o'zgartirishi mumkin.

Ba'zi soddalashtirilgan tasavvurlar va "model" sxemalar yordamida yarimo'tkazgichlarning ba'zi xususiyatlarini aniqlaymiz. Past va meyorori

temperaturalarda yarimo'tkazgichlarda erkin elektronlar konsentratsiyasi kam, elektronlarning ko'pchilik qismi atomlar bilan bog'langan holda bo'ladi. Yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi kichik (solishtirma qarshiligining katta) bo'lishiga asosiy sabab ham shundir. Yarimo'tkazgichlardagi erkin elektronlarning o'zchilik qismi metallardagi erkin elektronlarga o'xshash tabiatga ega bo'ladi. Elektr maydoni bo'lmaganda ular xotik harakatlanadi, maydon bo'lganida yana (maydonga qarshi) yo'nalishli harakatga kelishi va buning natijasida yarimo'tkazgichda zaif tok hosil qilishi mumkin. Erkin elektronlarning harakatidan yuzaga keladigan o'tkazuvchanlik elektron o'tkazuvchanlik, yoki n -tip o'tkazuvchanlik (negative-mantiy so'zidan olingan) deyiladi.

Bog'langan elektron erkin bo'lishi uchun uning kinetik energiyasini oshirish kerak. Shu maqsadda uning atom bilan bog'lanishidan ozod qilishga yetarli (yoki undan katta) ishga teng bo'lgan tashqaridan energiya berish kerak, masalan, yarimo'tkazgichni qizdirish yo'li bilan shunday qilish mumkin. Birobarin, temperatura ko'tarilishi bilan yarimo'tkazgichdagi erkin elektronlar soni ortadi.

Erkin elektronlar konsentratsiyasining ortishi yarimo'tkazgich elektr o'tkazuvchanligini oshiradi va shunga muvofiq yarimo'tkazgich qarshiligini kamaytiradi. To'g'ri, temperaturaning ortishi bilan yarimo'tkazgich atomlarining xotik harakati ortadi va bu bilan elektronlarning tartibli harakatini qiyinlashtirib, yarimo'tkazgich qarshiligini oshiradi. Biroq erkin elektronlar konsentratsiyasining ortishining yarimo'tkazgich qarshiligiga ta'siri atomlarning xotik harakatining ortishi ta'siridan kuchliroq bo'ladi. Shuning uchun temperatura ko'tarilishi bilan yarimo'tkazgichning qarshiligi kamayadi.

Yarimo'tkazgichi kuch elementlari o'tkazgichlarda odatda kalti rejimida ishlaydi. Ushbu rejim iktia holat bilan xarakterlanadi: diod va tiristorlar uchun ochiq, tranzistorlar uchun to'yungan yopiq. Yarimo'tkazgichli kuch elementi birinchi holatda molga yaqin, ikkinchi holatda esa cheksizga yaqin qarshilikka ega bo'ladi. Bunday


```

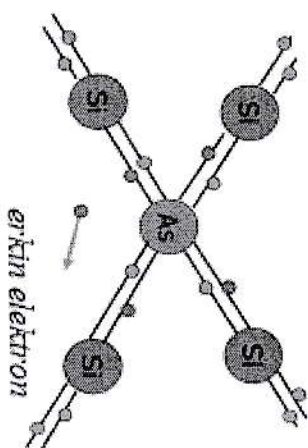
graph TD
    A[YARIM O'TKAZGICHLI KUCH ASBOBLARI] --> B[DIODLAR]
    A --> C[TIRISTORLAR]
    A --> D[TRANZISTORLAR]
    B --> E[TO'G'RI LAGICH]
    B --> F[YUQORI CHASTOTALI]
    C --> G[TO'LA BOSHQA RILMAY DIGAN]
    D --> H[GTO]
    D --> I[BT]
    D --> J[IGBT]
    D --> K[MOSFET]
  
```

6.1-rasm. Yarimo 'kazgichli kuch elementlarining singflanishi.

6.2-§. Yarimo 'tkazgichli diodlarning elektr o'tkazuvchanligi

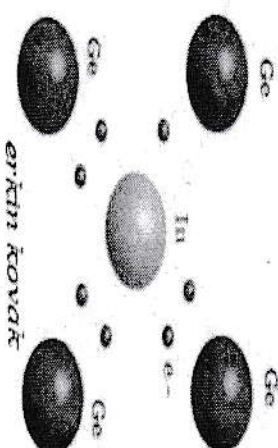
Elektronikaning barcha sohalarida ko'pincha o'zgaruvchan tokni to'g'rilash maqsadida yarimo'tkazgichli diodlar ishlatiladi. Germaniy va kremniy materiallaridan tayyorlangan yarimo'tkazgichli diodlardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli diod deb ikkita elektrod va bir (yoki bir nechta) $p-n$ -o'tishga ega bo'lgan asbobga aytiladi. Ularni ikkiguruhga bo'lish mumkin: to'g'rilovchi va tezkor. To'g'rilovchi diodlar o'zgaruvchan tokni to'g'rilashga mo'ljallangan. Tezkor diodlar yarimo'tkazgichli o'zgartkichlarda teskari diodlar sifatida ishlatiladi. Ular tranzistorlar yopilganda yuklama tokining oqishi (so'nishi) uchun yo'l hosil qiladilar.

p – inglizchi pozitiv soʻzidan olingan boʻlib maʼnosi faol yoki asosiy deganini yoki toʻgʻri oʻtish deganini bildiradi, n – inglizchi negativ soʻzidan olingan boʻlib, maʼnosi passiv yoki oʻtkazmaydi yoki teskari oʻtkazish maʼnosini anglatadi. Elektron oʻtkazuvchanlikka ega boʻlgan materiallar n -tipdagi (elektron) oʻtkazuvchanlikka ega yarimoʻtkazgich materiallar deyiladi (6.2-rasm).



6.2-rasm.

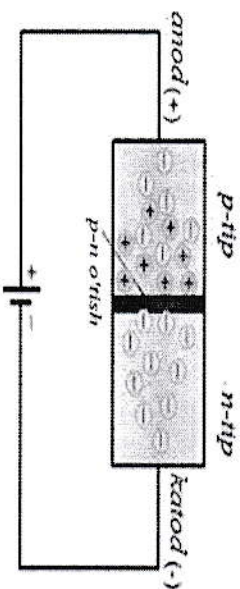
G'ovak o'kazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar P -tipdagi (g' ovak) o'kazuvchanlikka ega yarinov'kazg'ich materiallar deyiladi (6.3-rasm).



6.3-rasm.

G'ovakning ma'nosi — materialda bo'sh joy yoki o'rin ko'p ekanligini anglatadi. Shundan kelib chiqib, *p* — tipdagi yarimo'tkazgichlarda bo'sh joylar ko'p, *n* — tipdagi

yarimo'tkazgichlarda esa elektronlar konsentratsiyasi yuqori bo'ladi. Shunday konsentratsiyali materiallardan bir tomonga bo'sh joylar, ikkinchi tomonga esa elektronlar siljiy boshlaydi, p va n yarimo'tkazgichlarning bir-biriga tegib turgan joyida elektron-g'ovak o'tish hosil bo'ladi va bu o'tishni $p-n$ o'tish joyi deb ataladi (6.4-rasm).



6.4-rasm.

Demak p – yarimo'tkazgichlarda elektronlar ko'p va elektronlar o'tish joyi va n – yarimo'tkazgichlarda esa teshik (g'ovak) joylar ko'p, teshik o'tish joyi deyiladi. Shunday qilib yarimo'tkazgichning p – elektrodiga musbat va n – elektrodiga manfiy potensial berib ulanishi to'g'ri ulanish va aksincha p – elektrodiga manfiy va n – elektrodiga musbat potensial berib ulanishi teskari ulanish deyiladi, $p-n$ o'tish joyi bo'lgan yarimo'tkazgichlar bir tomonga (to'g'ri o'tish) tokni yaxshi o'tkazsa, ikkinchi tomonga (teskari o'tish) tokni yomon o'tkazadi. Ularning bu xususiyatlaridan to'g'riilgich sxemalarida keng foydalaniladi, ba'zan yarimo'tkazgichli diodlarning bu xususiyatlaridan kelib chiqib ularni elektron ventillar ham deb ataydilar.

Germaniyli diodlarda $p-n$ o'tish joyida p tipdagi indiyning bir tomonga tok o'tkazadigan sim, ikkinchi tomonga n tipdagi germaniy kristali qo'rg'oshin-qalay vositasida payvandlangan bo'ladi.

Kremniyli diodlarda $p-n$ o'tish joyi alyuminiy elektrodini kremniyga eritib qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi. Shuning uchun bu diodlar avtomatikada, temir yo'l

transportida, radiotexnika va sanoatning boshqa sohalarida keng ishlatiladi. Masalan to'g'riilgich diodlarining bir necha milliamperlardan bir necha 100000 A gacha ishlatiladigan turlari mavjud.

6.3 - §. Diodlarning belgilanishi, sinflanishi va turlari

Zamonaviy yarimo'tkazgich diodlar qo'llanilishi, fizik xossalari, asosiy elektr parametrlari, konstruktiv-texnologik belgilari, dastlabki yarimo'tkazgich materiali bo'yicha sinflanishi ular turlarining shartli belgilash tizimida va nominallarida o'z aksini topgan. Yarimo'tkazgich asboblarning yangi turlari sinflanish guruhlari hosil bo'lish bilan birga ularni shartli belgilash tizimi ham takomillashib bordi va 1964 yildan buyon uch marta o'zgardi. Diodlarning har xil belgilanish va tamg'alanishga ega bo'lgan va bir xil funksional maqsadlarda qo'llaniluvchi katta sonidagi turlari mavjud. Shuni ta'kidlash lozimki, diodlar ishlab chiqarila boshlagandan buyon ularni shartli belgilashning ikki tizimi yuzga kelgan va bu tizimlar ma'lum o'zgarishlar bilan hozir ham qo'llanilmoqda. Bu tizimlardan biri asosan radioelektronikaning turlari zanjirlarida qo'llaniluvchi kichik quvvatdagi diodlarga, boshqasi o'rta va katta quvvatli bo'lgan quvvatli elektr energiya o'zgartirgichlarda qo'llaniluvchi kuchli diodlarga taalluqli. Kichik, o'rta va katta quvvatli diodlar hamda kremniyli kuchli diodlarning tamg'alanishini ko'raylik, yarimo'tkazgich diodlar tamg'asi olti elementdan iborat. Birinchi element (harf yoki raqam) diod yasalgan materialni bildiradi: G yoki 1 – germaniy; K yoki 2 – kremniy; A yoki 3 – gallyi arsenid; I yoki 4 – indiy birknalari. Germaniy diodlarda birinchi element harfi bo'lsa u harorati 60 °C gacha bo'lgan, kremniy diodlarda esa 85°C gacha bo'lgan haroratda ishlatishga mo'ljallangan. Raqamli belgidan boshlanuvchi asboblari yuqori haroratda ishlatish uchun (masalan, kremniy diodi +120°C dan yuqori) mo'ljallangan. Belgilashning ikkinchi elementi harfi bo'lib, u asboblarning nim sinfini (yoki guruhini) aniqlaydi: D – to'g'rirovchi, impulsli diodlar, diodli o'zgartirgichlar (magnit diod, termiod va h.

k.), TS – to'g'rilovchi ustun va bloklar, V – varikaplar, L – tunneli diodlar, A – o'ta yuqori chastotali diodlar, S – kuchlanish meyorlagichlar (stabilitron, stabistor, kuchlanish cheklagichlar) L – nurlanuvchi optoelektron asboblari. Uchinchi element, raqamli, diod nima uchun mo'ljallangan va uning ishlash asosi (elektr xususiyati) ni bildiradi. Kichik chastotali diodlar tamg'asida 1 – kam quvvatli to'g'rilovchi; 2 – o'rta quvvatli to'g'rilovchi; 4 – universal; 5 dan 9 gacha – impulsli. O'ta yuqori chastotali (O'YUCH) diodlar tamg'asi: 1 – siljiuvchi O'YUCH; 2 – detektorlar; 301 dan 399-gacha – modulyatorli; 4 – parametrlari; 5 – rosllovchi; 6 – ko'paytiruvchi; 7 – generatorli.

Tayanch diod (stabilitron)lar tamg'asida uchinchi element quyidagilarni bildiradi:

-kam quvvatli stabilitronlar uchun ($r \leq 0,3$ V) 1 – stabilizatsiya kuchlanishi mos holda 0,1 dan 9,9 V gacha; 2 – 10 dan 99 V gacha; 3 – 100 dan 199 V gacha;

-o'rta quvvatli stabilizatorlar uchun ($r \geq 0,35$ V) stabilizatsiya kuchlanishi 0,1 dan 99 V gacha; 5 – 10 dan 99 V gacha; 6 – 100 dan 199 V gacha;

-katta quvvatli stabilitronlar uchun ($r = 5 \div 25$ V) 7 – stabilizatsiya kuchlanishi 0,1 dan 99 V gacha; 8 – 10 dan 99 V gacha; 9 – 100 dan 199 V gacha.

Nurlanuvchi optoelektron asboblari 1 – infraqizil nur tarqatuvchi diodlar, 2 – infraqizil nurlanish modulini tarqatuvchi, 3 – axborotni ko'z bilan kuzatish mumkin bo'lgan yorug' tarqatuvchi diodlar, 4 – belgi indikatorlari.

To'rtinchi element-ikki qiymatli 01 dan 99 gacha bo'lgan son ishlab chiqarilgan tartib raqami. Agar bu raqam 99 dan oshib ketasa uch qiymatli 101 dan 999 gacha bo'lgan sonlar qo'llanilishi mumkin.

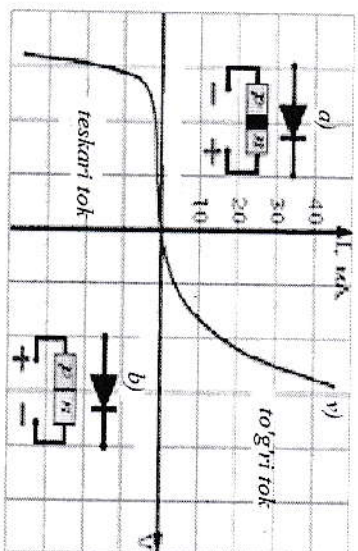
Beshinchi va olinchi diodlar texnologik tiplarini parametrlar bilan ajratish uchun qo'llaniladi. Beshinchi element sifatida harflar qo'llaniladi, masalan S – umumiy korpusda elektr bog'lanmagan, bir tipdagi asboblari majmuasi uchun kiritilgan. Beshinchi elementdan keyingi (olinchi) raqam korpusiz asboblari uchun kiritilgan: 1 – kristall ushlab turgichsiz, egiluvchan chiqishli; 2 – kristall ushlab turgichli, egiluvchan chiqishli; 3 – kristall ushlab turgichli, qattiq chiqishli va h. k.

Yuqorida keltirilgan tamg'alanish kichik toklarga mo'ljallangan diodlarga tegishli. Quvvatli boshqarilmaydigan diodlar (10A va undan yuqori toklarga mo'ljallangan) uchun tamg'alanishning boshqa tizimi qo'llaniladi. Agar 1964 yilgi shartli belgilashlar tizimida diodlar uchta elementli (quvvatli diodlar to'rtta harf va raqamdan iborat) bo'lgan bo'lsa, 1969 yil barcha quvvatli diodlar V harf bilan belgilanadigan bo'ldi. 1973 yil qabul qilingan standartga ko'ra diod belgilanishida quyidagi elementlar bo'lishi kerak:

V – boshqarilmaydigan ventill – diod belgisi; ko'chkiti diodlar uchun A harf qo'shildi, suv bilan soviuvchi diodlar uchun V qo'shildi, konstruksiyalar bo'yicha ularni ajratish uchun raqamlar qo'yiladi, chegaraviy tokni amperda bildiruvchi raqam: takrorlanuvchi kuchlanish bo'yicha sinfini bildiruvchi raqam.

Agar diodlar ularni parallel ulash uchun chiqarilgan bo'lsa bu elementlardan keyin to'g'ri kuchlanish pasayishining amplituda qiymatini ko'rsatuvchi raqam (volta) qo'yiladi. Masalan, ko'chki tavsifi, havo bilan soviuvchi, chegaraviy toki 200A, takrorlanuvchi kuchlanishi 1200V va to'g'ri kuchlanish pasayishi 1,6V bo'lgan diod VL 200-12-1,6 tarzda tamg'alanaadi.

To'g'rilovchi diodning tuzilishi 6.5.a-rasmlarda ko'rsatilishi 6.5.b va volt-amper xarakteristikasi 6.5.v – rasmlarda ko'rsatilgan. Ochiq holatdagi diodning volt-amper xarakteristikasini ikkita to'g'ri chiziq kesmasi bilan approksimatsiya qilish (6.5.v – rasmi) yo'li bilan tahlil, hisob va modellash uchun uning kerakli parametrlari (chegaraviy kuchlanish, $r_a = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ – dinamik qarshilik) aniqlanadi.



6.5. a, b. v-rasm.

6.5-rasm. Diodning tarkibi, grafk tasviri va volt-ampere xarakteristikasi

Ochiq holatdagi diod quyidagi tenglamalar bilan tavsiflanadi (6.1).

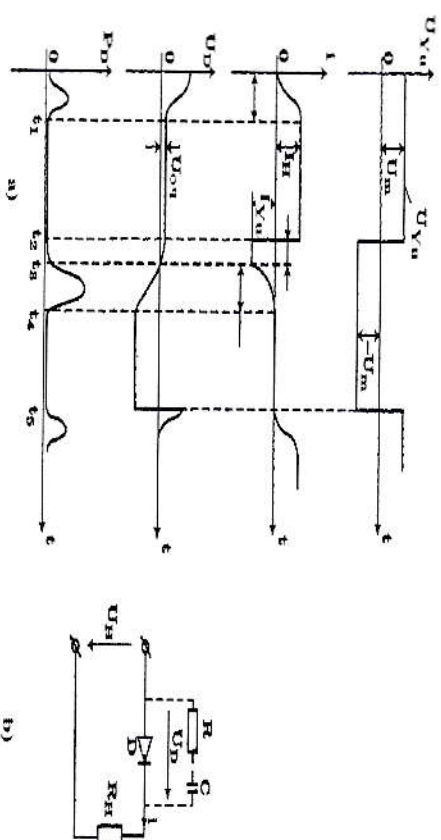
$$I_D = I_{D0} + r_D I_{D0} \quad (6.1)$$

Yopiq holatdagi diodning qarshiligi cheksiz va undan o'tayotgan tok nolga teng deb qabul qilinadi. Odatda kuch diodlari statik, yo'l qo'yiladigan chegaraviy va dinamik parametrlari bilan xarakterlanadi. Diodning dinamik parametrlari uning ochilish va yopilish vaqtida aniqlanadi (6.6.a-rasm). To'g'ri burchak shaklidagi kuchlanishlar manbasidan ta'minlanuvchi, aktiv yuklamaga ishlovchi yarim davri to'g'ri lagichni sinash sxemasi 6.6.b-rasmida ko'rsatilgan. Grafiklardan (6.5.v-rasm) quvvat isroflari diod ochilayotgan va yopilayotgan vaqtda keskin o'tishini ko'rish mumkin. Isroflarni kamaytirish va diodning ishonchli ishlashini ta'minlash uchun maxsus dinamik jarayonlarni shakllantirish sxemalari-snabberlar (snubbers) qo'llaniladi. Snabberning eng soddaxemasi bo'lib ketma-ket ulangan qarshilik va kondensatordan tashkil topgan zanjir hisoblanadi. Ushbu sxema diodning anod va katodiga parallel ulanadi (6.6.b-rasmida punktir chiziq bilan ko'rsatilgan).

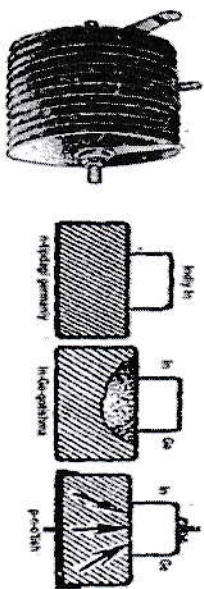
Selenli diod dumaloq diskalar (shaybalar) yoki to'g'ri burchakli plastinkalar ko'rinishida yasalgan to'g'ri lagich plastinkalardan yig'iladi. Bu plastinkalarni ketma-

ket yoki parallel ulab, talab qilingan quvvatli to'g'ri lagich elementi hosil qilinadi (6.7-rasm).

Germaniyli diodning asosi bo'lib germaniy monokristallidan kesilgan, qalindiligi taxminan 0,3 mm li plastinka xizmat qiladi, u elektronli elektr o'tkazuvchanlikka ega, ya'ni unda beshinchi guruh elementlaridan biri (odatda surma yoki mis) aralashgan. Plastinka yuzasi diod tokiga bog'liq, u qancha katta bo'lsa, plastinka shuncha katta bo'ladi. Shu plastinkaga uchinchi guruh elementi-indiy bo'lakchasi qo'yiladi (6.7-rasm) va u vakuum pechida germaniy bilan eritiladi. Bunday termik ishlov vaqtida termofuziya natijasida indiy atomlari germaniy plastinkasiga o'tadi va keyinchalik aksettor bo'lib, germaniyda tashkili elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qatlam vujudga keltiradi. Indiy bo'lakchasi yuqoridan metall tok o'tkazuvchi payvandlanadi, u plastinkani yuqoridagi elektrod bilan tutashitiradi. Pastki elektrod germaniy bilan kontakt hosil qilishi kerak, ya'ni ventilli o'tish hosil qilinishi kerak. To'g'ri lagich germetik korpusga tashqi ta'sirlardan himoyalash uchun joylashtiriladi.



6.6-rasm. a-diodning ochilib-yopilishidagi dinamik jarayonlar. b-sinash sxemasi



6.7-rasm.

Germaniyli ventillarning kamchiliklari quyidagilardan iborat: birinchidan, ular temperatura o'zgarishiga sezgir $55-60^{\circ}\text{C}$ dan yuqori temperaturada ularda elektr parametrlarining qaymas o'zgarishi sodir bo'ladi; ikkinchidan, ichki qarshiliklarining farqi tufayli ketma-ket ulashda bu ventillar kuchlanishni teng taqsimlamaydi va ventillarning xususiy kuchlanishlarini tenglashtirish uchun rezistorlar orqali shunlashga to'g'ri keladi, bu esa qurilmaning to'g'rilash ko'rsatkichini kamaytiradi.

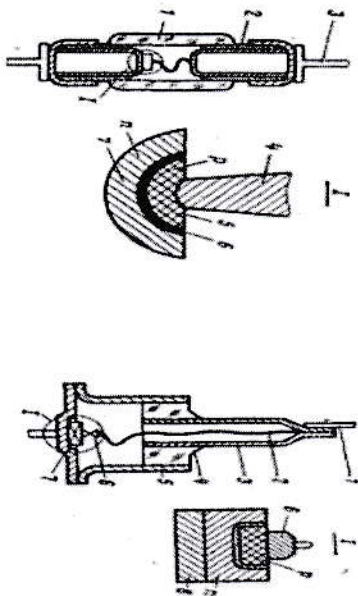
Kremniyli diodning asosiy qismi elektronli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yupqa kremniy plastinkasidir. Bu plastinka alyuminiy bo'lgi bilan uchinchi guruh elementi bilan birlashtiriladi, alyuminiy atomlarini kremniy ichiga o'tishi, unda teshikli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qatlam vujudga keltiradi, plastinkada esa $p-n$ o'tish hosil bo'ladi. Agar seleni va germaniyli diodlar solishtirilsa, u holda germaniyli yuqori F.I.K. ga, kichik o'tlehangga ega, lekin seleni diodlar arzon bo'lgani uchun sanoatda seleni ventillar ishlab chiqarilishi davom etmoqda. Ular nisbatan kichik quvvat kerak bo'lganda, foydali ish ko'rsatkichlari esa ikkinchi darajali atamiyatga ega bo'lganda o'rnatiladi. Seleni ventilling massasi (arnaturasi bilan birga) $15-18\text{ g}$ ni tashkil qiladi. Bitta seleni element $12-36\text{ V}$ ga uzok muddat chidaydi. Shunga e'tibor berish kerakki, ventilling teshilish kuchlanishi (seleni uchun $50-80\text{ V}$) bilan davomli ruxsat etilgan kuchlanishni farq qilish kerak.

Ko'p hollarda seleni ventilling maxsus kamchiligi-shaklini hisobga olishga to'g'ri keladi. Agar bunday ventill uzun vaqt ishlatilmagan bo'lsa, unda u kuchlanishga ulanishi bilan normal to'g'rilamaydi, balki ma'lum vaqtdan keyin

ishlaydi. Elektr o'tlash qurilmalari va avtomatika uchun ventilling bunday ishlashi to'g'ri kelmaydi.

Kremniyli ventillar, germaniylikka nisbatan ancha katta to'g'ri qarshilikka ega, lekin ularning teskari qarshiliklari ham katta. Bundan tashqari, kremniyli diodlarning afzalligi shundaki, ular ish temperaturasining $180-200^{\circ}\text{C}$ gacha oshishiga yo'l qo'yadi va demak, juda katta tok zichligiga ham yo'l qo'yadi. Natijada bir xil quvvatda kremniyli ventillarning o'leamlari ancha kichik. Lekin yarimo'tkazgichli asboblardan uchun kerakli juda sof kremniy olish va uni shu holatda saqlash juda katta qiyinchiliklar bilan bog'liq. Shu tufayli hatto kremniy Yersharida kisloroddan keyin eng ko'p tarqalgan element bo'lishiga qaramay kremniyli yarimo'tkazgichli asboblardan qimmat turadi.

Nuqali diodlar bir necha milliamper tok kuchiga mo'ljallangan bo'lib, ular elektron o'tishli yupqa yarimo'tkazgich plastinkadan yasaladi (6.8-rasm). Nuqali elektr o'tish yarimo'tkazgich plastinka 7 va uchi o'tkirlashtirilgan alyumin yoki indiy bilan qoplangan metal prujina-sim 4 larning jipslashgan joyida 6 hosil bo'ladi. Odatda nuqali diodlar n -tipdagi germaniydan, metall prujina (diametri $0,05-0,1\text{ mm}$) yupqa shundan tayyorlanadi va n -tipi germaniy uchun u akseptor (masalan, berilliy) blashiladi. Ba'zan yanada yaxshiroq $p-n$ o'tish hosil bo'lishi uchun prujina uchi indiy bilan qoplanadi. Agar diod orqali qisqa impulsli tok (bir necha amper) o'tkazilsa metal uchidagi qoplama erib yarimo'tkazgich plastinka ichiga o'tadi va boshqa tipdagi o'tish qatlamini hosil qiladi. Ana shu qatlam bilan plastinka orasida yarim o'tirlik shaklda $p-n$ o'tish 6 hosil bo'ladi. Nuqali diodlar korpusi germetik holda yasalgan sopol yoki shisha ballon 2 dan iborat va u yorug'lik tushmasligi uchun yorug'lik qaytaruvchi qora rangga bo'yalgan. O'tishlar chiqishlari 3 nay 2 orqali tashqariga chiqarilgan.



6.8-rasm.

6.9-rasm.

Yassi diodlar bir necha ampergacha bo'lgan toklarga mo'ljallangan (6.9 - rasm).

