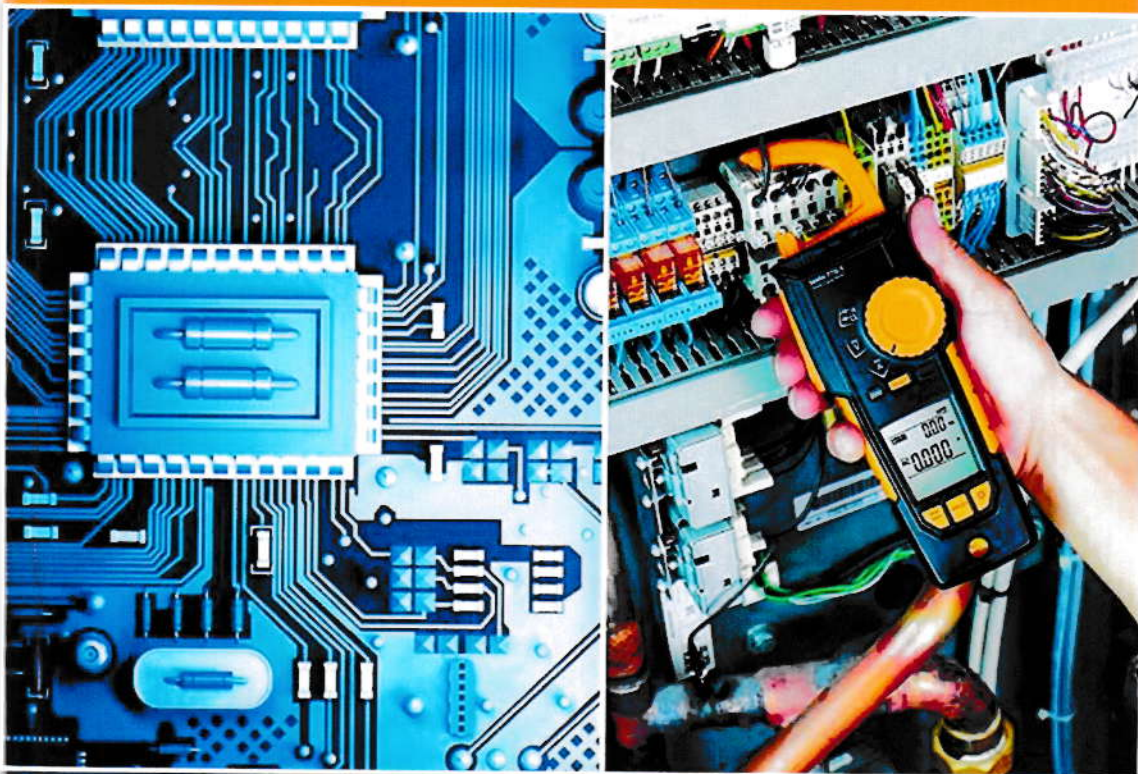


**I.G.TURSUNOV, U.A.ESHNIYOZOV,
A.N.ERNAZAROV, R.S.SHERMUXAMEDOV**

ELEKTROTEKNIKA, ELEKTRONIKA VA ELEKTRO‘TKAZGICHLAR



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

I.G.TURSUNOV, U.A.ESHNIYOZOV,
A.N.ERNAZAROV, R.S.SHERMUXAMEDOV

**ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA
ELEKTRO'TKAZGICHLAR**

Darslik

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI

«SARBON LLS»
TOSHKENT – 2024

— 14515/83 —

UO'K 621.3.01;621.38

KBK 31.2

T-27

Mazkur darslik, pedagogika oliy ta'lim muassasalarining 63112300- Texnologik ta'lim va 60110700-Fizika va astronomiya ta'lim yo'nalishlari o'quv rejasiga asosan o'qitiladigan "Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar" fanining nazariy asoslari hamda mustaqil ta'limni loyiha ishlari asosida tashkil qilish bo'yicha ko'rsatmalar bayon qilingan.

Mualliflar: f.-m.f.d., prof. I.G.Tursunov, p.f.f.d. U.A.Eshniyozov, p.f.f.d. A.N.Ernazarov, p.f.d., dots. R.S.Shemuxamedov

Mas'ul muharrir: p.f.f.d., dots. A.M.Tillaboyev

UO'K 621.3.01;621.38

KBK 31.2

Mazkur darslik O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023 yil 29 maydagi 232-sonli buyrug'iga asosan nashr etishga ruxsat berilgan.

ISBN 978-9910-780-34-9

Kirish

Hozirgi vaqtda barcha sohalarda elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar qurilmalari mavjud, shu sababdan elektrotexnika asoslarini bilish, uni tushunish va amalda qo'llay olish nafaqat elektrotexnika xodimlari, balki turli soha mutaxassislari uchun ham ertangi kunning ravnaqini ta'minlashda katta ahamiyat kasb etadi.

Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar fani pedagogika oliy ta'lim muassasalarining "Texnologik ta'lim" va "Fizika astronomiya" ta'lim yo'nalishlarini talabalari uchun umumkasbiy fanlaridan hisoblanadi. Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar fanining 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 shartli grafik belgilashlarga, oliy o'quv yurtlari fan dasturlariga jiddiy o'zgartirishlar kiritildi. O'qitish jarayoniga yangi pedagogik texnologiyalar joriy etilmoqda. Darslikda keltirilgan mavzular so'ngida o'z-o'zini sinash savollari va nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun test savollari talabalarning mustaqil ta'lim olishi, mustaqil fikrlash, loyihalashtirish hamda eksperimental qobiliyatlarini rivojlantirish uchun xizmat qiladi. Darslik, pedagogika oliy ta'lim muassalari fan dasturi doirasida yozilganligi bois ko'p mavzular hajmi chegaralangan.

1-MAVZU: KIRISH. O'ZGARMAS TOK MANBALARI ELEKTR ZANJIRLARI

Reja:

- I. Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining fan sifatida shakllanishi rivojlanishi;
- II. O'zgarmas tok qonunlari;
- III. Elektr zanjiri va uning ish rejimlari.

I. Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining fan sifatida shakllanishi rivojlanishi

Elektrotexnika, elektronika va elektro'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'lon qilgandan keyin boshlandi. Elektr hodisalarning tabiatini o'rganishga bag'ishlangan M.V.Lomonosov, G.V.Rixman, B.Franklino, Sh.Kulonlarning amaliy tadqiqotlari muhim ahamiyat kasb etdi. Elektr va magnit hodisalarni 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.Joul 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.Pirotskiy 1875-yilda quvvati 4,4 kW o'zgarmas tokni 1 km masofaga uzatish tajribasini o'kazgan. Cho'g'lanish lampasi 1875-yil A.Lodigin tomonidan kashf etilgan. 1884-yil ingliz olimi D.Poyting elektromagnit maydon energiyasini uzatishni nazariy jihatdan tadqiq etgan. 1889-1991-yillarda rus injeneri M.O.Dolivo-Dobrovolskiy elektr energiyaning uch fazali tizimi qism (generator, transformator) larini ishlab chiqdi va kuchlanishi 15 kV, quvvati 150 kW bo'gan elektr energiyani 175 km masofaga uzatishni amalga oshirgan. 1872-yilda rus olimi A.Stoletov 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.Usmonxo'jayev, M.Xusanov, O.O.Xoshimov, K.Mo'minov X.Fozilov, K.R.Allayev, 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, istalgancha miqdorda va uzoq masofalarga, yuqori foydali ish koeffitsiyenti bilan uzatish mumkin;

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

- turli quvvatga ega yuklamalarni bitta manbaga ulash mumkin;

- turli fizik tabiatli parametrlarni (tok kuchi 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 energiyasining bu xususiyatlari qisqa tarixiy muddatda nafaqat elektrotexnika fanining asosiy masalalarini, yangi sifat darajaga ko'tarishga imkon berdi, bu fanining zahirida elektromexanika, elektronika, mikroelektronika, nanoelektronika, radiotexnika, elektro'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 jism 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'altaklar, 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 signallarini o'zgartiruvchi va eng muhimi, quvvat kuchaytiruvchi birinchi aktiv elektron asbob bo'ldi. Elektron lampalar yordamida kuchsiz signallarni kuchaytirish imkoniyati hisobiga radio, telefon so'zlashuvlarni, keyinchalik esa, tasvirlarni ham uzoq masofalarga uzatish imkoniyati (televideniya) 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.Shoklilar tomonidan 1948-yilda elektronikaning asosiy aktiv elementi bo'lgan bipolyar tranzistorning ixtiro qilinishi bilan boshlandi. Bu ixtiroga Nobel mukofoti berilgan. Tranzistor elektron lampaning barcha vazifalarini bajarishi bilan birga uning past ishonchlilik, 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 axborotlashtirish tizimining rivojlanish tomonida mikroelektronika va nanoelektronika mahsulotlarining ularda qo'llanilish darajasiga bog'liq.

Birinchi IMSlar 1958-yilda yaratildi. IMSlarning hajmi ixcham, og'irligi va energiya sarfi kichik, ishonchliligi yuqori bo'lib, uch konstruktiv-texnologik variantlarda yaratilgan, bular qalin, yupqa pardali, yarimo'tkazgichli va gibrid 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 bazasining 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 to'zilmalar elektronikasi bo'lib, mikroelektronikaning mantiqiy davomi hisoblanadi. U qattiq jism fizikasi, kvant elektronikasi, fizikaviy-kimyoviy, elektro'tkazgichlar va yarimo'tkazgichlar elektronikasining so'nggi yutuqlari negizidagi qattiq jisimli texnologiyaning bir qismini tashkil etadi. So'nggi yillarda nanoelektronikada muhim amaliy natijalarga erishildi, ya'ni zamonaviy

telekommunikatsiya va axborot tizimlarning negiz elementlarini tashkil etuvchi, geteroto'zilmalar asosida yuqori samaradorlikka ega lazerlar va nurlanuvchi diodlar yaratildi; fotoqutublagicilar, o'ta yuqori chastotali tranzistorlar, bir elektrodli tranzistorlar, turli xil sensorlar va boshqalar yaratildi. Nanoelektron mikroprotessorlarni ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Shvetsiya Qirolligi fanlar akademiyasi ilmiy ishlarida tezkor tranzistorlar, lazerlar, integral mikrosxemalar (chiplar) va boshqalarni ishlab chiqish bilan zamonaviy axborot kommunikatsiya texnologiyalariga asos solgan olimlar: J.I. Alferov, G.Kremer, J.S.Kilbinilar Nobel mukofoti bilan taqdirlandi. Integral mikroelektronika va nanoelektronika bilan bir vaqtda funksional elektronika rivojlanmoqda. Elektronikaning bu yo'nalishi an'anaviy elementlar (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar va kondensatorlar)dan voz kechish va qattiq jismdagi turli fizik hodisa (optik, magnit, akustik va h.k.)lardan foydalanish bilan bog'liq.

II. O'zgarmas tokning asosiy qonunlari

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

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

Elektr toki-erkin zaryadlangan zarrachalar (elektron, yoki ionlar)ning bir

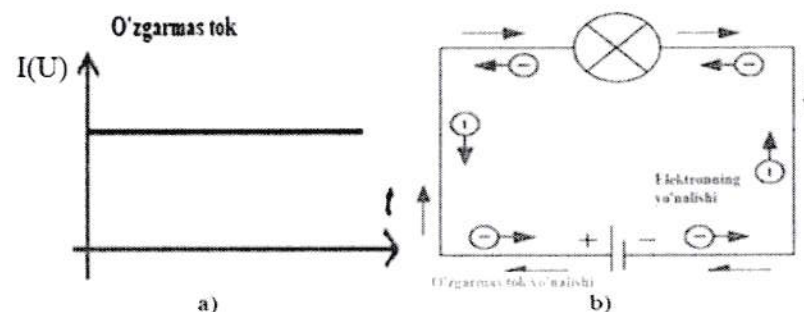
tomonga tartibli harakatiga aytiladi. O'zgarmas tok-qiymati va yo'nalishi o'zgarmas bo'lgan tokdir.

O'tkazgichning ko'ndalang kesimi yuzasi orqali bir sekundda o'tgan 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 oralig'i. Vaqt o'tishi bilan kuchi va yo'nalishi o'zgarmaydigan tok o'zgarmas tok deyiladi (1.1.a-rasm); aks holda bunday tok o'zgaruvchan tok deyiladi.

Berk zanjir bo'ylab, zaryadlangan zarralar(elektronlar)ning harakatiga teskari yo'nalish elektr tokining yo'nalishi sifatida qabul qilingan (1.1.b-rasm).



1.1-rasm. a) tok kuchi va kuchlanishning vaqtga bog'liqligi, b) elektronlar va tokning yo'nalishi

Xalqaro birliklar sistemasida (SI) tok kuchi birligi-Amper [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. 11 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:

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

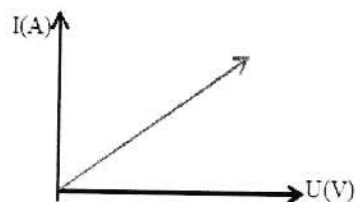
bu yerda k –proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, o'tkazgichning elektr o'tkaz-

-uvchanligi yoki o'tkazuvchanlik deb ataladi. O'tkazuvchanlikka teskari bo'lgan $R = 1/k$, kattalik o'tkazgichning elektr qarshiligi deyiladi (1.2-rasm). (1.3) formulaga R qarshilikni kiritib quyidagi ifodani hosil qilarniz:

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

(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 uchlaridagi kuchlanish 1 V bo'lganda unda 1 A tok kuchi hosil bo'ladi, bu birlik Om deb atalgan.

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



1.2-rasm. Tok kuchini kuchlanishga bog'liqligi

O'tkazgichlarning elektr qarshiligi. Metall o'tkazgichning elektr tokiga ko'rsatadigan qarshiligi erkin elektronlarning metall ionlari bilan to'qnashishi tufayli hosil bo'lgani uchun qarshilik o'tkazgichning shakli, o'lchamlari va modda turiga 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 yo'zi 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 koeffitsiyenti bo'lib, o'tkazgich moddasining solishtirma qarshiligi deb ataladi. (1.4) - formuladan shunday munosabatni yozish mumkin:

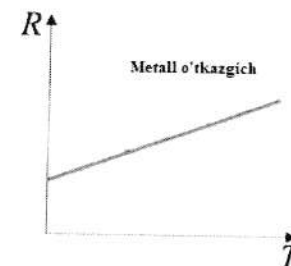
$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (1.5)$$

(1.5) formulaga muvofiq, solishtirma qarshilikning birligi $[Om \cdot m]$.

O'tkazgichlarning qarshiligi va solishtirma qarshiligi tashqi sharoitlarga, ayniqsa temperaturaga bog'liq bo'ladi. Temperatura ortishi bilan metall panjaradagi ionlarning xotik harakati tezlashadi va elektronlarning tartibli harakatini qiyinlashtiradi. Shuning uchun metallarning qarshiligi temperatura ortishi bilan ortadi. Tajribaning ko'rsatishicha, birinchi yaqinlashishda barcha metallarning qarshiligi temperatura o'zgarishi bilan chiziqli bog'langandir (1.3-rasm):

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

bu yerda R_0 o'tkazgichning $0^\circ C$ dagi qarshiligi, t - temperatura, α - qarshilikning temperatura koeffitsiyenti. 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 $\frac{I}{S} = j$ tok zichligi (o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuza birligidan o'tuvchi tok) ekanligini hisobga olgan holda quyidagi munosabatni hosil qilarniz:

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

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

Endi qarshiligi R va $\phi_1 - \phi_2 = U$ kuchlanishda bo'lgan o'tkazgichda o'zgarmas tok bajargan ishni aniqlaymiz. Tok q zaryadning elektr maydoni ta'sirida ko'chishidan iborat bo'lgani uchun bajarilgan ishni quyidagi munosabatdan aniqlash mumkin:

$$A = qU$$

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

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

bu yerda t —tok ishi hisoblanayotgan vaqt. Bu tengliklarning har ikki qismini t vaqtga bo'lib, o'zgarmas tok quvvati N ning tegishli ifodalarini keltirib 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'lchansa, tokning ishi Joullarda (J), quvvati esa Vatlarda (W) ifodalanadi.

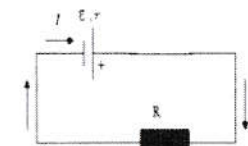
Tajribalarning ko'rsatishidan ma'lumki, tok hamma vaqt o'tkazgichni qizdiradi, uning qizishiga sabab shuki, o'tkazgich bo'ylab tartibli harakatlanayotgan erkin elektronlarning kinetik energiyasi elektronlarning metall kristall panjarasi ionlari bilan to'qnashishlarida issiqlikka aylanishi natijasidir. 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:

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

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 $\mathcal{E}$ bilan I tok kuchi orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz (1.4-rasm).

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



1.4-rasm. Butun zanjir uchun om qonuni

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

bu yerda $\phi_1 - \phi_2 = U$ tashqi qarshilikdagi kuchlanish, A' —tok manbai ichida q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish, yani 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:

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

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

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) munosabatni shunday izohlash mumkin: berk elektr zanjirida tok manbaining elektr yurituvchi kuchi zanjirning hamma qismlaridagi kuchlanish tushishlarining yig'indisiga teng. (1.12) munosabatni quyidagi ko'rinishga keltirib,

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

berk elektr zanjiri uchun Om qonuni ifodasini hosil qilarniz; yani yopiq zanjirda tok kuchi shu zanjirdagi elektr yurituvchi kuchi (EYuK) ($\mathcal{E}$) ga to'g'ri, zanjirning to'la qarshiligi ($R+r$) ga teskari proporsionaldir.

Agar elektr yurituvchi kuch $\mathcal{E}$ va ichki qarshiligi r bo'lgan tok manbaiga ketma-ket bir necha 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 quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + r}$$

Bunda $R_1 + R_2 + R_3 + \dots + r$ yig'indi zanjirning to'la qarshiligi bo'ladi. Shunday qilib, bir necha 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 yani 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 algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi, yani:

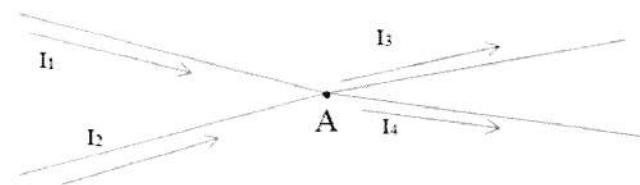
$$\sum_{k=1}^m I_k = 0 \quad (1.14)$$

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

$$\sum_{k=1}^m I_k = \sum_{i=1}^q I_i$$

1.5 rasmda elektr zanjirning 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.

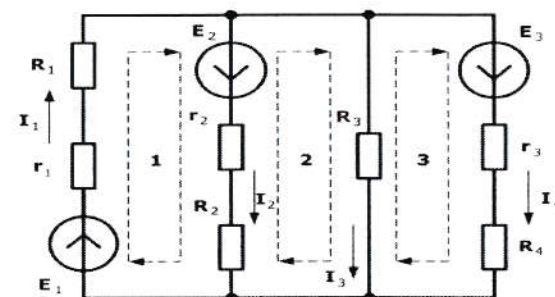


1.5 rasm. Elektr zanjirning tuguni

Kirxgofning 2-qonuni zanjirning berk konturlariga tegishli bo'lib, unga ko'ra elektr zanjirining istalgan berk konturida kuchlanishlar tushuvining algebraik yig'indisi shu konturdagi EYuKlarning algebraik yig'indisiga teng, yani

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

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 zanjirda tok yo'nalishi belgilash

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

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

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

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

Yuqoridagi tenglamalardan foydalanib izlanayotgan kattaliklarni topish mumkin.

Kirxgofning 2- qonunini boshqa ko'rinishda yozish ham mumkin: zanjirning ixtiyoriy konturida kuchlanishlarning algebraik 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 algebraik yig'indisi shu konturning barcha qismlaridagi kuchlanishlar pasayishining algebraik 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, (yani, soat milining harakat yo'nalishi 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.

III. 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 zanjirning asosiy elementlari, o'lchash asboblari, ulab-uzgichlar va himoyalash qurilmalari esa uning yordamchi elementlari hisoblanadi.

Elektr zanjirlarida qo'llaniladigan asosiy tushunchalar:

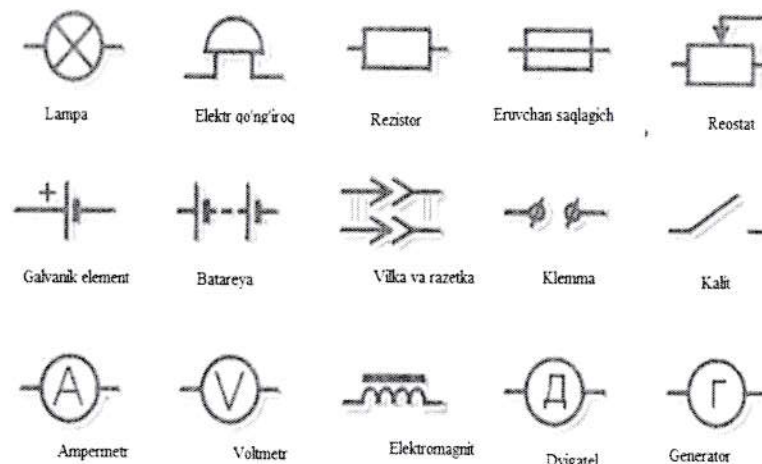
tugun –elektr zanjirning uchtdan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rni;

kontur – elektr zanjirning shoxobchalaridan hosil bo'lgan berk yo'l;

potensiallari ayirmasi-elektr zanjirdagi ikki nuqta orasidagi elektr kuchlanishi;

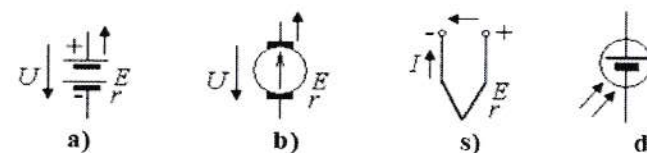
Elektr zanjirning elementlari shartli belgilar bilan tasvirlanadi.

Elektrotexnik ayrim elementlarning sxemalarda belgilanishi (1.7-rasm).



1.7-rasm. Elektrotexnika elementlarining sxemalarda belgilanishi

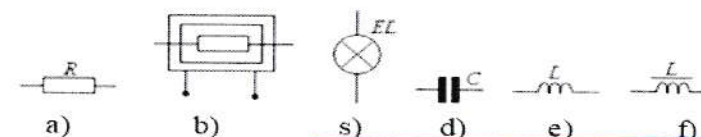
Ba'zi elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi 1.8-rasmda keltirgan.



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 1.9-rasmda keltirilgan.



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

Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemalarida belgilanishi: a) rezistor, b) elektr qizdirgich, s) cho'g'lanma lampa, 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 zanjirlarining ish rejimlari. Elektr zanjirlarining ish rejimlari, yani ularning elektr xolatlari mazkur zanjir ayrim elementlarining toki, kuchlanishi va quvvatlarining qiymatlari bilan aniqlanadi. Elektr zanjirlarining xarakterli hisoblangan quyidagi ish rejimlari bilan tanishib chiqamiz. Nominal (normal) rejim elektr mashinalarining, apparatlarning, asboblarning va simlarning ishlab chiqaruvchi zavod tomonidan ko'rsatilgan nominal tok - I_{nom} nominal kuchlanish - U_{nom} va nominal quvvat - P_{nom} bilan ishlashidir. Elektr masining nominal parametrlari, odatda, uning pasportida ko'rsatilgan bo'ladi. Elektr qurilmalarining nominal parametrlari ichida eng xarakterlisi nominal kuchlanish va nominal tok hisoblanadi. O'zgarmas tokda ishlaydigan aksariyat iste'molchilar 110, 220, 440 V nominal kuchlanishlarga mo'ljallangan bo'ladi.

Elektr qurilmalarining izolyasiyasi 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 valida hosil qilinib, uzoq vaqt davomida tutib 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 qismalaridagi haqiqiy kuchlanishning nominal kuchlanish qiymatiga teng bo'lishiga erishmoq zarur.

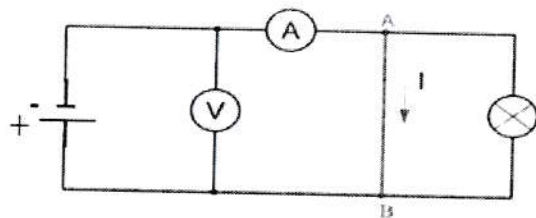
Elektr zanjirlarining ish rejimlari turli sabablarga ko'ra nominaldan farq qilishi mumkin. Agar elektr zanjiri rejimining haqiqiy xarakteristikalarini uning nominalidan farq qilsa-yu, ammo bu farq joiz chegarada bo'lsa, bunday rejim nagruzka rejimi deyiladi. Masalan, radio va televizorlar uchun kuchlanishning joiz chegarasi 210- 235 V nominal kuchlanish esa $U_{nom} = 220 V$ hisoblanadi.

Salt ishlash rejimi-deganda tashqi zanjir manbadan ajratilgan va uning arshiligi amalda cheksizga teng bo'lib ($R_T = \infty$), zanjirdan tok o'tmagandagi ($I=0$) holat tushuniladi. Bu holda manba ichida kuchlanishning pasayishi nolga teng bo'lib, uning qismalaridagi kuchlanish generatorning (manbaning) EYUK siga teng bo'ladi.

$$E \approx U_g$$

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, qismalarida 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 hisoblanadi. Chunki zanjirning qisqa tutashuv bo'lgan joyida qarshilik $R \approx 0$ bo'lishi natijasida qisqa tutashish toki nominal qiymatdan bir necha marta ortib ketadi. Natijada katta issiqlik ajralib chiqib, qurilmaning izolyasiyasi ishdan chiqadi. Ba'zi qisqa tutashishlarda elektr yoyi hosil bo'lishi mumkin. Umuman, qisqa tutashish rejimi noxush oqibatlarga 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 qilinmaganligining natijasidir. Elektr qurilmalarini qisqa tutashuv toklaridan himoyalash uchun zanjirning shikastlangan joyini tarmoqdan avtomatik ravishda uzib qo'yadigan himoya qurilmalaridan foydalaniladi.

1-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

Nazorat savollari:

1. Elektrotexnika, elektronika va elektro'tkazgichlar fanining maqsad va vazifalarini ayting?
2. Fanning 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?

Test savollari

1. Tok kuchi formulasini to'g'ri ko'rsating?
A) $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ B) $R = \frac{1}{k}$ 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) $R = \rho \frac{l}{S}$ 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) $R = \rho \frac{l}{S}$ D) $R = \frac{1}{k}$

3. 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) $R = \frac{1}{k}$

4. 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) $R = \frac{1}{k}$

5. 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) $\frac{U}{l} = E$

6. 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) $Q = I \cdot U \cdot t$ B) $N = I \cdot U$ C) $R = R_0(1 + \alpha t)$ D) $\frac{U}{l} = E$

7. Tok manbaining elektr yurituvchi kuchi formulasini to'g'ri ko'rsating?

A) $\varepsilon = U + \frac{A'}{q}$ B) $N = I \cdot U$ C) $R = R_0(1 + \alpha t)$ D) $\frac{U}{l} = E$

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

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

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

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

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 deb..... . Nuqtalar o'rnini to'ldiring?

- A) Elektr zanjirning uchtdan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rni
B) Elektr zanjirning 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

13. Elektr zanjirlaridagi kontur deb nimaga aytiladi?

- A) Elektr zanjirning uchtdan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rni
B) Elektr zanjirning 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 potentsiallari ayirmasi nima?

- A) Elektr zanjirning uchtdan kam bo'lmagan shoxobchalari ulangan o'rni
B) Elektr zanjirning 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

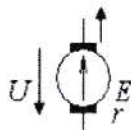
15. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanishi nomini toping?

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



16. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanish inomini toping?

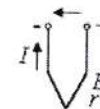
- A) Galvaniq element
B) O'zgaras tok manbai
C) Generatori, termojuftlik,



D) Fotoelement.

18. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanish nomini toping?

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



17. Elektr energiya manbalarining sxemalardagi shartli belgilanish nomini toping?

- A) Galvaniq element
B) O'zgaras tok manbai
C) Generatori, termojuftlik
D) Fotoelement



20. Elektr energiyasi iste'molchilarining sxemalari shartli belgilanish nomini toping?

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



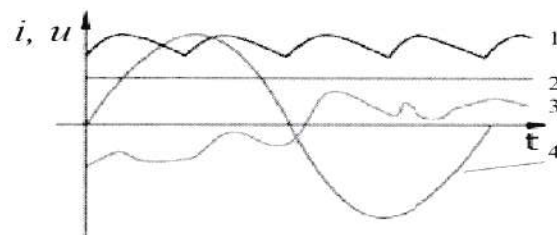
2-MAVZU: BIR VA UCH FAZALI TOK

Reja:

- I. O'zgaruvchan tok va uning turlari;
- II. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash;
- III. Sinusoidal tok zanjirida quvvat;
- IV. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulida hisoblash va vektorlar bilan tasvirlash.

I. 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, yani tokning qiymati vaqtning funksiyasidir (2.1-rasm). Shuningdek, elektromagnit energiyasini bir turdan boshqa turga aylantirishning barcha fizik jarayonlari hozirgi zamon elektrotexnikasining barcha sohalar (elektr mashinalar, elektro'tkazgichlar, yarimo'tkazgichlar, elektr avtomatika, elektronika, radiotexnika, aloqa, hisoblash texnikasi, mikro va nanoelektronika 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);

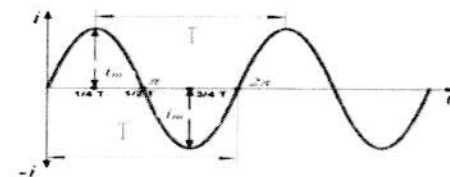
Davriy o'zgaruvchan tok. Sanoatda va turmushda foydalaniladigan o'zgaruvchan tok sinusoidal yani sinus qonuni bo'yicha o'zgaradigan o'zgaruvchan tokdir (2.1-rasm, 4-egri chiziq). Bu tokni yuqori kuchlanish bilan uzoq masofalarga uzatish hamda o'zgaruvchan tokda ishlovchi mashina va apparatlar (transformatorlar, 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'lmish EYuK, kuchlanish, tok va quvvatlarining ixtiyoriy vaqtdagi qiymatlari oniy 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 oniy 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 grafiqi

Agar tok qiymatlari bir xil vaqt oraliqlarida takrorlansa unda bu davriy tok deyiladi.

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

O'zgaruvchan tok qiymatlari eng kam vaqt oraliqlarida 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 v gertsalarda o'lchanadi (2.4).

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (2.4)$$

G'arbiy yarim shardava, 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. Ikkita sinusoidal toklarning faza siljishi boshlang'ich fazalarning ayirmasi (2.6) bilan o'lchanadi.

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

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

Ba'zan elektr zanjirlarining va o'zgaruvchan tok qurilmalarining ishlashi tahlil qilinganda sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning o'rtacha qiymatini aniqlash kerak bo'ladi. Umuman, sinusoidal kattaliklarning davr ichidagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'lganidan uning musbat yarim davrdagi o'rtacha qiymati inobatga olinadi (2.1-rasm). U holda tok $i(t) = I_m \sin \omega t$ ning o'rtacha qiymati:

$$I_{o'r} = \frac{1}{0.5T} \int_0^{0.5T} i dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t dt = \frac{I_m}{\pi} [-\cos \omega t]_0^{\pi} = 2 \frac{I_m}{\pi} = 0,636 I_m \quad (2.7)$$

Demak, sinusoidal tokning o'rtacha qiymati musbat yarim davrdagi oniy toklar yig'indisining o'rtacha arifmetik qiymatiga teng. Yuqoridagi o'xshash yo'l bilan EYuK va kuchlanishning ham o'rtacha qiymatlarini topish mumkin:

$$E_{o'r} = \frac{2E_m}{\pi} = 0,636 E_m \quad (2.8)$$

$$U_{o'r} = \frac{2U_m}{\pi} = 0,636 U_m \quad (2.9)$$

O'zgaruvchan tok ta'sir etuvchi qiymatining uning o'rtacha qiymatiga nisbati ($I/I_{o'r}$) sinusoidal shaklining koeffitsienti K_f ni ifodalaydi:

$$K_f = \frac{I}{I_{o'r}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11 \quad (2.10)$$

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

$$I = 1,11 \cdot I_{o'r} \quad E = 1,11 \cdot E_{o'r} \quad U = 1,11 \cdot U_{o'r} \quad (2.11)$$

II. Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash

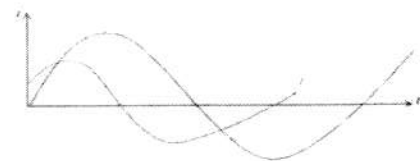
O'zgaruvchan tok zanjirlari nazariyasini o'rganishda va zanjirdagi jarayonlarni tekshirishda, ba'zan, turli amplituda va boshlang'ich fazaga ega bo'lgan bir xil chastotali sinusoidal miqdorlarni qo'shish va ayirish kerak bo'ladi. Bu masalani analitik va grafikviy usullarda, shuningdek aylanuvchan vektorlar yordamida hal etish mumkin. Masalan, ikkita sinusoidal kattalik $i_1 = I_{m1} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_1)$ va $i_2 = I_{m2} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_2)$ berilgan bo'lsa, ularning yig'indisi analitik usul asosida quyidagi trigonometrik o'zgartirishlar natijasida aniqlanadi:

$$i = i_1 + i_2 = I_{m1} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_1) + I_{m2} \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi_2) = I_2 \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi)$$

Ko'rinib turibdiki, teng ta'sir etuvchi tok i ham o'sha chastotada sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi.

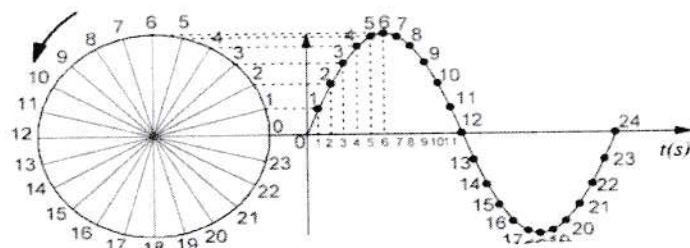
Qo'shiluvchilar soni ortib borgan sari teng ta'sir etuvchi tokni trigonometrik almashtirishlar yo'li bilan aniqlash

tobora murakkablashadi. Shuning uchun, bu usulni amaliy hisoblashlar uchun qo'llab bo'lmaydi. Bu toklarning teng ta'sir etuvchisini to'g'ri burchakli



2.3-rasm. Sinusoidal toklarni qo'shish

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 ifodalanadi (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 ifodalanishi

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 turli burchaklarga burish bilan uning tegishli oniy qiymatlarini

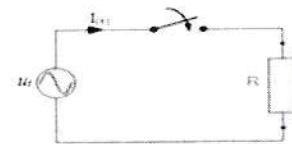
aniqlash mumkin. Radius-vektor I_m ning bir marta to'liq aylanishlar chastotasi (soni) sinusoidal tokning chastotasiga teng demakdir.

$$\begin{aligned} \text{Tokning amaldagi qiymati (sinusoidal uchun)} \quad i &= I_m \cdot \sin(2\pi\nu + \varphi) \\ I &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \frac{(1 - \cos 2\omega t)}{2} dt} = \\ &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2\omega t dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \\ I &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

O'zgaruvchan tok, kuchlanish, EYuK larning 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 qarshilik. O'zgaruvchan tok zanjiri manbadan va rezistordan tashkil topgan bo'lsin, sig'im va induktivlik qarshiliklar esa juda kichik qiymatli bo'lgani sababli hisobga olinmasin. Bu holatdagi zanjirga bo'lgan ortish aktiv hisoblanadi, yani unda elektr tokining issiqlik va mexanik ko'rinishga o'zgarish ro'y beradi (2.5-rasm).



2.5-rasm. O'zgaruvchan tok zanjiri

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

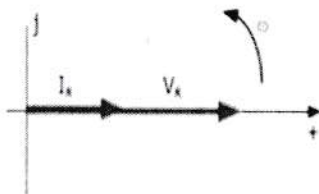
$$u = U_m \cos \omega t$$

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), qachonki 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. Tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi

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

G'altakdan o'zgaruvchan tok i o'tishni boshlaydi, oqibatda EYuK o'zinduksiya hosil bo'ladi (2.7 a-rasm).

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

Statsionar 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 tok kuchini aniqlashtirish 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'qligi uchun, $const = 0$. Shunday qilib,

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

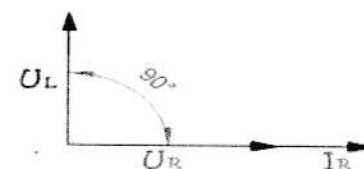
$$I_m = \frac{U_m}{\omega L} \quad (2.18)$$

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

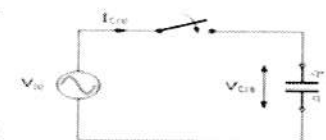
Omda bo'ladi. Doimiy tokga induktivlik qarshilik qilmaydi. Induktiv g'altakdagi tok kuchi va kuchlanishning vektor diagrammasi (2.8-rasm).



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

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

Sig'im qarshilik. Sig'imi C bo'lgan kondensatorga o'zgaruvchantok berilgan bo'lsin, bu tok natijasidan kondensator qaytadan zaryad oladi va takrorlanishi $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ natijada o'zgaruvchan tok hosil bo'sin (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:

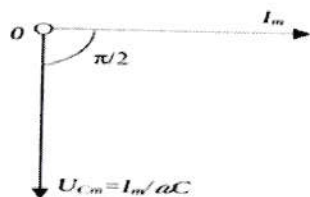
$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega C U_m \sin \omega t = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (2.21)$$

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

$X_C = 1/\omega C$ agar sig'imi C o'ltchov birligi qilib 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'sishi bilan kondensator qarshiligi kamayadi. Agar kondensatordan oqayotgan tok berilayotgan kuchlanishdan 90° ga oldinlab ketadi.



Shundan kelib chiqsa sig'im vektor toki vektor diagrammasida $+\pi/2$ radian aylangan, yani tok kuchi kuchlanishdan $+\pi/2$ ga oldinlab ketadi (2.10-rasm).

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

Zanjir qisqichidagi kuchlanish:

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

yoki:

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

Bu yerda:

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

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

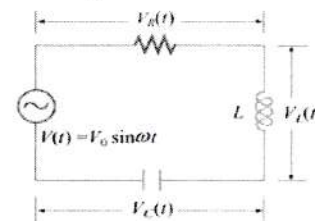
Oxirgi ifodaga zanjirdagi tokni qo'yib, $i = I_m (\sin \omega t - \varphi)$

Oxirida ifodani olarniz

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

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'altakda kuchlanish tok kuchidan faza bo'yicha $\pi/2$ burchak oldinda bo'ladi, kondensatorda qarama-qarshi ortda qoladi. Faza siljishi RLC-zanjir uchun formula bo'yicha aniqlash mumkin (2.26).



2.11-rasm. RLC ketma-ket ulangan zanjir

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

RLC-zanjirning to'la qarshiligi

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

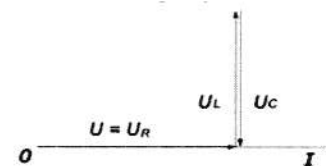
Tokning amplitudaviy qiymati

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

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

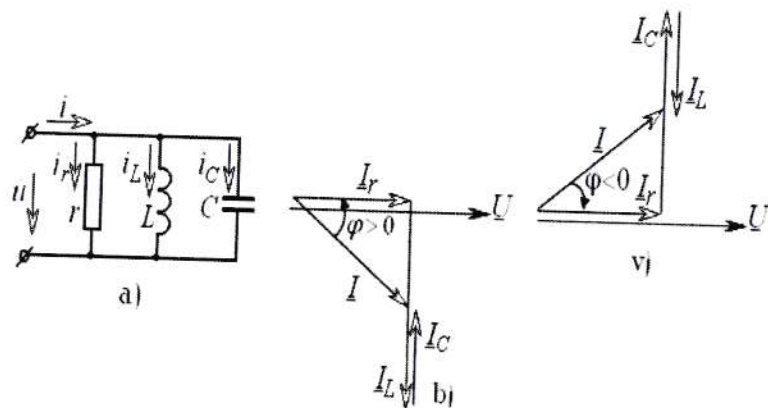
$$X_L = X_C; U_C = U_L$$

Zanjir induktiv harakterga ega, ushbu holatda induktiv qarshilik sig'im qarshilikdan ko'proq. Vektor diagrammada, qoida bo'yicha dastlab vektor kuchlanishni induktiv g'altak, keyin undan kondensatordagi kuchlanishni ayiramiz, shundan keyin umumiy kuchlanish vektorini o'tkazamiz va faza siljishini φ ni aniqlaymiz.



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

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 kirishidagi tokni aniqlaymiz. Kirxgofning birinchi qonuniga asosan:

$$i = i_r + i_c + i_l \quad (2.29)$$

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

Aktiv o'tkazuvchanlik

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

Umumiy zanjirda tok faza jihatdani fodalaymiz:

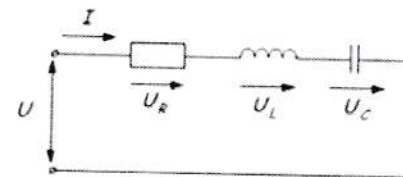
$$i = gu + \frac{1}{L} \int u dt + C \frac{du}{dt} = g U_m \sin \omega t - \frac{1}{\omega L} U_m \cos \omega t + \omega C U_m \cos \omega t = g U_m \sin \omega t + b_L U_m \sin(\omega t - 90^\circ) + b_C U_m \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (2.32)$$

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

III. Elektr zanjiridagi kuchlanishlar rezonansi

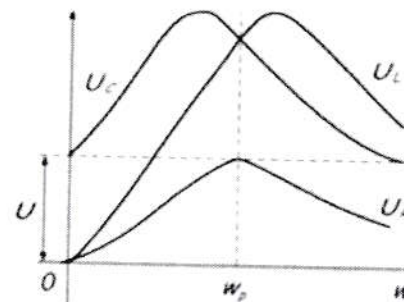
Kuchlanishlar rezonansi RLC - ketma-ket ulangan zanjirida paydo bo'ladi (2.14-rasm).

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'altakdagi kuchlanish u_L va kondensatordagi kuchlanish u_C



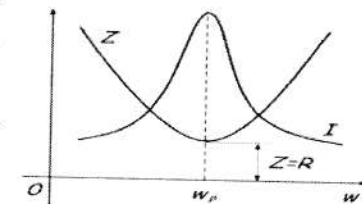
2.14-rasm. RLC - ketma-ket ulangan zanjir

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 ortishiga olib keladi. Rezonansda u_C va u_L kuchlanishlar biroz manbadagi kuchlanishidan ko'proq bo'lishi mumkin, bu elektr zanjirlari uchun zanjir uchun havflidir (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. Chastotasi rezonansi

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, tebranma 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 RLC -zanjiri, rezonans tokidan tashkil topadi.

IV. Sinusoidal tok zanjirida quvvat

Sinusoidal tok zanjirining R, L va C kabi ayrim elementlaridagi energetik munosabatlar avvalgi paragraflarda ko'rib chiqildi. Endi umumiy holat, yani 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 grafigi 2.16.a-rasmda keltirilgan. Davrning kuchlanish va tok ishoralari bir xil bo'lgan qismlarida oniy quvvat musbat, energiya manbadan iste'mol qilinadi va bir qismi rezistorda 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. Rezistorda iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat oniy quvvatning bir davr mobaynidagi o'rtacha qiymatiga teng (2.34):

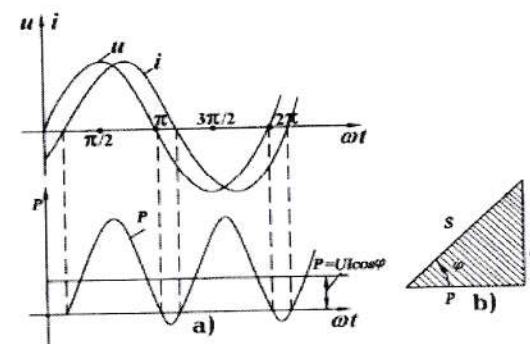
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \cos \varphi \quad (2.34)$$

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

quvvat koeffitsiyentlarining 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).

$$P = z I^2 \cos \varphi = r I^2; P = y U^2 \cos \varphi = g U^2 \quad (2.35)$$



2.16.a.b-rasm. Zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va quvvatning oniy qiymatlarining grafigi

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 koeffitsiyentini 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 almanishuvi tezligini tavsiflaydi va reaktiv tok iste'molini o'lchovi 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-b-rasm):

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

V. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulida hisoblash va vektorlar bilan tasvirlash

Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblashni amerikalik olim I. Shteynmets 1894 yilda ishlab chiqqan. Bu usul bilan hisoblashning asosida sinusoidal tok zanjiri uchun tuzilgan differentsial tenglamalarni algebraik tenglamalar bilan almashtirish yotadi. Bunda tok va kuchlanishlarning oniy qiymatlari ularning kompleks tasvirlari bilan almashtiriladi, yani vaqt funksiyasidagi integro-differentsial tenglamalardan kompleks shaklda yozilgan va vaqt kattaligi istisno qilingan algebraik tenglamalar hosil qilinadi, bu esa, tabiiyki zanjirlarni hisoblashni ancha soddalashtiradi.

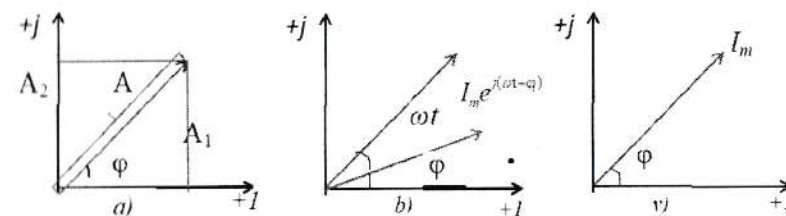
Ma'lumki har qanday kompleks son haqiqiy va mavhum qismlardan iborat. 2.18-rasmda kompleks tekislik keltirilgan. Absissa o'qi haqiqiy sonlar o'qi, ordinata o'qi esa mavhum sonlar o'qi hisoblanadi. Kompleks tekislikda haqiqiy sonlar o'qi +1 belgi bilan, mavhum sonlar o'qi esa $+j$ ($j = \sqrt{-1}$) bilan 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. Eyler 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'rniga $I_m e^{j\varphi}$ 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 tekislik grafigi

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, $\alpha = \omega t + \varphi$ (2.18.b-rasm), yani φ burchak t vaqtga proporsional o'zgarsa, u holda

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

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

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

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

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

Shunday qilib, sinusoidal tokni $i = I_m e^{j(\omega t + \varphi)}$ ko'rinishda yozish mumkin. Bu aylanuvchi vektor $I_m = I_m e^{j(\omega t + \varphi)}$ ni $+j$ o'qiga proyeksiyasidir. Kompleks tekislikda sinusoidal kattaliklarni vektor tasvirlarini $\omega t = 0$ dagi holatini tasvirlash qabul qilingan. Bu holda $I_m = I_m e^{j(\omega t + \varphi)}$ vektor $\omega t = 0$ bo'lganda quyidagicha ifodalanadi:

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

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

2-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

1. Sinusoidal tokni o'zgaras tokka nisbatan afzalliklarini aytib bering?
2. Sinusoidal kattalik (EYuK, tok, kuchlanish)larni tavsiflovchi asosiy ko'rsatkichlarga nimalar kiradi?
3. Sinusoidal EYuK qanday hosil qilinadi?
3. Sinusoidal EYuK, tok va kuchlanishlarning ta'sir etuvchi (effektiv) va o'rtacha qiymatlari qanday aniqlanadi?
4. Sinusoidal kattaliklarni aylanuvchi vektorlar bilan tasvirlashning mohiyatini tushuntirib bering?
5. Sinusoidal kuchlanish va tok vektorlari orasidagi faza siljish burchagi deganda nima tushuniladi?
6. Aktiv, induktiv, sig'im, reaktiv va to'la qarshiliklar ifodalarini yozing va ma'nolarini tushuntirib bering?
8. Sinusoidal kattaliklarni kompleks tekislikda vektorlar bilan tasvirlash qanday amalga oshiriladi va u qanday qulayliklarga ega?
7. Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulda hisoblash ketma-ketligini aytib bering?
9. Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi nima va uni mexanikadagi rezonans bilan taqqoslang?
11. Rezonans shartlari nima? Kuchlanishlar rezonansi nima va uni hosil qilish usullarini so'zlab bering?
12. Quvvat koeffitsiyenti 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'rnini to'ldiring?

- A) O'zgaruvchan tok B) Cho'g'lanish lampasi
 - C) Elektr energiyaning uch fazali tizimi D) Fotoeffekt
2. Sinusoidal tok vaqt birligida o'zgarishi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

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

C) $R = R_0(1 + \alpha t)$ D) $\varepsilon = U + \frac{A'}{q}$

3. O'zgaruvchan tokining keng qo'llanishiga sabab nima?

- A) O'zgaruvchan tokni o'zgaras 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

3. O'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?

- A) Tok kuchi va kuchlanishning davriy ravishda o'zgarib turishiga
- B) Tok kuchi o'zgarib, kuchlanish o'zgaras bo'lishiga
- C) Kuchlanish o'zgaruvchan bo'lib, tok kuchi o'zgaras bo'lgan toklarga
- D) Chastotasi 0 ga teng bo'lishiga.

4. Biz ishlatadigan o'zgaruvchan tokning chastotasi qancha?

- A) Chastotasi 50Hz B) Chastotasi 60Hz C) Chastotasi 500Hz D) Chastotasi 5 Hz

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

- A) tok kuchlanishi B) oniy quvvati C) quvvat miqdori D) effektiv quvvati

6. Kuchlanish qaysi asbobda o'lchanadi?

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

8. Vaqt birligida tok kuchi sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarish tenglamasini toping (formulalarda kamchiliklarni tahlil qiling)?

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

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

7. Bir fazali o'zgaruvchan tok kuchlanish EYuKlarning amaldagi qiymatlari maksimaldan marta kam bo'ladi?

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

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

A) $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$ B) $\varphi = \arctg \frac{R_L - X_C}{R}$

C) $\varphi = \arctg \frac{X_L + X_C}{R}$ D) $\varphi = \arctg \frac{X_L \cdot X_C}{R}$

11. Bir fazali o'zgaruvchan toklarda ketma-ket ulangan RLC -zanjirning to'la qarshiligi 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 ketma-ket ulangan RLC -zanjirning om qonuni qaysi ifodada to'g'ri yozilgan?

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

C) $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 - (L - \frac{1}{C})^2}}$ 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 mobaynidagi o'rtacha qiymati qaysi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan?

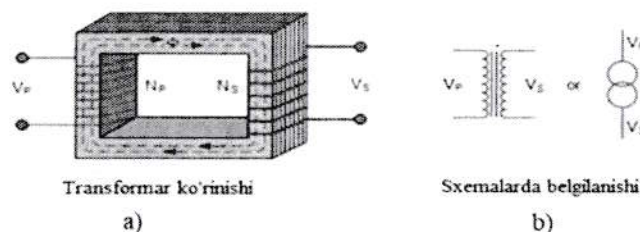
A) $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \cos \varphi$ B) $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UR \cos \varphi$

C) $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI$ 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) $S^2 = P^2 + Q^2$ B) $Q^2 = P^2 + S^2$ C) $S^2 = P^2 - Q^2$ D) $S^2 = P^2 \cdot Q^2$

yuqori bo'lsa ($S = const$), tok kuchi shunchalik kichik bo'lib, u bilan bog'liq isroflar ham shunchalik kam bo'lar edi.



3.1-rasm. Transformatorning a) tuzilishi; b) sxemada shartli belgilanishi

Bu yerda: V_p - boshlang'ich kuchlanish, V_s - chiqish kuchlanishi, N_p - birlamchi o'ram simlarining soni, N_s - ikkilamchi o'ram simlarining soni, Φ - Magnit oqimi

Hozirgi vaqtda o'zgaruvchan tokning 35, 110, 220, 500, 750 va 1150 kV kuchlanishli uzatish liniyalari mavjud. Ammo o'ta yuqori kuchlanishlarni bevosita generatorlardan olib bo'lmaydi. Odatda, elektr stansiyalaridagi generatorlarning nominal kuchlanishi ko'pi bilan 21 kV 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 kuchlanishli, ammo katta tok kuchiga ega bo'lgan quvvatini (hozirgi vaqtda 150, 300, 500, 800 va 1200 ming kW li generatorlar ishlab chiqariladi) yuqori kuchlanishli 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 elektrlashtirishning 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, telemexanika, aloqa, radiotexnika va televideniya qurilmalari zanjirlarida va umuman, elektr kuchlanishini o'zgartirib berish kerak bo'lgan barcha joylarda ishlatiladi.

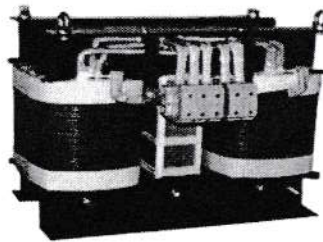
Transformatorlar bajaradigan vazifasiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi:

- 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 *avtotransformatorlar*;
- taqsimlash tarmoqlaridagi kuchlanishni rostlab turish uchun mo'ljallangan *induksion rostlagichlar*;
- o'lchov asboblari va himoya vositalarini sxemalarga ulash uchun mo'ljallangan *o'lchov transformatorlari*;
- payvandlash, qizdirish pechlari sinov, to'g'rilash va hokazolar uchun mo'ljallangan *maxsus transformatorlar*.

II. Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi

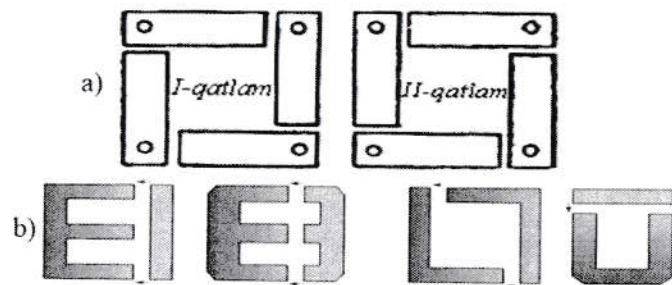
Transformator turlarining ko'p bo'lishiga qaramay, ularda bo'ladigan elektromagnit jarayonlar umumiy o'xshashlikka ega bo'lib, ularning ishlash prinsipi bir xil, 3.1-rasmda bir fazali ikki chulg'amli transformatorning sxemasi va shartli belgilanishi ko'rsatilgan. Transformator po'lat o'zak (magnit o'tkazgich) va ikkita mis chulg'amlardan iborat. Po'lat o'zakning induksion toklar hisobiga qizib ketishini kamaytirish maqsadida u qalinligi $0,35 \pm 0,5$ mm bo'lgan elektrotexnika

po'lat plastinalardan yig'iladi. Plastinalarning ikki tomoniga izolyatsion lak surtiladi yoki ular tegishli qizdiriladi (3.2- rasm). Po'lat o'zak plastinalarni yig'ish tartibi 3.3-a va 3.3-b - rasmlarda ko'rsatilgan. Qatlam plastinalarining choklari ustma-ust tushmasligi kerak. Po'lat o'zak magnit zanjirini hosil qilish uchun xizmat qiladi va shu tufayli assosiy magnit oqimi Φ po'lat o'zak bo'ylab harakatlanadi. 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_1 qismlaridagi kuchlanish u_1 zanjirdagi tok i_1 va h.k. shuningdek, ikkilamchi chulg'amga oid kattaliklar ikki indeksiga ega, masalan, w_2 , u_2 , i_2 va h.k.



3.2- rasm. Transformatorning umumiy ko'rinishi

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.



3.3.a.b-rasm. Po'lat o'zak plastinalarni yig'ish tartibi

Chulg'amlarning o'ramlarini 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.

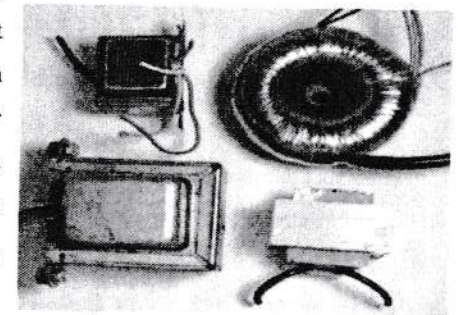
Mazkur EYuK larning ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$E_1 = 4,44 \nu w_1 \Phi \quad (3.1)$$

$$E_2 = 4,44 \nu w_2 \Phi \quad (3.2)$$

Bu yerda ν —o'zgaruvchan tokning chastotasi [Hz], w_1 , w_2 - birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning

o'ramlari soni; Φ —asosiy magnit oqimi, veber birliklarda o'lchanadi (Wb). Transformatorlar vazifasiga ko'ra turlicha ko'rinishda bo'ladi (3.4-rasm). Demak, (3.1) va (3.2) ifodalardan ko'rinadiki, chastota va magnit oqimi Φ o'zgarmas bo'lganda chulg'amlarda



3.4-rasm. Bir fazali transformatorlarning umumiy ko'rinishi

induksiyalangan EYuK E_1 va E_2 lar ularning o'ramlari soniga proporsional ekan, ya'ni

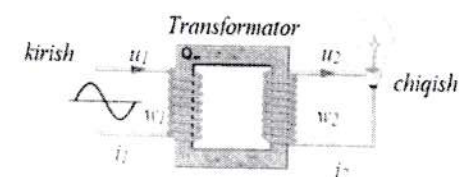
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (3.3)$$

Bu nisbat transformatorning (k) transformatsiya koeffitsiyenti hisoblanadi, yani

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (3.4)$$

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 3.5-rasmda ko'rsatilgan transformatorning ikkilamchi chulg'amiga yuklama



3.5-rasm. Transformatorning ichki tuzilishi

ulasak, EYuK ta'sirida undan tok (i_2) o'ta boshlaydi. Shunday qilib, kuchlanishi u_1 , tok kuchi i_1 bo'lgan manbaning elektr energiyasi transformator yordamida kuchlanishi u_2 va tok kuchi i_2 bo'lgan elektr energiyasiga aylantirib, iste'molchiga quvvat o'zgartirilmagan holda uzatiladi.

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 isrofi juda kichik bo'lsa 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 nisbatda bo'ladi desak, transformatsiya koeffitsiyentini quyidagicha qayta yozish mumkin (3.5):

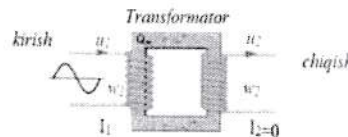
$$k = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (3.5)$$

Demak, transformator chulg'amlaridagi toklar kuchlanishlarga teskari proporsional.

III. Transformatorlarning ish rejimlari

Transformatorlarni ishlatish jarayonida ko'pgina vaqt ularning birlamchi chulg'ami 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 3.6-rasmda ko'rsatilgan. Transformatorning birlamchi chulg'amiga berilgan sinusoidal kuchlanish U_1 ta'sirida chulg'amdan salt ishlash toki I_0 oqib o'tadi. Bu tokning magnitlovchi kuchi $I_0 \omega_1$ po'lat o'zak bo'ylab tutashuvchi asosiy magnit oqimi $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ni va qisman havo hamda po'lat o'zak orqali tutashib tarqalgan magnit oqimi Φ_1 ni hosil qiladi.



