

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

J.M.Ibroximov

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi
tomonidan 3.51.06.07 – Elektrik kasbi bo‘yicha ta’lim
olayotgan o‘quvchilar uchun o‘quv qo‘llanma sifatida
nashrga ruxsat etilgan*

“Excellent Polygraphy”

Toshkent – 2021

UO‘K 621.3(075.8)

KBK 39.808ya7

I – 14

J. Ibroximov

Elektrotexnika va elektronika asoslari [Matn] : o‘quv qo‘llanma / J. Ibroximov .-Toshkent: “Excellent Polygraphy”, 2021. -160 b.

Ushbu qo‘llanma kasb-hunar o‘qitish markazlari uchun elektrotexnika va elektronika sohalariga yo‘naltirilgan mutaxassisliklar uchun tuzilgan Davlat ta’lim standartlari o‘quv dasturi asosida va «Elektrotexnika va elektronika asoslari» predmeti kasb-hunar maktablarining boshlang‘ich professional ta’lim o‘quv dasturlariga muvofiq yozilgan.

Qo‘llanma kasb-hunar o‘qitish maktablari talabalari uchun mo‘ljallangan.

UO‘K 621.3(075.8)

KBK 39.808ya7

Taqrizchilar:

A.Rasulov – TATU Farg‘ona filiali direktori, fizika matematika fanlari professori.

M.O‘zbekov – FarPi Energetika fakulteti detsenti, texnika fanlari Phd

ISBN - 978-9943-7821-1-2

© “Excellent Polygraphy” , 2021yil.

© J.M.Ibroximov, 2021yil.

Mundarija

Kirish.....	5
I Bob. Elektromagnit maydon haqida umumiy tushuncha.....	7
1.1. Elektromagnit maydon haqida umumiy tushunchalar.....	7
1.1.1. Elektr maydon.....	7
1.1.2. Magnit maydon.....	8
1.2. Materiallarning magnit xossalari.....	11
1.3. Elektromagnit induksiya qonuni.....	13
1.4. Elektr maydonidagi o'tkazgichlar va dielektriklar.....	15
1.5. Elektr sig'im va kondensatorlar.....	21
II Bob. O'zgarmas tok elektr zanjirlari.....	25
2.1. Elektr zanjirlari to'g'risida umumiy ma'lumot.....	25
2.1.1. Elektr qarshilik.....	25
2.1.2. Elektr qarshiligining haroratga bog'liqligi.....	27
2.2. Elektr zanjirlarning asosiy elementlari.	30
2.3. Oddiy va murakkab elektr zanjirlari.....	36
2.4. Murakkab elektr zanjirlarni xisoblash usullari.....	41
III Bob. O'zgaruvchan tok zanjirlari.....	44
3.1. O'zgaruvchan tok elektr zanjirlari.....	44
3.2. Bir fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari.....	48
3.3. Quvvat va quvvat koeffitsienti.....	54
3.4. Rezonans hodisasi.....	55
3.5. Uch fazali elektr zanjirlari.....	57
IV Bob. Elektr o'lchashlar.....	66
4.1. Elektr o'lchashlar va o'lchov asboblari to'g'risida tushunchalar.....	66
4.2. Elektr o'lchash asboblari turlari va o'lchash usullari.....	70
4.3. Tok, kuchlanish va quvvatni o'lchash.....	77

V Bob. Transformatorlar va elektr mashinalari.....	84
5.1. Transformatorlar tuzilishi va ishlash prinsipi.....	84
5.2. Transformatorning salt va yuklangan rejimlarda ishlashi.....	87
5.3. Uch fazali transformatorlar. O'lchash transformatorlari.....	90
5.4. Asinxron dvigatellarning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	94
5.5. Asinxron dvigatel rotor chulg'aming EYK va chastotasi. Yurgizish toki.....	97
5.6. O'zgaras tok mashinalari.....	98
5.7. O'zgaras tok generatorining tenglamasi va aylanish momenti.....	101
5.8. O'zgaras tok generatorlari. Ozgaras tok dvigatellari.....	102
VI Bob. Elektr ta'minoti.....	107
6.1. Elektr iste'molchilar. Elektr iste'molchilarning ishonchlilik darajasi.....	107
6.2. Elektr ta'minoti sxemalari.	111
6.3. Elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari.	115
VII Bob. Elektronika asoslari.....	118
7.1. Yarimo'tkazgichli asboblari.....	118
7.2. Transistorlar va tiristorlar	122
7.3. Mikroshemalar to'g'risida tushuncha.....	126
VIII Bob. Boshqarish apparatlari va xavfsizlik texnikasi.....	131
8.1. Boshqarish apparatlari elementlari.....	131
8.2. Elektrotexnikada xavfsizlik texnikasi.....	138
Ilovalar.....	141
Foydalanilgan adabiyotlar.....	156

Kirish

Elektr energiyasi lotincha "electricus" soʻzidan (qadimgi yunoncha "ἤλεκτρον") olingan boʻlib, zaryadlangan erkin elektron zarralarining oʻzaro taʼsiri va tartibli harakati natijasida yuzaga keladigan hodisalar majmui hisoblanadi.

Ushbu atamani ilk bor ilmiy adabiyotga ingliz tabiatshunosi Uilyam Xilbert 1600-yilda yozilgan "Magnit, magnit jismlar va yirik magnit — yer toʻgʻrisida" asarida kiritgan.

Risolada magnit kompasining ish xususiyatini batafsil tushuntiradi va magnitlangan jismlar ustida oʻtkazgan oʻzining baʼzi tajribalarni tasvirlaydi. Muallif asarida tabiatdagi boshqa moddalar ham elektrlashtirilish, yaʼni maʼlum bir darajada magnit maydoni hosil qilish xususiyatiga ega ekanligini aniqlaydi.

Shunday qilib, 1600-yilda Uilyam Xilbert elektr atamasini oʻzining asarida "Amber", yaʼni yunon tilida ἤλεκτρον: "elektron" — "qahrabo" deb atab, uning xususiyatlarini yozganidan soʻng bu tabiat neʼmati ilmiy asarlarda tez-tez uchraydigan boʻldi.

Uilyam Xilbertning XVII asr boshidagi ilk tajribalaridan soʻng "elektr" atamasi el orasida mashhur boʻlib, turli tajriba-sinovlar oʻtkazish boshlandi.

Elektrotexnika fan sifatida elektr va magnit xodisalarini oʻrganish va ularni amalda qoʻllash bilan shugʻullanadi.

Elektr energiyasi inson faoliyatining barcha sohalarida qoʻllaniladi. Ishlab chiqarish qurilmalari, asosan, elektr dvigatellar bilan harakatlanadi; elektrik, noelektrik parametrlar elektr asboblari va qurilmalar yordamida oʻlchanadi va nazorat

qilinadi. Ko‘pincha zamonaviy avtomatik boshqaruv sistemalari elektrik va noelektrik elementlar asosida quriladi. Elektr energiya shaharlar va qishloqlarni obodonlashtirishda katta rol o‘ynaydi. Inson hayotida elektr energiyasining ulkan ahamiyati uning yutuqlari bilan izohlanadi: elektr energiyani yirik elektrostantsiyalarda ishlab chiqarish, uzoq masofalarga uzatish va turli iste’molchilar orasida taqsimlash mumkin. Bundan tashqari, elektr energiyani boshqa energiya turlariga osongina o‘zgartirish mumkin.

Elektronika fan sifatida elektr asboblarni o‘rganish va ularni amalda qo‘llash bilan shug‘ullanadi. Ular vakuumda, gazda va qattiq kristall jismlarda zaryadlangan zarrachalar konsentrasiyasining o‘zgarishiga asoslangan.

Elektron asboblari va qurilmalar fan va texnikaning hamma sohalarida qo‘llaniladi. Bu ularning yuqori sezuvchanligi, tezkorligi va universalligi bilan izohlanadi.

Ushbu o‘quv qo‘llanma kasb o‘rgatish maktabi tinglovchilari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, berilgan materiallar oddiyroq, soddaroq qilib yozilgan va bu tushunishni osonlashtiradi.

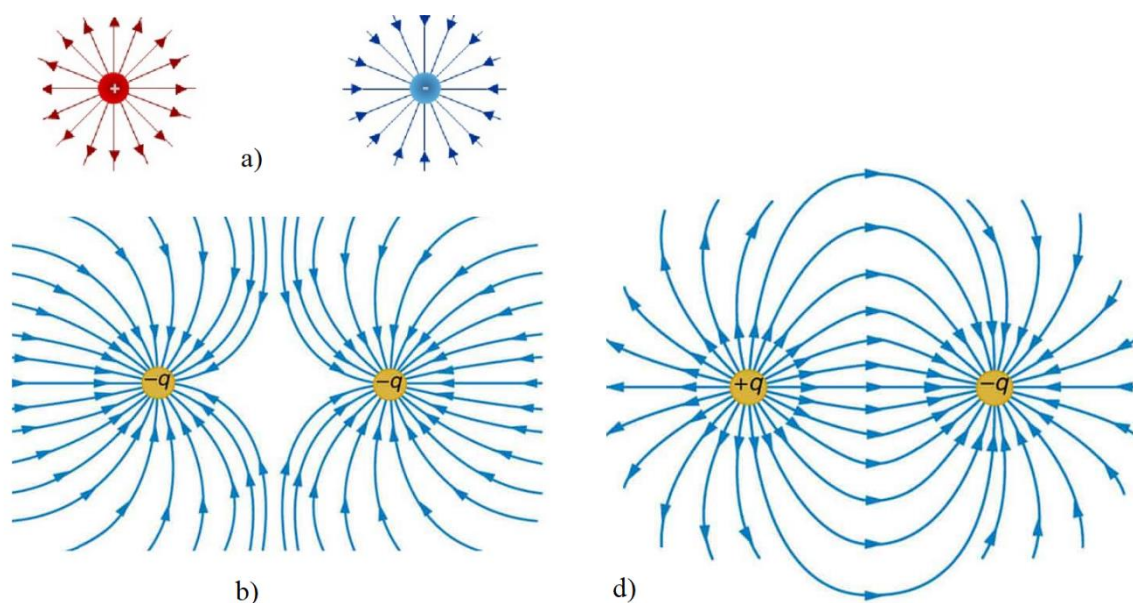
I BOB. ELEKTROMAGNIT MAYDON HAQIDA

UMUMIY TUSHUNCHA

1.1. Elektromagnit maydon haqida umumiy tushunchalar.

1.1.1. Elektr maydon.

Ma'lumki, ikki jism bir-biriga faqat sirlari orqali ta'sir etadi. Lekin, agar jismlar zaryadlangan bo'lsa, ya'ni jismlar sirtida ortiqcha manfiy yoki musbat zaryad to'plangan bo'lsa, ular bir-biridan ma'lum masofada turganda ham ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir moddiy muhit — elektr maydon orqali amalga oshadi. Qo'zg'almas zaryadlangan zarracha yoki jism atrofida elektr maydon hosil bo'ladi (1.1-rasm). Fransuz fizigi Kulon 1785-yilda ikkita elektrlangan zarracha (jism) ning o'zaro ta'sir kuchini ifodalovchi qonunni yaratdi. Bu kuch olim nomi bilan — Kulon kuchi deb ataladi.