Yassi diodlar yassi elektr o'tishga ega bo'lib, uning chiziqi o'leamlari (yuzasi) $P-n$ o'tish kengligidan bir muncha katta. Bu yuza kvadrat millimetrning yuzdan bir ulushidan (mikroyassi diodlar) bir necha o'nlab kvadrat santimetr (kuchi diodlar) gacha bo'ladi. Yassi diodlarni kristall ushlab turgich 8 ga birlashtirilgan yarimo'tkazgich plastinka ($P-n$ o'tish) 7 ko'rinishida yasaliadi. Bu plastinkaga erishish yoki diffuziya usuli bilan indiy yoki (germaniy uchun) yoki alyumin (kremniy uchun) atomlari kiritiladi. Yuqori kontakt 6 nisbatan katta tok o'tkazish va o'zidan issiqlik tarqatish qobiliyatiga ega. Bular hammasi zichlashtirilgan korpus 5 ga joylashtirilgan va undan tashqi va ichki chiqish 1 va 2 lar silindr 4 ichidagi may 3 orqali tashqariga chiqarilgan. Yassi diodlarni tayyorlashda maxsus texnologiyalardan foydalangan holda kichik yuza o'tishli - mikroyassi va diffuziyali mezadiodlar olish mumkin.

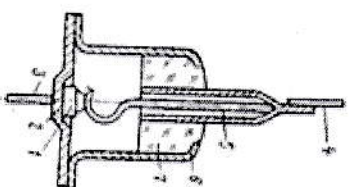
Yarimo'tkazgichli diodlarni qo'llanilishi va vazifalariga ko'ra quyidagi asosiy guruhlarga ajratish mumkin:

Impulsi diodlarni mikro va nanosekundli diapazondagi impulsni hosil qilish va kuchaytirish sxemalarida qo'llaniladi. Ular germaniy va kremniy materiallaridan yasaliadi. Nuqtali va yassi diodlar sifatida ishlatiladi.

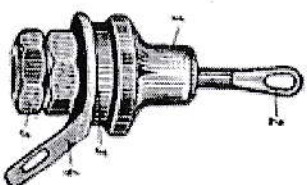
Kuchi diodlari, yarimo'tkazgichli diodlar o'zgaruvchan tokdan ta'minlanuvchi elektr harakat tarkibida, o'zgaruvchan tokda elektrlashirilgan temir yo'llarda, turli shahar elektr transporti elektr ta'minotizimida to'g'irlagichlar sifatida keng qo'llaniladi.

O'rtacha quvvatli diodlar yassili qilib tayyorlanadi. Bunday diodlarning $P-n$ o'tishli kristall plastinkasi 1 metal asos 2 ga joylashtiriladi (6.10-rasm). Bu asosga chiqish 3 ulangan. Ikkinchi chiqish 4 kristall plastinkaga sim 5 bilan ulangan. Korpus 6 metall ko'rinishida bo'lib, asos bilan kavsharlangan va izolyatsiya qatlami 7 ga ega.

Diod KD202 ning $P-n$ o'tishli plastinkasi issiq haydovchi asosga mahkamlangan va tashqi ta'sirlardan metall korpus 1 bilan zichlangan (6.11 - rasm). Tashqi chiqish 2 korpusning yuqori qismidan kavsharlangan g'ovak nay orqali o'tgan. Gaykali vint ko'rinishida bajarilgan ikkinchi chiqish izolyatsiyalovchi vtulka 4 orqali o'tkazilgan va kontakt plastinka 4 bilan ulangan.



6.10-rasm.



6.11-rasm.

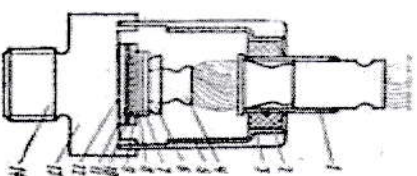
Kremniyli va germaniyli diodlarning afzalliklari to'g'ri yo'nalishdagi kuchlanishning kichik pasayishlarida ruxsat etilgan tok zichligining katta bo'lishidir. Kremniyli asboblarning ruxsat etilgan teskari kuchlanishlari katta bo'lishini hisobga olsak, bu o'z navbatida ulardan o'zgartiruvchi kuchlanish qiymati yuqori bo'lgan hollarda ham katta toklarni to'g'rilovchi takomillashgan kuch diodlarini yasash imkoniyatini beradi.

Chegaraviy toki 200 A bo'lgan kremniyli diodning kesimi sxemasi 6.12- rasmda keltirilgan. Alyumin qotishmasi qatlarni 8 yuqori darajada legirlangan kremniy 9 kremniy diski 10 dan iborat $p-n$ o'tishli plastinka pastki volfram disk 12 ga kumushning surmali qotishmasi 11 bilan kavsharlangan. Volfram disk vaznin mis asos 13 ga brikirligan. Kremniyli plastinkaning yuqori qismi yuqori volfram disk 7 bilan kavsharlangan, diskga mis tovoqcha 6 unga o'z navbatida ichki egiluvchan misli chiqishning uchi 4 ulangan. Chiziqli kengayish temperatura koeffitsienti kremniynikiga yaqin bo'lgan volfram disklar kremniy kristalli bilan mis asos o'trasida $p-n$ o'tish sohasi tok tufayli qizishidan yuzaga keluvchi mexanik kuchlanishni kamaytiradi. Kremniy va volfram disklar ichki qismini emallangan po'lat korpus 5 ga joylashtirilgan. Korpus chiqishi vtulka 1 bilan qo'zg'oshin oyna qatlarni 2 yordamida bog'langan. Po'lat korpus qo'zg'oshin oynasi bilan emal qatlarni 3 orqali brikirligan va izolyator hisoblanadi. Ichki egiluvchan chiqish issiqlik deformatsiyalarini kamaytiradi, tashqi chiqish va boshqa apparatlarni tok o'tkazuvchi qismlari bilan egiluvchan bog'lanishni ta'minlaydi. Ventilning mis asosi sovutgichni mahkamlash uchun mo'ljallangan bolt 14 dan iborat.

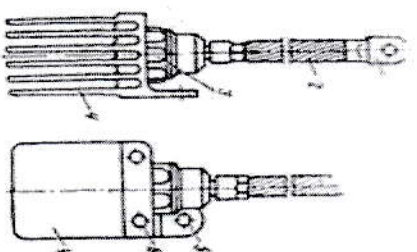
Quvvatli kremniy va germaniy diodlar havo yoki suyuqlik sovutgichlarga ega. Havo bilan sovutishda ventilning vaznin mis asosi 3 (6.12 - rasm) qirrali tarmoqlangan sirti metall sovutgich 4 ga burab kiritiladi. Havo bilan sun'iy sovutishda ventilda ajralib chiquvchi asos orqali sovutgichga beriladi va u issiqni tashqi muhitga chiqarib yuboradi. Havo bilan majburiy sovutishda sovutgichlarqobiq ichiga olinib

ular orqali ventilyator (shamollatgich) yordamida hosil qilingan havo o'tkazib

turiladi.



6.12-rasm.



6.13-rasm.

Sovutgich korpusi asosida izolyatsiyalangan sterjenlar uchun ikki tirqish 6 bo'lib, ularga o'zgartirgich sxemasiga bog'liq holda bir nechta ventillar mahkamlanishi mumkin. Sovutgichning yuqori qismidagi tirqish 5 ventillarni ketma-ket ulash uchun xizmat qiladi. Ulashni yengillashtirish uchun chiqishlardan biri (6.13 - rasmda anod chiqish) egiluvchan simdan yasaladi. Havo bilan majburiy sovutish chog'idagi ruxsat etilgan to'g'ri tok qiymati sun'iy sovutishdagi nisbatan yuqori bo'ladi. 100 A va undan katta toklarga mo'ljallangan quvvatli ventillar hisobiy tokni sun'iy sovutish sharoitida sovutuvchi havo tezligi 12 m/s dan kam bo'lmagan holda o'tkazadi.

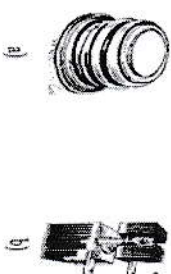
Tabiiy sovutish chog'ida ruxsat etilgan tok hisobiy tokning 25-35% ni tashkil etadi. Hozirgi paytda tabiiy havo sovutgichlarning ruxsat etilgan toklarni nominal qiymatlariga yaqin holda o'tkazishni ta'minlovchi konstruksiyalari ishlab chiqilgan.

Suv bilan sovutish chog'ida ventilning har bir chiqishi sovutgichning misdan yasalgan silindrsimon korpusidagi chuqurchasiga burab kiritiladi va bu chuqurcha

orgali sovituvchidan suv oqiziladi. Suvni uzatish va chiqarish ikki shutser orgali amalga oshiriladi. Shutserlarga sovitish tizimining ichaklari kiydiriladi va ulardan biri - buramali shutser - katod chiqish sifatida qo'llaniladi.

Moyli sovitish chog'ida ventillar transformator moyi bilan to'ldirilgan korpusga joylashtiriladi. Ventillarda ajrab chiquvchi issiqlik sovitgich sirti orgali tsirkulyar harakatdagi moyga beriladi.

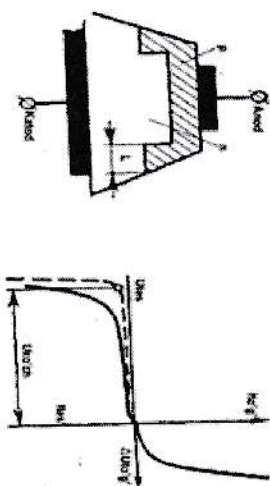
Yarimo'tkazgichli asboblar tayorlash texnologiyasining yaxshilanishi va statik o'zgartirgichning quvvatlari o'rishi bilan yarimo'tkazgich ventillarning ruxsat etilgan chegaraviy toklari ham ortadi. Shuning uchun havo sovitgichli katta quvvatli ventillar yassi asosli, issiqni atrof muhiga ikki tomonlama chiqarish imkoniga ega bo'lgan tabletka konstruksiyali qilib yasaladi. Ular spool yoki metall shisha korpus epoksidi kompanndlardan foydalangan holda tayyorlanadi. Metal sopol korpusi ventilling tabletka ko'rinishidagi konstruksiyasi 6.141.a - rasmda, venti sovitgich bilan 6.14.b - rasmda keltirilgan.



7.14-rasm. Ko'chikli diodlar.

Oddiy diodlar o'rni ko'chikli diodlar (7.14 - rasm) keng qo'llana boshlandi. Tashqi ko'rinishidan ular o'xshash, farqi esa $P-n$ o'tish konstruksiyasida. Ko'chikli diodlarda $P-n$ o'tishning sirtga chiqish joyida kremniy plastinkasidan aylana bo'yicha kengligi L bo'lgan yuza qismi orgali olinadi, natijada chiqish sohasida hajmiy zaryadlar kengligi ortadi va maydon kuchlanganligi kamayadi. Bundan tashqari plastinkaning aylana bo'yicha $P-n$ o'tish chiqishidagi sohasida asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini uning o'rta qismidagiga nisbatan kam qilib

yasaladi. Shuning uchun $P-n$ o'tishning kengligi bu sohada ortadi va plastinkaning o'rta qismidagi teshtilish kuchlanishi uning chet qismiga nisbatan kamroq bo'ladi. Ko'chikli diodlarda teshtilish jarayonida teskari tok ko'chiksimon ortsa ham, u "bo'shqariluvchan" bo'lib qolaveradi va strukturaning barcha yuzasi bo'ylab oqib o'ladi, diod qabul qiluvchi kuchlanish cheklanishi bo'ladi.



6.15-rasm. Ko'chikli diodning va uning volt-ampere xarakteristikasi.

6.15 - rasmda ko'chikli diodning volt-ampere xarakteristikasi ko'rsatilgan, unda teskari kuchlanish yaqqol egrilgan bo'lak ko'chik hosil bo'lish kuchlanishi (U) ko'ch deb ataladi, 6.15-rasmda shtrixlangan chiziq bilan ko'chikli diodning, tutash chiziq bilan esa ko'chikli bo'lmagan diodning teskari volt-ampere xarakteristikasi ko'rsatilgan. Ko'chikli diodlar teskari yo'nalishida katta miqdordagi sochtilish quvvatiga ega va shuning uchun o'ta kuchlanishga chidamli, shuningdek ular teskari kuchlanish bo'yicha oddiy diodlarga nisbatan kam zahiraga (50% o'rni 20%) ega. Katta quvvatdagi diodlarning 320, 500 A va undan katta tok kuchiga mo'ljallangan havo bilan sovitishli turlari keng qo'llanilmoqda. $P-n$ o'tishdan issiqlikni olish uchun ikki tomonlama sovitgichlar qo'llaniladi, diodlar tabletka konstruksiyali bo'lib, sopol yoki shisha metalli korpusga joylanadi.

Elektr transportida ishlatiladigan diodlarda teskari tok o'tishi chog'ida ajralib chiquvchi quvvat isrof to'g'ri tok o'tishidagi quvvat isrofdan ancha kam bo'ladi. Buni $P-n$ o'tishning barcha yuzasi bo'yicha diod to'g'ri tokining tekis taqsimlanishi va

natijada ajralib chiquvchi issiqlik ana shu yuza bo'yicha sochilib, muayyan joylarda harorat ko'tarilib ketishining oldi olinishi bilan izohlash mumkin.

Ko'chikli diodlarda yuqori darajadagi bir jinsi strukturali kremniy monokristallini va yarimo'tkazgichga ishlov berishning maxsus texnologiyasini qo'llash tufayli teskari tok $p-n$ o'tish yuzasi bo'yicha tekis taqsimlanadi.

Chegaraviy tok kuchi 200 - 320 A bo'lgan ko'chikli diodlar uchun ruxsat etilgan teskari tokning qisqa muddatli impulsilari maksimal qiymati bir necha o'n amperga yetadi. Ruxsat etilgan teskari tokning kattaligi sababli ko'chikli diodlarni ketma-ket ulash chog'ida kuchlanishlarni majburan tekis taqsimlashga ehtiyoj qolmaydi. Ko'chikli diodlarning to'g'ri tok bo'yicha o'ta yuklanish qobiliyati oddiy diodlarnikiga mos keladi. Ko'chikli diodlar oddiy diodlarni o'ta kuchlanishdan himoyalashda qo'llanishi mumkin. Bunda ko'chikli diodlar oddiy diodlarga parallel ulanishi yoki razryadlovchi sifatida to'g'irlangan kuchlanish tomonida yoki o'zgartiruvchi transformatorning ventili chulg'amida qo'llanishi mumkin.

VI bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va

testlar

1. Yarimo'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligini tushuntirib bering?
2. Yarimo'tkazgichlarning turlarini ayting?
3. Diodlarning tamg'alanishini tushuntiring?
4. Donor va akseptor aralashmalar qanday hosil qilinadi?
5. Diodning qanday turlarini bilasiz?
6. To'g'ri va teskari VAX chizing va tavsiflab bering?
7. Diodlarning qo'llanish sohalariini ayting?

Test savollari.

1. Yarimo'tkazgichlarda elektr toki qaysi erkin zarralar harakati natijasida yuzaga keladi?

130

- A) Elektronlar, kovaklar B) Musbat va manfiy ionlar C) Pratonlar D) Atomlar
2. Yarimo'tkazgichli deb ikkita elektrod va bir (yoki bir necha) $p-n$ o'tishga ega bo'lgan asboga aytiladi, to'g'ri javobni belgilang?

- A) Diod B) Transistor C) Rezistor D) Kondensator

3. To'g'rilovchi diodlar qaysi vazifani bajarish uchun mo'ljallangan?

- A) O'zgaruvchan toklarni to'g'rilash (o'zgarmas tokka aylantirish)

- B) O'zgaruvchan toklarni kuchaytirish

- C) O'zgaruvchan toklarni kuchlanishini o'zgartirish

- D) O'zgaruvchan toklarni tok kuchini o'zgartirish

4. Elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar (elektron)

o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich materiallar deyiladi?

- A) n -tipdagi B) p -tipdagi C) $p-n$ tipdagi D) $n-p$ tipdagi

5. G'ovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar (g'ovak)

o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich materiallar deyiladi.

- A) p -tipdagi B) n -tipdagi C) $p-n$ tipdagi D) $n-p$ tipdagi

6. Temperatura o'rishi bilan yarimo'tkazgichlarning qarshiligi qanday o'zgaradi?

- A) Kamayadi B) O'rta C) O'zgarmaydi D) Barcha javoblar to'g'ri

7. Yarimo'tkazgichlarda elektr tokini qaysi zarralar harakati tufayli hosil bo'ladi?

- A) Elektron, kovak B) Elektron C) Kovak D) Ion

8. Yarimo'tkazgichli asboblarda qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) Barcha javoblar to'g'ri B) Tristorlar C) Transistorlar D) Diodlar

9. To'g'rilovchi impulsli diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?

- A) D B) V C) I D) A

10. Varikaplar qaysi harf bilan belgilanadi?

- A) V B) D C) I D) A

11. Tunnel diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?

- A) I B) V C) D D) A

131

12. O'ta yuqori chastotali diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?

A) A B) V C) I D) D

13. Nurlanuvchi optoelektron asboblari qaysi harf bilan belgilanadi?

A) L B) V C) I D) A

14. Nurlanuvchi optoelektron asboblari belgilashda 1 raqami nimani anglatadi?

A) infraqizil nur tarqatuvchi diodlar

B) infraqizil nurlanish modulini tarqatuvchi

C) axborotni ko'z bilan kuzatish mumkin

D) belgi indikatorlari

15. Nurlanuvchi optoelektron asboblari belgilashda 2 raqami nimani anglatadi?

A) infraqizil nurlanish modulini tarqatuvchi

B) infraqizil nur tarqatuvchi diodlar

C) axborotni ko'z bilan kuzatish mumkin

D) belgi indikatorlari

16. Nurlanuvchi optoelektron asboblari belgilashda 3 raqami nimani anglatadi?

A) axborotni ko'z bilan kuzatish mumkin

B) infraqizil nur tarqatuvchi diodlar

C) infraqizil nurlanish modulini tarqatuvchi

D) belgi indikatorlari

17. Nurlanuvchi optoelektron asboblari belgilashda 4 raqami nimani anglatadi?

A) belgi indikatorlari

B) infraqizil nur tarqatuvchi diodlar

C) infraqizil nurlanish modulini tarqatuvchi

D) axborotni ko'z bilan kuzatish mumkin

VII. BOB. ASINXRON MASHINALAR

7.1-§. Asinxron dvigatellarning ahamiyati va qo'llanilish sohalari

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

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

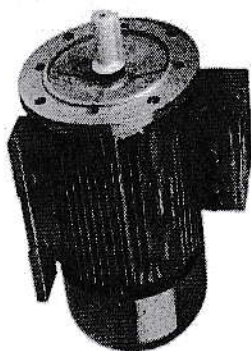
Asinxron dvigatellar, bir, ikki va uch fazali qilib yasalanadi. Uch fazali asinxron dvigatellar metall kesish, yog'ochni qayta ishlash dastgohlarini, ko'tarma kranlar, liftlar, eskalatorlar, ventilyatorlar, nasoslar va boshqa mexanizmlarni harakatga keltirishda ishlatiladi.

Bir fazali asinxron dvigatellarning 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 vallarning aylanish tezliklarini o'lashda generator (taxogenerator) sifatida ham ishlatiladi. Asinxron mashinalar chastota o'zgartirgich, kuchlanish o'zgartirgich va faza o'zgartirgich sifatida ham keng qo'llanadi.

Asinxron dvigatelnig tuzilishi. Barcha elektr mashinalari kabi asinxron dvigatellar ham ikki asosiy qismi: qo'zg'almas qism stator va qo'zg'aluvchan (aylanuvchi) qism rotor dan iborat.

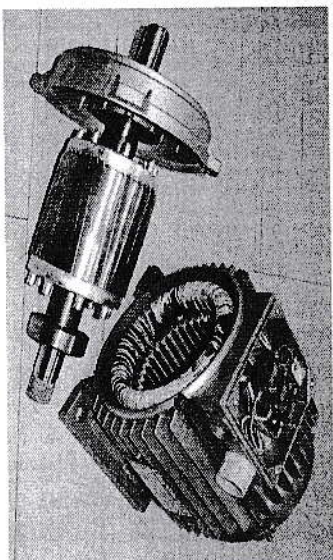
Stator statorina, po'lat o'zak va statorning pazlariga joylashtirilgan uch fazali chulg'amlardan iborat. Stator cho'yanidan yoki alyuminiydan silindrsimon shaklda

yasalgan bo'lib, uning ichiga statorning po'lat o'zagi mahkamlanadi. Shuningdek, stanina mashinani tashqi mexanik ta'sirlardan saqlash uchun ham xizmat qiladi. Stanina stator chulg'amlarini elektr energiya manbaiga ulash uchun shu chulg'amlarning uchlari chiqarilgan "klemmalar qutichasi" bor. Asinxron dvigatel ishlavotganida uni yaxshiroq sovutish maqsadida stanina qovurg'ali qilib yasaladi. Cho'yandan quyilgan staninali elektr mashinalar ko'tarish uchun mo'ljallangan vintli ilgakga ega bo'ladi (7.1-rasm).



7.1-rasm. Asinxron dvigatelning umumiy ko'rinishi.

Statorning silindsimon po'lat o'zagi qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm li, o'zaro maxsus (transformator o'zagi kabi) izolyatsiyalangan elektrotexnik po'lat plastinalar to'planidan iborat. Stator po'lat o'zagining ichki sirtida stator uzunligi bo'yicha ketgan pazlarga stator chulg'amlari joylashtirilgan (7.2-rasm).

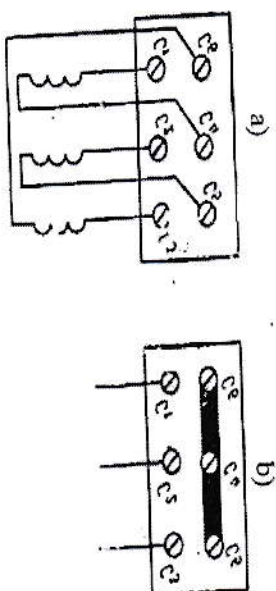


7.2-rasm. Stator va rotorning umumiy ko'rinishi.

Stator chulg'ami izolyatsiyalangan mis simlardan yasalgan bo'lib, stator pazlariga $2\pi/3$ burchak ostida joylashtiriladi (7.3-rasm). Chulg'amlarning bosh va oxirgi uchlari yuqorida aytilganidek, "klemmalar qutichasiga" chiqarilgan bo'ladi. 7.4.a.b-rasmlarda, chulg'amlarning ulanishi ko'rsatilgan. Chulg'am uchlarning ochiq qoldirilishi uni tarmoq kuchlanishining qiymatiga qarab "yulduz" yoki "uchburchak" sxemada ulashga imkon beradi.



7.3-rasm. Statorga izolyatsiyalangan simning o'rallishi.



7.4.a.b-rasm. Yulduz va uchburchak ulash.

Rotor dvigatelining aylanish o'qiga mahkamlangan bo'lib, uning po'lat o'zagi ham statorning kabi qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm li elektrotexnik po'lat plastinalar to'planidan iborat. Po'lat o'zak plastinalarining ustki yuzasida pazlar o'yilgan bo'lib,

ularning konfiguratsiyasi turlicha bo'lishi mumkin. Po'lat o'zak dvigateling o'qiga mahkamlanadi. Po'lat o'zak plastinkalaridagi pazlar rotor ariqchalarini tashkil etib, unga rotor chulg'amlari joylashtiriladi. Yuqori harorati sharoitlarda ishlatiladigan dvigatellarning sovitilishini yaxshilash maqsadida rotor o'qiga shamollatish parakchalari o'rnatiladi.

Rotor chulg'ami "yulduz" sxemada ulanib, chulg'amning bosh uchlari asinxron dvigateling o'qiga mahkamlangan kontakt haqalar bilan tutashiriladi. Kontakt haqalar esa grafit cho'kalar yordamida dvigateldan tashqariga o'rnatilgan uch fazali yurgizish reostati bilan birlashtiriladi. Yurgizish reostati R_{yw} dvigatel ishlaganda rotor chulg'amining qarshiligini va shu bilan birgalikda rotor tokini boshqarish uchun xizmat qiladi.

7.2-§. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi va uning tezligi

Aylanuvchan magnit maydonning hosil bo'lishini statorning pazlariga uch fazali chulg'am joylashtirilgan asinxron mashinasi misolida ko'rib chiqamiz. Agar stator chulg'ami uch fazali kuchlanish manbaiga ulansa, chulg'am orqali uch fazali tok o'ta boshlaydi (7.5-rasm):

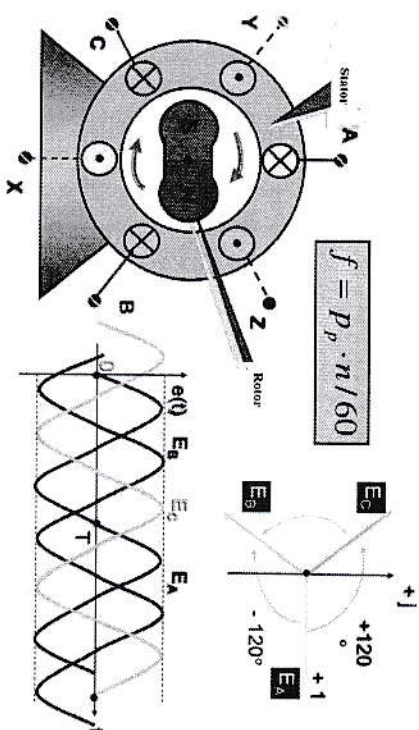
$$i_A = I_m \sin \omega t$$

$$i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \quad (7.1)$$

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

Har bir chulg'andan o'tayotgan tok vaqt bo'yicha sinusoidal qonuni bo'yicha o'zgaruvchi magnit yurituvchi kuch (MYuK) F_A , F_B va F_C larni hosil qiladi. Uch fazali tok hosil qilgan umumiy MYuK ning yo'nalishini va qiymatini aniqlash uchun

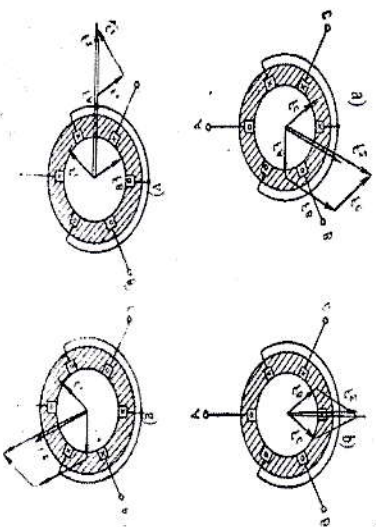
faza chulg'amlaridan o'tayotgan toklarning vaqt bo'yicha o'zgarish grafigiga (7.5-rasm) ga murojaat qilamiz.



7.5-rasm. Aylanuvchan magnit maydonning hosil bo'lishi.

Ushbu faza toklari hosil qilgan MYuK larning qiymatlari: $F_A = F_m$, $F_B = F_C = -F_m/2$. Faza chulg'amlarida hosil bo'lgan MYuK ning yo'nalishi o'ng qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi (7.6-rasm). Uch fazali tok hosil qilgan umumiy MYuK ning qiymati har bir faza toklari hosil qilgan MYuK larning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni $F_2 = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$. Vaqt $T/3$ qiymati o'zgarigandan keyin, ya'ni $t_2 = t_1 + 2\pi/3$ da (7.5-rasm) faza chulg'amlari orqali o'tayotgan toklarning qiymati va yo'nalishi o'zgarib, $i_A = i_C = -I_m/2$ va $i_B = I_m$ bo'ladi. Shu vaqtdagi umumiy magnit maydoni oqimining yo'nalishi va qiymati 7.6-b-rasmda ko'rsatilgandek aniqlanadi. Bunda $F_B = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$ bo'lib, uning yo'nalishi chulg'am o'qiga perpendikulyar ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin. 7.6-rasm, v da $t_3 = t_1 + 4\pi/3$ labzadagi magnit maydoni oqimlarining chulg'am atrofida tarqalishi va umumiy magnit maydoni yo'nalishi ko'rsatilgan, bu holda ham $F_2 = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$ qiymatga ega bo'lib, uning yo'nalishi chulg'am o'qiga perpendikulyardir. Yuqorida

kelirilganlardan shuni xulosa qilib aytilish mumkin, umumiy MYuk vektori doimo o'zgarmas qiymatga ega bo'lgani holda o'zgarimas burchak tezlik bilan aylanar ekan. Vaqtning $T/2$ 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.