3.6-rasm. Transformatorning salt (yuklamasiz) ishlash rejimi

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

$$\begin{cases} E_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = \omega w_1 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\ E_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = \omega w_2 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\ E_{1s} = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = \omega w_1 \Phi_{ms} \sin(\omega t - 90^\circ) \end{cases} \quad (3.6)$$

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

$$E_1 = \frac{F_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \nu w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} \text{ yoki} \quad \begin{cases} E_1 = 4,44 \nu w_1 \Phi_m \\ E_2 = 4,44 \nu w_2 \Phi_m \\ E_{1s} = 4,44 \nu w_1 \Phi_{1s} \end{cases} \quad (3.7)$$

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:

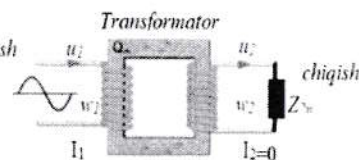
$$U_1 = -E_1 + E_{1s} + I_0 R_1 \quad (3.8)$$

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

$$\begin{cases} U_1 = -E_1 + U_{L1} + U_{L1} \\ U_1 = -U_1 + I_0 R_1 + I_0 X_{L1} \end{cases} \quad (3.9)$$

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_{2n} 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 (3.7-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 elektrik muvozanat holatining bo'zishiga 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.



3.7-rasm. Yuklama rejimi

Bu holda magnitlovchi kuchlar muvozanati quyidagicha ifodalanadi (3.10).

$$I_1 w_1 + I_2 w_2 = I_0 w_1 \quad (3.10)$$

Demak, birlamchi tokning magnitlovchi kuchi ikkilamchi tokning magnitsizlash ta'sirini kompensatsiyalaydi. Agar (3.10) ifodaning ikkala tomonini w_1 ga bo'lsak, magnitlovchi kuchlar tenglamasidan toklar tenglamasiga o'tish mumkin:

$$I_1 = I_0 + \left(-I_2 \frac{w_2}{w_1} \right) \quad (3.11)$$

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

$$I_1 = I_0 + I_2' \quad (3.10)$$

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 $I_0 = (2,5 \div 10\%) \cdot I_{1nom}$ 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 rostlanishi deyiladi. U holda ikkilamchi

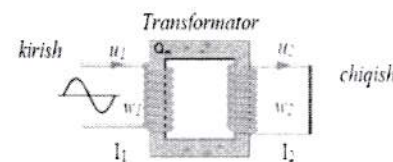
zanjirning yuklama rejimidagi elektr muvozanati tenglamasi Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan

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

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 induksiyalangan EYuK. Φ_{2S} ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi $I_2 \cdot X_{L2} = U_{L2}$ bilan kompensatsiya qilinadi.

$$\begin{cases} U_2 = E_2 + U_{R2} + U_{L2} \\ U_2 = E_2 + I_2 R_2 + I_2 X_{L2} \end{cases} \quad (3.11)$$

Qisqa tutashuv rejimi. Bu rejimda ikkilamchi chulg'am uchlari o'zaro tutashib, tashqi qarshilik $Z_{2n} = 0$ bo'ladi (3.8-rasm). Transformator uchun bunday rejimi nomaqbul 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.



3.8-rasm. Transformatorlarni qisqa tutashuv rejimi

Transformatorlarni laboratoriya sharoitida tekshirish uchun «qisqa tutashuv» pasaytirilgan kuchlanishlarda amalga oshiriladi.

IV. Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish koeffitsiyenti

Har qanday elektr mashinalaridagi kabi transformatorlarda ham keltirilgan energiyaning 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.

$$P_m = I_{1nom}^2 R_1 + I_{2nom}^2 R_2 \quad (3.12)$$

2. Magnit oqimining o'zgaruvchanligi tufayli yuzaga kelgan po'lat o'zakdagi gisterezis va uyurma toklarga sarf bo'ladigan quvvat isrof $P_n = P_g + P_u$. Bu quvvat isrof po'lat o'zakning materialiga, magnit induksiyasiga 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 koeffitsiyenti (3.13).

$$\eta = \frac{P_2}{P} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{P_2}{P_2 + P_1 + P_n} \quad (3.13)$$

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 koeffitsiyentini uning qanday yuklanganligini ko'rsatuvchi yuklanish koeffitsiyenti.

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2n}}$$

Orqali ifodalasak

$$\eta = \frac{\beta P_{2nom}}{\beta P_{2nom} + P_1 + \beta^2 P_n} = \frac{\beta S_{2nom} \cos \varphi_2}{\beta S_{2nom} \cos \varphi_2 + P_1 + \beta^2 P_n}$$

$\cos \varphi_2$ yuklama quvvat koeffitsiyenti, S_{2nom} transformatorning to'la quvvati, katta quvvatli transformatorlarning foydali ish koeffitsiyenti 0,97÷0,99, kichik quvvatli larniki esa 0,82÷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_{2nom} , [kW];

3) birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning nominal liniya kuchlanishlari (U_{1nom} va U_{2nom}) kV;

4) salt ishlagandagi quvvat isrof ($P_0 = P_p$), [kW];

5) mis chulg'amlardagi, yani qisqa tutashuv paytidagi quvvat isrofi ($P_m = P_k$) [kW];

6) qisqa tutashuv kuchlanishi (U_q) %

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

Bir fazali transformatorlarda

$$I_{1nom} = \frac{S_{2nom} 10^3}{U_{1nom}} [A] \quad I_{2nom} = \frac{S_{2nom} 10^3}{U_{2nom}} [A] \quad (3.14)$$

Uch fazali transformatorlarda

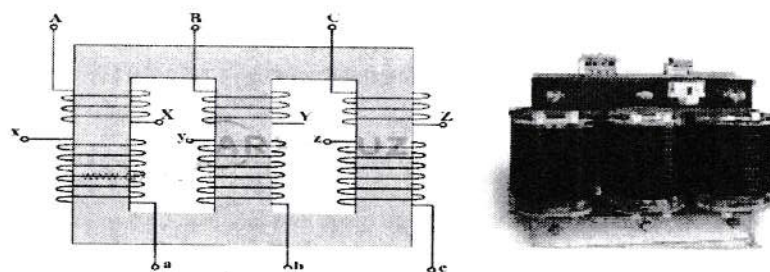
$$I_{1nom} = \frac{S_{2nom} 10^3}{U_{2nom}} [A] \quad I_{2nom} = \frac{S_{2nom} 10^3}{\sqrt{3} U_{2nom}} [A] \quad (3.15)$$

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

V. 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 (3.9-rasm).



3.9-rasm. Uch fazali transformator

Uch fazali transformatorning po'lat o'zagi ostki va ustki 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 birlashtirish sxemalari tegishli yulduz va uchburchak tarzda belgilanadi. Chulg'amlar qanday sxemada ulanishidan qat'iy nazar birlamchi chulg'amning bosh (A,B,C) va oxirgi (X, Y, Z) uchlari katta harflar bilan, ikkilamchi chulg'amning bosh (a, b, c) va oxirgi uchlari (x, y, z) kichik harflar bilan belgilanadi. Birinchi o'raladigan chulg'amning o'ralish yo'nalishi ixtiyoriy, ammo qolgan fazalarning chulg'amlari birinchi o'ralgan chulg'amning yo'nalishida o'ralishi kerak. Faqat shundagina ayrim fazalardagi toklarning va ularni hosil qilgan magnit oqimlari (Φ_A, Φ_B, Φ_C) larning shartli musbat yo'nalishi ta'minlangan bo'ladi.

Kirxgofning birinchi qonuniga binoan istalgan vaqt lahzasida uchala faza magnit oqimlarining yig'indisi doimo nolga teng. Masalan, magnit oqimlarining o'zgarish grafididan ko'rinadiki, $\Phi_A = \Phi_m$ bo'lgan t_1 vaqtda Φ_A o'zining musbat maksimal qiymatiga erishgan bo'lsa, qolgan 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, yani

$$\Phi_{m1} - \frac{1}{2}\Phi_{m2} - \frac{1}{2}\Phi_{m3} = 0 \quad (3.16)$$

uch fazali transformatorlar chulg'amlarini ulash sxemalarini kasr tarzida ko'rsatish qabul qilingan. Kasrning suratidagi belgi birlamchi chulg'amni, maxrajidagi belgi

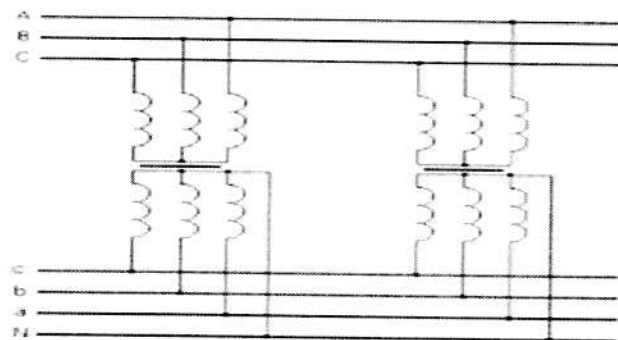
esa ikkilamchi chulg'amni ulash sxemasini bildiradi. Masalan, uch fazali transformatorning chulg'amlari yulduz/yulduz sxemada ulangan bo'lib, χ/χ tarzda belgilanadi. Agarda yulduz/uchburchak sxemada ulangan bo'lsa, yulduz χ/Δ belgi bilan ko'rsatiladi. Amalda, asosan kichik va o'rtacha quvvatli (taxminan 1800 kW 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'ramlar soni kam bo'ladi. Chulg'amlarni uchburchak sxemada ulash katta toklarda ma'qul bo'lgani uchun χ/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 (χ/χ) sxemada ulanganda birlamchi va ikkilamchi chulg'amning faza ($U_A, U_a, \dots$) va liniya (U_{AB}, U_{ab}) kuchlanishlarining vektorlari faza bo'yicha mos tushadi.

Sanoat korxonalarining podstantsiyalarida bir nechta transformatorlar o'rnatilgan bo'lib, ular alohida yoki birgalikda (parallel) ishlashi mumkin (3.10-rasm). Transformatorlar alohida ishlaganda ularning ikkilamchi chulg'amlari o'zaro bog'lanmagan, parallel ishlaganda esa umumiy yuklamaga ulanadi. Transformatorlarni parallel ishlatish ulardan oqilona foydalanishga imkon beradi. Masalan, yuklama kam bo'lgan soatlarda transformatorlarning bir qismini o'zib 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 koeffitsiyentining farqi 0,5% dan ortib ketmasligi kerak.

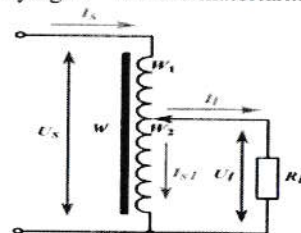
2. Qisqa tutashish kuchlanishlari bir xil bo'lishi kerak ($\pm 10\%$ farq qilishga yo'l qo'yiladi).

3. Uch fazali transformatorlar parallel ishlashi uchun ularning ulanish turkumlari



3.9-rasm. Transformatorlarning parallel ishlash sxemasi

bir xil bo'lishi kerak. Transformatorlarning parallel ishlash sxemasi 3.10-rasmda ko'rsatilgan. Transformator salt ishlaganda ikkilamchi chulg'am zanjirida tokning yo'qligi hamda yuklamaning parallel ishlayotgan transformatorlarning nominalquvvatlariga proporsional ravishda to'g'ri taqsimlanishi transformatorlar normal holda parallel ishlashining asosiy belgilari hisoblanadi. Past kuchlanishli chulg'am yuqori kuchlanishli chulg'amning bir qismini tashkil qilgan transformator *avtotransformator* deyiladi. U pasaytiruvchi va yuksaltiruvchi transformator bo'lishi mumkin. 3.11-rasmda Avtotransformatorning chulg'ami w_1 o'ramlardan iborat bo'lib, U_1 kuchlanishli o'zgaruvchan tarmoqqa ulangan. Chulg'amning o'ramlar soni w_2 bo'lgan qismiga energiya iste'molchisi R_1 ulangan.



3.11-rasm. Avtotransformator sxemasi

Avtotransformator salt yurishida birlamchi kuchlanishning ikkilamchi kuchlanishiga nisbati uning transformatsiya koeffitsiyentiga yoki o'ramlarning w_1 va w_2 sonlarining nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni:

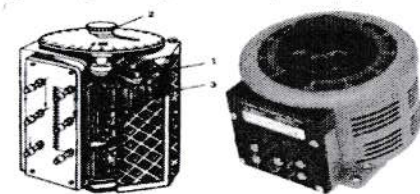
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = K \quad (3.17)$$

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

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

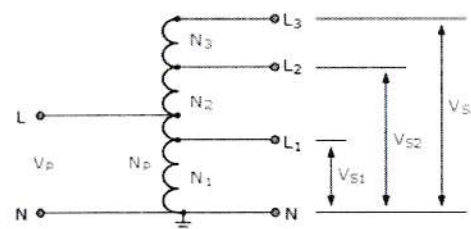
Istalgan paytda chulg'amning qismida bir-biriga qaramaqarshi toklar (I_1 va I_2) oqadi. Shuning uchun chulg'amning a-x qismidagi toklar I_1 va I_2 ayirmasiga teng: $I = I_1 - I_2$. Demak,

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 rostdlashga imkon beradi. 3.12-rasmda laboratoriya avtotransformatorlari LATR ko'rsatilgan.



3.12-rasm. Laboratoriya avtotransformatorning umumiy ko'rinishi

3.12-rasmdagi, 1-2 - rotikning tutqichi, 3-4 - chulg'am. Uning tutqich kontaktli roligi bo'lib, chulg'am o'ramlarning izolyasiyasidan tozalangan tomonida hatto dumalash ham mumkin. Shu



3.13-rasm. Avtotransformatorni rostlanishi

harakatlanayotgan kontakt yordamida ikkilamchi zanjirdagi kuchlanishni noldan $I_1 U_1$ gacha rostlash mumkin.

Avtotransformatorlarning o'rash bilan birga turli kuchlanish miqdorini taqdim qilish yoki ko'rsatilganidek, uning ta'minoti kuchlanish V_p (kirivchi kuchlanish) qiymatini oshirish uchun foydalanish mumkin. N , L_1 , L_2 , L_3 nuqtalari bilan avtotransformatorlarni har-xil qiymatlarga rostlash mumkin (3.13-rasm).

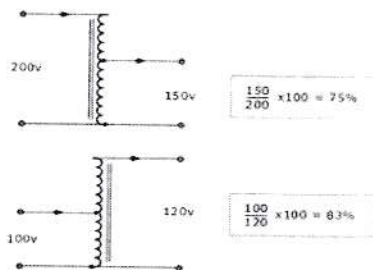
Avtotransformatorlarda belgilash L_1 , L_2 , L_3 o'rniga yuqori kuchlanish tomonida A, B, C harflar bilan belgilanishi mumkin. Umuman olganda umumiy neytral simni N harf bilan



3.14-rasm. Avtotransformator chizmasi

belgilash qabul qilingan. 3.14-rasmda ko'p cho'lg'amli A_1 , A_2 , A_3 , .. A_n , belgilashli avtotransformator chizmasi keltirilgan.

Ko'p cho'lg'amli avtotransformatorlar liniya kuchlanishini rostlash uchun ishlatiladi. Avtotransformatorlarda rostlash cho'lg'ami asosiy cho'lg'amning bir qismi bo'lishi mumkin. Bunday o'rash sarflangan mis sim miqdorini bir qancha kamaytirish imkonini beradi, solishtirish orqali amalga oshiriladi. Misol uchun (3.15-rasm), ikki avtotransformatorlar yordamida mis tejash mumkin bo'ladi.

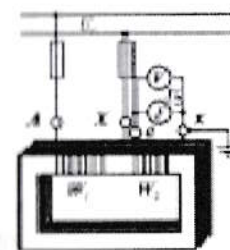


3.15-rasm. Ikki avtotransformator

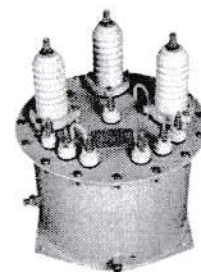
Yuqori kuchlanishli zanjirlarda o'lchash asboblari bilan ishlash xavfsizligi, shuningdek, bu asboblarning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun maxsus o'lchash transformatorlari ishlatiladi.

VI. O'lchash transformatorlari

Kuchlanish transformatori. Kuchlanish transformatorining tuzilishi va ish prinsipi avval ko'rilgan bir fazali kuch transformatoriga o'xshaydi. Birlamchi chulg'amning o'ramlar soni ko'p bo'ladi va unga yuqori kuchlanish beriladi (3.16-rasm)



a) ulash sxemasi



b) kuchlanish transformatori

3.16-rasm. Kuchlanish transformatori

Ikkilamchi chulg'amning o'ramlari soni ozgina bo'ladi va unga yuqori ichki qarshilikli asboblardan ulanadi (masalan, voltmeter, vattmetr, hisoblagich (schiyotchik)larning kuchlanish g'altaklari). 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 voltmeter ulanadi. U holda birlamchi kuchlanish:

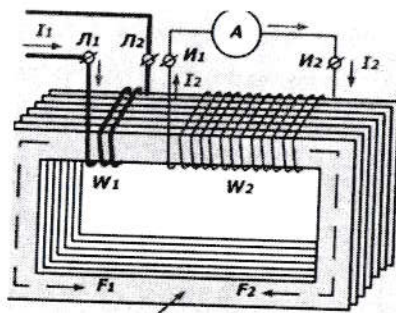
K - transformatsiya koeffitsiyenti.

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (3.18)$$

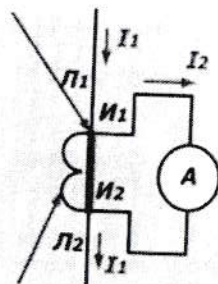
Kuchlanish transformatorlari bir fazali va uch fazali qilib ishlab chiqariladi. Bir fazali kuchlanish transformatorning ulash sxemasi 3.15.b - rasmda ko'rsatilgan.

Tok transformatorlari. Tok transformatorlari katta o'zgaruvchan toklarni o'lchashda qo'llaniladi. Ularning birlamchi chulg'ami ampermetr singari liniya kesimiga ulanadi va o'ramlar soni kam, ba'zida bir - ikki o'ram yoki qalin o'tkazgichning bir qismi bo'ladi. Ikkilamchi chulg'amda o'ramlar soni ko'p bo'ladi va u 5 amperga (ba'zan 10 amperga) mo'ljallangan bo'lib, vattmetrlar, ampermetrlar va boshqa asboblarning tok chulg'amiga parallel ulanadi (3.17 - rasm).

Agar ulovchi simlar va ulangan o'lchash asboblari chulg'amlarning qarshiligi transformator uchun yo'l qo'yilgan miqdordan yuqori bo'lmasa,



a) ulash sxemasi



b) tokli transformatorning shartli belgisi

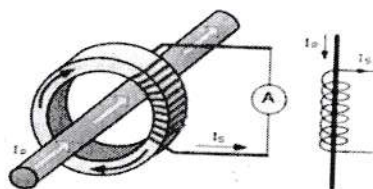
3.17-rasm. Tok transformatori

K - const bo'ladi. Unda birlamchi chulg'amdagi tok:

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

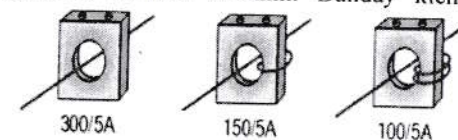
Birlamchi chulg'ami iste'molchiga ketma-ket ulangani uchun uning toki ikkilamchi chulg'amning tokiga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun zanjirning qarshiligi ortib, I_2 tok kamayganda Φ_2 kamayadi va natijada magnit oqimi Φ_m ortadi (3.18-rasm). Agar ikkilamchi zanjir o'zilsa Φ_2 nolga aylanadi, Φ_m esa Φ_1 kattaligigacha yetadi. Transformatorning oqimi bilan birga ikkilamchi chulg'amning E_2 EYuK keskin ortib ketadi. Natijada, transformator o'zagi o'ta qizib ketishi, chulg'am izolyasiyasi teshilib, transformator bilan ishlayotgan kishilarga shikast yetkazish xavfi paydo bo'lishi mumkin. Shuning uchun transformatorning birlamchi chulg'amidan tok o'tayotganda ikkilamchi chulg'amni o'zish mumkin emas. Ikkilamchi chulg'am bu holda o'lchash asbobiga ulangan yoki qisqa tutashgan bo'lishi kerak.

Misol uchun, aytaylik biror transformator, 300/5A ko'rsatilgandek o'z ichki derazadan ikki yoki uch marta asosiy birlamchi o'tkazgichlaridan o'tib 150/5A



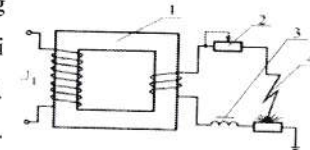
3.18-rasm. Tok kuchini o'lchovchi transformatorlar

yoki hatto 100/5 A bo'lib bir aylanada bo'lishi mumkin. Bunday kichik transformatorlar katta tokli liniyalarida ishlatiladi. Amaldagi tok transformatorlaridir (3.19-rasm).



3.19-rasm. Amaldagi tok transformatorlari

Payvandlash transformatori. Payvandlash transformatori metall buyumlarni, konstruksiyalarni va hokazolarni eritib, o'zaro ulash uchun xizmat qiladi. 3.20-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 rostlanadi. Tirqish ortganda drossel chulg'amining induktiv qarshiligi kamayib, payvandlash toki ko'payadi va aksincha.



3.20-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.

3-Mavzuga doir 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 tushuntiring?
4. O'lchov transformatorlarning vazifasi va ishlash prinsipini tushuntiring?
5. Avtotransformatorlarning vazifasi va ishlash prinsipini tushuntiring?
6. Payvandlash transformatorlarning vazifasi hamda ishlash prinsipini

tushuntiring?

7. Payvandlash transformatorlarning vazifasi hamda ishlash prinsipini tushuntiring?

8. 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 kuchlanishini 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'lchov transformatorlari D) Avtotransformatorlar, katta quvvatli

4. Pasaytiruvchi transformatorlar uchun quydagi tenglamaning qaysi o'rinli (W-o'ramlar 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. Y uksaltiruvchi (kuchaytiruvchi) transformatorlar uchun quydagi tenglamaning qaysi o'rinli (W-o'ramlar 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

6. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Yuklamasiz

B) Salt

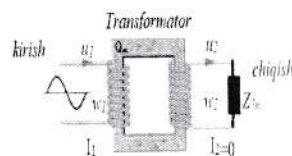
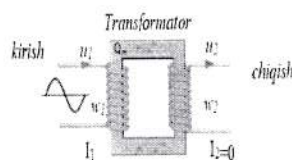
C) Qisqa tutashuv

D) Yuklamalim rejim

7. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Yuklamalim rejim

B) Salt



C) Qisqa tutashuv

D) barcha javoblar to'g'ri

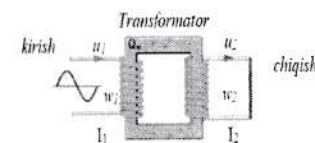
8. Transformator qanday rejimda ishlayabdi?

A) Qisqa tutashuv

B) Salt

C) Yuklamalim rejim

D) Yuklamalim rejim



9. Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti 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 koeffitsiyentini uning qanday yuklanganligini ko'rsatuvchi, yuklanish koeffitsiyentini qaysi ifoda bilan topiladi (I_2 - ikkinchi chulg'andagi tok kuchi, I_{2n} - ikkinchi chulg'amdagi 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 koeffitsiyenti qancha?

A) 0,97÷0,99 B) 0,2÷0,6 C) 0,1÷0,3 D) 0,25÷0,4

12. Uch fazali transformatorlar tarmoqqa qanday ulsh mumkin?

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

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

13. Rasmdagi transformator nomini

A) Avtotransformator

B) Maxsus transformatorlar

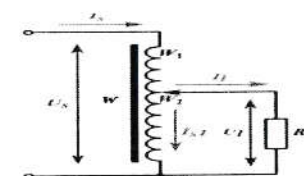
C) O'lchov transformatorlari

D) katta quvvatli transformatorlari

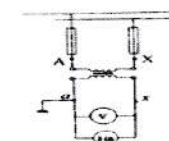
14. Rasmdagi transformator nomini toping?

A) Kuchlanishni o'lchovchi transformatorlari

B) Maxsus transformatorlar



toping?



C) Avtotransformator

D) Katta quvvatli transformatorlari

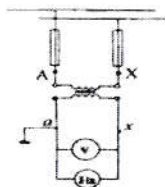
15. Rasmdagi transformator nomini toping?

A) Tok kuchini o'lchovchi transformatorlari

B) Maxsus transformatorlar

C) Avtotransformator

D) Katta quvvatli transformatorlari



4-MAVZU: ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI VA ELEKTR O'LCHASHLAR

Reja:

- I. O'lchash xatoliklari va anqlik sinfi;
- II. Elektr o'lchashlar;
- III. Quvvat va elektr energiyani o'lchash;

I. O'lchash xatoliklari va anqlik sinfi

O'lchash natijasida, odatda, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladigan qiymati topiladi. Ko'pincha, fizik va elektrotexnik kattaliklarning haqiqiy qiymati noma'lum bo'ladi va shu kattalikning qiymati o'rnida 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'lchash usuli bilan topilgan qiymati o'lchash natijasi deyiladi. O'lchash natijasi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq o'lchash xatoligi deyiladi. O'lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o'lchash xatoligi o'lchashning mutloq xatoligi deyiladi. O'lchash mutloq xatoligining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati o'lchashning nisbiy xatoligi deyiladi. O'lchash xatoliklari ularning kelib chiqishi sabablariga ko'ra muntazam, tasodifiy va qo'pol xatoliklarga bo'linadi.

Muntazam xatolik- deyilganda, faqat bitta kattalikni qayta-qayta

o'lchaganda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'lchash xatoligi tushuniladi. Ular aniq qiymat va ishoraga ega bo'ladi, ularni tuzatmalar kiritish bilan yo'qotish mumkin. Kattalikni o'lchash natijasida olgan qiymatga muntazam xatolikni yo'qotish maqsadida qo'shiladigan qiymat tuzatma deb ataladi. Odatda, muntazam xatoliklar instrumental (o'lchash asboblari), o'lchash usullari, subyektiv (noaniq o'qish), o'rnatish, uslubiy xatoliklarga bo'linadi.

Instrumental xatolik- deyilganda, qo'llanayotgan o'lchov asboblari xatoliklariga bog'liq bo'lgan o'lchash xatoliklari tushuniladi. Yuqori aniqlikda o'lchaydigan asboblarda qo'llanganda o'lchov asboblarning takomillashmagani natijasida kelib chiqadigan instrumental xatoliklar tuzatma kiritish usuli bilan yo'qotiladi. Texnik o'lchov asboblarning instrumental xatoliklarini yo'qotib bo'lmaydi, chunki bu asboblarni tekshirilganda tuzatmalar bilan ta'minlanmaydi.

O'lchash usuli xatoligi- deyilganda, usulning takomillashmaganligi natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi. O'lchash usuli xatoligi o'lchov vositasi, xususan, o'lchash qurilmasi, ba'zida esa, o'lchash natijasi xatoliklarini baholashda e'tiborga olinishi lozim.

Subyektiv 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 strelka shu sirtga perpendikulyar bo'lmagan yo'nalishda vizirlash (belgilash) natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi.

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

O'lchash uslubi xatoliklari- kattaliklarni (bosim harorat va boshqalarni) o'lchash uslubi bilan bog'liq bo'lgan va qo'llanayotgan o'lchash asboblarga

bog'liq bo'lmagan xatoliklaridan iborat. O'lchashlarni, ayniqsa, aniq o'lchashlarni bajarishda o'lchash natijasini muntazam xatoliklar anchagina bo'zishi mumkin. Shuning uchun, o'lchashlarni bajarishga kirishishdan avval bu xatoliklarning barcha manbalarini aniqlash va ularni yo'qotish choralari ko'rish zarur. Ammo muntazam xatoliklarni topish va yo'qotish uchun o'zil-kesil qoidalar berish amalda mumkin emas, chunki turli kattaliklarni o'lchash usullari g'oyatda turli-tumandir.

Tasodifiy xatolik-deyilganda, faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchash mobaynida tasodifiy o'zgaruvchi o'lchash xatoligi tushuniladi. Tasodifiy xatolikning borligini faqat bitta kattalikni bir xil sinchkovlik bilan qayta-qayta o'lchangandagina sezish mumkin. Agar xar bir o'lchash 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 choralari 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_k bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymatni, X_x bilan haqiqiy qiymatni belgilasak, quyidagi ifodadan ΔX mutloq xatolikni topamiz:

$$\Delta X = X_k - X_x \quad (4.1)$$

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 (4.2). Nisbiy xatolik orqali o'lchashning aniqlik darajasini ifodalash juda qulay.

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100\% = \pm \frac{X_k - X_x}{X_x} \cdot 100\% \quad (4.2)$$

Odatda, haqiqiy qiymat $-X_k$ va topilgan qiymatlar X_x ga nisbatan ΔX juda kichik bo'ladi, ya'ni $\Delta X \leq X_x$ va $\Delta X \leq X_k$

Shuning uchun, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100\% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_k} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

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:

$$T = X_x - X_q \text{ yoki } T = -\Delta X \quad (4.4)$$

bu yerda, T -tuzatma.

Asbobning xatoligi shkala diapazonining foizlarida ifodalanadi. Bunday xatoliklar keltirilgan xatolik deyiladi va mutloq xatolikning asbob o'lchash chegarasiga nisbatiga teng (4.5), yani

$$j = \frac{\Delta X}{N} \quad (4.5)$$

bu yerda, N - asbobning o'lchash chegarasi.

O'lchash aniq bo'lishi uchun xatosi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish lozim. Ammo xatosiz asboblari tayyorlash mumkin emas. O'lchash asbobi uchun texnik sharoitlar imkon bergan, maxsus yaratilgan normal ish sharoitida yo'l qo'yilgan xato asosiy xatolik deyiladi. Atrof muhitning normal holati deb 20°C harorat va 101325 N/m^2 (760 mm.Hg) atmosfera bosimi qabul qilingan. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqqan xatolik qo'shimcha xatoliktir. O'lchov asboblarining sifati ularning xatoliklaridan tashqari asboblari variatsiyasi, sezgirligi va sezgirlik chegarasi bilan harakterlanadi.

Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq o'lchov asbobining variatsiyasi deyiladi. Variatsiya o'lchanayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asta-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Variatsiya o'lchov asbobining mexanizmi, oraliqlari, gisterezisi va boshqa qismlardagi ishqalanishi sababli kelib chiqadi. Variatsiya o'lchov asbobi shkalasi maksimal qiymatining foizi hisobida ifodalanib, asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik qiymatidan oshib ketmasligi lozim (4.6):

$$I^* = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \quad (4.6)$$

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 strelkasi chiziqli yoki burchak siljishining u siljishni hosil qilgan fizik kattalik o'zgarishiga nisbati asbobning sezgirligi deyiladi (4.7):

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} \quad (4.7)$$

bu yerda, S - asbobning sezgirligi; Δn - strelka siljishining o'zgarishi; ΔQ - o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishi.

Sezgirligi yuqori bo'lgan asboblari asosan aniq o'lchashlar uchun ishlatiladi. O'lchanayotgan kattalik qiymatining asbob ko'rsatishiga ta'sir qila oladigan eng kichik o'zgarishi sezgirlik chegarasi deyiladi. Shkala va strelkaga ega bo'lgan asboblari uchun asbobning sezgirligiga teskari bo'lgan kattalik shkala bo'linmasi qiymati deyiladi (4.8):

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n} \quad (4.8)$$

bu yerda, C - shkala bo'linmasining qiymati.

Ikkita yonma-yon belgi (shtrix yoki nuqtalar) orasidagi farq-shkala bo'linmasi deyiladi. Shkala bo'linmasining qiymati strelkani bir bo'linmaga siljitgan kattalik qiymatining o'zgarishini harakterlaydi. Ba'zan kattalikning haqiqiy qiymatini topish uchun asbob ko'rsatishini tuzatish koeffitsiyenti k ga ko'paytiriladi (4.9):

$$X_v = kX_k \quad (4.9)$$

O'lchov asbobi ko'rsatishining kechiqishi uning inersiyasini, yani kattalik o'zgargan vaqtdan asbob ko'rsatishining siljishigacha o'tgan vaqtni harakterlaydi. Asbob ko'rsatishining kechiqishi qancha kam bo'lsa, asbobning sifati shuncha yuqori bo'ladi. O'lchash vositalarining umumlashgan harakteristikasi asosiy va qo'shimcha xatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan, shuningdek, o'lchash vositalari aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa parametrlar bilan ifodalanadigan aniqlik sinfidan iborat, parametrlarning qiymati o'lchash vositalarining ayrim turlari uchun standartlarda belgilangan. O'lchash vositalarining aniqlik sinfi ularning aniqlik xossalari harakterlaydi, ammo ular shu vositalar yordamida olib borilgan o'lchashlarning bevosita ko'rsatkichi bo'la olmaydi. Chunki aniqlik o'lchash usullariga hamda o'lchash o'tkazilayotgan sharoitga ham bog'liq. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegaralari keltirilgan (nisbiy) xatoliklar

ko'rinishida berilgan o'lchash asboblari uchun quyidagi sonlar qatoridan olingan aniqlik sinfi beriladi: (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6) · 10ⁿ, bu yerda, n = 1,2,3 va hokazo.

O'lchash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan xatolikka teng (4.10):

$$j = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\% = \frac{\Delta X_{\max}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (4.10)$$

O'lchash vositalarining xatoliklari statistik va dinamik xatoliklarga bo'linadi. Statistik hatolik o'zgarmas kattaliklarni o'lchash uchun foydalaniladigan o'lchash vositasi xatoligidir. Agar o'lchanayotgan kattalik vaqtning funksiyasi bo'lsa, vositalarni dinamik xatoligi deb ataladigan umumiy xatolikning tashkil etuvchisi hosil bo'ladi. Dinamik rejimda umumiy xatolik statistik va dinamik xatoliklar yig'indisiga teng. Ikki yoki undan ortiq o'lchov vositalariga ega bo'lgan o'lchash tizimidan foydalanganda tizimning mutloq xatoligi ifoda bilan aniqlanadi (4.11).

$$\Delta X_{\text{uz}} = \pm \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2} \quad (4.11)$$

bu yerda, $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_n$ - tizimning 1-, 2-, ..., n o'lchov vositasi. Tizimning nisbiy (4.12) va keltirilgan (4.13) xatoligi shunga o'xshash aniqlanadi.

$$\Delta b_{\text{uz}} = \pm \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2} \quad (4.12)$$

$$\Delta j_{\text{uz}} = \pm \sqrt{j_1^2 + j_2^2 + \dots + j_n^2} \quad (4.13)$$

II. Elektr o'lchashlar

O'lchash texnikasi xalq xo'jaligining hamma tarmoqlarida fan va texnika taryaqiyotini ilgari suruvchi muhim omildardan biri bo'lib hisoblanadi. Tabiatdagi narsa va hodisalarni o'zaro taqqoslamay turib, ularni ilmiy jihatdan asoslab bo'lmaydi. Bunda o'lchash texnikasining bir tarmog'i bo'lgan elektr o'lchash texnikasi katta ahamiyatga ega. Elektr o'lchash 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'lchash mumkin. Shuning uchun ham elektr o'lchash usullari xilma-xildir. Elektr o'lchash usullariga bevosita baholash usuli va taqqoslash usullari kiradi.

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

Agar o'lchanadigan kattalikning qiymati o'lchov namunasi bilan solishtirib aniqlansa, bunday o'lchash usuli taqqoslash usuli deyiladi. Taqqoslash usuli o'z navbatida nol differentsial, almashtirish va ustma-ust tushirish usullariga bo'linadi. Taqqoslash usuliga ko'priksimon zanjirlardagi qarshilik, sig'im va induktivliklarni yoki potensimetrlardagi kuchlanish va EYuK larni o'lchash usullari misol bo'la oladi. Amalda taqqoslash usullaridan nol va differentsial usullari eng ko'p qo'llanadi. Nol usulda o'lchanayotgan kattalikning qiymati namuna o'lchov bilan solishtirishda hosil bo'lgan farq nolga yaqinlashguncha o'zgartirib boriladi. Bunga potensimetrdagi kuchlanishni, muvozanat ko'priksimon zanjirlarda qarshilikni o'lchashlar misol bo'la oladi. Solishtirish farqi solishtirish asbobida yoki nol indikatorida kuzatiladi. Nol o'lchash usuli juda aniq o'lchash usulidir, chunki bunday o'lchashlar yuqori aniqlikli namuna o'lchovi va sezgirligi yuqori taqqoslash asboblari qo'llaniladi, masalan galvonometrda ishlatiladi.

Differentsial usulda o'lchanayotgan kattalikning qiymati namuna o'lchov bilan taqqoslanadi va hosil bo'lgan farq oddiy elektr o'lchash asbobi bilan o'lchanadi. Differentsial usul bir-biridan kam farq qilgan ikkita miqdorni taqqoslash va o'lchash uchun ishlatiladi. Shuning uchun ham bu usulning o'lchash aniqligi yuqoridir. Masalan, ikki miqdorning farqi 1% ga teng bo'lib, bu farq 1,5% xatolik bilan o'lchansa, u holda o'lchanadigan miqdor 0,015% xatolik bilan o'lchanadi.

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

To'g'ridan-to'g'ri o'lchash-bu o'lchanuvchi miqdorni to'g'ridan to'g'ri tajribadan, ya'ni bevosita o'lchash asbobining ko'rsatishidan olishdir. Masalan, kuchlanishni voltmetrda, quvvatni vattmetrda o'lchash va hokazo.

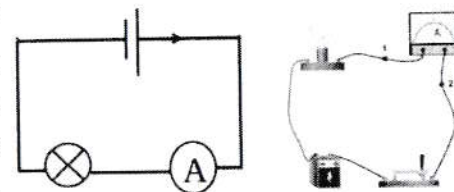
Bilvosita o'lchash-bu aniqlanishi lozim bo'lgan miqdorni shu miqdorni va bevosita o'lchash mumkin bo'lgan boshqa miqdorlarni o'zaro bog'lovchi ma'lum ifodadan topishdir. Masalan, kuchlanishni voltmetr yordamida va tokni ampermetr yordamida o'lchab, qarshilikni topishdir. Ba'zi hollarda, ayniqsa, ilmiy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

Tok kuchi va kuchlanishni bevosita o'lchash. Tok kuchi va kuchlanishni bevosita o'lchash uchun ampermetr va voltmترلardan foydalaniladi. Ampermetr va voltmترلar magnitoelektrik (faqat o'zgarmas tok zanjiri uchun); elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik (o'zgarmas va o'zgaruvchan tok uchun): induksion, to'g'rilagichli (o'zgaruvchan tok uchun) va boshqa sistemalarda bo'lishi mumkin.

Tokni o'lchash uchun zanjirni qulay joyini o'zib, ampermetrni iste'molchi qarshiligi bilan ketma-ket ulash kerak (4.1-rasm). Ampermetrni ulashdan oldin o'lchanayotgan tokning turini va taxminiy qiymatini bilish kerak. O'zgarmas tokni o'lchash 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'lchashda 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'lchash chegarasini tanlashda quyidagi oddiy qoidaga rioya qilish kerak, ya'ni o'lchash chegarasi o'lchanishi kerak bo'lgan miqdordan taxminan 25-30% katta qilib olinadi. Chunki asbobning ikkinchi yarmida nisbiy o'lchash xatoligi birinchi yarmidagiga nisbatan kamdir.

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'lchash uchun zanjir qarshiligini o'zgartirmaydi.



4.1-rasm. Tok kuchini o'lchash

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'lchashda ichki qarshiligi bir necha o'n va yuz Om bo'lgan milli va mikro ampermetrlarni 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'lchagan tok (4.1-rasm) quyidagiga teng bo'ladi (4.14):

$$I_2 = \frac{U}{R_A + R} \quad (4.14)$$

Shuning uchun tokni o'lchash usulining nisbiy xatoligi:

$$\beta = \frac{|I|}{I_1} = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \quad (4.15)$$

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

$$\beta = \frac{|I|}{I_1} = \frac{R_A}{R_A + R} \quad (4.16)$$

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'zgaras tok magnitoelektrik ampermetrlar bilan o'zgaruvchan tok elektromagnit, elektrodinamik ampermetrlar va to'g'rilagichli milliampmetrlar bilan o'lchanadi.

To'g'rilagichli milliampmetrlar 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 mikroampmetrlar, S55, S56, S57 turdagi ampervoltmetrlar). Tok kuchini yuqori aniqlik bilan o'lchashda taqqoslash usulidan foydalaniladi.

Ampermetrlarning o'lchash chegarasini oshirish uchun o'zgaras 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 mexanizmli voltmetrlar ishlatiladi. Shu bilan birga, o'zgaras tok zanjirlaridagi kuchlanishni o'lchash uchun elektromagnit, elektrodinamik, aylantirgich va issiqlik sistemasidagi voltmetrlardan 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 voltmetrlardan foydalansa bo'ladi. Bularda albatta, voltmetr chastotasiga katta ahamiyat berish kerak, aks holda chastota bo'yicha qo'shimcha o'lchash xatoligi vujudga kelishi mumkin. Yuqori chastotali o'zgaruvchan tok kuchlanishi issiqlik, aylantirgichli sistemalardagi voltmetrlar va elektron voltmetrlar yordamida o'lchanadi. Kichik o'zgaruvchan kuchlanishlar (milli va mikrovoltlar) to'g'rilagichli va elektron millivoltmetrlar 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 voltmetr qarshiligi cheksiz yoki juda katta (bir necha o'n, yuz kilo om) bo'lishi kerak. Voltmetrlarni o'lchash chegarasini oshirish uchun o'zgaras tok zanjirida qo'shimcha qarshilik, o'zgaruvchan tok zanjirida esa kuchlanish o'lchash

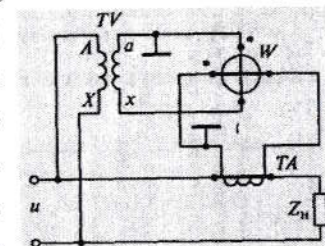
transformatori ishlatiladi. O'lchash chegarasi 600 V bo'lgan o'zgaruvchan tok voltmetrlarida ham qo'shimcha ichki qarshilikdan foydalaniladi.

III. Quvvat va elektr energiyani o'lchash

O'zgaras tok zanjirlarida quvvatni ampermetr va voltmetr 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 vattmetr ishlatiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirida quvvatni ampermetr va voltmetr bilan o'lchab bo'lmaydi, chunki o'zgaruvchan tok zanjirining quvvati tok va kuchlanishdan tashqari quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi$ ga ham bog'liqdir. Demak, o'zgaruvchan tok quvvatini ampermetr, voltmetr 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 vattmetrlar bilan o'lchanadi.

Elektrodinamik vattmetrlarning aniqligi ferrodinamik 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.



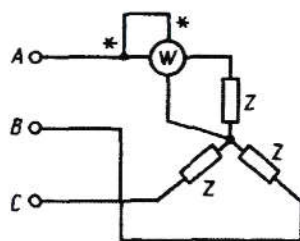
4.2-rasm. Bir fazali tokning quvvatini ferrodinamik vattmetr yordamida o'lchash

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

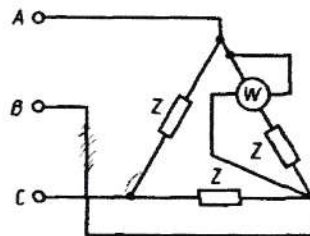
Uch simli simmetrik zanjirning aktiv quvvatini bitta vattmetr usulida

o'lash. Simmetrik sistemalarda uch fazali quvvatni o'lash uchun bitta vattmetrdan foydalansa bo'ladi, chunki bunda iste'molchilarning tok kuchi, kuchlanishi, faza siljishi va har bir fazadagi aktiv quvvat bir xil bo'ladi. Iste'molchilarning aktiv quvvatini o'lash uchun vattmetrni ulash sxemasi 4.3.a-rasmda keltirilgan. Rasmda vattmetr chulg'amlarining bosh uchlari yulduzcha bilan belgilangan. 4.3.b-rasmda aktiv quvvatni o'lash uchun sun'iy neytral nuqta orqali ulash sxemasi keltirilgan. Chunki ko'pgina hollarda neytral nuqtaga ulash va uchburchakni o'zish mumkin bo'lmay qoladi.

Qarshilik R_2 va R_3 lar vattmetrdagi kuchlanish cho'lg'aming qarshiligi R_w ga teng bo'lishi $R_2 = R_3 = R_w$ shart.



a) yulduz



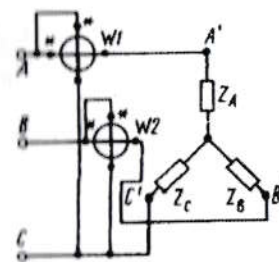
b) uchburchak

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

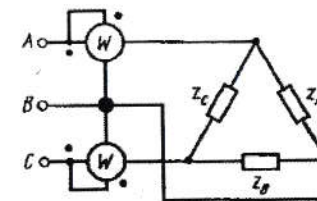
Uch fazali sistemaning aktiv quvvatini aniqlash uchun to'rtala sxemada ham vattmetr ko'rsatgan quvvat P_w ni uchga ko'paytirish kerak (4.3.a.b-rasm):

$$P = 3P_w \quad (4.17)$$

Uch simli nosimmetrik zanjirning aktiv quvvatini ikkita vattmetr usulida o'lash. 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'lash mumkin. Ikkita vattmetrni uch simli zanjirga ulash sxemasi 4.4-rasmda keltirilgan. Sxemadan ko'rinadiki, vattmetrlardagi kuchlanish chulg'amlarining bosh uchlari tok chulg'ami ulangan fazalarga ulanadi. Faqat shundagina uch fazali tok



a) yulduz



b) uchburchak

4.4-rasm. Ikkita vattmetrni uch simli zanjirga ulash sxemasi

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

$$P = P_{w1} + P_{w2} \quad (4.18)$$

Bu ifodaning to'g'riligini quyidagicha isbotlash mumkin. Uch fazali iste'molchilarning oniy quvvati quyidagicha topiladi (4.19).

$$P = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C \quad (4.19)$$

Agar iste'molchilar Yulduz shaklida (4.3.a-rasm) ulangan bo'lsa,

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

bunda

$$i_C = -i_A - i_B \quad (4.20)$$

(4.19) ifodani uch fazali sistema oniy quvvatining ifodasi (4.20) ga qo'ysak, 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'lash imkonini beradi. Oniy quvvatdan o'rtacha, ya'ni aktiv quvvatga o'tsak, uch fazali sistemaning quvvati quyidagicha bo'ladi:

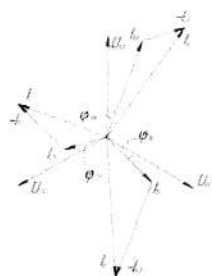
$$P = U_{AC} I_A \cos(\vec{I}_A \vec{U}_{AC}) + U_{BC} I_B \cos(\vec{I}_B \vec{U}_{BC}) \quad (4.21)$$

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

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

Chunki, vattmetr w_1 , ko'rsatgan quvvat $P_{w1} = U_{AC} I_A \cos(\vec{I}_A \vec{U}_{AC})$ ga vattmetr ko'rsatgan quvvat esa $P_{w2} = U_{BC} I_B \cos(\vec{I}_B \vec{U}_{BC})$ ga teng bo'ladi.

Xuddi shunday natijaga iste'molchilar uchburchak shaklda ulanganda va vattmetrlar B, C hamda A, C fazalarga ulanganda ham kelish mumkin. Simmetrik nagruzkali iste'molchilar yulduz shaklida ulangandagi tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi 4.5-rasmda keltirilgan. Bunda barcha liniya toki va



4.5-rasm. Tok kuchi va kuchlanishlarning vektor diagrammasi

kuchlanishlari miqdor jihatdan teng bo'lib, $\vec{I}_A$ va $\vec{U}_{AC}$ vektorlar orasidagi burchak $\beta_1 = (\varphi - 30^\circ)$ ga, $\vec{I}_B$ va $\vec{U}_{BC}$ vektorlar orasidagi burchak $\beta_2 = (\varphi - 30^\circ)$ ga teng bo'ladi. Shuning uchun (4.22) formulani quyidagicha yozamiz

$$P = U_I I_I \cos \beta_1 + U_I I_I \cos \beta_2 = U_I I_I \cos(\varphi - 30^\circ) + U_I I_I \cos(\varphi + 30^\circ) = U_I I_I 2 \cos 30^\circ \cos \varphi = \sqrt{3} U_I I_I \cos \varphi \quad (4.22)$$

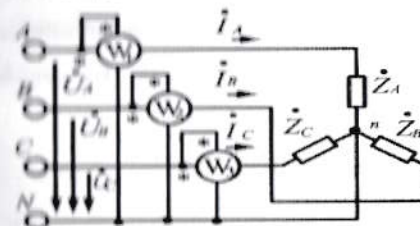
(4.22) ifodaga asosan har bir vattmetrning ko'rsatishi faza siljishi qiymati va ishorasiga qarab manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Masalan, $\varphi > 60^\circ$ bo'lganda birinchi vattmetrning ko'rsatishi manfiy, ikkinchisining esa musbat hamda $\varphi < 60^\circ$ da aksincha bo'ladi. Bunday hollarda 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, yani:

$$P_{w1} = P_{w2} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_I I_I = 0,866 U_I I_I$$

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. 4.6-rasmda vattmetrlarni zanjirga ulash sxemasi ko'rsatilgan.



4.6-rasm. Aktiv quvvatini uchta vattmetr usulida o'lchash

Bu sxemada (4.6-rasm) har bir vattmetr ayrim fazaning aktiv quvvatini o'lchaydi, ya'ni:

$$P_{Aw} = U_A I_A \cos \varphi_A; P_{Bw} = U_B I_B \cos \varphi_B; P_{Cw} = U_C I_C \cos \varphi_C$$

Uch fazali zanjirning aktiv quvvati uchala vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebraik yig'indisiga teng (4.23):

$$P = P_{Aw} + P_{Bw} + P_{Cw} \quad (4.23)$$

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'aluvchan qismga ta'sir qiladi.

Uch fazali zanjirdagi reaktiv quvvatni o'lchash. Uch fazali simmetrik zanjirning reaktiv quvvatini bitta aktiv quvvat vattmetri bilan o'lchash mumkin. Buning uchun vattmetrni zanjirga 4.6.a-rasmda ko'rsatilgandek ulash kerak. 4.6.b-rasmdagi vektor diagrammadan ko'rinadiki, vattmetrning ko'rsatishi quyidagiga teng:

$$X_w = U_{BC} I_A \cos(\vec{I}_A \vec{U}_{BC}) = U_I I_I \cos(90^\circ - \varphi) = U_I I_I \sin \varphi$$

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

$$Q = \sqrt{3} X_w = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi \quad (4.24)$$

Uch fazali zanjimning reaktiv quvvatini ikkita vattmetr usuli (4.7- rasm) bilan ham o'lchash mumkin. Buning uchun, avvaldagidek, vattmetrlar ko'rsatishlarining algebratik yig'indisini emas, balki ayirmasini olish kerak. Bu quyidagicha ifodalanadi (4.7-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, yani

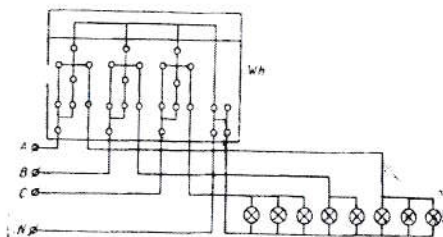
$$Q = \sqrt{3}(P_{w1} - P_{w2}) = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi$$

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

4.7- rasmda ko'rsatilgan uchta vattmetrli sxema har qanday uch fazali zanjirlardagi reaktiv quvvati o'lchash uchun yaroqlidir. Buning uchun vattmetrlar ko'rsatgan qiymatlar yig'indisini $\sqrt{3}$ ga bo'lish kerak (4.27):

$$Q = \frac{X_{w1} + X_{w2} + X_{w3}}{\sqrt{3}} \quad (4.27)$$

O'zgaruvchan tokning aktiv energiyasi induksion hisolagich (schyotchik)lar yordamida o'lchanadi. Ularni zanjirga ulash sxemasi xuddi vattmetrlarni ulash sxemasi kabi bo'ladi. Misol tariqasida 4.8-rasmda uch elementli induksion schyotchikni to'rt simli uch fazali zanjirga ulash sxemasi berilgan.



4.8-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.

4-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

1. O'lchash xatoliklari deganda nimani tushunasiz?
2. O'chash ishlarida aniqlik sinflarini ayting?
3. Xatoliklarni bartaraf etish usullari qanday?
4. Nol va differentsial 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 energiya qanday 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) $\square X = X_k - X_x$ B) $\square X = X_x - X_k$
C) $b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\%$ D) $b = \pm \frac{\square X_k}{X_x} \cdot 100\%$
3. Nisbiy xatolik qaysi ifoda bilan topiladi ($\square X$ absolyut xatolik)?
A) $b = \pm \frac{\square X}{X_x} \cdot 100\%$ B) $\square X = X_x - X_k$

C) $\Delta X = X_k - X_x$ D) $b = \pm \frac{\Delta X_k}{X_x} \cdot 100\%$

3. 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) $V = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}}$ B) $V = \frac{\Delta N}{N_{\min} - N_{\max}}$ C) $V = \frac{N_{\max}}{N_{\max} - N_{\min}}$ D) $V = \frac{N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}}$

4. O'lchov asboblarning sezgirligi qanday aniqlanadi (Δn - strelka 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) $S = \frac{\Delta n}{\Delta X}$

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

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

C) $j = \frac{N_{\min}}{N_{\max} - \Delta X_{\max}}$ D) $j = \frac{\Delta X_{\max}}{N_{\max}}$

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

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

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

8. Elektr zanjiridagi 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 zanjiridagi 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

7. Elekt energiyasi quvvatni o'lchaydigan asbob?

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

9. Quvvat koeffitsiyentini o'lchaydigan asbobni 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'lchanadi?

- 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'lchanadi?

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

13. Atrof muhitning normal holati (normal sharoida) bosim qanchaga teng?

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

14. A trof muhitning normal holati (normal sharoida) temperatura necha gradusga teng?

- A) 20 °C B) 0 °C C) 100 °C D) 273 °C

5-MAVZU: YARIMO'TKAZGICHLI TO'G'RILAGICHLAR

Reja:

- I. Yarimo'tkazgichlar haqida tushuncha;
II. Yarimo'tkazgichli diodlarning elektr o'tkazuvchanligi;
III. Diodlarning belgilanishi, sinflanishi va turlari.

I. Yarimo'tkazgichlar haqida 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 $10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$ tartibida (va undan kam), dielektriklarniki esa $10^8 \text{ Om} \cdot \text{m}$ 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 harakatlanish 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, ozgina aralashma miqdori yarimo'tkazgichning qarshiligini keskin o'zgartirib yuborishi mumkin. Protsentning yuzdan bir ulushicha aralashma yarimo'tkazgich qarshiligini o'n minglab marta o'zgartirishi mumkin.

Ba'zi soddalashtirilgan tasavvurlar va "modelli" sxemalar yordamida yarimo'tkazgichlarning ba'zi xususiyatlarini aniqlaymiz. Past va meyyoriy 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)

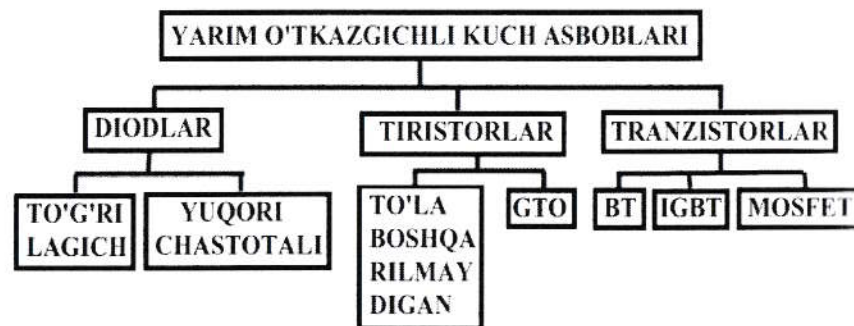
bo'lishiga asosiy sabab ham shudir. Yarimo'tkazgichlardagi erkin elektronlarning ozchilik qismi metallardagi erkin elektronlarga o'xshash tabiatga ega bo'ladi. Elektr maydoni bo'lmaganda ular xotik harakatlanadi, maydon bo'lganida yana (maydonga qarshi) yo'nalishli harakatga kelishi va buning natijasida yarimo'tkazgichda zaif tok hosil qilishi mumkin. Erkin elektronlarning harakatidan yuzaga keladigan o'tkazuvchanlik elektron o'tkazuvchanlik, yoki n -tip o'tkazuvchanlik (negative-manfiy 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. Binobarin, 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'tkazgichli kuch elementlari o'tkazgichlarda odatda kalit rejimida ishlaydi. Ushbu rejim ikkita holat bilan xarakterlanadi: diod va tiristorlar uchun ochiq, tranzistorlar uchun to'yingan yopiq. Yarimo'tkazgichli kuch elementi birinchi holatda nolga yaqin, ikkinchi holatda esa cheksizga yaqin qarshilikka ega bo'ladi. Bunday rejim yarimo'tkazgichli kuch elementidagi isroflarning juda kam bo'lishini ta'minlaydi. Isroflar asosan yarimo'tkazgichli kuch elementi ochiq yoki to'yingan bo'lganda undan o'tadigan to'g'ri tok, yarimo'tkazgichli kuch elementi yopiq bo'lganda o'tadigan teskari tok ta'sirida yuzaga keladigan isroflar va yarimo'tkazgichli kuch elementi bir holatdan ikkinchi holatga o'tishidagi

isroflardan iborat bo'ladi. Yarimo'tkazgichli kuch elementlarining sinflanishi 5.1-rasmda keltirilgan.

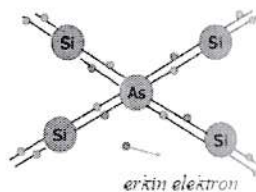


5.1-rasm. Yarimo'tkazgichli kuch elementlarining sinflanishi

II. 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 ikki guruhga 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.

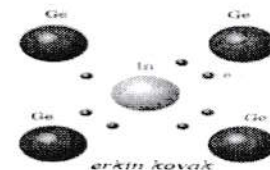
p - inglizchi pozitiv so'zidan olingan bo'lib ma'nosi faol yoki asosiy deganini yoki to'g'ri o'tish deganini bildiradi, n - inglizchi negativ so'zidan olingan bo'lib, ma'nosi passiv yoki o'tkazmaydi yoki teskari o'tkazish ma'nosini anglatadi. Elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar n -tipdagi (elektron) o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich materiallar deyiladi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Elektron o'tkazuvchanlik

G'ovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar p -tipdagi (g'ovak) o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich materiallar deyiladi (5.3-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, 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 (5.4-rasm).



5.3-rasm. G'ovak o'tkazuvchanlik

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 -



5.4-rasm. $p-n$ o'tish

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'rilagich 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 tomoniga tok o'tkazadigan sim, ikkinchi tomoniga 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'rilagich diodlarining bir necha milliampperlardan bir necha 100000 A gacha ishlatiladigan turlari mavjud.