1.1-rasm. Qo'zg'almas zaryadlangan zarracha yoki jism atrofida elektr maydon hosil bo'lishi.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon_a r^2},$$

bu yerda: F — zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi, N , q_1 va q_2 — o'zaro ta'sir etuvchi zaryadlar qiymati, C , r — zaryadlar orasidagi masofa, m , k — proporsionallik koeffitsiyenti, ϵ_a — muhitning

absolut dielektrik singdiruvchanligi. Bu kattalik zaryadlar orasidagi elektr maydon muhitini xarakterlaydi.

Elektr maydonni xarakterlovchi kattaliklardan yana biri elektr maydon kuchlanganligidir. Elektr maydon kuchlanganligi vector kattalik bo'lib, uning qiymati musbat zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuchning uning zaryadiga nisbatiga tengdir.

$$E = \frac{F}{q_0}.$$

Elektr maydon potentsiali elektr maydon har bir nuqtasining energetik imkoniyatini ifodalovchi kattalikdir. Elektr maydon kuchlari ta'siri ostida biror-bir sinov zaryadini ko'chirish uchun sarflangan ish miqdorining shu zaryad miqdoriga nisbati elektr maydon potentsiali deyiladi, ya'ni

$$\varphi = \frac{A}{q},$$

bu yerda: A — ish miqdori, J , g —zaryad miqdori, C .

Birlik zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirish uchun 1 Joul ish bajarilsa, shu ikki nuqta orasidagi kuchlanish 1 Voltga teng bo'ladi.

Ikki nuqta orasidagi potentsiallar ayirmasi shu nuqtalar orasidagi kuchlanish deyiladi va U bilan belgilanadi:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

1.1.2. Magnit maydon.

Agar qo'zg'almas zaryadlangan zarracha (zaryadlangan jism) elektr maydonni hosil qilsa, harakatdagi zaryadlangan zarrachalar (zaryadlar oqimi) magnit maydonni hosil qiladi. O'z navbatida, magnit maydon esa elektr toki hosil qiladi. Zaryadlangan zarrachalarning tartibli oqimi elektr toki deb

ataladi. Elektr toki o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida o'tadigan zaryad miqdori bilan aniqlanadi:

$$I = \frac{q}{t},$$

bu yerda: I - tok kuchi, A , q - zaryad miqdori, C , t -vaqt birligi, s.

Shunday qilib, yuqorida bayon etilgan omillarga asoslanib magnit maydon va elektr toki bir-biridan ajralmas kattalik ekanligini tasdiqlash mumkin. Magnit maydon yo'nalishi va kattaligi shu maydonni hosil qiluvchi tokning yo'nalishi va kattaligiga bog'liq. Magnit maydonni xarakterlovchi asosiy kattaliklardan biri magnit induksiyadir. Uni aniqlash uchun shu maydonga tokli o'tkazgich kiritamiz.

Magnit maydonga kiritilgan tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi mexanik kuch, shu o'tkazgichdan o'tayotgan tok, o'tkazgichning magnit maydonga kiritilgan qismining uzunligi va magnit maydonning induksiyasiga proporsionaldir:

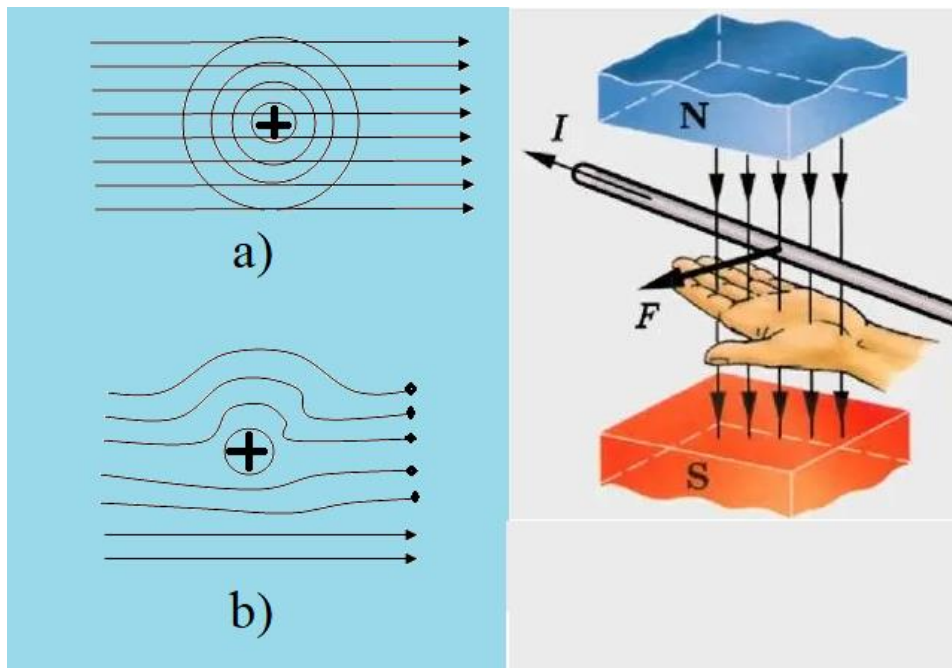
$$f = B \cdot l \cdot I,$$

bu yerda: f — mexanik kuch, N, I — tok kuchi, A , B —magnit maydon zichligini xarakterlovchi kattalik — magnit induksiyasi, I — o'tkazgichning magnit maydonga kiritilgan qismining uzunligi, m. Bu ifoda tokli o'tkazgich bir jinsli magnit maydonning kuch chiziqlariga perpendikular joylashgan holda to'g'ridir (1.2-rasm). O'tkazgich kuch chiziqlari bilan biror burchak hosil qilsa, quyidagicha ifodalanadi:

$$f = B \cdot l \cdot I \cdot \sin\alpha.$$

Bu ifodada B — magnit maydon induksiyasi bo'lib, magnit maydon intensivligini xarakterlaydi. Magnit maydon induksiyasi vektor kattalik bo'lib, bu vektorning yo'nalishi magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishiga mos keladi. Turli elektr uskuna va

asboblarning ishlash prinsipi magnit maydon bilan o'tkazgichdan oqayotgan tokning o'zaro ta'siriga asoslangan. Yuqoridagi ifodadan:



1.2- rasm. Tokli o'tkazgich bir jinsli magnit maydonning kuch chiziqlariga perpendikular joylashgan holati.

$$B = \frac{f}{U}$$

Magnit maydon kuchlanganligi magnit induksiyaning absolut magnit singdiruvchanlikka nisbati bilan aniqlanadi.

$$H = \frac{B}{\mu_a},$$

Bu yerda: H — magnit maydon kuchlanganligi, μ_a — muhitning absolut magnit singdiruvchanligi.

Demak, magnit maydon faqat uni hosil qiluvchi tokka bog'liq bo'lmay, balki maydon yaratadigan muhitning magnit xossalariga ham bog'liqdir.

1.2. Materiallarning magnit xossalari.

Materiallarning magnit xossalarini xarakterlovchi kattalik nisbiy magnit kirituvchanlik deyiladi va μ harfi bilan belgilanadi. Vakuum muhitning absolut magnit kirituvchanligi magnit doimiysi deyiladi. Istalgan muhit yoki materiallarning nisbiy magnit kirituvchanligi μ_a bilan solishtiriladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_0}.$$

Atrofimizdagi barcha materiallar o'zlarining magnit xossalari bo'yicha uch guruhga bo'linadi. Agar moddalarning (materiallarning) nisbiy magnit kirituvchanligi birdan kichik $\mu < 1$ bo'lsa, bunday materiallar diamagnit materiallar deyiladi. Mis diamagnit material, uning magnit kirituvchanligi $\mu = 0,999$. Agar materiallarning magnit kirituvchanligi birdan katta $\mu > 1$ bo'lsa, bunday materiallar paramagnit materiallar deyiladi. Havo paramagnit materialga misol bo'ladi, uning magnit kirituvchanligi $\mu = 1,003$.

Elektrotexnikada asbob, uskuna va tuzilmalarda ferromagnit materiallardan keng foydalaniladi. Ular kuchli magnitlash xususiyatiga ega, ularning magnit kirituvchanligi $\mu \gg 1$ bo'lib, milliongacha yetadi.

Ferromagnit materiallar paramagnit materiallardan muhim xossalari bilan farq qiladi. Bu xossalardan biri ferromagnit materiallarda molekular tok hosil qiluvchi zarrachalarning borligidir. Molekular tok magnit momentini hosil qiladi. Mikroskopik hajmlarda hosil bo'ladigan magnit momentlari "domen" deb ataladi. Tashqi magnit maydon bo'lmaganda domenlarning natijaviy magnit maydoni nolga tengdir. Ferromagnit materialni tashqi magnit maydonga kiritganimizda

domenlar magnit momentlarining yoʻnalishi tashqi magnit maydon qutblari tomon buriladi. Natijada tashqi magnit maydon domenlar magnit momentlari hisobiga kuchayadi. Bu jarayon ferromagnit materiallarning magnitlanishi deyiladi.

Demak, ferromagnit materiallarda tashqi magnit maydon domenlar magnit maydoni hisobiga kuchayar ekan. Shu sababli barcha elektr uskuna va apparatlarning turli shakldagi oʻzaklari ferromagnit materiallardan yasaladi. Masalan, keltirilgan misolda magnit maydon kuch chiziqlarining asosiy qismi ferromagnit oʻzak orqali tutashtirilgan. Chunki, ferromagnit oʻzakning magnit kirituvchanligi havoning magnit kirituvchanligiga nisbatan ancha katta boʻlgani uchun uning magnit maydoni havodagi magnit maydondan bir necha marta ortiqdir. Demak, chulgʻam atrofidagi fazoviy muhitning magnit maydonini nazarga olmasdan, magnit maydon faqat ferromagnit oʻzakning geometrik oʻlchamlari bilan cheklangan, desak boʻladi.

Yuqorida qoʻzgʻalmas zaryadlangan zarracha elektr maydonini hosil qiladi, deb taʼkidlab oʻtdik. Lekin birorbir zarracha muhit temperaturasi faqat 0°K boʻlganda qoʻzgʻalmas holatda boʻlishi mumkin. Bu qiymat Selsiy shkalasida 273°C demakdir. Demak, muqarrar sharoitda hech bir zarracha tinch holatda turishi mumkin emas. Hamma zaryadlangan zarrachalar doim harakatda boʻladi va elektr maydon bilan birga magnit maydonni ham hosil qiladi. Elektr va magnit maydonlar orasida chuqur ichki bogʻlanish mavjud boʻlib, bu bogʻlanish bu maydonlarning bir-biriga aylana olishida namoyon boʻladi. Elektr maydonning har qanday oʻzgarishi doimo magnit maydon paydo boʻlishi bilan yuz beradi va aksincha, magnit maydonning har qanday oʻzgarishi elektr toki paydo boʻlishiga olib keladi. Bu mulohazalarga asoslanib, mantiqan fikr yuritadigan boʻlsak, elektr va magnit maydonlar bir-biridan ajralmas boʻlib, ular bir

jarayonning ikki tomonini anglatar ekan. Bunday maydon elektromagnit maydon deb ataladi. Elektromagnit maydon materiyaning alohida bir turidir. Materiyaning mavjudligi bevosita odamzodning sezgi a'zolari orqali his qilinadi. Elektromagnit maydon to'liq xossalriga ham ega, ya'ni bu maydon to'liq kabi fazoda tarqaladi.