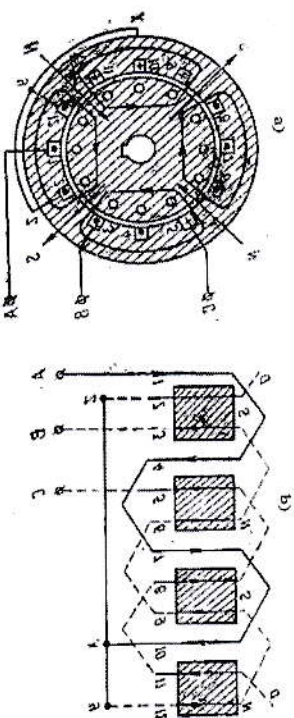


7.6-rasm.

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 (7.6-rasm). Yuqorida keltirilgan sharoitlardan birortasi bajarilmasa, aylanuvchan magnit maydoni hosil bo'lmaydi.

Ma'lumki, chulg'amlardan uch fazali tok o'tiganda bir juft qutbli ($r=1$) 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. 7.7-rasmida ikki juft qutbli magnit maydoni ko'rsatilgan. Bu yerda chulg'amlar soni avvalig'iga nisbatan ikki marta ko'p bo'lib, maxsus sxema bo'yicha ulangan. Agar statorning

chulg'amlari bilan birgalikda sirtini yoyib (7.7-rasm) chulg'amlarning ulanish sxemasini va chulg'amlardagi toklarning yo'nalishini ko'radigan bo'lsak ($t=r/v$ vaqt uchun), u holda qo'shni har uch o'lkazgichdagi (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.



7.7-rasm. Ikki juft qutbli magnit maydoni.

Bizning misolda bir juft qutb stator aylanmasini yarmini egallaganligi uchun o'zgaruvchan tokning bir davri mobaynida aylanuvchan magnit maydoni stator aylanmasining yarmiga buriyadi. Agar magnit maydoni r juft qutblar soniga ega bo'lsa, aylanuvchan magnit maydoni $1/r$ bo'lakka buriyadi; u holda aylanuvchan magnit maydonining burchak tezligi $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$. Agar $1/T = 2\pi\nu$ ekanligi hisobga olinsa, P agar aylanuvchan magnit maydonining burchak tezligi ω_1 ni aylanish tezligi n_1 bilan, burchak chastota ω ni esa o'zgaruvchan tok chastotasi ν orqali ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi\nu}{60} \text{ bundan } n_1 = \frac{60\nu}{P}$$

Demak, magnit maydonining aylanish tezligi o'zgaruvchan tok chastotasiga va juft qutblar soniga bog'liq ekan. Aylanuvchan magnit maydonining yo'nalishini o'zgartirish (reverlash) 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'zini almashiriladi.

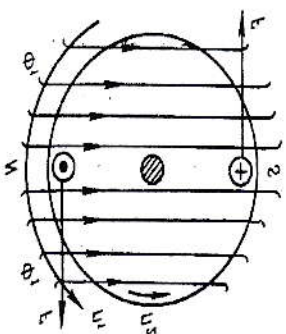
Sanoat chastotasi ($\nu_1 = 50 \text{ Hz}$) da aylanuvchan magnit maydonining aylanish

tezligi $n_1 = \frac{300}{p}$ 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, dvigateling 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, $n_{nom} = 2860 \text{ ayl/min}$ ga, $n_1 = 3000 \text{ ayl/min}$, $n_{nom} = 1460 \text{ ayl/min}$ ga, $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$ mos keladi.

7.3. -§ Asinxron dvigateling ishlash prinsipi

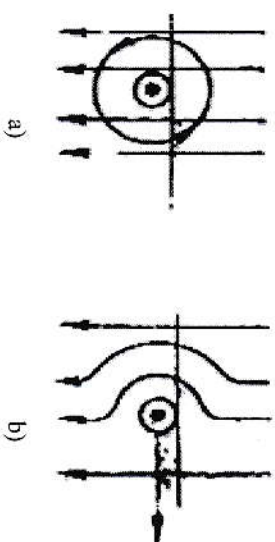
Statorda n_1 tezlik bilan aylanayotgan aylanuvchan magnit maydonining oqimi F_1 rotor chulg'amlarini kesib o'tib, elektromagnit induksiya qonuniga asosan, rotor chulg'amlarida EYUK induksiyalaydi. EYUK, o'z navbatida, rotor tokini hosil qiladi.



7.8-rasm. Aylanuvchan magnit maydonining o'q chiziqlari.

7.8-rasmda aylanuvchan magnit maydonining o'q chizig'ida tokning yo'nalishi ko'rsatilgan. Rotor toki, o'z navbatida, rotor chulg'ami atrofida Φ_2 magnit oqini hosil qiladi. Uning yo'nalishi esa "parma" qoidasi bo'yicha aniqlanadi (7.9.a-rasm).

Rotor chulg'amining magnit oqimi Φ_2 statorning magnit oqimi Φ_1 ga qo'shilib, dvigateling umumiy magnit maydoni oqimini hosil qiladi. Natijada deformatsiyalangan magnit maydonida joylashgan rotor chulg'amlariga 7.9.b-rasmda ko'rsatilgandek F juft kuch ta'sir etib boshlaydi. Bu kuchning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga ko'ra aniqlanadi. Shunday qilib, shimoliy N qutb ostida joylashgan barcha o'tkazgichlarga ta'sir etuvchi kuchning yo'nalishi, janubiy S qutb ostida joylashgan o'tkazgichlarga ta'sir etuvchi kuch yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lib, juft kuch yuzaga keladi. Mazkur juft kuch ta'sirida rotor n_2 tezlikda, aylanuvchan magnit maydonining aylanish yo'nalishida aylana boshlaydi. Ammo rotorning aylanish tezligi n_2 statorning aylanuvchan magnit maydonining aylanish tezligidan kichik bo'ladi.



7.9.a.b-rasm. Rotor chulg'ami atrofida Φ magnit oqimini hosil bo'lishi.

Agar stator magnit maydonining aylanish tezligi va rotorning aylanish tezligi o'zaro tenglashdi ($n_1 = n_2$) desak, u holda aylanuvchan magnit maydonining kuch chiziqlari rotor chulg'amlarini kesib o'tmaydi va natijada rotor EYUK induksiyanmaydi. Bunda rotor toki I_2 va kuch F nolga teng bo'ladi. Bunday sharoitda rotor inertsiasini bo'yicha harakatni davom ettirib, podshipniklaridagi (aylanishdagi) va havo bilan ishqalanish tufayli rotorning tezligi kichikroq, ya'ni

($n_2 < n_1$) bunday elektr mashinalar asinxron (tezliklari bir xil emas) mashinalar deb nomlangan. Rotor aylanish tezligining stator magnit maydonining aylanish tezligidan o'rqada qolishi rotorning sirpanishi deyiladi va u lotincha *s* harfi bilan belgilanib, quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad (7.2)$$

(7.2) ifodadan dvigatel rotorining aylanish tezligi $n_2 = n_1 (S)$ ni aniqlash mumkin. Tezliklar farqiga rotorning sirpanish tezligi deyilib, quyidagicha ifodalanadi:

$$n_s = n_1 - n_2 \quad (7.3)$$

Dvigatelning ishlash jarayonida sirpanish qiymati 0 dan 1 gacha o'zgaradi, dvigatelni ishga tushirish paytida rotorning aylanish tezligi $n_1 = 0$ bo'lgani uchun $S = 1$ bo'ladi. Dvigatelning nominal sirpanishi $S_{\text{nom}} = 0,03 \div 0,06$ qiymatini yoki $(3 \div 6)\%$ ni tashkil etadi. Agar dvigatelning nominal aylanish tezligi berilgan bo'lsa, sirpanishning qiymati bo'yicha aylanuvchan magnit maydonining tezligini topish mumkin.

Qo'zg'almas rotor chulg'amida induksiyaalangan EYuK ning chastotasi aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi bilan aniqlanadi:

$$\nu_2 = \frac{n_1 P}{60} \quad (7.4)$$

Aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar soni $n_1 = \frac{60\nu}{P}$ ekanligini hisobga olsak, $\nu_1 = \nu_2$ bo'ladi, ya'ni qo'zg'almas rotor chulg'amida induksiyaalangan EYuK ning chastotasi elektr energiya manbaining chastotasiga teng bo'lar ekan. U holda aylanuvchan magnit maydonining stator va rotor chulg'amlarida induksiyaalangan EYuK lari:

$$E_1 = 4,4 \omega_1 \nu_1 K_f \Phi_m \quad (7.5)$$

$$E_2 = 4,4 \omega_2 \nu_2 K_f \Phi_m \quad (7.6)$$

Agar $\nu_1 = \nu_2$ ekanligini hisobga olsak, rotor chulg'amidagi $E_2 = 4,4 \omega_2 \nu_2 K_f \Phi_m$ ga teng bo'ladi. Tormozlangan rotor va stator EYuK larning nisbati asinxron dvigatel EYuK larning transformatsiya koeffitsienti deb ataladi:

$$K_E = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1 K_f}{\omega_2 K_f} \quad (7.7)$$

Bu yerda K_f va K_f stator va rotor chulg'amlari koeffitsienti hisoblanadi. (7.7) ifodadan $E_1 = E_2$ ni topamiz. Bu qiymat rotor EYuK ining keltirilgan qiymati deyiladi. Yuqorida keltirilganlarga asoslanib shuni aytish mumkinki, agar asinxron dvigatelning rotori aylanmasa (rotor chulg'ami uzilgan bo'lsa), mazkur dvigatel transformator rejimida ishlaydi.

Aylanuvchan rotorning EYuK va toki. Aylanayotgan rotorning chulg'amlarida induksiyaalangan EYuK ning chastotasi ν_{2s} rotorning sirpanish tezligi n_s ga bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$\nu_{2s} = \frac{P n_s}{60} = \frac{P (n_1 - n_2)}{60} \quad (7.8)$$

(7.8) ifodaga quyidagicha o'zgarish kiritib, aylanuvchan rotor EYuK chastotasini sirpanishga bog'liqligini hosil qilamiz:

$$\nu_{2s} = \frac{P (n_1 - n_2)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_2} = \nu_{2s} \quad (7.9)$$

Demak, aylanuvchan rotor EYuK ining chastotasi rotor sirpanishiga to'g'ri proporsional ekan.

Dvigatel sanoat chastotasi ($\nu_1 = 50$ Hz) va nominal yuklamada ishlaganda $S_{\text{nom}} = (2 \div 6)\%$ ekanligini hisobga olsak, $\nu_{2s} = (1 \div 3)$ Hz ni tashkil etadi.

Dvigatelni ishga tushirish paytida $S = 1$ bo'lganligi uchun $\nu_{2s} = \nu_1$ ideal salt ishlash rejimida, ya'ni $S = 0$ da $\nu_{2s} = 0$ bo'ladi.

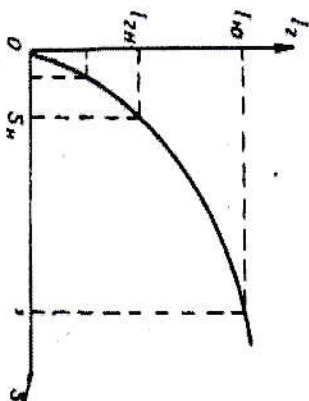
(7.9) ifodani hisobga olsak, rotor EYuK ining ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$E_{zs} = 4,4\omega_2 V_{zs} K_r \Phi_m \quad (7.10)$$

U holda rotor toki quyidagicha aniqlanadi

$$I_{zs} = \frac{E_{zs}}{Z_s} = \frac{E_{zs}}{\sqrt{R_s^2 + X_{zs}^2}} \quad (7.11)$$

bu yerda: X_{zs} - aylanuvchan rotor chulg'amini induktiv qarshiligi.



7.10-rasm. Rotor tokining sirpanishga bog'liqligi.

7.10-rasmida rotor tokining sirpanishga bog'liqlik grafiqi keltirilgan. Rotorni ishga tushirish paytida ($S=1$) unda maksimal EYuK induksiyalangan uchun rotor chulg'amidan katta tok oqib o'ta boshlaydi. Bu esa o'z navbatida, stator chulg'amidan ham katta tok oqib o'tishiga sabab bo'ladi (transformatorga o'xshash). Bu tok asinxron dvigatelini ishga tushurish toki I_{ts} deb atalib, qiymat jihatdan $I_{ts} = (5 \div 7) I_{nom}$ ga teng bo'ladi. O'rta va katta quvvalli asinxron dvigatellarini bunday katta ishga tushirish tokidan saqlash uchun ular ishga tushirish qurilmalari yordamida ishga tushiriladi.

Asinxron dvigatel magnet yurituvchi kuchining tenglamasi. Asinxron dvigatel salt ishlaganda rotorning MYuK nolga teng bo'ladi. Aylanuvchan magnet maydoni esa statorning MYuK tufayli hosil qilinadi, ya'ni

$$F_0 = m_1 I_0 W_1 \quad (7.12)$$

bu erda: m_1 - stator fazalarining soni; W_1 - stator faza chulg'amlarining o'ramlar soni; I_0 - salt ishlash toki. Agar asinxron dvigatelning valdagi yuklamaning qiymati ortsa, rotor toki ham ortib, stator MYuK ga qarama-qarshi yo'nalgan rotor MYuK hosil bo'ladi. Natijada rotor MYuK ni kompensatsiyalash uchun stator MYuK ham shu qiymatga o'zgaradi. Shunday qilib, stator va rotor MYuK larning geometrik yig'indisi har doim o'zgarmas bo'ladi, ya'ni

$$F_0 = F_1 + F_2 \text{ yoki } I_0 = I_1 + I_2 \quad (7.13)$$

Stator toki (7.13) dan $I_1 = I_0 - I_2$ Shunday qilib, stator toki salt ishlash tokidan va qarshilik (tormozlash) momenti tufayli vujudga keladigan I_2 dan iborat ekan. Asinxron dvigatellarda salt ishlash toki nominal tokning 40-60% ini tashkil etishida sabab rotor bilan stator orasidagi havo bo'shlig'ining mavjudligidir.

VII.bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari

va testlar

1. Asinxron mashinalarning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
2. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnet maydonining hosil bo'lishi mexanizmini tushuntiring?
3. Aylanuvchan magnet maydonning tezligi qanday topiladi?
4. Rotorning sirpanishi va aylanish tezligi qaysi ifoda yordamida hisoblanadi?
5. Qo'zg'almas rotor chulg'amidagi tok chastotasi qanday topiladi?
6. Asinxron dvigatel magnet yurituvchi kuchining tenglamasini tushuntiring?

Test savollari.

1. Asinxron mashinalar o'zgaruvchan tok mashinasi bo'lib, uning ishlash prinsipi aylanuvchan maydoni hodisasiga asoslangandir?
- A)Magnet B)Elektr C)Maydon hosil bo'limaydi D)Gravitation
2. Asinxron dvigatelning qaysi qismlardan tashkil topgan?

A) Stator va rotor B) Kondensator va induktiv g'alak

C) Stator va induktiv g'alak D) Kondensator va rotor

3. Stator chulg'ami izolyatsiyalangan mis simlardan yasalgan bo'lib, stator pazlariga qanday burchak ostida joylashtiriladi?

A) $2\pi/3$ B) $\pi/3$ C) $\pi/2$

4. Asinxron dvigatelning aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) n_1 = \frac{60\nu}{p} \quad B) n_1 = \frac{60P}{\nu} \quad C) n_1 = \frac{160\nu}{p} \quad D) n_1 = \frac{6\nu}{p}$$

5. Asinxron dvigatel rotorining sirpanish qaysi ifoda bilan topiladi?

$$A) s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\% \quad B) s = \frac{n_2 - n_1}{n_1} 100\% \quad C) s = \frac{n_2}{n_1} 100\% \quad D) \text{Barcha javoblar to'g'ri.}$$

6. Asinxron dvigatel magnit yurituvchi kuchining tenglamasini toping (m1 - stator fazalarining soni; ω_1 - stator faza chulg'amlarining o'tramlar soni; I_0 - salt ishlash toki)?

$$A) F_0 = m_1 I_0 \omega_1 \quad B) F_0 = m_1 / I_0 \omega_1 \quad C) F_0 = m_1 I_0 / \omega_1 \quad D) F_0 = I_0 / \omega_1 m_1$$

7. Sanoatda eng kop qo'llanilayotgan dvigatellar?

A) Ansinxron B) Sinxron C) RC generatorlar D) LC generatorlar

8. Asinxron dvigatellarni qanday usullarda ulash mumkinligi qaysi javobda to'liq ko'rsatilgan?

A) Uchburchak, yulduz B) Uchburchak C) Yulduz D) Oddiy

9. Asinxron dvigatelning ishlash prinsipi qaysi hodisaga asoslangan?

A) Elektromagnit induksiya B) Fotoelektrik C) Termoelektron emissiya D) Fotoefekt

10. Ansinxron so'zining manosi nima?

A) Aylanish tezligi bir xil emas B) Aylanish tezligi bir xil

C) Quvvati bir xil D) Quvvati har xil

VIII. BOB. O'ZGARMAS TOK MASHINALARI

8.1 - §. O'zgarmas tok mashinasining tuzilishi va ishlash prinsipi

O'zgarmas tok elektr mashinalari dastlab yaratilgan elektr mashinalaridir. 1838-yili akademik B.S. Yakobi bunday mashinani qayiq yuritmasi sifatida tadbir qildi.

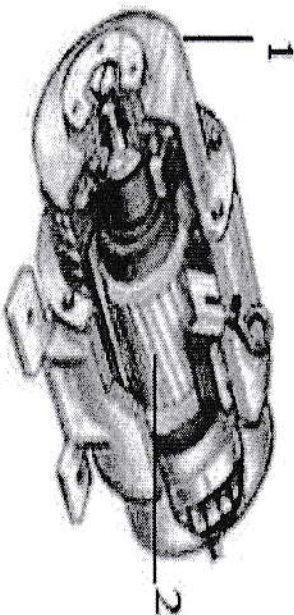
O'zgarmas tok mashinalarining rivojlana boshishi bilan (XIX asrning 70-80-yy.) o'zgarmas tok mashinalarining nisbiy solishtirma miqdori kamaya bordi, chunki tuzilishi murakkab, o'zgarmas tok mashinalariga nisbatan ancha qimmat va ishonchli ishlash qobiliyati pastroq bo'lganligi uchun, shuning uchun ham o'zgarmas tok mashinalari tobora keng qo'llanilayapti. O'zgarmas tok mashinalari ommaaviy (seriyaviy) bir necha vatt dan bir necha yuz kVt quvvatlarda ishlab chiqariladi. O'zgarmas tok mashinalari ikki xil holatda (rejimda) ishlashi mumkin: generator yoki motor.

Amalda generator o'zgarmas tokda ishlovchi har xil qurilmalarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun qo'llaniladi. O'zgarmas tok motori esa, aylanish chastotasini keng oralqida tekis roslanishini talab etuvchi mexanizmlarini yuritish uchun qo'llaniladi. Bunday mexanizmlar: katta quvvatli metallga ishlov beruvchi stanoklar, transport (tramvay, trolleybus, metropoezdlari), avtomatika sohasida va h.k.

Mashina ikki asosiy qismdan: qo'zg'almas 1-qism, stator va aylanuvchi 2-qism, rotor (yakor deb ham ataladi) dan iborat (8.1-rasm).

Stator stanina, bosh qutblar, qo'shimcha qutblar, podshipniklar va cho'tka qurilmasi (cho'tkalar joylashtirilgan maxsus traversalar) dan tuzilgan. Statina po'lat varaq yoki po'lat quymasidan tayyorlanadi, bu elektr mashinasining asosini tashkil etadi va magnit o'tkazgich vazifasini bajaradi. Bosh magnit qutblari vaqt bo'yicha o'zgarmas va fazoda qo'zg'almas magnit maydonini hosil qiladi, buning uchun magnit qutblari chulg'amlaridan o'zgarmas tok o'tkaziladi, hamda qo'shimcha qutblar

bosh qutblar oralig'ida o'rnatiladi va ular kommutatsiya holatlarini yaxshilash uchun xizmat qiladi. Podshipnik shchitlari statorni yon tomonlaridan berkitib turadi va shchitlarga podshipniklar o'rnatiladi va cho'tkali traversa mahkamlanadi.

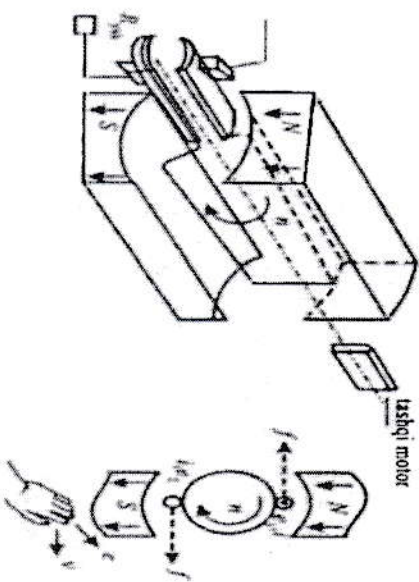


8.1-rasm. O'zgarmas tok mashinasining tuzilishi.

Yakorning tuzilishi. Yakor o'zakdan, chulg'amlardan va kollektorlardan tuzilgan. O'zak silindrik shakldan iborat. O'zak elektrotexnik po'lat varaqlardan templash bilan tayyorlangan segmentlar (thalqalar) dan to'planadi. Bu halqalarning tashqi sirtida shamlab pazlar (kovaklar) qilinadi. Bu kovaklarga mis o'tkazgichlardan tayyorlangan chulg'am (o'ram)lar joylashtiriladi. Har o'ranning bosh va oxirgi uchlari kollektorlarga chiqarilib, kollektor plastinalariga kavshatlanadi. Natijada yakorning berk chulg'ami hosil bo'ladi. Kollektor mis plastinalaridan yig'iladi, ular bir-biridan va korpusdan izolatsiyalanadi. Shu maqsadda mikanit qoplanasi (prokladka) qo'llaniladi. Kollektor ham silindr shaklda bo'lib, yakorning zaliga joylashtiriladi.

O'zgarmas tok generatorining ishlashi elektromagnit induksiyasi hodisasiga asoslanadi. Agar o'ram (8.2-rasm)da generator magnit maydonida aylanuvchi o'ram sifatida ko'rsatilgan; bosh va oxirgi uchlari kollektorning ikkita plastinasiga chiqarilgan, plastinalarga cho'tkalar orqali R_{yus} ulangan bo'lsa, tashqi kuch ta'sirida aylanirisa, o'ram simlari aktiv qismi magnit maydonni kesib o'tadi. Natijada

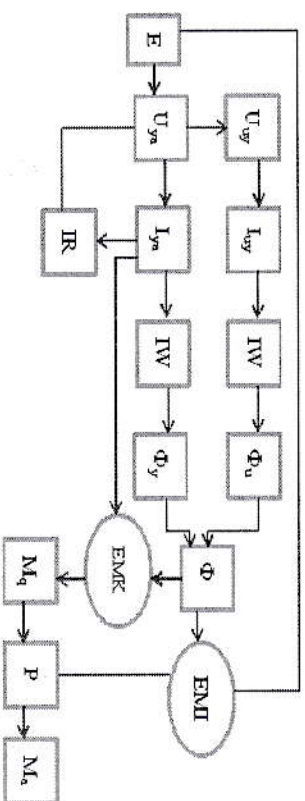
simlarda EYuK E_1 va E_2 lar hosil bo'ladi. Bu EYuK lar yo'nalishi o'ng qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi. Agar o'ranning aylanishi soat mili harakati yo'nalishida bo'lsa, yuqoridagi simda (ya'ni, N qutb tagidagi) hosil bo'lgan E_1 bizdan ($\otimes$) yo'nalgan, pastkisida esa E_2 ($\odot$) biz tomon yo'naladi. O'ram bo'ylab EYuK lar o'zaro qo'shiladi va umumiy EYuK $E = E_1 + E_2$ bo'ladi. Agar tashqi zanjir berk bo'lsa, u orqali tok o'tadi. Tokning yo'nalishi pastki cho'tkadan R_{yus} orqali yuqori cho'tka tomon ($\odot$) bo'ladi, ya'ni pastki cho'tka ($\otimes$) bo'ladi.



8.2-rasm. a) O'zgarmas tok generatorining ishlashi, b) tok yo'nalishini aniqlash.

O'ranning 180° ga burilishi bilan simlar bir qutb zonasidan boshqa qutb zonasiga o'tadi va EYuK lar yo'nalishi ularda teskarisiga o'zgaradi. Shu onda yuqoridagi kollektor plastinasi pastki cho'tka bilanpastki kollektor plastina esa yuqoridagi cho'tka bilan kontaktida bo'ladi. Shuning uchun ham R_{yus} dan o'tuvchi tokning yo'nalishi o'zgarmaydi. Shunday qilib, kollektor plastinalari aylanuvchi o'ranning tashqi zanjir bilan bog'labgina qolmasdan, shu vaqtda qayta ulagich vazifasini ham bajaradi, ya'ni eng soddada mexanik to'g'rilagich bo'ladi.

O'zgarmas tok mashinasi generator rejimida ishlaganida berk tashqi zanjirida va yakor o'rani orqali tok o'tadi, bu tokning yo'nalishi EYuK yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Tokning magnet qutblari hosil qilgan magnet maydoni bilan o'zaro ta'siri natijasida M moment hosil bo'ladi. Bu momentni yo'nalishi soat mili yo'nalishiga teskari bo'lib, uni qarama-qarshi moment M_{oz} deyiladi. M_{oz} - bu mashinaning tashqi aylanish momenti M_{ov} ga proporsionaldir.



8.3-rasm. Generatorning shartli mantiqiy sxemasi.

U_{og} - uyg'otish kuchlanishi; w_{og} - uyg'otish chulg'ani o'ranlar soni; EMI - elektro magnet induksiya; EMK - elektr magnet kuch.

Barqaror (turg'un) rejimda M_{ov} va M_{oz} o'zaro muvozanalashadi, ya'ni $M_{ov} = M_{oz}$

Yakorning magnet maydonida aylanishi natijasida uning chulg'amlarida EYuK hosil bo'ladi.

$$E = B l v \quad (8.1)$$

Bu yerda: l - uzunlik. Uning o'rtacha qiymati

$$e_{o,r} = B_{o,r} \cdot l \cdot v = \frac{\Phi}{T} \cdot l \cdot v \quad (8.2)$$

Bu yerda: $B_{o,r}$ - magnet induksiya o'rta qiymati, Φ - qutb uchun magnet oqimi.

$$\tau = \frac{\pi d}{2p} - \text{(qutb) bo'limi. } v = \frac{2 \cdot p \cdot n \cdot \tau}{60} - \text{tezlik. Bu yerda: } d - \text{yakor diametri; } n -$$

yakor aylanish chastotasi; $2p$ - qutblar soni. Yakor chulg'ani N o'tkazgichdan iborat, uning EYuK (8.3):

$$E = \frac{2 \cdot p \cdot n \cdot l \cdot r \cdot N \cdot B_{oa}}{60 \cdot 2 \cdot a} \quad (8.3)$$

$2a$ - parallel shoxobchalar soni (8.4):

$$E = \frac{p \cdot N \cdot n \cdot \Phi}{60a} = C_E \cdot n \cdot \Phi \quad (8.4)$$

ya'ni $E = C_E \cdot n \cdot \Phi$

$C_E = \frac{pN}{60a}$ - berilgan mashina doimiyligi, EYuK ning konstruktiv koeffitsienti deyiladi.