III. Diodlarning sxemalarda 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 guruhlarini 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 sondagi turlari mavjud. Shuni ta'kidlash lozimki, diodlar ishlab chiqarila boshlagandan buyon ularni shartli belgilashning ikki tizimi yuzaga kelgan va bu tizimlar ma'lum o'zgartirishlar bilan hozir ham qo'llanilmoqda. Bu tizimlardan biri asosan radioelektronikaning turli zanjirlarida qo'llaniluvchi kichik quvvatdagi diodlarga, boshqasi o'rtacha toki 10 A dan yuqori bo'lgan quvvatli elektr energiya o'zgartirgichlarda qo'llaniluvchi kuchli diodlarga taaluqli. Kichik, o'rtacha 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 I – germaniy; K yoki 2 – kremniy; A yoki 3 – galliy arsenidi; I yoki 4 – indiy birikmalari. Germaniy diodlarda birinchi element harfli bo'lsa u harorati 60 °C gacha bo'lgan, kremniy diodlarda esa 85°C gacha bo'lgan haroratda ishlatishga mo'ljallangan. Raqamli belgidan boshlanuvchi asboblarning yuqori haroratda ishlatish uchun (masalan, kremniy diodi +120°C dan yuqori) mo'ljallangan. Belgilashning ikkinchi elementi harfli bo'lib, u asbobning sinfini (yoki guruhini) aniqlaydi: D – to'g'rilovchi, impulsli diodlar, diodli o'zgartirgichlar (magnit diod, termiod va h. k.), TS – to'g'rilovchi ustun va bloklar, V – varikaplar, I – tunnelli diodlar, A – o'ta yuqori chastotali diodlar, S – kuchlanish meyorlagichlar (stabilitron, stabistor,

kuchlanish cheklagichlar) L – nurlanuvchi optoelektron asboblarning. 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'rtacha quvvatli to'g'rilovchi; 4 – universal; 5 dan 9 gacha – impulsli. O'ta yuqori chastotali (O'YUCH) diodlar tamg'asi: 1 – siljituvi O'YUCH; 2 – detektorlar; 301 dan 399 – gacha – modulyatorli; 4 – parametrlari; 5 – rostlovchi; 6 – ko'paytiruvchi; 7 – generatorli.

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

-kam quvvatli stabilitronlar uchun ($r \leq 0,3 \text{ W}$) 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'rtacha quvvatli stabilizatorlar uchun ($r \geq 0,35 \text{ W}$) stabilizatsiya kuchlanishi 0,1 dan 99 V gacha; 5 – 10 dan 99 V gacha; 6 – 100 dan 199 V gacha;

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

Nurlanuvchi optoelektron asboblarning 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 ketsa uch qiymatli 101 dan 999 gacha bo'lgan sonlar qo'llanilishi mumkin.

Beshinchi va oltinchi diodlar texnologik tiplarini parametrlar bilan ajratish uchun qo'llaniladi. Beshinchi element sifatida harflar qo'llaniladi, masalan S – umumiy korpusda elektr bog'lanmagan, bir tipdagi asboblarning majmuasi uchun kiritilgan. Beshinchi elementdan keyingi (oltinchi) raqam korpusiz asboblarning 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. Quvvati boshqarilmaydigan diodlar (10A va undan yuqori toklarga mo'ljallangan) uchun tamg'alanishning boshqa tizimi qo'llaniladi.

V–boshqarilmaydigan ventil – diod belgisi; ko'chkili diodlar uchun A harfi qo'shiladi, suv bilan sovutuvchi diodlar uchun V qo'shiladi, konstruksiyalar bo'yicha ularni ajratish uchun raqamlar qo'yiladi, chegaraviy tokni amperda bildiruvchi raqam: takrorlanuvchi kuchlanish bo'yicha sinfni bildiruvchi raqam.

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

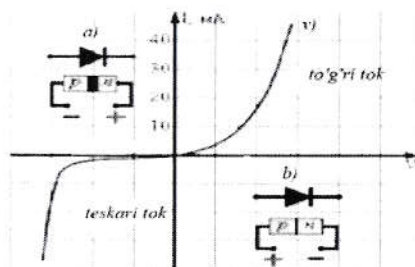
To'g'rilovchi diodning tuzilishi 5.5.a-raslarda ko'rsatilishi 5.5.b va volt-amper xarakteristikasi 5.5.a.v– rasmlarda ko'rsatilgan. Ochiq holatdagi diodning volt-amper xarakteristikasini ikkita to'g'ri chiziqli kesma bilan approksimatsiya qilish (5.5.v - rasm) yo'li bilan tahlil, hisob va modellash uchun uning kerakli parametrlari (chegaraviy kuchlanish, $r_d = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ – dinamik qarshilik) aniqlanadi.

Ochiq holatdagi diod quyidagi tenglamalar bilan tavsiflanadi (5.1).

$$U_D = U_{D0} + r_d I_D \quad (5.1)$$

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 (5.5.a-rasm).

To'g'ri burchak shaklidagi kuchlanishlar manbasidan ta'minlanuvchi, aktiv yuklamaga ishlovchi yarim davrli to'g'rilagichni sinash sxemasi 5.5.b-rasmda ko'rsatilgan. Grafklardan (5.5.v-rasm) quvvat isroflari diod ochilayotgan va yopilayotgan vaqtda keskin ortishini ko'rish mumkin. Isroflarni kamaytirish va diodning ishonchli ishlashini ta'minlash uchun maxsus

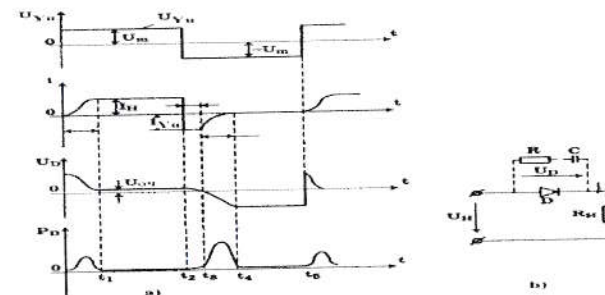


5.5.a,b,v-rasm. To'g'rilovchi diodning tuzilishi va voltampert xarakteristikasi

dinamik jarayonlarni shakllantirish sxemalari–snabberlar (snubbers) qo'llaniladi. Snabberning eng sodda sxemasi bo'lib ketma-ket ulangan qarshilik va kondensatordan tashkil topgan zanjir hisoblanadi. Ushbu sxema diodning anod va katodiga parallel ulanadi.

Selenli diod dumaloq disklar (shaybalar) yoki to'g'ri burchakli plastinkalar ko'rinishida yasalgan to'g'irlagich plastinkalardan yig'iladi. Bu plastinkalarni ketma-ket yoki parallel ulab, talab qilingan quvvatli to'g'irlagich elementi hosil qilinadi (5.6-rasm).

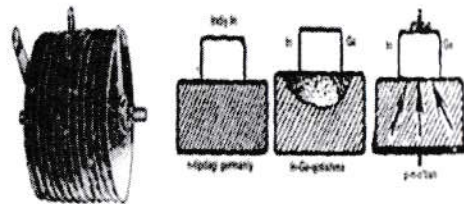
Germaniyli diodning asosi bo'lib germaniy monokristallidan kesilgan, qalinligi taxminan 0,3 mm li plastinka xizmat qiladi, u elektronli elektr o'tkazuvchanlikka ega, yani unda beshinchi guruh elementlaridan biri (odatda surma yoki mishyak) aralashgan. Plastinka yuzasi diod tokiga bog'liq, u qancha katta bo'lsa, plastinka shuncha katta bo'ladi. Shu plastinkaga uchinchi guruh elementi-indiy bo'lakchasi qo'yiladi (5.7-rasm) va u vakuum pechida germaniy bilan eritiladi. Bunday termik ishlov vaqtida termodiffuziya natijasida indiy atomlari germaniy plastinkasiga o'tadi va keyinchalik aktseptor bo'lib, germaniyda teshikli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qatlam vujudga keltiradi. Indiy bo'lakchasiga yuqoridan metall tok o'tkazuvchi payvandlanadi, u plastinkani yuqoridagi elektrod bilan tutashtiradi. Pastki elektrod germaniy bilan kontakt hosil qilishi kerak, ya'ni ventilli o'tish hosil qilmasligi kerak. To'g'rilagich germetik korpusga tashqi ta'sirlardan himoyalash uchun joylashtiriladi.



5.5-rasm. a-diodning ochilib-yopilishidagi dinamik jarayonlar.b-sinash

sxemasi

Germaniyli ventillarning kamchiliklari quyidagilardan iborat: birinchidan, ular temperatura o'zgarishiga sezgir $55-60^{\circ}\text{C}$ dan yuqori temperaturada ularda elektr parametrlarining qaytmas o'zgarishi sodir bo'ladi; ikkinchidan, ichki



5.7-rasm. Yarimo'tkazgichlarni hosil qilish

qarshiliklarining farqi tufayli ketma-ket ulashda bu ventillar kuchlanishni teng taqsimlamaydi va ventillarning xususiy kuchlanishlarini tenglashtirish uchun rezistorlar orqali shuntlashga to'g'ri keladi, bu esa qurilmaning to'g'rilash koeffitsiyentini kamaytiradi.

Kremniyli diodning asosiy qismi elektronli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yupqa kremniy plastinkasidir. Bu plastinka alyuminiy bo'lagi 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 selenli va germaniyli diodlar solishtirilsa, u holda germaniyli yuqori F.I.K. ga, kichik o'lchamga ega, lekin selenli diodlar arzon bo'lgani uchun sanoatda selenli ventillar ishlab chiqarilishi davom etmoqda. Ular nisbatan kichik quvvat kerak bo'lganda, foydali ish koeffitsiyentlari esa ikkinchi darajali ahamiyatga ega bo'lganda o'rnatiladi. Selenli ventilning massasi (armaturasi bilan birga) 15-18 g ni tashkil qiladi. Bitta selenli element 12-36 V ga uzoq muddat chidaydi. Shunga e'tibor berish kerakki, ventilning teshilish kuchlanishi (selenli uchun 50-80 V) bilan davomli ruxsat etilgan kuchlanishni farq qilish kerak.

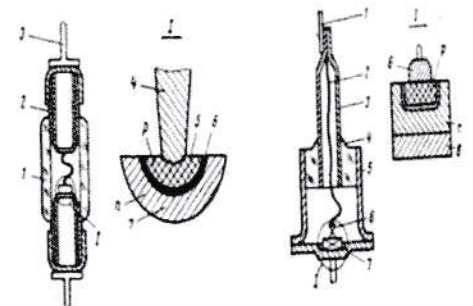
Ko'p hollarda selenli ventilning maxsus kamchiligi-shaklini hisobga olishga to'g'ri keladi. Agar bunday ventil uzoq vaqt ishlatilmagan bo'lsa, unda u

kuchlanishga ulanishi bilan normal to'g'rilamaydi, balki ma'lum vaqtdan keyin ishlaydi. Elektr o'lchash qurilmalari va avtomatika uchun ventilning 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'lchamlari ancha kichik. Lekin yarimo'tkazgichli asboblarda uchun kerakli juda sof kremniyni 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 asboblarda qimmat turadi.

Nuqtali diodlar bir necha milliamper tok kuchiga mo'ljallangan bo'lib, ular elektron o'tishli yupqa

yarimo'tkazgich plastinkadan yasalanadi (5.8-rasm). Nuqtali elektr o'tish yarimo'tkazgich plastinka 7 va uchi o'tkirlashgan alyumin yoki indiy bilan qoplangan metal prujina-sim 4 larning jipslashgan joyida 6 hosil bo'ladi. Odatda nuqtali



5.8-rasm. Nuqtali diod. 5.9-rasm. Yassi diodlar

diodlar n -tipdagi germaniydan, metall prujina (diametri 0,05-0,1 mm) yupqa simdan tayyorlanadi va n -tipdagi germaniy uchun u akseptor (masalan, berilliy) hisoblanadi. 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 sferik shaklda $p-n$ o'tish 6 hosil bo'ladi. Nuqtali diodlar korpusi germetik

holda yasalgan sopol yoki shisha ballon 2 dan iborat va u yorug'lik tushmasligi uchun yorug'lik qaytaruvchi qora rang bo'yalgan. O'tishlar chiqishlari 3 nay 2 orqali tashqariga chiqarilgan.

Yassi diodlar bir necha ampergacha bo'lgan toklarga mo'ljallangan (5.9 - rasm). Yassi diodlar yassi elektr o'tishga ega bo'lib, uning chiziqli o'lchamlari (yuzasi) $p-n$ o'tish kengligidan bir muncha katta. Bu yuza kvadrat millimetrning yuzdan bir ulushidan (mikroyassi diodlar) bir necha o'nlab kvadrat santimetr (kuchli diodlar) gacha bo'ladi. Yassi diodlarni kristall ushlab turgich 8 ga birlashtirilgan yarimo'tkazgich plastinka ($p-n$ o'tish) 7 ko'rinishida yasaladi. 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 nay 3 orqali tashqariga chiqarilgan. Yassi diodlarni tayorlashda 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 guruhlariga ajratish mumkin:

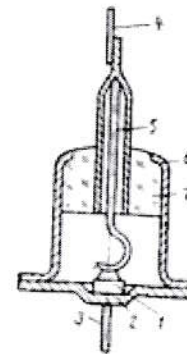
impulsi diodlar- mikro va nanosekundli diapazondagi impulslarni hosil qilish va kuchaytirish sxemalarida qo'llaniladi. Ular germaniy va kremniy materiallaridan yasaladi. Nuqtali va yassi diodlar sifatida ishlatiladi;

kuchli diodlari- yarimo'tkazgichli diodlar o'zgaruvchan tokdan ta'minlanuvchi elektr harakat tarkibida, o'zgarmas tokda elektrlashtirilgan temir yo'llarda, turli shahar elektr transporti elektr ta'minotitizimida to'g'irlagichlar sifatida keng qo'llaniladi;

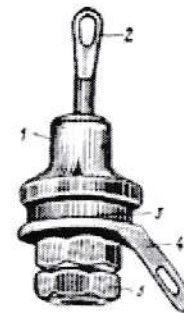
o'rta quvvatli diodlar-yassili qilib tayorlanadi. Bunday diodlarning $p-n$ o'tishli kristall plastinkasi 1 metal asos 2 ga joylashtiriladi (5.10-rasm). Bu asosga chiqish 3 ulangan. Ikkinchi chiqish 4 kristall plastinkaga sim 5 bilan ulangan.

Korpus 6 metall ko'rinishida bo'lib, asos bilan kavsharlangan va izolyatsiya qatlarni 7 ga ega;

Diod KD202 ning $p-n$ o'tishli plastinkasi issiq haydovchi asosga mahkamlangan va tashqi ta'sirlardan metall korpus 1 bilan zichlangan (5.11 - rasm). Tashqi chiqish 2 korpusning yuqori qismidan kavsharlangan g'ovak nay orqali o'tgan. Gaykali vint ko'rinishida bajarilgan ikkinchi chiqish izolyatsiyalovchi ftulka orqali o'tkazilgan va kontakt plastinka 4 bilan ulangan.



5.10-rasm. O'rta quvvatli diodlar



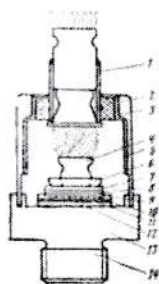
5.11-rasm. Diod KD202

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

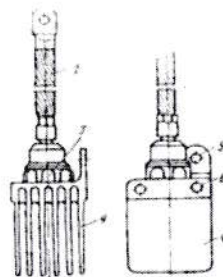
Chegaraviy toki 200 A bo'lgan kremniyli diodning kesimi sxemasi 5.12-rasmda keltirilgan. Alyumin qotishmasi qatlarni 8 yuqori darajada legirlangan kremniy 9 kremniy diski 10 dan iborat $p-n$ o'tishli plastinka pastki volfram disk 12 ga kumushning surmali qotishmasi 11 bilan kavsharlangan. Volfram disk vazmin mis asos 13 ga biriktirilgan. 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 koeffitsiyenti kremniynikiga yaqin bo'lgan volfram disklar kremniy kristalli bilan mis asos o'rtasida p-n o'tish sohasi tok tufayli qizishidan yuzaga keluvchi mexanik kuchlanishni kamaytiradi. Kremniy va volfram disklar ichki qismi emallangan po'lat korpus 5 ga joylashtirilgan. Korpus chiqishi fluka 1 bilan qo'rg'oshin oyna qatlarni 2 yordamida bog'langan. Po'lat korpus qo'rg'oshin oynasi bilan emal qatlarni 3 orqali biriktirilgan 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 sovitgichni mahkamlash uchun mo'ljallangan bolt 14 dan iborat.

Quvvatli kremniy va germaniy diodlar havo yoki suyuqlik sovitgichlarga ega. Havo bilan sovitishda ventilning vazmin mis asosi 3 (5.12-rasm) qirrali tarmoqlangan sirtli metall sovitgich 4 ga burab kiritiladi. Havo bilan sun'iy sovitishda ventilda ajralib chiquvchi asos orqali sovitgichga beriladi va u issiqni tashqi muhitga chiqarib yuboradi. Havo bilan majburiy sovitishda sovitgichlar qobiq ichiga olinib ular orqali ventilyator (shamollatgich) yordamida hosil qilingan havo o'tkazib turiladi.



5.12-rasm. Kremniyli diodning kesimi sxemasi



5.13-rasm. Anod chiqish

Sovitgich korpusi asosida izolyatsiyalangan sterjenlar uchun ikki tirqish 6 bo'lib, ularga o'zgartirgich sxemasiga bog'liq holda bir nechta ventillar mahkamlanishi mumkin. Sovitgichning yuqori qismidagi tirqish 5 ventillarni ketma-ket ulash uchun xizmat qiladi. Ulashni yengillashtirish uchun chiqishlardan

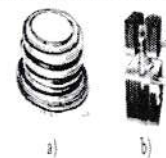
biri (5.13 – rasmda anod chiqish) egiluvchan simdan yasaladi. Havo bilan majburiy sovitish chog'idagi ruhsat etilgan to'g'ri tok qiymati sun'iy sovitishdagiga nisbatan yuqori bo'ladi. 100 A va undan katta toklarga mo'ljallangan quvvatli ventillar hisobiy tokni sun'iy sovitish sharoitida sovituvchi havo tezligi 12 m/s dan kam bo'lmagan holda o'tkazadi.

Tabiiy sovitish chog'ida ruhsat etilgan tok hisobiy tokning 25– 35% ni tashkil etadi. Hozirgi paytda tabiiy havo sovitgichlarning ruhsat etilgan toklarni nominal qiymatlariga yaqin holda o'tkazishni ta'minlovchi konstruksiyalari ishlab chiqilgan.

Suv bilan sovitish chog'ida ventilning har bir chiqishi sovitgichning misdan yasalgan silindrsimon korpusidagi chuqurchasiga burab kiritiladi va bu chuqurcha orqali sovituvchidan suv oqiziladi. Suvni uzatish va chiqarish ikki shtutser orqali amalga oshiriladi. Shtutserlarga sovitish tizimining ichaklari kiydiriladi va ulardan biri - buramali shtutser - katod chiqish sifatida qo'llaniladi.

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

Yarimo'tkazgichli asboblarni tayyorlash texnologiyasining yaxshilanishi va statik o'zgartirgichning quvvatlari ortishi bilan yarimo'tkazgich ventillarning ruhsat etilgan chegaraviy toklari ham ortadi. Shuning uchun havo sovitgichli katta quvvatli ventillar yassi asosli, issiqni atrof muhitga ikki tomonlama chiqarish imkoniga ega bo'lgan tabletka konstruksiyali qilib yasaladi. Ular spool yoki metall shisha korpus epoksidli kompaundlardan foydalangan holda tayyorlanadi. Metal sopol korpusli ventilning tabletka ko'rinishidagi konstruksiyasi 5.14.a - rasmda, ventil sovitgich bilan 5.14.- rasmda keltirilgan. Oddiy diodlar o'rniga ko'chkili diodlar (5.14- rasm) keng qo'llana boshlandi. Tashqi ko'rinishdan ular o'xshash, farqi esa p-n o'tish konstruksiyasida. Ko'chkili diodlarda p-n o'tishning sirtga chiqish joyida

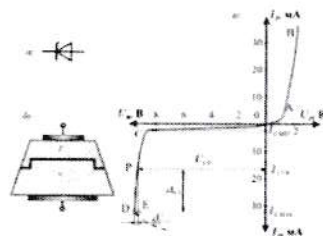


5.14-rasm. Ko'chkili diodlar

5.14.a - rasmda, ventil sovitgich bilan 5.14.- rasmda keltirilgan. Oddiy diodlar o'rniga ko'chkili diodlar (5.14- rasm) keng qo'llana boshlandi. Tashqi ko'rinishdan ular o'xshash, farqi esa p-n o'tish konstruksiyasida. Ko'chkili diodlarda p-n o'tishning sirtga chiqish joyida

kremniy plastinkasidan aylana bo'yicha kengligi L bo'lgan yuza qismi orqali 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 teshilish kuchlanishi uning chet qismiga nisbatan kamroq bo'ladi. Ko'chkili diodlarda teshilish jarayonida teskari tok ko'chkisimon ortsa ham, u "boshqariluvchan" bo'lib qolaveradi va strukturaning barcha yuzasi bo'ylab oqib o'tadi, diod qabul qiluvchi kuchlanish cheklanishli bo'ladi.

5.15 - rasmda ko'chkili diodning volt-ampér xarakteristikasi ko'rsatilgan, unda teskari kuchlanish yaqqol egilgan bo'lak ko'chki hosil bo'lish kuchlanishi (U) ko'ch deb ataladi, 5.15-rasmda shtrixlangan chiziq bilan ko'chkili diodning, tutash chiziq bilan esa ko'chkili bo'lmagan diodning teskari volt-ampér xarakteristikasi ko'rsatilgan.



5.15- rasm. Ko'chkili diodning va uning volt-ampér xarakteristikasi

Ko'chkili diodlar teskari yo'nalishida katta miqdordagi sochilish quvvatiga ega va shuning uchun o'ta kuchlanishga chidamli, shuningdek ular teskari kuchlanish bo'yicha oddiy diodlarga nisbatan kam zahiraga (50% o'rniga 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'chkili diodlarda yuqori darajadagi bir jinsli 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'chkili diodlar uchun ruxsat etilgan teskari tokning qisqa muddatli impulsarlari maksimal qiymati bir necha o'n amperga yetadi. Ruxsat etilgan teskari tokning kattaligi sababli ko'chkili diodlarni ketma-ket ulash chog'ida kuchlanishlarni majburan tekis taqsimlashga ehtiyoj qolmaydi. Ko'chkili diodlarning to'g'ri tok bo'yicha o'ta yuklanish qobiliyati oddiy diodlarnikiga mos keladi. Ko'chkili diodlar oddiy diodlarni o'ta kuchlanishdan himoyalashda qo'llanilishi mumkin. Bunda ko'chkili diodlar oddiy diodlarga parallel ulanishi yoki razryadlovchi sifatida to'g'irlangan kuchlanish tomonida yoki o'zgartiruvchi transformatorning ventil chulg'amida qo'llanilishi mumkin.

5-Mavzuga doir 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 sohalarini ayting?

Test savollari

1. Yarimo'tkazgichlarda ekekr toki qaysi erkin zarralar harakati natijasida yuzaga keladi?
A) Elektronlar, kovaklar B) Musbat va manfiy ionlar
C) Pratonlar D) Atomlar

2. Yarimo'tkazgichli deb ikkita elektrod va bir (yoki bir nechta) $p-n$ o'tishga ega bo'lgan asbobga aytiladi, to'g'ri javobni belgilang?
A) Diod B) Tranzistor C) Rizistor D) Kondensator
3. To'g'rilovchi diodlar qaysi vazifani bajarish uchun mo'ljallangan?
A) O'zgaruvchan toklarni tog'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
3. 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
4. G'ovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar.....(g'ovak) o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich materiallar deyiladi.
A) n - tipdagi B) p - tipdagi C) $p-n$ tipdagi D) $n-p$ tipdagi
5. Temperatura ortishi bilan yarimo'tkazgichlarning qarshiligi qanday o'zgaradi?
A) Kamayadi B) Ortadi C) O'zgarmaydi D) Barcha javoblar to'g'ri
6. Yarimotkazgichlarda elektr tokini qaysi zarralar harakati tufayli hosil bo'ladi?
A) Elektron, kovak B) Elektron C) Kovak D) Ion
8. Yarimo'tkazgichli asboblar qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?
A) Barcha javoblar to'g'ri B) Tristorlar C) Tranzistorlar D) Diodlar
7. To'g'rilovchi impulsli diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?
A) D B) V C) I D) A
9. Varikaplar qaysi harf bilan belgilanadi?
A) V B) D C) I D) A
11. Tunelli diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?
A) I B) V C) D D) A
12. O'ta yuqori chastotali diodlar qaysi harf bilan belgilanadi?
A) A B) V C) I D) D
13. Nurlanuvchi optoelektron asboblar qaysi harf bilan belgilanadi?

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

13. Nurlanuvchi optoelektron asboblar 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
14. Nurlanuvchi optoelektron asboblar 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
15. Nurlanuvchi optoelektron asboblar 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
16. Nurlanuvchi optoelektron asboblar 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

6-MAVZU: ASINXRON ELEKTR DVIGATELLARI

Reja:

- I. Ansinxron dvigatellarning ahamiyati va qo'llanilish sohalari
- II. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi va uning tezligi
- III. Ansinxron dvigatelning ishlash prinsipi

I. Ansinxron dvigatellarning ahamiyati va qo'llanilish sohalari

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

Ansinxron dvigatelning tuzilishi oddiy, ishlatish qulay, energetik va mexanik xarakteristikatlari yaxshi bo'lgani uchun sanoatda ishlatilayotgan elektr dvigatellarining 80 foizidan ko'prog'ini asinxron dvigatellar tashkil etadi. Bunday

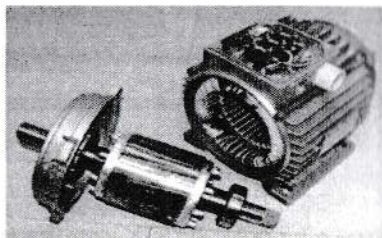
katta talabni qondirish uchun mashinasozlik zavodlarida har yili ishlab chiqarilayotgan asinxron dvigatellarining quvvati vattning bir necha ulushlaridan, bir necha ming kilovattgacha, ishchi kuchlanishi esa 127 V dan 10 kV gacha bo'ladi.

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

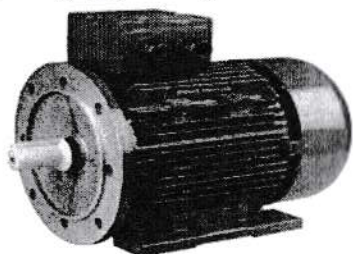
Bir fazali asinxron dvigatellarining quvvati, odatda 0,5 kW dan oshmaydi, undan avtomatik boshqarish sistemalarida, turli asboblarning elektr yuritmalarida, uy-ro'zg'or mashinalarida foydalaniladi. Kichik quvvatli asinxron mashinalar vallarining aylanish tezliklarini o'lchashda generator (taxogenerator) sifatida ham ishlatiladi. Asinxron mashinalar chastota o'zgartirgich, kuchlanish o'zgartirgich va faza o'zgartirgich sifatida ham keng qo'llanadi.

Asinxron dvigatelning tuzilishi. Barcha elektr mashinalari kabi asinxron dvigatellar ham ikki asosiy qism, qo'zg'almas qism stator va qo'zg'aluvchan (aylanuvchi) qism rotordan iborat.

Statorstanina, po'lat o'zak va statorning pazlariga joylashtirilgan uch fazali chulg'amlardan iborat. Stanina cho'yandan 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. Staninada stator chulg'amlarini elektr energiya manbaiga ulash uchun shu chulg'amlarning uchlari chiqarilgan



6.2-rasm. Stator va rotorning umumiy ko'rinishi

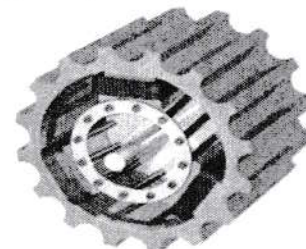


6.1-rasm. Asinxron dvigatelning umumiy ko'rinishi

"klemmalar qutichasi" bor. Asinxron dvigatel ishlayotganida uni yaxshiroq

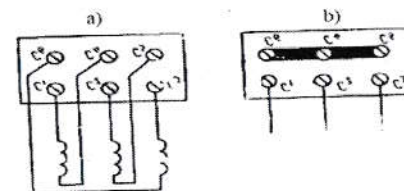
sovu'tish maqsadida stanina qovurg'ali qilib yasaladi. Cho'yandan quyilgan staninali elektr mashinalar ko'tarish uchun mo'ljallangan vintli ilgakga ega bo'ladi (6.1-rasm).

Statorning silindrsimon 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'plamidan iborat. Stator po'lat o'zagining ichki sirtida stator uzunligi bo'yicha ketgan pazlarga stator chulg'amlari joylashtirilgan (6.2-rasm).



6.3-rasm. Statorga izolyatsiyalangan simning o'ralishi

Stator chulg'ami izolyatsiyalangan mis simlardan yasalgan bo'lib, stator pazlariga $2\pi/3$ burchak ostida joylashtiriladi (6.3-rasm). Chulg'amlarining bosh va oxirgi uchlari yuqorida aytilganidek, "klemmalar qutichasiga" chiqarilgan bo'ladi. 6.3.a.b-raslarda, chulg'amlarning ulanishi ko'rsatilgan. Chulg'am uchlari ochiq qoldirilishi uni tarmoq kuchlanishining qiymatiga qarab "yulduz" yoki "uchburchak" sxemada ulashga imkon beradi.



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

Rotordvigatelning aylanish o'qiga mahkamlangan bo'lib, uning po'lat o'zagi ham statomiki kabi qalinligi 0,35 yoki 0,5 mm li elektrotexnik po'lat plastinalar to'plamidan iborat. Po'lat o'zak plastinalarining ustki yuzasida pazlar o'yilgan bo'lib, ularning konfiguratsiyasi turlicha bo'lishi mumkin. Po'lat o'zak dvigatelning o'qiga mahkamlanadi. Po'lat o'zak plastinkalaridagi pazlar rotor ariqchalarini tashkil etib, unga rotor chulg'amlari joylashtiriladi. Yuqori haroratli sharoitlarda ishlatiladigan dvigatellarning sovitilishini yaxshilash maqsadida rotor o'qiga shamollatish parrakchalari o'rnatiladi.

Rotor chulg'ami "yulduz" sxemada ulanib, chulg'amning bosh uchlari asinxron dvigatelning o'qiga mahkamlangan kontakt halqalar bilan tutashtiriladi.

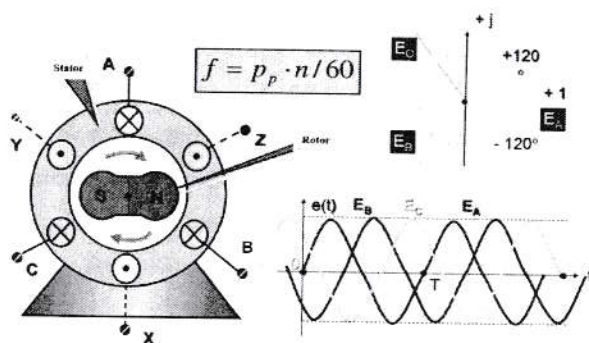
Kontak halqalar esa grafit cho'tkalar yordamida dvigateldan tashqariga o'rnatilgan uch fazali yurgizish reostati bilan biriktiriladi. Yurgizish reostati R_{yr} divigatel ishlaganda rotor chulg'aming qarshiligini va shu bilan birgalikda rotor tokini boshqarish uchun xizmat qiladi.

II. 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 (6.5-rasm):

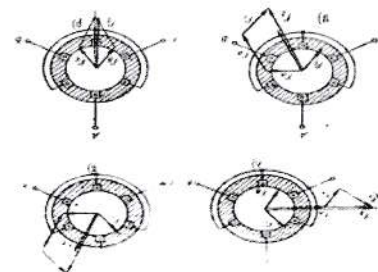
$$\begin{cases} i_A = I_m \sin \omega t \\ i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (6.1)$$

Har bir chulg'amdanda 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 grafiga (6.5-rasm) ga murojaat qilamiz.



6.5-rasm. Aylanuvchan magnit maydonning hosil bo'lishi

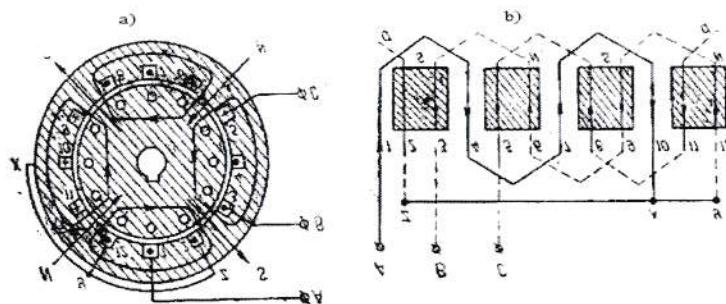
Ushbu faza toklari hosil qilgan MYuK larning qiymatlari: $F_A = F_m$, $F_B = F_C = -F_m/2$. Faza chulg'amlarida hosil bo'lgan MYuK ning yo'nalishi o'ng qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi (6.6-rasm). Uch fazali tok hosil qilgan umumiy MYuK ning qiymati har bir faza toklari hosil qilgan MYuK larning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni $F_2 = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$ vaqt $T/3$ qiymati o'zgargandan keyin, ya'ni $t_2 = t_1 + 2\pi/3$ da (6.5-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 vaqtidagi umumiy magnit maydoni oqimining yo'nalishi va qiymati 6.5.b-rasmda ko'rsatilgandek aniqlanadi. Bunda $F_2 = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$ bo'lib, uning yo'nalishi chulg'am o'qiga perpendikulyar ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin. 6.6-rasm, v da $t_3 = t_1 + 4\pi/3$ lahzadagi magnit maydoni oqimlarining chulg'am atrofida tarqalishi va umumiy magnit maydoni yo'nalishi ko'rsatilgan, bu holda ham $F_3 = F_A + F_B + F_C = 3/2 F_m$ qiymatga ega bo'lib, uning yo'nalishi chulg'am o'qiga perpendikulyardir. Yuqorida keltirilganlardan shuni xulosa qilib aytish mumkin, umumiy MYuK vektori doimo o'zgarmas qiymatga ega bo'lgani holda o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanar ekan. Vaqtning $T/2$ 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.



6.6-rasm. Aylanuvchan magnit maydonini hosil qilish

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

Ma'lumki, chulg'amlardan uch fazali tok o'tganda 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. 6.7-rasmda ikki juft qutbli magnit maydoni ko'rsatilgan. Bu yerda chulg'amlar soni avvalgiga nisbatan ikki marta ko'p bo'lib, maxsus sxema bo'yicha ulangan. Agar statorning chulg'amlari bilan birgalikda sirtini yoyib (6.7-rasm) chulg'amlarning ulanish sxemasini va chulg'amlardagi toklarning yo'nalishini ko'radigan bo'lsak ($t=t_1$ vaqt uchun), u holda qo'shni har uch o'tkazgichdagi (ya'ni 3, 4, 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11; 12, 1, 2) toklarning yo'nalishi mos tushadi va bu toklar hosil qilgan magnit maydoni to'rt qutbli (yoki ikki juft qutbli) bo'ladi.



6.7-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 buriladi. Agar magnit maydoni r juft qutblar soniga ega bo'lsa, aylanuvchan magnit maydoni $1/r$ bo'lakka buriladi, u holda aylanuvchan magnit maydonining burchak tezligi $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$. 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_1 orqali ifodalasak, quyidagiga ega bo'larniz:

$$\frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi \nu_1}{60} \text{ bundan } n_1 = \frac{60\nu}{P}$$

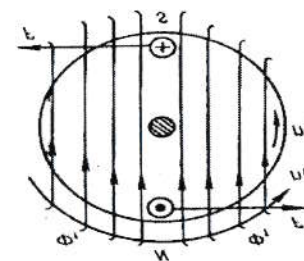
Demak, magnit maydonining aylanish tezligi o'zgaruvchan tok chastotasiga va juft qutblar soniga bog'liq ekan. Aylanuvchan magnit maydonining yo'nalishini o'zgartirish (reverslash) uchun fazalar ketma-ketligining tartibi o'zgartiriladi, ya'ni stator chulg'amlarining manbaga ulanadigan S_1, S_2, S_3 bosh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

Sanoat chastotasi ($\nu_1 = 50$ 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, dvigatelning pasportida rotorning nominal aylanishlar soni ($n_1 = n_{nom}$) ko'rsatilgan bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydonining sinxron tezlik qiymatini bilish uchun n_{nom} ga eng yaqin katta tezlik qiymati qabul qilinadi. Masalan, $n_{nom} = 2860$ ayl/min ga, $n_1 = 3000$ ayl/min, $n_{nom} = 1460$ ayl/min ga, $n_1 = 1500$ ayl/min mos keladi.

III. Asinxron dvigatelning ishlash prinsipi

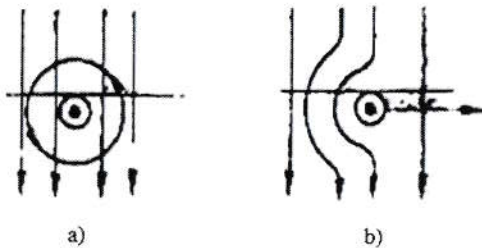
Statorda n_1 tezlik bilan aylanayotgan aylanuvchan magnit maydonining oqimi F_1 rotor chulg'amlarini kesib o'tib, elektromagnit induksiya qonuniga asosan, rotor chulg'amlarida EYuK induksiyalaydi. EYuK, o'z navbatida, rotor tokini hosil qiladi.

6.8-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 oqimini hosil qiladi. Uning yo'nalishi esa "parma" qoidasi bo'yicha aniqlanadi (6.7.a-rasm). Rotor chulg'aming magnit oqimi Φ_2 statorning magnit oqimi Φ_1 ga qo'shilib, dvigatelning umumiy magnit maydoni oqimini hosil qiladi. Natijada deformatsiyalangan magnit maydonida joylashgan rotor chulg'amlariga 6.7.b-rasmda ko'rsatilgandek F juft kuch ta'sir eta boshlaydi. Bu kuchning yo'nalishi



6.8-rasm. Aylanuvchan magnit maydonining o'q chiziqlari

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.

Agar stator magnit maydonning 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 rotorda EYuK induksiyanmaydi. Bunda rotor toki I_2 va kuch F nolga teng bo'ladi. Bunday sharoitda rotor inersiyasi bo'yicha harakatni davom ettirib, podshipniklaridagi (aylanishdagi) va havo bilan ishqalanish tufayli rotorning tezligi kichikroq, yani ($n_2 < n_1$) bunday elektr mashinalar asinxron (tezliklari bir xil emas) mashinalar deb nomlangan. Rotor aylanish tezligining stator magnit maydonining aylanish tezligidan orqada qolishi rotorning sirpanishi deyiladi va u lotincha S harf bilan belgilanib, quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\% \quad (6.2)$$

(6.2) ifodadan dvigatel rotorining aylanish tezligi $n_2 = n_1 (S)$ ni aniqlash mumkin. Tezliklar farqiga rotorning sirpanish tezligi deyilib, quyidagicha ifodalanadi:

$$n_s = n_1 - n_2 \quad (6.3)$$

Dvigatelning ishlash jarayonida sirpanish qiymati 0 dan 1 gacha o'zgaradi, dvigatelni ishga tushirish paytida rotorning aylanish tezligi $n_2 = 0$ bo'lgani uchun S

=1 bo'ladi. Dvigatelning nominal sirpanishi $S_{nom} = 0,03 \div 0,06$ qiymatini yoki (3÷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 induksiyalangan EYuK ning chastotasi aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi bilan aniqlanadi:

$$\nu_2 = \frac{n_1 P}{60} \quad (6.4)$$

Aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar soni $n_1 = \frac{60 \cdot \nu}{P}$ ekanligini hisobga olsak, $\nu_1 = \nu_2$ bo'ladi, ya'ni qo'zg'almas rotor chulg'amida induksiyalangan EYuK ning chastotasi elektr energiya manbainig chastotasiga teng bo'lar ekan. U holda aylanuvchan magnit maydonining stator va rotor chulg'amlarida induksiyalangan EYuK lari:

$$E_1 = 4,4 \omega_1 \nu_1 K r_1 \Phi_m \quad (6.5)$$

$$E_2 = 4,4 \omega_2 \nu_2 K r_2 \Phi_m \quad (6.6)$$

Agar $\nu_1 = \nu_2$ ekanligini hisobga olsak, rotor chulg'amidagi $E_2 = 4,4 \omega_2 \nu_2 K r_2 \Phi_m$ ga teng bo'ladi. Tormozlangan rotor va stator EYuK larning nisbati asinxron dvigatel EYuK larning transformatsiya koeffitsiyenti deb ataladi:

$$K_k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1 K r_1}{\omega_2 K r_2} \quad (6.7)$$

Bu yerda $K r_1$ va $K r_2$ -stator va rotor chulg'amlari koeffitsiyenti hisoblanadi. (6.7) ifodadan $E_1 = E_2$ ni topamiz. Bu qiymat rotor EYuK ining keltirilgan qiymati deyiladi. Yuqorida keltirilganlarga asosan shuni aytish mumkinki, agar asinxron dvigatelning rotori aylanmasa (rotor chulg'ami o'zilgan bo'lsa), mazkur dvigatel transformator rejimida ishlaydi.

Aylanuvchan rotorning EYuK va toki. Aylanayotgan rotorning chulg'amlarida induksiyanayotgan EYuK ning chastotasi ν_{2s} rotorning sirpanish tezligi n_1 ga bog'liq bo'ladi, yani:

$$\nu_{2s} = \frac{P n_s}{60} = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \quad (6.8)$$

(6.8) ifodaga quyidagicha o'zgarish kiritib, aylanuvchan rotor EYuK chastotasini sirpanishga bog'liqligini hosil qilamiz:

$$\nu_{2s} = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_2} = \nu_{1s} \quad (6.9)$$

Demak, aylanuvchan rotor EYuK ining chastotasi rotor sirpanishiga to'g'ri proporsional ekan.

Dvigatel sanoat chastotasi ($\nu_1 = 50$ Hz) va nominal yuklamada ishlaganda $S_{nom} = (2 \div 6)\%$ 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.

(6.9) ifodani hisobga olsak, rotor EYuK ining ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$E_{2s} = 4,4 \omega_1 \nu_{2s} K r_2 \Phi_m \quad (6.10)$$

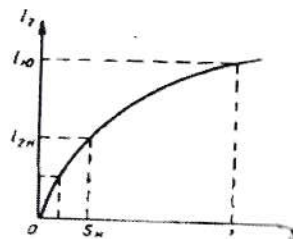
U holda rotor toki quyidagicha aniqlanadi

$$I_{2s} = \frac{E_{2s}}{Z_s} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_s^2 + X_{2s}^2}} \quad (6.11)$$

bu yerda: X_{2s} - aylanuvchan rotor chulg'amini induktiv qarshiligi.

6.10-rasmda rotor tokining sirpanishga bog'liqlik grafqi 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 dvigatelni ishga tushirish toki I_{1s} deb atalib, qiymat jihatdan I_{1s}

$= (5 \div 7) I_{nom}$ ga teng bo'ladi. O'rta va katta quvvatli asinxron dvigatellarini bunday katta ishga tushirish tokidan saqlash uchun ular ishga tushirish qurilmalari yordamida ishga tushiriladi.



6.10-rasm. Rotor tokining sirpanishga bog'liqligi

Asinxron dvigatel magnit yurituvchi kuchining tenglamasi. Asinxron dvigatel salt ishlaganda rotorning MYuK nolga teng bo'ladi. Aylanuvchan magnit maydoni esa statorning MYuK tufayli hosil qilinadi, yani

$$F_0 = m_1 I_0 w_1 \quad (6.12)$$

bu yerda: m_1 - stator fazalarining soni; w_1 - stator faza chulg'amlarining o'ramlar soni; I_0 - salt ishlash toki. Agar asinxron dvigatelning validagi 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, yani

$$F_0 = F_1 + F_2 \text{ yoki } I_0 = I_1 + I_2 \quad (6.13)$$

Stator toki (6.13) 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.

6-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

1. Asinxron mashinalarning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
2. Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi mexanizmini tushuntiring?
3. Aylanuvchan magnit 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 magnit yurituvchi kuchining tenglamasini tushuntiring?

Test savollari

1. Asinxron mashinalar o'zgaruvchan tok mashinasi bo'lib, uning ishlash prinsipi aylanuvchanmaydoni hodisasiga asoslangandir?

- A) Magnit B) Elektr C) Maydon hosil bo'lmaydi D) Gravitatsion
2. Asinxron dvigatelning qaysi qismlardan tashkil topgan?
- A) Stator va rotor B) Kondensator va induktiv g'altak
C) Stator va induktiv g'altak D) Kondensator va rotor
3. Stator chulg'ami izolyatatsiyalangan mis simlardan yasalgan bo'lib, stator pazlariga qanday burchak ostida joylashtiriladi?
- A) $2\pi/3$ B) $\pi/3$ C) π D) $\pi/2$
4. Asinxron dvigatelning aylanuvchan magnit maydonining aylanishlar tezligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?
- A) $n_1 = \frac{60\nu}{P}$ B) $n_1 = \frac{60P}{\nu}$ C) $n_1 = \frac{160\nu}{P}$ D) $n_1 = \frac{6\nu}{P}$
5. Asinxron dvigatel rotorining sirpanish qaysi ifoda bilan topiladi?
- A) $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%$ B) $S = \frac{n_2 - n_1}{n_1} 100\%$ C) $S = \frac{n_2}{n_1} 100\%$ D) Barcha javoblar to'g'ri.
6. Asinxron dvigatel magnit yurituvchi kuchining tenglamasini toping (m_1 - stator fazalarining soni; w_1 - stator faza chulg'amlarining o'ramlar soni; I_0 - salt ishlash toki)?
- A) $F_0 = m_1 I_0 w_1$ B) $F_0 = m_1 / I_0 w_1$ C) $F_0 = m_1 I_0 / w_1$ D) $F_0 = I_0 / w_1 m_1$
7. Sanoatda eng kop qo'llanilayotgan dvigatellar?
- A) Asinxron 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) Fotoeffekt
10. Asinxron so'zining manosi nima?
- A) Aylanish tezligi bir xil emas B) Aylanish tezligi bir xil
C) Quvvati bir xil D) Quvvati har xil

7-MAVZU: ELEKTR ENERGIYA HOSIL QILISH, ELEKTR ENERGIYA UZATISHI VA TAQSIMLASH

Reja:

- I. Elektr energiyasi haqida umumiy ma'lumot;
- II. Issiqlik elektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi;
- III. Gidroelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi;
- IV. Atom elektr stansiyalari va ularning ishlash prinsipi;
- V. Shamol elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi;
- VI. Quyosh elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi;
- VII. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash.

I. Elektr energiyasi haqida umumiy ma'lumot

Ma'lumotlarga ko'ra hozirda Yer yuzasida yashaydigan aholi soni 8 milyarddan oshgan 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 masalalarini 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 masalalarini 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

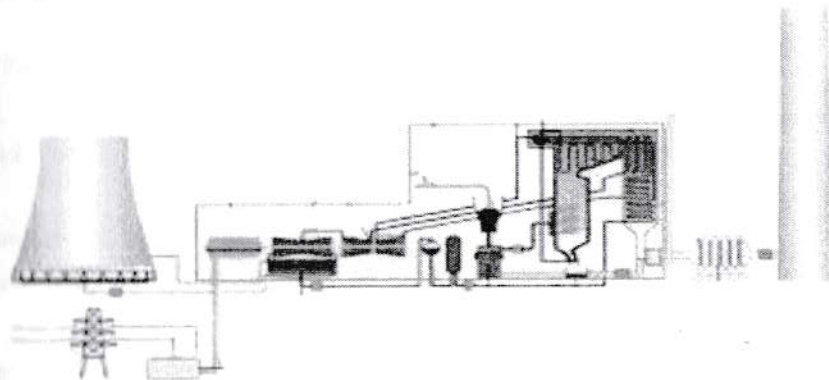
foydalaniladi. Elektr stansiyalari o'zgartirilayotgan energiya turiga qarab issiqlik, gidro, atom, shamol va Quyosh elektr stansiyalariga bo'linadi.

II. Issiqlikelektrostansiyalar 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 IES laridagi generatorlar bug' va gaz turbinalar, ichki yonuv dvigatellari yordamida aylantiriladi. Bug' turbinali IESlari kondensatsion va issiqlik ta'minotli turlariga bo'linadi. Kondensatsion elektr stansiyasida (7.1-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' sovitilib, qozonni ta'minlash uchun suyuq kondensatga aylantiriladi. Demak, kondensatsion elektr stansiyalarida elektr energiya ishlab chiqarish uch bosqichdan, yani 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 koeffitsiyenti shuncha yuqori bo'ladi. Kondensatsion elektr stansiyasidagi energiya isroflarining kattagina qismi asosiy bug'-suv konturida, xususan kondensatorida yuzaga keladi. U yerda ancha katta issiqlik energiyasiga ega bo'lgan bug'ning energiyasi suvga o'tadi.

Mazkur energiya aylanma suv bilan suv xavzasiga o'tadi, ya'ni isrof bo'ladi. Bu isroflar elektr stansiyaning FIKini 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 tejamliyligi qisman oshadi. Bug'qozon uchog'idan chiqib ketayotgan tutundan foydalanib, qurilma

yordamida suvni isitish tufayli issiqlik stansiyasining FIKni qisman oshirish mumkin (7.1-rasm). Yirik kondensatsion stansiyalar yoqilg'i (ko'mir, torf) konlari yaqiniga quriladi. Chunki yoqilg'ini uzoq masofalarga transportda tashishga qaraganda elektr energiyani uzoq masofaga uzatish ancha arzon.



7.1.rasm. Issiqlik elektr stansiyasi

Elektr stansiyasi ishlab chiqarayotgan elektr energiya yaqin joylashgan energosistemaga (110-330) kV, uzoq masofalarga esa (500-750) kV kuchlanishda uzatiladi. Kuchlanishni oshirishda transformator ishlatiladi. Issiqlik ta'minotli elektr markazlari bir vaqtda ham issiqlik, ham elektr energiyasini ishlab chiqarishga imkon beradi. Shuning uchun issiqlik ta'minotli elektr markazlari mamlakatimiz energetikasida 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 qaraganda issiqlik ta'minotli elektr markazlari tejamliroq bo'lib, ularning FIK 50-65% ga yetadi. O'zbekistondagi 80 foiz dan ortiq elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyalari hisobiga ishlab chiqariladi.

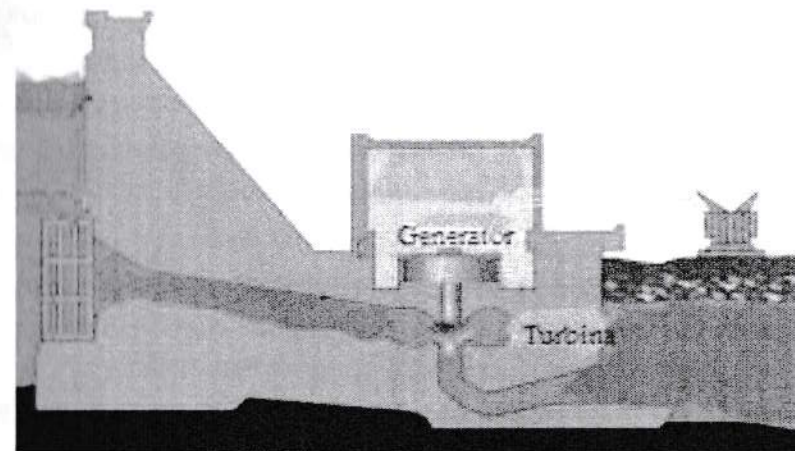
III. Hidroelektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi

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 tannarxi 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 muhitning 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'qimi 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 (7.2-rasm). Tug'ondan 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 qilinmaydi. Shuning uchun bunday vaqtlarda ba'zi gidroturbinalar to'xtatilib, suv esa zahiraga qoldiriladi. Gidravlik elektr stansiyalari yordamida sutkaning turli vaqt oraliqlaridagi energiya iste'molini ham me'yorida ta'minlash ancha qulay.



7.2-rasm. Gidro elekt rostansiya

GES ning foydali ish koeffitsiyenti (85-92)% ni tashkil qiladi. Undagi bitta agregatning quvvati 600 MW ga yetadi. Yirik GES larning quvvati esa bir necha million kilovatlarga yetadi. GES lar qatoriga gidroakkumulyatsiyalovchi 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 hovuzdan yuqorigi hovuzga haydaydi.

Tabiiy sharoitda daryo oqimi to'xtovsiz 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 qirqimlar orasidagi hajmni ajratamiz. Bu hajmni diagonallar kesimidagi og'irlik markazini topamiz. Ajratilgan hajmga o'zining og'irligi $G = \rho \cdot g \cdot w \cdot L$ ta'sir qiladi, uning tashkil qiluvchilaridan biri kuch F bo'lib (7.1), u oqimning harakat tezligi kabi yo'nalgan (7.3-rasm).

$$F = G \cdot \sin \alpha = \rho \cdot g \cdot w \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (7.1)$$

Ajratilgan suv oqimi L uzunlikdagi masofani bosib o'tganda bajaradigan ishini topamiz (7.2)

$$A = F \cdot L \quad (7.2)$$

H - oqimning tushish balandligini, tezligini $L = H / \sin \alpha$ orqali belgilaymiz.

$$L = v \cdot t \quad (7.3)$$

Uzluksizlik qonuniyatidan kelib chiqib ekanligini hisobga olsak, unda

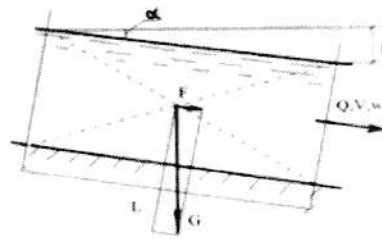
$$A = \rho \cdot g \cdot w \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot L = \rho \cdot g \cdot w \cdot H \cdot v \cdot t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot t \quad (7.4)$$

Oqim quvvati (7.5) orqali topiladi

$$N = A/t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9.81 \cdot Q \cdot H \quad (7.1)$$

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 gruntni yuvishga, suv massalarini va mahsulotlarini tashishga sarflaydi. Tabiiy sharoitda (sharsharlardan tashqari) suv energiyasi, suv oqimini hamma uzunligi bo'yicha tarqalgan bo'ladi.



7.3-rasm. Suv energiyasini hisoblash

IV. Atom elektr stansiyalari va ularning ishlash prinsipi

Atom elektr stansiyalari (AES) atom (yadro) energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradi. Atom reaktori energiya generatori hisoblanadi. AES yadro yoqilg'isi (uran, plutoni va boshqalar) da ishlaydi. Yadro yoqilg'isining zaxiralari organik yoqilg'ilar zahiralardan 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 yadrosi tarkibiga kiradi) tomonidan «bo'lbardimon» qilinishi jarayonida ro'y beradi.

Uranning bir turi-uran-238 (U «uran izotopi» deb ataladi) neytronlar tomonidan bo'lbardimonga uchriganida 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. Uranning kichik bir bo'lagi ummondagi butun boshli bir kemani yoki katta shaharlarni elektr energiya bilan taminlay oladi.

Atom elektrostansiyalari ham ishlash prinsipi bo'yicha issiqlik elektr stansiyalaridan farq qilmaydi, faqatgina atom elektr stansiyalarida reaktor qurilmasi mavjud bo'lib, unda yadroviy element hisoblangan moddalar Uran va Plutoni atomlaridan birlamchi yonilg'i sifatida foydalanamiz.

Yadro reaktorida ishlab chiqariladigan issiqlik maxsus quvurlardan yurgiziladigan suvga o'tkaziladi. Suv qaynaydigan darajada isitiladi va issiqlikka almashtiruvchi bo'linmaga o'tkaziladi, u yerda tashqi tomondan keladigan suv bug'lantiriladi. 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 plutoni kukuni bilan to'ldirilgan metall trubkalar tashqariga neytronlarning uchib chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydigan moddalardan yasalgan korpus ichiga tushiriladi. Neytronlar-hech qanday elektr zaryadiga ega bo'lmagan alohida elementar zarralardir. Neytronlar uran atomiga tushib, ularni parchalab yuboradi, buning natijasida ulkan miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. Uran plutoniya aylanadi va energiya ajraladi, bu energiyadan (issiqlikdan) esa elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun foydalaniladi (7.4-rasm). Yer yo'zidagi atom elektrostansiyalarining o'rnatilgan quvvati 360 GW

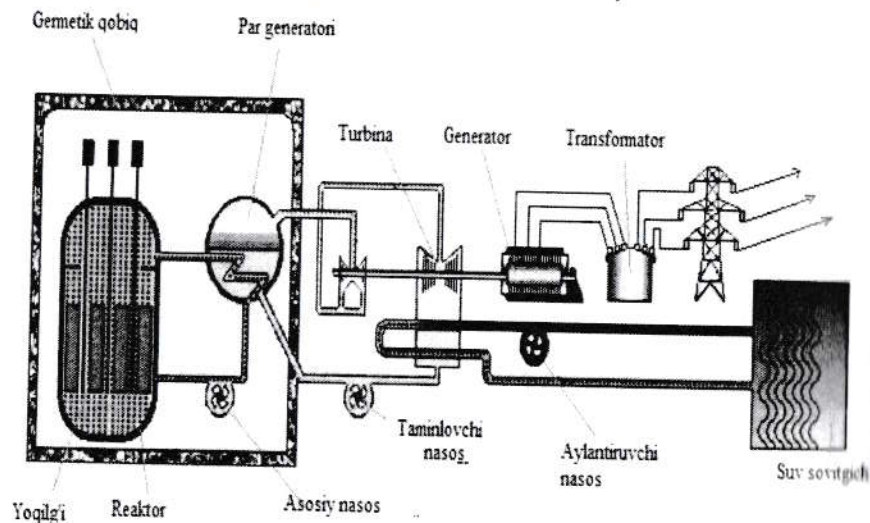
ni tashkil qiladi. Dunyodagi rivojlangan mamlakatlar – AQShda 98 GW, Fransiya 63 GW, Yaponiyada 44 GW, Angliyada 13 GW, Rossiyada 20 GW va Germaniyada 22 GW elektroenergiya ishlab chiqiladi. Hozirgi kunda Yer yo'zidagi 30 mamlakatda atom elektrostansiyalari bo'lib, ular umumiy iste'mol qilinadigan elektroenergiyaning 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'rtacha quvvatli: 10-100 kW soatgacha, ular o'zgaruvchan tok ishlab chiqaradi.

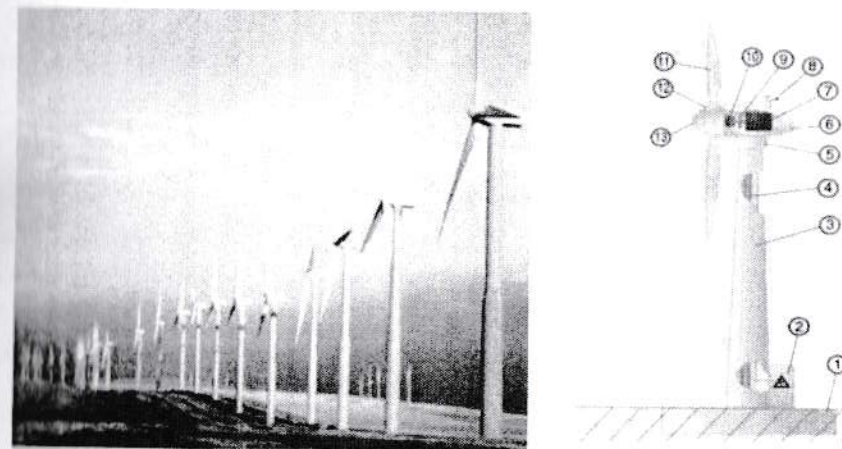
3. Yirik quvvatli: 1000 kW soatgacha, hozirgi vaqtda bunday shamol energetik qurilmalarining tajriba nusxalari sinab ko'rilmoqda.