1.3. Elektromagnit induksiya qonuni.

Elektromagnit induksiya qonuni tabiatning muhim qonunlaridan biri. Ko'pchilik elektr asboblarning ishlash prinsipi mana shu qonunga asoslangan. Masalan, o'zgaruvchan tok generatorlari, sinxron generatorlar, asinxron dvigatellar, transformatorlar, radio-teleappaturalar shular jumlasidandir.

Agar o'tkazgichli konturni o'zgaruvchan elektromagnit maydonga kiritsak, bu konturda elektromagnit induksiya elektr yurituvchi kuchi e (EYK) hosil bo'ladi. Bu EYK ning kattaligi elektromagnit maydonning o'zgarish tezligiga proporsional:

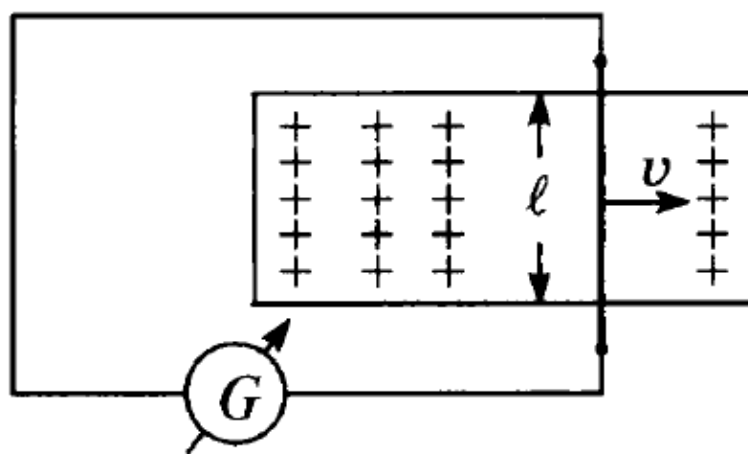
$$e = \frac{d\Phi}{dt} \text{ bitta o'ram uchun,}$$

$$\gamma = -w \frac{d\Phi}{dt} \text{ o'ramlar soni } w \text{ ga teng bo'lganda.}$$

Bu tenglamada $\frac{d\Phi}{dt}$ magnit oqimdan vaqt bo'yicha olingan hosila bo'lib, bu ifoda magnit oqimining o'zgarish tezligini anglatadi.

Elektromagnit induksiya elektr yurituvchi kuchining ishorasiga to'xtalib o'tamiz (yuqorida keltirilgan formulada magnit oqimining hosilasiga manfiy ishora berdik). Bu ishora Lens qonuniga asosan aniqlanadi. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: EYKning yo'nalishi ishorasi uni hosil qiluvchi kuchga qarama-qarshidir.

Faraz qilaylik, fazoviy to'rtburchak bilan cheklangan o'zgarmas elektromagnit maydon bo'lsin, bu elektromagnit maydon kuch chiziqlari to'rtburchak yuzasiga perpendikular ravishda yo'nalgan. 1.3-rasmda kuch chizig'i yo'nalishini ko'rsatuvchi strelkani bir-birini kesuvchi chiziqlar bilan belgilaymiz. Shu maydonning kuch chiziqlarini l uzunlikdagi o'tkazgich (yoki chulg'am) v tezlik bilan kesib o'tyapti. Shunda bu o'tkazgich (chulg'am)da elektromagnit induksiya EYK hosil bo'ladi va u quyidagi formula yordamida aniqlanadi:



1.3-rasm. Kuch chizig'i yo'nalishini ko'rsatuvchi strelkani bir-birini kesuvchi chiziqlar.

$$E = B \cdot v \cdot l,$$

bu yerda B — magnit induksiyasi, vektor kattalik; v — o'tkazgichning tezligi, vektor kattalik; l — o'tkazgichning magnit maydonga kiritilgan qismining uzunligi.

Bu formula ikkita vektor kattaliklar B va v bir-biriga perpendikular yo'nalgan hol uchun mos keladi. Agar B va v perpendikular bo'lmasa, o'zgarmas magnit maydon kuch chiziqlarini kesib o'tuvchi kontur bitta o'tkazgichdan emas, balki w o'ramli g'altakdan iborat bo'lsa, u holda yuqoridagi formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$E = B \cdot v \cdot \omega \cdot \sin \alpha$$

Bu ifodadagi $a = B \cdot v$ ikkita toq vektor kattalik orasidagi faza siljishi.

1.4. Elektr maydonidagi o'tkazgichlar va dielektriklar.

Elektr o'tkazuvchanlik. Elektr maydonida musbat zaryadlar yuqori potentsialli nuqtalardan pastroq potentsialli nuqtalarga tomon harakat qiladi. Manfiy zaryadlar esa aksincha, pastroq potentsialli nuqtalardan yuqori potentsialli nuqtalarga qarab harakatlanadi. Elektr maydonida elektr zaryadlarning bir xil yo'nalishdagi harakatiga elektr toki deyiladi. Jismning elektr maydoni ta'sirida elektr tokini hosil qilish xususiyatiga elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. O'tkazuvchanlik darajasiga qarab jismlar uch xil bo'ladi: o'tkazgichlar, yarimo'tkazgichlar va dielektriklar. O'tkazgichlar yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, birinchi va ikkinchi turga bo'linadi. Barcha metallar va ularning qotishmalari 1-tur o'tkazgichlar bo'lib, ularda elektr toki erkin elektronlar harakati bilan hosil bo'ladi. Barcha kislota va ishqorlar ikkinchi tur o'tkazgichlarni tashkil qiladi va ularda elektr toki ionlar harakati bilan hosil bo'ladi. Mineral, moy, lok, slyuda, rezina va shishalarning hammasi dielektriklardir. Dielektriklarning o'tkazuvchanligi juda kichik bo'lib, ular texnikada elektroizolyasion material sifatida ishlatiladi.

Yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi oddiy sharoitda kichik bo'ladi. Lekin issiqlik, elektr maydoni, magnit maydoni, yorug'likning ta'sirida ularning o'tkazuvchanligi birdan ko'payadi.

Tashqi elektr maydon yo'qligida metall o'tkazgichdagi erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi. O'tkazgichdan o'tayotgan erkin elektronlarning miqdori nolga teng bo'ladi. Tashqi elektr maydon borligida hamma erkin elektronlar bir xil yo'nalib, elektr tokini hosil qiladi. Elektr maydon yo'qligida, elektr toki ham yo'q

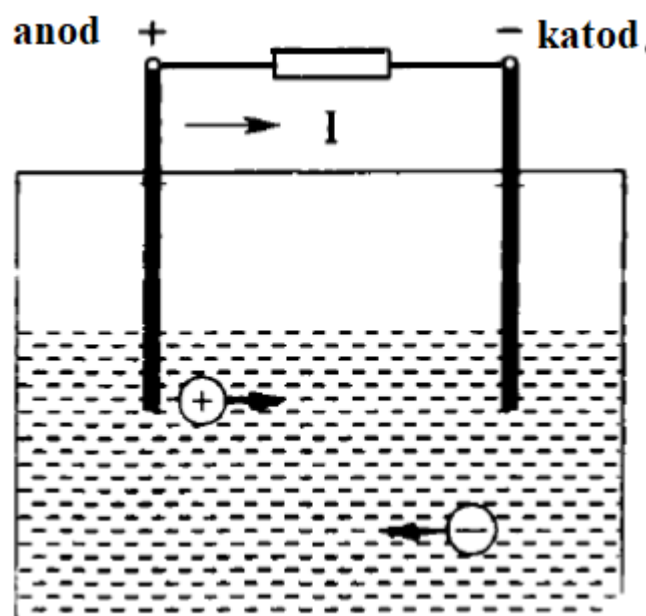
bo‘ladi. Demak, elektr toki to‘xtovsiz o‘tib turishi uchun o‘tkazgichning uchlari orasida doimo potensial ayirmani saqlash kerak.

Elektronning tezligi juda ham kichik bo‘ladi. Lekin elektronlarning bir-biriga energiya uzatish tezligi juda katta bo‘ladi (300 000 km/s). Elektronlar past potentsialli nuqtalardan yuqori potentsialli nuqtalarga harakat qiladi. Demak, elektr toki manfiy (-) dan musbat (+) ga yo‘naladi. Ilgari elektr tokining mohiyati yaxshi o‘rganilmagani uchun tok musbat (+) dan manfiy (-)ga yo‘nalgan deb gumon qilingan edi. Shuningdek, amaliyotda bu shartlilikni kelgusida saqlashga qaror qilingan. Elektr tokining jadalligini tavsiflaydigan kattalik tok kuchi deb ataladi. Tok kuchining birligi sifatida Amper qabul qilingan. Amper o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan bir sekundda o‘tadigan elektr zarrachalari miqdoridan iborat. Agar bir sekundda o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimi yuzidan bir kulon elektr tok o‘tsa, bunda tok kuchining kattaligi 1 Amperga teng bo‘ladi:

$$I = \frac{Q}{t} \left(\frac{Kl}{sek} \right) = A,$$

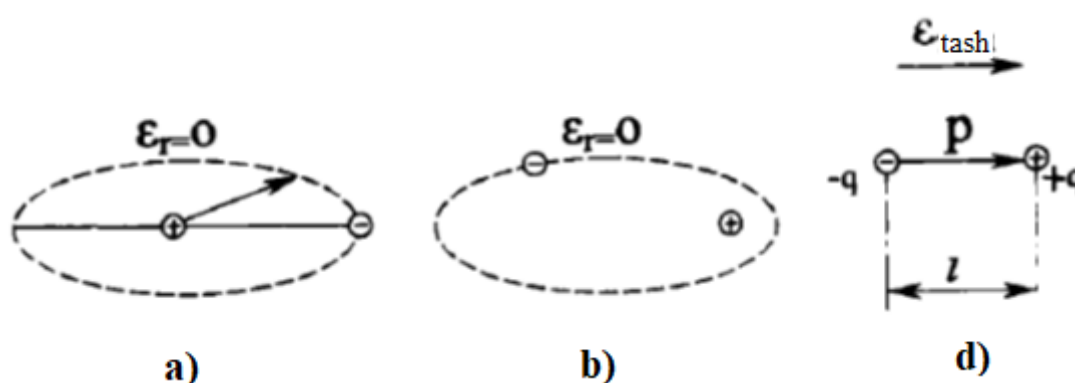
$1A=10^3$ milliamper (mA)= 10^6 mikroamper (mkA).

Ikkinchi tur o‘tkazgichlarda elektr toki ionlar harakati bilan hosil qilinadi. Elektrolit (masalan. H_2SO_4) molekulalarining bir qismi musbat $2H^+$ va manfiy SO_4^{2-} -ionlarga bo‘linadi (1.4-rasm). Elektr maydoni ta’sirida musbat ionlar manfiy elektrod (katod)ga, manfiy ionlar musbat elektrod (anod)ga tomon harakatlanadi. Manfiy ionlar anodga erkin elektronlarni topshiradi. Shu elektronlar tashqi zanjirda harakat qilib, elektr toki hosil qiladi. Elektrolitning musbat ionlari tashqi zanjirdan kirayotgan elektronlar bilan qo‘shiladi. Shunday qilib, elektrolit ichida tok ionlar harakati bilan, tashqi zanjirda esa elektronlarning anoddan katodga harakati bilan hosil bo‘ladi.