Simdan o'tuvchi tokning magnet maydoni bilan o'zaro ta'sir kuchi:

$$f = B \cdot I_o \cdot l \quad (8.5)$$

I_o - o'tkazgich toki, bu tok bir parallel shoxobcha tokiga teng.

N - o'tkazgich hosil qilgan elektr magnet momenti:

$$M = \frac{D}{2} \cdot \frac{l}{2a} \cdot N \cdot I_{ov} \cdot B_{o,r} \quad (8.6)$$

$C_u = \frac{pN}{2\pi a}$ elektr mashina momentining doimiy koeffitsienti.

Yakor reaksiyasi - yakor toki hosil qilgan magnet maydonining mashina bosh qutblari magnet maydoniga ta'siri hodisasi. Generator salt ishida mashina magnet maydoni faqat bosh qutblar bilan hosil bo'ladi. Generator yuklanganida esa, yakor chulg'amidan tok o'tadi va u o'z magnet maydonini hosil qiladi. Buni yakor magnet maydoni deyiladi. Yakor maydoni qutblar magnet maydoniga ustlashadi. Shunday qilib, generatorda umumiy magnet maydoni paydo bo'ladi.

8.2-§.Generator foydali ish ko'effitsienti

Generator foydali ish ko'effitsienti quyidagi formula orqali topiladi (8.7).

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \quad (8.7)$$

$$P_{2, foydali} \quad P_2 = UI$$

ΔP -isroflar quvvati.

$$\Delta P = \Delta P_{mex} + \Delta P_{mag} + \Delta P_{el} + \Delta P_{q} \quad (8.8)$$

$\Delta P_{el} = I^2 \cdot R$ - misdagi isroflar (chulg'amlardagi isroflar);

ΔP_{mag} - magnit isroflar (po'lardagi isroflar);

ΔP_{mex} — ishqalanish—mexanik isroflar;

$\Delta P_{el} = 0.01$; P_{nom} -o'shimcha isroflar mikromashinalarda 10 Vt gacha, 10 kVt gacha

quvvatli mashinalarda $\eta = 0.83$, 1000 kVt va katta quvvatli generatorlar uchun $\eta = 0.96$. Generator ishlashini tavsiflovchi asosiy qiymatlar:

P - generator (manbaga beruvchi) quvvati;

U - kuchlanish, $I_{yug'ot}$ - uyg'otish toki, I_{yu} - yakor toki, n - aylanish chastotasi.

EYuK tenglamasi (8.9):

$$E = C_E \cdot n \cdot \Phi \quad (8.9)$$

Yakor zanjiri elektr holati tenglamasi (8.10):

$$U = E - r_a \cdot I_a \quad (8.10)$$

Generator tavsiflari:

1. Salt ish tavsifi - $E = f(I_{yug'})$ $I = 0$, $n = n_{nom} = \text{const}$ da generator EYuK ning uyg'otish tokiga bog'liqligi.

2. Tashqi tavsif- $U = f(I)$ $R_{yu} = \text{const}$ $n = \text{const}$ da generator chiqish qismlaridagi kuchlanishning yuklama tokiga bog'liqligi, bu holda uyg'otish zanjiridagi qarshilik va aylanish chastotasi doimiy - o'zgarmas qiyamda bo'lishi shart.

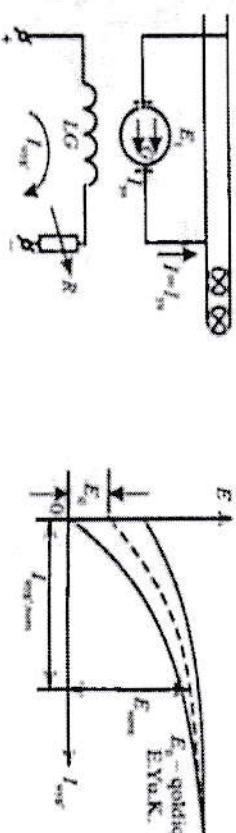
3. Rostlash tavsifi $I_{yug'} = f(I)$ $U = \text{const}$, $n = n_{nom} = \text{const}$ ya'ni uyg'otish tokining yuklama tokiga bog'liqligi bo'lib, bunda generator chiqishidagi kuchlanish ($U = \text{const}$, va $n = n_{nom} = \text{const}$ bo'lishi kerak.

Generatorlar mustaqil, parallel, ketma-ket va aralash uyg'otishli bo'ladi. Mustaqil uyg'otishli generator - bu generatorda uyg'otish chulg'ami mustaqil elektr energiya manbaiga ulanadi (yoki magnit oqimi doimiy magnit bilan hosil qilinadi).

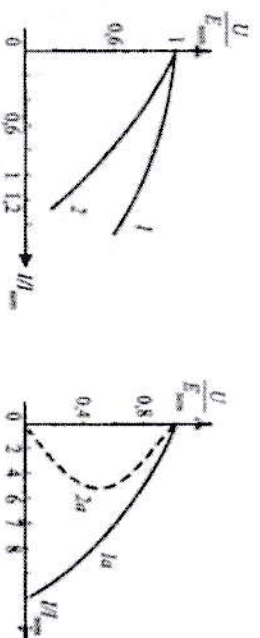
Salt ish tavsifi $I_{yug'}$ ni tekis o'zgartirib, avval oshira borib, so'ngra kamaytira boriladi: $n = \text{const}$ ($n = n_{nom}$) qiyamda tajribada olinadi.

$n = \text{const}$ da $E = C_E \cdot n \cdot \Phi$ faqat F ga proporsional o'zgaradi.

E_0 -uyg'otish toki uzib qo'yilganidan so'ng qoldiq magnit induksiyasi ta'sirida hosil bo'ladi. $I_{yug', nom}$ $E_{yug', nom}$ - salt tavsifida burilish qismida joylashadi.



8.4-rasm. Salt ishlash sxemasiva tavsifi.

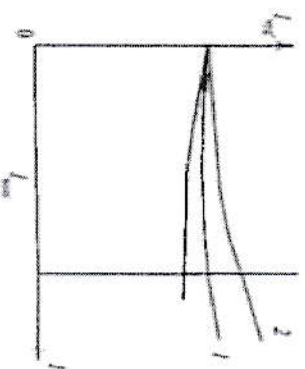


8.5-rasm. Tashqi tavsifi.

E ning sezilari miqdori uyg'otish tokining kichik qiymatida hosil bo'ladi, hisob ishlarida uzun (o'rt) chiziqdan foydalaniladi, generator toki uning qismlaridagi kuchlanishga ta'sirini ko'rsatadi. $U = E - I r_{\text{sv}}$ - yuklamani noldan nominalgacha o'rishi bilan 5-15% ga tekis kamayadi. Sabab:

a) Kuchlanishning R_{sv} da tushuvchi

b) EYuK ning yakor reaksiyasi natijasida kamayishi yakor toki magnitizlantirish yo'nalishida bo'ladi. O'ta yuklanish natijasida yakordagi tok kuchi juda o'rtib ketadi va kuchlanish juda ko'p kamayadi (tushadi). Generator kuchlanishini doimiy qiymatida ushlab turish uchun uyg'otish zanjiriga reostat ulanib, u bilan uyg'otish toki rostanadi va $U_{\text{yg}} = \text{const}$ qilinadi.



8.6-rasm. Rostlash tavsifi.

O'zgarmas tok motorlari (O'TM). Elektr mashina motor rejimida ishlatilganida

yakor o'tkazgichlarning (simlari) magnit maydonini kesib o'tadi va chulg'am simlarida EYuK hosil bo'ladi. EYuK yo'nalishi o'ng qo'l qoidasi bilan aniqlanadi, bu EYuK tok yo'nalishiga qarama-qarshi yo'naladi. Demak, EYuK manba kuchlanishiga ham qarama-qarshi bo'ladi. Bargaqor rejimida $E_{\text{qarshi}} = U$ bo'ladi. Shunday qilib, elektr motor rejimida cho'tkalar doimiy kuchlanish ulanadi, cho'tkalar orqali kollektor plastinkalari va yakor o'ramlaridan tok o'tadi. Elektromagnit kuch qonuni (Ampere qonuniga binoan tok va magnit maydoni Ula'sirida kuch f hosil bo'ladi, bu kuch yunalishi U va I ga tik (perpendikular) bo'ladi, ushbu kuchning yo'nalishi chap qo'l yunalishi bilan aniqlanadi. Juft kuchlar aylanna moment M_{sv} hosil qiladi. Bu esa, o'ramni soat mili yo'nalishida buradi. Tepadagi simning janubiy qutb S ta'siriga o'tishi, pastning esa shimoliy qutb N ta'siriga o'tishi bilan, o'tkazgichlarning uchlari va ular bilan ulangan kollektor plastinkalari cho'tkalar orqali kuchlanishning teskari qutblariga ulanadi. Natijada o'ram simlaridan o'tuvchi tok yo'nalishi teskariga o'zgaradi, shuning uchun kuch f va moment M_{sv} hamda tashqi zanjirdagi tok yo'nalishi o'zgaraydi. O'ram magnit maydonida uzluksiz aylanadi. Motor rejimida kollektor mexanik inverter vazifasini bajaradi, ya'ni tashqi zanjirdagi doimiy tokni yakor chulg'ami o'ramida o'zgaruvchan tokga o'zgartiradi.

Elektr motor tenglamasi (8.12):

$$U = E + I_{\text{sv}} \cdot R_{\text{sv}} \quad (8.12)$$

Elektromagnit moment tenglamasi (8.13):

$$M_{\text{sv}} = C_{\text{M}} \cdot I_{\text{sv}} \cdot \Phi \quad (8.13)$$

Yakor zanjiri elektron holat tenglamasi (8.14):

$$U = E_{\text{a}} + R_{\text{sv}} \cdot I_{\text{sv}} \quad (8.14)$$

Qarshi EYuK tenglamasi (8.15):

$$E_{\text{q}} = C_{\text{e}} \cdot n \cdot \Phi \quad (8.15)$$

Momentlar tenglamasi (8.16):

$$M_{\text{tot}} = M_k + M_i + M_{\text{dm}} \quad (8.16)$$

Bu yerda: M_k -motor validagi qارشilik momenti, yuklama hosil qiladi; M_r motoridagi isrof momenti; M_{din} -dinamik moment, inersiya kuchlari hosil qiladi. Motorni tavsiflovchi kattaliklar, P_2 -motor validagi mexanik quvvat, U - manba kuchlanishi, I -manbaning iste'mol toki, I_{ϕ} -yakordagi tok kuchi, I_k -qارشilikdagi tok kuchi, $qo'zg'atish$ toki, n - aylanish chastotasi, M - elektrom agnit moment. Bu kattaliklarning o'zaro bog'lanishlari quyidagi tenglamadan aniqlanadi (8.17):

$$U = E + I_{yz} R_{yx} \quad (8.17)$$

Motorga U kuchlanish ulangan. Qo'zg'atish chulq'ami zanjiridan I_k tok o'tadi. yakor zanjiridan esa I_{yt} magnit yurituvchi kuch $MYuk$ hosil bo'ladi (8.18):

$$\Phi_i = I_k \cdot W_k \quad (8.18)$$

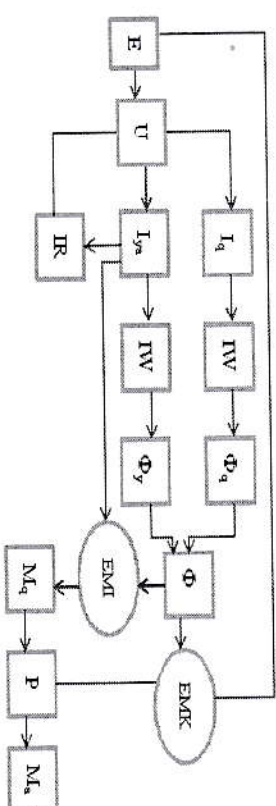
Bu esa magnit oqimi Φ_n ni hosil qiladi. Yakor toki I_{yn} yakorning reaksiya magnit oqimi Φ_{yn} ni hosil qiladi. Umum (natijaviy) magnit oqimi (8.19):

$$\phi_{in} = \phi_{out} + \phi \quad (8.19)$$

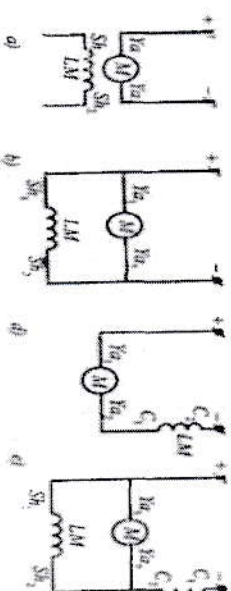
ga teng bo'ladi. Yakor toki I_{yak} kuchlanish tushuvi R_{yak} hosil qiladi. I_{yak} bilan Φ_{yam} o'zaro ta'sirida aylanma moment M_{oy} hosil bo'ladi. Barqaror rejimda $M_{\text{oy}} = M_k$ (M_k - qarshi ta'sir momenti).

Yakor chulg'ami simlari magnit maydonini Φ_{sim} kesib o'tishi bilan simlarda EYuK hosil bo'lub, bu EYuK manba qo'llanishi U'ga qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi. Shuning uchun (8.20):

$$U = E + I_{\text{sd}} \cdot R_{\text{sd}} \quad (8.20)$$



8.7-rasm. Moting shartli mantiqiy sxemasi



8.8-rasm: OTM larining sxemalari:

a) mustaqil qo'zg'atishli; b) parallel qo'zg'atishli; d) ketma-ket (seriya) qo'zg'atishli; e) aralash (kompand) qo'zg'atishli.

8.3.3-§.Motoring tavsiflari va uni ishga tushirish usullari

a) mexanik tavsifi- $m=f(M_k)$ yoki $m(M_k)$, bu aylanish chastotasining motor validagi momentga bog'liqligi bo'lib, ($U=\text{const}$, $I=\text{const}$) bo'lganida motori tavsiflaydi. Bu tavsif motor validagi mexanik yukning motorning aylanish chastotasiga ta'sirini ko'rsatadi;

- b) roslash tavsif - $n = f(I_q)$ yoki $n(M_k)$;
 - d) tezlik, elektromexanik tavsif - $n = f(I_w)$;
 - e) ishchi tavsiflar - $M, R, n, l, \eta = f(R_2)$
- Mexanik tavsif tenglamasi. Yakor zanjiri elektr holati tenglamasidan (8.2.1):

$$U = E_y + I_{yw} \cdot R_{yw} \quad (8.21)$$

Bu tenglama Kirxgofning II qonuni asosida yoziladi (8.22):

$$n = \frac{(U - I_{yw} \cdot R_{yw})}{C_{\phi} \cdot \Phi} \quad (8.22)$$

hosil bo'ladi.

Mexanik tavsif shakli motor yukining Φ ga bog'liqligi bilan aniqlanadi. O'zgarimas tok mashinasi (O'TM)-mustaqil, parallel, ketma-ket va aralash qo'zg'atishli bo'ladi va bu turlar motor qo'zg'atish chulg'amini motor yakor chulg'amiga ulanishi bilan aniqlanadi, shuning uchun motorlarning a va b sxemalaridagi xarakteristikalar (tavsiflar) bir xil bo'ladi.

Motorni reverslash-uning aylanish yo'nalishini o'zgartirish, agar yakor toki yo'nalishini yoki mashina magnit oqimi yo'nalishini o'zgartirisa moment ishorasi, demak, aylanish yo'nalishi o'zgaradi. Amalda buni yakor chulg'amлари uchlarini yoki qo'zg'atish chulg'amining uchlarini qayta o'zgartirib ulash bilan amalga oshiriladi. Ikkala chulg'amda bir vaqtda qayta ulash esa, aylanish yo'nalishini o'zgartirmaydi.

O'zgarimas tok motorlarini ishga tushirish. Motorni ishga tushirishda 2 ta talab qo'yiladi:

1. Motorga ishga tushirish uchun qo'zg'atish va yakorni tezlatish uchun yetarli M_{av} ni ta'minlash zarur.

2. Ishga tushirish toki qiymati cheklanishi kerak, ya'ni ishga tushish vaqtida yakordan o'tuvchi tok $I_{\pi} \leq 2,5I_{nom}$ bo'lishini ta'minlash kerak. $2,5I_{nom}$ dan ortib ketmasligi kerak.

Ishga tushirishning uchta usuli bor:

1. To'g'ridan-to'g'ri ishga tushirish.
2. Yakor zanjiriga reostat ulab ishga tushirish.
3. Yakorga pasaytirilgan kuchlanish berib ishga tushirish.

1. Yakor zanjiriga to'liq kuchlanish ulanadi. Ishga tushirish onida $n=0$, shuning uchun $E=0$. Yakor toki esa (8.23),

$$I_{yw} = \frac{U}{R_{yw}} \quad (8.23)$$

bo'ladi. Ko'p hollarda $R_{ywk} = (0,002-1,1)$ Ohm bo'lgani uchun $I_{ywII} = 50I_{nom}$ bo'lishi mumkin; bu esa, mutlaqo yo'l qo'yilmaydigan holdir. Shuning uchun bu usul kichik quvvatli O'TM qo'llanilishi mumkin. Ularda $I_{ywII} = (4-6)I_{nom}$ va to'liq tezlik olishga 1s dan kam vaqt talab etilganida qo'llanishi mumkin.

2. Yakor zanjiriga ketma-ket qarshiligi ulanadi. Ishga tushirish tokini

$$I_{ywII} = \frac{U}{R_{yw} + R_{\pi i}} \quad (8.24)$$

shunday tanlanadi (8.24). $i = 0$ ishga tushirish onida $n = 0$, $E = 0$ da $I_{ywII} = (1,4-2,5)I_{nom}$ bo'lsin. Kattaroq qiymat, ya'ni $2,5I_{nom}$ kichikroq quvvatli O'TM larga tegishli. Yakor tezligining ortib borishi bilan E_x oshib boradi hamda R_{π} ni yakor zanjiridan chiqariladi. Ishga tushirishdan oldin R_{π} ni qo'zg'atish zanjiridan to'la chiqariladi. R zanjirdan chiqarilganda eng katta Φ bo'ladi, shuning uchun ishga tushirish momenti (8.25):

$$M_{\pi i} = C_M \cdot I_{ywII} \cdot \Phi \quad (8.25)$$

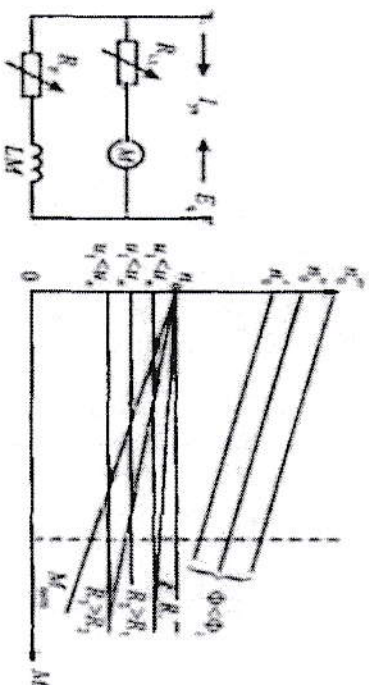
Ishga tushirish tokini yakor zanjirini alohida kuchlanishi roslanuvchi manbadan ta'minlab kam ayirish m um kin. Katta quvvatli O'TM larini shu usul bilan ishga tushiriladi. 8.9-rasmda O'TM mexanik xarakteristikalari keltirilgan. Bu parallel qo'zg'atishli motor uchun.

I - motor iste'mol toki (manbadan motorga o'tuvchi tok).

I_{yw} - yakor toki, I_{π} - qo'zg'atish toki.

Kirxgofning II qonuniga binoan (8.26):

$$I = I_{yw} + I_{\pi} \quad (8.26)$$



8.9-rasm. Ulanish sxemasi va grafiği.

3

Tabiiy mexanik xarakteristika: motor sxemasida hech qanaga qo'shimcha qarshiliklar bo'lmaganida olinadi, ya'ni $n = f(M)$ $U = U_{nom}$ $R_{\Sigma} = 0$, $R_1 = 0$

Sun'iy tavsifat-qo'shimcha qarshiliklar bo'lganida olinadi. Salt holatda $M=0$,

$n_0 = \frac{U}{C_E \Phi}$ agar $\Phi = \text{const}$ bo'lsa, mexanik xarakteristika tenglamasi:

$$n = n_0 - bM \quad (8.27)$$

ya'ni, mexanik tavsif a burchagida og'gan to'g'ri chiziq bo'lib, uning burchak koeffitsienti b dir. Bu tavsif - qat'iy, I tok yuklama momentiga mos ravishda o'rtib boradi.

VIII bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari

va testlar

1. O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish jarayonini va shartlarini aytib bering?
2. Motorning qanday tavsiflarini bilasiz?
3. O'zgarmas tok motorlari nima?
4. Generator foydali ish koeffitsienti nimaga bo'g'liq?

160

5. Generatorning shartli mantiqiy sxemasini tavsiflab bering?
6. O'zgarmas tok generatorining ishlash prinsipini tushuntiring?
7. O'zgarmas tok mashinasining tuzilishi gapirib bering?

Test savollari.

1. O'zgarmas tok elektr mashinalari dastlabkim ixtiro qilgan?
A) B.S.Yakobi(B) B.S.Yakobi(C) P.N.Yablochkov(D) U.Gilbert
2. O'zgarmas tok mashinalari rejimda ishlashi mumkinligi qaysi javobda to'liq ko'rsatilgan?

A) Generator yoki motor B) Generator(C) Motor(D) Dvigatel

3. O'zgarmas tok mashinalari qaysi qismlardan tashkil topgan?

A) Stator va rotor(B) Kondensator va induktiv g'allak

C) Stator va induktiv g'allak(D) Kondensator va rotor

4. Mazkur ($\otimes$)belgi EyuK qaysi tomonga yo'nalganligini anglatadi?

A) Bizdan chiquvchi(B) Biz tomonga(C) O'nggad(D) Chapga

5. Mazkur ($\odot$)belgi EyuK qaysi tomonga yo'nalganligini anglatadi?

A) Biz tomonga(B) Bizdan chiquvchi(C) O'nggad(D) Chapga

6. Generator foydali ish koeffitsienti qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) \eta = \frac{P_2}{P_1 + \Delta P} \quad B) \eta = \frac{P_2}{P_1 + \Delta P} \quad C) \eta = \frac{P_2}{P_1 + \Delta P} \quad D) \eta = \frac{P_2}{P_1 + \Delta P}$$

7. O'zgarmas tok mashinasi generator simlaridan o'tuvchi tokning magnit maydoni bilan o'zaro ta'sir kuchi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) f = B \cdot l_a \cdot I(B) \quad f = B \cdot l_a \cdot I(C) \quad f = B \cdot l_a \cdot I(D) \quad f = B \cdot l_a$$

8. O'zgarmas tok mashinasi generatorlarining tavsiflari qaysi javobda to'g'ri va to'liq ko'rsatilgan?

A) Barcha javoblar to'g'ri(B) Salt ish tavsifi(C) Tashqi tavsifi(D) Rostlash tavsifi

9. O'zgarmas tok mashinasi elektr motor tenglamasini toping?

161

$$A) U = E + I_{sv} \cdot R_{sv} \quad B) U = E - I_{sv} \cdot R_{sv} \quad C) U = E + I_{sv} + R_{sv} D) U = E + I_{sv} / R_{sv}$$

10. O'zgarmas tok mashinasida elektromagnit moment tenglamasi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$A) M_{om} = C_M \cdot I_{sv} \cdot \Phi \quad B) M_{om} = C_M \cdot I_{sv} + \Phi \quad C) M_{om} = C_M + I_{sv} \cdot \Phi \quad D) M_{om} = C_M \cdot I_{sv} - \Phi$$

11. O'zgarmas tok mashinasida momentlar tenglamasini toping (M_k - motor validagi qarshilik momenti, M_f - motordagi isrof momenti, M_{dm} - dinamik moment)?

$$A) M_{dm} = M_k + M_f + M_{dm} \quad B) M_{dm} = M_k + M_f - M_{dm}$$

$$C) M_{dm} = M_k - M_f + M_{dm} \quad D) M_{dm} = M_k - (M_f + M_{dm})$$

12. O'zgarmas tok mashinasi generator ishga tushish vaqtida yakordan o'tuvchi tok qanday bo'lishi kerak?

$$A) I_1 \leq 2,5 I_{nom} \quad B) I_1 \leq 5 I_{nom} \quad C) I_1 \leq 1,5 I_{nom} \quad D) I_1 \geq 2,5 I_{nom}$$

13. O'zgarmas tok motorlarini ishga tushirishning qanday usullari bor?

A) Barcha javoblar to'g'ri

B) To'g'ridan-to'g'ri ishga tushirish

C) Yakor zanjiriga reostat ulab ishga tushirish

D) Yakorga pasaytirilgan kuchlanish berib ishga tushirish

14. O'zgarmas tok mashinasining yakori tarkibiy qaysimlardan tashkil topgan?

A) O'zak, chulg'anlar va kollektorlardan B) O'zakdan

C) Chulg'anlardan D) kollektorlardan

15. O'zgarmas tok generatorlarining quvvat isrofi qaysi ifoda bilan topiladi?

$$A) \Delta P = \Delta P_{mech} + \Delta P_{mag} + \Delta P_r + \Delta P_f \quad B) \Delta P = \Delta P_{mech} + \Delta P_{mag}$$

$$C) \Delta P = \Delta P_{mech} + \Delta P_{mag} - \Delta P_r + \Delta P_f \quad D) \Delta P = \Delta P_{mech} - \Delta P_{mag} - \Delta P_r - \Delta P_f$$

IX-BOB. ELEKTR ENERGIYASINI HOSIL QILISH, ELEKTR ENERGIYASINI UZATISH VA TAQSIMLASH

9.1.-§.Elektr energiyasi haqida umumiy ma'lumot

Ma'lumotlarga ko'ra hozirda Yer yuzasida yashaydigan aholi soni 8 mlrd.ni tashkil qilarg ekan, bu o'z navbatida hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyani yana taxminan 50% ga oshirishni talab qiladi. Buning uchun yonilg'i mahsulotlari yetarli bo'lishi kerak, lekin bu atrof muhitni yanada kuchliroq muhofaza va nazorat qilish masalarini ko'ndalang qilib qo'yadi. Albatta bunda yadro energetika salmog'i ko'proq bo'lsada, lekin u bilan bog'liq muammolar yechimini topish zarur bo'lib qoladi. Bunda qayta tiklanuvchi energiya manbasi bo'lmish gidroenergetika muhim ahamiyat kasb etishi mumkin. Demak, energiya ishlab chiqarish hajmini saqlash hamda ekologik toza yonilg'idan foydalanish masalarini yechish zarur. O'zbekiston energetik manbalarining samarali turlari bo'lgan gidroenergiyaga, neftgaz yonilg'isiga va toshko'mirga boy mamlakat hisoblanadi. Respublikamizda hozirgi kunda elektroenergiya ishlab chiqarishda asosiy manba bo'lib yonilg'i mahsulotlari hisoblanadi. Gaz va boshqa yonilg'i mahsulotlari 30-40 yil ichida ishlatilib bo'lishi mumkin. Respublikamizda bir yilda tahminan gaz va mazutdagi elektrostansiyalar ulushi 84% ni, toshko'mirdagi stansiyalar ulushi 3,5% ni va gidroelektrostansiyalar ulushi 12,5% ni tashkil qiladi.