7.4-rasm. Atom elektrostansiyasi

V. Shamol elektr stansiyalari va ularning ishlash prinsipi

Shamol generatorlari, shamolning kinetik energiyasini elektrenergiyaga aylantirib beruvchi qurilma. Shamol generatorlarining ikki xil turi mavjud: sanoat va uy xo'jaligi 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 (7.5-rasm). Uning asosiy farqi-ishlashi uchun homashyoning zarur emasligi va hech qanday chiqindi chiqmasligidir. Uning asosiy talablaridan biri - yillik o'rtacha shamol tezligining yuqori bolishidir. 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.



7.5-rasm. Sanoatda ishlab chiqariladigan shamol energetik qurilmalarining joylashishi va tuzilishi.

Yuqorida keltirilgan 7.4.b-rasmda: 1-fundament, 2-kuch kontaktorlari va boshqaruv zanjirini o'z ichiga olgan kuch shkafi, 3-minora; 4-chiqish narvoni, 5-aylantirish mexanizmi, 6-gondola, 7-elektr 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.

VI. Quyosh elektr stansiyalari va ularning ishlash prinsipi

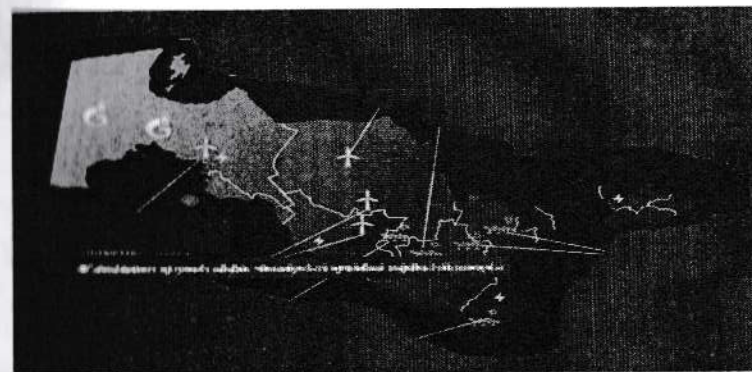
Qadimgi yunon olimi Arximed quyoshning nurini ko'zgular sistemasi orqali tushirib, rimliklarning kemalarini yondirib yuborgani to'g'risida tarixda yozib qoldirgan. Quyosh energiyasidan chet mamlakatlarda keng miqyosda foydalanilmoqda. Shimoliy Fransiyaning Odeysda degan joyida fizik va kimyogar Feleks Tremba boshchiligidagi Quyosh elektrostansiyasi qurilgan bo'lib, uning quvvati 1100 kW, hosil qiladigan harorat esa 3800 darajaga yetadi. 1816-yil Islandiyalik Robert Stirling gelioqurilmadan foydalanib ishlaydigan Quyosh dvigatelini yaratgan edi. 1954-yil Amerikalik Ges Repot va Bryus Kaymayklar Quyosh nuridan 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, yani $62 \cdot 10^{16}$ kWsoatga teng energiya uzatadi. Bu energiyaning 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 $127,6 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ ekanligini e'tiborga olsak, yerga tushadigan quyosh nurining energiyasi $176,6 \cdot 10^{12} \text{ kW}$, demak bir yilda yerga $1,56 \cdot 10^{18} \text{ kW soat} \approx 1,6 \cdot 10^{18} \text{ kW soat}$ Quyosh energiyasi tushadi.



7.6-rasm. Quyosh elektr stansiyasi

O'zbekiston Quyosh elektr stansiyalari qurishni rejalashtirmoqda. Jumlada 2023 yil aprel oyida ishlab chiqarish quvvatlarining birinchi bosqichi (250 MW gacha) va 2024 yil oxiriga qadar barcha quvvatlarni foydalanishga topshirish rejalashtirilgan (7.7-rasm).



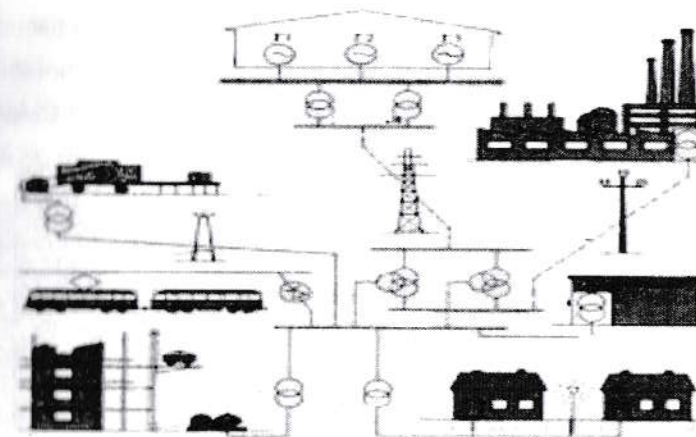
7.7. O'zbekistonda qurilishi rejalashtirilgan elektrostansiyalar

O'zbekiston o'n yil davomida umumiy quvvati 5000 MW bo'lgan Quyosh elektrostansiyalari (QES) qurishni rejalashtirmoqda.

VII. 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, yani elektr energiyani ishlab chiqarilgan joydan uni qabul qiluvchi joyga uzatishdan iboratdir. Elektr energiyani uzatish va taqsimlashning rivojlangan shakli elektr energetika sistemasi (energosistema)ni tashkil qiladi. Energosistema-bu elektr uzatish liniyalari (EUL) bilan bog'langan elektrostansiyalar va elektr energiya qabul qiluvchi iste'molchilarning yig'indisidir. Yagona elektr energetika sistemasi (YaES) yuqori kuchlanishli 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. Energosistema xalq xo'jaligida katta ahamiyatiga ega bo'lib, iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uzluksizligini, turli xildagi elektrostansiyalar (IES, GES, AES, SHES, QES) ning o'zaro tejimli ishlashini oshiradi, elektrostansiyalardagi zaruriy rezerv quvvatni kamaytiradi. Energosistemaning bir qismi 7.8-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, unga issiqlik, gidravlik, atom elektrostansiyalari, 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 kuchlanishli 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 kuchlanishli (800-1500 kV) elektr uzatish liniyalarida hamda o'zgarmas tok manbaiga ega bo'lgan sexlarning ichki tarmoqlarida ishlatiladi. Xar bir tarmoq yoki elektr uzatish liniyasi o'zining nominal kuchlanishi bilan xarakterlanadi.

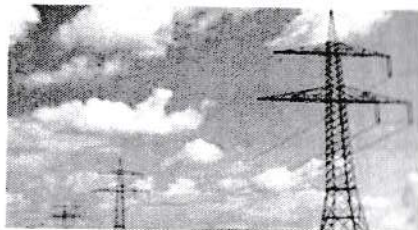


7.8-rasm. Energosistemaning bir qismi

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 kuchlanishli tarmoqlar uchun 127, 220, 380 va 660 V va yuqori kuchlanishli tarmoqlar uchun 3,6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 kV dan foydalaniladi. Energiya iste'molchilarining normal ishlashi uchun tarmoqdagi 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.

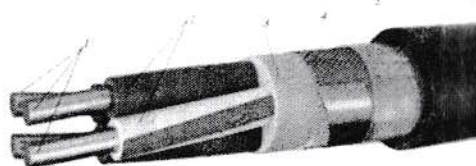
Havo linayasa (XL) elektr energiyani ochiq havoda joylashgan va izolyatorlar hamda armaturalar yordamida tayanchlarga mahkamlangan o'tkazgichlar bo'yicha uzatishni ta'minlaydi. XL uchun, asosan, kesimi 4, 6, 10 mm² (bitta sim) li va 10 mm² dan katta (ko'p simli) mis, aluminiy va po'lat-aluminiy simlardan foydalaniladi. 1000 V dan yuqori kuchlanishli XL uchun kesimi 35 mm² dan kichik bo'lmagan aluminiy va 25 mm² dan kam bo'lmagan

po'lat-aluminiy simlar ishlatilishi mumkin. XL uchun chinni yoki shishadan yasalgan shtirli yoki osma izolyatorlardan foydalaniladi. Shtirli 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. Havo liniyalarining tayanchlari yogochdan, metall dan va temir-betondan tayyorlangan bo'ladi. Bir ustunli yog'och (10 kV kuchlanishgacha ishlatiladi) va temir-beton (35-220 kV) tayanchlar orqali uzatiladi. Yuqori (330, 500, 750 kV) kuchlanishli elektrenergiyasi metall tayanchlardagi tarmoqlar orqali uzatiladi (7.9- rasm).



7.9- rasm. Havo liniyalari

Kabelli liniyalar energiya ta'minotining elektr tarmoqlarida keng foydalaniladi. Kabel (uch tomirli; tok o'tkazuvchi tomirlar, izolyatsiya va himoya kobig'idan iborat (7.10-rasm). Tomirlar soniga ko'ra kuch kabellari bir, ikki, uch va to'rt tomirli qilib tayyorlanadi. Tomirlar 1 mis yoki aluminiy simdan, izolyatsiya 2 esa rezinadan (1000 V gacha kuchlanishli kabellar uchun) va shimdirilgan ko'p qavatli qogozdan hamda turli xil plastinkalardan (1000 V dan yuqori kuchlanishli kabellar uchun) yasaladi. Himoya kobig'i 3 namlik, gazlar va kislotalarning o'tishiga qarshilik qiladi. U polivinilxlorid, aluminiy va qug'oshindan yasaladi. Kabelni mexanik ta'sirlardan himoya qilish uchun tasma 5-6 ishlatiladi, uning ustidan esa kabel tashqi himoya 6 qobig'i o'raladi.



7.10-rasm. Kabellarning umumiy ko'rinishi

Kabellar zovurlar, kanallar, tunellar, bloklar, imoratlar va inshootlarning devorlari bo'yicha va poli ostidagi ariqchalarga yotqiziladi. Kabelni zovurlarga yotqizish eng sodda va arzon usuldir. Umumiy foydalaniladigan past kuchlanishli

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, shiplar sirti, fermalar va boshqa qurilish elementlari bo'yicha o'tkaziladi. Bunda simlar va kabellar tros'larga, izolyatorlarga mahkamlanadi yoki trubalar, qutichalar, egiluvchan metall shlanglar ichiga joylashtiriladi. Yopiq elektr simlari imoratlarining konstruktiv elementlari (devorlari, pollari, to'sinlari) ichidan o'tkaziladi. Bunda sim va kabellar trubaga, egiluvchan metall shlangga, qutichaga suvoq tagiga, bevosita qurilish konstruksiyasiga joylashtiriladi.

Elektrenergiyasini taqsimlash maqsadida transformatorlardan keng qo'llaniladi, biz transformator tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari haqida IV-bobda batafsil ma'lumotlar keltirgandik.

7-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

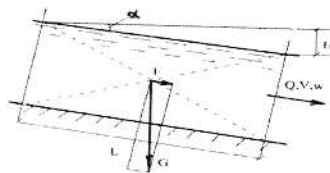
Nazorat savollari

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. Shamoelektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
6. Quyoshelektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipini tushuntiring?
7. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash qanday amalga oshiriladi?

Test savollari

1. Elektr energiyasini ishlab chiqaradigan qanday elektr stansiyalar mavjud (to'liq ko'rsatilgan javobni toping)?
A) Barcha javoblar to'g'ri B) Issiqlik, Qidro C) Shamol, Quyosh D) Atom
2. Dunyoda birinchi issiqlik elektrostansiyasi qachon va qayerda ishga tushirilgan?

- A) New Yorkda 1882-yilda B) Pekin 1882-yilda
C) Berlin 1882-yilda D) Moskva 1882-yilda
3. Issiqlik elektrostansiyalarida yoqilg'i issiqlik energiyasi, bug'ning ichki energiyasiga aylantiriladi, bug'ning energiyasi ansinxron dvigatelni aylantiradi va dvigatel qaysi energiyani hosil qiladi?
A) Elektr B) Mexanik C) Issiqlik D) Ichki
3. O'zbekistonda birinchi issiqlik elektr stansiyasi qachon va qayerda ishga tushirilgan?
A) 20-asr boshlarida B) 20-asr oxirida C) 19-asr boshlarida D) 19-asr oxirida
4. O'zbekistondagi necha foiz elektr energiyasi issiqlik elektr stansiyalari hisobiga ishlab chiqariladi?
A) 87 B) 50 C) 75 D) 25
5. Hidro elektr stansiyalar suv oqimining energiyasini qaysi energiyaga aylantiradi?
A) Elektr B) Mexanik C) Issiqlik D) Ichki
6. Elektro stansiyalarda qaysi turdagi dvigatellardan foydalaniladi?
A) Sinxron B) Ansinxron C) LC generatorlar D) Barcha javoblar to'g'ri
8. Issiqlik elektr stansiyalari foydali ish ko'effitsiyenti necha foizni tashkil qiladi?
A) 40-50 B) 50-60 C) 60-70 D) 80-90
7. Hidro elektr stansiyalari foydali ish ko'effitsiyenti necha foizni tashkil qiladi?
A) 85-95 B) 50-60 C) 60-70 D) 40-50
9. 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) Hidro C) Quyosh D) Atom
12. Atom elektr stansiyalarida qaysi turdagi energiya elektr energiyasiga aylantiriladi?
A) Yadro energiyasi B) Issiqlik C) Mexanik D) Yorug'lik
13. Atom elektr stansiyalarining yoqilg'i manbasi nima?
A) Uran, plutoniylar B) Mazut C) Gaz D) Vodorod
13. Dunyoda atom elektr stansiyalar nechchi foiz energiya ulushini ishlab chiqaradi?
A) 17 B) 71 C) 83 D) 40
14. Eng quvvati katta atom elektrostansiya qaysi shaharda joylashgan?
A) Nyu-york B) Moskva C) Rim D) Berlin

8-MAVZU: ELEKTR YURITMA ASOSLARI

Reja:

- I. Elektr dvigatellarining qizishi va sovitilishi
- II. Dvigatellarning ish rejimlari va ularning quvvatini hisoblash
- III. Qo'lda boshqarish apparatlari
- IV. Elektr himoya qurilmalari

I. Elektr dvigatellarining qizishi va sovitilishi

Ish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish uchun qo'llaniladigan elektromexanik tizimga elektr yuritma deyiladi. Elektr yuritma boshqaruvchi va uzatish qurilmalaridan, dvigatelning o'zidan va ishchi mexanizmdan iborat. Boshqaruvchi qurilma elektr yuritmaning ishini boshqaradi. Masalan, kuchlanish qiymatini va chastotasini, ishchi mexanizmi quvvatini, dvigatelning aylanish yo'nalishini boshqaradi. Uzatish mexanizmi ishchi mexanizmining aylanish tezligini o'zgartirib beradi. Lekin u reduktor sifatida ham tayyorlanishi mumkin. Bunda uzatish mexanizmi yordami bilan yuritmaning

tezligini o'zgartirish mumkin emas. Xozirgi vaqtda elektr yuritmalar uchta guruhga bo'linadi: 1) guruhli, 2) yakka, 3) ko'p dvigatelli.

Yakka yuritmalarda ishchi mexanizm shaxsiy dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Lekin ishchi mexanizmining elementlari uzatishlar orqali o'sha dvigatel bilan ulanadi. Ko'p dvigatelli yuritmalarda ishchi mexanizmining har bir elementini harakatga keltirish uchun alohida dvigatellar o'rnatilgan. Masalan, universal dastgohlarda shpindel, support va boshqa elementlar bitta dvigatel orqali harakatga keltiriladi. Og'ir dastgohlarda har bitta mexanizm uchun alohida dvigatel o'rnatiladi.

Har qanday elektr dvigatelning ishi elektr energiyaning isroflanishi bilan o'tadi. Isroflar o'zgaruvchan va o'zgarmas qismlardan iborat. O'zgarmas isroflar dvigatelning yuklanishiga bog'liq emas - bu podshipniklarning ishqalanshiga, ventilyatsiyaga, o'zaklarga sarflanadigan isroflarga bog'liq. O'zgaruvchan isroflar dvigatelning yuklanishiga bog'liq - bu chulg'amlarning qizishiga sarflanadigan isroflar, chunki yuklanish o'zgarganda chulg'amlardan o'tayotgan tok ham o'zgaradi. Umuman, yuklanish ko'paygan sari dvigatelning temperaturasi ham oshadi. Dvigatel va uning atrofidagi muhitning temperaturalar orasidagi farq o'ta qizish temperaturasi deyiladi;

$$\tau = t - t_0 \quad (8.1)$$

Bunda: τ - o'ta qizish temperaturasi, t - dvigatelning temperaturasi, t_0 - muhitning temperaturasi. Hisoblashlarda atrof muhitning temperaturasi $t_0 = 40^\circ\text{C}$ ga teng deb olinadi.

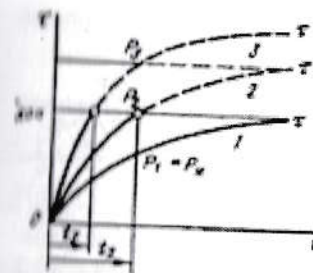
Dvigatelning o'ta qizish temperaturasi asosan chulg'amlar uchun ishlatiladigan izolyatsiyaga bog'liq. Masalan, sintetik organik pardalar uchun o'ta qizish temperaturasi 80°S ga, bo'ladi.

8.1- rasmda dvigatelning ish vaqtidagi qizish egri chizig'i ko'rsatilgan. Dvigatel ulangan paytda ($t = 0$) uning barcha qismlari temperaturasi muhitnikiga teng. Dastlabki vaqtda dvigateldan atrof muhitga issiqlik kam uzatiladi, chunki hamma issiqlik dvigatelni qizitish uchun sarflanadi. Egri chiziq tez yuqoriga

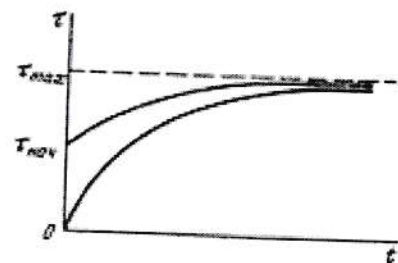
ko'tariladi. Dvigatel qancha ko'p qizisa muhitga shuncha ko'p issiqlik uzatiladi va dvigatelning qizishi sekinlashadi.

Ma'lum vaqtdan keyin issiqlik oqimi, uning muhitga uzatilishiga teng bo'lib qoladi.

Dvigatel temperaturasi barqarorlashadi va o'zgarmas yuklanishda to'xtaydi. Har qanday yuklanishga o'zining barqarorlashgan temperaturasi to'g'ri keladi. Yuklanish qancha ko'p bo'lsa, sizish egri chizig'ishuncha yuqori bo'ladi. Boshlang'ich temperaturasi qancha yuqori bo'lsa, dvigatel shuncha tez qiziydi (8.2-rasm).



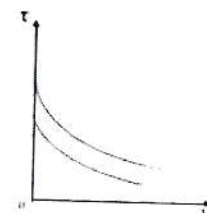
8.1-rasm. Dvigatelning qizish egri chizig'i



8.2-rasm. Dvigatelning har xil (boshlang'ich temperaturadagi qizish egri chizig'i

Dvigatelning sovitilish vaqti uning ventilyatsiya usullariga va massasiga bog'liq. Odatda rotor o'qiga dvigateldan qizigan havoni so'rib oluvchi ventilator o'rnatiladi. Ventilyatsiyali dvigatellarda sovituvchi havo dvigatelga tashqi ventilatordan beriladi. Bu usul faqat katta quvvatli dvigatellarda qo'llaniladi.

Ishchi mexanizmda yuklamaning o'zgarish tabiati dvigatelning ish rejimini aniqlaydi. Bu o'zgarishlarni hisobga olish uchun yuklanishli diagramma quriladi. Dvigatel aylantiruvchi momentining yoki quvvatining vaqt bo'yicha o'zgarishi yuklanishli diagramma deyiladi. Elektr dvigatellar quyidagi rejimlarda ishlashi mumkin: 1)



8.3-rasm. Dvigatelning sovitish egri chizig'i

uzoq muddatli, 2) qisqa muddatli, 3) takroriy qisqa muddatli.

II. Dvigatellarning ish rejimlari va ularning quvvatini hisoblash

1. Uzoq muddatli rejim: Bu rejimni doimiy va o'zgaruvchan yuklanishda ko'rib chiqamiz. Doimiy yuklanishda dvigatelning o'ta qizish temperaturasi asta-sekin barqaror qiymatga yetadi. Bu rejimda ventilatorlar, nasoslar va ba'zi bir dasgohlar ishlaydi.

Agar dvigatelning yuklanishi o'zgarmas bo'lsa, u vaqtda dvigatelning quvvatini ma'lumotnomalarda turli mexanizmlar uchun berilgan tenglamalarga ko'ra aniqlash mumkin. Bunda quyidagi shartni bajarish kerak.

$$P_N \geq P_{Mex}$$

P_N - dvigatelning nominal quvvati, P_{Mex} - mexanizmning quvvati.

Masalan, ventilatorni aylantiradigan dvigatelning quvvati quyidagi ifoda bo'yicha aniqlaymiz:

$$P_x = \frac{Q \cdot H}{\eta_v \cdot \eta_u} \cdot 10^{-3} kW \quad (8.2)$$

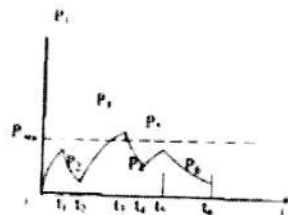
Bunda: Q - ventilatorning ish unumi (m^3/s), H - to'liq, bosim (Pa), η_v - ventilatorning foydali ish koeffitsiyenti, η_u - uzatish koeffitsiyenti (ventilator dvigatelning o'qiga o'rnatilgan), P_x - dvigatelning hisoblangan quvvati.

Endi kataloglardan kerakli dvigatelni tanlaymiz. Uning quvvati P_x ga teng yoki undan sal kattaroq, bo'lishi kerak.

Markazdan qochma nasosni ishlatadigan uch fazali qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelning quvvati quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$P_x = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{\eta_v \cdot \eta_u} \cdot 10^{-3} kW \quad (8.3)$$

Bunda: Q - nasosning ish unumi (m^3/s), H - nasosning bosimi, η_v - nasosning foydali ish koeffitsiyenti, η_u - uzatish koeffitsiyenti, η_u - suvning zichligi.



8.4-rasm. Dvigatelning uzoq muddatli o'zgaruvchan yuklamadagi ish grafigi

Elektrodvigatel uzoq, muddatli o'zgaruvchan yuklanish bilan ishlayotgan bo'lsa, uning quvvatini aniqlash uchun yuklanish grafigi bo'lishi kerak (8.4- rasm). Uning mazmuni shundaki, grafik bo'yicha ishlayotgan dvigateldan atrof muhitga sochilgan issiqlik o'sha dvigatel nominal quvvat bilan issiqlikdan ko'p bo'lmaydi:

$$P_N \geq P_{o'r} \quad (8.4)$$

$$P_{o'r} = \frac{\Delta P_1 \cdot t_1 + \Delta P_2 \cdot t_2 + \dots + \Delta P_n \cdot t_n}{t_n}$$

Bunda: $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_n$ - vaqt davomida dvigatel quvvatlari yo'qotishlari, $P_{o'r}$ - sikl vaqti davomida dvigateldagi o'rtacha quvvat yo'qotishlari, ΔP_n - sikl vaqti davomida nominal quvvat bilan ishlayotgan dvigatelning quvvat yo'qotishlari.

Bu usulni o'zgarmas va o'zgaruvchan tok dvigatellarini tanlashda ishlatish mumkin.

Dvigatellarning quvvatini ekvivalent kattaliklar usuli bilan tanlash mumkin. Masalan, dvigatel quvvatini ekvivalent tok usuli yordamida tanlash mumkin. Buning uchun sikl davomida o'zgarib turadigan tokni shunday o'zgarmaydigan tok bilan almashtiriladiki, uning shu vaqt ichidagi issiqlik ta'siri o'zgaruvchan tokning issiqlik ta'siriga teng kuchli bo'ladi. Bu tok ekvivalent tok kuchi deyiladi va uning qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$I_{ekv} = \sqrt{\frac{I_{vu}^2 \cdot t_{vu} + I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_n^2 \cdot t_n + I_m^2 \cdot t_m}{K_1(t_{vu} + t_m) + t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (8.5)$$

Bunda: I va t lar vaqtlar davomida o'tayotgan toklarning qiymatlari; I_{vu} - dvigatelning yurgizish va tormozlash vaqtlari; t_{vu} va t_m - dvigatelni yurgizish va tormozlash vaqtida issiqlik chiqishi sharoitining yomonlashishini hisobga oladigan koeffitsiyent (o'zgarmas tok dvigatellari uchun $K_1=0,75$, asinxron dvigatellar uchun $K_1=0,5$).

Ekvivalent tok tanlanadigan dvigatelning tokiga teng yoki undan kichik bo'lishi kerak:

$$I_n \geq I_{ekv}$$

Bu usul chuqur va ariqchasi ikki qatlamli bo'lgan asinxron dvigatellarni hisoblashda qo'llanilmaydi, chunki ularda rotor chulg'aming qarshiligi yurgizish va tormozlash rejimlarida ancha o'zgaradi.

O'zgaras qo'zg'atish oqimida ishlovchi sinxron dvigatellarda:

$$M = c_m \cdot \Phi \cdot I = I^2 \quad (8.4)$$

shuning uchun ekvivalent tok tenglamasini ekvivalent aylantiruvchi moment tenglamasi bilan almashtirish mumkin:

$$M_{ekv} = \sqrt{\frac{M_{yu}^2 \cdot t_{yu} + M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots + M_n^2 \cdot t_n + M_m^2 \cdot t_m}{K_1(t_{yu} + t_m) + t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (8.5)$$

Dvigatel shu momentga ko'ra tanlanadi. Dvigatelning nominal quvvati:

$$P_N = \frac{M_{ekv} \cdot n_N}{9550} \quad (8.6)$$

n_N - dvigatelning nominal aylanish tezligi. Agar dvigatel qattiq mexanik tavsifga ega bo'lsa,

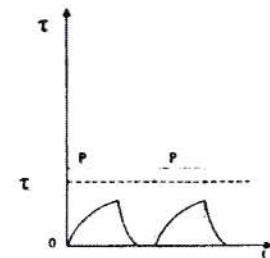
$$P = M \cdot \omega - M \quad (8.7)$$

Shuning uchun dvigatelning ekvivalent quvvatini quyidagi tenglamaga ko'ra tanlash mumkin:

$$P_{ekv} = \sqrt{\frac{P_{yu}^2 \cdot t_{yu} + P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n + P_m^2 \cdot t_m}{K_1(t_{yu} + t_m) + t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (8.8)$$

Qisqa muddatli ish rejimida dvigatel quvvatini tanlash. Bu rejimda dvigatelning ish vaqti qisqa bo'lgani uchun uning temperaturasi barqaror qiymatga erishib ulgurmaydi (8.5- rasm). So'ngra, tanaffus vaqtida u muhit temperaturasigacha sovishga ulguradi. Bu rejimda dastgohlarning kesuvchi moslamalari ajraluvchi ko'priklar shlyuz qurilmalari dvigatellari ishlaydi.

Qisqa muddatli rejimda ishlaydigan dvigatellar 10, 30, 60 va 90 min. standart vaqt davomida ishlashi uchun mo'ljallab ishlab chiqariladi.



8.5-rasm. Dvigatelning qisqa muddatli rejimidagi

Dvigatelning ishlash vaqtidagi elektr energiya isroflari nominal (pasport bo'yicha) ishlash vaqtidagi elektr energiya isroflaridan kichik bo'lishi kerak.

Agar yuklanish grafigi bir bosqichli bo'lsa, dvigatelni uning ishlash vaqtiga va quvvatiga muvofiq katalogdan tanlanadi. Bunda tanlangan dvigatelning quvvati berilgan rejimning quvvatiga teng yoki undan kattaroq bo'lishi kerak.

Agar yuklanish bir necha bosqichli bo'lsa ekvivalent tok moment yoki quvvat ishi grafik bo'yicha topiladi, dvigatel esa aylanish tezligi va ishlash vaqtiga ko'ra katalogdan tanlanadi. Hamma hollarda quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

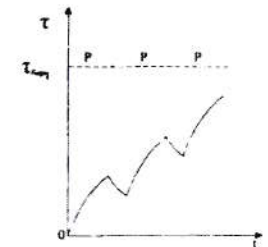
$$P_N \geq P_{ekv}, M_N \geq M_{ekv}, I_N \geq I_{ekv}$$

Takroriy qisqa muddatli ishlash rejimida dvigatel quvvatini tanlash. Bu rejim ish davri va tanaffuslarning navbatlashishi bilan tavsiflanadi. Bunda ish davrida dvigatel barqaror temperaturagacha qizishga ulgurmaydi, tanaffus davrida esa muhit temperaturasigacha sovib ulgurmaydi (8.6- rasm). Bu rejimda kranlar, liftlar, ko'targichlar, sexlarining qator dvigatellari ishlaydi. Dvigatellarning pasportlarida ulanishning nisbiy davom etishi ko'rsatilgan:

$$D = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n} \cdot 100\% \quad (8.9)$$

$t_1 + t_2 + \dots + t_n$ - ish vaqtlari yig'indisi, t_0 - tanaffus vaqti, $t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n$ - tsikl vaqti.

Elektr dvigatellari standart $D=15, 25, 40, 60\%$ ga mo'ljallab chiqariladi, bunda $D = 25\%$ nominal deb olinadi. Dvigatel takroriy qisqa muddatli ish rejimiga hisob qilinishi uchun sikl muddati 10 minutdan oshmasligi kerak. So'ngra, berilgan D uchun kran dvigatellar katalogidan nominal quvvat topiladi. Topilgan D standartga mos kelmasa P_{ekv2} ni standart D ga qayta hisoblanadi:



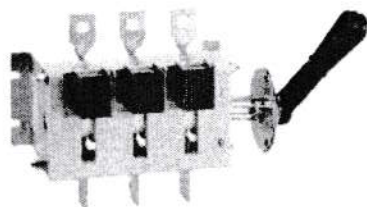
8.6-rasm. Dvigatelning takroriy qisqa muddatli rejimidagi yuklanish grafigi

$$P_{ekv2} = P_{ekv1} \sqrt{\frac{D_1}{D_2}} \quad (8.10)$$

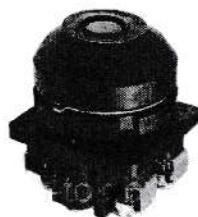
Bunda: D_1 -berilgan ulanishning davom etishi, D_2 - standart ulanishning davom etishi.

III. Qo'lda boshqarish apparatlari

Rubilniklar. Rubilniklar bir va uch fazali elektr energiya iste'molchilarini o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'lda ulash bilan ishlatiladi (8.7-rasm). Ko'p hollarda rubilniklar kuchlanish 500 V gacha va 1000 A gacha toklarda ishlatiladi.



8.7-rasm. Rubilnik

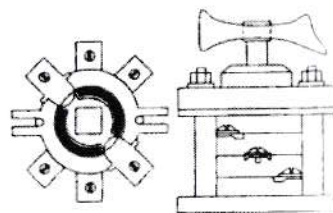


8.8-rasm. Knopka

Knopkalar. Knopkalar elektr mashinalar va elektr energiya iste'molchilarini ulash, ajratish va qayta ulash uchun ishlatiladi (8.8- rasm). Iste'molchini ulaydigan knopka bosilganda uning kontaktlari tutashadi. Iste'molchini ajratadigan knopka bosilganda esa uning kontaktlari ajraladi. Qayta ulash knopkasi ham ajraladigan ham tutashadigan kontaktlarga ega bo'ladi.

Paketli uzgichlar. Ular iste'molchilarni boshqarish uchun ishlatiladi (8.9-rasm). Paketli uzgich izolyatsion shterialdan qilingan qo'zg'almas halqalar (paketlar) va ularga mahkamlangan

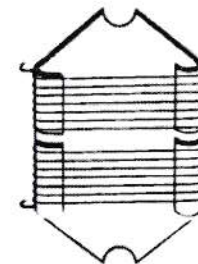
qo'zg'almas kontaktlardan iborat bo'lib, bu kontaktlarga tarmoq simlari ulanadi. Uzgichning dastasi buralganda ko'zg'aluvchan kontaktlar o'zaro 90° ga siljigan ikki vaziyatni egallashi mumkin.



8.9-rasm. Paketli uzgich

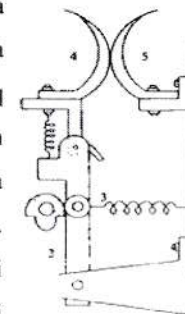
Elektr dvigatellarni ishga tushirish va rostlash reostatlar. Reostatlarining vazifalari va ularning ulanish sxemalari avvalgi mavzularda qayd qilingan edi.

Barcha reostatlar izolyatsiyalanuvchi asosga mahkamlangan qarshiliklardan iborat standart elementlardan yig'iladi. Reostatlar konstantan, manganin, nixrom va po'lat simlardan yasaladi. Reostatning bitta elementi 8.10-rasmida ko'rsatilgan. Po'lat plastinkaga chinni yarim silindrlar yotqizilgan bo'lib, ular simlar o'raladigan asos bo'lib xizmat qiladi. Ana shu yoki shunga o'xshash elementlardan har xil tuzilishli reostatlar yig'iladi.



8.10-rasm. Reostatning bitta elementi

Kontrollerlar. Elektr dvigatellarni ulash sxemalarida qayta ulash, yurgizishda reostatlarini ulash va ajratish, aylanish yo'nalishini rostlash uchun kontrollerlar deb ataluvchi qayta ulash apparatlari ishlatiladi. Kontrollerlar ko'p bosqichli qayta ulash kontaktli tuzilishga ega bo'ladi. Ularni qo'l yoki oyoq yordamida shuningdek elektr dvigatel yordamida yurgizish mumkin. Kontaktli qayta ulanishli tizimi bir necha qo'zgaluvchan va qo'zg'almas kontaktlardan iborat. Kontrollerning vali burilganda shu kontaktlar o'zaro tutashadi yoki ajraladi. Kontrollerlar tuzilish bo'yicha barabanli bo'lishi mumkin. Kontrollerning bitta kontaktli element bilan tuzilishi 8.11- rasmida ko'rsatilgan. Kontrollerning uqi burilganda kulachok ham buralib richagda o'rnatilgan gildirakchani bosadi. Richag o'ng tomonga surilib qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas kontaktlarni tutashtiradi.

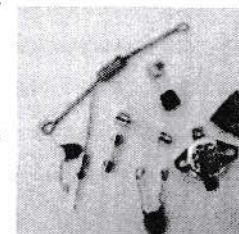


8.11-rasm. Kulochokli kontroller

1-kulochak, 2-richag, 3-g'ildirakcha, 4 va 5- qo'zg'aluvchi kontaktlar.

IV. Himoya apparaturalari

Eruvchan saqagichlar. Iste'molchilarni va simlarni o'ta yuklanish va qisqa tutashish toklaridan himoya qilish uchun eruvchan saqlagichlar qo'llaniladi. Yuklanishning ortib ketishidan eruvchan



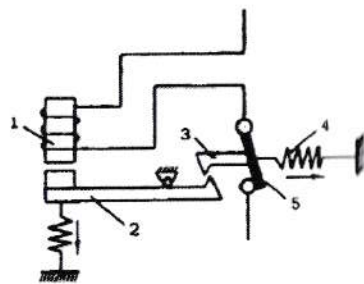
8.12-rasm. Eruvchan saqlagich

saqlagichlarning himoya qilishi ishonchli emas, chunki ular, masalan, 25% li o'ta yuklanishga cheksiz vaqt davomida 60% li yuklanishga bir soat davomida chidashi mumkin. Qisqa tutashuv vaqtida va katta yuklanishlarda saqlagichning quymasi erib, iste'molchini tarmoqdan ajratadi. Tuzilishi bo'yicha saqlagichlar tiqinli va naychasimon bo'ladi. Tiqinli saqlagichning tuzilishi 8.12- rasmda ko'rsatilgan.

Elektr dvigatellar (yurgizish paytida) qisqa vaqt davomida tarmoqdan katta toklarni iste'mol qiladi. Normal rejimda ularning toklari nominal qiymatiga teng bo'ladi. Shuning uchun oddiy saqlagichlar dvigatellarni himoya qilish uchun yaramaydi. Sababi: saqlagich yurgizish tokiga hisoblab olinsa u dvigatelni normal rejimida o'ta yuklanishlardan himoya qilmaydi, agar saqlagich nominal tokka hisoblab olinsa u dvigatelni yurgizish vaqtida kuyib ketadi. Shuning uchun dvigatellarni himoya qilish uchun inersiyali saqlagichlar o'rnatiladi. Uta yuklanishli toklarda qzituvchi elementning temperaturasi ko'tariladi va issiqlik undan oson eriydigan qalaylangan joyga uzatiladi. O'sha joy eriganda detal prujina ta'sirida chapga surilib tok zanjirini ajratadi. Qisqa tutashish toklarida qalaylangan joy erishga ulgurmaydi, chunki saqlagichning eruvchan quymasi undan tezrok kuyib ketadi.

Avtomatik o'chirgichlar. Avtomatik o'chirgichlar rubilniklar va saqlagichlarning funksiyasini bajaradi. Ular elektr zanjirlarni uta yuklanish va qisqa tutashuv toklaridan saqlaydi. Shuningdek, ular kuchlanish ortganda u biror belgilangan kattalikgacha pasayganda zanjirni uzib qo'yish uchun ham ishlatiladi.

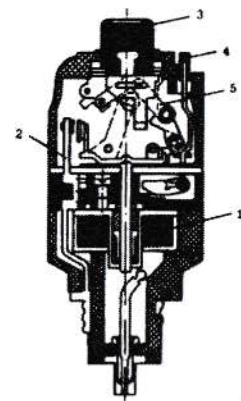
Bir qutbli maksimal tok avtomatning ish prinsipini ko'rib chiqamiz (8.13- rasm). Tok maksimal qiymatga yetganda elektromagnit yakorni o'ziga tortib ilmoqni bo'shatadi. Natijada prujina ta'sirida avtomatning kontaktlari ajraladi. (8.13- rasm. 1-elektromagnit, 2-yakor, 3-ilmoq, 4-prujina, 5-kontakt.)



8.13-rasm. Bir qutbli havo avtomati

tarmoqlarni himoya qilish uchun turli avtomat o'chirgichlar qo'llaniladi. Ularda qo'shma metalli plastina yoki elektromagnit, yoxud ikkalasi birga o'rnatilgan bo'ladi. Zanjirdan o'ta yuklanishli tok o'tganda qo'sh metalli plastina qiziydi va egilib avtomatni uzadi. Qisqa tutashuv toki elektromagnitda kuchli magnit maydon hosil qilib, uning yakorini harakatga keltiradi. Yakor ajratish mexanizmiga ta'sir qilib avtomatni uzadi.

Bir fazali avtomatik o'chirgichning tuzilishi 8.14- rasmda ko'rsatilgan. Elektromagnitning g'altagi va qo'sh metalli plastina iste'molchi bilan ketma-ket ulangan. Uta yuklanishli toklarda qo'sh metalli plastina qizish natijasida egiladi va ajratish mexanizmiga ta'sir qiladi. Qisqa tutashuv toklarida elektromagnit yakorni bir onda o'ziga tortib ajratish mexanizmiga bevosita ta'sir qiladi. Ikkala holda avtomat uziladi. (8.14-rasm. 1-elektromagnit, 2-bi metal plastinka, 3-o'chirish knopkasi, 4-ulash knopkasi, 5-ajratish mexanizmi).



8.14-rasm. Bir fazali avtomatik o'chirgich

8-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

1. Elektr yuritma turlarini ayting?
2. Elektr yuritmalarning qizishi va sovitish usullarini ayting?
3. Dvigatellarning ish rejimlarini tushuntirib bering?
4. Uzoq muddatli rejim nima?
5. Qisqa muddatli ish rejimida dvigatel quvvati qanday tanlanadi?
6. Rubilniklarning ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?
7. Knopkalarining ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?
8. Paketli uzgichlarning ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?
9. Kontrollerlarning ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?

10. Eruvchan saqagichlarning ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?
11. Avtomatik o'chirgichlarning ishlash mexanizmini va vazifasini tushuntirib bering?

9-MAVZU: RADIOELEKTRON ZANJIRLARNING ASOSIY ELEMENTLARI

Reja:

- I. Radioelektronika fani va uning rivojlanishi tarixi
- II. Radioelektron sistemalar va zanjirlar
- III. Radiotexnik signallar klassifikatsiyasi va zanjir xarakteristikalar

I. 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 II 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 xususiyatlarini ochib beruvchi tenglamalarini ko'rsatish mumkin. Bu tenglamalarda elektromagnit to'liqlarning 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 vibratorda hosil bo'ladigan uchqunni qorong'i xonada faqat lupa 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. Kronshtadda minalar bo'yicha ofitserlar tayyorlaydigan o'qituvchi A.S.Popov 1895 yil 7 may kuni Peterburg rus fizik va ximiklari jamiyatida o'zining ixtirosi haqida doklad qildi. Shu boisdan Rossiyada 7-mayni radio kuni sifatida nishonlanib kelinmoqda. A.S.Popovning ixtirosidan bir yil o'tgach, italyan injeneri Markoni radio aloqa ishlarini amalga oshirib ko'rsatdi. Birlashgan Millatlar Tashkiloti radiosining tashkil etilgan kuni keyinchalik YuNESKO tomonidan 13-aprel Jahon radio kuni sifatida nishonlanmoqda.

Radiotexnikaning 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'lanma 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, radiotexnikaning rivojlanishini shartli ravishda uch davrga bo'lish mumkin. Birinchi davrda (1895-1920) asosan uzun to'liqlardan foydalangan holda telegraf aloqasi yo'lga qo'yildi. Radiouzatuvchi qurilmalarda uchqunli, elektromashinali va elektr yoyli generatorlar qo'llanilgan. Priyomnik sifatida sezgirli kam bo'lgan detektorlar ishlatilgan.

Ikkinchi davrda (1920-1955) elektron lampalardan keng foydalanildi.

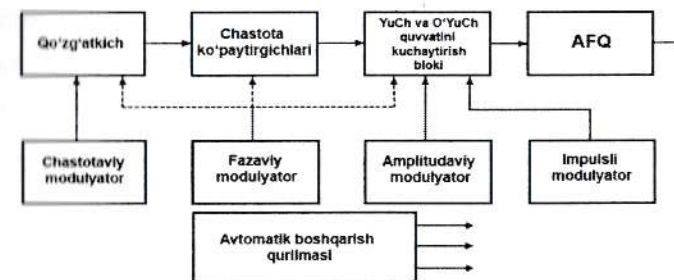
Radioqurilmalarda elektrovakuumli lampa keng miqyosda ishlatilib, ular asosida past va yuqori chastotali kuchaytirgichlar, generatorlar, modulyatorlar yasalgan. 1918-yilda supergeterodinli priyomnik loyihasi ixtiro qilinganidan so'ng, uni amalga oshirish natijasida qabul qiluvchi qurilmalarning sezgirliги keskin ortib ketdi. Natijada qisqa va ultraqisqa to'liqlar diapazoni o'zlashtirildi.

Uchinchi davrda (1955-yildan boshlab) yarimo'tkazgichli asboblار 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 tranzistorni AQSHda D.Bardin va V.Bratten yaratdilar. Dastlabki integral mikrosxemalar esa 1960-yilning oxirida paydo bo'ldi. Mikrosxemalarning yaratilishi radiotexnika 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'liqlar shkalasidan joy olgan optik diapazondan axborotni uzatish va qabul qilishda foydalanish imkoniyati borligi bilan bog'liqdir.

Akustoelektronika sohasida ishlaydigan qurilmalarda elektromagnit to'liqlar bilan birgalikda elastik ya'ni tovush to'liqlaridan va zamonaviy nanoelektronika yutuqlaridan keng foydalanilmoqda.

II. Radioelektron sistemalar va zanjirlar

Eng ko'p tarqalgan radioelektron sistemalarga xabar (signal) tarqatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalarni kiritish mumkin.

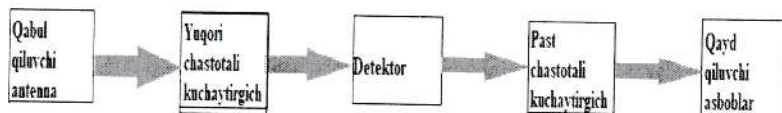


9.1-rasm. Axborot uzatuvchi qurilmaning struktura sxemasi

Axborot uzatuvchi qurilmaning tuzilishi 9.1-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 televizion kamera, diskret xabarni uzatish sistemasida-telegraf, displaylar bajaradi. Hosil bo'lgan elektrsignali kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng modulyatorga beriladi. Modulyatorga generator dan yuqori chastotali elektr tebranishlari beriladi. Modulyator da yuqori chastotali tebranishlarning biror-bir parametrik (amplitudasi, chastotasi yoki fazasi) xabar signaliga aylantiriladi. Bu jarayon modulyasiyalash deb yuritiladi. Modulyasiyalangan signal yuqori chastotali kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng tarqatish uchun antennaga uzatiladi (9.2- rasm).

Antennadan chiqqan radiosignallar priyomnik kirishiga aloqa liniyasi orqali uzatiladi. Aloqa liniyasiga uzatuvchi va qabul qiluvchi antenna va ular orasidagi fazo, shuningdek to'liq o'tkazuvchi kabel yoki yorug'lik o'tkazuvchi aloqa liniyasi kiradi.

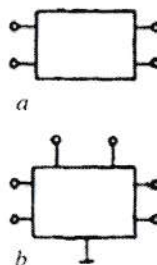
Priyomnikning vazifasi-signalni qabul qilish, keraksiz signallardan tozalash, uni kuchaytirish va detektorlashdan iborat (9.2-rasm). Detektorlash modulyadiyalashga nisbatan teskari jarayondir. Unda modulyasiyalangan yuqori chastotali signallar dastlabki xabar signallariga aylantiriladi, shundan so'ng xabar signali qayd qiluvchi asbobga beriladi.



9.2- 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'altaklar, diodlar, tranzistorlar, integral mikrosxemalar, 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 manbalarini keltirish mumkin. Passiv elementlarga elektr energiyasini iste'mol qiluvchi va to'plovchi elementlar kiradi. Zanjirlarni hisoblashda bu elementlar ideal holda ko'riladi. Bunda elementda biror bir xususiyat boshqa xususiyatlarga nisbatan ancha yuqori bo'lishi ko'zda tutiladi. Masalan, induktiv g'altak o'zining qarshiligiga va o'ramlararo sig'imiga ega, lekin radio elektron zanjirda g'altakning induktivlik xususiyati boshqa xususiyatlariga nisbatan yuqori bo'lganligidan aynan shu xususiyati hisobga olinib ishlatiladi.



9.3-rasm

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 uch chiqarilgan bo'lsa ularni ham ikki qutbli element deb yuritiladi. Masalan: mikrofon, telefon, dinamik antenna va h.k.

Agar biror bir zanjirda alohida kirish va chiqish qutblari bo'lsa, bu zanjir to'rt qutbli deb ataladi (9.3.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 (9.3.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'lqinlari orqali tarqaladi. Radioelektron zanjirlarning konstruksiya o'lchamlari va tarqalayotgan to'lqin uzunligiga qarab parametrlari to'plangan yoki taqsimlangan zanjirlarga bo'linadi. Zanjir o'lchamlari to'lqin uzunligiga nisbatan kichik bo'lsa, bunday zanjir parametrlari to'plangan deyiladi. Unda qarshilik, sig'im va induktivliklar zanjirning ma'lum bir sohasiga to'plangan bo'ladi.

Zanjir o'lchamlari to'lqin 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 chiziqli deb ataladi. Masalan, radioelektron zanjir ideal qarshilik, sig'im va induktivlikdan iborat bo'lib kuchlanishi yo'l qo'yilgan kattalikdan yuqori bo'lmagan o'zgarimas tok manbaiga ulangan hol. Agar radioelektron zanjirlardagi elementlar parametrlari ulardan o'tayotgan tok va kuchlanishga bog'liq bo'lib qolsa, zanjir nochiziqli deb ataladi (masalan, zanjirda xarakteristikasi nochiziqli bo'lgan yarimo'tkazgichli diod, tranzistor, yarimo'tkazgichli p-n o'tishiga asoslanib ishlaydigan qarshilik, sig'im va h.k. 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 chiziqli hisoblansa, tashqi sharoitlar o'zgarishi bilan nochiziqli holatga o'tishi mumkin va aksincha. Masalan, tranzistorning ish rejimida xarakteristikaning aynan to'g'ri chiziqli qismi foydalanilayotgan bo'lib unga amplitudasi kichik bo'lgan signal berilsa, u chiziqli element sifatida ishlaydi.

III. Radiotexnik signallar klassifikatsiyasi va zanjir xarakteristikalar

O'zgaruvchan tok va kuchlanish elektr tebranishlari deb ataladi. Uzatilayotgan xabar yoki o'rganilayotgan obyekt holatini anglatuvchi axborotni aks ettiruvchi tebranishlar signali deb, signalni qabul qilishga xalaqit beruvchi tebranishlar 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 funktsional 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 vaqtga bog'liq funksiya

$$U(t) = U_0 \cdot \cos \omega t \quad (9.1)$$

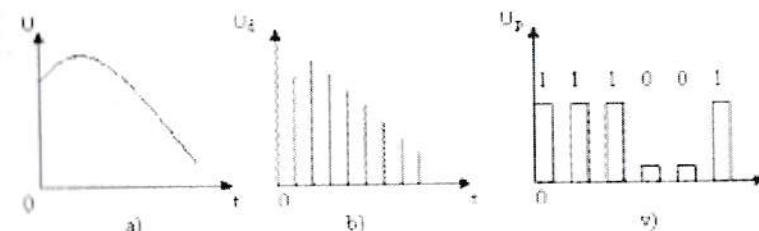
bilan ifodalash mumkin bo'lganligidan, u bir o'lchovli deyiladi (9.1). Sistemada bir qancha bir o'lchovli signallar mavjud bo'lsa, umumiy holda sistema ko'p o'lchovli hisoblanadi (9.2).

$$v(t) = v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t) \quad (9.2)$$

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

determinallashgan signallar deyiladi. Umuman olganda tabiatda toza determinallashgan 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 signallar deb ataladi. Radiotexnikada tasodifiy signallar xalaqitlar sifatida namoyon bo'ladi va xalaqitlar ichidan foydali signalni ajratib olish radiotexnikaning asosiy muammolaridan biri hisoblanadi.

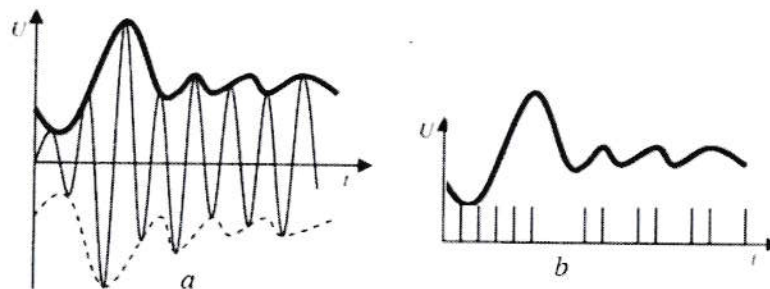


9.4-rasm. a) Analog signal b) diskret signal v) raqamli signallar.

Radiotexnikada shunday signallar uchraydiki, ularda tebranish kichik bir chegaralangan vaqt davomida mavjud bo'ladi (9.3.a - rasm), bunday signallar impuls deb ataladi. Signallar hosil qilinishi mobaynida fizik jarayonlar shunday borishi mumkinki, 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 sistemalarga qo'yilgan talabning ortib borishi yangi tipdagi signallarning bo'lishini taqozo etdi. Natijada ba'zida analogli signallar o'rinda diskret signallar ishlatila boshlandi. Diskret signallarning oddiy matematik modeli deganda $S_d(t)$ - vaqt o'qida joylashgan va har birida signalning ($i = 1, 2, 3, 4$) aniq qiymati bo'lgan sanoq nuqtalari tushuniladi (9.3.b-rasm). Odatda $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ kattalik

diskretlik qadami deb atalib, har bir signal uchun doimiy bo'ladi. Diskret signalning analog signaldan afzalligi shundaki, uni beto'xtov hosil qilib turishga zaruriyat bo'lmaydi. Natijada bitta radioliniya orqali turli manbalarning signallarini turli iste'molchilarga uzatish imkoniyati tug'iladi. Diskret signallarning parametrlarini raqamlar ko'rinishida ham berish mumkin. Bunday signallar raqamli signallar deb ataladi (9.3.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.



9.5-rasm. Analogli signalni impulslar ko'rinishida ifodalash. a-balandligi o'zgaradigan, b-davomiyligi o'zgaradigan impuls

Bu impulslarning balandligi signalning sanoq nuqtalaridagi qiymatlariga mos keladi (9.4.a-rasm). Bundan tashqari impuls balandligini doimiy saqlagan holda davomiyligining o'zgarishi uning sanoq nuqtalaridagi qiymatlariga mos keladigan impulslar ketma-ketligi holida ham olish mumkin (9.4.b-rasm). Bu yerda har ikki tasvirda sanoq nuqtalaridagi qiymatlar impulslar yuzasiga proporsional deb qaralsa, a va b tasvir o'zaro ekvivalent deyish mumkin.

Radioelektron zanjirlarga analog, diskret va shunga o'xshash signallar berilishi mumkin. Berilgan signallar soniga qarab zanjir kirish qismini bir o'lchovli yoki ko'p o'lchovli deyiladi. Zanjirning signallar beriladigan qismi «kirish» deb, olinadigan qismi «chiqish» deb ataladi.

Kirish signallarini (9.3)

$$U_{kir}(t) = U_{kir1}(t), U_{kir2}(t), \dots, U_{kirN}(t) \quad (9.3)$$

va chiqish signallarini (9.4)

$$U_{chiq}(t) = U_{chiq1}(t), U_{chiq2}(t), \dots, U_{chiqN}(t) \quad (9.4)$$

t_n va n o'lchovli vektor sifatida ifodalasak, ular orasidagi bog'lanish

$$U_{chiq}(t) = T \cdot U_{kir}(t) \quad (9.5)$$

orqali ifodalanadi (9.5). Bu yerda T -sistema operatori deb ataladi. Operator signalning amplitudasi chastotasi va fazasiga bog'liq bo'lib to'liq holda

$$T = A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega) \quad (9.6)$$

ko'rinishda yoziladi (9.6). Bu yerda, $P(\omega)$ - xarakteristikaning haqiqiy qismi;

$Q(\omega)$ -xarakteristikaning mavhum qismi:

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)} \quad (9.7)$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Q(\omega)}{P(\omega)} \quad (9.8)$$

9-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar

1. Radiouzatuvchi qurilmalarni tavsiflang?
2. Radio qabul qiluvchi qurilmalarning tarkibiy qismi va vazifasini ayting?
3. Priyomnik sxemalarini tavsiflang?
4. Trigger vazifasi nima?
5. Mikroprotsessorlar 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) 13-fevral
3. Yuqori chastotali tebranishlarning biror-bir parametrik (amplitudasi, chastotasi yoki fazasi) xabar signaliga aylantirish jarayoni nima deyiladi?
A) Modulyatsiyalash B) Antenna C) Mikrafon D) Kuchaytirgich
4. Signallarni modulyatsiya qiluvchi asbob nima deyiladi?
A) Modulyatsiyalash B) Antenna C) Mikrafon D) Kuchaytirgich
5. Radiosignalni uzatish va qabul qilish vazifasini nima bajaradi?
A) Antenna B) Modulyatsiyalash C) Mikrafon D) Kuchaytirgich
6. Mexanik signallarini, elektr signallariga nima aylantiradi?
A) Mikrafon B) Antenna C) Mikrafon D) Kuchaytirgich
7. Past chastotali signallarni kuchaytiruvchi qurilma?
A) Kuchaytirgich B) Antenna C) Mikrafon 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

10-MAVZU: YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR

Reja:

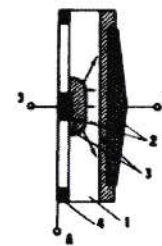
- I. Qo'sh qutbli tranzistorlar;
- II. Maydonli tranzistorlar;

150

III. Tiristorlar.

I. Qo'sh qutbli tranzistorlar

Yarimo'tkazgichli diodlar haqida oldingi paragraflarda bayon etilganligi uchun ushbu mavzuda faqat tranzistorlar va tristorlar haqida to'xtalib o'tamiz. Uchta yarimo'tkazgich qatlamlarga va ikkita o'zaro ta'sir qiladigan elektron-teshikli o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga qo'sh qutbli tranzistor deyiladi. Qo'sh qutbli tranzistorlar germaniydan yoki kremniydan tayyorlanadi (10.1-rasm). Germaniyli plastinkaga ikki tomondan indiy tabletkalari joylashtirilgan. Indiy, germaniy kristalining ichiga kirib ikkita teshikli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan p - sohalarni tashkil qiladi. Bu sohalalar va qolgan germaniy kristali orasida ikkita p-n o'tishlar hosil bo'ladi. p-n o'tishlar orasidagi qolgan ingichka germaniy kristali asos deyiladi. Asosga zaryad tashuvchilarni kiritadigan tashqi sohaga emitter deyiladi. Asosdan zaryad tashuvchilarni tortadigan tashqi sohaga kollektor deyiladi. p-n o'tishlar o'zaro ta'sirlanish uchun ularning orasidagi asosning qalinligi juda kichik bo'lib, zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunligidan kam bo'lishi kerak (zaryad tashuvchilar rekombinatsiyadan oldin o'tadigan masofaga diffuzion uzunlik deyiladi). Xozirda yarimo'tkazgichli asboblarning asos uzunligi bir necha mikrometrga teng.



10.1-rasm. Qo'sh qutubli tranzistorlar

Agar asos sifatida n-germaniy yoki kremniy ishlatilsa, emitter va kollektor sohalari donorli materialdan tayyorlansa, unda p-n-p tranzistor hosil bo'ladi. Agar asos sifatida p-germaniy yoki kremniy ishlatilsa, emitter va kollektor sohalari donorli materialdan tayyorlansa, unda n-p-n tranzistor hosil bo'ladi. p-n-p va n-p-n tranzistorlarning ish prinsipi bir xil, faqat ularga ulangan tok manbainig qutublari qarama-qarshi bo'ladi.