1.4-rasm. Elektrolitdagi tok.

Elektr maydondagi dielektrik. Bir guruh nopolyar deb atalgan dielektrlarda elektr maydoni ta'sirida atomlarning musbat va manfiy zaryadlari markazi bir-biriga nisbatan siljiydi. Bunday molekulani elektr dipol deb hisoblash mumkin — bu bir-biriga yaqin o'rnatilgan va har xil zaryadlangan ikkita nuqtaviy $+q$ va $-q$ zaryadlardir (1.5-rasm).



1.5-rasm. Dielektrik atomi: a) qutblanmagan atom, b) qutblangan atom, d) dipol.

Atomlar orbitasining siljishiga dielektrikning qutblanishi deyiladi. Tashqi elektr maydonida hamma atomlarning elektronlari birdaniga siljiydi. Natijada elektronlarning qisqa

muddatli harakati orqali elektr toki hosil bo‘ladi. Bu tok siljish toki deyiladi. Qutblangan atomlarning elektr maydoni tashqi maydonga qarshi yo‘nalgan bo‘lib, tashqi maydonni susaytiradi. Dielektrlarning tashqi maydonda qutblanish qobiliyati dielektrik singdiruvchanlik deyiladi. U qutblanish ta’sirida tashqi maydon necha barobar kamayganini ko‘rsatadi. Tashqi maydon kuchlanishi kritik qiymatdan oshganda dielektrik teshiladi, ya’ni ma’lum bir joyi yemiriladi. Bunda dielektrik o‘z izolyasion xususiyatini yo‘qotadi. Dielektrik teshiladigan maydon kuchlanganligiga elektr mustahkamlik deyiladi. Maydonning teshilish kuchlanganligi:

$$E_{tesh} = \frac{U_{tesh}}{d} \cdot \frac{KB}{M},$$

bu yerda, E — teshilish kuchlanganligi; d — izolyasion materialning qalinligi; U_{tesh} — teshilish kuchlanishi.

Elektr qurilmalar ishonchli ishlashi uchun undagi barcha dielektrik qismlarning ruxsat etilgan kuchlanishi odatda teshilish kuchlanishidan bir necha marta kichik bo‘ladi. Ko‘ndalang kesimi 1 m^2 va uzunligi 1 m bo‘lgan dielektrikning qarshiligi solishtirma hajm qarshiligi deb ataladi:

$$\rho_v = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{Q_m \cdot M^2}{M} = Om \cdot m$$

Demak, solishtirma hajm qarshiligining birligi $Om \cdot m$ dir.

Elektr izolyatsion materiallar. a. Gazsimon dielektriklar.

Havo tabiiy izolyatordir, qurilmalarning ayrim qismlarida, masalan, elektr uzatish liniyalarida, tayanchlar orasida, ochiq simlar orasidagi havo tabiiy izolyator bo‘lib xizmat qiladi. Vodorod, azot va inert gazlar ham izolyatorlardir.

b. Suyuq va yarim suyuq dielektriklar.

Mineral moylar — neftni qayta ishlab olinadigan mahsulot. Ular asosan moyli transformator, moyli uzgich, kabellar va kondensatorlarda ishlatiladi.

Sovol — sintetik suyuq dielektrik. Uni kondensatorlarga shimdirish va ularni to'ldirish uchun ishlatiladi. Sovolning dielektrik kirituvchanligi mineral moynikidan ikki barobar katta.

Sovtol sovolga o'xshab yonmaydi, shu sababli u bilan to'ldirilgan transformatorlar yong'in nuqtai nazaridan xavfsiz bo'ladi.

Smolalar past temperaturalarda amorf shishasimon massa bo'lib, isitganda yumshab, plastik keyin esa suyuq holatga keladi. Smolalar gigroskopik emas (suvda erimaydi), biroq spirt va boshqa erituvchilarda eriydi. Smolalar ko'pgina loklar, kompaundlar, plastmassalar, bo'yoqlarning muhim tarkibiy qismidir.

Loklar yupqa parda hosil qiladigan moddalardir. Ular elektr mashinalari va apparatlarining namlikka chidamliligini orttirish maqsadida chulg'amlariga shimdiriladi. Emalli loklar simlar sirtida yupqa, egiluvchan va izolyasion qoplamalar hosil qilish uchun ishlatiladi.

Elektroizolyasion tarkib (kompaundlar) - elektr asboblarning chulg'amlariga shimdiriladi va har xil elektr asboblarning tugunlariga qo'yiladi.

v. Qattiq dielektriklar.

Qog'oz kabellar, kondensatorlar tayyorlashda ishlatiladi.

Elektrkarton elektr mashinalari tirqishlariga qo'yiladigan qatlamlar uchun, g'altaklar va turli buyumlar yasash uchun ishlatiladi. Qatlamli elektrizolyasion materiallar (getinaks, tekstolit) dan har xil qalinlikdagi taxtachalar tayyorlanadi.

Rezina elastikligi va yuqori elektr izolyasion xossalarga egaligi tufayli elektrotexnikada juda keng qo'llaniladi.

Slyuda asosida tayyorlangan elektroizolyasion materiallar (mikanit, mikafolit, mikaleks, slyudinit) — elektr mashinalarda va apparatlarda izolyasion qistirma sifatida ishlatiladi.

Elektrchinni izolyatorlar tayyorlashda keng qoʻllaniladi.

Polimer organik dielektriklar (plastmassalar) elektro-texnikada qattiq va egiluvchan, konstruksiya materiallari sifatida keng qoʻllaniladi.

Azbest tolasimon tuzilishga ega mineral boʻlib, u 300° — 400°C issiqqa chidamlidir. Undan kalava, mato, tasma, shnurlar, karton tayyorlanadi. 1.1-jadvalda birmuncha elektroizolyasion materiallarning elektr parametrlari keltirilgan. Bunda: E_{tesh} — teshilish kuchlanganligi, ε — nisbiy dielektrik singdiruvchanligi, ρ_v — solishtirma hajm qarshiligi.

1.1-jadval.

Baʼzi elektrizolyasion materiallarning parametrlari.

Dielektrik	E_{tesh}	E	ρ
	10^3 kv/m	-	$\text{Om}\cdot\text{m}$
1	2	3	4
Moy shimdirilgan	10+25	3,6	-
Qogʻoz			
Transformator moyi	15+20	2,1+2,4	$10^{12}+10^{13}$
Havo	3	1	-
Getinaks	10+15	4+7	10^8+10^{10}
Mikanit	15+40	5+6	10^9+10^{11}
Rezina	15+20	3+6	$10^{11}+10^{12}$
Shisha	10+15	6+10	10^{12}
Chinni	15+20	5,5	$10^{12}+10^{13}$
Tekstolit	6+16	5+8	10^7+10^{10}
Sovol	14+16	5,0+5,2	$10^{12}+10^{13}$
Sovtol	13+18	4,5+4,8	$10^{11}+10^{12}$

Polistirol	25+40	2,4+2,6	$10^{13}+10^{15}$
Polietilen	35+60	2,2+2,4	$10^{13}+10^{15}$
Ftoroplast	15+20	2,8+3,0	$10^{14}+10^{16}$
Elektroizolyasion karton	8+12	3+5	10^6+10^8

1.5. Elektr sig‘im va kondensatorlar.

Har qanday jismning elektr zaryadlarini to‘plash qobiliyati elektr sig‘imi deyiladi. Bir-biridan dielektrik bilan ajralgan ikkita o‘tkazgich kondensator deyiladi. Kondensatorning o‘tkazgichlari uning elektrodleri yoki qoplamalari deb ataladi. Kondensator qoplamalari miqdori jihatidan bir xil, ammo ishorasi turlicha bo‘lgan zaryadlarni to‘plash xossasiga ega. Kondensatorning zaryadi Q qoplamalar orasidagi kuchlanish U ga proporsional bo‘ladi. Kondensator qonlamalari zaryad Q ni va ular orasidagi kuchlanish U ni bog‘laydigan kattalikka elektr sig‘imi deyiladi.

$$C = \frac{Q}{U}$$

Bu yerda: Q — qoplamalarning biridagi zaryad miqdori; C — kondensatorning sig‘imi; U — qoplamalar orasidagi kuchlanish. Demak, $c = \frac{Q}{U}$. Elektr sig‘imning birligi qilib, farada qabul qilingan:

$$1F = \frac{1k}{1v} = 1 \frac{Kl}{v}.$$

Farada juda yirik birlikdir. Shuning uchun amaliyotda mikrofaradadan (mkf) yoki pikofaradadan (pf) foydalaniladi:

$$1 \text{ mkf} = 10^{-6} \text{ f}; 1 \text{ mp} = 10^{-2} \text{ f}$$

Qoplamalarning s yuzi, ular orasidagi d masofa va dielektrikning turi ma’lum bo‘lsa, kondensatorning sig‘imi $C = \epsilon_a \cdot S/d$ formuladan topiladi. Bu yerda: ϵ_a — mutlaq dielektrik singdiruvchanlik; S —

har bir qoplamaning yuzi, m^2 ; d — qoplamalar orasidagi masofa, m.

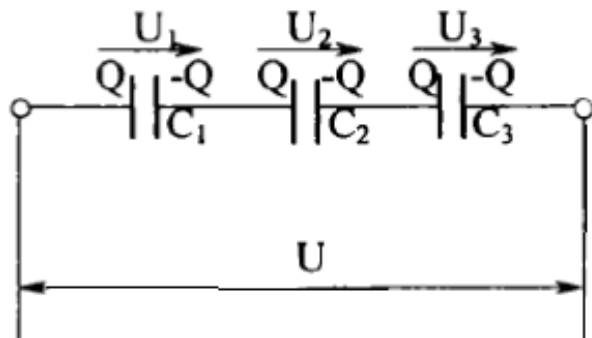
Kondensator turlarining nomi dielektriklarning nomidan kelib chiqqan. Masalan, qog‘ozli kondensatorlar parafinlangan qog‘oz tasmasi bilan o‘zaro ajratilgan ikkita uzun folga tasmadan iborat. Kondensatorlar qog‘ozli, slyudali, shishali, sopolli va elektrolitli bo‘lishi mumkin. Elektrolitli kondensatorlarda dielektrik vazifasini yupqa alyuminiy folgasi sirtiga yotqizilgan juda yupqa oksid qatlami (qoplamasi o‘taydi). Ikkinchi qoplama elektrolitning quyuq eritmasi shimdirilgan qog‘oz yoki matodan iborat bo‘ladi. Elektrolitli kondensatorlar faqat o‘zgarmas tok zanjirlarida qo‘llaniladi. Kondensatorlarning ba’zi turlari 1.6-rasmda keltirilgan. 1-ilovadan kondensator turlari va markalanishini ko‘rib olishingiz mumkin.



1.6-rasm. Kondensator turlari va ko‘rinishlari.

Kondensatorlarni ulash. Zarur sig‘im yoki kerakli kuchlanishga mo‘ljallangan kondensatorni hosil qilish uchun ular

parallel, ketma-ket yoki aralash ulanishi mumkin. Kondensatorlarni ketma-ket ulash (1.7-rasm).