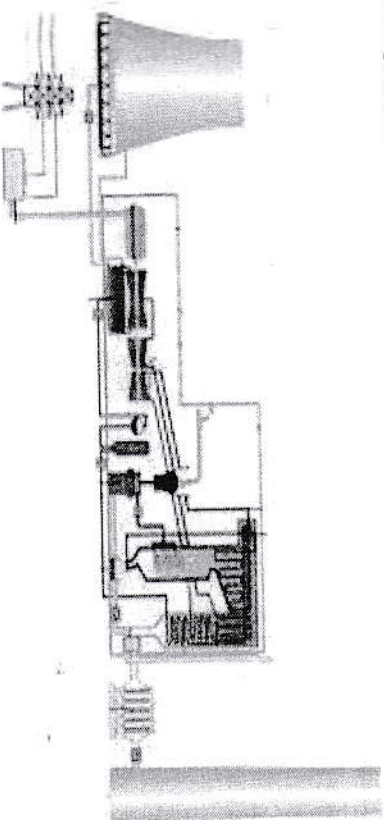
Elektr energiya elektr stansiyalarida boshqa turdagi energiyani elektr energiyasiga aylantirish orqali ishlab chiqariladi. Elektr energiyadan sanoatda, transportda, aloqada, qishloq xo'jaligida va kundalik turmushda keng foydalaniladi. Elektr stansiyalari o'zgartirilayotgan energiya turiga qarab issiqlik, gidro, atom, shamol va Quyosh elektr stansiyalariga bo'linadi.

9.2-§. Issiqlik elektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi

Ilk issiqlik elektr stansiyasi New Yorkda 1882-yilda qurilgan. Issiqlik elektr stansiyasi (IES) organik yoqilg'ining yonishidan ajralib chiqadigan issiqlik energiyasini elektr energiyaga aylantirib beradi. Issiqlik elektr stansiyalaridagi generatorlar bug' va gaz turbinalar, ichki yonuv dvigatellari yordamida aylantiriladi. Bug' turbinali issiqlik elektr stansiyalari kondensatsion va issiqlik ta'minoti turlariga bo'linadi. Kondensatsion elektr stansiyasida (9.1-rasm) yoqilg'ining uchoqda yonishdan ajralib chiqqan issiqlik energiyasi qozonda bug' energiyasiga aylanadi. Yuqori temperaturagacha qizdirilgan bug' bosim ostida turbinaning parraklariga beriladi. Bu yerda bug' energiyasining turbinani aylantiruvchi mexanik energiyaga aylanishi sodir bo'ladi. Turbina sinxron generatorni aylantiradi va unda mexanik energiya elektr energiyaga aylanadi. Turbinada ishlatilgan bug' kondensatorga yo'naltiriladi. U yerda bug' sovutilib, qozonni ta'minlash uchun suyuq kondensatga aylantiriladi. Demak, kondensatsion elektr stansiyalarida elektr energiya ishlab chiqarish uch bosqichdan, ya'ni yoqilg'ining issiqlik energiyasini qozondagi bug' energiyasiga aylantirish, bug' energiyasini turbinada mexanik energiyaga aylantirish va mexanik energiyani generatorda elektr energiyasiga aylantirishdan iborat. Bug'ning energiyasi qancha yuqori bo'lsa, qurilmaning foydali ish ko'effitsienti shuncha yuqori bo'ladi. Kondensatsion elektr stansiyasidagi energiya isroflarining kattagina qismi asosiy bug'-suv konturida, xususan kondensatorlarda yuzaga keladi. U yerda ancha katta issiqlik energiyasiga ega bo'lgan ishlatilgan bug'ning energiyasi suvga o'tadi.

Mazkur energiya aylanma suv bilan suv xavzasiga o'tadi, ya'ni isrof bo'ladi. Bu isroflar elektr stansiyaning FIK'ini belgilaydigan asosiy omildir. Eng zamonaviy kondensatsion elektr stansiyalarida ham FIK ko'pi bilan 40-50% ni tashkil qiladi. Zamonaviy bug' turbinalarining quvvati 1300 MW ga yetadi. Bunday katta quvvatli bug' turbinalari tufayli issiqlik elektr stansiyalarining tejamliligi qisman oshadi. Bug'

qozon uchog'idan chiqib ketayotgan tutundan foydalanib, qurilma yordamida suvni isitish tufayli issiqlik stansiyasining FIK'ini qisman oshirish mumkin (9.1-rasm). Yirik kondensatsion stansiyalar yoqilg'i (ko'mir, tort) konlari yaqiniga quriladi. Chunki yoqilg'ini uzoq masofalarga transportda tashishga qaraganda elektr energiyani uzoq masofaga uzatish ancha arzon.



9.1-rasm. Issiqlikelektrostansiyasi.

Elektr stansiyasi ishlab chiqarayotgan elektr energiya yaqin joylashgan energosistemaga (110-330) kV, uzoqda masofalarga esa (500-750) kV kuchlanishda uzatiladi. Kuchlanishni oshirishda transformator ishlatiladi. Issiqlik ta'minoti elektr markazlari (IEM) bir vaqtda ham issiqlik, ham elektr energiyasini ishlab chiqarishga imkon beradi. Shuning uchun issiqlik ta'minoti elektr markazlari mamlakatimiz energietikasida asosiy o'rinni egallaydi. Bunday elektr markazlari katta shaharlar atrofiga quriladi. Ular shahardagi sanoat korxonalari va kommunal xo'jaliklarni elektr energiyadan tashqari, issiq suv va bug' bilan ham ta'minlash imkonini beradi. Turbinada ishlatilgan bug' issiqligidan ikkinchi marta foydalanish tufayli kondensatsion stansiyalarga Karaganda issiqlik ta'minoti elektr markazlari tejamlirok bo'lib, ularning FIK 50-65% ga yetadi. O'zbekistondagi 87 foiz elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyalari hisobiga ishlab chiqariladi.

9.3-§. Gidroelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi

Jahonda energiya iste'moli har 10 yilda ikki marta ko'paymoqda. GESlarni boshqa turdagi elektrostansiyalar bilan solishtirganda, quyidagi afzalliklarini kuzatish mumkin:

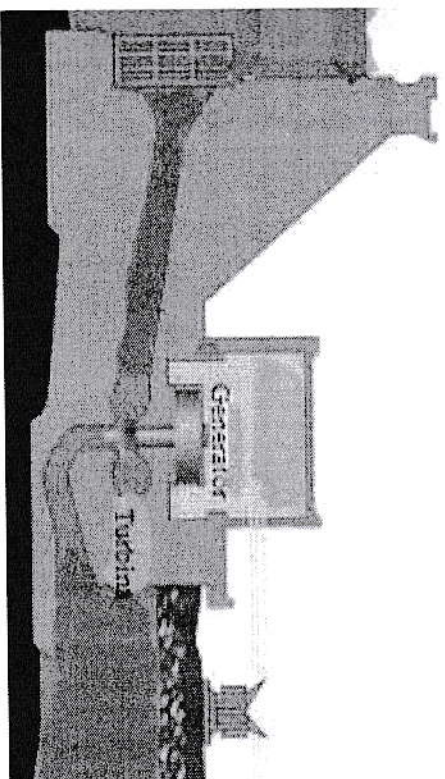
- ✓ GESlar har yili suv oqimidan tushuvchi suv energiyasidan foydalanadi va o'zining ishi uchun qimmat va qayta tiklanmaydigan yoqilg'ini talab qilmaydi;
- ✓ GES bo'yicha elektroenergiya tannarhi IESga nisbatan 5-10 marta arzon;
- ✓ GES o'z quvvatini tez o'zgarishi bilan harakterlanadi (GES quvvati yuklanishga qarab o'zgaradi).

✓ GESdagi jarayonlarni avtomatlashtirish hisobiga ishchi kuchi son jihatdan IESga nisbatan 3-4 baravar kam;

✓ GES ekspluatatsiyasi qaytarilmaydigan suv iste'moli atrof muhitining na kimyoviy, na issiqlik ifloslanishi bilan kuzatilmaydi. GESlarga o'rnatilgan agregatlar yuqori 90%li FIK ga ega.

Gidroelektrostansiyalar (GES) suv oqimining energiyasini elektr energiyaga aylantiradi. Bu stansiyalarda gidroturbinalar ishlatilib, ular suv oqimi energiyasini gidrogenerator o'qini harakatga keltiruvchi mexanik energiyaga aylantiradi, gidrogenerator esa mexanik energiya elektr energiyaga aylanadi. GES ning asosiy elementlaridan biri suv oqimining kerakli bosimini hosil qiluvchi tug'on hisoblanadi (9.2-rasm). Tug'on dan oldingi va keyingi suv sathlarining farqi qancha katta bo'lsa, elektr stansiyaning quvvati shuncha yuqori bo'ladi va GES shunchalik bir maromda va samarali ishlaydi. Odatda suv zahirasi bahorda yig'ib olinadi va undan yil davomida suv sarfini kerakli miqdorda rostlash uchun foydalaniladi. Suv oqimini rostlash sutka davomida ham olib borilishi mumkin. Odatda, tungi vaqtlarda ko'p elektr energiya talab qilmaydi. Shuning uchun bunday vaqtlarda ba'zi gidroturbinalar to'xtatilib, suv esa zahiraga qoldiriladi. Gidravlik elektr stansiyalari

yordamida sutkaning turli vaqt oralig'laridagi energiya iste'molini ham me'yorida ta'minlash ancha qulay.



9.2-rasm. Gidroelektrostansiya.

GES ning foydali ish ko'effitsienti (85-92)% ni tashkil qiladi. Undagi bitta agregatning quvvati 600 MVt ga yetadi. Yirik GES larning quvvati esa bir necha million kilovatlarga yetadi. GES lar qatoriga gidroakumulyatsiyalovchi elektr stansiyalar (GAES) ham kiradi. Energosistema nagruzkasi eng kam bo'lgan soatlarda GAES generatorlari dvigatel rejimiga, turbinalar esa nasos rejimiga o'tkaziladi va ular suvni quvurlar orqali pastki xovuzdan yuqorigi hovuzga haydaydi.

Tabiiy sharoitda daryo oqimi to'htovsiz ish bajaradi. Suv sarfi - K , tezligi - v , uzunligi - L , harakat kesim yuzasi - w ko'rsatkichlarga ega suv oqimini ko'rib chiqamiz. Suv oqimida birinchi va ikkinchi qirg'inlar orasidagi hajmi ajratamiz. Bu hajmini diagonal kesimdagig'irlik markazini topamiz. Ajratilgan hajmga o'zining og'irligi $G = \rho \cdot g \cdot w \cdot L$ ta'sir qiladi, uning tashkili qiluvchilaridan biri kuch F bo'lib

$$F = G \cdot \sin \alpha = \rho \cdot g \cdot w \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (9.1)$$

Ajratilgan suv oqimi L uzunlikdagi masofani bosib o'tganda bajaradigan ishini topamiz (9.2)

$$A = F \cdot L \quad (9.2)$$

H -oqimning tushish balandligini, tezligini $L = H / \sin \alpha$ orqali belgilaymiz.

$$L = v \cdot t \quad (9.3)$$

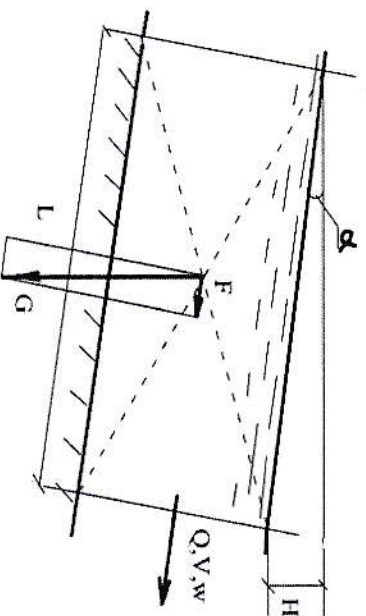
Uzlaksizlik qonuniyatidan kelib chiqib ekanligini hisobga olsak, unda

$$A = \rho \cdot g \cdot v \cdot L \cdot \sin \alpha \quad L = \rho \cdot g \cdot w \cdot H \cdot v \cdot t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (9.4)$$

Oqim quvvati (9.5) orqali topiladi

$$N = A / t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (9.1)$$

Suv oqimining ko'rsatkichlari bo'lib bosim balandlikka bog'liq - H , quvvat - N va energiya - E hisoblanadi. Daryo oqimi yuqori qismdan quyigacha harakat qilib o'z energiyasini gruntlarni yuvishga, suv massalarini va mahsulotlarini tashishga sarflaydi. Tabiiy sharoitda (sharhalaridan tashqari) suv energiyasi, suv oqimini hamma uzunligi bo'yicha tarqalgan bo'ladi.



9.3-rasm. Suv energiyasini hisoblash.

9.4-§. Atom elektrostansiyalariva ularning ishlash prinsipi

Atom elektrostansiyalari (AES) atom (yadro) energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradi. Atom reaktori energiya generatori hisoblanadi. AES yadro yoqilg'isi (uran, plutoniya va boshqalar) da ishlaydi. Yadro yoqilg'isining zaxiralari organik yoqilg'ilar zahiralaridan juda ko'pdir.

Atom energiyasi-bu, atomlardan olinadigan energiya. Har bir atom energiya zarrachalaridan iborat. Bu energiya esa atomdagi barcha zarrachalarni bir butunlikka aylantiradi. Shu sababli atom energiyasida atom yadrosi energiya manbai hisoblanadi. Bu energiya atomning parchalanishi paytida ajralib chiqadi. Amalda atomdan energiya olishning ikki usuli mavjud.

Birinchisi-sintez reaksiyasi, ikkinchisi bo'linish reaksiyasidir. Sintez reaksiyasi paytida ikki atom birlashib, yagona atomni vujudga keltiradi. Atomlarning qo'shilishi jarayonida issiqlik tarzida kuchli energiya hosil bo'ladi. Quyosh energiyasining katta qismi Quyoshda sodir bo'ladigan sintez reaksiyasi natijasida yuzaga keladi. Bu atom energiyasining bir turidir.

Ikkinchi usul-bo'linish reaksiyasi yoki parchalanishdir. Parchalanish bir atomning ikkiga bo'linishidir. Bu hol atomlarning boshqa atomlar, masalan, neytronlar (u atom tarkibiga kiradi) tomonidan «bombardimon» qilinishi jarayonida ro'y beradi.

Uraning bir turi-uran-238 (U «uran izotopi» deb ataladi) neytronlar tomonidan bombardimonga uchraganida ikki qismga parchalanadi. Uran-238 ning bir juda kichik bo'lagidan bir necha kilogramm ko'mir yonganida ajralib chiqadigan energiyaga nisbatan million marta ko'p energiya hosil bo'ladi. Uraning kichik bir bo'lagi ummondagi butun boshli bir kemani yoki katta shaharlarni elektr energiya bilan ta'minlay oladi.

Atom elektrostansiyalari ham ishlash prinsipi bo'yicha issiqlik elektr stansiyalaridan farq qilmaydi, faqatgina atom elektr stansiyalarida reaktor qurilmasi

mayjud bo'lib, unda yadroviy element hisoblangan moddalar Uran va Plutoniy atomlaridan birlamchi yonilg'i sifatida foydalanamiz.

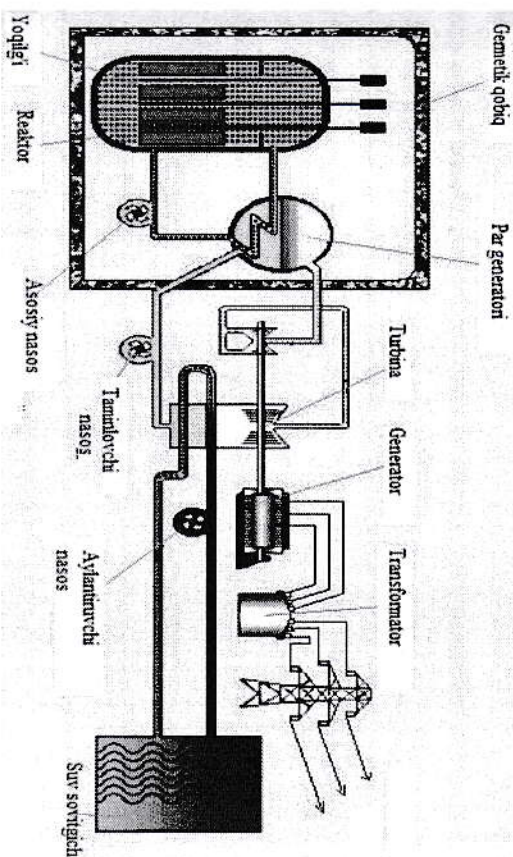
Yadro reaktorida ishlab chiqariladigan issiqlik maxsus quvurlardan yurgiziladigan suvga o'tkaziladi. Suv qaynaydigan darajada isitiladi va issiqlikka almashiruvchi bo'limmaga o'tkaziladi, u yerda tashqi tomondan keladigan suv bug'lanir. Issiq bug' quvur tomonga yo'naltirilgach, generatorni aylantiradi, generator esa elektr energiya ishlab chiqaradi. Quvurlardan chiqadigan issiq suv isitish uchun ishlatiladi.

Reaktor qurilmasi ancha sodda: ichi uran yoki plutoniylar bilan to'ldirilgan metall trubkalar tashqariga neytronlarning uchi chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydigan moddalardan yasalgan korpus ichiga tushiriladi. Neytronlar-hech qanday elektr zaryadiga ega bo'lmagan alohida elementlar zarralardir. Neytronlar uran atomiga tushib, ularni parchalab yuboradi, buning natijasida ulkan miqdordagi issiqliq ajralib chiqadi. Uran plutoniya aylanaadi va energiya ajraladi, bu energiyadan (issiqlikdan) esa elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalaniladi (9.4-rasm). Yer yuzidagi atom elektrostansiyalarining o'rnatilgan quvvati 360 GVt ni tashkil qiladi. Dunyodagi rivojlangan mamlakatlar – AQShda 98 GVt, Fransiya 63 GVt, Yaponiya 44 GVt, Angliyada 13 GVt, Rossiyada 20 GVt va Germaniyada 22 GVt elektroenergiya ishlab chiqiladi. Hozirgi kunda yer yuzidagi 30 mamlakatda atom elektrostansiyalari bo'lib, ular umumiy iste'mol qilinadigan elektroenergiyaning 17 % ni ishlab chiqadi.

Bir necha shamol qurilmalarining yig'indisi shamol elektrostansiyasini tashkil qiladi. Quvvatiga nisbatan shamol elektrostansiyalarini 3 guruhga bo'lish mumkin:

1. Kichik quvvatli: 0,1-1,0 kW soatgacha, ularga asosan doimiy elektr toki ishlab beradigan shamol qurilmalari kiradi. Ular asosan akkumulator batareyalarini zaryadka qilishda qo'llaniladi.
2. O'rta quvvatli: 10-100 kW soatgacha, ular o'zgaruvchan tok ishlab chiqaradi.

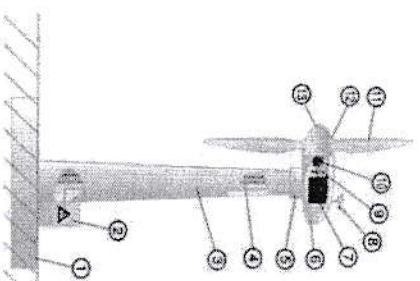
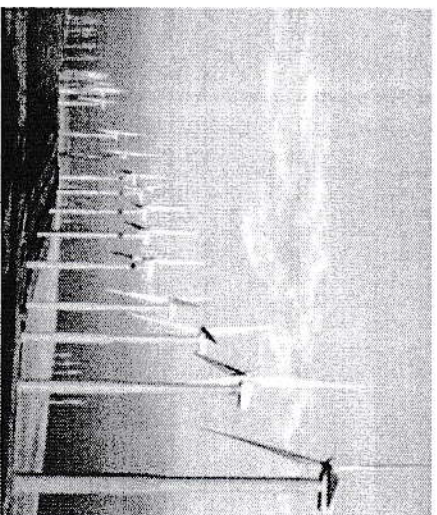
3. Yirik quvvatli: 1000 kW soatgacha, hozirgi vaqtda bunday shamol energetik qurilmalarining tajriba nusxalari sinab ko'rilmogda.



9.4-rasm. Atom elektr stansiyasi.

9.5 -§. Shamolelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi

Shamol generatorlari, shamolning kinetik energiyasini elektr energiyaga aylantirib beruvchi qurilma. Shamol generatorlarining ikki xil turi mavjud: sanoat va uy uchun. Sanoat uchun shamol generatorlari davlat yoki katta energetik korporatsiyalar tomonidan quriladi. Ushbu qurilmalar energiyasi bir joyga to'planadi va natijada shamol elektrostansiyalari vujudga keladi (9.5-rasm). Uning asosiy farqi-ishlashi uchun homashyoning zarur emasligi va hech qanday chiqindi chiqmasligidir. Uning asosiy talablardan biri - yillik o'rta shamol tezligining yuqori bo'lishidir. Har bir sanoat energetik qurilmalarida o't o'chirish tizimi, shamol generatorining ishlashi haqida ma'lumot berib turuvchi telekommunikatsion tizim va chaqmoqdan himoya qilish tizimi mavjud. Zamonaviy shamol generatorlarining quvvati 6MW(6000 kW)gacha yetadi.



9.5-rasm. Sanoatda ishlab chiqariladigan shamol energetik qurilmalarining joylashishi (a) va tuzilishi(b).

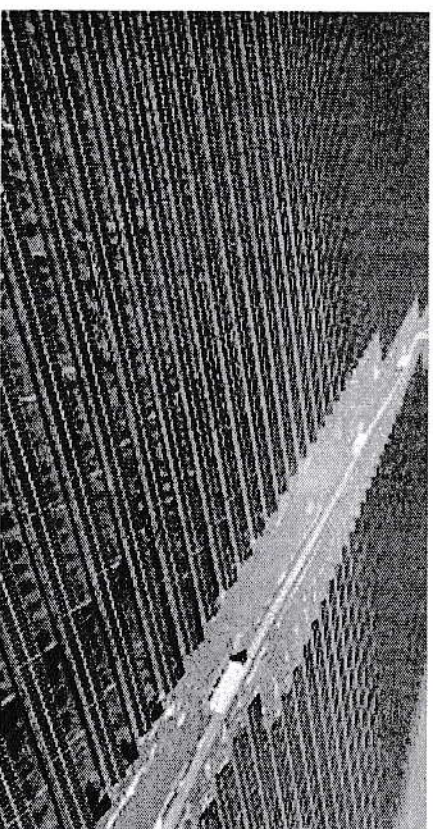
Yuqorida keltirilgan 9.5.b-rasmida: 1-fundament, 2-kuch kontaktlari va boshqaruv zanjirini o'z ichiga olgan kuch shkafi, 3-minora; 4-chiqish narvoni, 5-aylantirish mexanizmi, 6-gondola, 7-elekt generatori, 8-shamol yo'nalishini shamol yo'nalishi va tezligini kuzatuvchi tizim (anemometr) 9-to'xtatish tizimi, 10-transmissiya, 11-parraklar, 12-parraklar joylashish burchagini o'zgartirish tizimi, 13-rotor qalpog'i.

9.6-§. Quyosh elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi

Qadimgi yunon olimi Arximed quyoshning nurini ko'zgular sistemasi orqali tushirib, rimliklarning kemalarini yondirib yuborgani to'g'risida tarixda yozib qoldirgan. Quyosh energiyasidan chet mamlakatlarda keng miqyosda foydalanilmoqda. Shimoliy Fransiyaning Odeysda degan joyida fizik va kimyogar Feliks Trenba boshchiligidagi quyosh elektrostansiyasi qurilgan bo'lib, uning quvvati 1100 kVt, hosil qiladigan harorat esa 3800 darajaga yetadi. 1816-yil islandiyalik

Robert Stirling gelioguinimadan foydalanib ishlaydigan quyosh dvigateli yaratgan edi. 1954-yil Amerikalik Ges Repot va Bryus Kaymayklar quyosh nuriidan bevosita foydalanish uchun samolyot qulayligi to'g'risidagi fikrini aytdi. Oradan 20 yil o'tgach bu g'oyaning to'g'riligini London kollejidagi tadqiqotchilar amalda isbotladilar.

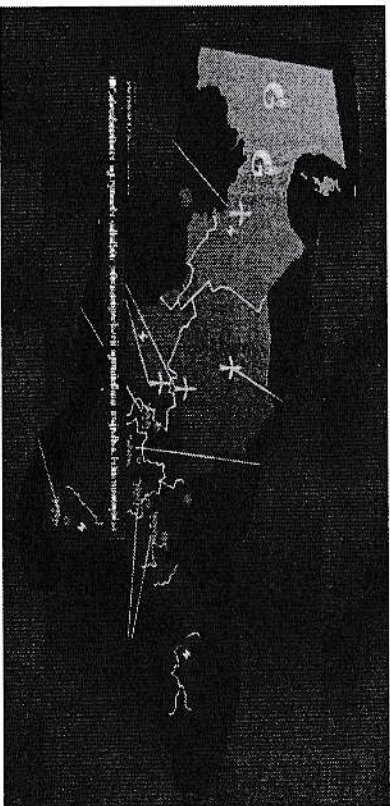
Quyosh nurlari har yili yerga bag'oyat ulkan energiya, ya'ni $62 \cdot 10^{16}$ kVsoatga teng energiya uzatadi. Bu energiya 60 foizi yer atmosferasi, 25,5 foizi okean va dengiz, 14,5 foizi quruqlikni isitishga sarf bo'ladi. Bundan 2,5 foizi shamolning mexanik energiyasiga, 0,14 foizi daryolar harakatining mexanik energiyasiga, 0,12 foizi turli xil yoqilg'i o'tin, torf, toshko'mir, neft va yonuvchi slanetsning kimyoviy energiyasiga aylanadi. Yerning ko'ndalang qismi yuzasi $127,6 \cdot 10^6$ km² ekanligini e'tiborga olsak, yerga tushadigan quyosh nurlining energiyasi $176,6 \cdot 10^{12}$ kVt, demak bir yilda yerga $1,56 \cdot 10^{18}$ kVt soat $\approx 1,6 \cdot 10^{18}$ kVt soat quyosh energiyasi tushadi.



9.6-rasm. Quyosh elektrostansiyasi.

O'zbekiston Quyosh elektr stansiyalari qurishni rejalashtirmoqda. Jumladan 2023 yil aprel oyida ishlab chiqarish quvvallarining birinchi bosqichi (250 MVt gacha) va

2024 yil oxiriga qadar barcha quvvatlarni foydalanishga topshirish rejalashtirilgan(9.7-rasm).



9.7.O'zbekistonda qurilishi rejalashtirilgan elektrostansiyalar.

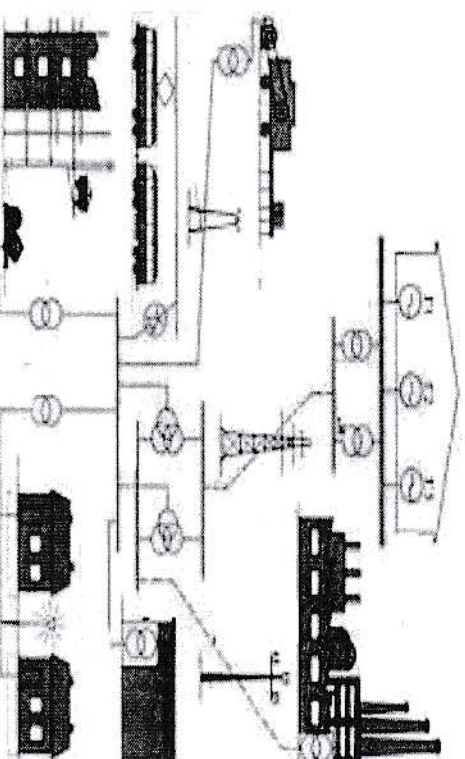
O'zbekiston o'n yil davomida umumiy quvvati 5000 MVt bo'lgan quyosh elektrotansiyalari (QES) qurishni rejalashtirmoqda.