Ishlash prinsipi. Qo'sh qutbli tranzistorning ish prinsipini umumiy asos bilan ulangan p-n-p tranzistor misolida ko'rib chiqamiz (10.2-rasm). Emitter-asos zanjirini uzib, kollektor va asos orasiga teskari kuchlanish ulaymiz. Bunda emitter

151

toki $I_e = 0$, kollektor orqali noasosiy zaryadlar tashuvchilari bilan hosil bo'ladigan tok I_k o'tadi. Endi emitter-asos zanjirini tutashtiramiz. Bunda emitter-asos p-n o'tishi to'g'ri yo'nalishda, asos-kollektor p-n o'tishi teskari yo'nalishda ulangan bo'ladi. Emitterdan teshiklar asosga, asosdan elektronlar emitterga qarab o'ta boshlaydi. Emitterda teshiklarning konsentratsiyasi asosda elektronlar konsentratsiyasining to'planishiga nisbatan ancha katta bo'lgani uchun elektronlarning qarshi oqimi ancha kichik bo'ladi. Teshiklarning ozgina qismi elektronlar bilan qayta birikadi. Elektronlarning kamayishi tashqi zanjirlardan asosga kirayotgan yangi elektronlar bilan to'ldiriladi. Bunda asos toki I_A hosil bo'ladi. Teshiklarning ko'pgina qismi E_k manbaining elektr maydon ta'sirida asosdan kollektorga o'tib, kollektor toki I_k ni hosil qiladi. Shunday qilib tranzistor toklari uchun quyidagi munosabat o'rnatiladi:

$$I = I_A + I_a$$

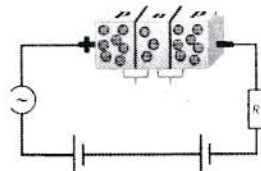
Kollektorda kuchlanish o'zgarmas holda ($U = \text{const}$) kollektor va emittor toklar ortirmalarining nisbati tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti deyiladi.

$$a = K_i = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e}, \text{ bunda } U_k = \text{const}$$

Tranzistor bu usulda ulanganda tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti $a = 0,9 - 0,95$ ga teng bo'ladi. Kirish (asos) tokining o'zgarishlari muvofiq, chiqish (kollektor) tokining o'zgarishiga olib keladi. Emitterli p-n o'tish tufi yo'nalishda, kollektorli p-n o'tish teskari yo'nalishda ulangani uchun, kollektorning tokka kirish kuchlanishi chiqish kuchlanishiga nisbatan qattiqroq, ta'sir qiladi. Tok va kuchlanishlarning o'zgaruvchan qismlari orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U_{kir} = I_e \cdot R_{kir} \text{ va } U_{chiq} = I_k \cdot R_{yu} = a \cdot I_e \cdot R_{yu}$$

Tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti 1 dan kamroq, bo'lsa ham kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyentlari K_u i va K_P lar katta qiymatlarga erishishi mumkin. To'g'ri ulanishda emitterli o'tishning o'zgaruvchan



10.2-rasm. Tranzistorning ishlash prinsipi

tokka ko'rsatadigan qarshiligi bir necha o'n Omga yetadi. Lekin kollektorli o'tishning qarshiligi teskari ulanishda bir necha yuz kilo Om ga yetadi. Shuning uchun tranzistorning chiqish zanjiriga katta qarshilikli yuklanishni

$$R_k \ll R_{kir}$$

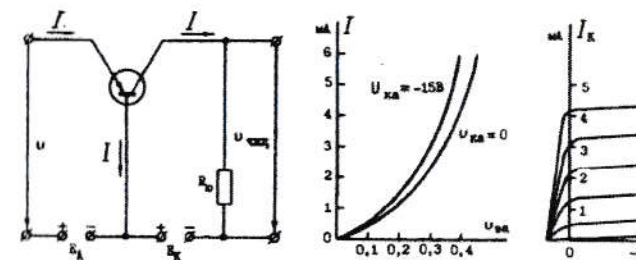
ulash mumkin. Bunda kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti;

$$K_u = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} = \frac{I \cdot R_k}{I_e \cdot R_{kir}} = a \cdot \frac{I_e \cdot R_k}{I_e \cdot R_{kir}} = a \cdot \frac{R_k}{R_{kir}} \ll 1$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti:

$$K_P = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}} = \frac{I_k^2 \cdot R_k}{I_e^2 \cdot R_{kir}} = a^2 \cdot \frac{R_k}{R_{kir}} \ll 1$$

Qo'sh qutubli tranzistorlarning statik rejimlari. Odatda tranzistorning bitta elektrodi kirish zanjirini boshqasi chiqish zanjirini tashkil qiladi. Uchinchi elektrodi kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiy bo'ladi. Kirish zanjiriga kirish signalining manbai chiqish zanjiriga esa yuklanish ulanadi. Qaysi elektrod umumiy bo'lishiga qarab tranzistorlarda umumiy asosi (U/4), umumiy emitteri (UE) va umumiy kollektori (UK) bilan ulangan sxemalar ajratiladi. Umumiy asos bilan ulash sxemasini (10.3, a- rasm) biz yuqorida o'rganib chiqqandik. Bu sxemada tok bo'yicha kuchaytirish bo'lmaydi va uning qiymati $a = 0,9 - 0,995$ ga teng. Kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirishlar esa bir necha yuzga yetishi mumkin. 10.3- rasmda umumiy asos bilan ulangan tranzistorning kirish va chiqish o'ila tavsiflari keltirilgan.



10.3-rasm. Tranzistorni umumiy asos bilan ulanish sxemasi.

Kirish va chiqish tavsiflari

$$I_e = f(U_{ea}), \text{ bunda } U_{kk} = \text{const}$$

Emitter toki o'garmaganida kollektor tokining kollektor bilan asos orasidagi kuchlanishning o'zgarishiga bog'liqligi chiqish tavsifi deyiladi:

$$I_k = f(U_{ka}), \text{ bunda } I_e = \text{const}$$

Tavsifdan ko'rinib turibdi, kollektor asos kuchlanishining o'zgarishi kollektor tokiga kam ta'sir qiladi. Umumiy emitter bilan sxema 10.3-rasmda ko'rsatilgan. Kirish signal manbai asos-emitter zanjiriga, yuklanish R_{yu} va tok manbai emitter-kollektor zanjiriga ulanadi. Umumiy emitter bilan sxemaning kirish qarshiligi umumiy asos bilan sxemaga nisbatan ancha katta - bir necha yuz Omga teng. Bunga sabab sxemaning kirish toki asos toki bo'lib, kollektor va emitter toklaridan ancha kichikdir. Sxemaning chiqish qarshiligi katta: yuz kilo Om gacha yetadi.

Kollektor kuchlanishi o'zgarmaganida kollektor va asos toklari ortgirmalarining nisbati tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyentini aniqlaydi:

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_a}, \text{ bunda } U_e = \text{const}$$

$$I_e = I_k + I_a \text{ ni hisob olib}$$

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e - \Delta I_k} = \frac{\Delta I_k / \Delta I_e}{\Delta I_e / \Delta I_e - \Delta I_k / \Delta I_e} = \frac{a}{1-a}$$

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti

$$K_u = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kir}} = \frac{\Delta I_k \cdot R_{yu}}{\Delta I_a \cdot R_{kir}} = \frac{a}{1-a} \cdot \frac{R_{yu}}{R_{kir}}$$

Bunda: a - umumiy asos bilan sxemaning tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti, R_{kir} - umumiy emitter bilan sxemaning kirish qarshiligi, R_{yu} - yuklanish qarshiligi.

Shunday qilib kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti bir necha yuzga yetishi mumkin, chunki

$$R_{yu} \geq R_{kir} \text{ qilib olinadi.}$$

Demak, quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti

$K_v = K_i \cdot K_u = \beta \cdot K_u$ bir necha mingga yetishi mumkin. Bunda umumiy asos bilan ulangan sxemaning quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyentiga nisbati ancha katta bo'ladi. Shunga ko'ra, bu sxema kuchaytirgichlarda juda keng qo'llaniladi.

Kollektor-emitter orasidagi kuchlanish o'zgarmaganida asos tokining asos-emitter orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi kirish tavsifi deyiladi:

$$I_a = f(U_{ae}) \text{ bunda } U_{ke} = \text{const}$$

Asos toki o'garmaganida kollektor tokining kollektor-emitter orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi chiqish tavsifi deyiladi.

$$I_k = f(U_{ke}) \text{ bunda } I_a = \text{const}$$

Qo'sh qutbli tranzistorni umumiy kollektor bilan ulanishda kirish signali manbai asos-kollektor zanjiriga ulanadi. Sxemaning kirish qarshiligi katta bir necha o'n kilo Om ga teng. Bu sxema uchun tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti:

$$K_i = \frac{\Delta I_e}{\Delta I_a} = \frac{\Delta I_e}{\Delta I_e - \Delta I_k} = \frac{\Delta I_e / \Delta I_e}{\Delta I_e / \Delta I_e - \Delta I_k / \Delta I_e} = \frac{1}{1-a}$$

Emitterli o'tish turli yo'nalishda ulanganligi uchun uning qarshiligi kichik bo'ladi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Shuning uchun kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti:

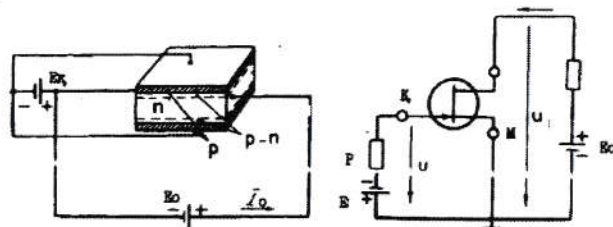
$$K_u = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} \approx \frac{\Delta I_e \cdot R_{yu}}{\Delta I_e \cdot R_{yu}} = 1$$

Shunday qilib bu sxema kirish signalining kuchlanishini deyarli o'zgartirmaydi va emitterli qaytargich deyiladi. Emitterli kuchaytirgichlar ko'pincha kuchaytirgichlarda kaskadlarni bir-biri bilan moslashtirish uchun qo'llaniladi. Umumiy kollektor bilan ulangan sxemami tekshirish uchun odatda umumiy emitter bilan ulangan sxemaning tavsiflaridan foydalaniladi. Qo'sh qutubli tranzistor bajaradigan ishi bo'yicha vakuum lampali triodga o'xshaydi. Lekin ular orasida muhim farq bor: lampali triod, odatda, boshqaruvchi turda tok yo'qligida ishlaydi, tranzistorning boshqaruvchi elektrod-asosdan doimo tok o'tadi.

II. Maydonli tranzistorlar

Maydonli va qo'sh qutubli tranzistorlar orasidagi farq shundaki, maydonli tranzistorda hamma jarayonlar elektr maydon yordamida vujudga keladi. Maydonli tranzistorlar bir qutubli yarimo'tkazgichli asboblardan bo'lib, ularda tok o'tishi bo'lama elektr maydonda boshqariladigan p yoki n xil kanaldan bir xil ishorali zaryadlarning harakati bilan aniqlanadi. Kanaldan o'tayotgan tokning qiymati ko'ndalang elektr maydon bilan boshqariladi. Shuning uchun ham maydonli tranzistor deyiladi. Maydonli tranzistorlar p-n o'tish qulfi va izolyatsiyalangan qulfi bilan tayyorlanadi.

p-n o'tish qulfi, tranzistorning tuzilishi va ulash sxemasi 10.4.-rasm



10.4-rasm. Qulfi p-n o'tishli maydon tranzistorning tuzilishi va ulash sxemasi

ko'rsatilgan.

Asbob elektr

o'tkazuvchanligini n - xil kremniyli plastinkadan iborat. Plastinkaning ikki tomoniga manba va xanik deyiladigan metall kontaktlar ulangan. Ular bilan ketma-ket tok manbai E_0 va R_{yu} yuklanish ulangan. Tok manbai shunday ulanishi kerakki, kanalda zaryadlarning asosiy tashuvchilarining (elektronlar) oqimi manbadan xanik tomonga harakatlanishi kerak. Plastinkaning boshqa tomonlariga akseptorli aralashmalar kiritilgan. Bunda plastinkaning bu tomonlari yarimo'tkazgichning p - sohalariga aylanadi. Bir-biri bilan ulanib ular qulfi deyiladigan elektrodni tashkil qiladi. Qulfdagi kuchlanish ko'ndalang elektr maydonni hosil qiladi. Bu kuchlanish o'zgartirilsa o'tishlar kengayishi yoki torayishi mumkin. Bunda kanalning qarshiligi va undan o'tayotgan tok kuchining qiymati o'zgaradi. Qulfdagi kuchlanish $U_q = 0$ bo'lganda, xanikning toki I_x maksimal qiymatiga ega bo'ladi (bu tok to'yinish toki ham deyiladi), chunki bunda kanalning kesimi maksimal bo'ladi. Qulfnings teskari kuchlanishi oshgan sari p-n

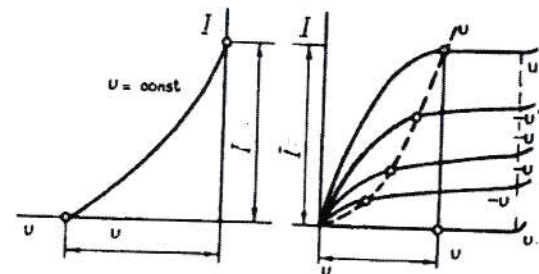
o'tishlar kengayadi, kanalning kesimi esa kamayadi. Natijada xanikning toki kamayadi. Qulfnings kuchlanishi yopilish qiymatiga yetganda kanalning kesimi va undan o'tayotgan tok nolga teng bo'ladi. Bunda manba va xanik bir biridan izolyatsiyalangan bo'ladi. Ko'rib chiqilgan jarayonlar tranzistorning kirish tavsifida ko'rsatilgan (10.5- rasm):

$$I_0 = f(U_q) \text{ bunda } U_{0M} = \text{const}$$

U_{0M} - kanalning manba va xanik orasidagi kuchlanishi, I_0 - xanik toki, U_q - qulfdagi kuchlanish.

Qulfdagi kuchlanish

o'zarmaganida xanik tokining qiymati



10.5-rasm. Qulfi p-n o'tishli maydonli tranzistorning kirish va chiqish tavsifi

kanalning manba-xanik orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi tranzistorning chiqish tavsifi deyiladi (10.5- rasm):

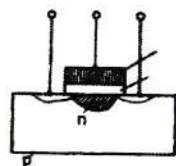
$$I_x = f(U_{xm}) \text{ bunda } U_q = \text{const}$$

Xanikdagi musbat kuchlanish U_{xm} ortgan sari xanikdagi tok nohiziqli qonun bo'yicha ortadi. Buning sababi shundaki xanikdagi kuchlanish U_{xm} oshgan sari kanalning kesimi xanikka qarab kamayadi. Kanalning o'tkazuvchanligi kamayib tokning o'sishini sekinlashtiradi. Kuchlanishning qiymati to'yinish qiymatiga yetganda ($U_{xm} = U_{xm \text{ to'yinish}}$) xanik butunlay yopiladi va uning toki to'yinish toki $U_{xm \text{ to'yinish}}$ qiymatiga yetadi va uning o'sishi deyarli to'xtatiladi. Kanalning boshi ochiq qoladi, chunki unda kuchlanish $U_{xm}(0) = 0$ bo'ladi.

Izolyatsiyalangan qulfi bilan maydonli tranzistorning tuzilishi 10.6-rasmda ko'rsatilgan. p- xil yarimo'tkazgichli kremniyli plastinada o'zaro kichik masofada donorli n^+ - aralashmalar qotishtirilgan bo'ladi. Bundan keyin plastinaning

yuzasiga issiq bilan ishlov beriladi. Natijada plastinaning ustida ingichka (0,1 mkm) izolyatsion qatlam paydo bo'ladi. Izolyatsion qatlam ustiga ikkala n donorli aralashma sohalarini berkitadigan qulf qo'yiladi. Bu sohalarining bitgasi - manba, boshqasi - xanik deyiladi.

Qulfdagi kuchlanish yo'qligida manba va xanikning n - sohalarini izolyatsion qatlam bilan ajralgan bo'ladi. Qulfga musbat kuchlanish berilganda plastinkadan elektronlar tortilib izolyatsion qatlamning tagida yigiladi. Kuchlanish ma'lum qiymatga yetganda izolyatsion qatlamning tagida elektronlar konsentratsiyasi oshib ketadi va n-sohalar elektronli kanal bilan ulanadi. Qulfdagi musbat kuchlanish oshgan sari ionlarning o'tkazuvchanligi va undan o'tayotgan tok kuchi ortadi. Qulfi izolyatsiyalangan maydonli tranzistorlar MDP tranzistorlar deyiladi (metall-dielektrik yarimo'tkazgich). Maydonli tranzistorlarning kirish qarshiligi katta ($10^{10} - 10^{15}$ om), xususiy shovqinlari kam bo'lgani uchun elektronika keng qo'llaniladi.



10.6-rasm. Izolyatsiyalangan qulf bilan maydonli tranzistor

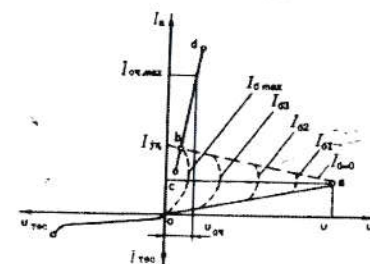
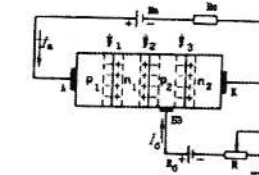
III. Tiristorlar

Uchta p-n o'tishlarga, voltamper tavsifi manfiy qismga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asboblarga tiristor deyiladi. Tiristorlarning asosiy xususiyati shundaki, ular ochiq, va yopiq, holatda bo'lishi mumkin. Ikki elektrodli tiristor dinistor deyiladi. Dinistorni bir holatdan boshqa holatga o'tkazish uchun elektrodlar orasidagi kuchlanishning qiymatini yoki qutblarni o'zgartirish kerak. Uch elektrodli tiristor trinitor deyiladi. Uning uchinchi, boshqaruvchi elektrodga kichik boshqaruvchi signal berib, trinitorni ochish mumkin. Lekin ochiq trinitorni boshqaruvchi signal bilan yopish mumkin emas.

To'rt qatlamli uch elektrodli trinitorning tuzilishi va voltamper tavsifi 10.7-rasmda ko'rsatilgan. Boshqaruvchi signalning ta'sirini kuchaytirish uchun boshqaruvchi elektrod ulangan qatlam boshqalarga nisbatan yupqaroq, qilinadi. Metall kontaktlar A (anod) va K (katod) n_1 va p_2 emitterli qatlamlarga ulangan.

U_1 va U_3 o'tishlar - bu emitterli o'tishlar bo'ladi. O'rtasidagi qatlamlar n_1 va p_2 bu asoslar sohasi bo'ladi. p_2 asosga metal boshqaruvchi elektrod ulanadi. U_2 - kollektorli o'tish.

Boshqaruvchi elektrod uzilgan holda anod va katod orasiga doimiy kuchlanish qo'yilsa U_1 va U_3 o'tishlar tufi yo'nalishda, U_2 o'tish esa teskari yo'nalishda ulangan bo'ladi. U_2 o'tish yopiq bo'lgani uchun uning qarshiligi katta bo'ladi. Tiristorga qo'yilgan kuchlanishning deyarli hammasi unga tushadi. Shuning uchun tiristor yopiq bo'lib, undan juda kichik tok o'tadi. Kuchlanish ortganda tok ozgina ortadi, chunki U_2 o'tishning qarshiligi katta bo'lib, tokni cheklaydi. U_2 o'tishning qarshiligiga ikki, qarama-qarshi jarayonlar ta'sir qiladi. Birinchidan, teskari kuchlanish ortgan sari U_2 ning qarshiligi ko'payadi, chunki bunda zaryadlarning asosiy tashuvchilari o'tishdan har xil tomonga ketadi, ya'ni U_2 o'tishda asosiy zaryad tashuvchilarning soni kamayadi. Ikkinchidan, U_1 va U_3 o'tishlarda to'g'ri kuchlanishning ortishi U_2 o'tishga kelayotgan zaryad tashuvchilarning sonini orttiradi. Buning natijasida U_2 o'tishning qarshiligi kamayadi. Kuchlanish tiristorini ulash kuchlanishning qiymatigacha yetib va undan biroz oshganda tiristor ochiladi va uning toki keskin oshadi. U_2 o'tishning qarshiligi kamaygani uchun unda kuchlanishning tushishi ham kamayadi.



10.7-rasm. To'rt qatlamli uch elektrodan iborat tristor, ulanish sxemasi va volt amper tavsifi

Tiristorning ochilishiga voltamper tavsifining Oa qismi muvofiq, keladi. Tavsifning Bd qismi kremniyli diodning normal voltamper tavsifiga o'xshaydi. Tok o'tishi bilan kuchlanishning pasayishi tavsifining ab qismida tiristor manfiy

qarshilikka ega bo'lishini ko'rsatadi. Tiristorni yopish uchun uning tokini ushlab qolish qiymatgacha (I_{oq}) pasaytirish kerak.

Boshqaruvchi elektrodga musbat kuchlanish berilsa, p_2 qatlamga (asosga) qo'shimcha zaryadlar - elektronlarni kiritish mumkin. Rekombinatsiya hisobida U_2 o'tishning teshilish kuchlanishi va qarshiligi pasayadi. Bunda tiristorni ochish kuchlanishining qiymati ham pasayadi. Boshqaruvchi tok qancha ko'p bo'lsa, tiristorni ochadigan kuchlanishning qiymati shuncha past bo'ladi. Tiristor 10 mks vaqt davomida ochiladi. Ochilishdan keyin boshqaruvchi elektrod tiristorning ishiga xech sanday ta'sir qila olmagan uchun, tiristorni ochish uchun qisqa muddatli impuls yetarli bo'ladi.

Tiristorning anod va katod elektrodlariga teskari kuchlanish berilsa, U_1 va U_3 o'tishlar yopiq, bo'lib tiristordan tok o'tkazmaydi, ya'ni tiristor yopiq bo'ladi. Bunda tiristor va dioding voltamper tavsiflari teskari qismlari bir-birga o'xshaydi.

10-Mavzuga doir nazorat savollari

1. Qo'sh qutbli tranzistorlar qanday hosil qilinadi?
2. Qo'sh qutbli tranzistorlarining ishlash prinsipini tushuntiring?
3. Qo'sh qutbli tranzistorlarining quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti qanday topiladi?
4. Qo'sh qutbli tranzistorlarining kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti qanday topiladi?
5. Maydonli tranzistorlar qanday hosil qilinadi?
6. Maydonli tranzistorlarining ishlash prinsipini tushuntiring?
7. Maydonli tranzistorlarining quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti qanday topiladi?
8. Maydonli tranzistorlarining kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti qanday topiladi?
9. Maydonli va qo'sh qutubli tranzistorlarning chiqish tavsifini tushuntirib bering?

10. To'rt qatlamli uch elektrodli trinitorning tuzilishi va voltamper tavsifilab bering?

11-MAVZU: KUCHAYTIRGICHLAR

Reja:

- I. Kuchaytirgichlarning kuchaytirish ko'effitsiyenti
- II. Past chastotali kuchaytirgichning dastlabki kaskadi
- III. Ko'p kaskadli tranzistorli kuchaytirgichlar
- IV. Elektron generatorlar

I. Kuchaytirgichlarning kuchaytirish ko'effitsiyenti

Kichik kirish signalini o'zgartirib tashqi tok manbai yordamida katta chiqish signallarini boshqaradigan tuzilishga elektron kuchaytirgich deyiladi. Hozirgi elektron kuchaytirgichlarda ko'pincha lampalar o'rniga tranzistorlar ishlatiladi. Shuning uchun bu bobda faqat yarimo'tkazgichli kuchaytirgichlarni o'rganib chiqamiz. Kuchaytirgichlarning asosiy parametrlari:

1. Chiqish parametri orttirmasining kirish parametri orttirmasiga nisbati kuchaytirish ko'effitsiyenti deyiladi. Masalan: kuchlanish bo'yicha

$$K_u = \frac{U_{chq}}{U_{kir}} \quad (11.1)$$

Ko'p kaskadli (bosqichli) kuchaytirgichning umumiy kuchaytirish ko'effitsiyenti:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n$$

Bunda; $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ - kaskadlarning kuchaytirish ko'effitsiyentlari.

Odam qulog'i qabul qiladigan ovozning o'zgarishi ovoz energiyasi o'zgarishining logarifmiga proporsional bo'ladi. Shuning uchun ko'pincha kuchaytirish ko'effitsiyenti bel (B) deyiladigan logarifmik birlikda ifodalanadi. Bitta bel $K=10$ to'g'ri keladi. Amalda ko'pincha 10 marta kichikroq detsibel deyiladigan (dB) birlikdan foydalaniladi:

$$1B = 10dB = \lg 10 \quad (11.2)$$

Shunday qilib, detsibellarda ifodalangan kuchaytirish ko'effitsiyenti:

$$K_{dB} = 10 \lg \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kr}} \quad (11.3)$$

Ko'p kaskadli kuchaytirgichning kuchaytirish ko'effitsiyenti hamma kaskadlarning kuchaytirish ko'effitsiyentlarining yig'indisiga teng:

$$K_{dB} = K_{1dB} + K_{2dB} + K_{3dB} + \dots + K_{ndB}$$

Detsibelda ifodalangan quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$K_{pdB} = 20 \lg \left(\frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kr}} \right) \quad (11.4)$$

Haqiqatdan,

$$K_{pdB} = 10 \lg \left(\frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kr}} \right) = 10 \lg \left(\frac{\Delta U_{chiq}^2}{\Delta U_{kr}^2} \right) = 20 \lg \left(\frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kr}} \right) \quad (11.5)$$

Chunki $P = U^2/R$

2. Yuklanishda ajratilgan quvvat chiqish quvvati deyiladi:

$$P_{chiq} = U_{chiq}^2 / R_{yu} = U_{mchiq}^2 / 2R_{yu} \quad (11.6)$$

Odatda nominal chiqish quvvati deyiladigan kattalikdan foydalanishadi. Kuchaytirgich xatoliklari qiymatlari berilgan chegaradan chiqmasligiga muvofiq yuklanishning maksimal quvvatiga nominal chiqish quvvati deyiladi.

3. Chiqish quvvatining kuchaytirgich iste'mol qiladigan elektr energiya quvvatiga nisbati foydali ish ko'effitsiyenti deyiladi:

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_i} \quad (11.6)$$

P_i - kuchaytirgich iste'mol qiladigan elektr energiya quvvati.

3. Elektr signali shaklining buzilishlariga chastotali buzilishlar deyiladi. Bu esa kuchaytirgich har xil chastotali signallarni har xil darajada kuchaytirishiga bog'liq bo'ladi.

4. Kuchaytiriladigan signallar shaklining buzilishlariga amplitudali yoki nochiqli buzilishlar deyiladi. Bu buzilishlar elektron lampalarning,

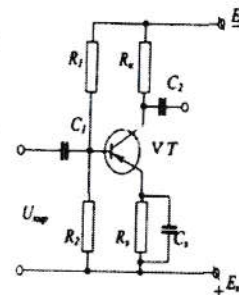
tranzistorlarning yoki yuklanishning tavsiflari nochiqliqligiga bog'liq bo'ladi.

5. Fazali buzilishlar - bu chiqish signali fazasini kirish signali fazasiga nisbatining o'zgarishidir. Bu buzilishlar kuchaytirgichda induktivlik (L) va sig'irlar (S) borligiga bog'liq bo'ladi.

II. Past chastotali kuchaytirgichning dastlabki kaskadi

Qo'shqutbli tranzistorlarga asoslangan kuchaytirgichlar odatda umumiy emitter sxema bo'yicha yig'iladi (11.1-rasm).

Tranzistor normal ishlashi uchun emitter va asos orasida taxminan 0,5 V ga tent doimiy kuchlanish bo'lishi kerak. Bu kuchlanish asosning siljish kuchlanishi deyiladi. Asosning siljish kuchlanishini hosil qilish uchun keltirilgan sxemada kuchlanish bo'laklagichi R_1R_2 qo'llaniladi. Bo'laklagichning qarshiliklari quyi-dagi ifodalar orqali topiladi:



11.1-rasm. Past chastotali kuchaytirgichning dastlabki kaskadi

$$R_1 = \frac{E - U_{BE}}{I_b + I_A} \approx \frac{E}{I_b + I_A}; R_2 = U_{BE} / I_b \quad (11.8)$$

Bunda: E - manbaning EYuK.

U_{BE} - asos va emitter orasidagi kuchlanish, I_A - asos toki, I_b - bo'laklagich toki.

Kondensator S kuchaytirgichning kirishiga kirish signalining faqat o'zgaruvchan tashkil etuvchisini o'tkazadi. Rezistor R_{yu} kollektorning yuklanishi bo'lib, chiqish signalini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Kirish signali o'zgarganda, kollektor toki va yuklanishda tushadigan kuchlanish o'zgaradi. Natijada chiqish signali U_{chiq} ham o'zgaradi. Tranzistorning temperaturasi o'zgarsa, uning toki ham o'zgaradi. Masalan, temperatura oshgan sari tranzistorning toki ham oshadi. Natijada tranzistorning ish rejimi o'zgaradi. Temperaturaning o'zgarishini tranzistorning ish rejimiga ta'sirini kamaytirish

uchun temperaturali stabilizatsiya qo'llaniladi. Keltirilgan sxemada bu vazifani rezistor R_e bajaradi. Bu rezistorda tushadigan kuchlanish $U_e = I_e \cdot R_e$ va bo'laklagichdagi kuchlanish $U_b = I_b \cdot R_2$ o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning uchun asosning siljish kuchlanishi ularning ayirmasiga teng bo'ladi: $U_{AE} = U_b - U_e$.

Demak rezistor R_e doimiy tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanishni hosil qiladi. Masalan, temperatura oshganda tranzistorning toki ham oshib, kuchlanish U_e ni oshiradi. Bu esa asosning siljish kuchlanishini, tranzistorning tokini ham kamaytiradi. Kondensator rezistor ga parallel ulanib, o'zgaruvchan tok bo'yicha teskari bog'lanishni yo'q qiladi. Kuchaytirayotgan signalning ishchi chastotalari uchun kondensatorning qarshiligi ancha kichik bo'lishi kerak, ya'ni kondensator ikkinchi kaskadning kirishiga birinchi kaskadning chiqish signali faqat o'zgaruvchan tashkil etuvchisini o'tkazib berishiga xizmat ko'rsatadi. Keltirilgan kaskadni grafik bo'yicha hisoblash mumkin. Bunda umumiy emitter bilan sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish va chiqish tavsiflaridan foydalaniladi. Yuklanishning qarshiligi va manbaning kuchlanishi ma'lum bo'lgach yuklanish chizig'ini chizamiz. Manbaning kuchlanishi kollektorli o'tishda va rezistor da tushadi:

$$E_k = U_{kE} + I_k R_k \quad (11.9)$$

Bunda; U_{kE} - kollektorli o'tishda tushadigan kuchlanish.

Kollektor toki nolga teng bo'lganida $I_k = 0$,

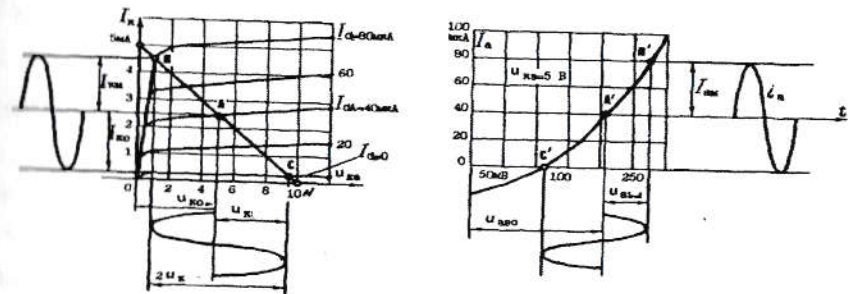
$$E_k = U_{kE} + I_k R_k = U_{kE}$$

hamma kuchlanish kollektorli o'tishda tushadi. Kuchlanish U_{kE} nolga teng bo'lganida $U_{kE} = 0$:

$$E_k = U_{kE} + I_k R_k = I_k R_k, \quad I_k = \frac{E_k}{R_k} \quad (11.10)$$

Kuchlanish U_{kE} ni absissa o'qiga va tok I_k ni ordinata o'qida masshtab bo'yicha qo'yib, N va M nuqtalarni topamiz va nuqtalardan o'tadigan to'g'ri chiziq

yuklanish chizig'i deyiladi (11.2-rasm). Bu chiziq tranzistorning chiqish tavsiflarini kesib o'gadi. Chiqish signalining buzilishlari minimal bo'lishi shartiga ko'ra yuklanish chizig'ida ishchi qismini tanlaymiz. Buning uchun chiqish tavsiflari bilan yuklanish chizig'ining kesib o'tish nuqtalari o'sha tavsiflarning to'g'ri chiziqli qismlarida bo'lishi kerak. Bu talabga yuklanish chizig'ining bir qismi to'g'ri keladi. Kirish signali sinusoidal shaklda bo'lganida ishchi nuqta o'sha qismning o'rtasida bo'ladi (A nuqta). VA bo'lakning ordinata o'qiga tushgan proektsiyasi kollektor kuchlanishi o'zgaruvchan qismining amplitudasini aniqlaydi. Ishchi nuqta A harakatsizlik rejimiga muvofiq bo'lgan kollektor tokini va kollektor kuchlanishini aniqlaydi. Chiqish tavsiflarining AV va S nuqtalariga kirish tavsifidagi nuqtalar to'g'ri keladi (11.2,b-rasm). Biz yuqorida kuchaytirgichning rejimidagi ishini muhokama qildik. Bu rejimda asosga beriladigan siljish kuchlanishi kirish signalining amplitudasidan, kollektorning harakatsiz toki kollektor tokining amplitudasidan katta bo'ladi. Bu rejimda signalning buzilishlari eng kichik bo'ladi, lekin foydali ish koeffitsiyenti ham eng kichik bo'lib, 40% dan ortmaydi. Bu rejimda kuchlanish kuchaytirgichlari va kichik quvvatli chiqish kaskadlari ishlaydi.

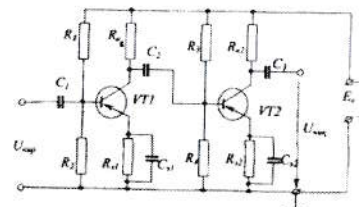


11.2-rasm. Umumiy emitter bilan ulangan tranzistorning kuchaytirgich kaskadidagi ishi: tranzistorning chiqish tavsiflari va tranzistorning kirish tavsiflari

III. Ko'p kaskadli tranzistorli kuchaytirgichlar

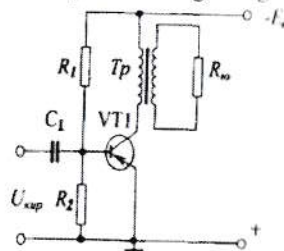
Kerakli kuchaytirish koeffitsiyentini olish uchun bitta kaskad yetarlibo'lmasa, ko'p kaskadli kuchaytirgichlar ishlatiladi. Bunda oldingi kaskadning chiqish signali keyingi kaskadning kirishiga beriladi. Rezistor-sig'im bog'lanishli ikki kaskadli

tranzistorli kuchaytirgichning sxemasi 11.3-rasmda keltirilgan. Birinchi kaskadda kondensator C, o'sha kaskadning chiqish signalining faqat o'zgaruvchan tashkil etuvchisini ikkinchi kaskadning kirishiga uzatib beradi. Kondensator C, ikkinchi kaskadning chiqish signalining o'zgaruvchan tashkil etuvchisini yuklanishga uzatib beradi. Bitta



11.3-rasm. Rezistor-sig'im bog'lanishli ikki kaskadli tranzistorli kuchaytirgich

kaskadning kuchlanish va tok bo'yicha kuchaytirgich ko'effitsiyent 10-20 ga teng. Demak, quvvat bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti 100-400 teng bo'lishi mumkin.



1.4-rasm. Bir taktli quvvat kuchaytirgich

Past chastotali kuchaytirgichning chiqish kaskadi. Chiqish kaskadi sifatida odatda quvvat kuchaytirgichlar ishlatiladi. Unga elektromagnit rele, elektrodvigatel yoki boshqa bir bajaruvchi mexanizmning yuklanishi bo'lishi mumkin. Tranzistorli quvvat kuchaytirgichlar bir taktli va ikki taktli bo'lishi mumkin. Bir taktli quvvat kuchaytirgich chiqish quvvati 3-5 W dan oshmaganda ishlatiladi. Umumiy emitter bo'yicha yig'ilgan bir taktli quvvat kuchaytirgichi 11.4-rasmda keltirilgan. Har qanday quvvat kuchaytirgich yuklanishida maksimal quvvatni ajratish lozim.

Bir taktli quvvat kuchaytirgichlarni hosil qilish uchun elektr signallar manbaining ichki qarshiligi (tranzistor-kollektor o'tishining qarshiligi) yuklanishning qarshiligiga teng bo'lishi kerak, ya'ni bu ikkita qarshilikni bir-biriga moslashtirish uchun moslashtiruvchi transformator qo'llaniladi. Har bir yuklanish uchun transformatorning transformatsiya ko'effitsiyent shunday bo'lishi lozimki, bunda yuklanishda maksimal quvvat ajralishi kerak. Ma'lumki, transformatorning

transformatsiya ko'effitsiyenti $U_2 = K_T$ va $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{K_T}$ demak, $U_1 = U_2$ $I_1 = \frac{I_2}{K_T}$

ga teng bo'ladi. Shunday qilib,

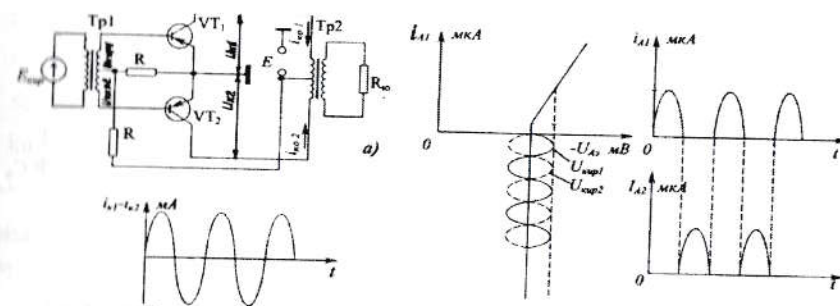
$$R'_{yu} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1 K_T}{\frac{I_2}{K_T}} = \frac{U_1}{I_2} K_T^2 = R_{yu} K_T^2 \quad (11.11)$$

Bunda: U_1 va U_2 - transformatorning birlamchi va ikkilamchi kuchlanishlari; I_1 va I_2 - transformatorning birlamchi va ikkilamchi zanjirlaridagi toklari; K_T - transformatorning transformatsiya ko'effitsiyenti, R'_{yu} - birlamchi zanjirga keltirilgan yuklanishning qarshiligi.

Agar $R'_{yu} = R_u$ ga teng deb hisoblansa,

$$K_T = \sqrt{\frac{R}{R_{yu}}} \quad (11.12)$$

Kattaroq chiqish quvvatini olish uchun ikki taktli kuchaytirgichlar qo'llaniladi (11. 5-rasm). Sxema ikkita bir xil taktli kuchaytirgichlardan iborat. Bu kuchaytirgichlarning afzalliklari ayniqsa tranzistorlarning rejimda ishlashida yuzaga chiqadi. Kirish signallari va faza bo'yicha 180° ga siljigani uchun kollektor zanjirlardagi toklar galma-gal paydo bo'ladi. Natijada ikki taktli kuchaytirgichning chiqish quvvati bir taktli kuchaytirgichning chiqish quvvatiga nisbatan ikki baravar katta.



11. 5-rasm. Ikki taktli quvvat kuchaytirgichning sxemasi, va ish grafi

Kollektor toklarining doimiy tashkil etuvchilari transformator birlamchi chulg'amining o'rta nuqtasidan qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan. Shuning

uchun bu toklar o'zakda hosil qilgan doimiy magnit oqimlarning ishoralari har xil bo'ladi va natijaviy magnit oqim nolga teng, ya'ni transformatorida doimiy yana magnitlash bo'lmaydi. Bu esa transformatorning gabaritlarini, og'irligini va narxini kamaytirishga imkon beradi.

IV. Elektron generatorlar

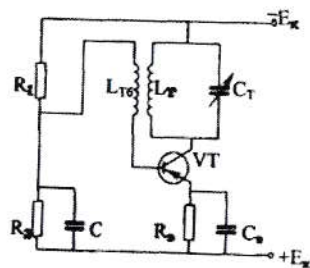
O'zgaras tok manbaining elektr energiyani kerakli shaklli va chastotasi so'nmas elektr tebranishlarga aylantiradigan tuzilishga elektron generator deyiladi.

Qo'zg'atish usuli bo'yicha generatorlar mustaqil qo'zg'atishli (avtogeneratorlar) va o'z-o'zini qo'zg'atishli generatorlarga ajraladi. Mustaqil qo'zg'atishli generatorlar chetki manbalarning tebranishlarini kuchaytiradi. Avto-generatorlar musbat teskari bog'lanish yordamida so'nmas tebranishlarni hosil qiladi. Avtogeneratorlar sinusoidal tebranishli va impulsli generatorlarga ajraladi. Sinusoidal tebranishli generatorlar va turlar avtogeneratorlarga bo'linadi.

LC tranzistorli avtogeneratorlar

Induktiv bog'langan tranzistorli avtogeneratorning sxemasi 11.6-rasmda keltirilgan. Kondensator C_m va g'altak L_T parallel tebranishli konturni hosil qiladi. Kondensator C_m rezistor R_E , tranzistor V_T , orqali zaryadlanadi. Zaryadlangan kondensator g'altak orqali razryadlanadi va konturda chastotali so'nmas elektr tebranishlar hosil bo'ladi. Tebranishlarning chastotasi konturning parametrlari bilan aniqlanadi:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



11. 6-rasm. Tranzistorli generatorning sxemasi

Teskari bog'lanishli g'altak L_{TB} va tebranish konturining g'altagi yonma-yon joylashadi yoki ikkalasi bitta qolipda o'ralgan bo'ladi. Shuning uchun teskari bog'lanishli g'altakda ham f_0 chastotali o'zgaruvchan kuchlanish hosil bo'ladi. Bu kuchlanish tranzistorning emitter-asos zanjiriga beriladi. Buning natijasida kollektor toki ham f_0 chastotasi bilan tebranadi.

Teskari bog'lanish musbat bo'lgani uchun kollektor tokning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi konturdagi tebranishlarni kuchaytiradi. Bu esa g'altak L_{TB} orqali tranzistorning kirish o'zgaruvchan kuchlanishini orttiradi. Buning natijasida kollektor toki yana ko'payadi va hokazo.

Konturda so'nmas tebranishlar o'rnatilishi uchun musbat teskari bog'lanish kerakli darajada kuchli bo'lishi kerak. Shuning uchun kollektor tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchisi katta bo'lib, konturdagi isroflarni qoplashi kerak.

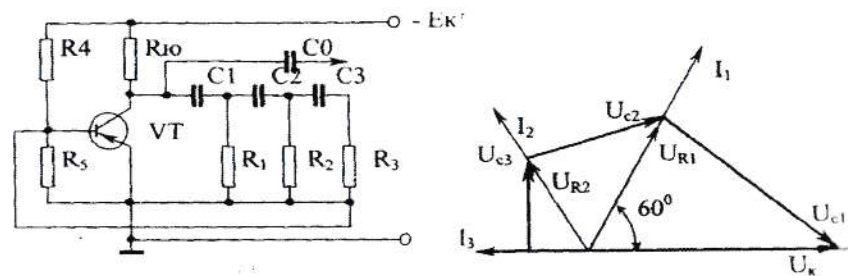
RC tranzistorli avtogeneratorlar

Avtogeneratorlar chastotasi 20 kHz dan ko'proq tebranishlarni hosil qilish uchun qo'llaniladi, chunki 20 kHz dan pastroq chastotalarda LC tebranishli konturning gabaritlari katta bo'lib ketadi. RC generatorning eng sodda sxemasi 11.7-rasmda keltirilgan. Tebranish konturining o'rniga bu sxemada rezistor ulangan (kollektor yuklanishi). Musbat teskari bog'lanish 3 ta RC zanjir yordamida bajariladi. Soddalashtirish uchun navbatdagi zanjirlardagi tokni avvalgi zanjirdagi tokka nisbatan hisobga olmaslik mumkin. Kollektor kuchlanishi sig'imli va aktiv kuchlanishlardan tashkil etiladi. Tok, faza bo'yicha sig'imli kuchlanishni 90° ga o'zib ketadi, aktiv kuchlanish bilan esa mos keladi. Rezistor, va kondensator, kattaliklarini shunday tanlash mumkinki, kuchlanish va kollektor kuchlanishi orasida faza siljishi 60° ga teng bo'ladi (11.7-rasm). Rezistor va kondensator kattaliklarni shunday tanlash mumkinki, kuchlanishlar va orasidagi faza siljishi 60° ga teng bo'ladi. Natijada kuchlanishlar va orasidagi faza siljishi 180° ga teng bo'lar ekan.

Shunday qilib, chiqish kuchlanishi U_{R3} kirish kuchlanishi U_k ga aks fazada bo'lib qoladi, ya'ni musbat teskari bog'lanish hosil qilinadi. Agar $C_1 = C_2 = C_3 = C$,

$R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = R$ sharti bajarilsa, generatorning tebranish chastotasi

$f_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{6RC}$ ifoda bo'yicha topiladi.



11.7-rasm. Tranzistorli generatorning sxemasi va vektor diagrammasi

11-Mavzuga doir nazorat savollari

1. Kuchaytirgichning vazifasi nimadan iborat?
2. Qanday kuchaytirgichlarni bilasiz?
3. Kuchaytirgichlarning qanday parametr va xarakteristikalarini bilasiz?
4. Elektron generatorlarning vazifasi nimadan iborat?
5. Qanday elektron generatorlarni bilasiz?
6. Elektron generatorning sxemasini chizib, ishlashini tushuntirib bering.
7. Kuchaytirgichlarning amplituda-chastotaviy xarakteristikalarini tushuntiring?
8. Quyi chastota kuchaytirgich qanday hosil qilinadi?
9. Yuqori chastota kuchaytirgich qanday hosil qilinadi?

12-MAVZU: ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI.

Reja:

1. Elektron hisoblash mashinalari haqida umumiy ma'lumot;
2. Qalin qatlamli integrallli mikrosxemalar
3. Yupqa qatlamli integrallli mikrosxemalar
4. Yupqa qatlamli integrallli mikrosxemalar

5. Integrallli mikrosxemalarning shartli belgilanishi va ularning qo'llanilishi

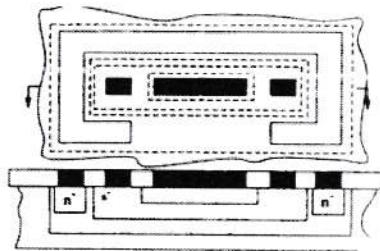
1. Elektron hisoblash mashinalari haqida umumiy ma'lumot

Elektronikaning rivojlanishida asosiy yo'nalishlardan biri bu elektron apparaturaning massasini va o'lchamlarini kamaytirishdir. Bu yo'nalishda katta o'zgarishlar intefal mikrosxemalari bilan bog'langan. Integral mikrosxemalar bitta texnologiya jarayonida tayyorlanadi va aniq ishni bajarish uchun chiqariladi. Masalan, integral sxemalar sifatida bitta yarimo'tkazgichli kristallda yoki yupqa qatlamda har xil kuchaytirgichlar, impulsli generatorlar, hisoblash texnikasining sxemalari tayyorlanadi. Bunda rezistorlar, kondensatorlar, induktivli g'altaklar elektron sxemalarining passiv elementlari, diodlar, tranzistorlar, tiristorlar esa aktiv elementlar bo'ladi. Intefal mikrosxemalarda o'nlab va yuzlab passiv va aktiv elementlar bo'lishi mumkin. Intefal mikrosxemaga (IMS) kiradigan qismlar element yoki komponent (tarkibiy qism) deyiladi. Element IMS ning bir qismi bo'ladi, lekin uni mustaqil buyum deb hisoblamaydi. Komponent esa IMS ning bir qismi bo'lib, uni mustaqil buyum deb hisoblash mumkin. Masalan, yarimo'tkazgichli IMSlarda bu element tranzistor bo'ladi, gibridli IMS da tranzistor komponenti deyiladi. IMS ning rivojlanish darajasi integratsiya darajasi deyiladigan ko'rsatkich bilan aniqlanadi. IMSga kiradigan hamma elementlarning va komponentlarning yig'indisi intefatsiya sathi deyiladi. Integratsiya sathidan olingan o'nli logarifmning butun songacha yaxlitlangani integratsiya darajasi deyiladi: $K = \lg N$ va IMS ning murakkabligini tavsiflaydi. Shu formulaga muvofiq IMS da element va komponentalari uchun $N=10$ bo'lsa integratsiya darajasi $K=1$, $N=(11-100)$ bo'lsa $K=2$, $N=(101-1000)$ bo'lsa $K=3$ va h.k. Tayyorlash texnologiyasiga Karaganda IMS lar yarimo'tkazgichli, yupqa va qalin qatlamli, duragayli IMS larga ajratiladi.

Yarimo'tkazgichli integrallli mikrosxemalar. Yarimo'tkazgichli IMS larni bitta kristallning mikrosohalariga aralashmalarni kiritib tayyorlaydi. Xozirgi texnologiya kristallning yuzasidagi hamma passiv va aktiv elementlarning

to'plarnini va ular orasidagi ulanishlarni yaratishga imkon beradi. Yarimo'tkazgichli IMS larni tayyorlash uchun qalinligi 30-50 mkm va diametri 60-100 mm negizini tashkil qiladigan kremniy plastinalar ishlatiladi. Shu negizlarning yuzasida yoki hajmida yarimo'tkazgichli IMSlarning elementlari yaratiladi.

Yarimo'tkazgichli IMS larni ishlab chiqarishda kremniyni ishlatishga sabab shundaki, u yuqori haroratlarda ham yarimo'tkazgichli xossalarni saqlab qoladi. Bundan tashqari, kremniy plastina kislorodli muhitda qizitilganda, uning yuzasida SiO_2 qatlarni hosil bo'ladi. Bu qatlam kristalni va unda yaratilgan har xil elektr o'tkazuvchanlik sohalarini iflos bo'lishidan himoya qiladi va sxemalarda dielektrik vazifasini bajaradi. Negizda IMSlarning elementlarini yaratish planar texnologiyaga asoslangan. Bu texnologiya usuli birdaniga bir necha o'n negizlarni ishlab chiqarishga imkon



12.1-rasm. Ko'p qutubli tranzistorlarning ko'ndalang kesimi

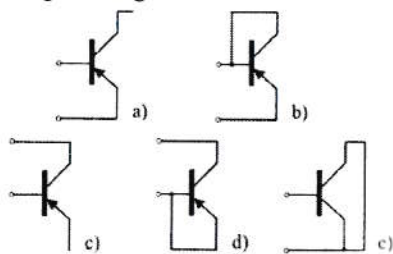
beradi. Xar bir negizda bir necha yuz va minglab yarimo'tkazgichli IMS lar tayyorlanadi. Guruhli tayyorlash ishlab chiqarishning tejamligini va standart izatsiyani ta'minlaydi. Planar texnologiya bo'yicha tayyorlangan elementlar yassi tuzilishga ega bo'lib, ularning kontaktlari negizning bitta tekisligiga chiqadi.

Tayyorlash texnologiyasi sikli yakunlanganda negizlar olmosli kesish asbobi

yoki lazerli nur yordamida alohida kristallarga kesiladi. Har bitta kristall yarimo'tkazgichli IMS bo'ladi.

Kristalla elementlar o'zaro teskari kuchlanishga ulangan p-n o'tishlar bilan izolyatsiyalanadi. Qo'sh qutbli

tranzistorning ko'ndalang kesim 12.1-rasmda ko'rsatilgan. Emitter va asosning to'g'ri burchak shaklida qilinganligi kristall yuzasidan tejimli



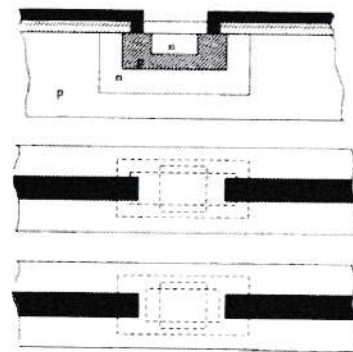
12.2-rasm. Integralli qo'sh qutubli tranzistorlarni diodlar sifatida qo'llash sxemalari

foydalanishni ta'minlaydi. Kollektorli sohada kontakt tug'ri burchakli ramka shaklida qilinadi. Faqat ramkaning bir tomonida yoriqsimon joy qilingan, bu joydan asos va emitting kontaktlariga metall yo'li o'tkaziladi. Hamma p-n o'tishlarning chegaralari plastinaning yuzasiga oksidli qatlamning tagidan chiqadi (12.1-rasmda punktirli liniyalar). Tranzistorlarning bir necha p-n o'tishlari bilan ko'p qatlamli tuzilishlari kremniy kristalining mikrosohalariga donorli yoki akseptorli aralashmalarni diffuziya qilib tayyorlanadi. Odatda diodlar sifatida tranzistorlarning emitterli yoki kollektorli o'tishlaridan foydalaniladi. Integral tranzistorlarni diodlar sifatida qo'llanilish sxemalari 12.2-rasmda keltirilgan. Kollektorli o'tishda asoslangan diodlarning teskari kuchlanishlari eng yuqori bo'ladi (12.2-rasm). Emitterli O'tishda asoslangan diodlarning teskari toki eng kichik, tezkorligi katta bo'ladi.

12.2-rasmdagi a, d- diodlar sifatida kollektorli o'tishda ishlatiladi. b,c,e-diod sifatida emitterli o'tish sifatida ishlatiladi.

Integralli rezistor ingichka yarimo'gkazgichli qatlam bo'lib, u kristallning mikrosohalarida diffuziya jarayonida tayyorlanadi. Ular odatda tranzistorlarning sohalari bilan birga tayyorlanadi. Kichik qarshilikli rezistorlarni emitterni, o'rtacha

qarshilikli rezistorlarni asosni, katta qarshilikli rezistorlarni esa kollektorni tayyorlash vaqtida hosil qilinadi. 12.3-rasmda asosni tayyorlash vaqtida hosil qilingan rezistor ko'rsatilgan. p-xil qatlam izolyatsiya uchun ishlatiladi, chuqurligi taxminan 3 mkm, n-xil qatlam rezistorning qarshiligini aniqlaydi. Kollektorli qatlamda asoslangan rezistorning tuzilishi 12.3-rasmda ko'rsatilgan. Epitaksialli qatlamning

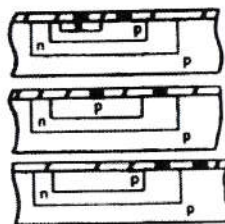


12.3-rasm. Diffuzion rezistorlar

qatlinligini o'zgartirib, har xil qarshilikli rezistorlarni olish mumkin. Diffuzion rezistorlarning temperaturali qarshilik koeffitsiyenti ancha katta bo'ladi.

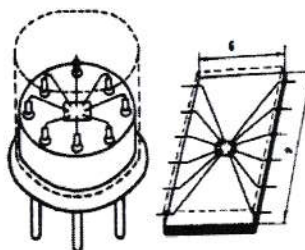
Rezistorlarning maksimal kuchlanishi p-n o'tishning teshilish kuchlanish bilan chegaralangan. Rezistorlarning maksimal quvvati 0,1-0,25 W bo'ladi.

O'zgaruvchan qarshilik sifatida maydonli tranzistori ishlatish mumkin. Qulfdagi kuchlanish o'zgarsa, kanalning qarshiligi o'zgaradi. p-n o'tishning teskari qarshiligi yuqori qarshilikli rezistor bo'lishi mumkin. Integralli kondensatorlarni qo'sh qutbli tranzistorlarning emitter - asos, kollektor va kollektor - negiz p-n o'tishlaridan foydalanib hosil qilish (12.4-rasm) mumkin. Emitter asos p-n o'tishdan foydalanib tayyorlangan kondensatorning sig'imi eng katta bo'lib, teshilish kuchlanishi eng kichik bo'ladi (bir necha voltga teng). Kollektorli o'tishda hosil qilingan kondensatorning sig'imi taxminan olti baravar kichik bo'lib, uning teshilish kuchlanishi bir necha voltga yetadi.



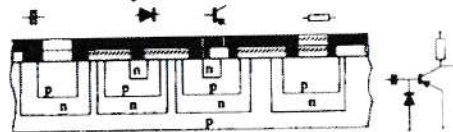
12.4- Integralli kondensatorlar

Bunday kondensatorlarni o'sha negizda joylashgan boshqa elementlardan izolyatsiya qilish kerak. p-n o'tishlarga asoslangan kondensatorlarning kamchiliklari shundaki, ularning tranzistorlarga nisbatan egallaydigan yuzasi ancha katta bo'lib, sig'imi kuchlanishga bog'langan. Shu sababli kondensatorlar IMS larda kam ishlatiladi. Kondensatorlardan ham kam IMS induktivliklar ishlatiladi, chunki ularni tayyorlash juda qiyin. Masalan, 20 ta o'ramli, diametri 0,8 mm spiralning induktivligi 80 mHz chastotada 4,5 mkHz ga teng bo'lar ekan.



12.5-rasm. IMS ning montaji

Hamma elementlarni tayyorlagandan keyin ularni o'zaro ulash kerak. Tanasining tashqi qismlari bilan ulash uchun kontaktam maydonchalar hosil qilinadi. Buning uchun oksidlangan kremniyli taxtacha ustiki qalinligi 0,5-2 mkm aluminii bilan qoplanadi.



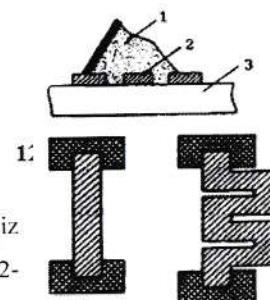
Maxsus usullar yordamida oxirgi operatsiyadan keyin aluminii keraksiz joylarda yediriladi. Tanasining

12.6-rasm. Yarimo'tkazgichli IMS ning qismi

qismlari va kontaktli maydonlar diametri 30 mkm oltin simlar bilan ultratovushli yoki termokompressionli payvandlash yordamida ulanadi. 12.5-rasmda IMS ning montaji, 12.6-rasmda IMS ning qismi (tranzistorli ochqich) ko'rsatilgan.