1.7-rasm. Kondensatorlarni ketma-ket ulash.

Ketma-ket ulangan sig‘imlarning faqat tashqi qoplamalari tok manbaiga ulanadi. Shuning uchun hamma kondensatorlarning qoplamalarida zaryadlar bir xil bo‘ladi. Har bitta kondensatordagi kuchlanish quyidagiga teng:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} \quad U_2 = \frac{Q}{C_2} \quad U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

Zanjirning uchlaridagi kuchlanish:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Kuchlanishni zaryadlar sig‘imiga nisbati orqali ifodalasak, quyidagini olamiz:

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

yoki \$Q\$ ga qisqartirilsa:

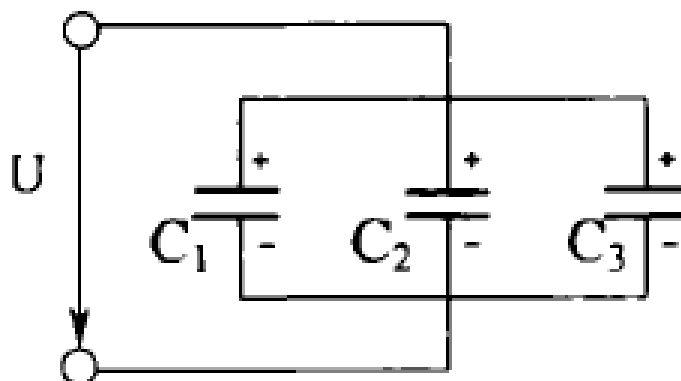
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Demak, kondensatorlar ketma-ket ulanganda ularning umumiy sig‘imining teskari qiymati barcha kondensatorlarning teskari qiymatlar yig‘indisiga teng.

Ketma-ket ulangan bir xil sig‘imli \$i\$ ta kondensatorning umumiy sig‘imi:

$$C = \frac{C}{n}$$

Shuni ta'kidlash kerakki, ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi eng kichkina sig'imdagidan kichikdir. Kondensatorlarni parallel ulash (1.8-rasm).



1.8-rasm. Kondensatorlarni parallel ulash.

Kondensatorlar parallel ulanganda ulardagi kuchlanish bir xil, zaryadlar esa turlicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_1 \cdot U & Q_2 &= C_2 \cdot U \\ Q_3 &= C_3 \cdot U \end{aligned}$$

Bu zanjirda kondensatorlarda yig'ilgan umumiy zaryad ayrim kondensatorlarda zaryadlar yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ CU &= C_1U + C_2U + C_3U \end{aligned}$$

Tenglamani U ga qisqartirsak,

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Kondensatorlar parallel ulanganda, sxemaning umumiy sig'imi ayrim kondensatorlar sigimlarining yigindisiga teng.

II BOB. O‘ZGARMAS TOK ELEKTR ZANJIRLARI

2.1. Elektr zanjirlari to‘g‘risida umumiy ma’lumot.

Energiya holati ko‘rinishining bir turi elektr deyiladi. Energiya har xil ko‘rinishda mavjud bo‘lishi mumkin. Chunonchi, suv energiyasi, shamol energiyasi. Tabiatda ko‘mir, neft, o‘tin energiyasi ham bor. Bu energiya kimyoviy energiya deyiladi.

Energiya bir turdan ikkinchi boshqa bir turga o‘tishi mumkin. Misol uchun, bug‘ energiyasini mexanik energiya orqali elektr mashinasi yordamida elektr energiyasiga aylantirish yoki bo‘lmasa suvning harakatini elektr mashinasi yordamida elektr energiyasiga aylantirish mumkin.

«Elektr» so‘zi yunoncha «elektron» ma'nosini bildiradi. Bu yunon tilida yantar deb ataladi.

Eramizdan oldingi VII asrda yunonlar musbat va manfiy jismlar bir-biriga tortilishi va bir xil zaryadlar bir-biridan qochishini aniqlaganlar. 2.1-2.2-rasmlarda elektr zaryadlarining o‘zaro ta'sir kuchlari ko‘rsatilgan.

Elektr miqdorining birligi kulon K_m deyiladi, u $6,25 \cdot 10^{18}$ elektronlar miqdori zaryadiga ega.

bu yerda: F_{el} — elektr zaryadi kuchi; Q — zaryad.

2.1.1. Elektr qarshilik.

Ma’lumki, elektr zaryadlarining yo‘nalgan harakatiga elektr toki deyiladi. Elektr zaryadlari o‘z harakatida boshqa zaryad, atom va molekulalar bilan to‘qnashadilar. Bunda zaryadlarning tezligi va kinetik energiyasi kamayadi. Lekin elektr maydon ta’sirida zaryadlarning tezligi yana oshadi. Yangi to‘qnashishda esa tezligi yana kamayadi. Natijada o‘tkazgichda zaryadlarning bir tekis harakati o‘rnatiladi. Shunday qilib o‘tkazgich zaryadlarning harakatiga qarshilik ko‘rsatadi. Qarshilik R harfi

bilan belgilanadi, uning birligi Om. Lekin, amalda boshqa birliklar ham ishlatiladi:

$$\begin{aligned}1 \text{ kiloOm (kOm)} &= 10^3 \text{ Om} \\1 \text{ megaOm (MOM)} &= 10^6 \text{ Om} \\&\text{yoki} \\1 \text{ kiloOm (k}\Omega\text{)} &= 10^3 \Omega \\1 \text{ megaOm (M}\Omega\text{)} &= 10^6 \Omega\end{aligned}$$

Qarshilikka teskari kattalik elektr o'tkazuvchanlik deyiladi va g bilan belgilanadi:

$$g = \frac{1}{R} = \frac{1}{Om} = \text{simens (sm)}$$

Bu kattalik o'tkazgichning elektr toki o'tkazish qobiliyatini ko'rsatadi. Ko'ndalang kesimi 1 mm va uzunligi 1 m o'tkazgichning qarshiligi solishtirma qarshilik deyiladi. O'tkazgichning materiali, uzunligi va ko'ndalang kesimi ma'lum bo'lsa, uning qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R = e \frac{l}{S} Om$$

Bunda R — o'tkazgichning qarshiligi (Om). l — uning uzunligi (m); s — o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi (mm^2); ρ — solishtirma qarshilik (bir qator materiallarning solishtirma qarshiliklari 1.1-jadvalda berilgan).

Qarshilik termini ikki xil ma'noda ishlatiladi.

1. Qarshilik zanjir tarmoq, sim yoki iste'molchining elektr xossaligidan bittasini xarakterlaydi. Shu ma'noda yoritish lampasining qarshiligi 100 Om ga yoki simning qarshiligi 1,0 Om ga teng deb aytish mumkin.

2. Qarshilik (rezistor) deb elektr zanjirlarda tokni chegaralash yoki kamaytirish maqsadida ulash uchun mo'ljallangan asbobja aytiladi. Resstat deb ataluvchi o'zgaruvchan qarshilik zanjirdagi tokni sozlash uchun mo'ljallangan. Ko'pincha reostatlar solishtirma qarshiligi katta bo'lgan simlardan (nixrom, fexral) tayyorlanadi (2.1-rasm). 3-ildovada qarshilik (rezistor) larning turlari va belgilanishlari keltirilgan.



2.1-rasm. Reostat.

2.1.2. Elektr qarshiligining haroratga bog'liqligi.

Issiqlik ta'sirida metall o'tkazgichlarda erkin elektronlarning molekula va atomlar bilan to'qnashishlarining ortishi tufayli elektronlar yo'nalgan harakatining o'rtacha tezligi kamayadi. Bu esa qarshilikning ortishiga sabab bo'ladi.

Ko'mir va elektrolitlarni isitganda erkin elektronlarning o'rtacha tezligi kamayishi bilan birga elektronlarning konsentratsiyasi ham ko'payadi. Natijada shu o'tkazgichlarning qarshiligi kamayadi. Metall o'tkazgichlar uchun temperatura 100°C chegarasida qarshilikning nisbiy ortishi temperaturaning o'zgarishiga proporsional bo'ladi.

Demak:

$$\frac{\Delta R}{R_1} = \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \alpha(t_2 - t_1).$$

Bundan:

$$R_2 = R_1 + R_1 \cdot \alpha(t_2 - t_1)$$

yoki

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)].$$

Bunda: R_1 va R_2 t_1 va t_2 temperaturadagi qarshiliklari.

α —qarshilikning temperatura koeffitsiyenti bo‘lib, harorat 1°C ga ko‘tarilganda qarshilikning nisbiy o‘zgarishini aniqlaydi. Temperatura koeffitsiyentlarining qiymatlari 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

Material	Zichlik g/sm^3	Erish harorati , $^\circ\text{C}$	Uzilishga nisbatan mustahkamligi, kg/mm^2	20°C dagi solishtirma elektr qarshilik. $\text{Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$	Qarshilikning harorat koeffitsiyenti o‘rtacha qiymati 0 dan 100°C gacha
Alyuminiy	2,7	657	14-22	0,029	0,004
Bronza	8,8-8,9	900	50-60	0,021-0,4	0,004
Volfram	18,7	3370	415	0,056	0,00464
Konstantan	8,8	1200	40	0,4-0,51	0,000005
Jez	8,1	900	40	0,07-0,08	
Manganin	8,1	960	55	0,42	0,000006
Mis	8,8	1083	25-40	0,0175	0,004
Nixrom	8,2	1360	70	1,1	0,00015
Po‘lat	7,8	1400	80-150	0,13-0,25	0,006
Fexral	7,6	1450	-	1,4	0,0028
Xromel	7,1	1500	80	1,3	0,00004

O‘tkazgichli materiallar. Umuman elektrotexnikada qattiq, suyuq va gazsimon o‘tkazgichlar ishlatiladi. Qattiq o‘tkazgichlarga

metallar, suyuq o'tkazgichlarga elektrolitlar va eritilgan metallar tegishlidir. Ionli asboblarda o'tkazgich sifatida gazlardan foydalaniladi.

Metall o'tkazgichlarni ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruhga solishtirma qarshiligi kichik bo'lgan, ikkinchi guruhga solishtirma qarshiligi yuqori bo'lgan materiallar kiradi. Birinchi guruhga kimyoviy sof metallar, mis va alyuminiy kiradi.

Mis solishtirma qarshiligi kichikligi, yetarli darajada mexanik puxtaligi, ishlov berishga osonligi va zanglashga chidamliligi tufayli o'tkazgich material sifatida keng ishlatiladi. Mis ikki xil, yumshatilmagan MG markali va yumshatilgan MM markali bo'lishi mumkin. Qattiq mis kontakt simlar, kollektor plastinkalar va hokazolarda ishlatiladi. Yumshoq mis elektr mashinalarning, turli elektromagnit apparatlar va asboblarning g'altaklari (chulg'amlari) o'ramlarini yasash uchun ishlatiladigan simlarni tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Sof misdan tashqari, uning boshqa metallar bilan qotishmalari bronza va jezlar ham ishlatiladi.

Kadmiyli bronza kollektor plastinkalari va trolleybus simlari tayyorlash uchun ishlatiladi. Berilliyli bronza tok uzatuvchi prujinalar, sirpanuvchi kontaktlar, cho'tka tutqichlar yasash uchun ishlatiladi.