9.7-§. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash

Elektr energiyasini uzatish va taqsimlashda elektr tarmoqlari katta ahamiyatga ega. Amalda ishlab chiqarilayotgan elektr energiya iste'molchilarga elektr tarmoqlari orqali uzatiladi. Elektr tarmog'ining asosiy vazifasi iste'molchilarni elektr bilan ta'minlash, ya'ni elektr energiyani ishlab chiqarilgan joydan uni qabul qiluvchi joyga uzatishdan iboratdir. Elektr energiyani uzatish va taqsimlashning rivojlangan shakli elektr energetika sistemasi (energosiistema)ni tashkil qiladi. Energosiistema-bu elektr uzatish liniyalari (EUL) bilan bog'langan elektrotansiyalar va elektr energiya qabul qiluvchi iste'molchilarning yig'indisidir. Yagona elektr energetika sistemasi (YaES) yuqori kuchlanishi EUL lar bilan birlashgan bir qancha elektr stansiyalar yig'indisi bo'lib, bitta yoki bir nechta davlatlar chegarasidagi katta territoriyani elektr energiya

bilan ta'minlaydi. Energosiistema xalq xo'jaligida katta ahamiyatiga ega bo'lib, iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uzluksizligini, turli xildagi elektrotansiyalar (IES, GES, AES, SHES, QES) ning o'zaro tejamli ishlashini oshiradi, elektrotansiyalardagi zaruriy rezerv quvvatni kamaytiradi. Energosiistemaning bir qismini 9.8-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, unga issiqlik, gidravlik, atom elektrotansiyalari, pasaytiruvchi transformator podstansiyasi (TP), yarimo'tkazgichli o'zgartirgich (YaUU) va ba'zi turdagi iste'molchilar birlashtirilgan.

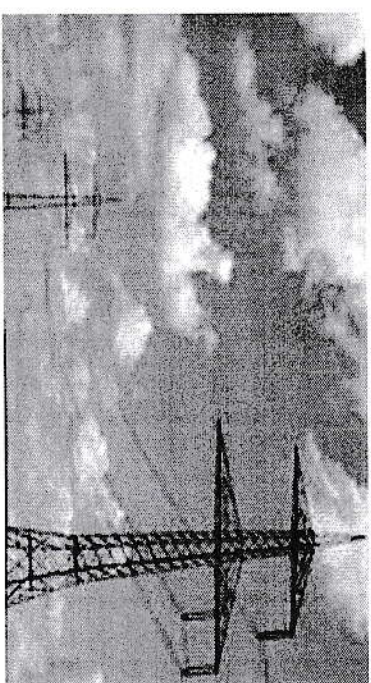
Ular o'zaro bir nechta elektr uzatish liniyalari bilan uzgich va ajratgichlar yordamida ulanadi. Elektr tarmoqlari turli nominal kuchlanishi o'zgaruvchan va o'zgarmas tok ta'sirida bo'ladi. Elektr ta'minoti uchun, odatda, uch fazali o'zgaruvchan tok tarmoqlaridan foydalaniladi. O'zgarmas tok transport xizmatlari tarmoqlarida, zavodlar, juda yuqori kuchlanishi (800-1500 kV) elektr uzatish liniyalari hamda o'zgarmas tok manbaiga ega bo'lgan sexlarning ichki tarmoqlarida ishlatiladi. Xar bir tarmog yoki elektr uzatish liniyasi o'zining nominal kuchlanishi bilan xarakterlanadi.



9.8-rasm. Energosiistemaning bir qismi

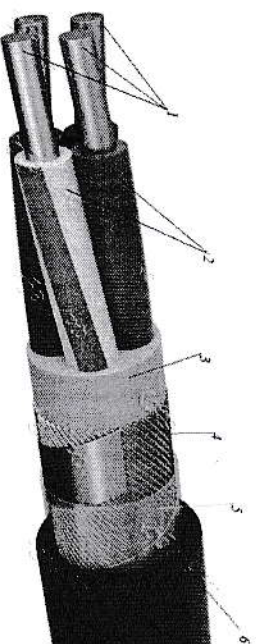
Generatorlar, transformatorlar, tarmoqlar va elektr energiya iste'molchilari 1000 V gacha (past) va 1000V dan ortiq (yuqori) bo'lgan nominal kuchlanishga mo'ljallanadi. O'zgaruvchan tok tarmoqlarida quyidagi kuchlanishlar: past kuchlanishi tarmoqlar uchun 127, 220, 380 va 660 V va yuqori kuchlanishi tarmoqlar uchun 3,6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 kV dan foydalaniladi. Energiya iste'molchilarining normal ishlashi uchun tarmodagi kuchlanishning nominal qiymati iste'molchi kuchlanishining nominal qiymatidan $\pm 5\%$ dan ortiq farq qilmasligi kerak. O'zgarmas tok tarmoqlari uchun quyidagi kuchlanishlar belgilangan: 110, 220, 440, 600, 825 V. Elektr xavfsizligi maqsadlarida kuchlanish 100 V dan past bo'lganda quyidagi kuchlanishlardan foydalaniladi: o'zgaruvchan tok qurilmalari uchun 12, 24, 36 va 60 V; o'zgarmas tok qurilmalari uchun esa 6, 12, 24, 36, 48 va 60 V.

Xavo linayasa (XL) elektr energiyani ochiq xavoda joylashgan va izolyatorlar handa armaturalar yordamida tayanchlarga mahkamlangan o'tkazgichlar bo'yicha uzatishni ta'minlaydi. XL uchun, asosan, kesimi 4, 6, 10 mm² (bitta sim) li va 10 mm² dan katta (ko'p simli) mis, aluminiiy va pulat-aluminiiy simlardan foydalaniladi. 1000 V dan yuqori kuchlanishi XL uchun kesimi 35 mm² dan kichik bo'lmagan aluminiiy va 25 mm² dan kam bo'lmagan pulat-aluminiiy simlar ishlatilishi mumkin. XL uchun chinni yoki shishadan yasalgan shitiri yoki osma izolyatorlardan foydalaniladi. Shitiri shisha izolyatorlar 6-10 kV li tarmoqlarda, chinni izolyatorlar esa kuchlanishi 35 kV gacha bo'lgan tarmoqlarda energiya uzatilishini ta'minlaydi. Kuchlanishi 35 kV dan yuqori bo'lgan tarmoqlarda osma izolyatorlar ishlatiladi. Xavo liniyalarning tayanchlari yogochdan, metallidan va temir-betondan tayyorlangan bo'ladi. Bir ustunli yog'och (10 kV kuchlanishgacha ishlatiladi) va temir-beton (35-220 kV) tayanchlarorqali uzatiladi. Yuqori (330, 500, 750 kV) kuchlanishi elektr energiyasi metall tayanchlardagi tarmoqlar orqali uzatiladi (9.9-rasm).



9.9-rasm. Xavo liniyalari.

Kabelli liniyalar energiya ta'minotining elektr tarmoqlarida keng foydalaniladi. Kabel (uch tomirli, tok utkazuvchi tomirlar, izolyatsiya va himoya kobig'idan iborat (9.10-rasm). Tomirlar soniga ko'ra kuch kabellari bir, ikki, uch va to'rt tomirli qilib tayyorlanadi. Tomirlar 1 mis yoki aluminiiy simdan, izolyatsiya 2 esa rezinadan (1000 V gacha kuchlanishi kabelar uchun) va shimdirilgan ko'p qavatli qogozdan hamda turli xil plastinkalardan (1000 V dan yuqori kuchlanishi kabelar uchun) yasalanadi. Himoya kobig'i 3 namlik, gazlar va kislotalarning o'tishiga qarshilik qiladi. U polivinilxlorid, aluminiiy va qug'oshindan yasalanadi. Kabelni mexanik ta'sirlardan himoya qilish uchun tasma 5-6 ishlatiladi, uning ustidan esa kabel tashqi himoya 6 qobig'i o'traladi.



9.10-rasm. Kabelarning umumiy ko'rinishi.

Kabellar zovurlar, kanallar, tunellar, blokklar, imoratlar va inshootlarning devorlari buyicha va poli ostidagi arqichalarga yotqiziladi. Kabelni zovurlarga yotqizish eng sodd va arzon usuldir. Umumiy foydalaniladigan past kuchlanishi elektr tarmoqlari uch fazali, uch yoki to'rt simli bo'ladi. Uch simli tarmoqdan sexdagi iste'molchilar (uch fazali asinxron dvigatellar, qizdirish pechlari va b.) ta'minlansa, to'rt simli tarmoqdan yoritish lampalari ta'minlanadi. Kichik quvvatli sexlar va maishiy xizmatlarda faqat to'rt simli elektr tarmoqlari ishlatiladi. Sanoat korxonalaridagi sex ichki tarmoqlarida ochiq va yopiq elektr simlaridan keng foydalaniladi. Ochiq elektr simlari devorlar, shpiplar sirti, fermalar va boshqa qurilish elementlari buyicha o'tkaziladi. Bunda simlar va kabellar trosarlarga, izolyatorlarga mahkamlanadi yoki trubalar, qutichalar, egiluvchan metall shlanglar ichiga joylashtiriladi. Yopiq elektr simlari imoratlarning konstruktiv elementlari (devorlari, pollari, to'sinlari) ichidan o'tkaziladi. Bunda sim va kabellar trubaga, egiluvchan metall shlangga, qutichaga suvoq tagiga, bevosita qurilish konstruksiyasiga joylashtiriladi.

Elektrenergiasini taqsimlash maqsadida transformatorlardan keng qo'llaniladi, biz transformator tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari haqida IV-bobda batafsil malumotlar keltirgandik.

IX. bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va

testlar

Nazorat savollari

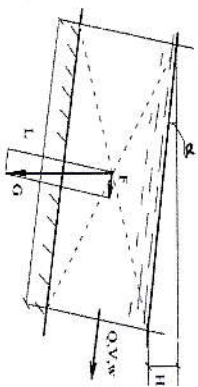
1. Energiyava uning turlari haqida aytib bering?
2. Issiqlikelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
3. Gidroelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
4. Atom elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
5. Shamolelektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
6. Quyoshlektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?

7. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash qanday amalga oshiriladi?

Test savollari

1. Elektr energiyasini ishlab chiqaradigan qanday elektrostansiyalar mavjud (to'liq ko'rsatilgan javobni toping)?
A) Barcha javoblar to'g'ri B) Issiqlik, gidro C) Shamol, Quyosh D) Atom
2. Dunyoda birinchi issiqlik elektrostansiyasi qachon va qayerda ishga tushirilgan?
A) New Yorkda 1882-yildan B) Pekin 1882-yildan
C) Berlin 1882-yildan D) Moskva 1882-yilda
3. Issiqlik elektrostansiyalarida yoqilg'i issiqlik energiyasi, bug'ning ichki energiyasiga aylaniriladi, bug'ning energiyasi ansinxron dvigatelni aylantiradi va dvigatel qaysi energiyani hosil qiladi?
A) Elektr B) Mexanik C) Issiqlik D) Ichki
4. O'zbekistonda birinchi issiqlik elektrostansiyasi qachon va qayerda ishga tushirilgan?
A) 20-asr boshlaridan B) 20-asr oxirlardan C) 19-asr boshlaridan D) 19-asr oxirlardan
5. O'zbekistondagi necha foiz elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyalari hisobiga ishlab chiqariladi?
A) 87 B) 50 C) 75 D) 25
6. Gidro elektr stansiyalar suv oqimining energiyasini qaysi energiyaga aylantiradi?
A) Elektr B) Mexanik C) Issiqlik D) Ichki
7. Elektro stansiyalarda qaysi turdagi dvigatellardan foydalaniladi?
A) Sinxron B) Ansinxron C) Motorlar D) Barcha javoblar to'g'ri
8. Issiqlik elektr stansiyalari foydali ish ko'effitsienti necha foizni tashkil qiladi?
A) 40-50 B) 50-60 C) 60-70 D) 80-90
9. Gidro elektr stansiyalari foydali ish ko'effitsienti necha foizni tashkil qiladi?
A) 85-95 B) 50-60 C) 60-70 D) 40-50

10. Gidroelektrostansiyalarida oqim quvvati qanday hisoblanadi?



- A) $N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$
 B) $N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H/t$
 C) $N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot t$
 D) $N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q + H$

11. Atom elektr stansiyasi (AES) atom energiyasini elektr energiyaga aylantirib, o'z mohiyati bilan qanday elektrostansiya hisoblanadi?

A) Issiqlik B) Gidro C) Quyosh D) Atom

12. Atom elektrostansiyalarida qaysi turdagi energiya elektr energiyasiga aylantiriladi?

A) Yadro energiyasi B) Issiqlik C) Mexanik D) Yorug'lik

13. Atom elektr stansiyalarining yoqlig'i manbasi nima?

A) Uran, plutoni B) Mazut C) Gaz D) Vodород

14. Dunyoda atom elektr stansiyalar nechchi foiz energiya ulushini ishlab chiqaradi?

A) 17 B) 71 C) 83 D) 40

15. Eng quvvati katta atom elektrostansiya qaysi shaharda joylashgan?

A) Nyu-york B) Moskva C) Rim D) Berlin

X.BOB.RADIOELEKTRON ZANJIRLARINING ASOSIY ELEMENTLARI

10.1 §.Radioelektronika fani va uning rivojlanishi tarixi

Radioelektronika fan va texnikaning rivojlanishi tarixida radiotexnika va elektronika fanlarining o'zaro qo'shilishidan vujudga keldi. Radiotexnika-o'zgarmas yoki sanoat chastotasi (50 Hz)ga teng bo'lgan chastotadagi o'zgaruvchan tok energiyasini yuqori chastotali (yuz ming, million va bir necha o'n million Hz) o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantirib berish, elektromagnit tebranishlari va to'liqlarini hosil qilish, ularni tarqatish va qabul qilish, shuningdek biror axborotni radioto'liqlar orqali uzatish va qabul qilish masalalarini o'rganadi.

Elektronika-elektrovakuum va yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarish va hozirgi zamon radioapparatlarida ishlatish masalalarini o'rganadi.

Radiotexnika fanining rivojlanishida XIX asrda fizika sohasida qilingan ko'pgina kashfiyotlar katta ahamiyatga ega bo'ldi. Masalan, M.Faradey tomonidan kashf etilgan elektr va magnit maydonlarining o'zaro ta'sir hodisalari, J.Maksvellning elektromagnit maydon hususiyatlarini ochib beruvchi tenglamalarini ko'rsatish mumkin. Bu tenglamalarda elektromagnit to'liqlarining mavjudligi va ular yorug'lik tezligiga teng bo'lgan tezlik bilan tarqalishi nazariy holda keltirib chiqarilgan edi. Maksvell nazariyasining to'g'riligini birinchi marta nemis olimi G.Gers 1886-1888 yillarda amalda isbotladi. Lekin Gers elektromagnit to'liqlarni amalda hosil qilsada, ulardan texnikada foydalanish mumkin emas deb hisoblagan edi. Chunki elektromagnit to'liqlarini qayd etadigan vibratorlarda hosil bo'ladigan uchqunni qorong'i xonada faqat luppa yordamidagina kuzatish mumkin edi, xolos. Mana shu kuchsiz uchqunda kelajak aloqa vositasini ko'ra olish uchun tadqiqotchi buyuk olim bo'lishi zarur edi. Bu ixtiroga rus olimi A.S.Popov erishdi. Kronshadada minalar bo'yicha ofitserlar tayyorlaydigan o'qituvchisi A.S.Popov 1895 yil 7 may kuni Peterburg rus fizik va ximiklari jamiyatida o'zining ixtirosi xaqida doklad qiladi. Shu

boisidan 7-mayni radio kuni sifatida nishonlanib kelimmoqda. A.S.Popovning ixtirosidan bir yil o'tgach, italyan injeneri Markoni radio aloqa ishlarini amalga oshirib ko'rsatdi.

Radioexnikaning rivojlanishi bevosita uning asosiy bazasi bo'lgan elektronikaning rivojlanishi bilan bog'liqdir. Eng oddiy elektron asboblardan biri vakuumli diodni 1883 yilda amerikalik T.A.Edison ixtiro qilgan. U oddiy cho'g'lanna tolali elektr lampochkasi ichiga yana bitta elektrod joylashtirganda ular orasida hosil bo'lgan tok faqat bir tomonga yo'nalganligini kuzatgan. Dioddan o'tayotgan tokning elektronlar oqimidan iborat ekanligini esa ingliz olimi J.Tomson isbotlab bergan. Undan detektor sifatida foydalanish mumkinligini 1904 yilda ingliz J.Fleming ko'rsatib o'tgan bo'lsa, birinchi vakuumli triodni 1906 yilda amerikalik Luide Forest ixtiro qilgan.

Umuman, radioexnikaning rivojlanishini sharti ravishda uch davrga bo'lish mumkin. Birinchi davrda (1895-1920) asosan uzun to'lqinlardan foydalangan holda telegraf aloqasi yo'lga qo'yildi. Radiouzatuvchi qurilmalarda uchqunli, elektromashinali va elektr yoyli generatorlar qo'llanilgan. Priyomnik sifatida sezgiriligi kam bo'lgan detektorlar ishlatilgan.

Ikkinchi davrda (1920-1955) elektron lampalardan keng foydalanildi. Radioqurilmalarda elektrovakuumli lampaga keng miqdorda ishlatilib, ular asosida past va yuqori chastotali kuchaytirgichlar, generatorlar, modulyatorlar yasalgan. 1918 yilda supergeterodinni priyomnik loyhasi ixtiro qilinganidan so'ng, uni amalga oshirish natijasida qabul qiluvchi qurilmalarning sezgiriligi keskin ortib ketdi. Natijada qisqa va ultraqisqa to'lqinlar diapazoni o'zlashtirildi.

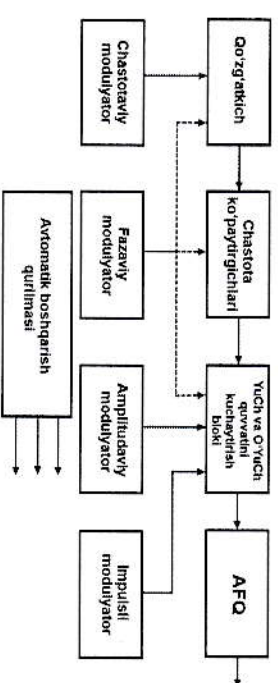
Uchinchi davrda (1955 yildan boshlab) yarimo'tkazgichli asboblardan keng ko'lamda qo'llanila boshladi. Yarimo'tkazgichlarning o'zgaruvchan tokni to'g'rilash xususiyatini 1875 yilda nemis olimi K.F.Braun sezgan edi. 1922 yilda sovet olimi O.V.Losev ayrim kristallardan tebranishlarni hosil qilish va kuchaytirishda

foydalanish mumkinligini ko'rsatib berdi. Birinchi yarimo'tkazgichli triod, ya'ni tranzistori AQSHda D.Bardin va V.Bratten yaratildilar. Dastlabki integral mikrosemalar esa 1960-yilning oxirida paydo bo'ldi. Mikrosemalarning yaratilishi radioexnika sohasida katta o'zgarish bo'lishiga olib keldi. Shundan so'ng elektronika aniq ikki qismga, ya'ni katta quvvatli radioelektronika va mikroelektronikaga ajraldi. Mikroelektronikaning vazifasi ko'pgina yarimo'tkazgichli asboblarni hamda bo'linmaydigan, ma'lum darajada to'liq radio sxemalarni o'z ichiga olgan, kam quvvatli qurilmalarni yaratishdan iborat. Keyingi paytlarda radioelektronikaning rivojlanishi bilan yangi sohalar vujudga keldi. Bularga misol qilib optoelektronika va akustoelektronika sohalarini keltirish mumkin. Optoelektronika elektromagnit to'lqinlar shkalasidan joy olgan optik diapazondan axborotni uzatish va qabul qilishda foydalanish imkoniyati borligi bilan bog'liqdir.

Akustoelektronika sohasida ishlaydigan qurilmalarda elektromagnit to'lqinlar bilan birgalikda elastik, ya'ni tovush to'lqinlaridan va zamonaviy nanoelektronika yutuqlaridan keng foydalanilmoqda.

10.2-§.Radioelektron sistemalar va zanjirlar

Eng ko'p tarqalgan radioelektron sistemalarga xabar (signal) tarqatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarni kiritish mumkin.



10.1-rasm. Axborot uzatuvchi qurilmaning struktura sxemasi.

Axborot uzatuvchi qurilmaning tuzilishi 10.1-rasmda keltirilgan. Xabar odatda, elektr tabiatiga ega bo'lmaganligi sababli (tovush, tasvir va shunga o'xshash) manbadan xabar elektrsignaliga aylantiruvchi qurilmaga beriladi. Radioaloqa ishlarida bu vazifani mikrofon, televideniyada-uzatuvchi televidenion kamera, diskret xabarni uzatish sistemasida-telegraf, displaylar bajaradi. Hosil bo'lgan elektrsignalni kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng modulyatorga beriladi. Modulyatorga generatoridan yuqori chastotali elektr tebranishlari beriladi. Modulyator yuqori chastotali tebranishlarning biror-bir parametrik (amplitudasi, chastotasi yoki fazasi) xabar signaliga aylantiriladi. Bu jarayon modulyatsiyalash deb yuritiladi. Modulyatsiyalangan signal yuqori chastotali kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng tarqatish uchun antenaga uzatiladi (10.2-rasm).

Antennadan chiqqan radiosignallar priyomnik kirishiga aloqa liniyasi orqali uzatiladi. Aloqa liniyasiga uzatuvchi va qabul qiluvchi antena va ular orasidagi fazo, shuningdek to'liq o'tkazuvchi kabel yoki yorug'lik o'tkazuvchi aloqa liniyasi kiradi. Priyomnikning vazifasi-signalni qabul qilish, keraksiz signalardan tozalash, uni kuchaytirish va detektorlashdan iborat (10.2-rasm). Detektorlash modulyatsiyalashga nisbatan teskari jarayondir. Unda modulyatsiyalangan yuqori chastotali signallar dastlabki xabar signaliga aylantiriladi, shundan so'ng xabar signali qayd qiluvchi asbobga beriladi.



10.2-rasm. Qabul qiluvchi priyomnikning blok sxemasi.

Har qanday radioelektron qurilma qanchalik sodda yoki murakkab sxemali bo'lmasin, u ma'lum bir aniq elementlardan tashkil topgan. Ular jumlasiga qarshiliklar, kondensatorlar, induktiv g'alaktalar, diodlar, tranzistorlar, integral mikroelementlar, elektr energiyasi manbalari va h.k. kiradi. Ma'lum bir asosda

Yig'ilgan bunday elementlardan tashkil topgan sistema radioelektron zanjir deb yuritiladi.

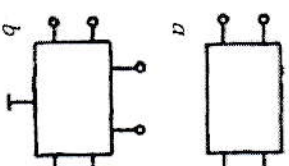
Zanjir elementlarini shartli ravishda 2 turga - aktiv va passiv elementlarga ajratish mumkin. Aktiv elementning asosiy belgisi uning elektr energiya bera olishidir. Bunga misol qilib elektr energiyasi manbalari keltirish mumkin. Passiv elementlarga elektr energiyasini iste'mol qiluvchi va to'lovchi elementlar kiradi. Zanjirlarni hisoblashda bu elementlar ideal xolda ko'riladi. Bunda elementda biror bir xususiyat boshqa xususiyatlarga nisbatan ancha yuqori bo'lishi ko'zda tutiladi. Masalan, induktiv g'alak o'zining qarshiligiga va o'ramlararo sig'imiga ega, lekin radio elektron zanjirda g'alakning induktivlik xususiyati boshqa xususiyatlariga nisbatan yuqori bo'lganligidan aynan shu xususiyati hisobga olinib ishlatiladi.

Har bir element zanjirga ikkita uchi bilan ulanadi. Shu sababli bu element ikki qutbli deb ataladi. Ba'zi murakkab tuzilishga ega bo'lgan sistemalarda ham ikkita uchi chiqarilgan bo'lsa, ularni ham ikki qutbli element deb yuritiladi. Masalan: mikrofon, telefon, dinamik antena va h.k.

Agar biror bir zanjirda alohida kirish va chiqish qutblari bo'lsa, bu zanjir to'rt qutbli deb ataladi (10.3-a-rasm). Masalan, kuchaytirgich, transformator, liniya va h.k. Agar ko'rilayotgan zanjirda qutblar soni to'rttadan ortiq bo'lsa, ular ko'p qutbli deb ataladi (10.3-b-rasm). Masalan, chastota o'zgartirgichlar, modulyatorlar va h.k.

Radioelektron zanjirlarning kirish qismida kuchlanishning

o'zgarishi uning boshqa qismlarida ham tok va kuchlanishning o'zgarishiga olib keladi. Bu o'zgarish boshqa qismlarga elektromagnit to'liqlari orqali tarqaladi. Radioelektron zanjirlarning konstruksiya o'lchamlari va tarqalayotgan to'liq uzunligiga qarab parametrlari to'plangan yoki taqsimlangan zanjirlarga bo'linadi. Zanjir o'lchamlari to'liq uzunligiga nisbatan kichik bo'lsa,



10.3-rasm

bunday zanjir parametrlari to'plangan deyiladi. Unda qarshilik, sig'im va induktivliklar zankirning ma'lum bir sohasiga to'plangan bo'ladi.

Zanjir o'lchamlari to'liq uzunligiga teng yoki undan katta bo'lsa, bunday zanjir parametrlari taqsimlangan deyiladi. Ularda qarshilik, sig'im va induktivliklar butun zanjir bo'ylab taqsimlangan bo'ladi.

Radioelektron zanjirlardagi elementlarning parametrlari undan o'tayotgan tok va kuchlanishga bog'liq bo'lmasa bunday zanjir chiziqi deb ataladi. Masalan, radioelektron zanjir ideal qarshilik, sig'im va induktivlikdan iborat bo'lib, kuchlanishi yo'l qo'yilgan kattalikdan yuqori bo'lmagan o'zgarmas tok manbaiga ulangan hol. Agar radioelektron zanjirlardagi elementlar parametrlari ulardan o'tayotgan tok va kuchlanishga bog'liq bo'lib qolsa, zanjir nochiziqi deb ataladi (masalan, zanjirda xarakteristikasi nochiziqi bo'lgan yarimo'tkazgichli diod, tranzistor, yarimo'tkazgichli p-n o'tishiga asoslanib ishlaydigan qarshilik, sig'im va h. bo'lsa). Agar radioelektron zanjirlarda elektr energiyasining manbai bo'lsa, bunday zanjirlar aktiv, bo'lmasa passiv zanjir deb ataladi. Yuqorida aytib o'tilgan ajratishlar shartli hisoblanadi. Chunki aynan bir xil elementlardan tashkil topgan zanjir ayrim hollarda chiziqi hisoblansa, tashqi sharoitlar o'zgarishi bilan nochiziqi holatga o'tishi mumkin va aksincha. Masalan, tranzistorning ish rejimida xarakteristikaning aynan to'g'ri chiziqi qismi foydalanilayotgan bo'lib, unga amplitudasi kichik bo'lgan signal berilsa, u chiziqi element sifatida ishlaydi.

10.3-§ Radiotexnik signallar klassifikatsiyasi va zanjir xarakteristikalari

O'zgaruvchan tok va kuchlanish elektr tobranishlari deb ataladi. Uzatilayotgan xabar yoki o'rganilayotgan ob'ekt holatini anglatuvchi axborotni aks etiruvchi tobranishlar signal deb, signalni qabul qilishga xalaqit beruvchi tobranishlar esa shovqin deb ataladi.