II. Qalin qatlamli integralli mikrosxemalar

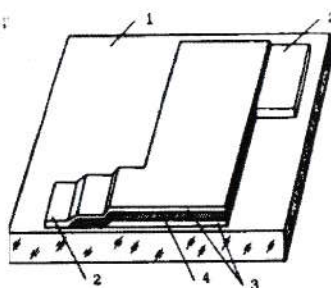
Qatlamning qalinligi 1 mkm dan ko'prok bo'lsa, qalin qatlam deb hisoblanadi. Ko'pincha bir necha o'nlab mikrometr qalinlikdagi qatlamlar qo'llaniladi. Qalin qatlamli sxemalarni tayyorlashda negiz sifatida maxsus shisha (sital), keramika yoki kvarts ishlatiladi. He gazning ustiga trafaretli bosma usul bilan pastki qatlarni qo'yiladi (12.7-rasm). Trafaret olingandan keyin negiz va uning ustiga solingan rasm 600 - 900° C da pishiriladi. Natijada negiz ustida trafaret shaklida qatlam hosil bo'ladi. (1-pasta, 2-trafaret, 3-negiz) Qatlamning qalinligi trafareta qilingan folganing qalinligiga bog'liq olingan rasmning ustiga boshqa trafaret yotqiziladi va boshqa pasta bilan yangi qatlam qo'yiladi. Murakkab sxemalar tayyorlashda bu jarayonlar ko'p marta takrorlanishi mumkin. Sxemalar parametrlarning aniqligini va takrorlashini ta'minlash, mehnat unumini oshirish uchun bu jarayon avtomatlashtirilgan. Qalin qatlamli rezistorlar kumush, palladiy va shisha kunlar aralashmasidan tayyorlanadi (12.8-rasm. Kichik va katta qarshiliklar). Shishaning tarkibini o'zgartirib pastaning qarshiligini o'zgartirish mumkin. Shishaning tarkibi ko'paysa, rezistorning qarshiligi ortadi. Tuzilishi bo'yicha qatlamli rezistorlar to'g'ri burchak shaklida tayyorlanadi. Qalin qatlamli rezistorlarning qarshiligi tokning chastotasi ortgan sari kamayadi. Qalin qatlamli kondensatorlar o'tkazgichli va dielektrikli pastalar bilan hosil qilinadi (12. 9-rasm. 1-negiz, 2-kontaktli maydoncha, 3-o'tkazgichli qatlam, 4-dielektrikli qatlam). Dielektrikli pastani tayyorlash uchun boriy titanati va segnetokeramik kukunlar ishlatiladi. Qalin qatlamli kondensatorning parametrlari ataoil va geshilish kuchlanishi katta (500 V/mm gacha) bo'ladi.



12.8-rasm. Qatlamli rezistorlar

Katta sig'imli kondensatorlar, induktivlik g'altaklari va transformatorlar qalin qatlamli sxemalarda osma holatda qilinadi.

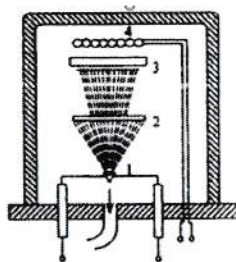
O'tkazgichlar va kontaktli maydonchalarning pastasi yuqori o'tkazuvchanlikli metallarning kukunlaridan (oltin, platina va shisha yoki kumush, palladiy va shisha) tayyorlanadi. Shisha qatlamni negiz bilan tirkash uchun qo'shiladi. Tayyor sxema germetik tanaga joylashtiriladi va kompaund bilan qo'yiladi.



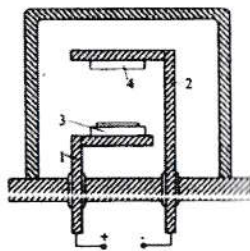
12.9-rasm. Qalin qatlamli kondensator

III. Yupqa qatlamli integralli mikrosxemalar

Qalinligi mikrometrlarning uninchi va yuzinchi ulushlariga teng qatlamlar yupqa qatlamlar deb hisoblanadi. Yupqa qatlamni negizga qo'yish uchun vakuumli changitish, katodli purkash, kimyoviy cho'ktirish usullari qo'llaniladi. Vakuumli changitishda bug'lanayotgan metall negiz yuzasida kondensatsiya qilinib, yupqa qatlam hosil qiladi. Qatlam va negiz o'zaro maxkam ulanishi uchun negiz isitgich bilan isitiladi. Negiz bilan metall orasida o'rnatilgan ekran negizga tushmagan molekulalarni o'ziga tortadi. Metall va trafaretlarni almashtirib operatsiyalarning bitta siklida ko'p miqdorda o'tkazgichlar, rezistorlar va sig'imlarni tayyorlash mumkin (12.10-rasm. 1-bug'lantiriladigan metall, 2-ekran, 3-negiz, 4-negizning isitgichi). Katodli purkashda vakuumli kamerada inertli gaz bir necha ming volt kuchlanish ta'sirida ionlashadi. Musbat ionlar katta tezlik bilan katodga urilib undan molekulalarni



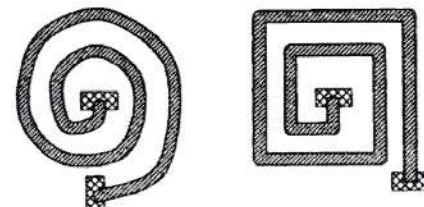
12.10-rasm. Vakuumli changitish sxemasi



12.11-rasm. Katodli purkash sxemasi

chiqaradi. Bu molekulalar negizida yupqa qatlam hosil qiladi (12.11-rasm. 1-anod, 2-katod, 3-negiz, 4-metall).

Negiz ko'pincha shisha, sopol, sitaldan tayyorlanadi. Negizning yuzasi sillik bo'lishi kerak, chunki qatlamning qalinligi unga bog'liq. Rezistorlarni tayyorlash uchun tantal, titan, nixrom, uglerod va kremniy ishlatiladi. Qarshiliklarning o'zgarish chegarasini kamaytirish uchun tayyor rezistorlar unga moslashtiriladi. Buning uchun havo oqimi va lazer nuri eng ko'p qo'llaniladi. Yupqa qatlamli rezistorlarning shakli qalin qatlamli rezistorlarning shakliga o'xshaydi.



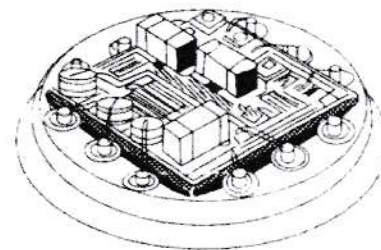
12.12-rasm. Yupqa qatlamli induktivlik

Yupqa qatlamli kondensatorlar ko'pincha uch qatlamli bo'ladi, o'tkazgich-dielektrik - o'tkazgich. O'tkazgichlar aluminiy va misdan tayyorlanadi. Dielektrik sifatida metallarning oksidlari ishlatiladi. Masalan, SiO_2 , TiO_2 va oson eriydigan shishalar. Ularning qalinligi taxminan 0,05 mkm ga teng.

Yupqa qatlamli induktivliklar dumaloq yoki spiral shaklida nikel, kumush yoki xromdan tayyorlanadi (12.12-rasm). Yupqa qatlamli induktivliklarning sochilish induktivligi va egallaydigan maydoni katta bo'lgani uchun kam qo'llaniladi.

IV. Duragayli integralli mikrosxemalar

Duragayli IMS larda passiv elementlar va hamma ulanishlar qatlam shaklida tayyorlanadi, aktiv elementlar esa yarimo'tkazgichli asboblardan bo'lib, qatlamning ustida joylashadi (12.13-rasm). Osma ko'rinishda katta sig'imli kondensatorlar, g'altaklar va transformatorlar ham tayyorlanadi. Qatlamli shaklda passiv elementlar qalin



12.13-rasm. Duragayli mirosxema

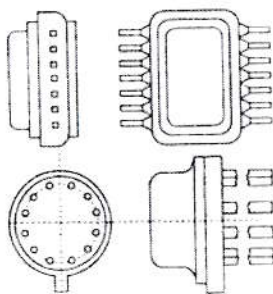
qatlamli yoki yupqa qatlamli texnologiya bo'yicha tayyorlanadi. Osmali elementlarning o'lchovlari imkoni boricha kichik qilib olinadi. Masalan, diodlar va tranzistorlarning hajami taxminan bir millimetr kubga teng bo'ladi.

Mikroshemalarning ishonchliligini ta'minlash va xususiy shovqinlarni kamaytirish uchun kontaktli ulashlarning sifatini yaxshilash kerak. Yaxshi kontakt bo'lishi uchun lazerli texnika, termokompressiya va ultratovush payvandlash qo'llaniladi. Bunda osmali elementlarning simlari negizning metall maydonchalari bilan ingichka oltin yoki zarhallangan simlar bilan ulanadi. Yig'ilgan duragayli mikroshema metall yoki plastmassa tanaga joylashtiriladi.

IMS larni changdan, namlikdan, mexanik ta'sirlardan himoya qilish uchun ular germetizatsiya qilinadi. Bu esa ularning ishlash ishonchligini orttiradi. IMS larni germetizatsiya qilish uchun izolyatsiya materiallari ishlatiladi yoki kristallarni germetizatsiyalangan tanasining ichiga joylashtiriladi. Izolyatsiya materiali bilan germetizatsiya qilish uchun yarimo'tkazgichli kristall yoki duragayli IMS ning negizi organik dielektrikning katlarni bilan qoplanadi. Lekin o'ta namlikda izolyatsiya materiallari IMS larni himoya qila olmaydi. Kristallni (negizni) germetizatsiyalangan tanasiga joylashtirish eng ishonchli usul deb hisoblanadi (12.14-rasmda IMS larning to'g'ri burchakli va dumaloq shakli ko'rsatilgan). IMS larning metall-shishali, metall-sopolli, sopolli va plastmassali bo'lishi mumkin.

V. Integrallli mikroshemalarning shartli belgilanishi va ularning qo'llanilishi

IMS larning shartli belgilari to'rtta asosiy elementdan iborat. Birinchi - raqam: 1,5,7 - yarimo'tkazgichli, 2, 4, 6, 8 - duragayli, 3 - boshqa IMS larning belgilari. Ikkinchi element uchta (000 dan 999 gacha) yoki ikkita (00 dan 99) raqamlardan iborat bo'lib seriyaning tartib nomerini ko'rsatadi. Shunday qilib, birinchi va



12.14-rasm. IMS larning tanalari

ikkinchi elementlar tashkil qiladigan raqam IMS ning seriyasini belgilaydi. Keng qo'llaniladigan IMS larning shartli belgisining boshida K harfi qo'yiladi. Uchinchi element ikkita harfdan iborat bo'lib, mikroshemaning funksional vazifasini belgilaydi. To'rtinchi element mikroshemani shu seriyada tayyorlash tartib nomerini ko'rsatadi. Masalan, K144IR1P - bu yarimo'tkazgichli IMS da tashkil qilingan rezistor, shu seriyada 1-tayyorlash tartib nomeri, shakli to'rt burchakli, plastmassali.

IMS larning o'lchamlari va massasi kichik, ishonchliligi katta, yuqori stabillik, elektr energiyani kam iste'mol qilgani uchun, ular avtomatikada, hisoblash texnikasida, radio va televizion aloqada, har xil ilmiy-tekshirish ishlarida keng qo'llaniladi. IMS lar mikroprotsessorlarni yaratishga asos bo'ladi.

12-Mavzuga doir nazorat savollari

1. Elektron hisoblash mashinalari qo'llanilish sohasini ayting?
2. Qalin qatlamli integrallli mikroshemalarni hosil qilish jarayoni va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
3. Yupqa qatlamli integrallli mikroshemalarni hosil qilish jarayoni va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
4. Duragayli integrallli mikroshemalarni hosil qilish jarayoni va ishlash prinsipini tushuntirib bering?
5. Mikroshemalarning shartli belgilanishini tushuntirib bering?

13-MAVZU: GARMONIK TEBRANISHLI GENERATORLAR. SIGNALLARNI O'ZGARTIRISH PRINSPI

Reja:

- I. LC- generatori va unda yuz beradigan fizikaviy jarayonlar;
- II. RC- generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi;
- III. Multivibratorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.

I. LC- generatori va unda yuz beradigan fizikaviy jarayonlar

Elektronika va signallarni qayta ishlashning ko'p sohalarida elektr tebranishlarni hosil qiladigan qurilmalar katta ahamiyatga ega. Bunday qurilmalar generatorlar deb ataladi. Generator deb, bir turdagi energiyani boshqa turdagi energiyaga aylantiradigan qurilmalarga aytiladi. Elektron generator deganda, o'zgaras tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantirib beradigan qurilma tushuniladi.

Ayrim hollarda maxsus rejimda ishlovchi yuqori chastotali katta quvvatli kuchaytirgichlar ham elektr signalli generatorlar deyiladi. Qurilmada hosil qilinadigan tebranishlarning chastotasi va shakli chiziqli bo'lmagan elementlar xususiyatlariga va qurilmaning sxemasiga bog'liq bo'ladi.

Generatorlar ishlab chiqaradigan tebranish shakliga qarab garmonik va garmonik bo'lmagan generatorlarga bo'linadi. Tebranishlarning shakli sinuslar yoki kosinuslar qonuni bo'yicha o'zgaradigan tebranish ishlab chiqaradigan generatorlar garmonik tebranish generatorlari deb, aks holda esa garmonik bo'lmagan yoki relaksatsion tebranish generatorlari deb ataladi.

Garmonik tebranish generatorlari past va yuqori chastotali generatorlarga bo'linadi. Ularga misol qilib, RC va LC generatorlarini ko'rsatish mumkin.

Generatorlarda tebranish hosil bo'lish hodisasiga generatsiya deyiladi. Generatorlar uyg'otilish usuliga qarab, tashqi va ichki turtki ta'sirida ishlovchi generatorlarga bo'linadi.

Tashqi turtki ta'sirida uyg'onadigan generatorlar asosan rezonans kuchaytirgichdan iborat bo'lib, aslida tebranish manbai bo'lmay balki kam quvvatli signalni kuchaytirib beradi. Ular yuqori chastotali generator hisoblanadi. Tebranish

chastotasi nagruzka konturining rezonans chastotasiga teng bo'lib, amplitudasi tashqi kuch bilan belgilanadi.

Ichki turtki ta'sirida uyg'onadigan generatorlar o'z-o'zidan tebranish hosil qiluvchi generator bo'lib, ular avtogeneratorlar deb ham ataladi. Ularda tebranish chastotasi va amplitudasi qurilmaning xususiy parametrlari orqali aniqlanadi.

Kuchaytirgichlarda musbat teskari bog'lanish bo'lganda kuchaytirish koef-fitsiyentining teskari bog'lanish parametri $K\beta$ ortishi bilan o'sishi va kuchaytirish jarayonini stabilligini kamayishi kuchaytirgichlar nazariyasidan bizga ma'lum. Ana shu nostabillik, o'z-o'zidan tebranish hosil bo'lishning zarur sharti deb qabul qilinadi. Haqiqatdan ham

$$\varphi_k + \varphi_\beta = 2\pi n \quad n=0,1,2,3... \quad K\beta=1 \quad (13.1)$$

shartlar bajarilganda kuchaytirgichning kuchaytirish koefitsiyenti K -cheksizlikka aylanadi. Bu sistemaga chekli amplitudali signal ta'sir etganda uning chiqishida cheksiz amplitudali tebranish hosil bo'lishi kerakligini ko'rsatadi. Lekin cheksiz amplitudali tebranish fizikaviy ma'noga ega emas. Shuning uchun (13.1) ifoda qurilmaning chiqishida chekli amplitudali tebranish hosil bo'lishi uchun kirish signalining hojati yo'qligini ko'rsatadi. Bu sistemaning o'z-o'zidan uyg'onishidir. Demak, har bir o'z-o'zidan uyg'onuvchi musbat teskari bog'lanishli kuchaytirgichdan iborat bo'lar ekan. Unda kirish signali vazifasini $U(t)$ teskari bog'lanish kuchlanishi bajaradi. Shunga ko'ra (13.1) ifoda generatsiya shartlari deb ataladi. Uning birinchi ifodasi fazalar balans yoki fazalar sharti deb, ikkinchisi esa amplitudalar sharti deb ataladi. $\kappa; \beta; \varphi$ kattaliklar chastotaga bog'liq miqdorlardir. Shuning uchun (13.1) shart yoki yakka chastota uchun yoki bir vaqtda bir nechta chastota uchun bajarilishi mumkin. Agar, ular yakka chastota uchun bajarilsa, generator garmonik tebranishlar hosil qiladi. Agar generatsiya shartlari bir nechta chastota uchun bajarilsa, garmonik bo'lmagan tebranishlar hosil bo'ladi. Bunda generator relaksatsion tebranish generatori bo'ladi. LC -generatori yuqori chastotali generator bo'lib, u induktiv musbat teskari bog'lanishli rezonans kuchaytirgichdan iborat. U tebranish konturidan tuzilganligi uchun LC-generatori

deb ataladi.

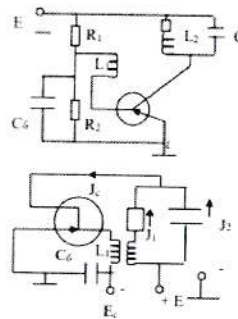
LC generatorida teskari aloqa tranzistorning baza zanjiriga ulangan induktivlik g'altagi yordamida amalga oshiriladi. Teskari bog'lanish zanjirini ulanish usuliga qarab, generatorlar induktiv va sig'im bog'lanishli generatorlarga ajratiladi.

LC- generatorning soddalashtirilgan prinsipial sxemasi 13.1-rasmda ko'rsatilgan. Unda teskari bog'lanish zanjiri sifatida transformatorning ikkinchi L_1 o'ramidan foydalaniladi. Rezonans vaqtida kontur sof rezistiv qarshilikdan iborat bo'ladi.

Kuchaytiruvchi elementdagi faza siljishi $\varphi_k = \pi$, teskari aloqa zanjiridagi faza siljishi esa L_1 va L_2 g'altaklarning o'ramlari yo'nalishiga bog'liq. Agar o'ramlar yo'nalishi $\varphi_\beta = \pi$ bo'ladigan qilib tanlansa, fazalar sharti bajariladi va generator rezonans chastotasiga yaqin tebranish ishlab chiqaradi. Uning garmoniklik darajasi konturning tanlash qobiliyati bilan belgilanadi. 13.1-rasmda bipolyar va maydon tranzistorlaridan yig'ilgan generator sxemalari ko'rsatilgan. Bipolyar tranzistorli sxemada nagruzka konturi maydonli tranzistor sxemadagidan kuchliroq shuntlanadi.

Generatorlardagi fizikaviy jarayonlarning mohiyatini aniqlash uchun maydon tranzistorida yig'ilgan sxemani ko'ramiz. Generatorda sodir bo'ladigan jarayonlar murakkab bo'lib, chiziqli bo'lmagan differentsial tenglamalar orqali ifodalanadi va ular taqribiy yechish usullaridan foydalanib yechiladi. Generatorlardagi tebranish jarayonlarining ixtiyoriy vaqt momentidagi holatini aniqlashda chiziqli bo'lmagan tenglamalarni yechishning aniq usullaridan foydalaniladi. Generatorning chiziqli nazariyasidan foydalanib tebranishlarni to'xtatish shartlarini aniqlaylik. Buning uchun nagruzka konturiga Kirxgof tenglamalarini qo'llab yozamiz:

$$\frac{L di_1}{dt} - \frac{1}{C} \int i_2 dt = i_1 R = 0 \quad i_c = i_1 + i_2 \quad (13.2)$$



13.1-LC generatorning sxemasi

Generatorida tebranish hosil bo'lish jarayonida konturning induktivlik tarmog'idagi tok asosiy hisoblanadi. Shuning uchun (13.2) tenglamani quyidagicha soddalashtirish mumkin:

$$LC \frac{d^2 i_1}{dt} + RC \frac{di_1}{dt} + i_1 = i_c \quad (13.2)$$

Generatorning boshlang'ich uyg'onish vaqtida tebranishlar amplitudasi kichik bo'lgani uchun tranzistorni chiziqli element deb qarasak, stok toki quyidagicha ifodalanadi.

$$i_c = S(U_z + DU_c) \quad (13.3)$$

$$\text{Bunda } U_z = M \frac{di_1}{dt} \text{ va } U_c = -(R_i + L \frac{di}{dt}) \quad (13.4)$$

(13.2) ifodadagi minus ishora U_z va U_c kuchlanishlarning qarama-qarshi fazada o'zgarishini ifodalaydi. (13.3) va (13.4) ifodalarni (13.2) tenglamaga qo'ysak (13.2) ifodadagi U_z va U_c kuchlanishlarning qarama-qarshi fazada o'zgarishini ifodalaydi.

$$\frac{d^2 i}{dt} + \frac{1}{L} \left[R - \frac{S(M-DL)}{C} \right] \frac{di}{dt} + \left(1 + \frac{R}{R_i} \right) \frac{1}{LC} i = 0 \quad (13.5)$$

Ko'rinishdagi (13.5) ikkinchi tartibli differentsial tenglama hosil bo'ladi.

Generatorni ekvivalent tebranish konturi bilan almashtirish mumkin.

$$\text{Uning parametrlari quyidagicha bo'ladi: } L_{ekv} = L, C_{ekv} = \frac{C}{1 + \frac{R}{R_i}}$$

$$R_{ekv} = \left[R - \frac{S(M-DL)}{C} \right] \quad (3.6)$$

Demak ekvivalent konturning qarshiligi nagruzka konturining qarshiligidan $R = -\frac{SM}{C}$ manfiy qarshilikka farq qiladi. U konturga davriy ravishda kirayotgan energiya miqdorini ifodalaydi. (13.5) tenglamaning umumiy yechimi yakka konturdagi erkin tebranishlarning yechimi bilan bir xil bo'lib nagruzka konturining asilligi yetarlicha katta bo'lganda ($\omega L \gg R$ va $R_i \gg R$) quyidagicha ifodalanadi:

$$i = i_0 e^{-\sigma t} \sin \omega t \quad (13.7)$$

bu yerda $i_0 = \frac{E}{\omega L_{ekv}}$ konturdagi boshlang'ich tok tebranishlar amplitudasi;

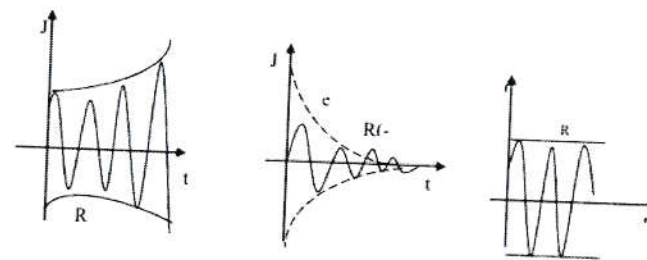
$$\omega^* = \frac{1}{\sqrt{L_{ekv} \cdot C_{ekv}}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \sqrt{1 + \frac{R}{R_1}} \approx \omega \text{ generatsiya chastotasi};$$

$$\sigma^* = \frac{R_{ekv}}{2L_{ekv}} = \frac{1}{2L \left[R - \frac{S(M-DL)}{C} \right]} \quad (13.8)$$

(3.8) ifoda ekvivalent konturning so'nish darajasini ifodalaydi. Demak generatorda amplitudasi ekvipotentsial qonun bo'yicha o'zgaradigan tebranishlar hosil bo'lar ekan. Generatordagi tebranishlarning o'zgarish tezligi σ^* so'nish koeffitsiyentga bog'liq. ekvivalent konturning so'nish koeffitsiyenti σ^* yakka konturning so'nish koeffitsiyentidan farqli o'laroq, kontur elementlari L va C lardan tashqari yana faol elementning (tranzistorning) S qiyalik koeffitsiyenti va teskari bog'lanishni ifodalovchi M o'zaroiduktsiya koeffitsiyentiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, yakka kontur uchun σ musbat kattalik bo'lsa, generatorda σ^* ham musbat ham manfiy qiymatga ega. Shuning uchun generator tenglamasini (13.7) yechimi real yakka konturdagi erkin tebranishlarning ifodasidan tubdan farq qiladi. Endi ekvivalent konturda (generator) yuz berishi mumkin bo'lgan quyidagi hollar bilan tanishaylik:

1) hol $\sigma^* > 0$ yoki $R^1 > R_{(-)}$ - bu holda generatorda uyg'otiladigan tebranishlar so'nuvchi bo'ladi (13.2 a-rasm). Chunki konturda yo'qotiladigan energiya konturga kiritiladigan energiyadan katta bo'ladi.

2) hol $\sigma^* < 0$ yoki $R^1 \leq R_{(-)}$ bu holda konturga kiritilgan energiya unda yo'qotiladigan energiyadan katta bo'ladi. Shuning uchun uyg'otiladigan tebranishlar amplitudasi o'suvchi bo'ladi (13.2-rasm).



13.2-rasm. Tebranishlar amplitudasi

3) hol $\sigma^* = 0$ yoki $R^1 = R_{(-)}$, bu holda tebranishlar amplitudasi o'zgarishsiz bo'lib, u so'nmas bo'ladi. Bu holda tebranishning har bir davrida yo'qotiladigan energiya to'liq qoplanib turiladi. Natijada tebranish jarayoni cheksiz uzoq vaqt o'zgarmas amplituda bilan davom etaveradi. 3-hol eng qulay bo'lib hisoblansada, u turg'un emas. Chunki biror sababga ko'ra tenglik bo'zilsa, tebranish so'nib qoladi. Shuning uchun amaliy jihatdan 2-hol maqsadga muvoffiq hisoblanadi.

Chunki bu holdagina o'z-o'zidan uyg'onish uchun yetarli sharoit hosil bo'ladi. Shunga ko'ra generatsiya shartini umumlashtirib $R^1 = R_{(-)}$ yoki $R_{ekv} \leq 0$ ko'rinishda ifodalanadi. Yuqoridagilarni e'tiborga olib, bu ifodani quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$\frac{M}{L} \geq \frac{RC}{LC} + D \quad (13.9)$$

Bunda

$$\frac{M}{L} = \frac{U_z}{U_c} = \beta \text{ va } \frac{RC}{LC} = \frac{1}{Z_p S} \text{ ekanini hisobga olsak (3.9) ifodani quyidagicha}$$

$$\text{o'zgartirib yozaylik } \beta \geq D + \frac{1}{Z_p S} \quad (13.10)$$

Oxirgi ifoda Barkgauzen formulasi deb ataladi. Mazkur ifoda o'z o'zidan uyg'onuvchi generatorning asosiy tenglamasi bo'lib, u sxema parametrlarining generatorda tebranish hosil bo'lishiga ta'sirini ifodalaydi. Biroq tebranish amplitudasining turg'unligi to'g'risida ma'lumot bermaydi. Uni aniqlash uchun S qiyalik koeffitsiyentining zatvor kuchlanishiga qanday bog'likligini bilish kerak.

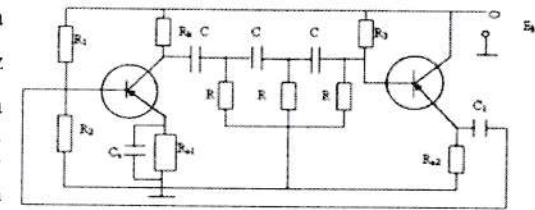
II. RC- generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi

Garmonik tebranishlar nafaqat LC-generatorida balki generatsiya shartlari (faza va amplituda balans shartlari) bajariladigan boshqa sxemalarda ham hosil bo'lishi mumkin. Unga misol qilib, RC-generatorni olish mumkin. RC-generator past chastotali tebranishlarni hosil qilish uchun qo'llaniladi. Chunki ko'pgina radiotexnik masalalarni hal qilishda past chastotali garmonik tebranishlar zarur bo'ladi. Bunday chastotali tebranishlarni LC-generatorida hosil qilish ancha qiyin. Chunki generatsiya chastotasini kichraytirish uchun nagruzka konturidagi L va C elementlarini kattalashtirish kerak. Bu bir tomon-dan sxemani qo'pollashtirib narxni oshirsa, ikkinchi tomondan konturning aslligini pasaytiradi va uning chastota tanlash qobiliyatini yomonlashtiradi. Shuning uchun past chastotali tebranishlarni hosil qilish uchun RC-generator qo'llaniladi. RC-generator musbat teskari bog'lanishli RC-kuchaytirgichdan tashkil topgan. Uning elektr sxemasi 13.3-rasmda ko'rsatilgan.

Ma'lumki, RC-kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti o'tkazish sohasi oraliq'ida kam o'zgaradigan kattalikdir. Bu oraliqda kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi faza farqi deyarli o'zgarmas bo'ladi. Shuning uchun generatorda uyg'onadigan tebranishlarning shakli asosan teskari bog'lanish zanjiri bilan xarakterlanadi. Masalan, teskari bog'lanish zanjirining chastotaviy va fazaviy xarakteristikasi Shunday bo'lsinki, (13.1) generatsiya shartlari kuchaytirgichning o'tkazish sohasiga to'g'ri keladigan biror chastota uchun bajarilsa, u bir vaqtda past va yuqori chastotalar sohasi uchun ham bajariladi. Shuning uchun generatorda uyg'ongan tebranishlar garmonik bo'lmaydi. Chunki, bir vaqtda bir necha garmonik tebranish hosil bo'ladi. Generatorda garmonik tebranish hosil qilish uchun generatsiya shartlari faqat $\omega = \omega_0$ chastota uchun bajarilishi kerak. Buning uchun teskari bog'lanish zanjirining fazaviy xarakteristikasi shunday bo'lishi kerakki, u teskari bog'lanishni faqat bitta chastotada musbat bo'lsin. Boshqacha aytganda, generator garmonik tebranishlar ishlab chiqarish uchun teskari bog'lanish zanjiri kuchaytirgichdagi faza siljishlarini juft π ga to'ldiradigan

bo'lishi kerak.

RC-generator odatdagi rezistorli kuchaytirgichdan tuzilgan bo'lib, unda kirish va chiqish kuchlanishlari faza jihatdan $\varphi_k = \pi$ ga farq qiladi. Ya'ni ular o'zaro qarama-qarshi fazada bo'ladi. Bu sxemada o'z o'zidan uyg'onishning faza sharti bajarilishi uchun ($\varphi_k + \varphi_p = 0$) teskari aloqa zanjiri 3 ta ketma-ket



13.3-rasm. RC generator

ulangan RC zanjirchadan tashkil topgan bo'lishi lozim. Chunki har bir zanjirda qandaydir chastotada signal fazasini 60° dan kam bo'lmagan fazaga burib, signal fazasini $\varphi_p = \pi$ ga siljitishni ta'minlaydi. Sxemani tahlil qilishda T_1 tranzistorning nisbatan kirish qarshiligini hisobga olmaslik mumkin. Sxemaga T_2 tranzistorda yig'ilgan emitter takrorlagich ulangan. RC generatorning o'z-o'zidan uyg'onishning amplituda balans shartini va generatsiya chastotasini aniqlash uchun 13.4-rasmdan foydalanib quyidagi tenglamalar sistemasini tuzamiz.

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{j\omega C} + R \right) I_{m1} - I_{m2} R = U_k \\ -I_{m1} R + \left(\frac{1}{j\beta\omega C} + 2R \right) - I_{m3} R = 0 \\ -I_{m2} R + \left(\frac{1}{j\omega C} + 2R \right) I_{m3} = 0 \end{cases}$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib quyidagiga ega bo'larniz

$$I_{m3} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{R^2 U_{mk}}{R^3 - 5X^2 + j(X^3 - 6R_1^2 X)}$$

Bu yerda $X = \frac{1}{\omega C}$, Δ -sestema aniqlovchisi. Teskari aloqa koeffitsiyenti quyidagiga teng bo'ladi.

$$\beta = \frac{I_{m3} R}{U_{mk}} = - \frac{R^3}{R^3 - 5X^2 + j(X^3 - 6R_1^2 X)}$$

Teskari aloqa zanjirining faza siljishi π ga teng bo'lishi uchun ω_r generatsiya chastotasida β - koeffitsiyent haqiqiy manfiy kattalik bo'lishi lozim. β ning mavhum qismini 0 ga tenglashtirib quyidagi tenglamaga kelarniz.

$$\frac{1}{\omega_r^2 C^2} - 6R^2 = 0 \text{ bu yerda } \omega_r = \frac{1}{RC\sqrt{6}}$$

Generatsiya chastotasida $\beta = -\frac{1}{29}$ ga teng ekanligini topish mumkin.

Demak generatsiyaning amplituda balansi sharti bajarilishi uchun sxemaning kuchaytirish koeffitsiyenti 29 dan kam bo'lmazligi kerak.

RC-generator sxemasini bitta tranzistor ham yig'ish mumkin. Bu holda sxemani tahlil qilishda kuchaytirgichning kirish qarshiligini oxirgi RC zanjircha rezistoriga shuntlash ta'sirini hisobga olish kerak. Yuqoridagi hisoblashlarni e'tiborga olib, har bir RC zanjirchaning qarshiligi $R_1 = \frac{R \cdot R_{kir}}{R + R_{kir}}$ ga teng deyish mumkin, bu yerda R_{kir} — kuchaytirgichning kirish qarshiligi. Generatsiya chastotasi esa $\omega_r = \frac{1}{RC\sqrt{6}}$ ifodadan aniqlanadi.

Bipolyar tranzistorda yig'ilgan RC-generatorning kuchaytirgichi o'zining lampali va maydon tranzistorli sxemalaridan farqli, kichik kirish va katta chiqish qarshiligiga ega. Shuning uchun u teskari bog'lanish zanjirining chiqishini kuchli shuntlaydi. Natijada generator ishlamay qolishi mumkin. Undan qutilish uchun teskari bog'lanish zanjirining chiqish qarshiligi bilan kuchaytirgichning kirish qarshiligini bir-biriga moslashtirish kerak. Buning uchun generatorning sxemasiga qo'shimcha emitter takrorlagich kiritiladi. Rasmda emitter takrorlagich T_2 tranzistorda yig'ilgan. R_1 , R_2 va R_3 rezistorlar tranzistorlarning o'zgaras tok bo'yicha ish rejimini R_{e1} va R_{e2} rezistorlar esa boshlang'ich ishchi nuqtaning stabiligini ta'minlaydi.

III. Multivibratorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi

Impulslı elektronika qurilmalarida sinusoidal bo'lmagan tebranishlarni olish zaruriyati tug'iladi. Bunday tebranishlar shakli sinusoidal tebranishlardan keskin

farq qiladi. Bu tebranishlar impulslı bo'lib, arrasimon, to'g'ri burchakli, uchburchakli va murakkab shaklli bo'lishi mumkin. Ko'pincha bunday tebranishlar relaksatsion tebranishlar deb ham ataladi. Impulslı signallar televideniya, EHM qurilmalarida, radiolakatsiya, radiorele aloqasi va boshqa elektron qurilmalarda qo'llaniladi. Ular relaksatsion generatorlar yordamida hosil qilinadi. Relaksatsiyali generatorlarga misol qilib arrasimon kuchlanish generatori bloking generator va multivibratorlarni ko'rsatish mumkin. Biz avtotebranish rejimida ishlaydigan multivibratorning tuzilishi va unda ro'y beradigan fizikaviy jarayonlarni ko'ramiz.

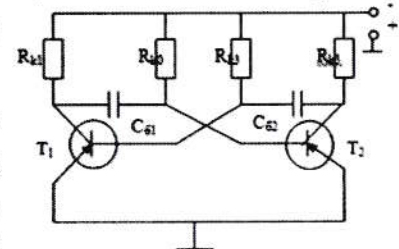
Multivibratorlar shu jumladan barcha relaksatsiyali generatorlar garmonik tebranish generatori kabi o'zgaras tok manbai energiyasini maxsus shakldagi o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantirib beradi.

Multivibrator ikki kaskadli RC-kuchaytirgichdan tuzilgan bo'lib, kaskad orasida kuchli musbat teskari aloqa amalga oshirilgan. Multivibratorlarning uchta asosiy ish rejimi mavjud: avtotebranish rejimi, sinxronizatsiya va ko'tish rejimlari. Avtotebranish rejimida multivibrator o'z-o'zidan uyg'onadigan generator singari ishlaydi, ya'ni tebranish sistemaning ichki jarayonlari hisobiga hosil bo'ladi.

Multivibrator sinxronizatsiya rejimida ham o'z-o'zidan uyg'onuvchi generator singari ishlaydi. Lekin ishlab chiqariladigan tebranishlarning chastotasi tashqaridan ta'sir etadigan sinxronlovchi impulsning chastotasi bilan boshqariladi. Umumiy holda sinxronlovchi impulsning chastotasi multivibrator ishlab chiqaradigan tebranishning chastotasidan kichik bo'ladi.

Multivibrator ko'tib turish rejimida tashqi turtki ta'sirida ishlovchi generator hisoblanadi. Shuning uchun u har safar tashqi maxsus impuls orqali ishlaydi.

Multivibratorning avtomatik tebranish rejimi bilan tanishamiz. Uning prinsipial sxemasi 13.4-rasmda ko'rsatilgan. U musbat teskari bog'lanishli ikki kaskadli RC-kuchaytirgich bo'lib,



13.4-rasm. Multivibrator sxemasi

birinci kaskadning chiqishi ikkinchi kaskadning kirishiga, ikkinchi kaskadning

chiqishi esa birinchisining kirishiga ulangan. Shuning uchun teskari bog'lanish zanjirining uzatish koeffitsiyenti $\beta=1$. Barcha o'z-o'zidan uyg'onuvchi generatorlar kabi multivibratorlarda ham generatsiya shartlari bajarilishi kerak. Bunda $\beta=1$ bo'lgani uchun amplitudalar sharti $K = K_1 \cdot K_2$ ko'rinishda ifodalanadi va kichik signallar uchun yetarlicha katta bo'ladi. Fazalar sharti esa kuchaytirgichning fazaviy xarakteristikasi bilan belgilanadi.

Multivibratorlarda generatsiya shartlari bajarilganda qanday qilib tebranish hosil bo'lishini ko'raylik. Faraz qilaylik, multivibrator sxemasidagi mos elementlarning parametrlari o'zaro teng bo'lsin. Bunday sxemani simmetrik multivibrator deyiladi. Agar tranzistorlar ochiq bo'lib, mos elektrodlaridagi potentsiallari teng va C_{b1} va C_{b2} kondensatorlar bir xil potentsialgacha zaryadlangan bo'lsa sistema muvozonatda bo'ladi. Lekin bu muvozanat turg'un bo'lmaydi. Chunki, tashqi ta'sir va turli fluktatsiyalar tufayli sxemaning mos tarmoqlaridan o'tadigan toklar o'rtacha qiymatlari bir xil bo'lmaydi.

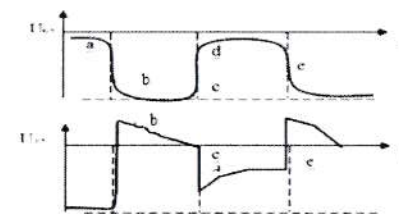
Faraz qilaylik, biror vaqt momentida T_1 tranzistordan o'tadigan tok biroz ortsin. Unda R_{k2} rezistordagi potentsial tushuvi ortib, kollektor kuchlanishining manfiyligi kamayadi, ya'ni kollektor potentsiali ΔU_{k1} miqdorga ortadi. C_{b1} kondensator o'z potentsialini oniy vaqt ichida o'zgartira olmaganligi uchun bu o'zgarish T_2 tranzistorning bazasiga to'liq uzatiladi va T_2 tranzistorning baza kuchlanishi ham ortadi. Natijada T_2 tranzistorning kollektor toki ΔI_{k2} miqdorga kamayadi. Bu R_{k2} rezistordagi potentsial tushuvining kamayishiga, kollektordagi manfiy kuchlanishning ortishiga, ya'ni kollektor potentsialining kamayishiga olib keladi. C_{b1} kondensatorning potentsiali oniy vaqt ichida o'zgarmagani uchun bu o'zgarish T_1 tranzistorning bazasiga to'liq uzatiladi va baza kuchlanishi kamayadi. Natijada bu kollektor tokining yanada ortishiga sababchi bo'ladi. Bu jarayon juda katta tezlikda sodir bo'ladi va uni sakrash yoki ko'chki jarayon deb atash mumkin. Ko'chki jarayoni natijasida T_2 tranzistorning kollektor potentsiali $U_{k2}=0$ qiymatdan E_k qiymatgacha o'zgaradi. Bunda, T_1 tranzistorning baza kuchlanishi

ham shu qiymatlarda $U_{b1}=0$ dan $U_{b1}=-E_k$ gacha kollektor kuchlanishi esa aksincha $U_{k1}=-E_k$ dan $U_{k1}=0$ gacha o'zgaradi, T_2 tranzistorning baza kuchlanishi esa $U_{b2}=0$ dan $U_{b2}=+E_k$ gacha o'zgaradi. Shuning uchun teskari bog'lanish halqasi o'ziladi, chunki T_2 tranzistor to'liq yopilib, T_1 tranzistor ochiq holatga o'tadi. Shunda sistema muvozonat holatga o'tadi. Lekin sxemaning bu holati ham turg'un emas. Uning bu holatda qancha vaqt turishi C_{b1} va C_{b2} kondensatorlarning boshlang'ich energiyasi bilan belgilanadi. Sxemadagi ko'chki jarayoni o'zilgach, $U_{c2} > U_{k1}$ va $U_{k2} > U_{c1}$ bo'lib qoladi. Bu esa C_{c2} kondensatorning zaryadlanishiga, C_{b1} kondensatorning esa razryadlanishiga olib keladi. Bu jarayonlar to'g'ri burchakli impulsning shakllanishini ta'minlaydi. C_{b1} kondensator kollektor manbai E_k, R_{k2}, C_{b1}, T_1 tranzistorning emitter baza o'tishidan tuzilgan zanjir orqali zaryadlanadi. Uning vaqt doimiysi $\tau_{zur} = C_{b1} \cdot R_{k2}$ bo'ladi. Bunda zaryadlanish jarayoni eksponentsial qonun bo'yicha yuz bergani uchun T_2 tranzistorning kuchlanishi $U_{k2} = -E_k + I_{zur} \cdot R_{k2}$ ham shu qonun bo'yicha o'zgaradi va $\tau_{zur} = C_{b1} \cdot R_{k2}$ vaqt ichida $U_{k2} = -E_k$ qiymatga erishadi. Sb1 kondensatorning zaryadlanishi davomida C_{b2} kondensator R_{b2}, E_b, T_1 tranzistordan iborat zanjir orqali zaryadlanadi.

Uning vaqt doimiysi $\tau_{zur} = C_{b1} \cdot R_{k2}$ bo'lib, zaryadlanish toki esa

$$I = \frac{E_k + E_a}{R_{a2}} a^{-\frac{1}{\tau}}$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu vaqtda T_2 tranzistor yopiq holatda turadi. Bu jarayonning davom etishi zaryadlanish zanjirining vaqt doimiysiga bog'liq bo'ladi. T_2 tranzistorning baza kuchlanishi $U_{b2} = -E_a + I_{m2} R_{a2}$ qiymatdan nolga yetgach u ochiladi. Shundan keyin sxemada yana sakrash hosil bo'ladi. T_1 tranzistorni yopilishiga, T_2 tranzistorning esa to'la ochilishiga olib keladi. Bunda R_{b1} rezistor



13.5-rasm. Kollektor va baza kuchlanishlari oniy qiymatlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafiklari

$E_b + U_{c2} = E + E_k$ kuchlanish ostida bo'lgani uchun T_2 tranzistorning kollektor kuchlanishi $E_k = I_k \cdot R$ qiymatdan $U_{kt} = 0$ qiymatgacha kamayadi. Kollektor toki esa I_{k0} qiymatdan $I_{k2} = \frac{E_k}{R_{k2}} + \frac{E_k + E_b}{R_b}$ qiymatgacha ortadi. Natijada multivibrator ikkinchi muvozonat holatiga o'tadi. Lekin u ham turg'un bo'lmaydi. C_{b2} kondensator E_k manba R_{k1}, S_{b2}, T_1 tranzistorning emitter baza o'tishidan tuzilgan zanjir orqali zaryadlanish boshlaydi. Bu jarayon T_1 tranzistorning baza kuchlanishi $U_{b1} = -E_b + I_{raz} \cdot R_{b1}$ qiymatdan nolga teng bo'lguncha davom etadi. Shundan keyin sxemada yana sakrash hosil bo'ladi T_1 tranzistor ochiq, T_2 tranzistor yopiq holat (ya'ni boshlang'ich xolat) hosil bo'ladi. Bu jarayon takrorlanaveradi. Multivibrator sxemasidagi kollektor va baza kuchlanishlari oniy qiymatlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafiklari 13.5 - rasmda ko'rsatilgan.

Undagi ab qism T_1 tranzistor ochiq T_2 tranzistorning yopiq holatini ifodalasa, sd qismida T_2 ochiq, T_1 tranzistor ochiq bo'ladi. bs va de qismlar nisbatan sekinlik bilan boradigan kondensatorlarning zaryadlanish va razryadlanish jarayonlarini ifodalaydi. Agar bs qismida C_{b1} kondensator razryadlansa, de qismida C_{b1} razryadlanib C_{b2} zaryadlanadi.

Kondensatorlarning zaryadlanish vaqti, razryadlanish vaqtidan hamma vaqt qisqa bo'ladi. Chunki bu sxemada $R_b \ll R_k$ tengsizlik o'rinli, shunga ko'ra razryadlanish jarayoni impulsning davom etish vaqtini ifodalovchi asosiy kattalik hisoblanadi.

Multivibratorlarda hosil bo'ladigan tebranishlar davri quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$T = C_{a1} R_{a1} \ln 2 + C_{a2} R_{a2} \ln 2 \quad (3.14)$$

13-Mavzuga doir nazorat savollari

1. LC- generatori va unda yuz beradigan fizikaviy jarayonlarni tushuntiring?
2. LC- generatorlarda o'z-o'zidan tebranish hosil bo'lishning zarur shartini ayting?

3. LC- generatorning soddalashtirilgan prinsipial sxemasi tavsiflang?
4. LC- konturning so'nish darajasini tushuntiring?
5. LC- generatorlarda tebranishlar amplitudasi so'nmas bo'lishini tushuntiring?
6. Barkgauzen formulasi ayting?
7. RC- generatorning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring?
8. Multivibratorlarning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring?

14-MAVZU: RADIO UZATUVCHI VA RADIO QABUL QILUVCHI QURILMALAR TELEVIDENIYA ASOSLARI

Reja:

- I. Radio uzatuvchi qurilmalarning vazifasi va tuzilishi;
- II. Radiouzatkiichning parametrlari;
- III. Radio qabul qilish asoslari;
- IV. Radiolokatsiyaning asosiy tushunchalari;
- V. Radiolokatsion stansiya qurish negizi;
- VI. Televideniya asoslari.

I. Radio uzatuvchi qurilmalarning vazifasi va tuzilishi

Radio uzatuvchi qurilmalar vazifasi, chastotalar diapazoni, nurlanish turi va quvvatiga ko'ra sinflanadi. Radio uzatuvchi qurilmaning vazifasi uzatilayotgan ma'lumotning turiga hamda radioelektron tizimga bog'liq bo'ladi. Radioaloqaviy, radioeshittirish, televizion, radiolokatsion, radionavigatsion va boshqa turlari mavjud. Shuningdek, ishlatilish sohasiga ko'ra, avtomobilda, havo kemasida yoki boshqa obyektlarda o'rnatiladi.

Chastotalar diapazoniga ko'ra, yuqori chastotali va o'ta yuqori chastotali turlarga bo'linadi (14.1-jadval).

Radiotizim va radiouzatkichlarning ayrim tiplari

14.1-jadval

Diapazon	To'lqin uzunligi	Chastota	Radiouzatkichning vazifasi
Megametrli (o'ta uzun to'lqinlar)	100-10 km	3-30 kHz	Uzoq radionavigatsiya
Kilometrli (uzun to'lqinlar)	10-1 km	30-300 MHz	Radioeshittirish
Dekametrli (o'rta to'lqin)	1000-100 m	0,3-3 MHz	Radioeshittirish
Metrlil (ultraqisqa to'lqin)	100-10 m	3-30 MHz	Radioeshittirish. Mobil radioaloqa 27 MHz diapazondagi havaskor radioaloqa
Detsimetrli (L, S diapazon)	10-1 m	0,3-3 GHz	Televizion ko'rsatuv, mobil radioaloqa, samolyotdagi radioaloqa
Santimetrli (S, X, K diapazonlar)	1-0,1 m	3-30 GHz	Kosmik radioaloqa, Radiolokatsiya, Radionavigatsiya, Radioastronomiya
Millimetrli	10-1 sm	30-300 GHz	Kosmik radioaloqa, Radiolokatsiya, Radioastronomiya

Radio uzatuvchi qurilmalarning kaskadlari va bloklari. Radio uzatuvchi qurilma bir nechta kaskad va bloklardan tashkil topgan bo'lib, har bir blok alohida yoki boshqa bloklar bilan birgalikda ma'lum bir vazifani bajaradi:

- avtogenerator - yuqori chastotali yoki o'ta yuqori chastotali tebranishlari manbai;
- generator - signallarni quvvat bo'yicha kuchaytirgich;
- chastota ko'paytirgich - tebranishlar chastotasini ko'paytirishga xizmat qiladi;
- chastota o'zgartirgich - tebranishlar chastotasini ma'lum bir kattalikka siljitish uchun xizmat qiladi;
- chastota bo'luvchi - tebranishlar chastotasini bo'lish uchun xizmat qiladi;
- chastota modulator - chastota modulatsiyasini amalga oshiradi;
- faza modulator - faza modulatsiyasini amalga oshiradi;
- filtrlar - signallarni faqat aniq bir chastotalar diapazonida o'tkazish uchun xizmat qiladi;
- signallar quvvatlarini jamlovchi asbob - summator (ham bo'luvchi vazifasini bajaradi), bunda bir tiqdagi signallar quvvatlarini yig'ish yoki quvvat bo'yicha signallarni bir necha marotaba bo'lish;

• ko'priksimon qurilma - summatorning bir turi, ikki signalning quvvatlarini qo'shish yoki signal quvvatini ikki marta bo'lishda ishlatiladi;

yo'naltirilgan tarmoqlantiruvchi - asosiy kanaldan tarqatilayotgan signal quvvatini ajratib olish uchun xizmat qiladi;

• muvofiqlashtiruvchi qurilma - radio uzatuvchi qurilmaning chiqishidagi qarshilik bilan antenaning kirishidagi qarshilikni muvofiqlashtiradi;

• attenyuator - signal quvvatini sozlovchi qurilma;

• faza aylantirgich - signal fazasini boshqarish uchun xizmat qiladi;

• bir yo'nalishli ferritli qurilma (sirkulator va ventil) - signalni faqat bir tomonga o'tkazadi;

• muvozanatlovchi qarshilik - bunda signal quvvatining yutilishi ro'y beradi. Kaskadlardan tuzilgan asosiy bloklarga quyidagilar kiradi;

• yuqori chastota yoki o'ta yuqori chastota signalni quvvat bo'yicha kuchaytirish bloki - tashqi uyg'otuvchiga ega bo'lgan ketma-ket ulangan generatorlardan iborat qurilma;

• chastota ko'paytirish bloki - katta miqdorda ko'paytirish koeffitsiyentiga ega bo'lish uchun qo'llaniladi;

• chastotalar sintezatori - diskret chastotalar to'plamini hosil qilish uchun mo'ljallangan;

• uyg'otuvchi - tarkibida chastotalar sintezatori va chastotali yoki fazali modulator mavjud bo'lgan qurilma;

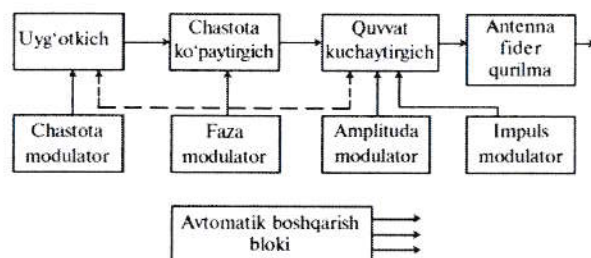
• amplitudaviy modulator - amplitudaviy modulatsiya hosil qiluvchi qurilma;

• impulsli modulator - impulsli modulatsiya hosil qiluvchi qurilma;

• antenna-fider qurilma (AFQ) - radio uzatkichning chiqishi va antenna bilan bog'lovchi qurilma (14.1-rasm);

• avtomatik rostlash bloklari - radio uzatkichning parametrlarini boshqarish va rostlash uchun xizmat qiladi. Bular: chastotani avtomatik sozlash qurilmasi, kuchaytiruvchi kaskadlarning elektr zanjirlarini avtomatik boshqarish,

muvofiqlashtiruvchi qurilmani avtomatik boshqarish, quvvatni avtomatik boshqarish, issiqlik rejimini avtomatik tarzda ushlab turish.



14.1-rasm. Radio uzatuvchi qurilmalarning umumiy tuzilish sxemasi

Zamonaviy avtomatik rostdash qurilmalari mikroprotsessorlar asosida qurilgan. Uyg'otkichning vazifasi kerakli barqarorlikda ishchi chastotalar to'rtinchi hosil qilishga xizmat qiladi. Nisbatan kichik chastotalarda uyg'otkich «kvars-to'liqin» prinsidi asosida quriladi, bu esa har bir chastotaga o'zining kvars avtogeneratori mos kelishini bildiradi. Bir chastotadan ikkinchisiga o'tishni elektron kommutator amalga oshiradi.

Agar chastotalar soni ko'p bo'lsa, u holda uyg'otkich raqamli chastotalar sintezatoridan tashkil topib, uning tarkibiga kvarsli avtogenetator, o'zgaruvchan bo'lish koeffitsiyentli bo'luvchi va chastotaning avtomatik sozlash qurilmasi kiradi. Bunday sintezator katta integral mikrosxema asosida qurilishi mumkin.

Kvars avtogeneratorining chastotasi, odatda, 100 Hz.dan yuqori bo'lmaydi. Agar radiouzatkichning chastotasi 100 Hz.dan ortib ketsa, u holda signal chastotasini bir necha barobar ko'paytiruvchi qurilma ishga tushadi. Radiouzatkichning talab qilingan chiqish quvvatini ta'minlash tashqi uyg'otkichli yuqori chastota yoki o'ta yuqori chastota generatori kaskad ko'rinishida ulangan quvvatni kuchaytirish bloki orqali ta'minlanadi. Radiouzatkichning chiqish quvvati bitta kaskadning quvvati miqdoridan ortib ketsa, u holda chiqish kaskadida generatorlar quvvati qo'shiladi.

Radiouzatkichning chiqish kaskadi va antenna oralig'ida antenna-fider qurilmasi ulanadi. Uning tarkibiga radiouzatkichning ikkinchi darajali nurlanishini

so'ndiruvchi filtr, datchik hamda muvofiqlashtiruvchi qurilma kiradi. O'ta yuqori chastotalar bilan ishlaganda muvofiqlashtiruvchi qurilma o'rinda bir yo'nalisli ferritli qurilma - ventil yoki sirkulator qo'llaniladi.

Radiouzatkichning uygʻotgichida fazaviy modulatsiya, uygʻotgich yoki yuqori chastotali koʻpaytirgich va kuchaytirgichda amplitudaviy modulatsiya hamda yuqori chastotali kuchaytirgichlarda esa impulsli modulatsiya hosil boʻladi.

Avtomatik boshqarish bloki orqali radiouzatkichning parametrlarini avtomatik tarzda barqarorlashtiradi (birinchi navbatda, quvvat va harorat), shuningdek, ekspluatatsiya jarayoni buzilganda himoyalash va yonib-o'chirish, chastotalarni qayta sozlashni boshqarish kabi vazifalar bajariladi.

Radiouzatkich qurilayotgan vaqtda uning vazifasi, ish rejimi va quyidagi asosiy parametrlari hisobga olinadi: antennaga uzatilayotgan chiqish quvvati - P_d , ishchi chastotalar diapazoni f_1 - f_2 chastotaning barqarorligi; modulatsiya turi va modullashgan signal xarakteristikasi.

Radiouzatkichning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$K_p = P_A / K_{AFU} \cdot P_{avg}$$

bu yerda: P_i - antennaga uzatilyotgan signal quvvati; $K_{APU} < 1$ - antenna-fider qurilmaning uzatish koeffitsiyenti; P_{uyg} - uyg'otgich signalining quvvati (odatda, $P_{uyg} \ll P_i$).

Shu parametr I [W] ga nisbatan detsibellarda ifodalansa, u holda yuqoridagi ifodani:

$$K_{PdB} = 10 \lg P_A - 10 \lg P_{avg} - 10 \lg P_{AFTU} \quad 14.1$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu yerda, P_A , P_{uzg} - quvvat [W]. Chastota bo'yicha ko'paytirishning umumiy koeffitsiyenti:

$$K_f = f_1/f_{avg} = f_2/f_{avg}, \quad 14.2$$

bu yerda: f_1 va f_2 - radiouzatkichning chastotalar diapazoni; f_{uyg} - uyg'otkichning chastotalar diapazoni.

Alohida kaskadlarning ko'paytmasidan hosil bo'lgan K_f yordamida ko'paytirgichlarning soni aniqlanadi, ya'ni ularning har biri $K_f = 2-3$ qiymatga ega bo'ladi.

Radiouzatkichning quvvat bo'yicha signal kuchaytirish umumiy koeffitsiyenti alohida kaskadlar koeffitsiyentlarining yig'indisiga teng. Kaskadlardagi elektron asbob xilini tanlab, ma'lumotnoma yoki hisoblash orqali asbobning kuchaytirish koeffitsiyenti aniqlanadi, so'ngra loyihalashtirilayotgan radiouzatkichning struktura sxemasi tuziladi.

Quyidagi misolni ko'rib chiqamiz: antennaga uzatilishi lozim bo'lgan quvvat qiymati $P_A = 20$ W, AFQ ning uzatish koeffitsiyenti 0,8 yoki 1 dB, uyg'otkichning quvvati $P_{uyg} = 5$ MW.

(2.1) ifoda orqali radiouzatkichning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblasak,

$K_{p,dB} = 10\lg 20 - 10\lg 0,8 - 10\lg 0,005 = 13 + 1 + 23 = 37$ dB yoki $K_p = 5000$ kelib chiqadi.

Agar elektron asbobning kuchaytirish koeffitsiyenti 10 dB, ya'ni 10 marotaba katta bo'lsa, 37 dB umumiy kuchaytirish koeffitsiyenti olish uchun 4 ta ketma-ket ulangan yuqori chastotali generatori - yuqori chastotali tebranishlar quvvat kuchaytirgichi kerak bo'ladi.

II. Radio qabul qilish asoslari

Radiouzatkich yordamida fazoga tarqatilgan radioto'lqinlarni qabul qiladigan va kuchaytirib beradigan qurilmalar radio qabulqilgich deb ataladi.

Radio qabulqilgich antenasi turli radioto'lqinlardan hosil bo'lgan e.y.k. ichidan radiostansiya kerakli signallarni ajratadi, kuchaytiradi va tovush eshittirish apparati (radiokarnay, telefon, telegraf apparati va boshq.)ga ta'sir qiluvchi ancha past chastotali e.y.k.ga aylantiradi (detektorlaydi). Bu funksiyalarni radio

qabulqilgich tarkibiga kiruvchi, kerakli chastotaga sozlovchi chastotali selektiv rezonans zanjirlari (tebranish konturli elektr filtrlar, hajmiy rezonatorlar), elektr tebranishlarini kuchaytirgichlar va detektorlar bajaradi. Bulardan tashqari, radio qabulqilgichda avtomatik rostlash zanjiri, qabul qilingan axborotlarni eshittirish (karnay, kineskop) va radio qabulqilgich ishini tekshirish (o'lchash asboblari, indikatorlar) jihozlari bo'ladi.

Qabul qilinadigan signallarni modulatsiyalash (o'zgartirish) turiga qarab, radio qabulqilgich detektorli, amplitudali, chastotali, fazali yoki boshqa ti'da bo'lishi mumkin. Radio qabulqilgich ishining asosiy ko'rsatkichlari: sezgirliги - kuchsiz radiosignallarni qabul qilish xususiyati; selektivligi - foydali signallarni begona radiochastotali tebranishlar (radioxalaqitlar)ni bir necha martagacha pasaytirib, ulardan ajratib olish xususiyati; barqarorligi - qo'shimcha operatsiyalarni, masalan, sozlash, qayta ulash va boshqalarni bajarmay uzluksiz qabul qilishni ta'minlash xususiyati.