Jez elektr apparatlar va ar yasashda keng kullanilali. Alyuminiyning elektr va mexanik xossalari misga nisbatan yomonroq bo'lsa ham elektrotexnikada ko'p ishlatiladi. Buning asosiy sababi — alyuminiyning misga nisbatan ancha yengilligidir.

Shuning uchun havo kemalarida alyuminiy simlar keng qo'llaniladi. Elektr uzatish liniyalari simi uchun alyuminiy qotishmalari (masalan, aldrey) ishlatiladi. Shuningdek, ichki

po‘lat simlari ustidan alyuminiy simlar bilan o‘ralgan po‘lat alyuminiy simlar ham ishlatiladi.

Po‘latning solishtirma qarshiligi ancha katta bo‘lib, zanglashga turg‘unligi kam. Shu sababli po‘lat simlar havo liniyalarida faqat kichik quvvatlarni uzatishdagina ishlatiladi.

O‘tkazgich materiallarning ikkinchi guruhiga solishtirma qarshiligi yuqori bo‘lgan qotishmalar — nixrom, fexral, manganin, konstantan kiradi. Nixrom va fexral isitgich elementlarni, reostatlarni tayyorlash uchun ishlatiladi.

Manganin va konstantan qotishmalarining temperatura koeffisiyenti kichik bo‘lganligi uchun ulardan shuntlar, qo‘shimcha qarshiliklar va namunaviy qarshilik g‘altaklari tayyorlanadi.

Elektrotexnik ko‘mir elektr mashinalar cho‘tkalari, elektr payvand va elektrolitik vannalar elektrodleri tayyorlashda, simsiz qarshiliklar yasashda va xokazolarda ishlatiladi.

Konstantanlarning o‘tish qarshiligini kamaytirish uchun ularning ustida yupqa kumush yoki oltin qatlami hosil qilinadi.

2.2. Elektr zanjirlarning asosiy elementlari.

Elektr toki o‘tadigan yo‘ldagi turli elektr tuzilmalar yig‘indisi elektr zanjiri deyiladi. Har qanday elektr zanjir uchta asosiy elementdan, tok manbaidan, iste’molchilardan va tutashtiruvchi simlardan tashkil topgan bo‘ladi (2.2-jadval).

Tok manbai elektr zaryadlarni berk zanjirda yurgizib ma’lum ishni bajaradi. Ayrim musbat zaryadni berk zanjirda yurgizish ishi elektr yurituvchi kuchi (EYUK) deyiladi: EYUK ning birligi — Volt (V):

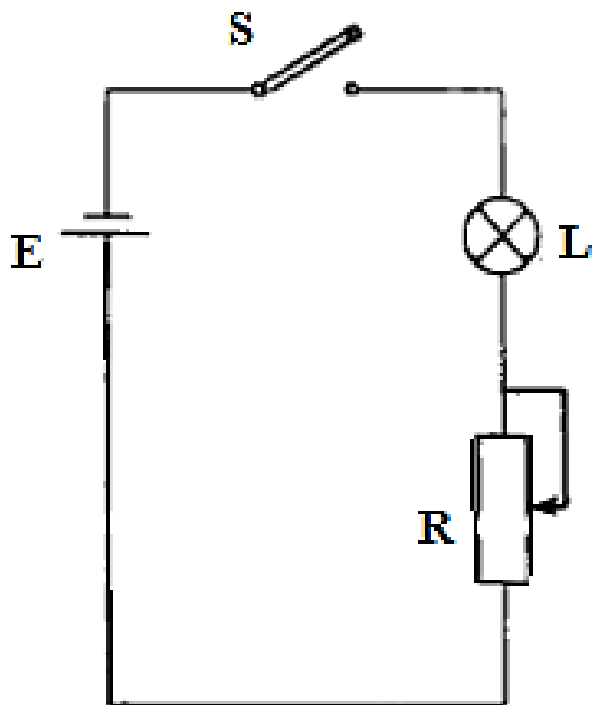
$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kul}}$$

Elektr yurituvchi kuch manbalarining bir necha turi bor:

1. Galvanik elementlar;
2. Akkumulyatorlar;
3. Elektr generatorlar;
4. Kremniyli yarim o'tkazgichli fotoelementlar (quyosh batareyalari).

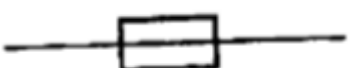
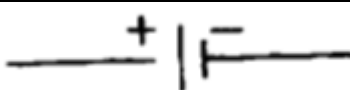
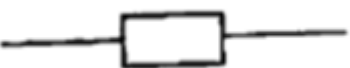
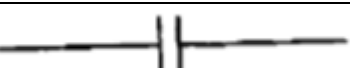
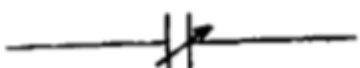
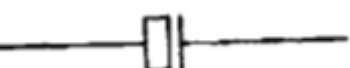
Elektr energiya iste'molchilari qatoriga elektr energiyani mexanik energiyaga aylantiruvchi elektr dvigatellar, yoritish lampalari, elektr energiyani issiqlik energiyasiga aylantiruvchi isitish asboblari va hokazolar kiradi.

Elektr zanjirlarda asosiy elementlardan tashqari uzgichlar, knopkalar, rele, kontaktorlar, himoya asboblari, masalan, saqlatichlar va avtomatlar, nihoyat control o'lchov asboblari: ampermetrlar, voltmترلar, schyotchiklar va xokazolar ishlatiladi. 2.2-rasmda yoritish lampasini ulashning oddiy sxemasi ko'rsatilgan. Bu sxema tok manbai E, uzgich B, reostat R va yoritish lampasidan tashkil topgan.



2.2-rasm. Oddiy elektr zanjir.

Elektr zanjirlar ba'zi elementlarining shartli belgilari.

Element	Shartli belgisi
Bir qutbli uzgish	
Ikki qutbli uzgich	
Eruvchan saqlagich	
Galvanik element yoki akkumulyator	
Qarshilik o'zgarmas rezistor	
O'zgaruvchan qarshilikli resistor (reostat)	
Qarshilikni kuchlanishga bog'liq nochiziqli resistor (varistor)	
Kondensatorlar:	
Sig'imi o'zgarmas	
Sig'imi o'zgaruvchan	
Elektrolitik qutblangan)	
Yoritish lampasi	

Zaryadlangan zarrachalarning tartibli oqimi (harakati) elektr toki deb ataladi. Kattaligi va yo'nalishi vaqt birligi ichida o'zgarmaydigan tokka o'zgarmas tok deb aytiladi.

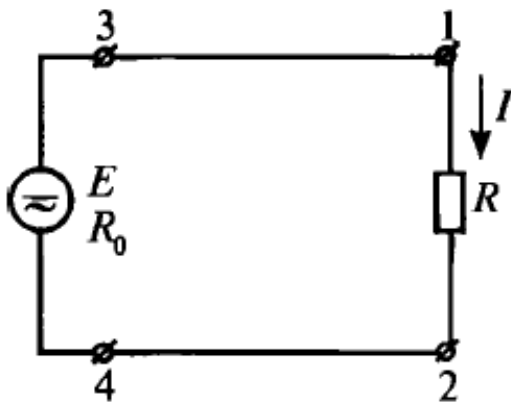
Elektr toki o'tishi uchun uchta element berik zanjir, ya'ni kontur hosil qilishi zarur. Bu elementlarni EYK yoki tok manbayi, bog'lovchi o'tkazgich simlar va iste'molchilar tashkil etadi. Agar

bu berk konturni tashkil etuvchi elementlar elektromagnit jarayonlarini EYK, tok, kuchlanish va qarshilik tushunchalari orqali ta'riflash mumkin bo'lsa, bunday berk kontur elektr zanjiri deb ataladi. Tutashtiriladigan o'tkazgichlarning qarshiliklari quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \Omega$$

bu yerda: ρ — o'tkazgichning solishtirma qarshiligi, l — o'tkazgich uzunligi, S — o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi.

Biroq elektr zanjirlarini hisoblashda bu qarshilik hisobga olinmaydi. Berk zanjirdagi I tok miqdori zanjirning bir qismi uchun Om qonuni yordamida aniqlanadi. Zanjirdagi tok uning 1- va 2- qismlari orasidagi potensiallar ayirmasiga to'g'ri proporsional, iste'molchining qarshiligiga esa teskari proporsionaldir (2.3-rasm):



2.3-rasm. Zanjirdagi tok yo'nalishi va potensiallar ayirmasi.

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U_{12}}{R}.$$

Zaryad miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$q = I \cdot t$$

U holda bajarilgan ish:

$$A = U \cdot I \cdot t$$

Zanjirning tashqi qismida, ya'ni iste'molchida bajarilgan ish:

$$A_{ist} = U_{ist} \cdot I \cdot t$$

va manbaning isrof energiyasi:

$$A_0 = U_0 \cdot I \cdot t$$

Lekin $E = U_{ist} - U_0$, demak, $A_{ist} + A_0 = A_m$, ya'ni manbaning ishlab chiqaradigan energiyasi:

$$A = E \cdot I \cdot t.$$

Elektr tokining quvvati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P_m = \frac{A}{t} = E \cdot I,$$

bunda P_m — manbaning elektr quvvati.

Demak, iste'molchining elektr quvvati $P_{ist} = U_{ist} \cdot I$, manbaning isrof quvvati $P_0 = U_0 \cdot I$. Quvvat W, kW, MW larda o'lchanadi.

Ajralib chiqqan issiqlik miqdori o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kvadratiga, qarshilik va ma'lum miqdorda tok o'tgan vaqtga to'g'ri proporsionaldir.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t,$$

bu yerda Q — o'tkazgichdan ajralib chiqqan issiqlik miqdori. Om qonuniga binoan $U = I \cdot R$, quvvat $P = U \cdot I = I^2 \cdot R$

Demak,

$$Q = P \cdot t$$

yuqorida qayd etib o'tganimizdek, zanjirning ikki nuqtasidagi potentsiallar ayirmasi kuchlanish yoki kuchlanishning pasayishi deyiladi. Binobarin:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ va } I = \frac{U_{12}}{R},$$

$$U_{12} = U_1 - U_2 = I \cdot R.$$

Demak, kuchlanish yoki kuchlanishning pasayishi zanjir bir qismining potentsiallari ayirmasiga teng bo‘lib, bu kattalik shu qismdagi tok va qarshilikning ko‘paytmasi bilan aniqlanadi. Qarshilikka teskari kattalik o‘tkazgichning o‘tkazuvchanligi deyiladi:

$$q = \frac{I}{R}, \text{sim.}$$

Butun zanjir uchun Om qonuni quyidagicha ta'riflanadi: berk zanjirdagi tok zanjirdagi EYK ga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, zanjirning butun qarshiligiga teskari proporsionaldir.

$$I = \frac{E}{R + r_0}.$$

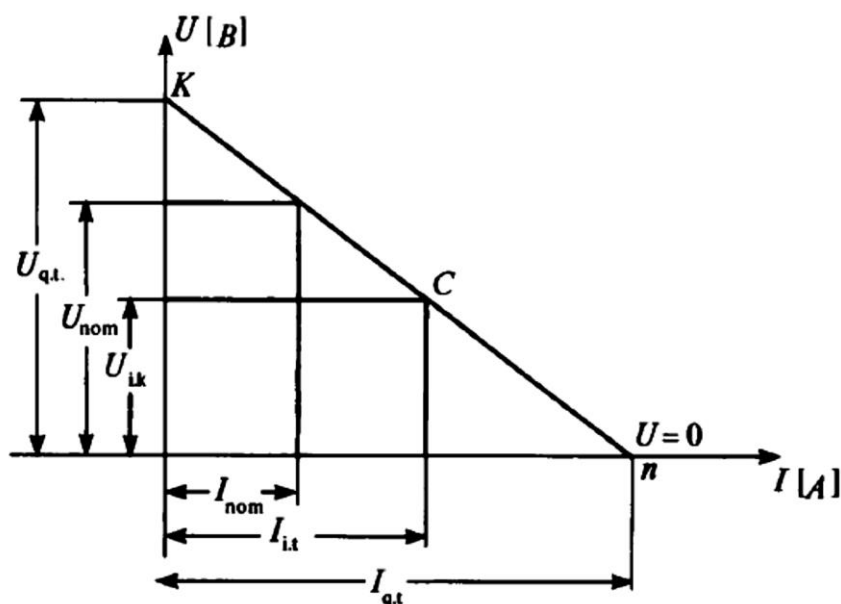
Bundan $E = I \cdot R + I \cdot r_0$.