Radiotexnik signallarni nazariy ravishda o'rganish va hisoblashlar olib borish uchun ularni matematik usulda yozish yoki ilmiy til bilan aytganda matematik modelini yaratish zarur bo'ladi. Signalning matematik modeli deyilganda, argument sifatida vaqt olingan funksional bog'lanish tushuniladi. Model $U(t)$, $f(t)$ va shunga o'xshash ko'rinishda yoziladi. Radiotexnikada aynan bir xil matematik modeldan tokni, kuchlanishni, elektromagnit maydon kuchlanganligini ifodalashda foydalanish mumkin. Modelning yana bir afzalligi shundaki, signalning eng muhim xususiyatlarini alohida ifodalash mumkin. Bunda unchalik ahamiyatga ega bo'lmagan, ikkinchi darajali xususiyatlar hisobga olinmaydi. Signallarni ifodalovchi funksiyalar haqiqiy, ham kompleks qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Shu sababli signalning modeli ham haqiqiy va kompleks bo'ladi.

Radiotexnik signallarga tipik misol sifatida biror qurilmaning qisqichlaridagi kuchlanishni yoki zanjirdagi tokni olish mumkin. Bunday signalni faqat vaqtaga bog'liq funksiya

$$U(t) = U_0 \cdot \cos \omega t \quad (10.1)$$

bilan ifodalash mumkin bo'lganligidan, u bir o'lchovli deyiladi (10.1). Sistemada bir

qancha bir o'lchovli signallar mavjud bo'lsa, umumiy holda sistema ko'p o'lchovli

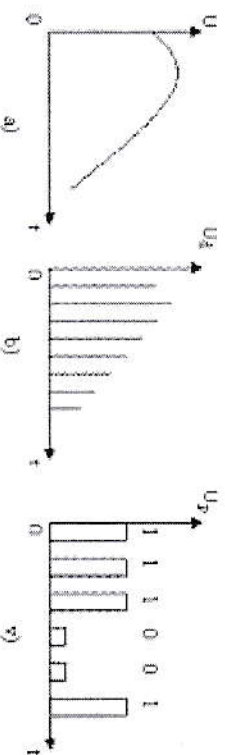
hisoblanadi (10.2).

$$v(t) = v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t) \quad (10.2)$$

Bu yerda N - butun son bo'lib, signalning o'lchamligi deyiladi.

Radiotexnik signallarni istalgan vaqtda ularning oniy qiymatlarini oldindan aytib berish mumkin yoki mumkin emasligiga qarab ham ajratish mumkin. Matematik model yordamida oniy qiymatlari aniqlangan signallar determinallashtirilgan signallar deyiladi. Umuman olganda tabiiatda toza determinallashtirilgan signalni uchratish qiyin, negaki signallarni hosil qiluvchi, uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarda mavjud

bo'lgan tartibsiz issiqlik harakati tufayli real signallarni vaqtning tasodifiy funksiyasi sifatida qarashga to'g'ri keladi va bunday signallar tasodifiy deb ataladi. Radiotexnikada tasodifiy signallar xalaqilar sifatida namoyon bo'ladi va xalaqilar ichidan foydali signalni ajratib olish radiotexnikaning asosiy muammolaridan biri hisoblanadi.



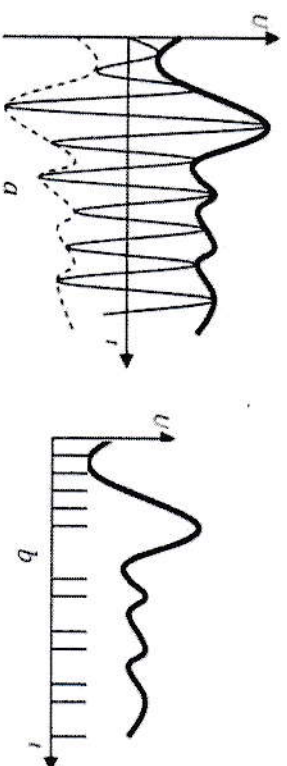
10.4-rasm.

a) Analog signal b) diskret signal v) raqamli signallar.

Radiotexnikada shunday signallar uchraydiki, ularda tebranish kichik bir chegaralangan vaqt davomida mavjud bo'ladi (10.4.a - rasm), bunday signallar impuls deb ataladi. Signallar hosil qilinishi mobeynida fizik jarayonlar shunday borishi mumkin, uning qiymatlarini istalgan vaqtda o'lchash mumkin bo'ladi. Bunday signallarni analogli deb atash qabul qilingan. Radiotexnika fanining dastlabki rivojlanish davrlarida asosan analogli signallar ishlatilgan, keyinchalik ular yordamida radioaloqa, televideniya yo'lga qo'yildi, chunki o'sha yillarda bunday signallarni generatsiyalash, qabul qilish, kuchaytirish va qayta ishlash imkoniyatlari yaratilgan edi. Keyinchalik ular yordamida radioaloqa, televideniya yo'lga qo'yildi.

Radiotexnik sistemalariga qo'yilgan talabning ortib borishi yangi tipdagi signallarning bo'lishini taqozo etdi. Natijada ba'zida analogli signallar o'rnida diskret signallar ishlatila boshlandi. Diskret signallarning oddiy matematik modeli deganda $S_d(t)$ - vaqt o'qida joylashgan va har birida signalling ($i = 1, 2, 3, 4$) aniq qiymati bo'lgan sanoq nuqtalari tushuntiradi (10.4.b-rasm). Odatda $\square t = t_{i+1} - t_i$ katalik

diskretlik qadami deb atalib, har bir signal uchun doimiy bo'ladi. Diskret signalling analog signaldan afzalligi shundaki, uni beo'xov hosil qilib turishga zaruriyat bo'lmaydi. Natijada bitta radioliniya orqali turli manbalarning signallarini turli iste'molchilarga uzatish imkoniyati tug'iliadi. Diskret signallarning parametrlarini raqamlar ko'rinishida ham berish mumkin. Bunday signallar raqamli signallar deb ataladi (10.4.v-rasm). Raqamli signallarni texnikada qo'llanishini qulay holga keltirish uchun ikkilik sistemadan foydalaniladi. Keyingi yillarda bunday sistemadan foydalangan holda raqamli signallar elektron hisoblash mashinalarida, avtomatik boshqariluvchi qurilmalarda keng qo'llanilmoqda.



10.5-rasm. Analogli signalni impulslar ko'rinishida ifodalash. a-balandligi

o'zgaradigan, b-davomiyliigi o'zgaradigan impuls.

Bu impulsning balandligi signalling sanoq nuqtalaridagi qiymatlariga mos keladi (10.5.a-rasm). Bundan tashqari impuls balandligini doimiy saqlagan holda davomiyliigining o'zgarishi uning sanoq nuqtalaridagi qiymatlariga mos keladigan impuls ketma-ketligi holida ham olish mumkin (10.5.b-rasm). Bu yerda har ikki tasvirda sanoq nuqtalaridagi qiymatlar impuls yuzasiga proporsional deb qaralsa, a va b tasvir o'zaro ekvivalent deyish mumkin.

Radiotektron zanjirlarga analog, diskret va shunga o'xshash signallar berilishi mumkin. Berilgan signallar soniga qarab zanjir kirish qismini bir o'lchovli yoki ko'p

o'lehoviy deyiladi. Zanjirning signal beriladigan qismi «kirish» deb, olinadigan qismi «chiqish» deb ataladi.

Kirish signalini (10.3)

$$U_{\text{kir}}(t) = U_{\text{kir}1}(t), U_{\text{kir}2}(t), \dots, U_{\text{kir}n}(t) \quad (10.3)$$

va chiqish signalini (10.4)

$$U_{\text{chiq}}(t) = U_{\text{chiq}1}(t), U_{\text{chiq}2}(t), \dots, U_{\text{chiq}n}(t) \quad (10.4)$$

t_n va n o'lehoviy vektor sifatida ifodalasak, ular orasidagi bog'lanish

$$U_{\text{chiq}}(t) = T \cdot U_{\text{kir}}(t) \quad (10.5)$$

organi ifodalanadi (10.5). Bu yerda T -sistema operatori deb ataladi. Operator signalning amplitudasi, chastotasi va fazasiga bog'liq bo'lib, to'liq holda

$$T = A(\omega) \cdot e^{j\phi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega) \quad (10.6)$$

ko'rinishda yoziladi (10.6). Bu yerda, $P(\omega)$ - xarakteristikaning haqiqiy qismi;

$Q(\omega)$ - xarakteristikaning mavhum qismi:

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)} \quad (10.7)$$

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{Q(\omega)}{P(\omega)} \quad (10.8)$$

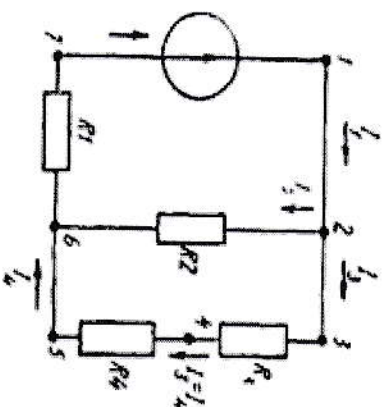
10.4 - §. Chiziqli zanjirlarda garmonik o'zgaruvchi signallar

Chiziqli zanjirlar nazariyasi radioelektronikada alohida o'rin olgan. Negaki, bunday zanjirlar kuchaytirgichlar, filtrlar, generatorlar va boshqa qurilmalarning tarkibiy qismi hisoblanadi. Tebranishlar amplitudasi kichik bo'lganda ko'pgina nochiiziqli zanjirlarni ham chiziqli zanjir sifatida qarash mumkin.

Chiziqli zanjirlarda (10.6-rasm) o'zgarmas va o'zgaruvchan tok manbai bo'lishi mumkin, shu sababli zanjirda oldin o'zgarmas, so'ngra esa o'zgaruvchan tok manbai bo'lgan holni ko'rib chiqamiz.

10.6-rasmda elementlar, ularning ulanish tartibi va elementlardan o'tuzchi tok yo'nalishlari ko'rsatilgan. Elementlar ulangan nuqtalar tugun deb ataladi. Rasmda

tugunlar raqamlar organi ko'rsatilgan. Zanjirda ketma-ket ulangan elementlarni bitta murakkab element deb qarash mumkin. Bunday holda 1, 3, 4, 5 tugunlar yo'qoladi. Uch va undan ko'p element ulangan tugun alohida qaraladi. Bunday zanjirdagi tok va kuchlanishlar orasidagi bog'lanish Kirxgof qonunlariga asosanib topiladi.



10.6-rasm. Chiziqli zanjir.

Kirxgofning birinchi qonuni quyidagicha yoziladi (10.9):

$$\sum_n I_n = 0 \quad (10.9)$$

ya'ni tugundagi toklarning algebratik yig'indisi nolga teng. Bunda tarmoqlanish nuqtasiga qarab yo'nalgan toklar musbat, chiqayotgan toklar esa manfiy deb hisoblanadi. Kirxgofning ikkinchi qonunini ifodalovchi tenglama

$$\sum_n U_n = 0 \quad (10.10)$$

ko'rinishda yoziladi va kontur elementlaridagi kuchlanishlarning algebratik yig'indisi nolga teng deb ta'riflanadi (10.10). Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tenglamalar tuzilayotganda kuchlanishning yo'nalishi konturni aylanib chiqish uchun ixtiyoriy tanlab olingan yo'nalish bilan ustma-ust tushsa, kuchlanish «+» ishora bilan,

ustma-ust tushmasa, «-» ishora bilan olinadi. Agar zanjir o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan bo'lsa, Kirxgof qonunlari kompleks holda yoziladi.

Kirxgofning toklar uchun yoziladigan qonuni, ya'ni tugundagi toklar amplitudasining

$$\sum_n I_n(j\omega) = 0 \quad (10.11)$$

kompleks qiymatlari yig'indisi nolga teng (10.11). Kompleks amplituda qiymat deganda garmonik tebranishlarning chastotasi o'zgarmas bo'lganda uni xarakterlaydigan parametrlar amplitudasi va boshqalarg'ich fazasi tushuniladi. Shunga o'xshash kuchlanishlar uchun yozilgan formula

$$\sum_n U_n(j\omega) = 0 \quad (10.12)$$

ko'rinishida bo'ladi (10.12), ya'ni element konturlaridagi kuchlanishlar amplitudasining kompleks qiymatlari yig'indisi nolga teng.

Ko'p elementdan iborat murakkab zanjirlarni Kirxgof qonunlari asosida hisoblashda ko'p noma'lumli tenglamalar sistemasi hosil qilinadi. Bunday tenglamalar sistemasini yechish juda ko'p vaqt va mehnatni talab qiladi. Shu sababli murakkab zanjirlarni hisoblashda osonroq tenglamalar sistemasidan foydalanish mumkin bo'ladigan usullardan foydalaniladi. Kontur toklari va tugun kuchlanishlari usullari shunday usullar jumlasidandir. Shu usullarni zanjirda kompleks qarshiliklar mavjud bo'lgan hol uchun ko'rib chiqaylik. Kompleks qarshilik deganda

$$Z(j\omega) = \frac{U_m(j\omega)}{I_m(j\omega)} = R + jX$$

kattalik tushuniladi. Bu yerda R - elementning aktiv qarshiligi, X - elementning reaktiv qarshiligi, R , L , C lar ketma-ket ulangan xususiy holda

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} \quad (10.14)$$

bo'ladi (10.14). Reaktiv qarshilik oldidagi j ko'paytuvchi X qarshilikdagi kuchlanish tokdan faza jixatdan $\pi/2$ burchakka farq qilishini ko'rsatadi. Kompleks qarshilikka teskari bo'lgan kattalik

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB \quad (10.15)$$

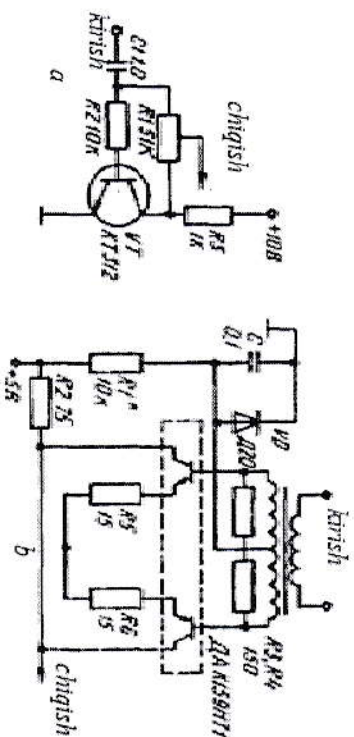
kompleks o'tkazuvchanlik deb ataladi. Bu yerda G - kompleks o'tkazuvchanlikning aktiv tashkil etuvchisi, B reaktiv tashkil etuvchisi.

10.5 - §. Radiouzatuvcchi qurilmalar va qabul qiluvchi qurilmalar

Radiouzatuvcchi qurilmaning blok-sxemasi, ya'ni unda yuqori chastotali elektromagnit tebranishlar hosil qilinib, uning biror parametri uzatiluvchi xabar signaliga muvofiq o'zgartiriladi, bu o'zgartirish modulyasiya deb atalib, modulyasiyalangan signallar kuchaytirilgandan so'ng antenna orqali tarqatiladi.

Radiouzatuvcchi qurilmalar-radioteshtirishlar, television ko'rsatuvlar, aloqa, radiolokatsiya, radionavigatsiya ishlarini olib boruvchi qurilmalarga bo'linadi. Bu qurilmalarning uzatadigan xabarlari turlicha bo'lib, ish jarayonida ular turli polosani egallaydi. Ishlatilish joyiga ko'ra radiouzatuvcchilar stasionar va ko'chma turlarga bo'linadi. Ko'chma radiouzatuvcchilar kemalar, samolyotlar, avtomobillar, kosmik apparatlar va h. larga o'rnatiladi. Radiouzatuvcchining muhim parametrlariga uning quvvati, og'irligi va o'lchamlari kiradi. Quvvat parametrlari ko'rsatishda odatda, o'rta quvvat keltiriladi.

Nurlantirish quvvatiga ko'ra radiouzatuvcchilar quyidagicha kichik ($P < 3$) W kichik ($P < (3-100)$ W katta ($P < (10-500)$ W va o'ta katta $P \geq 500$ kW quvvati turlarga bo'linadi. Radiouzatuvcchi qurilmalarning ishehi chastotasi barqaror bo'lishi kerak. Radiouzatuvcchi qurilmalar ham nochiziqli zanjirlar turkumiga kiradi (10.7-rasm).



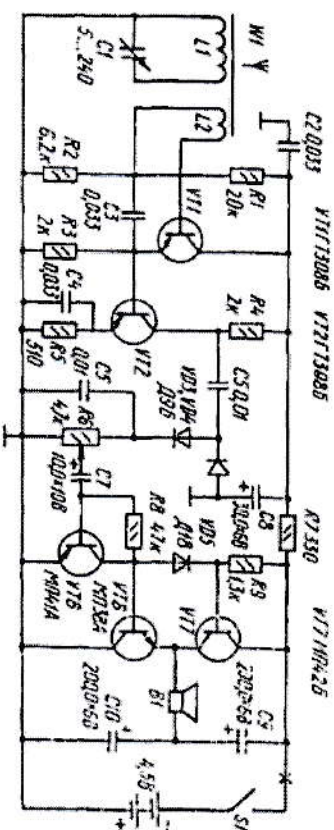
10.7-rasm. Chastota kuchaytirgich. a-transistorli, b-integral mikrosxemali.

Shu sababli ularda nochiiziqi buzilishlar ham bo'ladi. Buning natijasida radiozatuveni qurilma asosiy chastotasiga nisbatan ancha yuqori chastotalar ham hosil bo'ladi. Bunday chastotali signallar boshqa radiostandiyalar ishiga xalaqit bermasligi uchun quvvati kichik bo'lishi kerak.

Radiopriyomnik, radio signallarini tarqatuvchi stansiyalarning signallarini qabul qilib, ularni kuchaytiruvchi, so'ngra tovush chastotali signallarga aylantiruvchi qurilmadir. Radio priyomnik qabul qilgan signallar turi ushda modulyasiyalangan bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra radiopriyomnik mustaqil qurilma bo'lib ishlashi bilan birgalikda, boshqa qurilmaning tarkibiy qismiga ham kirishi mumkin. Masalan, radio orqali boshqariladigan apparatlar, radiolokatsiya ishlarida, radiotelemetriyada va h.

Signallarni qayta ishlash usuliga ko'ra radiopriyomniklar ikki turda bo'ladi: to'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli va supergeterodinni priyomniklar. To'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli radiopriyomnikning blok-sxemasi (10.2-rasm) keltirilgan. Bu priyomnikda radiosignal antenna yordamida qabul qilinib kirish konturi vositasida biorta radiostansiya signali ajratib olinadi. So'ngra yuqori chastotali kuchaytirgichda kuchaytirilib detektorlanadi, hosil bo'lgan past chastotali signal past chastotali kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng elektr tebranishlarini tovush tebranishlariga

aylantiruvchi dinamikka uzatiladi. To'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli radiopriyomniklarda yuqori chastotali kuchaytirgich blokini ko'p kaskadli qilib yasash qiyin. Chunki, kirish signali chastotasi o'zgarishi bilan hamma kaskadlarni shu chastotaga sozlash zarur bo'ladi. Supergeterodinni radiopriyomniklarda, signal radiopriyomnikning kirish qismida ajratib olingandan so'ng, uning eltuvchi chastotasi qanday bo'lishidan qat'i nazar, oraliq chastotali signalga aylantirilib olinadi. Shundan so'ng asosiy kuchaytirish oraliq chastotada olib boriladi. Supergeterodinni priyomnikning blok-sxemasi 10.8-rasmida keltirilgan.



10.8-rasm. To'g'ridan to'g'ri kuchaytirgichli transistorli priyomnikning sxemasi.

Supergeterodinni priyomnikning sezgirliigi, kuchaytirish ko'effitsienti, tanlovchanliigi va shunga o'xshash parametrlarining yuqori bo'lganliigi sababli, bunday radiopriyomniklar ko'plab ishlab chiqariladi. Ishlatilish joyiga ko'ra radiopriyomniklar stasionar va ko'chma turda bo'ladi. Stasionar priyomniklarda qo'shimcha ravishda gramplastinka yozuvlarini qayta eshitiruvchi, magnet lentalaridagi yozuvlarni qayta eshitiruvchi qurilmalar ham bo'lishi mumkin. Ko'chma priyomniklar istalgan sharoitda ishlatishga mo'ljallangan bo'ladi. Ularga ichkam priyomniklar va cho'ntak priyomniklari kiradi.

Radiopriyomnik ega bo'lgan elektr va akustik parametrlarining turlicha bo'lishiga qarab har xil klasslarga ajratiladi. Bu parametrlar quyidagilardan iborat.

Radiopriyomnik qabul qiliadigan chastotalar diapazoni. Diapazon to'rt qismdan iborat:

UT (DV) uzun to'liqlar—150... 408 kHz (2000 ... 735, 63 m);

O'T (SV) o'rta to'liqlar—525 ... 1605 kHz (571,1...186, 9 m)

QT (KV) qisqa to'liqlar—3,95 ... 12,1 MHz (75,9...24,8 m);

UQT (UQV) ultra qisqa to'liqlar—65...873 MHz (4,56...4,11 m).

Qisqa to'liqli (QT) diapazonda ishlaydigan radiosransiyalar diapazon bo'yicha

bir tekis joylashmasdan, ayrim qismlariga ko'proq to'plangan. Shu sababli QT diapazoni bir nechta kichik (oraliq) diapazonlarga ajratiladi. Bu oraliq radiopriyomniklarda qulaylik tug'dirish maqsadida butun shkala bo'ylab «cho'ziladi».

Cho'zilgan oraliqlar quyidagicha bo'ladi:

75 m—3,95 ... 5,75 MHz (76 ... 52,2 m);

49 m—5,95 ... 6,2 MHz (50,4 ... 48,4 m);

41 m—7,1 ... 7,3 MHz (42,2 m ... 41,1 m);

31 m—9,5 ... 9,775 MHz (31,6 ... 30,7 m);

25 m—11,7 ... 12,1 MHz (25,6 ... 24,8 m).

Radiopriyomnikning sezgirligi deb, radiopriyomnikning kuchsiz radiosignalni qabul qila olish qobiliyati tushuniladi. U priyomnikning chiqishida nominal quvvat hosil bo'lishi uchun kirishga berilishi kerak bo'ladigan minimal kuchlanish miqdori bilan o'lchanadi.

Nominal chiqish quvvati priyomnikning chiqishida nohiziqi buzilishlar ma'lum chegara qiymatdan katta bo'lmaydigan sharoitda olingan quvvat. Iste'mol quvvati orqali priyomnikning tejamkorlik darajasi aniqlanadi. Iste'mol quvvati priyomnikda aktiv elementlarning ko'p yoki kamligi bilan belgilanadi.

Biz bu priyomniklardan tranzistor va integral mikrosxemada yig'ilgan to'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli hamda supergeterodinni priyomnik bilan tanishib

chiganiz. Tranzistorda yig'ilgan to'g'ridan-to'g'ri kuchaytirgichli priyomnikning prinsipial sxemasi 10.8-rasmda keltirilgan. Priyomnikda radiosignallar W_1 magnit antenasi yordamida qabul qilinadi. L_1 va C_1 kirish konturi hosil qilib, uning xususiy chastotasi biror-bir radiosransiya targetayotgan to'liqlar chastotasiga sozlanadi. L_1 va L_2 induktiv bog'langan g'allaklar bo'yib kirish konturida ajratib olingan tebranishlar kuchaytirish uchun VT_1 tranzistoriga beriladi. VT_1 da kuchaytirilgan yuqori chastotali amplituda modulyatsiyali tebranishlar VT_2 ga beriladi. Bu priyomnikda yuqori chastotali kuchaytirgich nagruzkasi qarshilikdan iborat bo'lgan VT_1 tranzistor asosida yig'ilgan. Albatta bunday sxemali yuqori chastotali kuchaytirgichning kuchaytirish ko'effitsienti yuqori bo'lmaydi. Shu sababli tebranishlar energiyasidan maksimal foydalanish uchun ikki yarim davrli detektordai foydalaniladi. Bu detektor sifatida priyomnikda VD_1 , VD_2 diodlari ishlatiladi. Detektorlangan signal tovush balandligini boshqaruvchi rezistor R_6 va C_7 kondensator orqali dastlabki past chastotali kuchaytirgichga beriladi. VT_6 da signalni tok va kuchlanish bo'yicha dastlabki kuchaytirish bosqichi, VT_7 va VT_8 da esa signal tokini kuchaytiruvchi simmetrik emitter takrorlagich yig'ilgan. VT_7 va VT_8 tranzistorlari bazasida boshlangich siljish kuchlanishi VD_3 diodda potentsial tushuvidan hosil qilinadi. Radiokarnay VT_7 va VT_8 larning emitterlari ulangan nuqta bilan C_9 , C_{10} kondensatorlar ulangan nuqta oraliq'iga ulangan. Bunday ulash ko'priksimon ulash deb atalib, sxema tok manbaiga ulanish paytida tranzistorlar nagruzka toki hosil qilmaydi.

X.bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar

1. Radiouzatuvtchi qurilmalarni tavsiflang?
2. Radio kabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy qismi va vazifasini ayting?
3. Priyomnik sxemalarini tavsiflang?
4. Trigger vazifasi nima?
5. Mikroprotessorlar zanjiri nimalardan tashkil topadi?
6. Radiotexnika nimani o'rganadi?
7. Elektronika nimani o'rganadi?
8. Radioelektron zanjirlarning asosiy elementlarini ayting?
9. Radioelektron zanjirlarni turlari vazifalarini ayting?
10. Radiotexnik signallar klassifikatsiyani va zanjir xarakteristikalarini ayting?
11. Chiziqli zanjirlarda garmonik o'zgaruvchi signallar hosil qilinishi va hossalarni tushuntiring?

Test savollari.

1. Birinchi radioni kim kashf qilgan?
A) A.S.Popov B) G. Gers C) M.Faradey D) Maksvell
2. Radio kuni qaysi sanada nishonlanadi?
A) 7-may B) 31-dekabr C) 8-dekabr D) 17-may
3. Yuqori chastotali tebranishlarning biror-bir parametrik (amplitudasi, chastotasi yoki fazasi) xabar signaliga aylantirish jarayoni nima deyiladi?
A) Modulyatsiyalash B) Antenna C) Mikrofon D) Kuchaytirgich
4. Signallarni modulyatsiya qiluvchi asbob nima deyiladi?
A) Modulyatsiyalash B) Antenna C) Mikrofon D) Kuchaytirgich
5. Radiosignalni uzatish va qabul qilish vazifasini nima bajaradi?