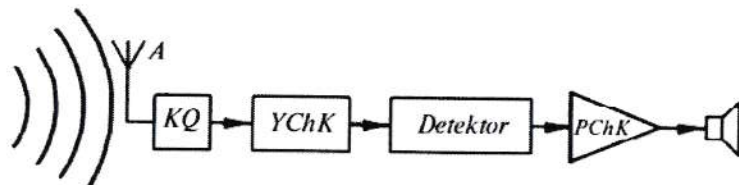
Radio qabulqilgich vazifasiga (radioeshittirish, televizion, aloqa, radiolokatsion va boshq.), radioto'lqinlarni qabul qilish usuliga (supergeterodin, regenerativ va boshq.), ish turiga (telegraf, telefon radiopriyomnigi va boshq.), modulatsiyalash usuliga, qabul qiladigan radioto'lqinlar diapazoniga, energiya bilan ta'minlanish usuliga (o'zgaruvchan tok tarmog'i, batareya va boshq.) qarab xillarga ajraladi. Har qanday radio qabulqilgich quvvati, sezgirliги, signallarni tanlovchanligi va boshqalar xususiyatlar bilan ifodalanadi.

Radio qabulqilgichning tuzilish sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan. Bu yerda kirish qurilmasi (KQ) qabul qiluvchi antennada hosil bo'lgan cheksiz radiosignallarning ichidan bizga kerakli chastotali signalni ajratib olish uchun ishlatiladi. Qabul qilingan signal yuqori chastota kuchaytirgich yordamida kerakli quvvatgacha kuchaytiriladi. Kuchaytirilgan radiosignal detektorga uzatiladi va detektor yordamida yuqori chastotali tashuvchi signaldan past chastotali xabar signali ajratib olinadi.

Radiosignaldan xabar signalini ajratib oluvchi qurilma demodulator (detektor) deb ataladi. Modulatsiyalangan radiosignal turiga qarab demodulator

ham xuddi o'sha turda qurilgan bo'lishi kerak. Shu sababdan detektorlarning amplitudaviy, chastotaviy, fazaviy va boshqa turlari ixtiro qilingan. Detektorda ajratib olingan signal kuchaytirilib, tegishli o'zgartirgichlarga uzatiladi.

O'zgartirgichlar esa yuqorida aytganimizdek, past chastotali kuchaytirilgan signalni tovushga aylantiruvchi, tasvir hosil qiluvchi, yozib oluvchi yoki mexanik qurilma bo'lishi mumkin.



14.2-rasm.

KQ - kirish qurilmasi;

YChK - yuqori chastotali tok kuchaytirgichi;

PChK - past chastotali tok kuchaytirgichi.

DETEKTORLASH, demodulatsiya - elektr tebranishlarini o'zgartirib, o'zgarmas tok yoki ancha past chastotali elektr tebranish hosil qilish. Eng keng tarqalgani xoli demodulatsiya bo'lib, unda modulatsiyalangan yuqori chastotali tebranishlardan past chastotali modulatsiyalovchi signal ajratib olinadi. Detektorlash radio qabul qiluvchi qurilmalarda tovush chastotalarini, televideniya tasvir signallarini ajratib olishda ishlatiladi.

Detektorlashda elektr tebranishlar detektorga uzatiladi; bunda u bir xil yo'nalishdagi tokni o'tkazadi va tebranishlar ko'plab bir xil ishorali tok impulslariga aylanadi. Agar tebranishlar qisman to'g'rilansa, ya'ni detektor orqali tok har ikki yo'nalishda o'tsa (detektor elektr o'tkazuvchanligi turlicha bo'lsa), detektorlash sodir bo'ladi. Detektorlash uchun turli yo'nalishda turlicha elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan istalgan qurilmadan, masalan, dioddan ham foydalanish mumkin. Chastota signalini ajratib olishda filtdan foydalaniladi. Eng oddiy filtr qarshilik va sig'imdan iborat qurilma hisoblanadi.

Detektorlashda elektron lampa, yarimo'tkazgichli diod, vakuumli triodlar, chiziqlimas kristallar ishlatiladi.

RADIOSTANSIYA (radio va stansiya) - axborotlarni radioto'lqinlar yordamida uzatish yoki qabul qilish uchun mo'ljallangan texnik qurilmalar va apparatlar majmuyi. Radiostansiyada radiouzatkich, radiopriyomnik, antennalar, tok manbai va sovitish qurilmalari, kabel yoki havo liniyalari, boshqarish punktlari va boshqalar bo'ladi. Uzatuvchi, qabul qiluvchi va qabul qiluvchi-uzatuvchi radiostansiyalar bor.

Uzatuvchi radiostansiya radioeshittirish (konsertlar, spektakllar va boshqalarni bir tomonlama uzatish uchun), televideniya dasturlarini uzatish uchun), magistral radioaloqa (telegraf va telefon apparatlari yordamida radioaloqa o'rnatish uchun) hamda maxsus (radionavigatsiya, radioastronomiya va boshqalar uchun) xillari bor. Ultraqisqa, qisqa, o'rta va uzun to'lqinlarda ishlaydi. Unda faqat radiouzatkich bo'ladi (radiopriyomnik bo'lmaydi).

Uzatuvchi televideniya radiostansiyada ikkita radiouzatkich bor: biri tasvirni, ikkinchisi tovushni uzatadi. Qabul qiluvchi radiostansiya uzatuvchi radiostansiya signallarini qabul qiladi. Asosiy qismlari: antenna va radiopriyomnik. Muqim (statsionar) va ko'chma xillari bor.

Odatda, ko'chma radiostansiya radiouzatkich bilan birga ishlatiladi. Qabul qiluvchi-uzatuvchi radiostansiya ikki tomonlama aloqa qilishga imkon beradi. Asosiy qismlari: antenna, radiouzatkich, radiopriyomnik, tok manbai va qo'shimcha qurilmalar.

Signallarni galma-gal uzatadigan va qabul qiladigan (simpleks) hamda bir vaqtda uzatib qabul qiladigan (dupleks) muqim va ko'chma xillari bor. Ko'chma radiostansiya avtomobil, samolyot, kema va boshqalarga o'rnatiladi. Muqim radiostansiya maxsus binoga joylashtiriladi.

III. Radiolokatsiyaning asosiy tushunchalari

Radiolokatsion jihozlar radioto'lqinlarning xossaligidan foydalanishga asoslanib quriladi. Bunday xossalik radioto'lqinlarning jism yuzasidan qaytish effekti, nurlanish va qayta nurlanish hodisalaridir.

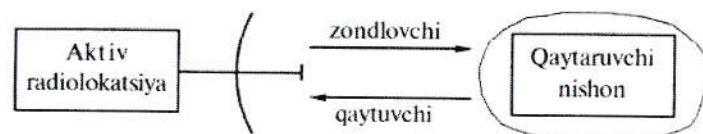
Radiolokatsion jihozlar yordamida harakatdagi turli nishonlarni aniqlash, ular harakati parametrlarini o'lchash vazifalari bajariladi.

Nishonni aniqlash, uning koordinatalari va harakat parametrlarini o'lchash jarayoni radiolokatsion kuzatuv deb ataladi. Bunday jarayonni bajaradigan tizim va qurilmalar radiolokatsion stansiya yoki radiolokator deb ataladi.

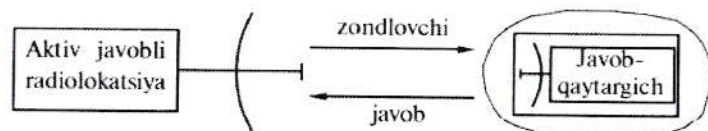
Radiolokatsion nishonni aniqlash uslubiga qarab radiolokatsiya jarayoni aktiv radiolokatsiya, passiv radiolokatsiya va aktiv javobli radiolokatsiya turlariga bo'linadi.

Aktiv radiolokatsiya (7.3-rasm) usuli radiolokatsion stansiya uzatkichi radiolokatsion kuzatuv jarayonida tarqatgan elektromagnit to'lqinlari nishondan qaytganidan so'ng qabulqilgichi orqali qabul qilib olishga asoslangan.

Bu yerda radiostansiyaning qabulqilgichi qaytgan signalni qayta ishlab, nishon to'g'risidagi ma'lumotni ajratib oladi.



7.2-rasm. Aktiv radiolokatsiya



14.3-rasm. Aktiv javobli radiolokatsiya

Radiolokatsion stansiya uzatkichi nurlatgan (tarqatgan) signal zondlovchi va qabulqilgichi qabul qilgan signal qaytgan signal deb ataladi.

Aktiv radiolokatsiyaning boshqa turi aktiv javobli turidir (7.3-rasm). Bunday usul tizimda radiolokatsion kuzatuv nishonida maxsus retranslatsion qabulqilgich-uzatkich o'rnatilgan bo'lib, uning qabulqilgichi radiolokatsion stansiya signalini qabul qilib olgandan so'ng, qayta ishlab uzatkichi orqali atrofga shifrlangan javob

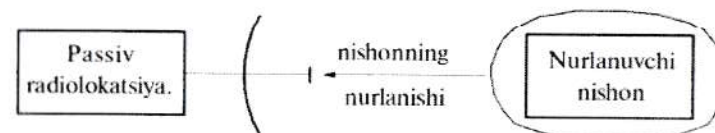
signali tarqatadi. Bunday signal radiolokatsion stansiya qabulqilgichida qabul qilinib, nishon to'g'risidagi ma'lumotlarni oladi.

Nishonga qo'yilgan javobqaytargichning mavjudligi radiolokatsion stansiyaning ta'sir doirasini kattalashtiradi.

Passiv radiolokatsiya temperaturasi mutlaq noldan farq qiladigan jismlarning tabiiy nurlanish xossalariidan foydalanishga asoslangan (14.5-rasm).

Nishonning nurlanishi issiqlik nuri ko'rinishida bo'lganligi uchun passiv radiolokatsiya boshqacha qilib issiqlik lokatsiya deb ham ataladi.

Passiv radiolokatsiyaning afzalliklari shundan iboratki, bu tizimda radioto'lqin uzatkich yo'qligidir. Lekin ta'sir doirasi nishonning issiqlik darajasiga bog'liq bo'ladi. Shu sababdan



14.4-rasm. Passiv radiolokatsiya

passiv radiolokatsiyada nishonning uzoqligini o'lchash mumkin emas, bunda faqat nishonning yo'nalishi aniqlanadi.

Aviatsiya sohasida samolyotlarni boshqarish uchun aktiv radiolokatsiya va aktiv javobli radiolokatsiya turlari ishlatiladi.

Passiv radiolokatsiya harakatdagi nishonni aniqlash va yo'q qilish uchun harbiy maqsadlarda ishlatilib kelinmoqda.

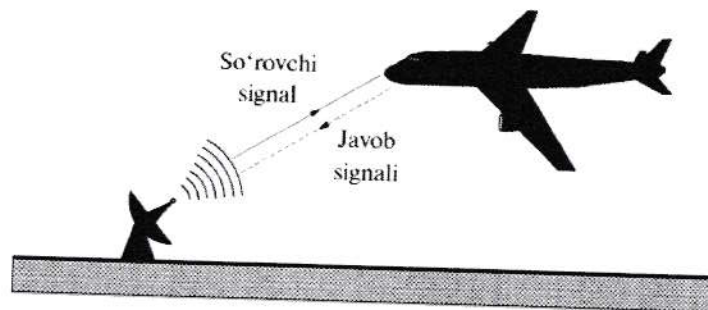
IV. Radiolokatsion stansiya qurish negizi

Havo kemalarining radiolokatsion stansiyalari havo kema oldidagi yarimsharda hosil bo'ladigan xavfli meteohodisalarni aniqlash (momaqaldirimli holat, buraluvchi kuchli bulutlar), Yer yuzasi ko'rinmaydigan vaqtda radiolokatsion kartadan mo'ljal olish, uchish trayektoriyasida sodir bo'luvchi to'siqlar (havo kema, tog' cho'qqilari va boshq.)ga urilib ketishning oldini olish, tog' cho'qqilari ustidan uchib o'tayotganda xavfsiz balandlikni aniqlash ishlarida qo'llanadi. Bulardan tashqari, radiolokatsion stansiyalar qator navigatsion

parametrlarni (yo'l tezligi, og'ish burchagi, azimut va boshq.) aniqlash uchun ham ishlatiladi.

Zamonaviy havo kemalari radiolokatsiyaning aktiv radiolokatsiya turini ishlatadi. Bunda o'lchamlari radioto'lqinlarning to'lqin uzunligidan, katta to'siqlardan to'lqinning qaytish xossaligidan foydalaniladi.

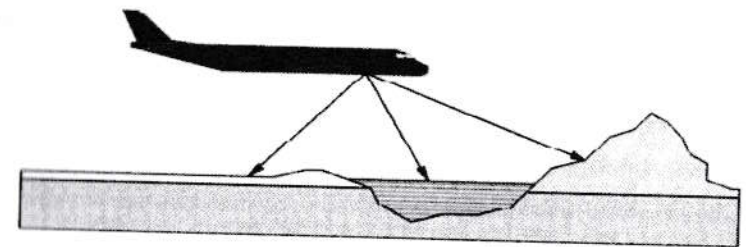
Radiolokatsion stansiyada havo kemasi polyar koordinata tizimi markazi bo'lgan holatda radiolokatsion kuzatuv nishonlarining koordinatalarini (azimut, uzoqlik) aniqlash uchun nurlangan va qaytgan elektromagnit to'lqinlarning tezligi o'zgarishligi va radial tarqalish xossalari ishlatiladi (7.5-rasm).



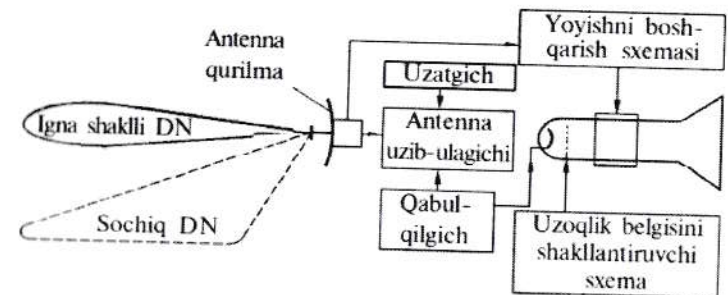
14.5-rasm. To'lqinning nurlanishi va qaytishi

Radiolokatsion kuzatuv vaqtida ekranda nishonning radiolokatsion tasviri yorug'lik belgilari bo'lib, nishondan havo kemasigacha bo'lgan masofani aniqlovchi masshtabda ochiladi va burchak koordinatasi (azimut)ni ham ko'rsatib beradi. Bunday holatda ekranning yorug'ligi qaytgan nur, ya'ni nishonning to'lqin qaytarish xossasiga bog'liq bo'ladi.

Shu sababdan katta shahar va temir-beton qurilmalardan qaytgan nur hosil qilgan yorug'lik, maysazor va o'rmonzorlardan qaytgan nur hosil qilgan yorug'likdan kuchli bo'ladi. Suv yuzasiga nur qaysi burchakda tushsa, shu burchakda qaytadi. Shuning uchun radiostansiya antenναςiga qaytgan nur deyarli kelib tushmaydi, ekranda suv yuzasi qorong'i bo'laklar bo'lib ko'rinadi (7.6-rasm).



14.6-rasm. Radiolokatsion kuzatuv.



14.7-rasm. Radiolokatsion stansiyaning tuzilish sxemasi

Bordagi radiolokatsion stansiyaning tuzilish sxemasi 7.7-rasmda ko'rsatilgan. Radiolokatsion stansiya impuls rejimida ishlaydi. Bunday rejim radiostansiya antenναςini signal qabul qilish va uzatish vaqtida ishlatishga hamda katta quvvatli signalni kam quvvatli elektr manbayidan paydo qilish imkoniyatini beradi.

Radiolokatsion stansiya uzatkichi yuqori chastotali qisqa vaqtli (3 mks) tebranishlarni davriy ishlab chiqaradi. Uzatkichning impuls-lari takrorlanish davri shunday tanlab olinadiki, bu vaqt ichida eng uzoqdagi nishondan qaytgan signal radiolokatsion stansiya qabulqilgichi kirishiga uzatkichdan tarqalayotgan keyingi impuls tarqalish vaqtigacha kelib tushishi kerak.

Shunday qilib, uzatkich tarqatgan impuls-lari orasidagi vaqtda kuzatuv doirasida bo'lgan barcha nishonlardan qaytgan signallar radiostansiya qabulqilgichiga kelib tushadi va u yerda o'zgartirilib, kuchaytirilib, ajratib olinadi va qisqa impuls shaklida elektron nur trubkasi boshqaruv elektrodiga uzatiladi. Indikator ekranida yorug'ligi o'zgaruvchan belgi hosil qiladi.

Antenna uzib-ulagichi radiolokatsion stansiyaning uzatkichini atrofga yuqori chastota signal tarqatayotgan vaqtda antennaga ulab, signal tarqalmayotgan vaqtda radiolokatsion stansiyaning qabulqilgichini antennaga ulash uchun xizmat qiladi.

Bortdagi radiolokatsion stansiyalarning antennalari parabolik ko'rinishda bo'lib, samolyot oldidagi yarimsharni kuzatish uchun igna shaklida yo'naltirilgan diagrammali nur hosil qiladi.

Yer yuzasini kuzatish uchun gorizonta tekislikda $1 \div 5^\circ$ bo'lgan ingichka nur, vertikal tekislikda esa sochiluvchan diagrammali nur ishlatiladi. Bunday nurlar yordamida radiolokatsion stansiya kuzatayotgan barcha yuzachalar ko'rinadi. Indikator ekranida bir-biriga o'xshash nishonlar belgilari bir xil yorug'likda bo'ladi.

Radiolokatsion stansiya qabulqilgichi kirishida bir-biriga o'xshash nishondan qaytgan nur kattalıkları «bort-yer-bort» oralig'ida o'tgan yo'li uzunligiga bog'liq bo'ladi. Nishon qancha uzoq bo'lsa, yo'lda signal shuncha ko'p yo'qoladi. Shuning uchun havo kemasiga yaqin nishonlardan paydo bo'lgan belgi yorug'lig'i katta bo'ladi.

Bundan xulosa shuki, uzoqdagi nishon yorug'ligi kam va yaqindagi nishon yorug'ligi katta belgilar hosil qilib, operatorida nishon to'g'risida tegishli ma'lumot hosil qiladi.

V. Televizion signallar

Birlamchi televizion signal elektron yoyilish usuli bilan optik tasvirni videotsignal yoki yorug'lik signaliga o'zgartirib beradigan uzatuvchi televizion trubkaning yoyuvchi nuri yordamida hosil qilinadi.

Harakatchan tasvir bir-biri bilan almashinuvchi kadrlar-oniy fotografiya ko'rinishida uzatiladi. Shuni ham aytish kerakki, tekis harakat effektini hosil qilish uchun 1 sekundda $Z=25$ ta kadr uzatilishi kerak.

Har bir kadr satrlarga ajraladi, ularning soni belgilangan standartlar bilan aniqlanadi. Keng ko'lamda tarqalgan standartda har bir kadr $Z(S) = 625$ ta satrga ajraladi. Qabul qiluvchi televizion trubka ekrani (kineskop)da kadrlar almashinuvi

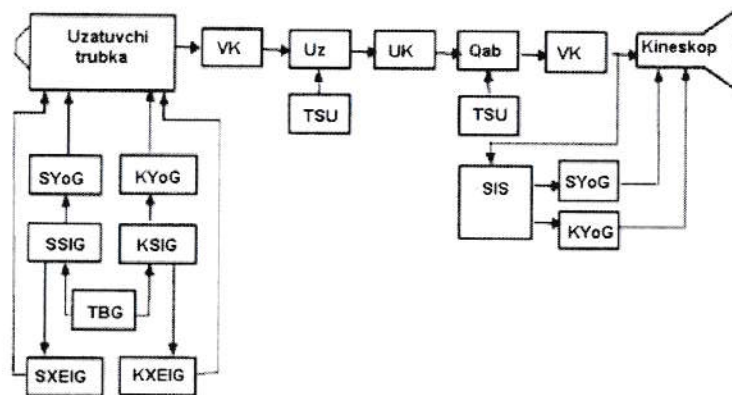
sezilmaydigan (miltillamaydigan) bo'lishi uchun tasvirlar soni 1 sekundda 50 ta kadrda kam bo'lmasligi kerak. Bu esa yoyilish tezligini oshirishni talab qiladi, bu o'z navbatida televizion signallarni shakllantirish va uzatish uskunasi murakkablashtiradi. Shu sababli, mumkin bo'lgan miltillashlarni yo'qotish uchun har bir kadr ikki bosqichda uzatiladi: dastlab toq, so'ngra juft satrlar uzatiladi. Natijada kineskop ekranida maydonlar yoki yarim kadrlar deb ataluvchi ikki tasvirdan iborat kadr hosil bo'ladi. Yarim kadrlar soni 1 sekundda 50 tani tashkil qilganligi uchun tasvirlar almashinuvi sezilmaydigan bo'lib qoladi, shu sababli miltillamaydigan tasvir hosil bo'ladi. Ko'rish holatining bir muddatga saqlanib qolishligi (inersionligi) tufayli 1 sekundda 50 ta yarim kadrlarni uzatish yaxlit harakatlanuvchi tasvir ko'rinishida idrok qilinadi.

Kadrlar va satrlarning almashinuvi vaqtida qabul qiluvchi trubkaning yoyuvchi nuri o'chirib qo'yilishi kerak. Shu sababli trubkaning boshqaruv elektrodiga videotsignalning qora maydon uzatilayotgan paytdagi kuchlanishiga teng kuchlanish beriladi. Buning uchun uzatuvchi televizion kamera signal nurning teskari yurish vaqtidagi kuchlanishini videotsignalning qora maydon uzatilayotgan paytdagi kuchlanishiga teng bo'lgan qiymatigacha yetkazadigan qurilmalar bilan takomillashtiriladi. Bunda hosil bo'ladigan kuchlanish impulsini uchiruvchi impuls deyiladi.

Uzatuvchi va qabul qiluvchi televizion trubkalarning yoyuvchi nurlari sinxron va sinfaz harakat qilishi kerak. Buning uchun televizion signalning uzatkichidan uning qabul qilgichiga sinxronlovchi impuls uzatiladi: nurni bir satrning oxiridan keyingi satrning boshlanish joyiga o'tish paytida satrni sinxronlovchi impuls, har bir kadr (yarim kadr)ning oxiridan boshqasining boshlanish joyiga o'tish paytida esa kadrlarni sinxronlovchi impuls uzatiladi. Sinxroimpuls tasvirga xalaqit bermasliklari uchun ular kineskop nuri o'chirilgan, ya'ni o'chiruvchi impuls uzatilayotgan paytda uzatiladi. Qabul qilgichda sinxronlovchi va o'chiruvchi impulsarga taqsimlash daraja bo'yicha amalga oshiriladi: agar o'chiruvchi impuls videotsignalning qora maydon uzatilayotgan paytdagi darajasiga teng daraja bilan uzatilsa, sinxroimpuls esa

videosignalning «qoradanda qoraroq» maydon uzatilayotgan paytda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan darajasiga teng daraja bilan uzatiladi.

Televizion signalni shakllantirishning umumiy tuzilish sxemasi 8-rasmda keltirilgan, bu yerda quyidagi belgilashlar qabul qilingan; SYoG - uzatuvchi va qabul qiluvchi televizion trubkalarining satrni yoyish generatori va KYoG - kadrlari yoyish generatori; SSIG - satr sinxro-impulsleri generatori; KSIG - kadrlari sinxroimpulsleri generatori; TBG - topshiriq beruvchi generatori; SO'IG - satrni O'chiruvchi impulsli generator; KSIG - kadrlari O'chiruvchi impulsli generator; VK - uzatish trakti va qabul qilish traktining videokuchaytirgichi; Uz - televizion signallar va tovushni uzatib boruvchi signallarning uzatkichi; TSU - uzatish trakti va qabul qilish traktining tovushni uzatib boruvchi signallarni shakllantirish uskunasini; UK - uzatish kanali; Qab - televizion signallar va tovushni uzatib boruvchi signallarni qabul qilgich; SIS - sinxroimpulsler selektori.



14.8-rasm. Televizion signalni shakllantirishning umumiy tuzilish sxemasi

Shunday qilib, televizion kanal uzatkichining kirishiga kelib tushadigan birlamchi televizion signal uzluksiz O'zgaruvchi amplituda (kuchlanishi)li impulslar ketma-ketligini ifodalaydi.

Ular o'rtasidagi oraliqlarda o'zgarmas amplitudali satrni va kadrlari sinxronlovchi impulsler uzatiladi. Birlamchi televizion signal spektrining kengligi quyidagi yo'sinda aniqlanishi mumkin: spektrning maksimal chastotasi tasvirning

almashinuvchi oq va qora kvadrat elementlarini uzatishga to'g'ri keladi. Elementlarning vertikal o'lchami satrning o'lchami bilan aniqlanadi. Kadr kengligining uning balandligiga nisbatan $\frac{4}{3}$ ga tengligini hisobga olgan holda, bir satrda mavjud bo'lgan M elementlarning sonini aniqlash qiyin emas, u $M = (\frac{4}{3}) \cdot Z_2s$ ga teng. 1sekundda 25 ta kadr (tasvirning navbatma-navbat juft va toq satrlaridan tashkil topgan 50 ta yarim kadr)ning uzatilishi hisobga olinsa, 1 sekundda uzatilayotgan elementlarning umumiy soni 25 M ga teng bo'ladi.

Shunday qilib, televizion spektrning pastki chegaraviy chastotasini 50 Hz ga teng (yarim kadrlarning almashinish chastotasi), deb faraz qilib, tovushni uzatib boruvchi signallarni uzatishni hisobga olgan holda, televizion signal spektrining umumiy kengligini 50 Hz ... 6 MHz, deb qabul qilinadi.

Televizion signalning energetik spektri diskret xususiyatga ega bo'lib, uning energiyasining maksimumlari nFc satr chastotalarining garmonikalari ($n=1,2,3,\dots$) yaqinida to'plangan. Biroq amalda yorug'lik signallarining barcha energiyasi 0 ... 1,5 MHz gacha diapazonda to'plangan. Videosignalning bunday o'ziga xosligidan 50 Hz dan 1,2...1,5 MHz gacha chastotalar oralig'ida quriladigan videotelefon aloqa tashkil qilinayotganda foydalaniladi.

Yuqorida ko'rib chiqilganlarning barchasi oq-qora rangli televideniye uchun O'rinni. Rangli televideniye signallari ayrim o'ziga xos xususiyatlarga egadir.

Rangli televideniye asosida quyidagi fizik jarayonlar yotadi:

- ko'p rangli tasvirning maxsus rangli yorug'lik filtrlari yordamida asosiy R qizil (R-red), yashil (G-green) va ko'k (B-blue) rangdagi uchta bir rangli tasvirlarga optik yoyilish jarayoni;
- uzatuvchi televizion trubkada uchta bir rangli tasvirlarni ularga mos ER, EG, EB elektr signallarga o'zgartirish jarayoni;
- ushbu uchta elektr signallarni aloqa kanallari orqali uzatish jarayoni;
- maxsus kineskop (televizion trubkaning qabul qilgichi) da tasvirning elektr signallarini uchta bir rangli R qizil, yashil va ko'k rangli optik tasvirlarga qayta o'zgartirish jarayoni; har bir rang ikki: yorug'lik va ranglilik (to'yinganlik)

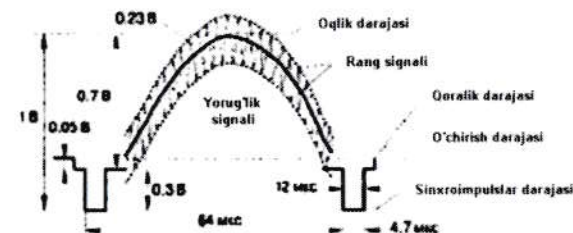
parametrlari bilan tavsiflanadi; oq-qora rangli televideniya tasvir yoyilayotganda faqat uning ayrim elementlarining yoritilganligigina o'zgaradi va uzatilayotgan signal yorug'lik signali hisoblanadi;

- uchta bir rangli tasvirlarning ma'lum mutanosiblikda bitta ko'p rangli tasvirga optik qo'shilish jarayoni; bunda yorug'lik signali shakllanadi.

Yorug'lik signali mavjud bo'lganda uchta rangli signal: ER, EG, EB ni uzatish shart emas. Ulardan istalgan ikkitasini uzatish yetarli. Odatda yorug'lik signalining 59 foizi yashil signal bo'lganligi sababli, rangli televideniya tizimlarida eng keng polosali EG yashil signal chiqarib tashlanadi, EG dan EB ni ham olib tashlash natijasida hosil bo'lgan yorug'lik signalini har xil rangli signallar deyiladi. Yorug'lik signali energiyasining maksimumi quyi chastotalar diapazonida to'planadi. Signal tashkil etuvchilarining amplitudalari yuqori chastotalar diapazonida juda kichik bo'ladi. Yorug'lik signalining ayni shu diapazoniga tashuvchi chastotalar yordamida har xil rangli signallar joylashtiriladi, natijada rang beruvchi signallar hosil bo'ladi. Shunday usul bilan umumiy chastotaviy spektrda zichlashayotgan yorug'lik signali va har xil rangli signallar o'zaro xalaqitlarni hosil qilishi mumkin. Tashuvchi chastotalarni yuqori chastota diapazoni (ya'ni yorug'lik signalining tashkil etuvchilari juda kichik va tashuvchi chastotaning amplitudasi bu tashkil etuvchilarning amplitudasidan katta qilib olinadigan diapazonda tanlab, yorug'lik signalining yuqori chastotali tashkil etuvchilarining har xil rangli signallarga ta'siri kamaytiriladi.

Ayni vaqtda tashuvchi chastotaning amplitudasi yorug'lik signalining maksimal amplitudasining 23 foizidan katta bo'lmasligi kerak. Shunday qilib, yorug'lik signali va ikkita har xil rangli signal o'zaro sezilarli ta'sir etmay, televizion signalning standart chastotalar oralig'ini band qiladi. To'la televizion signal (TV) ning asosiy parametrlari ko'rsatilgan uning bir satri ossilogrammasining bo'lagi 9-rasmda ifodalangan. Rangli televideniyaning bir necha tizimi mavjud. Ular bir-biridan asosan tashuvchi chastotalarni har xil rangli signallar orqali modulyasiyalash usullari bilan farqlanadi. Mamlakatimizda

SECAM (SEKAM) tizimi qo'llanila boshlandi (frans. *Sequentiel couleurs a memoire R* ranglarni yodda saqlagan holda ularni ketma-ket uzatish).



14.9-rasm. To'la TV-signal bir satrining ossilogrammasi

Bu tizimning o'ziga xosligi shundan iboratki, har xil rangli signallar chastotaviy modulyasiya usuli bilan yorug'lik signalining chastotaviy spektrida yordamchi rangli tashuvchilarga uzatiladi. Tashuvchini chastota bo'yicha bir vaqtning o'zida ikkita signal bilan modullash mumkin bo'lmaganligi sababli, SECAM tizimida signallar navbatma-navbat satrlar orqali uzatiladi. Bitta satrning uzatilish vaqti mobaynida faqat ER - E, boshqa satrda faqat ER - E, uchinchi satrning uzatilish vaqtida yana ER - E va h.z. har xil rangli signallar uzatiladi. Televizorda EG - E har xil rangli signalni olish uchun, bir vaqtning o'zida ikkita ER - E va EV - E har xil rangli signallarning bo'lishi zarur. Buning uchun televizorlarda vaqt bo'yicha bitta satr (64 mks) ga kechikadigan kechiktiruvchi liniyadan (xotirada saqlagan holda) foydalaniladi. Shunday qilib, har bir uzatilayotgan satr kechiktiruvchi liniyada saqlanadi va navbatdagi satrning kelishiga uchinchi har xil rangli signalni shakllantirish uchun undan yetishmaydigan signal sifatida foydalaniladi.

VI. Televizion eshittirish tizimlari teleko'rsatuvlarni uzatish va qabul qilish asoslari

Televideniya tizimi deb, biz televideniya dasturlarini telemarkazdan bironta tele ko'ruvchiga etkazishni ta'minlovchi qurilmalar majmui tushuniladi. Boshqacha teleko'rsatuvlarda albatta "o'zlarining" tizimi mavjud.

Teleko'rsatuvlar aloqasi bir vaqtda optikaviy va tovushli xabarlarni uzatish uchun mo'ljallangan, shuning uchun televideniya aloqasida ikkita kichik tizim

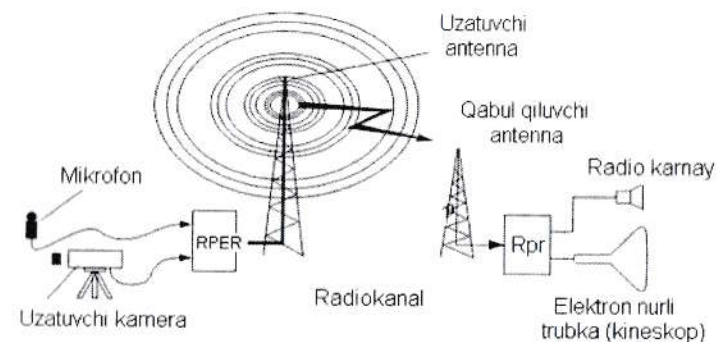
mavjud bo'ladi. Tovush xabarlarini uzatuvchi kichik tizim, amalda yuqorida ko'rilgan ovoz eshittirishdan farq qilmaydi. Optikaviy xabarlarni uzatuvchi kichik tizim esa harakatdagi tasvirlarni uzatishni ta'minlaydi. U ham boshqa elektr aloqa tizimlari kabi uchta asosiy elementdan tashkil topgan: uzatgich, aloqa kanali va qabul qilgich. Harakat effekti kinodagidek kadrlarni tezlik bilan harakatlantirish hisobiga erishiladi (bir sekundda 24 kadrda ortiq). Bu hodisa inson ko'zining inertligi hisobiga.

Demak, harakatdagi tasvirlarning harakatda bo'lmaganlarga qaraganda ancha katta tezlikda yoyilishini amalga oshirish zarur. Shuning uchun harakatdagi tasvirlarni signalga va teskari o'zgartirish uchun elektronli yoyilishdan foydalaniladi. Bunda o'zgartirgichlarning asosiy elementi kineskop hisoblanadi. Soddalashtirilgan uzatuvchi trubkadan biri (vidikon) shishadan yasalgan vakuumli trubkada ikki elektrod, elektronli proyektor va nishon joylashgan. Proyektor elektronli nurni hosil qiladi.

Nurning ko'ndalang kesimini tashkil etish fokuslovchi tizim yordamida shakllantiriladi. Nurning zarur tomonga yo'nalishini og'diruvchi tizim hosil qiladi. Nishon ikki qatlamdan iborat bo'ladi. Birinchi, qatlam yorug'likka shaffof va doimiy elektr o'tkazuvchanlikka ega. Ikkinchisi, proyektor tomonga qaragan, ikki xil fotoeffektli koeffitsiyentga ega bo'lgan moddadan tayyorlanadi.

Televideniya signallari, odatda, radiokanal bo'yicha uzatiladi. Radiokanal tarkibiga televideniya radiouzatgichi (RU), uzatuvchi antenna, radio to'lqinlar tarqaluvchi muhit, qabul qiluvchi antenna va televizorli qabul qilgichlar (K+) kiradi. Ko'rinuvchi signalning chastotali spektri past bo'lganidan ochiq fazo bo'yicha tarqatish radio chastotali signalga aylantirib, radio to'lqin sifatida uzatish televideniya radio uzatgichida amalga oshiriladi.

Tizimning qabul qiluvchi tomonida radio to'lqinlarining bir qism energiyasi qabul qiluvchi antenna tomonidan ushlab qolinadi, kuchaytiriladi va yana kineskop radio qabul qilgichida ko'rinuvchi signalga o'zgartiriladi.



14.10-rasm. Televizion eshittirish tizimining tuzilish sxemasi

Ko'rinuvchi signalni xabarga aylantirishda ba'zi bir moddalarning elektronlar ta'sirida nurlanishidan foydalaniladi. Ularga lyuminaforlar deyiladi. Ular nurlanishning yoritilganligi tushayotgan elektronlar oqimiga to'g'ri mutanosib. Lyuminafor kineskop ichki qismiga surtilgan elektron dastasining intensivligini ko'rinuvchi signal boshqaradi. Signal o'zgarishiga qarab nur dastasining intensivligi o'zgariganidan, har bir qatordagi nurlanish o'zgaradi. Elektron - fotonning katta tezlik bilan (1 sekundda 625 marta) o'zgarishidan biz televizor ekranda to'la optikaviy tasvirni ko'ramiz.

Yorug'lik intensivligidagi o'zgarishlarni istalgan masofaga uzatishning eng oson yo'li yoritilganlikka mutanosib elektr toki beradigan biror fotoelementdan foydalanishdir. Fotoelement bergan tok kuchaytirilganidan so'ng sim yoki radio vositasida uzatish mumkin. Agar bu tok ravshanligi tok yoki kuchlanish kattaligiga bog'liq bo'lgan manbaiga berilsa, qabul qilish stansiyasida yorug'likning uzatilgan intensivliklarini tiklash mumkin.

Manzaraning ko'p elementlari intensivliklarini bir yo'la uzatish televideniya asosiy qiyinchilik hisoblanadi. Bu qiyinchiliklardan qutilishning birdan-bir yo'li elektr maydonidan foydalanishdir.

Teleko'rsatuv (tele-grekcha, uzoq ma'nosiga ega) asosida turli-tuman tinch turgan va harakatdagi rasmlar, chizmalar, binolar, sahnadagi artistlar hamda voqea va hodisalarni elektr maydoni yordamida uzoq masofalarga uzatish yotadi. Birinchi

marta Berd (1925 yil) teleko'rsatuv uchun shunday tizimni taklif qildiki, uning asosida matnlarning ko'plab bo'lakchalaridan hosil bo'lgan suratlarini optika qonunlaridan foydalanib uzatish yotadi.

Predmetning alohida elementidan uzatish uchun kerak bo'ladigan vaqt juda kichik bo'lgani uchun televideniya ultra qisqa to'lqinlar ishlatiladi. Bu sohada eng murakkab masalalardan biri radio



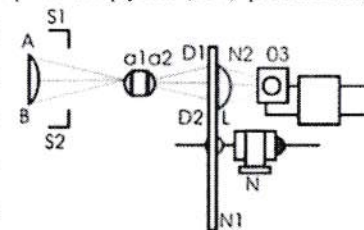
14.11-rasm

to'lqinlar yordamida tasvir elementlarini uzoq masofalarga, iloji boricha, tez va ketma-ket uzatishdir. Bu murakkab masalalar yoyuvchi qurilmalar yordamida amalga oshiriladi.

Televideniya rivojining birinchi davrlarida yoyuvchi qurilmalar mexanik yo'l bilan amalga oshirilardi. Qo'yilgan maqsadning, ya'ni qurilmaning ma'nosini tushunish maqsadida tasvir elementlarini uzatish qurilmasining eng sodda ko'rinishi bilan tanishib chiqamiz. Bunday qurilmaning birinchisi Nipkov (1884y) tomonidan yasalgan bo'lib, unda noshaffof diskning chetlari bo'yicha kichik kvadrat shaklidagi teshikchalar yasalgan. Teshikning o'lchamlari tasvir elementining o'lchamlariga mos keladi (13-rasm). Unda 01,02 va h.k. teshikchalar disk bo'ylab speral shaklida joylashgan bo'lib, har bir keyingi tirqish markaziy teshikcha kengligi qadar yaqinlashib boradi. Teshiklar soni tasvirning bo'linadigan qatorlariga teng.

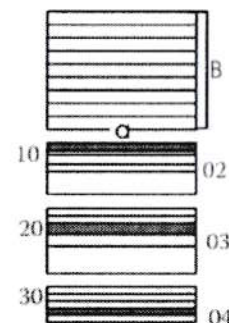
Hozirgi kunda B.L.Rozing tomonidan taklif (1907y) etilgan osillografik uzatishlar ishlatiladi. Ular ikonoskop deb atalib (ikonoskop grekcha so'z bo'lib, ikon -tasvir, skopio-uzatish), ular hozirgi zamon uzatuvchi televizion radiostansiyaning asosiy qismini tashkil etadi (13-rasm). Ikonoskop ikki qismdan iborat bo'lib: a) elektron nurli trubka va b) MN silindr qismlardan tashkil topgan. Ikonoskop tarkibiga yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlam (1); slyuda (2) va signal qatlarni (3), (AV) ob'ekt, (0) ob'ektiv, (K) fotoelement katodi, (Kch) kuchaytirgich, (D) qo'shimcha anod, (E va h) vertikal va gorizontal joylashgan og'diruvchi kondensator qoplamalari; 5-umumiy anod kiradi.

Ikonoskopning (14.12-rasm) ishlashini qarab chiqaylik. (AV) predmetning ob'ektiv (O) orqali hosil bo'lgan tasviri yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlamga tushadi. Yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlamning barcha mikroskopik foto elementlari o'zidan elektronlar chiqara boshlaydi, qaysi bir foto element ko'proq yoritilsa, undan ko'proq elektronlar otilib chiqadi. Natijada har bir seziy bilan qoplangan kumush dona musbat zaryadga ega bo'ladi, uning miqdori esa yorug'lik intensivligi-miqdoriga bog'liq. Shunday qilib, yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlam sirtida elektr zaryadlarining ma'lum taqsimoti (potensial relief) hosil bo'ladi.



14.12-rasm

Yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlam ro'parasidagi shisha idishning (ballonning) ichki sirti o'tkazuvchan qatlam bilan qoplangan va unga musbat potensial berilgan yorug'likni yaxshi sezuvchi qatlamning fotoelementlari bo'lgani uchun umumiy anod vazifasini o'taydi va shu sababli unda barcha chiqqan fotoelektronlar ushlab qolinadi. Faraz qilaylik, elektron-nurli trubkaning elektron to'pi va undan keyin kondensator qoplamalariga ulangan taqsimlovchi-yoyuvchi generatorlar ishlay boshlasin. Dastavval elektron sezgir qatlam markaziga tushsin (14.13-rasm).

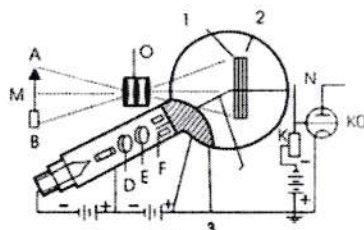


14.13-rasm

Elektron dasta 1 sekundda p qatorni (sezgir qatlam sirtini) 25 marta bosib o'tgani uchun, televizion stansiya 1s/25 dona kadrni uzatadi.

Shuning uchun elektron dasta sezgir qatlam sirti bo'ylab chiziqlar chizayotganda, ketma-ket alohida fotokatodlardan musbat elektr zaryadlarni terib boradi va kondensatorning chap qoplamasi (14-rasmdagi L, 15-rasmda esa sezgir qatlam) razryadsizlana boshlaydi. Elektron impuls esa kondensatorning o'ng

qoplamasiga beriladi. (14-rasmdagi M va 15-rasmdagi signal qatlarni), bu esa qarshilik R ning uchlarida kuchlanish impulsini hosil qiladi. Bu kuchlanish impuls kondensator zaryadiga, ya'ni yorug'lik oqimiga va sezgir qatlamning alohida fotokatodining yoritilish vaqtiga to'g'ri mutanosib bo'ladi, kuchlanish impuls 14-rasmdagi kuchaytirgich lampa yordamida kuchayadi va ultrayuqori chastotali konturga beriladi va ular shu yo'l bilan modullashadi.

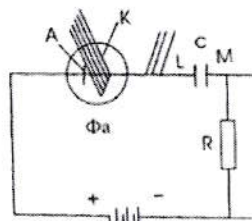


14.14-rasm

Televizion uzatkichning antenasi bu modullangan tebranishlarni nurlantiradi. Teletasvirlar sekunda 25 kadr tezligi bilan uzatilgani uchun harakatlanuvchi ob'ektlarning tasvirlarini ham uzatish imkoni paydo bo'ladi.

Uzatuvchi televizion stansiyaning ishini turli davrlarga bo'lish mumkin.

- 1) tasvirni elementlarga ajratish;
- 2) bu elementlar yorug'lik energiyasini elektr toki impulsiga aylantirish;
- 3) olingan toklarni kuchaytirish;
- 4) bu toklarni uzatkichning elektr tebranishlarining modulyasiyasiga mos ravishda aylantirish;
- 5) modulyasiya qilingan-modulyasiyalangan elektromagnit to'lqinlarni uzatish.



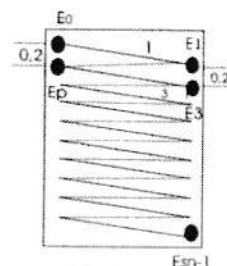
14.15-rasm

Yuqori texnologik integrasiyaga egaligi; tabiiy ofatlarni (Yer qimirlashi, toshqinlar, sel va hokazo) sodir bo'lishi kutilayotgan mintaqalardagi muhitlarda ishlay olish qobiliyatining borligi, ularning simli kabellardan afzalliklarini ko'rsatadi.

Optik tolali aloqa tizimida axborot uzatishning umumiy ko'rinishini 16-rasm orqali tushuntirish mumkin. Aloqa liniyasida uzatish uchun mo'ljallangan uzluksiz yoki raqamli elektr signali uzatish tomonidagi yarimo'tkazuvchanli lazerli

yoki yorug'lik manbaidan chiqayotgan optik nurlarni modulyasiyalaydi va buning oqibatida elektr signalini optik (yorug'lik) signaliga aylantirib, so'ngra optik tola bo'ylab uzatiladi. Tizimning qabul qilish tomonidagi toladan chiqib kelayotgan optik signal r-l-p yoki ko'chkili fotodiod asosida qurilgan fotodetektorga kiritiladi. Fotodetektor esa, unga tushayotgan optik nurlarni dastlabki uzluksiz raqamli elektr signaliga aylantirib beradi.

Tolali optik tizimlarda asosan uch turdaga yorug'lik manbalaridan foydalanib kelinayapti: qattiq jisimli lazerlar, yarimo'tkazgichli yorug'lik sochuvchi diodlar va yarim o'tkazgichli injeksion lazerlar. Ammo hozirgi paytda uzluksiz tartibda ishlash uchun, geterolazerlar qo'llanilmoqda. Bunday lazerlar maxsus ko'p qatlamli geterolazerlar tizimidan iborat bo'lib, ularning tavsiflari mavjud:



14.16-rasm

1. Lazerdan o'tayotgan tok bilan nurning sochilish quvvatini bog'lovchi volt-ampere tavsifi;
2. Nurlanishning modali tarkibi;
3. Nurlanishning yo'naltirish diagrammasi.

Endi qabul qiluvchi televizion radiostansiyalarda antennalar tomonidan qabul qilib olinayotgan o'zi bilan ko'rinuvchi signallarni (tasvir signallarini) olib keluvchi, radioto'lqinlar bilan bog'liq bo'lgan hodisalarni qarab o'taylik. Televizion stansiyaning radioqabul qiluvchisini televizor deb atalib, uning asosiy qismi maxsus konstruksiyaga ega bo'lgan elektron nurli trubka - kineskopdir (kineskop - grekcha so'z bo'lib, u yoki bu predmetning harakat, holatini ko'rsata oladigan qurilmadan iborat). Kineskop ekranining ichki qismi nurlanuvchi modda bilan qoplangan.

Bu modda (SS yoki kadmiyning volframli birikmasi) bir qancha talablarga javob beradi:

- 1) uning ko'rinishi elektroilar dastasi yordamida vujudga kelib, uning to'xtashi bilan nurlanish to'xtashi zarur;

2) nurlanishning elektron nur intensivligiga to'g'ri mutanosib bo'lishi shart va h.k.

Elektron nuri kineskop ekrani bo'ylab ikonoskop elektron dastasi harakatiga sinxron ravishda harakatlanib chiqadi. Uzatuvchi va qabul qiluvchi stansiyalar yoyuvchi generatorlarning sinxron ishlaganida biz televizor ekranida ikonoskop sezgir qatlarning oldida turgan predmetni ko'ramiz. Ikonoskop va kineskop elektron dastalarining sinxronizatsiyasi uzatuvchi stansiyadan jo'natiluvchi-sinxronizatsiyalovchi signallar yordamida amalga oshiriladi. Bu signallar qabul qiluvchi stansiyaning yoyuvchi generatorlariga ta'sir qiladi. Ko'rinuvchi signallarning har xil intensivligi elektron dastadagi elektronlar sonini o'zgartiradi, bu esa o'z elektron dastasi tushayotgan kineskop ekranining ko'p yoki kam nurlanishiga olib keladi. Shunday qilib, kuzatuvchi ekranida ikonoskop sezgir qatlarniga tushirilgan tasvirning teng qiymatli suratini ko'radi. Bunda tasvir signallari qora va yorug' elementlar ko'rinishi (oq-qora televideniye) da namoyon bo'ladi.

VII. Raqamli televideniya va undagi yangi imkoniyatlar

Taraqqiyot bir joyda turmaydi. Mexanika prinsiplaridan foydalangan dastlabki televizion tizimlarda hozirgi o'lchamlarga qaraganda tasvirning sifati uncha yaxshi bo'lmaganligi tufayli tomoshabinlar ekrandagi xira sharpalarni arang ko'ra olganlar. Biroq bu vaqtincha qiyinchiliklar edi. Televideniye faol rivojlanishi faqatgina u mutlaqo elektron shakliga o'tganida boshlangan. Bizga tanish analogli elektron televideniye bora-bora shunday sifatga ega bo'ldiki, uni ortiq takomillashtirishning boshqa imkoni yo'qdek tuyulardi. Biroq axborotni analogli usulda uzatish o'rnini bosish g'oyasi televideniye ham chetlab o'tmadi. Analogli televideniye o'rniga sekin-asta raqamli televideniye kirib keldi.

Raqamli televideniye tarafdorlarining bosh dalili - tasvirning sifati. Uzatish va qabul qilish jarayonidagi raqamli ishlov yanada yuqori sifatga erishish imkonini beradi. Darhaqiqat, hammaning ham uyidagi televizori tasvirni benuqson ko'rsatavermaydi - tasvir turli xil halaqitlar bilan kelishi, titrashi, xatto umuman

yo'qolib qolishi ham mumkin. Analog signal sifatiga bir talay omillar ta'sir qilishi mumkin.

Halaqitlarni bartaraf etish natijasida raqamli tasvirni qabul qiluvchi televizion jihozlarda a'lo sifat va tasvirning ravshanligiga erishiladi. Raqamli televideniye televizion signal bilan birga xatolarni tuzatish kodi (Error Correction Code, YeSS) qo'llaniladi, unga uzatiladigan ma'lumotlar umumiy hajmining 10% ulushi kiradi. Bu uzatgich antennadan uzoq masofada ham sifati huddi undan 1km masofadagidek tasvirga ega bo'lish imkonini beradi. Xatolarni tuzatish kodi orqali televizion signalni tekshirish va uzilishlarni bartaraf etish ko'zlanadi, bunda qabul qilish televizion jihoziga signal kelib tushish jarayonining o'zida tekshiruv testi amalga oshiriladi. Shu tariqa raqamli signalning va ekrandagi tasvirning sifati uzatish antenasining butun hududi bo'yicha bir xilda bo'ladi.

VOD va tele-gid xizmatlari. Ommaviy axborot sohasida VideoOnDemand (VOD) - "talabga ko'ra video" yoki "buyurtmaga ko'ra video" kabi xizmatlar tobora ommaviylashib bormoqda. Tomoshabin USB - saqlagichi orqali teleko'rsatuvlar dasturidan mustaqil ravishda film va seriallarni o'ziga qulay vaqtda tomosha qilishni xohlaydi.

Umuman olganda, VOD istalgan vaqtda ma'lum axborot resurslariga ega bo'lish imkoniyatini bildiradi. Buni to'lovli televideniye xizmati orqali hamda talabga ko'ra kompyuterga ko'chirib yuklab olish yoki oqimli rejimda internetbrauzer orqali tomosha qilish mumkin.

Ilk bora VOD tijorat xizmati 1990 yillarda Gonkongda ishga tushirilgan. AQSh da bunday xizmatni Oceanic Cable firmasi 2000 yilning yanvar oyida Gavay orollarida ilk bor taklif etgan. Hozirda bu xizmat butun mamlakatga yoyilgan. Filmlar va teleshowlarni yakuniy foydalanuvchiga o'zidagi katta o'tkazuvchanlik imkoni tufayli yetkazib beruvchi kabel provayderlari orqali oqimli VOD tizimlariga ega bo'lish mumkin. Ko'pincha VOD mijozlari filmlarni tez oldinga o'tkazish, orqaga qaytarib qaytadan ko'rish va filmni pauzada saqlash imkoniyatidan foydalanadilar.

Xususan O'zbekistonda UZDIGITAL TV kompaniyasi tomonidan bunday xizmatlar taklif qilinmoqda.

Tele-gid (ko'rsatuvlar dasturi). Tele-gid – kanallarni o'zgartirish va uzatilayotgan ko'rsatuvlar dasturini ko'rib chiqish, subtitrlarni yoqish va o'chirish, tarjima tilini tanlash, eslatmalarni belgilash va bir talay boshqa vazifalarni o'z ichiga olgan ajoyib xizmat. Tele-gid barcha zaruriy axborot, shu jumladan haftalik ko'rsatuvlar dasturi muntazam translyasiya qilinganda teskari aloqa kanalisiz ham ishlashi mumkin. Tele-gid - barcha kanallardagi translyasiyalarning elektron jadvali bo'lib, har bir kanaldagi ko'rsatuvlar dasturlari bilan tanishish imkonini beradi. Tele-gidni o'qishga qulay qilib butun ekranga "yoyish" ham, ekranning pastki qismida kichraytirilgan shaklda ko'rish ham mumkin. Bunda ekranning katta qismida namoyish etilayotgan kanal ko'rsatuvlarini tomosha qilishda davom ettirish mumkin. Tele-gidga „ota-ona nazorati“ funksiyasi qurilgan. Bolalarning boshqa kanallarga o'tishi ota-ona qo'ygan maxfiy kod bilan taqiqlanadi.

Timeshift funksiyasi. Timeshift funksiyasi telekanalni tomosha qilayotganda jonli efirni pauzaga qo'yib, keyinchalik yana shu joyidan ko'rishga imkon beradi. Oddiy pauzadan tashqari ko'pincha qo'shimcha ravishda tomoshani oldinga o'tkazish va orqaga qaytarib tomosha qilish imkoniyatlari mavjud. Timeshift funksiyasi – bu aslini olganda, fonli yozuv. Qo'llanishiga ko'ra yozib olish butun vaqt davomida yoki faqat foydalanuvchi Timeshift funksiyasini faollashtirganda amalga oshiriladi. Albatta, bu funksiya qanchalar uzoq faol bo'lsa, qattiq disk yoki xotiraga saqlash uchun shunchalar uzoq vaqt talab etadi. Bunda orqaga yoki oldinga aylantirish faqat yozuv saqlangan davrda ishlaydi. Ko'pincha joriy kanalga o'tish yoki birinchi bor pauza bosilgan vaqtdan boshlanadi va yozuvi fon rejimida yozilayotgan hozirgi vaqtda yakunlanadi. Bu funksiya ishchi holatda ekan – pauza va u yoki bu tomonga aylantirishdan istalgancha foydalansa bo'ladi.

Ushbu dasturni amalga oshirish O'zbekiston aloqa va axborotlashtirish agentligining korxonalari tomonidan amalga oshirilmoqda. Toshkent shahrida hamda O'zbekiston Respublikasining barcha hududlarida reja asosida va bosqichma-bosqich joriy qilinmoqda. Konferensiyada Toshkent shahri, Toshkent,

Samarqand, Buxoro, Xorazm, Andijon, Namangan, Farg'ona, Qashqadaryo viloyatlarining aksariyat hududlarida va Qoraqalpog'iston Respublikasida istiqomat qiluvchi har bir fuqaro zamonaviy televizor va raqimli tyunerni harid qilgan holda, yuqori sifatli tasvirdagi ko'plab teledasturlarni bemalol tomosha qilish imkoniga ega.

2011 yil 29 noyabrda, O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining 19 yilligini nishonlash arafasida MHD davlatlarda birinchi marta O'zbekiston milliy teleradiokompaniya tomonidan amalga oshirilgan «Uz.HD» teledastur – HDTV formatda yer usti eshittirish telekanali tantanali vaziyatda foydalanishga topshirildi. Bundan tashqari, HDTV formatda 4ta xorijiy kanal uzatilmoqda.

Yuqori aniqlikdagi televideniye (ing. High-Definition Television, qisqacha HDTV) – tasvir yoyilishining zamonaviy standartlariga asoslangan, standart aniqlikdagi televideniye ajratish imkoniyati bo'yicha sezilarli darajada oshadigan va rang va tovushni kodlashning yangi raqamli televideniye dan foydalaniladigan yuqori sifatli televizion eshittirish standartlarining to'plamidir. Bundan tashqari. Yuqori aniqlikdagi televideniye da tasvir va tovushni uzatish uchun video va tovush ma'lumotlarining oqimini siqishga asoslangan raqamli texnologiya qo'llaniladi.

Raqamli televideniye xizmatlarini Internetdan foydalanuvchilar orasida yo'lga qo'yish maqsadida kompaniyaning yangi funksional korporativ sayti ochildi. Yangi saytning vazifasi bo'lib yangi abonentlarni jalb qilish, kompaniya to'g'risidagi batafsil, obyektiv axborot taqdim etish hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Radio qabulqilgich qanday vazifani bajaradi?
2. Radio qabulqilgichning tuzilish sxemasini tushuntirib bering?
3. Kirish qurilmasining vazifasi nimadan iborat?
4. Yuqori chastotali va past chastotali tok kuchaytirgichlarining vazifalari qanday?
5. Detektor qanday vazifani bajaradi?
6. Radiolokatsiyaning aktiv radiolokatsiya turini tushuntirib bering.

teshilishi, qisqa tutashish, kremniyli ventillar uchun yarimo'tkazgichli strukturalari teshilishidan ventillik xususiyatining yo'qolishi.

Avariya holati ko'pgina elektr qurilmalarning buzilishlari natijasida ko'p hollarda yong'in chiqaradi.

Elektr jihozlarini xavfli rejimlardan va avariya holati keltirib chiqaradigan xavflarni oldini olish uchun himoya apparatlaridan foydalaniladi.

Elektr sxemalarida o'zining ta'sir etish prinsipiga ko'ra himoya apparatlari shartli ravishda to'g'ridan-to'g'ri himoyalovchi va bilvosita himoyalash apparatlariga bo'linadi:

-to'g'ridan-to'g'ri himoyalash apparatlari - himoyalananayotgan zanjimi avariya rejimini to'xtatish uchun to'g'ridan - to'g'ri ta'sir qiladi, unga quydagilar kiradi:

- tok transformatori bilan birga bosh havo ajratgich va maksimal tok relesi, o'ta kuchlanish razryadini chegaralagichi, avtomatik ajratgichlar, saqlagichlar hamda kondensatorlar bloki, zaryadsizlash rezistorlar.

- bilvosita himoyatovchi apparadar-datchiklar kabi ishlab, avariya rejimi yuzaga kelganda ishlaydi va boshqa jihozlarining ishga tushishi uchun avariya rejimini keyingi rivojlanishini oldini olish maqsadida qo'llaniladi, ularga quyidagilar kiradi: tokning o'ta yuklanish relesi, issiqlik relesi, differensial rele, yerga ulash relesi va uni nazorat qiluvchi relelari.