$U_{ist} = I \cdot R$ — zanjirning tashqi qismidagi kuchlanishning pasayishi. $U = I \cdot r_0$ — manbaning ichidagi kuchlanishning pasayishi.

Bir konturli elektr zanjirda iste'molchidagi kuchlanish butun zanjir uchun Om qonuniga asosan (2.3-rasm):

$$U = E + I \cdot r_0.$$

Agar bu ifodada $E = \text{const}$ va $r_0 = \text{const}$ bo‘lib, tok iste'molchi qarshiligi o‘zgarishi hisobiga o‘zgartirilsa, bunday bog‘liqlik elektr zanjirining volt-amper tavsifi deb ataladi. 2.4-rasmda bu bog‘lanish grafik tarzda ko‘rsatilgan. Bu xarakteristikaning k nuqtasida zanjirdagi tok nolga teng. Zanjirdagi tok faqat zanjir uzilgandagina nolga teng bo‘lishi mumkin. Bu rejim salt yurish rejimi deyiladi. Bu rejimda $U = E$ va iste'molchi manbadan uzilgan bo‘ladi.



2.4-rasm. Bog‘lanish grafigi.

Xarakteristikaning n nuqtasida $U=0$ bo‘lib, tok eng katta (maksimal) qiymatga erishadi. Bu rejim qisqa tutash rejimi deyiladi. Umuman, bu rejim shikastlanish rejimi deyiladi, chunki bu rejimda zanjirdagi tok faqat manbaning ichki qarshiligi bilan cheklangandir. Ichki qarshilik esa amalda iste'molchi qarshiligidan ancha kam bo‘ladi, ya'ni $R_0 \ll R_{ist}$.

Bunda, elektr zanjiridagi tok juda katta qiymatga erishadi, boshqacha qilib aytganda, o‘tkazgichlar katta tok ta'sirida kuyib ketadi. Bu ikkala rejimdan elektrotexnik uskunalarining nazariy tomonlarini o‘rganishda foydalaniladi.

2.3. Oddiy va murakkab elektr zanjirlar.

Agar elektr zanjir faqat bitta manba va ketma-ket yoki parallel ulangan qarshiliklardan iborat bo‘lsa, bunday zanjirlarni hisoblash uchun Om qonunining o‘zi yetarli. Masalan, ketma-ket ulangan zanjirda Om qonuniga asosan (2.5-rasm, a):

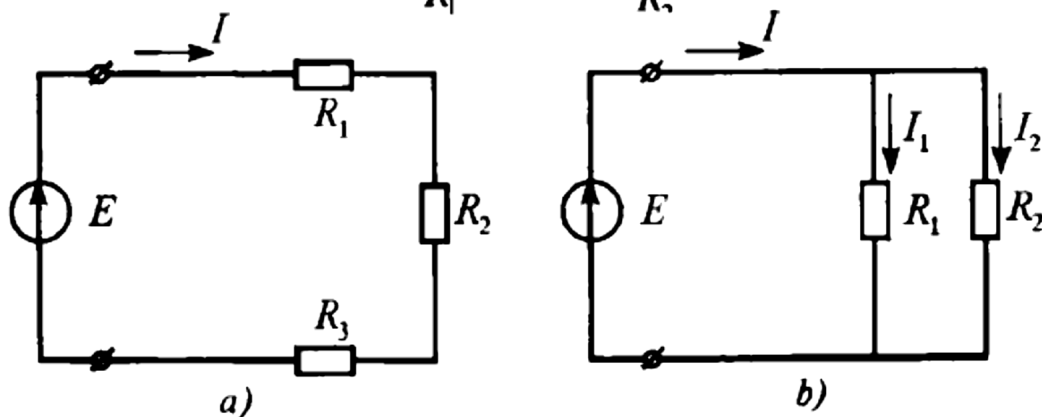
$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

Parallel ulangan zanjirda (2.5-rasm, b):

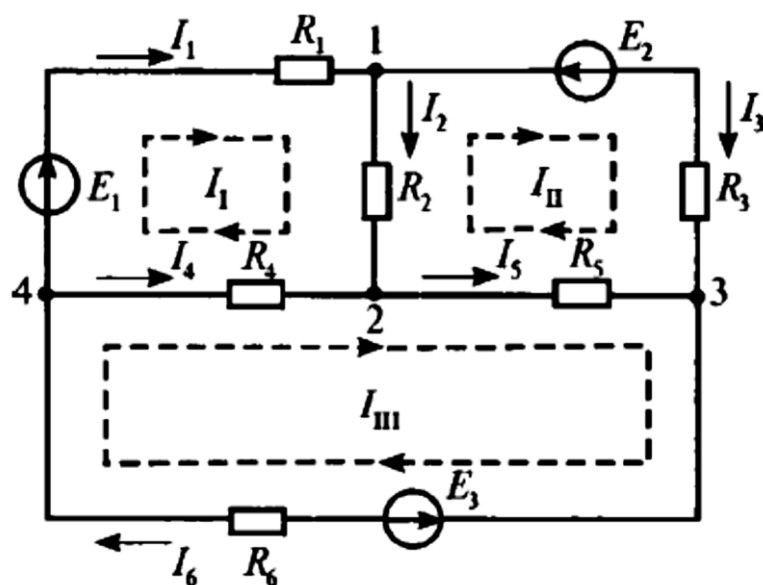
$$I_1 = \frac{E}{R_1}; \quad I_2 = \frac{E}{R_2}.$$

Tarmoqlarning o'tkazuvchanligi:

$$q_1 = \frac{E}{R_1}; \quad q_2 = \frac{E}{R_2}$$



2.5-rasm. Om qonuni asosida qurilgan zanjir; a) ketma-ket ulangan zanjir; b) parallel ulangan zanjir.



2.6-rasm. Tugunlardan iborat zanjir.

O'tkazuvchanlik orqali toklar quyidagi formuladan aniqlandi:

$$I_1 = q_1 \cdot E; \quad I_2 = q_2 \cdot E.$$

Zanjirning umumiy qismidagi tok:

$$I+E (q_1 +q_2).$$

Elektr zanjirida bir nechta manba va qarshiliklar aralash ulangan bo'lsa, bu zanjirlarni hisoblash uchun Om qonunini qo'llab bo'lmaydi, chunki zanjirni hisoblash natijasida aniqlanadigan toklar soni Om qonuni asosida yoziladigan tenglamalar sonidan ortiq. Bunday hollarda Kirxgof qonunlaridan foydalaniladi.

Kirxgof qonunlari bo'yicha tenglamalar yozishdan avval elektr sxemalariga oid bir nechta terminlar bilan tanishamiz (2.6-rasm).

Elektr sxemasining uchta va undan ortiq tarmog'i birlashgan nuqtasi tugun deb aytiladi.

Zanjirning ikkita tuguni orasidagi qismi tarmoq deyiladi. Har bir tugunning o'z toki bo'ladi.

Bir nechta tarmoqlardan tashkil topgan berk elektr zanjiri kontur deyiladi.

Kirxgofning birinchi qonuni. Tugundagi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum_1^n = 0,$$

bunda n —tugunga birlashgan tarmoqlar soni.

Odatda, tugunga qarab yo'nalgan toklar musbat (+) ishora bilan, tugundan chiqqan toklar manfiy (-) ishora bilan belgilanadi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni. Konturdagi alohida qism qarshiliklaridagi kuchlanish pasayishlarining algebraik yig'indisi shu konturdagi EYKlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum_1^m I \cdot R = \sum_1^m E.$$

Agar konturning ixtiyoriy tanlangan aylanib chiqish yoʻnalishi, shu konturning alohida qismlaridagi toklarning yoʻnalishi bilan mos tushsa, shu qism kuchlanishining pasayishi (IR) tenglamada musbat (+) ishora bilan, aks holda manfiy (-) ishora bilan olinadi. Konturdagi EYKlarning yoʻnalishi ixtiyoriy tanlangan aylanib chiqish yoʻnalishi bilan mos tushsa, tenglamada EYK lar musbat (+) ishora bilan, qaramaqarshi yoʻnalishli EYK lar manfiy (-) ishora bilan olinadi.

Kirxgofning qonunlarini aniq murakkab tarmoqlangan elektr zanjir misolida koʻrib chiqamiz (2.6-rasm). Tarmoqlardagi toklarning yoʻnalishi ixtiyoriy deb olaylik. Bu sxemada tugunlar soni $n=4$, tarmoqlar soni $m=6$ ta. 4 ta tugun uchun Kirxgofning birinchi qonuniga binoan tenglamalar tuzamiz.

$$1\text{-tugun uchun } I_1 - I_2 - I_3 = 0;$$

$$2\text{-tugun uchun } I_2 + I_4 - I_5 = 0;$$

$$3\text{-tugun uchun } I_3 + I_5 - I_6 = 0;$$

$$4\text{-tugun uchun } I_6 + I_1 + I_4 = 0;$$

Konturlarning aylanish yoʻnalishini ixtiyoriy ravishda tanlab, Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tenglamalar tuzamiz.

$$1\ 2\ 4\ 1\text{- kontur uchun } I_1 R_3 + I_2 R_2 - I_4 R_4 = E_1;$$

$$1\ 2\ 3\ 1\text{- kontur uchun } I_3 R_3 - I_5 R_5 - I_2 R_2 = E_2;$$

$$1\ 2\ 3\ 4\text{- kontur uchun } I_4 R_4 + I_4 R_4 + I_6 R_6 = -E_3;$$

$$1\ 3\ 4\ 1\text{- kontur uchun } I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_6 R_6 = E_1 + E_2 - E_3.$$

Ikkita qonunga asosan 8 ta tenglama yozdik. Biroq nomaʼlum kattaliklar, yaʼni tarmoqlarning toklari 6 ta. Demak, bu elektr zanjirini hisoblash uchun 6 ta tenglama, kifoya.

Shunga asosan, tenglamalar sistemasidagi faqat 6 ta mustaqil tenglamadan foydalanamiz.