- A) Antenna B) Modulyatsiyalash C) Mikrofon D) Kuchaytirgich
6. Mexanik signallarni, elektr signallariga nima aylantiradi?
A) Mikrofon B) Antenna C) Mikrofon D) Kuchaytirgich
7. Past chastotali signallarni kuchaytiruvchi qurilma?
A) Kuchaytirgich B) Antenna C) Mikrofon D) Modulyatsiyalash
8. To'liq fazasini modulyatsiya qiluvchi qurilma nima?
A) Fazaviy modulyator B) Chastota modulyator
- C) Amplituda modulyator D) Barcha javoblar to'g'ri
9. To'liq chastotasini modulyatsiya qiluvchi qurilma nima?
A) Chastotaviy modulyator B) Fazaviy modulyator
- C) Amplituda modulyator D) Barcha javoblar to'g'ri
10. To'liq amplitudasini modulyatsiya qiluvchi qurilma nima?
A) Amplitudaviy modulyator B) Chastota modulyator
- C) Fazaviy modulyator D) Barcha javoblar to'g'ri

Illovalar

1. Glossariy

1. Induktivlik	magnit oqimi ilashuvchanligining tokka nisbati bilan o'lanadi kattalik kontur yoki g'atalkning induktivligi deb ataladi va L harfi bilan belgilanadi. Induktivlik g'atalkning shakli va o'lanadigan, undagi o'ramlar soniga, muhtimining magnit sindiruvchanligiga bog'liq.
2. Induktivlik g'atagi	sig'irini va aktiv qarshiligi ancha kichik bo'lgan holda katta induktivlik hosil qiladigan ko'p o'ramli spiralsimon o'kazgich.
3. Induktiv qarshilik	o'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshilikning bir qismi, ya'ni zanjirdagi induktivlik L va tok chastotasi $\omega=2\pi f$ ga mutanosib bo'lgan hamda elektr qarshilik o'loviga ega bo'lgan $X_L=\omega L$ kattalik induktiv qarshilik deyiladi.
4. Magnitio yumshoq material	kuchlanganligi yuzlaricha A/m bo'lgan nisbatan kuchsiz magnit maydonlarda to'yunguncha magnitlanadigan va qayta magnitlanadigan material.
5. Magnitio qattiq material	kuchlanganligi o'nlaricha kA/m gacha bo'lgan nisbatan kuchli magnit maydonlarda to'yunguncha magnitlanadigan va qayta magnitlanadigan material.
6. Sinxron mashina	rotorning aylanish chastotasi va statoridagi tokdan hosil bo'lgan aylanuvchi magnit maydonning aylanish chastotasi bir xil bo'lgan uch fazali o'zgaruvchan tok mashinasi.
7. Stator	elektr mashinalarda aylanuvchi magnit maydon hosil qiluvchi cho'lg'amlar o'rnatilgan o'zak harakatsiz turg'un uchun u stator deb ataladi. Umuman elektr mashinaning qo'zg'almas qismi stator deyiladi.
8. Rotor	elektr mashinalarining aylanadigan qismi. Stator ichiga joylashgan rotorga o'rnatilgan cho'lg'arning magnit maydoni stator cho'lg'amining magnit maydoni bilan ta'sirlashtirib elektr yurituvchi kuch hosil qiladi.
9. Magnit maydon	1. elektromagnit maydon namoyon bo'lishining bir ko'rinishi bo'lib, shu bilan farq qiladiki, u harakatdagi elektr bilan zaryadlangan zarra va jismlarga, tokli o'tkazgichlarga hamda magnit momentiga ega bo'lgan zarra va jismlargagina kuch bilan ta'sir qiladi.
10. Magnit zanjiri	magnit oqimini ma'lum tomonga yo'naltirib beradigan qurilma, ferromagnit jismlar ketma-ketligi. Magnit zanjiri elektr mashinalar, elektr asbob va apparatlarda qo'llaniladi.
11. Magnit oqimi	magnit induksiyasi V ning magnit induksiyasi vektoriga

	perpendikulyar bo'lgan S yuzaga ko'paytmasi magnit oqimi deb ataladi va F harfi bilan belgilanadi. Magnit oqimining birligi vebor bo'lib, qisqacha Vb ko'rinishida yoziladi.
12. Ventil	tokni faqat bir tomonga o'tkazish xossasiga ega bo'lgan asboblari elektr ventillari deb ataladi.
13. Diod	ikki elektrodli lamp. Bir tomonlama o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega. Vakuumli va yarim o'tkazgichli diodlar bo'ladi. Diod tokini to'g'irlash, tokni chegaralash va chastotani o'zgartirish uchun qo'llaniladi.
14. To'g'irlagich	o'zgaruvchan toklarni o'zgarmas toklarga aylantiradigan qurilma.
15. Tarmoqlanmagan zanjir	zanjir elementlari o'zaro ketma-ket ulangan kontur.
16. Magnitlanish, magnitlash	moddalarining magnit maydonida magnit xususiyatiga ega bo'lishi magnitlash deyiladi, magnitlanuvchi moddalar esa magnitliklar deb ataladi.
17. Anod	galvanik element yoki elektr akkumulyatori, elektrolitik vannaning qutbi. Katoddan chiqayotgan manfiy ionlar anodga tomon harakat qiladi.
18. Ionli asbob	simob bug'i yoki inert gazlar bilan to'ldirilgan elektr-vakuumli asbob. Ishlatish gaz yoki simob bug'idagi elektr razryadlardan foydalanishga asoslangan. Ionli asbob jumlasiga gazatronlar, triatronlar, simobli ventillari, ignitronlar va boshqalar kiradi.
19. Tetrod	to'rt elektrod (katod, ikkita to'r va anod)li elektron lamp. To'rttardan biri boshqaruvchi, ikkinchisi ekranlovchi hisoblanadi. Tetrod bir necha yuz MGs chastotalarda ishlaydigan qabul qiluvchi-kuchaytiruvchi yoki generatsiyalovchi lamp va zifasini bajaradi.
20. Ferromagnit tizim	ferromagnitliklarga xos bo'lgan magnit hodisalari va xususiyatlari majmui.
21. Ferromagnitlik	tez va kuchli ravishda magnitlanish xossasiga ega bo'lgan material ferromagnitlik magnit sindiruvchanligi katta bo'lgan materialdir.
22. Trigger	ikki barqaror muvozanat holatlarning birida istagancha tura oladigan va tashqi signal ta'sirida bir holdan ikkinchisiga sakrash yo'li bilan o'tadigan lampali yoki yarimo'tkazgichli qurilma.
23. Transformatorning ekvivalent	ikkilamchi parametrlari birlamchiga keltirilgan transformatori unga ekvivalent bo'lgan elektr sxemasi bilan almashtirish mumkin.

	sxemasii	
24.	Elektromagnit	sun'iy magnit bo'lib, ferromagnit o'zak ustiga izolyatsiyalangan simdan o'talgan cho'tig'andan elektr toki
25.	Ferrorezonans	chiziqli bo'lmagan induktiv element va sig'im qarshiligi yoki chiziqli bo'lmagan sig'im elementi va induktiv qarshilikli zanjirlardagi tok yoki kuchlanish o'zgariganda chiziqli bo'lmagan element qarshiliklarining ham o'zgarishi sababli hosil bo'ladigan rezonans hodisasi.
26.	Kuchlanishlar ferrozonansi	chiziqli bo'lmagan induktiv qarshilik va sig'im qarshiliklar ketma-ket ulangan zanjirdagi sinusoidal kuchlanish yoki tokning o'zgarishida sodir bo'ladigan rezonans hodisasi.
27.	Rezonans	ma'lum sharoitda jismining majburiy tebranishlari amplitudasi keskin oshib ketishi rezonans deyiladi. Rezonans turlari juda ko'p bo'lib, ularga magnit rezonansi, kuchlanish rezonansi, tok rezonansi kiradi.
28.	Rezonans chastotasi	elektr zanjirida rezonans bo'lishiga sabab bo'ladigan elektr chastotasi zanjirning rezonans chastotasi deyiladi va ω_0 harfi bilan belgilanadi.
29.	Toklar ferrozonansi	chiziqli bo'lmagan qarshilik va sig'im qarshilik parallel ulangan zanjirdagi sinusoidal kuchlanish va tok o'zgariganda sodir bo'ladigan rezonans hodisasi.
30.	Vektor diagrammasi	bir xil chastotali o'zgaruvchan kattaliklarni grafik ko'rinishda tasvirlaydigan bir necha vektorlar to'plami.
31.	Garmonika	$\sin(\omega t + \varphi)$ ko'rinishidagi funksiya. Garmonika davriy funksiya bo'lib, davri $T = 2\pi/\omega$.
32.	Stabilizator (mo'tadillash)	elektromexanika, radioexnika va boshqa sohalarida ishlatiladigan asbob va qurilmalarning normal ishlashi uchun elektr tokini yoki kuchlanishni avtomatik ravishda birday ushlab turadigan qurilma yoki moslama, apparat.
33.	Kuchlanish stabilizatori	iste'molchiga beriladigan elektr kuchlanishining o'rtib yoki kamayib ketishiga, ya'ni o'zgarishiga yo'l qo'ymaydigan qurilma.
34.	Tok stabilizatori	tokni stabillash, ya'ni yuklanadagi tok kattaligini o'zgarishsiz saqlash uchun xizmat qiladigan qurilma. Tok stabilizatoriga barqaror misol bo'la oladi.
35.	Kuchaytirgich	signal quvvatini tashqi manba energiyasi hisobiga oshirishga mo'ljallangan qurilma.
36.	Magnit	kichik quvvatli o'zgaras tok vositasida katta quvvatli

	kuchaytirgich	o'zgaruvchan tokni boshqarish qurilmasi. Magnit kuchaytirgichlar avtomatik boshqarish sistemalarida, aniq o'lehash asboblari va boshqa sohalarida ishlatiladi.
37.	Magnit singdiruvchanlik	ayni material absolyut magnit singdiruvchanligining magnit doimiyiga qaraganda necha marta katta ekanligini ko'rsatuvchi kattalik magnit singdiruvchanlik deyiladi va μ harfi bilan belgilanadi.
38.	Magnit isrofi	po'lat o'zakni qayta magnitlash jarayonida gisterzis va uyurma toklar hosil bo'lishidagi isrof magnit isrofi hisoblanadi.
39.	Elektr toki bilan magnitlash	magnetiklardagi barcha elementar magnetiklar tashqi maydon ta'sirida tartibga keltirilsa, katta kuchi magnit maydon hosil bo'ladi. Bunga erishish uchun ferromagnit o'zakka izolyatsiyalangan sim o'rab, hosil bo'lgan ko'p o'ranti g'altakdan tok o'tkazish kito'Y.
40.	Kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti	kuchaytirgich chiqishidagi kuchlanish o'rtimasining kirishdagi kuchlanish o'rtimasiga nisbat kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsienti deb ataladi.
41.	O'tkinchi jarayon	elektr zanjirlarining bita turg'unlashgan holatdan boshqa turg'unlashgan holatga o'tishini ifodalovchi tushunchadir.
42.	Approksimatsiya (yaqinlashtrish)	egri chiziqlarni siniq chiziqlar orqali ifdalangan darajadagi aniqlik bilan approksimatsiyalash mumkin.
43.	Induktivlik	magnit oqimi ilashuvchanligining tokka nisbati bilan o'laniladigan kattalik kontur yoki g'altakning induktivligi deb ataladi va L harfi bilan belgilanadi. Induktivlik g'altakning shakli va o'lanlariga, undagi o'rnamlar soniga, muhitning magnit singdiruvchanligiga bog'liq.
44.	Induktivlik g'altagi	sig'imi va aktiv qarshiligi ancha kichik bo'lgan holda katta induktivlik hosil qiladigan ko'p o'rnamli spiralsimon o'tkazgich.
45.	Induktiv qarshilik	zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshilikning bir qismi, ya'ni zanjirdagi induktivlik L va tok chastotasi $\omega = 2\pi f$ ga mutanosib bo'lgan hamda elektr qarshilik o'lehoviga ega bo'lgan $X_L = \omega L$ kattalik induktiv qarshilik deyiladi.
46.	Oqim ilashuvi	cho'tig'amalar sonining ularni kesib o'tuvchi oqimiga ko'paymasi oqim ilashuvi deyiladi va φ harfi bilan belgilanadi.
47.	Vaqt doimiyi	elektr zanjiriga ta'sir ko'rsatayogan kuch, zanjirning tarkibi va

		tuzilishi, zanjirdagi rezistor, kondensator yoki induktiv qarshilik qiymati to'satdan o'zgarganda zanjirdan oqayotgan tokning yangi muvozanat holatiga qaytish tezligini ko'rsatuvchi miqdor.
48.	Volt-ampere xarakteristikasi	elektr zanjiridagi elementlardan o'tayotgan tokning ulardagi kuchlanishga bog'liqligini ifodalovchi grafik volt-ampere xarakteristikasi deyiladi.
49.	Potensial diagrammasi	elektr zanjiri nuqtalari potensialining shu nuqtalar orasidagi qarshiliklarga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafik.
50.	Rektor	qisqa tutashuv tokini cheklash va lamoda qisqa tutashuv sodir bo'lganda taqsimlash qurilmasi shinalarida yetarli kuchlanish tutilib turish uchun qo'llaniladigan yuqori voltli elektr apparat.
51.	O'zgaruvchan tokning to'g'ri chiziqli bo'lmagan zanjiri	tarkibida kamida bitta volt-ampere xarakteristikasi to'g'ri chiziqli bo'lmagan aktiv, induktiv yoki sig'im qarshilikli element bo'lgan o'zgaruvchan tok elektr zanjiri o'zgaruvchan tokning to'g'ri chiziqli bo'lmagan zanjiri deyiladi.
52.	Katod	elektr-vakuumli asbob yoki gazrulyadli ionli asbobning elektrodi; elektronlar manbai vazifasini o'taydi.
53.	Lampaning kuchaytirish ko'effitsienti	lampani to'rtinchi singuliyuchanligiga teskari bo'lgan miqdor lampaning kuchaytirish ko'effitsienti deyiladi. Lampaning to'rtinchi ganchalik zich bo'lsa va katoda ganchalik yaqin joylashgan bo'lsa, lampaning kuchaytirish ko'effitsienti shunchalik katta bo'ladi.

Multisim dasturida elektrotehnika zanjirlarining shartli belgilanishi va ingliz, rus

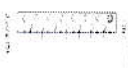
va o'zbek tillarida nomlanishi

	BELGLANIS II	INGLIZ	RUS	O'ZBEK
1.		Ground	Земля	Yerga ulash
2.		Digital ground	Цифровая земля	Raqamli yerga ulash
3.		DC Voltage source (Battery) (DC-Double click)	Двойной щеток по источнику напряжения	Kuchlanish manbai

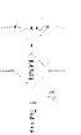
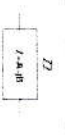
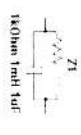
4.		Digital Power Supplies	Цифровая блоки питания	Raqamli quvvat manbai
5.		DC Current Source	Источник постоянного тока	Doimiy tok manbai
6.		AC Voltage Source	Переменного напряжения	AC kuchlanish manbai
7.		AC Current Source	Источник переменного тока	O'zgaruvchan tok manbai
8.		Clock Source	Источник часов	Soat manbai
9.		Amplitude Modulation (AM) Source	Источник амплитудной модуляции	Amplituda modulyatsiyasi manbai
10.		FM Voltage Source (F-M frequency modulation)	Источник напряжения FM (F-M-модуляция частоты)	FM kuchlanish manbai (FM-eshlotali modulyatsiya)
11.		FSK Source	FSK источник (клавиша переключения частоты)	FSK manbai (Chastota o'zgartirish tugmasi)
12.		Voltage - Controlled Voltage source	Источник напряжения с регулируемым напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan kuchlanish manbai
13.		Current - Controlled Voltage source	Источник напряжения с регулируемым током	Kuchlanish bilan boshqariladigan kuchlanish manbai
14.		Voltage - Controlled Current Source	Источник тока управляемый напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan tok manbai
15.		Current - Controlled Current Source	Источник тока с регулируемым током	Boshqariladigan tok manbai

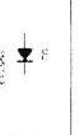
16.		Voltage – Controlled Sine Wave	Синусоида управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan sinusoidal to'qin
17.		Voltage – Controlled Square Wave	Прямоугольная волна управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan kvadrat to'liqin
18.		Voltage – Controlled Triangle Wave	Треугольная волна управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan uchburchak to'liqin
19.		Voltage – Controlled Piecewise Linear Wave	Кусочно-линейный источник управляемый напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan qismlı chiziqli manba
20.		Piecewise Linear Voltage Source	Кусочно-линейный источник	Chiziqli kuchlanish manbai
21.		Piecewise Linear Current Source	Кусочно-линейный источник тока	chiziqli tok manbai
22.		Pulse Voltage Source	Источник импульсного напряжения	Impulsi kuchlanish manbai
23.		Pulse Current Source	Источник импульсного тока	Impuls tok manbai
24.		Polynomial Source	Полиномиальный источник	Polinomi manba
25.		Exponential Source	Экспоненциальный источник	Exponential manba
26.		Exponential Voltage Source	Экспоненциальный источник напряжения	Exponential kuchlanish manbai
27.		Controlled One-Shot	Управление одним выстрелом	Bir martaalik nazorat qilish
28.		Magnetic Flux Source	Источник магнитного потока	Magnit oqim manbai

29.		Magnetic Flux Generator	Генератор магнитного потока	Magnit oqim generatori
30.		Multiplier	Мультипликатор	Multiplikator
31.		Divider	Делитель	Ayratuvchi
32.		Transfer Function Block	Функциональный блок передачи	Uzlatish funksiyasi bloki
33.		Voltage Gain Block	Блок усиления напряжения	Kuchlanishni oshirish bloki
34.		Voltage Differentiator	Дифференциатор напряжения	Kuchlanish farqlovchisi
35.		Voltage Integrator	Интегратор напряжения	Kuchlanish integratori
36.		Voltage Hysteresis Block	Блок гистерезиса напряжения	Kuchlanish gisterizi bloki
37.		Voltage Limiter	Ограничитель напряжения	Kuchlanish bilan boshqariladigan chekllovchi
38.		Current Limiter Block	Блок ограничения тока	Joynı chekllovchi blok
39.		Voltage – Controlled Limited	Ограничение по напряжению	Kuchlanish nazorati cheklangan
40.		Voltage Slew Rate Block	Блок скорости нарастания напряжения	Kuchlanish tezligi bloki
41.		Three-Way Voltage Summer	Трёхходовое напряжение	Uch tamponlama kuchlanish

42.		Connectors	Соединители	Ulagiclar
43.		Rated BJTs (BJT-a bipolar junction transistors)	Номинальные биполярные переходные транзисторы	Normal bipolar ulanish tranzistorlari
44.		Rated Diodes	Номинальные диод	Nominal diod
45.		Rated Fuses	Номинальные предохранитель	Nominal saqlagich
46.		Rated inductors	Номинальная индуктивность	Nominal induktor
47.		Rated LEDs (LED-Light emitting diode)	Номинальный светоизлучающий диод (LED-светоизлучающий диод)	Nominal yotug'lik chiqaradigan diod (LED-yotug'lik chiqaradigan diod)
48.		Rated Relay	Номинальный реле	Nominal rele
49.		Rated Opamp (Opamp-an ideal operational amplifier)	Признак идеальным операционным усилителем (идеальным операционным усилитель)	Ideal operation kuchaytirgichni baholash (ideal operation kuchaytirgich)
50.		Rated Photodiode	Номинальный фотодиод	Nominal fotodiode
51.		Rated Phototransistor	Номинальный фототранзистор	Nominal fototranzistor
52.		Rated Potentiometer	Номинальный потенциометр	Nominal potensiometr
53.		Rated Pullup	Номинальный подтягивания	Nominal tortishish
54.		Rated Resistor	Номинальный резистор	Nominal resistor

55.		Rated Transformers	Номинальный трансформатор	Nominal transformator
56.		Rated variable Capacitor	Номинальный переменный конденсатор	Nominal o'zgaruvchan kondensator
57.		Rated Variable Inductor	Номинальный переменный индуктивность	Nominal o'zgaruvchan induktor
58.		Sockets	Розетки	Rozetkalar
59.		Switch	Выключатель	Kaliti
60.		Resistor	Резистор	Rezistor
61.		Capacitor	Конденсатор	Kondensator
62.		Inductor	Индуктор	Induktor
63.		Nonlinear Transformer	Нелинейный трансформатор	Chiziqli bo'lmagan transformator
64.		Relay	Реле	Rele
65.		Variable Capacitor	Переменный конденсатор	O'zgaruvchan kondensator
66.		Variable Inductor	Номинальный индуктор	Nominal induktor
67.		Potentiometer	Потенциометр	Potensiometr
68.		Pullup	Подтягивания	Tortiluvchi

69.		Resistor Packs	Блоки резисторов	Rezistorlar to plami
70.		Magnetic Core	Магнит ядро	Magnit yadro
71.		Coreless Coil	Катушка без сердечника	Yadrosiz halqa
72.		A+VB Block	Блок цепи с сопротивлением и емкостью, соединенными последовательно	Ketma-ket ulangan qarshilik va sig'imga ega bo'lgan elektron blok
73.		Z Load 1	Блок схемы со значениями сопротивления, индуктивности и емкости, как показано	Ko'rsatilgandek qarshilik, induktivlik va sig'im qiymatlari bo'lgan elektron blok
74.		Z Load 1 Delta	Представляет собой соединение треугольником трех сопротивлений, как показано	Ko'rsatilgandek uchta qarshilikning uchburchak ulanishi
75.		Z Load 1 Wye	Представляет собой соединение звездной трех сопротивлений, как показано на рисунке	Ko'rsatilgandek uchta qarshilikning yuklanishi
76.		Z Load 2	Блок последовательного соединения сопротивлений, индуктивности и емкости, как показано	Ko'rsatilgandek qarshilik, induktivlik va sig'im seriyali ulanish bloklari

77.		Z Load 2 Delta	Треугольное соединение сопротивлений, индуктивности и емкости, как показано	Ko'rsatilgandek qarshilik, induktivlik va sig'im yuklanishning uchburchak ulanishi
78.		Z Load 2 Wye	Подключение трех нагрузок, как показано	Ko'rsatilgandek uchta yuklanishning ulanishi
79.		Z Load 3	Экранированный блок параллельного соединения сопротивлений, индуктивности и емкости, как показано	Ko'rsatilgandek, qarshilik, induktivlik va sig'im qiymatlari bilan parallel ulanish elektron bloklari
80.		Diode	Диод	Diiod
81.		Pin Diode	Контактный диод	Kontaktli diiod
82.		Zener Diode	Стабилитрон	Zener diode

Фойдаланилган адабиётлар

1. Каримов А.С. Электротехниканинг назарий асослари. - Тошкент, 2003.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. - М.: Высшая школа, 2004.
3. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники. - Санкт-Петербург: Питер, 2003.
4. Коровкин Н.В. и др. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. - Санкт-Петербург: Питер, 2004.
5. Каримов А.С., Мирзадаев М.М. ва б. Электротехника ва электроника асослари. Техника олу о'қув унвраларинг талабалари учун дарслик. Т. О'қитувчи, 1995.
6. Qisqacha politehnika lug'ati. O'zbek ensiklopediyasi bosh tahririyati. Т. Fan, 1992.
7. Odilov Q. Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari. O'quv qo'llanma. Toshkent - «Ilm ziyor» - 2005
8. Agirov X.K., Abdullayev A.M., Alimova N.B., Bo'stomov X.X., Obekov Y.V., Toshmatov Sh.T. Elektronika. Darslik. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2011.
9. Хернстер Марк Е. Multisim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. Перевод с англ. Осипов А.И. М.: Издательский дом ДМК пресс, 2006
10. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма: Учеб. Пособие для студентов вузов. - 2-е. стереотип. - М.: Высш. Шк., 1991
11. Каримов А.С., Мирхайдаров М.М. ва б. Электротехника ва электроника асослари. Тошкент: «Ўқитувчи», 1995.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI O'QUV TALIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI
1-FILIALI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI O'QUV TALIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
212
AXBOROT RESURS MARKAZI

Мундарија

I-bob. O'ZGARIVAS TOK QONUNLARI VA ELEKTR ZANJIRLARI

Kirish.....	3
1.1-§ Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining rivojlanishi.....	4
1.2-§ O'zgarimas tok qonunlari.....	8
1.3-§ Elektr zanjiri va uning ish rejimlari.....	18
I.bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....	22

II-bob. BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI

2.1-§ O'zgaruvchan tok va uning turlari.....	26
2.2-§ Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash.....	29
2.3-§ Elektr zanjiridagi kuchlanishlar rezonansi.....	39
2.4-§ Sinusoidal tok zanjirida quvvat.....	41
2.5-§ Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulida hisoblash tekislikda vektorlar bilan tasvirlash.....	43
II.bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....	45

III-bob. UCH FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI

3.1-§ Uch fazali toklarning afzalliklari.....	49
3.2-§ Uch fazali E, Yu, K, kuchlanish va tok sistemasini hosil qilish.....	50
3.3-§ Uch fazali iste'molchilarni yulduz va uchburchak ulash.....	54
3.4-§ Uch fazali zanjirlarning quvvati.....	59
III.bobga doir, nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....	61

IV-bob. TRANSFORMATORLA

4.1-§ Transformator xaqida umumiy ma'lumotlar.....	65
4.2-§ Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	67
4.3-§ Transformatorning ish rejimlari.....	71
4.4-§ Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish ko'effitsienti.....	75
4.5-§ Uch fazali transformatorlarning tuzilishi, chulg'amlarini ulash sxemalari va ularning parallel ishlashi.....	77

4.6-§	O'lash transformatorlari.....	83
IV.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....		87
V.bob. ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI VA ELEKTR O'LCHASHLAR		
5.1-§	O'lchash xatoliklari va aniqlik sinfi.....	90
5.2-§	Elektr o'lchashlar.....	96
5.3-§	Quvvat va elektr energiyani o'lchash.....	104
V.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....		109
VI.bob. YARIMO-TKAZGICHLI DIODLAR		
6.1-§	Yarimo'tkazgichlar xaqida tushuncha.....	112
6.2-§	Yarimo'tkazgichli diodlarning elektr o'tkazuvchanligi.....	114
6.3-§	Diodlarning belgilanishi, sinflanishi va turlari.....	117
VI.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....		130
VII.bob. ASINXRON MASHINALAR		
7.1-§	Asinxron dvigatellarning ahamiyati va qo'llanilish sohalari.....	133
7.2-§	Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi va uning tezligi.....	136
7.3-§	Asinxron dvigatelnining ishlash prinsipi.....	140
VII.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....		145
VIII.bob. O'zgarmas tok mashinalari		
8.1-§	O'zgarmas tok mashinasining tuzilishi va ishlash prinsipi.....	147
8.2-§	O'zgarmas tok generatorining ishlashi.....	152
8.3-§	Motorning tavsiflari va uni ishga tushirish.....	157
VIII.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....		160
IX.bob. ELEKTR ENERGIYASINI HOSIL QILISH, ELEKTR ENERGIYASINI UZATISH VA TAQSIMLASH		
9.1-§	Elektr energiyasi haqida umumiy ma'lumot.....	163
9.2-§	Issiqlik elektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi.....	164
9.3-§	Gidroelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi.....	166
9.4-§	Atom elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	169
9.5-§	Shamolelektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	171

9.6-§	Quyosh elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	172
9.7-§	Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash.....	174
	IX.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....	179
	X.BOB.RADIOELEKTRON ZANJIRLARINING ASOSIY ELEMENTLARI	
10.1-§	Radioelektronika fan va texnikaning rivojlanishi tarixi.....	181
10.2-§	Radioelektron sistemalar va zanjirlar.....	183
10.3-§	Radioleixmik signallar klassifikatsiyasi va zanjir xarakteristikatalari.....	186
10.4-§	Chiziqli zanjirlarda garmonik o'zgaruvchi signallar.....	193
10.5-§	Radiozavuvchi qurilmalar va qabul qiluvchi qurilmalar.....	198
	X.bobga doir. nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun nazorat savollari va testlar.....	196
	II.OVALAR	
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	200
		212

I.G.Tursunov, U.A.Eshniyozov, M. Akbayev

ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA ELEKTRO-TEKZGICHLAR

O'quv qo'llanma

Muharrir:	X. Taxirov
Tehnik muharrir:	S. Melkuziya
Musabbihi:	M. Yunusova
Sahifalovchi:	A. Ziyamuhamedov

Nashriyot litsenziya № 2044, 25.08.2020 й

Bichini 60x84¹/₁₆ "Times new roman" garniturasini, kegli 16.

Ofiset bosma usulida bosildi. Sharti bosma tabog'i 42,25. Adadi 100 dona.

Buyurtma № 1424013

Yangi chiqarilgan kitob MCHJda chop etildi.

Manzili: Toshkent viloyati Chirchiq shahar,

Saodat ko'chasi