Himoya elementlari. Odatda releli himoyaning qurilmalari bir necha ma'lum bir sxema bo'yicha ulangan relelardan iborat bo'ladi.

Rele bu avtomatik qurilma bo'lib, ma'lum bir ta'sir etuvchi kattalikni qiymatida harakatga keladi yoki ishlaydi.

II. Ish printsiplari bo'yicha relelarning turlari;

Rele texnikasida kontaktli (elektromexanik) va kontaktsiz (yarimo'tkazgichli yoki ferromagnit elementli) relelar qo'llaniladi.

1- tur relelar ishlagan paytda kontaktlar ulanadi yoki uziladi.

2- tur relelar ishlagan paytda kiruvchi kattalikning ma'lum qiymatida chiqish kattaligi (masalan kuchlanish) sakrab o'zgaradi.

Har bir himoya qurilmasi va uning sxemasi ikki qismga bo'linadi: ta'sir javob beruvchi (reaktsiya ko'rsatuvchi); mantiq (logik).

Ta'sir javob beruvchi (yoki o'lovchi) qism bosh qism bo'lib, u asosiy relelardan iborat bo'ladi. Bu relelar himoya qilinuvchi element to'g'risidagi axborot va xabarlarni doimo qabul qilib turadilar va shikastlanish, nonormal rejimda himoyaning mantiq qismiga mos keluvchi axborot uzatib beradi.

Mantiq qism (amalga oshiradigan qism) yordamchi qism bo'lib, u ta'sir javob beradigan qismdan olgan axborotni qabul qiladi, agar bu axborotlar ketma-ketligi berilgan programmaga mos bo'lsa, oldindan ko'zlangan amallarni bajaradi va o'chirgich boshqaruviga impuls beradi.

Mantiq qism elektromexanik rele yoki elektron lampali (yarim otkazgichli) sxema yordamida tayyorlanadi. Yuqoridagilar asosida aytish mumkinki, relelar asosiy (shikastlanishga ta'sir javob beruvchi) va yordamchi (asosiy relening axboroti ostida va sxemalarning mantiq qismida ishlovchi) guruhlariga bo'linadi.

Qisqa tutashuvni va shikastlanishlarning belgilari bo'lib tokning oshib ketishi, kuchlanishning kamayib ketishi va himoya qilinayotgan qism qarshiligining kamayib ketishi hisoblanadi.

$$Z = \frac{U}{I}$$

Shunga asosan himoyalarda ta'sir javob beruvchi rele sifatida tok relelari (tokning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi), kuchlanish relelari (kuchlanishning kattaligiga qarab ta'sir javob beruvchi) va qarshilik relelari (qarshilikning o'zgarishiga qarab ta'sir qiluvchi) qo'llaniladi.

Agar rele biror kattalikning oshishiga ta'sir javob bersa, bu rele maksimal rele deyiladi. Agar rele kattalikni kamayishiga ta'sir javob bersa, bu rele minimal rele deyiladi.

Nonormal rejimlardan himoya qilish uchun ham tok va kuchlanish relelari ishlatiladi. Tok relelari o'ta yuklanish sodir bo'lgan hollarda, kuchlanish relelari esa, elektr tizimlarida kuchlanish xavfli darajada oshib yoki kamayib ketganda

ishlab ketadi. Bulardan tashqari, maxsus relelardan bo'lgan chastota relelari va issiqlik relelari nonormal rejimlarda ta'sir javob berish uchun ishlatiladi.

Yordamchi relelar qatoriga vaqt relelari, ko'rsatgich relelar, oraliq relelari kiradi. Vaqt relelari himoyaning harakat ta'sirigacha bo'lgan vaqtni oshiradi, ko'rsatgich relelari esa himoya elementlari harakatlilaridan xabar beradi va qayd qiladi, oraliq relelar himoya elementlarini o'zaro bog'laydi va asosiy relening uzatayotgan xabarini o'chirgichga yetkazadi.

Har bir releni ikki qismga ajratish mumkin: qabul qiluvchi va bajaruvchi. Qabul qiluvchining vazifasi relega kelayotgan elektr kattalikni o'zgarishini qayd qilish va shunga mos bo'lgan o'zgarishlarni boshqa relelarda amalga oshirishdan iborat. Bajaruvchining vazifasi tashqi zanjirlarga ta'sir qilishdan, o'chirgichni o'chirishdan, boshqa relelarni ishga tushirish yoki ularga xabar berishdan iborat.

Elektromexanik relelar ishlash prinsiplari bo'yicha elektromagnit induksiya, elektrodinamik, dinamik induksiya va magnitoelektrik turlarga bo'linadi.

Relelar asosan ikki qismdan tashkil topadi: axborotni qabul qiluvchi chulg'amlar va ish bajaruvchi kontaktlar.

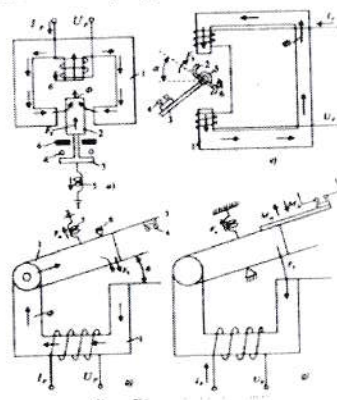
Rele qurilmalariga qo'yilgan talablarda ularning aniq o'z vaqtida ishlashi, ishonchliligi, soddaligi, kam xarajatliligi va boshqalar bilan birga ishlash sonlarining ko'p bo'lishligi, kontaktlarining pishiqligi.

Relening ishlashi uchun beriladigan quvvat ularning ish jarayonlarini belgilaydi. Chunki, rele kontaktlarning tortilishi yoki ajralishi ular orqali o'tadigan tokning miqdoriga bog'liq (kontaktlarning katta yoki kichikligi). Demak, kontaktlardan katta miqdordagi tok o'tkazish uchun ulardagi kattaliklar ham mos bo'lishlari zarur va buning aksi.

III. Elektromagnitli relelar

(15.1-rasm). Rele tuzilishi bo'yicha o'zak va unga o'rnatilgan g'altak 1-tortuvchi yakor, 2-harakatlanuvchi, 3-harakatlanmaydigan, 4-kontaktlar, hamda 5-harakatni muvozanatlovchi teskari prujinalardan tashkil topgan. Elektromagnit relelarning turlari: 15.1.a-rasmda tortiluvchi yakorlik, 15.1.b-rasmda buraluvchi yakorlik, 15.1.v-rasmda ko'ndalang harakatlanuvchi yakorlik rele ko'rsatilgan.

Rele chulg'amiga kuchlanish berilganda undan o'tayotgan tok I_r , magnit yurituvchi kuch MYuK ni $I_r W_r$ hosil qiladi. Bu MYuK relening elektromagnit o'zagi, havo bo'shlig'i va yakor orqali ulanadigan magnit oqimini hosil bo'ladi. Bunda elektromagnit induksiyasi qonuni va chap qo'l qoidasiga asosan yakorga mexanik kuch ta'sir etadi va u harakatga kelib elektromagnitning qutbga tortiladi. Shu vaqtda yakorga o'rnatilgan qo'zg'oluvchi kontaktlar ham harakatga kelib o'zarining qo'zg'olmas kontaktlari bilan birlashishadi. Yakorning harakati muvozanatlovchi prujina va qo'zg'olmas tayanch bilan chegaralanadi.



15.1-rasm. Elektromagnitli rele

Magnit oqimi va u hosil qiluvchi toki I_r , tizimning magnit qarshiligiga bog'liq.

$$F = \frac{I_r^2}{R_m}$$

Elektromagnit induksiyaga asoslangan relening yakoriga ta'sir etuvchi kuch quyidagicha aniqlanadi.

$$F = kF^2 \text{ yoki } F = \frac{W_r^2}{R_m^2}$$

Bundan yakorga ta'sir etuvchi moment topiladi

$$M = F_r l_r \text{ yoki } M = K_r I_r^2$$

Relelarning asosiy formulalaridan ko'rinishicha, yakorning tortilish kuchi F va uning momenti M rele chulg'amidagi tok I_r ning kvadratiga proporsional, ammo tokning yo'nalishiga bog'liq emas. Shu sababli elektromagnit relelarning o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda ishlatilishi mumkin.

Elektromagnit moment M_{em} ning talab qilingan qiymatida releni ishga tushirish uchun zarur tok I_r hosil bo'ladi. Relening ishlash toki I_r , deb rele ishga

tushishi uchun zarur bo'lgan eng kichik tokka aytiladi. Relelarning ayrim turlarida ishga tushish tokini $I_{r,1}$, ni o'zgartirish mumkin. Buning uchun relening MYuK ni W_r prujinaning qarshilik momentini, havo oralig'ini o'zgartirish mumkin.

Relening qaytish toki I_{qayt} deb rele chulg'amidan o'tayotgan tokning shunday maksimal miqdoriga aytiladiki, bunda prujinaning mexanik kuchi rele hosil qilyotgan elektromagnit kuchdan katta bo'ladi va natijada yakor boshlang'ich holatiga qaytadi.

VI. Vaqt relolari

Vaqt relolari himoyasi qurilmalari va avtomatlashtirilgan uskunalarning ishlash va to'xtatish jarayonlarini sun'iy sekinlash uchun xizmat qiladi. Tok relesi 1-ning kontaktlari ulanganda vaqt relesi 2-ning chulg'amidan tok o'tib berilgan vaqt o'tgandan so'ng 2-releining kontakti uziladi va o'chirgich o'chiriladi (15.2-rasm).

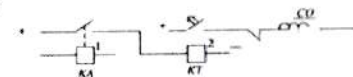
Vaqt relolariga quyidagi texnik talablar qo'yilgan:

- aniqlik, ishlash vaqdaridagi xatolik +0,25 soniyadan, ayrim maxsus holatlarda +0,06 soniyadan oshmasligi, ayrim xabarchi va avtomatlashdрилgan qurilmalarda vaqt relolarining xatoligi kattaroq ham bo'lishi mumkin;

- vaqt relolari nominal kuchlanishning 80% qiymad berilganda ham barqaror ishlashlari, ushlab turish vaqtlari esa ishlash jarayonidagi operativ tokning o'zgarishlariga bog'liq bo'lmasligi shart;

- vaqt relolari qayta ulash uchun tez tayyor bo'lishlari, chulg'amlaridagi tok manbasi yo'qolganda ham ishlatib turuvchi vositalarga ega bo'lishlari zarur.

Vaqt relolarining EV-112, EV-114 turkumidagi turlari o'zgaruvchan tok kuchlanishi 100 V, 127 V, 220 V ga hamda EV-215, EV-245 va RV turkumdagilari esa o'zgaruvchan tok kuchlanishi 380 V ga mo'ljallangan



15.2-rasm. Vaqt relesining ulanish sxemasi

bo'ladilar. Ayrim vaqt relelari o'zgaras tok kuchlanishi 24 V, 48 V, 110 V, 220 V ishlaydi.

15-Mavzuga doir nazorat savollari

1. Relelar haqida umumiy tushunchalarni ayting?
2. Relelarning turlari ayting?
3. Elektromagnitli relelarning sxemasi va ishlash prinsipini tushuntiring?
4. Vaqt relelarning sxemasi va ishlash prinsipini tushuntiring?

MUSTAQIL TA'LIM UCHUN LOYIHA ISHLARI

Professor-o'qituvchilar "Multisim" dasturidan foydalangan holda fan yuzasidan mustaqil ta'lim mashg'ulotlarini loyiha ishlari asosida tashkil qilishsa quyidagi imkoniyatlarga ega bo'ladi:

1. Elektronika va elektrotexnika ma'lumotlarini yig'ish, ularni qayta ishlash, avtomatik boshqarish, kataliklarni qiymatlarini o'zgartirish sohalarida universal va kerakli vosita bo'lib xizmat qiladi;
 2. Axborot-kommunikatsion texnologiyalari bilan birga o'rnatilgan "Multisim" dasturi yordamida zanjirlarni tuzish bir necha soniyada amalga oshiriladi;
 3. "Multisim" o'quv ishlab chiqarish maqsadida virtual asboblarni texnologiyasi asosida elektron qurilmalarni ishlab chiqish va testlash jarayonlarini birlashtirish imkonini beradi;
 4. Turli elektrotexnik zanjirlar (sxemalarni) mustaqil tuzish imkoniyati;
 5. Elektron moddiy texnik bazaning juda kengligi;
 6. Elektrotexnik sxemalarni jozibali yig'ish imkoni mavjudligi;
 7. Elektrotexnik laboratoriya jihozlarining va o'chash natijalarinig aniqliligi;
 8. Olingan narijalar grafiklarning taqqoslash, tahlil qilish imkoni mavjudligi.
 9. Elektrotexnika elementlarining sxemada belgilanishi, xossalari va markalari bilan tanishish imkoni kengligi;
 10. Elektrotexnika qonuniyatlarni (jarayonlarni) ko'z bilan kuzatish mumkinligi;
 11. Talabalarning o'z g'oyalari, innovatsiyalarini tekshirib ko'rish imkoniyatlari mavjudligi;
 12. Multisim dasturi bilan ishlaganda talaba o'zini erkin his qiladi, xato qilishdan qo'rqmaydi, chunki xatolarni tez va samarali tuzatish imkoniyati mavjud.
- Elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanidan mustaqil ta'lim uchun belgilangan eksperimentlarni loyihalashtirishning vazifalari:

talabalarning elektrotexnika, elektronika, radiotexnika, fizika, matematika, informatika fanlaridan olgan bilimlarini sistemalashtirish, umumlashtirish va shu asosda ularni chuqurlashtirish;

ko'p bosqichli ta'lim tizimida innovatsion texnologiyalarning o'rnini asoslash va talabalarga zarur tavsiyalar berish;

elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanini o'qitishdan maqsadi, mazmuni, metod va vositalari hamda olinadigan natijalarni zamon talablari asosida takomillashtirib borish zaruriyatini asoslash;

zamonaviy o'qituvchining ilmiy-metodik, o'quv-metodik, ilmiy-texnik ishlarini rejalashtirish bilan talabalarni tanishtirish;

eksperimentlarni loyihalashtirish, modellashtirish va tashkillashtirishga zamonaviy yondashuvlarni o'rganish;

eksperimentlarni loyihalash zaruriyatini asoslash va individual yondashuv asosida elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanini o'qitish jarayonini takomillashtirish yo'llari va usullari bilan qurollantirish;

talabalarni istiqbolli o'qitish vositalaridan foydalanish va ularga tayangan holda elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanini o'qitish jarayonini loyihalashtirish, loyihani amaliyotga joriy etish ko'nikma va malakalarini tarkib toptirish;

eksperiment loyihasi va uning natijalarini tahlil qilish, baholashning shakl va metodlarini o'rgatish;

Ta'lim oluvchilarning faolligi va mustaqil ishlashi, o'quv jarayonida qo'yilgan muammoga ularning ijodiy yondashuvi hamda izlanishlariga yuqori talab qo'yilgandagina sezilarli samara beradi. Eksperimental ko'nikmalar, talabalar bilan o'tiladigan amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarida, ularning ijodiy faoliyati asosida rivojlanishi mumkin.

Eksperimentni loyihalashtirish deganda eksperimentni o'tkazish uchun kerakli sharoitni aniqlash (farazni tekshirish); o'tkazilishi kerak bo'lgan kuzatishni mo'ljallab olish; o'lchanadigan kattaliklarni aniqlash; eksperiment uchun asbob va

jihozlarni tanlash; eksperimentning bajarish ketma-ketligini tanlash; eksperiment natijalarini yozish shaklini tanlash tushuniladi.

Eksperimentni loyihalashtirishda, elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanining amaliy va mustaqil ta'lim mashg'ulotlaridagi eksperiment ishlarini amalga oshirish quyidagi bosqichlar bo'yicha amalga oshiriladi:

1) maqsad aniqlanadi, ya'ni ta'lim mazmunining maqsadlariga mosligi aniqlashtiriladi;

2) nazariy ma'lumotlar bilan tanishtiriladi, berilgan kattaliklarning mohiyati va ta'lim mazmunidagi o'rni aniqlanadi;

3) eksperiment ishi uchun kerak bo'ladigan jihozlar tanlanadi;

4) eksperiment ishi qurilmasi yig'iladi, o'lchov asboblari va boshqa jihozlarni laboratoriya (ish) stoliga joylashtirishda mantiqiy ketma-ketlik va tashqi ko'rinishga e'tibor beriladi;

5) eksperiment topshiriqlarini bajarish bosqichlari aniqlanadi;

6) maqsadga yo'naltiruvchi savollarga javob qidirish ustida ishlanadi (bu savollar talabning umumiy o'rta ta'lim maktablari va o'rta maxsus kasb-hunar ta'limi, oliy ta'lim muassasalarida egallagan bilimlariga asosan tuziladi);

7) eksperiment ishini bajarish tartibida ko'rsatilgan bandlar asosida amalga oshiriladi;

8) eksperiment natijalari hisoblanadi;

9) eksperiment xatoliklari aniqlanadi;

10) eksperiment ishi mavzusiga mos topshiriqni bajarish: nazariy, (izlanuvchanlik, intiluvchanlik, adabiyotlar ustida ishlash, o'z-o'zini nazorat qilish baholash ko'nikmalarini hosil qilish, o'z-o'ziga ishonch tuyg'ularini uyg'otadi) va eksperimental bilim hamda ko'nikmalarni talab etadi;

11) topshiriqlarni bajarishga metodik ko'rsatmalar taklif etiladi;

12) har bir o'quv topshirig'iga kerakli adabiyotlar tavsiya etiladi.

Eksperimental ko'nikmalarni shakllantiruvchi amaliy topshiriqlarning didaktik jihatlari quyidagilardan iborat: maqsadga yo'naltirilgan o'qitishni

ta'minlash; eksperimentni bajarishning keng tarqalgan umumiy usullarini, berilgan o'quv materialini tanlash; tashkillashtirish va tavsiya qilishga asoslangan real jarayonni loyihalashtirish (modellashtirish); u yoki bu usulning ilmiy asoslanganligi va maqsadga muvofiqligini tushunishni farazlovchi metodik madaniyatning elementlarini shakllantirish.

Eksperimentlarni loyihalashda:

a) nazariy va amaliy ta'limning uzviy bog'lanishini ro'yobga chiqarishga, talabalarning eksperimental ko'nikmalarini shakllantirishga, izlanuvchanlik faoliyatini rivojlantirishga;

b) o'qitishning reproduktiv va produktiv metodlaridan oqilona foydalanishga, o'qitishning innovatsion usullarini kiritishga;

v) o'qitishning individual, guruh va jamoa shakllarining muvofiqlashtirilganligiga;

g) hisobot shakli va natijaviy faoliyatni baholashga;

d) elektrotexnikani o'qitishning zamonaviy holatiga qay darajada tayanishiga e'tibor qaratildi.

Pedagogika oliy ta'lim muassasalarida elektrotexnika fanidan amaliy va mustaqil ta'limning quyidagi talablarga javob berishi va mezonlarga mos kelishiga e'tibor qaratildi:

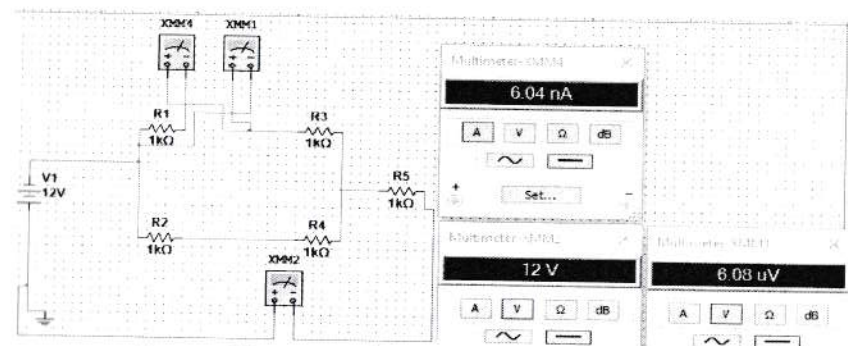
1. Nazariy bilimlarni chuqurlashtirish;
2. Umumlashgan eksperimental ko'nikma va malakalarni shakllantirish;
3. Predmetlararo bog'lanishlarni amalga oshirish;
4. Talabalarning ijodiy qobiliyatlarini namoyon qilish;
5. Talabalarning mustaqil ishlash ko'nikmalarini shakllantirish;
6. Fanning fundamental qonunlarini o'zlashtirishga yordam berish;
7. Olingan eksperiment natijalaridan keyingi mashg'ulotlarda foydalanish;
8. Talabalarning ilmiy dunyoqarashini rivojlantirish;
9. Eksperiment natijalarini qayta ishlashda mavjud statistik metodlarning qo'llanilish imkoniyati (xatoliklarni hisoblash) ni bilish;

10. Kasbiy eksperimental ko'nikmalarni egallashga qaratilganligi;
11. Nazariy asoslarga matematika metodlarini qo'llash;
12. Eksperimentning qo'llanish sohalari va tarmoqlari haqidagi tasavvurlarini rivojlantirish.

Talabalarni elektrotexnik, elektronika va elektro'tkazgichlar fanidan eksperimentlarni Multisim dasturida loyihalashtirish ko'nikmalarini shakllantiruvchi mustaqil ta'lim mashg'ulot ishlanmasini quyida keltiramiz.

Har bir loyiha ishlarini multisim dasturida loyihasi tuziladi, so'ngra eksperiment zanjiri tuziladi va izlanayotgan qiymatlar olinadi.

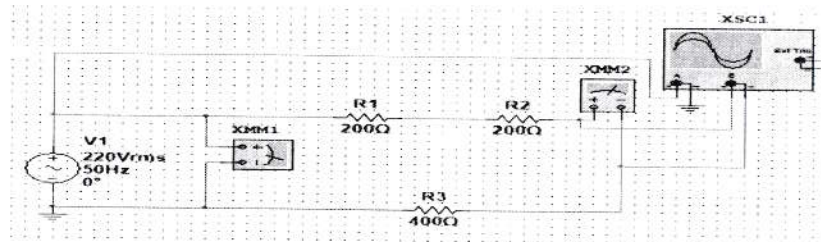
LOYIHA ISHI №1. O'ZGARMAS TOK QONUNLARINI O'RGANISH



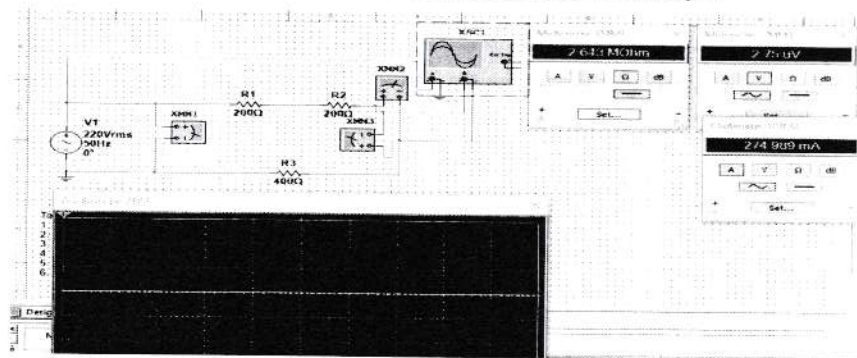
1-rasm. O'zgarmas tok qonunlarini o'rganish loyihasi
Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №2. BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI



2.1-rasm. Bir fazali o'zgaruvchan tok zanjiri

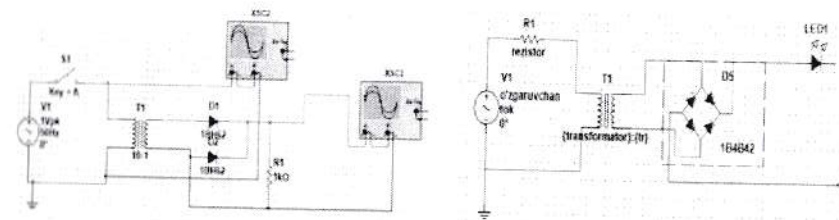


2.12-rasm. Bir fazali o'zgaruvchan tok zanjiri grafigi

Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №3. YARIMO'TKAZGICHLI DIODLARNING XOSSALARINI O'RGANISH



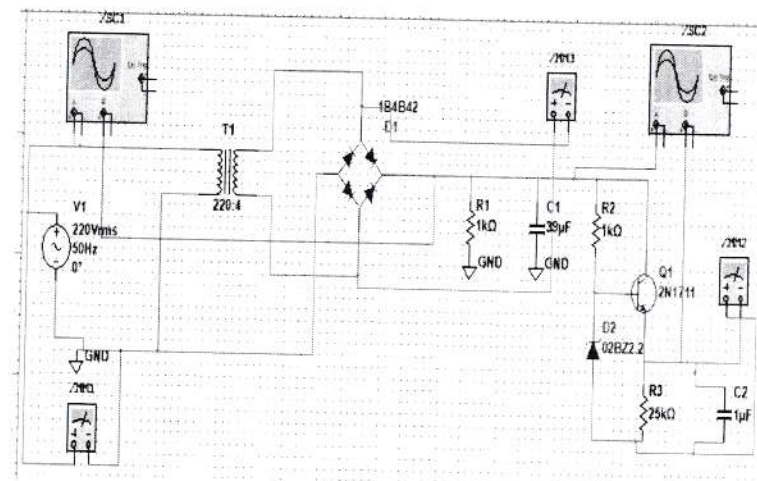
3.1-rasm. Bir fazali, yarim davrli to'g'rilagich sxemasi

3.2-rasm. To'liq davrli to'g'rilagich sxemasi

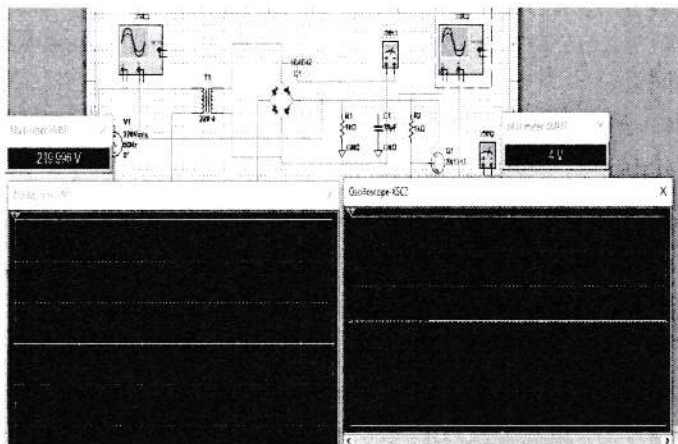
Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №4. QUUVATLAGICH SXEMASINI O'RGANISH



4.1-rasm.Quvvatlagich sxemasi loyihasi

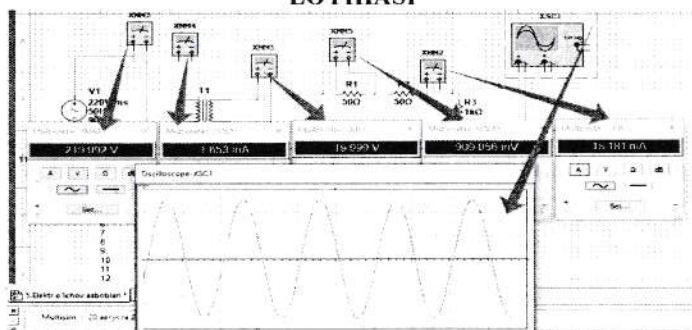


4.2-rasm. Quvvatlagich sxemasi grafigi

Loyiha ishi vazifalari

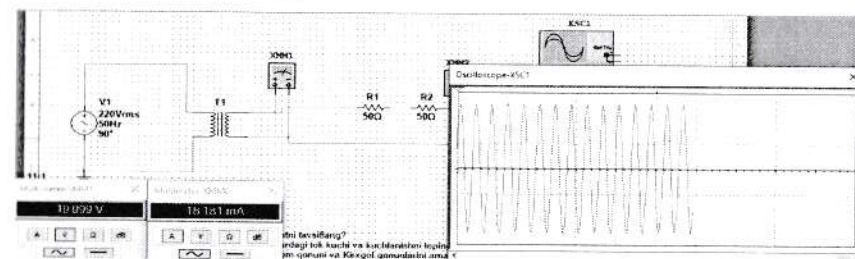
1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihagini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №5. O'LCHOV ASBOBLARINI O'RGANISH LOYIHASI



5.1-rasm. O'lchov asboblari o'rganish loyihasi

LOYIHA ISHI №6. TRANSFORMATOR XOSSALARINI O'RGANISH LOYIHASI

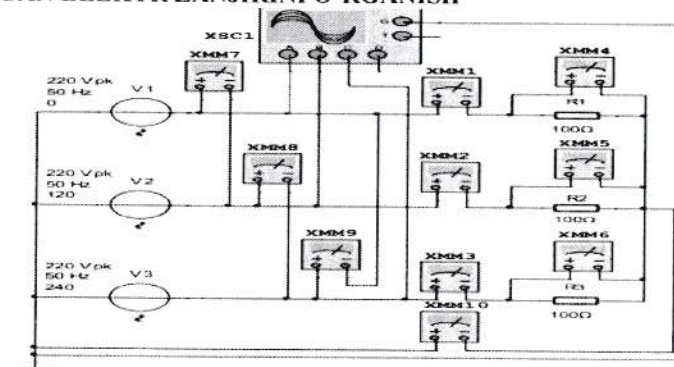


6.1-rasm. Transformator loyihasi

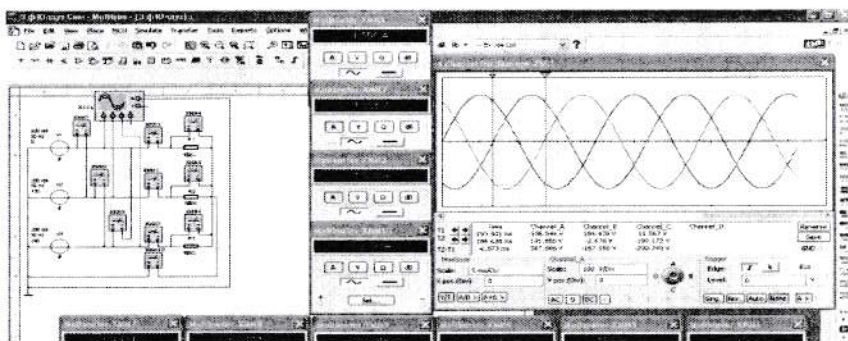
Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihagini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №7. UCH FAZALI SINUSOIDAL O'ZGARUVCHAN KUCHLANISHGA ISTE'MOLCHILARNING «YULDUZ» SXEMADA ULANGAN ELEKTR ZANJIRINI O'RGANISH



7.1-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonning virtual sxemasi

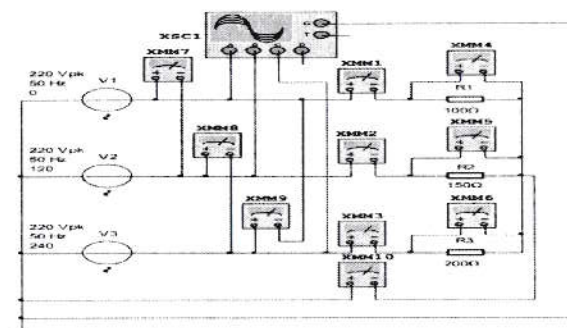


7.2-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli

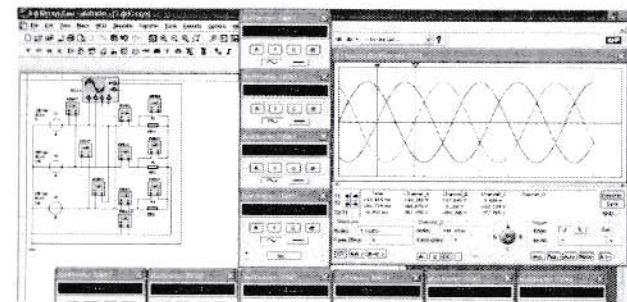
Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elektr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

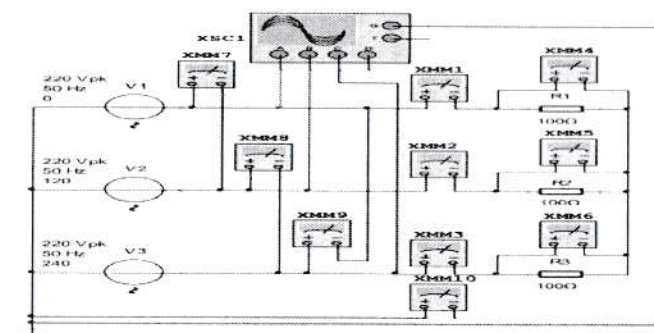
LOYIHA ISHI №8 YULDUZ» SXEMADA ULANGAN ELEKTR ZANJIRIDA NOSIMMETRIK ISH JARAYONINI O'RGANISH



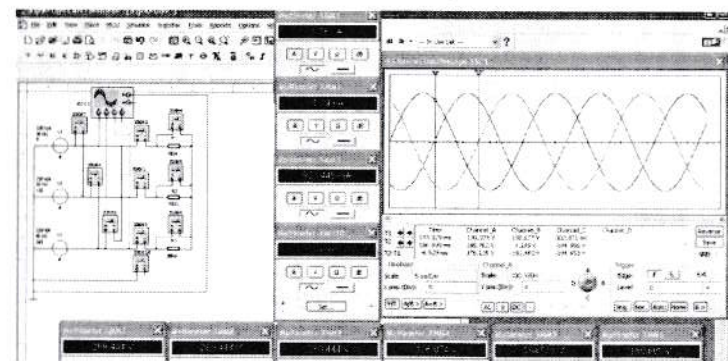
8.1-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik ish jarayonning virtual sxemasi



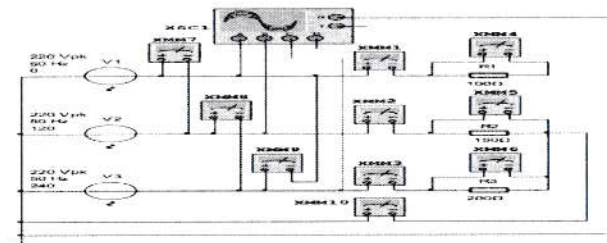
8.2-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli



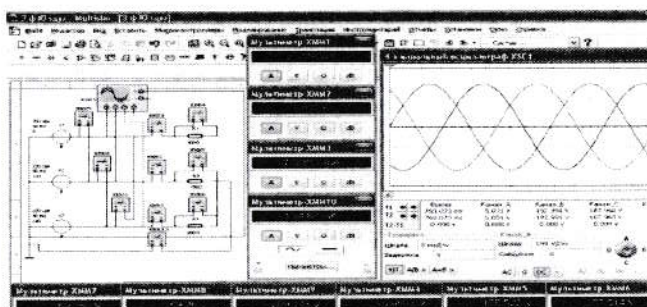
8.3-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik ish jarayonning virtual sxemasi



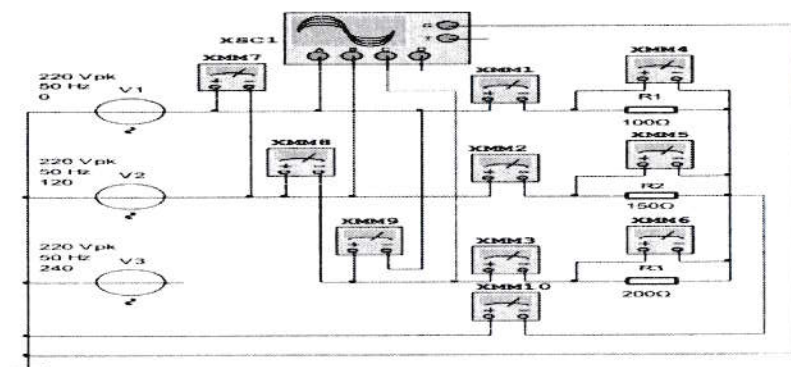
8.4-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli



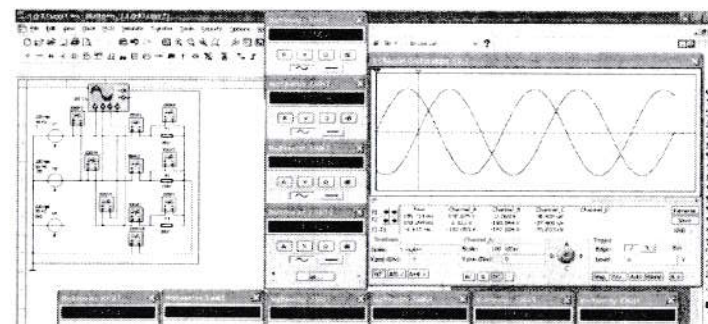
8.5-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik ish jarayonning virtual sxemasi



8.6-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning loyihasi



8.7-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik ish jarayonning virtual sxemasi

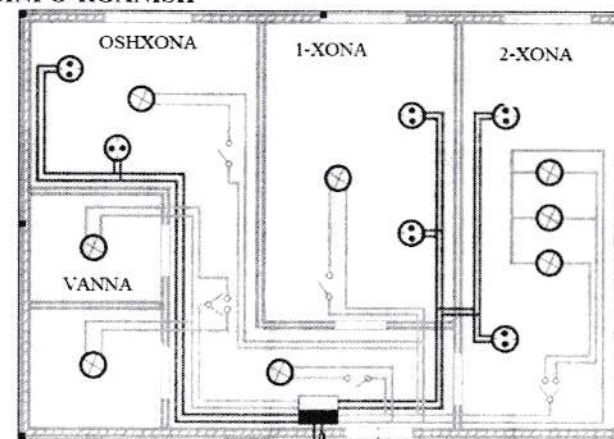


8.9-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjiri modeli

Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyhasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elektr zanjirini (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

LOYIHA ISHI №9. XONADONINIG ELEKTROMANTAJ SXEMASINI O'RGANISH



9.1-rasm. Elektromantaj sxemasi

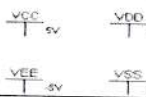
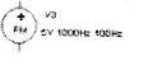
Loyiha ishi vazifalari

1. Loyiha ishining maqsad va vazifalarini belgilang?
2. Mavzuga doir asosiy qonunlarni ayting?
3. Loyiha ishi uchun kerakli asbob-uskunalarini mustaqil tanlang va sabablarini tushuntiring?
4. Loyiha ishi loyihasini (sxemasini) multisim dasturida tuzing?
5. Natijalarni qad qiling?
6. Loha asosida elctr zanjirni (professor-o'qituvchilar bilan birga) tuzing?
7. Natijalarni hisobotga tayyorlang va topshiring?

ILOVALAR

1-ilova. Multisim dasturida jihozlarning belgilanishi va izohli lug'at (1-jadval)

Izohli lug'at. Glossariy

	BELGILANISHI	INGLIZ	RUS	O'ZBEK
1.		Grounding	Заземление	Yerga ulash
2.		Digital grounding	Цифровое заземление	Yerga ulash
3.		DC Voltage source (Battery)	Источник напряжения	Kuchlanish manbai
4.		Digital Power Supplies	Цифровые источники питания	Raqamli quvvat manbai
5.		DC Current Source	Источник постоянного тока	Doimiy tok
6.		AC Voltage Source	Источник переменного напряжения	O'zgaruvchan kuchlanish manbai
7.		AC Current Source	Источник переменного тока	O'zgaruvchan tok manbai
8.		Clock Source	Источник синхронизации	Sinxronizatsiya manbai
9.		Amplitude Modulation (AM) Source	Источник амплитудной модуляции	Amplituda modulyatsiyasi manbai
10.		FM Voltage Source (FM-frequency modulation)	Источник напряжения FM (FM-модуляция частоты)	FM kuchlanish manbai (FM-chastota modulyatsiyasi)
11.		FSK Source	FSK источник (клавиша переключения частоты)	FSK manba (Chastota o'zgartirish tugmasi)
12.		Voltage Controlled Voltage source	Источник напряжения регулируемым напряжением	Kuchlanish boshqariladigan kuchlanish manbai
13.		Current Controlled Voltage source	Источник напряжения регулируемым током	Tok kuchi boshqariladigan kuchlanish manbai
14.		Voltage Controlled Current Source	Источник тока управляемым напряжением	Kuchlanish boshqariladigan tok manbai

15.		Current-Controlled Current Source	Источник тока с регулируемым током	Tok kuchi boshqariladigan tok manbai
16.		Voltage Controlled Sine Wave	Синусоидальная волна, управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan sinusoidal to'liqin
17.		Voltage Controlled Square Wave	Прямоугольная волна, управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan to'g'ri burchakli to'liqin
18.		Voltage Controlled Triangel Wave	Треугольная волна, управляемая напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan uchburchak to'liqin
19.		Voltage Controlled Piecwise Linear Wave	Кусочно-линейный источник управляемый напряжением	Kuchlanish bilan boshqariladigan chiziqli manba
20.		Piecwise Linear Voltage Source	Кусочно-линейный источник напряжения	Chiziqli kuchlanish manbai
21.		Piecwise Linear Current Source	Кусочно-линейный источник тока	Chiziqli tok
22.		Pulse Voltage Source	Источник импульсного напряжения	Implusli kuchlanish manbai
23.		Pulse Current Source	Источник импульсного тока	Impulsli tok
24.		Exponential Source	Экспоненциальный источник	Esponensial manba
25.		Exponential Voltage Source	Экспоненциальный источник напряжения	Eksponsensial kuchlanish manbai
26.		Controlled One-Shot	Управление одним выстрелом	Bir martalik nazorat qilish
27.		Magnetic Flux Source	Источник магнитного потока	Magnit oqim
28.		Magnetic Flux Generator	Генератор магнитного потока	Magnit oqim generatori

29.		Multiplier	Множитель	Multiplikator
30.		Divider	Делитель	Ajratuvchi
31.		Transfer Function Block	Функциональный блок передачи	Uzatish funksional bloki
32.		Voltage Gain Block	Блок усиления напряжения	Kuchlanishni oshirish bloki
33.		Voltage Differentiator	Дифференциатор напряжения	Kuchlanish differensiatori
34.		Voltage Integrator	Интегратор напряжения	Kuchlanish integratori
35.		Voltage Hysteresis Block	Блок гистерезиса напряжения	Kuchlanish gisterizi bloki
36.		Voltage Limiter	Органигитель напряжения	Kuchlanishni cheklovchi
37.		Current Limiter Block	Блок органичения тока	Tokni cheklovchi blok
38.		Voltage Controlled Limited	Ограничение, контролируемое напряжением	Kuchlanish bilan nazorat qilinuvchi cheklanish
39.		Voltage Slew Rate Block	Блок скорости нарастания напряжения	Kuchlanish oshishi tezligi bloki
40.		Three-Way Voltage Summer	Трехпозиционный стабилизатор напряжения	Uch holatli kuchlanish stablizatori
41.		Connectors	Соединители	Ulagichlar
42.		Rated 555 Timer	Номинальный таймер 555	555 - nominal taymeri

43.		Rated BJT's (BJT-a bipolar junction transistors)	Номинальные BJTS (транзисторы биполярным переходом BJT-a)	BJTS Nominal bipolar tranzistorlar
44.		Rated Diodes	Номинальные диоды	Nominal diodlar
45.		Rated Fuses	Номинальные предохранители	Nominal saqlagichlar
46.		Rated inductors	Номинальные катушки индуктивности	Nominal induktiv g'altaklar
47.		Rated LEDs (LED -Light emitting diode)	Номинальные светодиоды (LED - Светодиодирующий диод)	Nominal yorug'lik chiqaradigan diod (LED- yorug'lik chiqaradigan diod)
48.		Rated DC Motor	Номинальный двигатель постоянного тока	Doimiy tok nominal dvigateli
49.		Rated Relay	Номинальное реле	Nominal rele
50.		Rated Omamp (Omamp-an ideal operational amplifier)	Номинальный Омап (Ом amp идеальный операционный усилитель)	Nominal Omamp (Om amp ideal operation kuchaytirgich)
51.		Rated Photodiode	Номинальный фотодиод	Nominal fotodiod
52.		Rated Phototransistor	Номинальный фототранзистор	Nominal fototranzistor
53.		Rated Potentiometer	Номинальный потенциометр	Nominal potensimetr
54.		Rated Pullup	Номинальное подтягивание	Nominal tortish
55.		Rated Resistor	Номинальный резистор	Nominal resistor
56.		Rated Transformers	Номинальные трансформаторы	Nominal transformatorlar

57.		Rated variable Capacitor	Номинальный переменный конденсатор	Nominal o'zgaruvchan kondensator
58.		Rated Variable Inductor	Номинальный переменный индуктор	Nominal o'zgaruvchan induktor
59.		Sockets	Розетки	Rozetkalar
60.		Switch	Переключатель	Kalit
61.		Resistor	Резистор	Rezistor
62.		Capacitor	Конденсатор	Kondensator
63.		Inductor	Индуктор	Induktor
64.		Nonlinear Transformer	Нелинейный трансформатор	Nochiziqli transformator
65.		Relay	Реле	Rele
66.		Variable Capacitor	Переменный конденсатор	O'zgaruvchan kondensator
67.		Variable Inductor	Переменный индуктор	O'zgaruvchan induktor
68.		Potentiometer	Потенциометр	Potensimetr
69.		Resistor Packs	Блок резисторов	Rezistorlar bloki
70.		Magnetic Core	Магнитный сердечник	Magnit o'zak
71.		Coreless Coil	Катушка сердечника без	O'zaksiz cho'lg'am
72.		Diode	Диод	Diod

73.		Lamp	Лампа	Lampa
-----	---	------	-------	-------

2-ilova. Elektr tokining ta'siri

Avtomatika laboratoriyasida 250 V gacha kuchlanishdagi o'zgarmas va o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi. Texnika xavfsizligi tartib va qoidalariga rioya qilinmaganda bu kattalikdagi kuchlanish inson uchun jiddiy xavf tug'dirishi mumkin.

Inson tanasining elektr ta'siriga qarshiligi ko'p jihatdan uning teri qatlami qarshiligiga, odam organizmining fiziologik holatiga va boshqa omillarga bog'liq. Shuning uchun odam tanasining qarshiligi katta diapazonda o'zgarishi mumkin. Lekin texnika xavfsizligi bo'yicha hisob-kitoblarda bu qarshilik shartli ravishda 1 kOm ga teng deb qabul qilingan.

Inson organizmidan o'tayotgan elektr toki unga kimyoviy, biologik va issiqlik ta'sirini ko'rsatib, normal hayotiy faoliyatini izdan chiqaradi.

Kimyoviy ta'sir qonning va organizmdagi boshqa aralashmalarning elektrolizini keltirib chiqaradi va ularning kimyoviy tarkibini o'zgartirib yuboradi.

Elektr tokining biologik ta'sirini organizmdagi tirik xujayralarning g'alayonlanishi oqibatida tananing qaltirashi va oyoq-qo'llarning ishlamay qolishida kuzatish mumkin.

Issiqlik ta'siri natijasida odam tanasi qismlari kuyib, o'z funksiyasini bajarolmay qoladi.

Insonning elektr tokidan zarar ko'rishi va asoratlarning og'irligi asosan odam tanasidan o'tayotgan tok kattaligiga, tanadan o'tish yo'liga va vaqt davomiyligiga bog'liq. Shularni nazarda tutib, talabalar faqatgina texnika xavfsizligi qoidalar bilan tanishib u haqda tegishli jurnalga imzo chekkanlaridan keyin laboratoriya mashg'ulotlariga qo'yiladilar.

3. Ilova. Loyiha ishlarini bajarish vaqtida texnika xavfsizligi qoidalari quyidagilardan iborat:

1. Sxemani yig'ishdan oldin laboratoriya stendi elektr manbaidan uzilganligini, avtomat ulagich «Откл» belgisida turganligini ko'zdan kechirib, ishonch hosil qilish

kerak.

2. Ish joyi begona narsalar, atrofi stul va boshqa jihozlar bilan to'sib qo'yilmasligi kerak.

3. O'lchov asboblari va qurilmalar, uchlari ochiq simlar ish stoli ustida ularga ish jarayonida tasodifan tegib ketmaydigan qilib joylashtirilishi zarur.

4. Singan, qisqichlari darz ketgan asboblari, izolyatsiya qobig'i buzilgan simlar, buzuq reostatlar, tumbler, uzgichlardan foydalanishga yo'l qo'yilmasligi kerak.

5. Sxemani yig'ishda kesishayotgan simlar bir biriga tegib turmasligi, taranglashib ketmasligi yoki o'ram shaklida bo'lmasligi, ishlatilmayotgan simlar va ishchi detallar stol ustida bo'lmasligi kerak.

6. Bosh tarqatuvchi shitlarga o'zboshimchalik bilan tegish, uni ta'mirlashga urinish, xuddi shuningdek ish stolidan tashqaridagi boshqa elektr jihozlari ruxsatsiz biror amalini bajarish qat'iyan ma'n etiladi.

7. Sxemaga elektr kuchlanishni faqatgina professor-o'qituvchi ruxsati bilan va shu ish stolida ishlayotgan boshqa talabalarni ogohlantirgandan so'ng ulash zarur
Diqqat! Har gal sxemani tokka qo'shayotganda ovoz chiqarib. "QO'SHAYAPMAN" deb ogohlantirishni unutmang.

8. Tajriba tugagandan keyin, yoki tanaffusga chiqishdan oldin sxema elektr tarmog'idan uzib qo'yilishi kerak.

9. Loyiha ishini bajarish davomida - laboratoriya xonasida yolg'iz ishlash, kuchlanish ostidagi sxemada biror bir qayta ulashlarni bajarish, ochiq simlarga tegish, sxemani qayta yig'ib bo'lgach professor-o'qituvchi ruxsatisiz tarmoqqa ulash, yig'ilgan va kuchlanish berilgan sxemani nazoratsiz qoldirish mumkin emas.

10. O'lchov asboblari va uskunalarining nosozligi, uchqun chiqqanligi yoki simlardan tutun chiqib, achchiq hid sezilganda darhol bu haqda professor-o'qituvchiga xabar berish kerak.

11. Loyiha ishini bajarib bo'lgach, stendni elektr tarmog'idan ajratish, sxema elementlarini bir - biridan ajratib, ish joyini tartibga keltirib ketish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Giorgio Rizzoni "Principles and Applications of Electrical Engineering" McGraw-Hill educationr. USA Boston 2012.
2. Каримов А.С., Ибодуллаев М., Абдуллаев Б. Назарий электротехника. I қисм. Дарслик.-Т.: "Фан ва технологиялар" 2017.- 296 б.
3. Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. –СПб.: Питер, 2003. -462 с.
4. Ховбобоев А.И., Халилов Н.А. Умумий электротехника ва электроника асослари. Дарслик.— Т.: «Ўзбекистан», 2000.—446 б
5. Ўзбекистонда қайта tiklanadigan energetikani rivojlantirish istiqbollari. UNDP. - Тошкент. 2007.
6. Majidov S., Shoyimov Y. va boshq. Elektromexanik uskunalar va ularni avtomatlashtirish asoslari. O'quv qo'llanma. - T.: «O'qituvchi». 2002. 142 b.
7. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для вузов.-М.: Гардарики, 2006.- 701 с
8. Хотунцев Ю.Л. и др. Электротехника. Учебное пособие.-М.: Энергия, 2001.- 420 стр.
9. Абдуллаев Б.А., Бегматов Ш.Э. Электротехника и основы электроники. Методическое электронное пособие к выполнению виртуальных лабораторных работ. -Ташкент: ТГТУ, 2005.
10. Шихин А.Я. и др. Электротехника. Учебное пособие. – М.: Энергия. 2003.-420 стр.
11. Eshniyozov U.A. Elektrotexnika fanidan talabalarning eksperimental ko'nikmalarini ta'lim klasteri sharoitida rivojlantirish metodikasi (pedagogika oliy ta'lim muassasalari misolida): dis. p.f.f.d. (PhD) ilmiy darajasini olish uchun. CHDPU, 2023. – 172 b.

-14515/83-

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1-MAVZU: O'ZGARMAS TOK QONUNLARI VA ELEKTR ZANJIRLARI	
1.1-§ Elektrotexnika, elektronika va elektr o'tkazgichlar fanining fan sifatida shakllanishi rivojlanishi.....	4
1.2-§ O'zgarmas tokning asosiy qonunlari.....	8
1.3-§ Elektr zanjiri va uning ish rejimlari	16
1-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	22
2-MAVZU: BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI	
2.1-§ O'zgaruvchan tok va uning turlari.....	24
2.2-§ Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarni aylanuvchan vektorlar yordamida ifodalash.....	27
2.3-§ Elektr zanjiridagi kuchlanishlar rezonansi.....	35
2.4-§ Sinusoidal tok zanjirida quvvat.....	36
2.5-§ Sinusoidal tok zanjirlarini kompleks usulida hisoblash tekislikda vektorlar bilan tasvirlash.....	38
2-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	40
3-MAVZU: TRANSFORMATORLAR	
3.1-§ Transformatorlar haqida umumiy ma'lumot.....	43
3.2-§ Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	45
3.3-§ Transformatorlarning ish rejimlari.....	48
3.4-§ Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish ko'effitsiyenti.....	51
3.5-§ Uch fazali transformatorlarning tuzilishi, chulg'amlarini ulash sxemalari va ularning parallel ishlashi.....	53
3.6-§ O'lchash transformatorlari.....	58
3-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	61
4-MAVZU: ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI VA ELEKTR O'LCHASHLAR	
4.1-§ O'lchash xatoliklari va aniqlik sinfi.....	64
4.2-§ Elektr o'lchashlar.....	70
4.3-§ Quvvat va elektr energiyani o'lchash.....	75
4-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	81
5-MAVZU: YARIMO'TKAZGICHLI TO'G'RILAGICHLAR	
5.1-§ Yarimo'tkazgichlar haqida tushuncha.....	83
5.2-§ Yarimo'tkazgichli diodlarning elektr o'tkazuvchanligi.....	86
5.3-§ Diodlarning belgilanishi, sinflanishi va turlari.....	88

5-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	99
6-MAVZU: ASINXRON ELEKTR DVIKATELLARI	
6.1-§ Ansinxron dvigatellarning ahamiyati va qo'llanilish sohalari.....	101
6.2-§ Uch fazali tok sistemasi yordamida aylanuvchan magnit maydonining hosil bo'lishi va uning tezligi.....	104
6.3-§ Asinxron dvigatelning ishlash prinsipi.....	107
6-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	111
7-MAVZU: ELEKTR ENERGIYA HOSIL QILISH. ELEKTR ENERGIYA UZATISHI VA TAQSIMLASH	
7.1-§ Elektr energiyasi haqida umumiy ma'lumot.....	113
7.2-§ Issiqlik elektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi.....	114
7.3-§ Gidro elektrostansiyalar va ularning ishlash prinsipi.....	115
7.4-§ Atom elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	118
7.5-§ Shamol elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	121
7.6-§ Quyosh elektrostansiyalari va ularning ishlash prinsipi.....	122
7.7-§ Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash.....	124
7-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	127
8-MAVZU: ELEKTR YURITMA ASOSLARI	
8.1-§ Elektr dvigatellarining qizishi va sovitilishi.....	129
8.2-§ Dvigatellarning ish rejimlari va ularning quvvatini hisoblash.....	132
8.3-§ Qo'lda boshqarish apparatlari.....	136
8.4-§ Himoya apparaturalari.....	137
8-Mavzuga doir nazorat savollari.....	139
9-MAVZU: RADIOELEKTRON ZANJIRLARNING ASOSIY ELEMENTLARI	
9.1-§ Radioelektronika fani va uning rivojlanishi tarixi.....	140
9.2-§ Radioelektron sistemalar va zanjirlar.....	142
9.3-§ Radiotexnik signallar klassifikatsiyasi va zanjir xarakteristikalar.....	146
9-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	149
10-MAVZU: YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR	
10.1-§ Qo'sh qutbli tranzistorlar.....	151
10.2-§ Maydonli tranzistorlar.....	156
10.3-§ Tiristorlar.....	158
10-Mavzuga doir nazorat savollari.....	160
11-MAVZU: KUCHAYTIRGICHLAR	
11.1-§ Kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyenti.....	161
11.2-§ Past chastotali kuchaytirgichning dastlabki kaskadi.....	163
11.3-§ Ko'p kaskadli tranzistorli kuchaytirgichlar.....	165
11.4-§ Elektron generatorlar.....	168

11-Mavzuga doir, nazorat savollari va testlar.....	170
12-MAVZU: ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI	
12.1-§ Elektron hisoblash mashinalari haqida umumiy ma'lumot.....	171
12.2-§ Qalin qatlamli integralli mikrosxemalar.....	175
12.3-§ Yupqa qatlamli integralli mikrosxemalar.....	176
12.4-§ Duragayli integralli mikrosxemalar.....	177
12.5-§ Integralli mikrosxemalarning shartli belgilanishi va ularning qo'llanilishi.....	179
12-Mavzuga doir nazorat savollari.....	179
13-MAVZU: GARMONIK TEBRANISHLI GENERATORLAR. SIGNALLARNI O'ZGARTIRISH PRINSPI	
13.1-§ LC- generatori va unda yuz beradigan fizikaviy jarayonlar.....	180
13.2-§ RC- generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	186
13.3-§ Multivibratorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	188
13-Mavzuga doir nazorat savollari va testlar.....	192
14-MAVZU: RADIO UZATUVCHI VA RADIO QABUL QILUVCHI QURILMALAR. TELEVIDENIYA ASOSLARI	
14.1-§ Radio uzatuvchi qurilmalarning vazifasi va tuzilishi.....	193
14.2-§ Radio qabul qilish asoslari.....	198
14.3-§ Radiolokatsiyaning asosiy tushunchalari.....	201
14.4-§ Radiolokatsion stansiya qurish negizi.....	203
14.5-§ Televizion signallar.....	206
14.6-§ Televizion eshittirish tizimlari teleko'rsatuvlarni uzatish va qabul qilish asoslari.....	211
14.7-§ Raqamli televideniya va undagi yangi imkoniyatlar.....	218
14-Mavzuga doir nazorat savollari	221
15-MAVZU: ELEKTROMEXANIK VAQT RELELARINING TEXNIK KO'RSATKICHLARI	
15.1-§ Relelar haqida umumiy tushunchalar.....	222
15.2-§ Ish printsipi bo'yicha relelarning turlari.....	223
15.3-§ Elektromagnitli relelar.....	225
15.4-§ Vaqt relilari.....	227
15-Mavzuga doir nazorat savollari.....	228
Mustaqil ta'lim uchun loyiha ishlari.....	229
ILQVALAR.....	245
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	253

I.G.TURSUNOV, U.A.ESHNIYOZOV,
A.N.ERNAZAROV, R.S.SHERMUXAMEDOV

ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA ELEKTRO‘TKAZGICHLAR

Darslik

Muharrir: X. Tahirov
Texnik muharrir: S. Meliqo‘ziyeva
Musaxhih: M. Yunusova
Sahifalovchi: A. Muxammadiyev

Nashr. lits № 2244. 25.08.2020 y. Bosishga
ruxsat etildi 05.11.2024 y. Bichimi 60x84 1/16.
Ofset qog‘ozi. “Times New Roman”
garniturası. Xisob-nashr tabogi. 16.
Adadi 100 dona. Buyurtma № 2306810.

«Sarbon LLS» MChJ bosmaxonasida chop etildi.

Nashriyot tel. raqami +998 (97) 017-01-01
+998 (94) 673-66-56



ISBN 978-9910-780-34-9

9 789910 780349