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan mustaqil tenglamalar soni tugunlar sonidan bitta kam ($n-1$ ta) boʻlsa, Kirxgofning

ikkinchi qonuniga ko‘ra mustaqil tenglamalar soni $m = (n-1)$ ta bo‘ladi.

Endi ketma-ket va parallel ulangan elektr zanjirining soddalashtirish ifodalarini Kirxgof qonunlari bo‘yicha chiqaramiz.

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = E \text{ yoki } IR_{ekv} = E.$$

Bu erda $R_{ekv} = R_1 + R_2 + R_3$ -zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi.

Sxemaning 1-tuguni uchun Kirxgofning birinchi qonuniga asosan:

$$I_0 = I_1 + I_2.$$

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}.$$

Asosiy tenglama toklarining qiymatini hisobga olganda:

$$I_0 = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = UR_{ekv}$$

Bu ifodada $\frac{1}{R_{ekv}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ oddiy arifmetik amallardan keyin:

$$R_{ekv} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Faraz qilaylik, umumiy tarmoqdagi tok I_0 berilgan, toklar I_1 va I_2 ni topish kerak.

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{I_0}{R_{ekv} \cdot R_1} = I_0 \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2) \cdot R_1} = I_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Shunga o‘xshash:

$$I_2 = I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

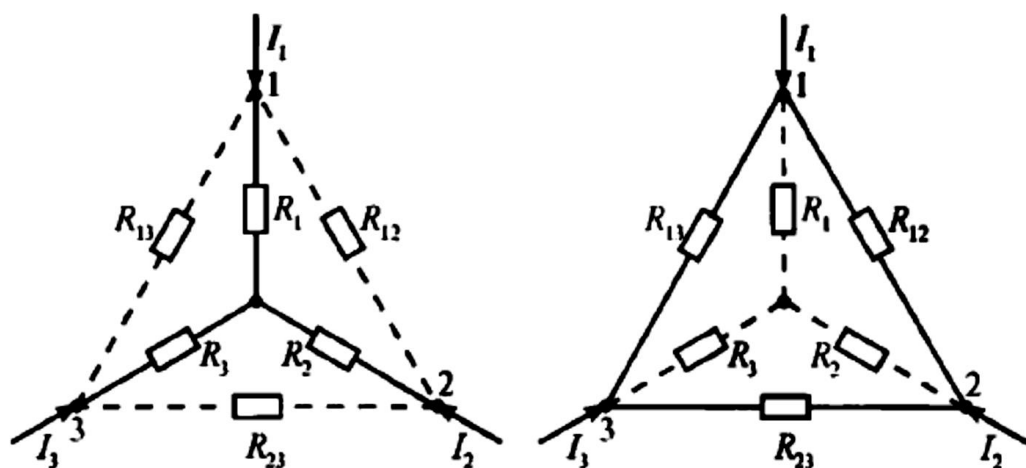
Demak, tarmoqlangan zanjirdagi tok umumiy tarmoqdagi tokka va qo‘shni tarmoq qarshiligiga to‘g‘ri proporsional bo‘lib,

parallel ulangan tarmoqlar qarshiliklarining yig'indisiga teskari proporsional ekan.

Ko'pincha uch tarmoqli "yulduzcha" usulidan "uchburchak" usulida ulashga o'tkazish kerak bo'ladi.

Zanjirning sxemasi quyidagi formula asosida o'zgartiriladi (2.7-rasm):

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad R_{13} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}.$$



2.7-rasm. Uch tarmoqli "yulduzcha" usulidan "uchburchak" usulida ulangan zanjir sxemasi.

"Uchburchak" usulida ulangan zanjirni "yulduzcha" usulida ulash uchun quyidagi ifodalardan foydalaniladi:

$$R_1 = R_{12} + R_{13} + \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{23}};$$

$$R_2 = R_{12} + R_{23} + \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{13}}; \quad R_{13} = R_{13} + R_{23} + \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12}}.$$

2.4. Murakkab elektr zanjirlarni xisoblash usullari.

Murakkab elektr zanjirlarini hisoblashning bir nechta usullari bor. Bu usullar Kirxgof qonunlariga asoslangan.

Misol tariqasida Kontur toklar usulini ko‘rib chiqamiz. Bu usulga binoan barcha mustaqil kontur orqali alohida kontur toki deb ataluvchi tok o‘tadi, deb faraz qilamiz. Shu kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz. Tenglama tuzish uchun quyidagilarga amal qilish lozim:

- a) mustaqil konturlarda toklarning yo‘nalishini ixtiyoriy tanlaymiz;
- b) tanlangan konturlar uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz;
- d) kontur toklari orqali tarmoqlardan o‘tadigan haqiqiy toklarni ifodalaymiz.

Kontur toklar usuli asosida elektr zanjirini hisoblashni 2.6-rasmda ko‘rsatilgan murakkab elektr zanjir misolida ko‘rib chiqamiz.

Kontur toklarni rim raqamlari bilan belgilaymiz:

$$\begin{aligned} I_I(R_1+R_2+R_3)-I_{II}\cdot R_2 - I_{III}\cdot R_2 &= E_{II}, \\ -I_I\cdot R_2+I_{II}\cdot(R_1+R_2+R_3)-I_{III}\cdot R_5 &= 0 \\ -I_I\cdot R_4-I_{II}\cdot R_5+I_{III}\cdot(R_1+R_2+R_3) &= -E_{33}. \end{aligned}$$

Quyidagi belgilarni kiritamiz:

$R_{11} = R_1 + R_2 + R_3$ — birinchi konturning xususiy qarshiligi;
 $R_{22} = R_2 + R_3 + R_5$ — ikkinchi konturning xususiy qarshiligi;
 $R_{33} = R_4 + R_5 + R_6$ — uchinchi konturning xususiy qarshiligi;
 $R_{12} = R_{21} = R_2$ — birinchi va ikkinchi konturlarning qarshiliklari;

$R_{31} = R_{13} = R_4$ — uchinchi va birinchi konturlarning qarshiliklari;

$E_{11} = E_1$ — birinchi konturning EYK;

$E_{22} = 0$ — ikkinchi konturning EYK;

$E_{33} = E_3$ — uchinchi konturning EYK.

Endi yuqoridagi tenglamalarga belgilashlarni kiritib yozamiz:

$$I_I \cdot R_{11} - I_{II} \cdot R_{12} + I_{III} \cdot R_{31} = E_{11}$$

$$-I_I \cdot R_{21} - I_{II} \cdot R_{22} - I_{III} \cdot R_{23} = 0$$

$$-I_I \cdot R_{31} - I_{II} \cdot R_{32} + I_{III} \cdot R_{33} = E_{33}$$

Bu tenglamalar tizimidan kontur toklar I_I , I_{II} , I_{III} , ni topamiz.
2.6-rasmda tasvirlanganga ko‘ra:

$$I_I = I_b; \quad I_2 = I_I - I_{Ib}; \quad I_3 = I_{II};$$

$$I_4 = I_{III} - I_b; \quad I_5 = I_{III} - I_{Ib}; \quad I_6 = I_{III}.$$

Murakkab zanjirlarni hisoblashning yana bir nechta: tugun potentsiallar, ustma-ustlash va boshqa usullari mavjud. Bu usullarning barchasi Kirxgof qonunlariga asoslangan.

III BOB. O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARI

3.1. O'zgaruvchan tok elektr zanjirlari.

Sanoatda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi. O'zgaruvchan tok o'zgarmas tokka nisbatan bir qancha afzalliklarga ega. Birinchidan, o'zgaruvchan tokni ishlab chiqaradigan generatorlarning FIK ancha yuqori. Ikkinchidan, o'zgaruvchan tok kuchlanishini transformatorlar orqali o'zgartirilganda tok kam isrof bo'ladi, bundan tashqari, o'zgaruvchan tok dvigatellari sodda tuzilgan.

Yo'nalishi va kattaligi ma'lum vaqt ichida o'zgarib turadigan tokka o'zgaruvchan tok deyiladi. Agarda uning oniy qiymati va yo'nalishi teng vaqt oralig'ida (davriy) takrorlansa (o'zgarsa), unda davriy o'zgaruvchan tok deyiladi.

Barcha ishlab chiqariladigan mahsulotlar kabi elektr energiyasining ham sifat ko'rsatkichlari mavjud. O'zgaruvchan tokning sinusoidalligi mana shu sifatni aniqlovchi ko'rsatkichlardan biridir.

Umuman olganda, faqat sinusoidal shaklda o'zgaradigan tokgina emas, balki boshqa shaklda, masalan, uchburchak shaklida o'zgaradigan tok ham o'zgaruvchan tok deyiladi. Bunda tok kattaligi faqat davriy ravishda o'zgarishi lozim. Hisoblash texnikasida, radio-teleappaturalarda arrasimon, to'rtburchak shaklidagi o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi.

O'zgaruvchan tokning oniy qiymati i harfi bilan belgilanadi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

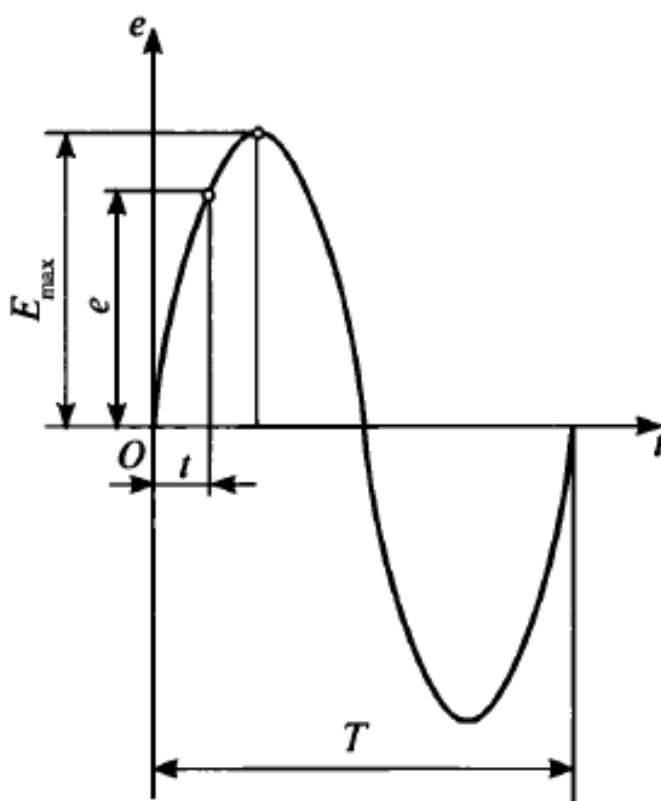
$$i = I_{max} \sin(\omega t + \varphi),$$

bu yerda: I_{max} — o'zgaruvchan tokning eng katta (amplituda) qiymati; φ — o'zgaruvchan tokning boshlang'ich fazasi; ω — aylanma chastota; t — vaqt.

Sinusoidal tokning to‘la takrorlanish vaqti davr deyiladi va T harfi bilan belgilanadi (3.1-rasm). Davr graduslarda yoki sekundlarda o‘lchanadi.

Davrga teskari kattalik o‘zgaruvchan sinusoidal tokning chastotasidir:

$$f \approx \frac{1}{T}$$



3.1-rasm. Sinusoidal tokning to‘la takrorlanish vaqti davr grafigi.

$$[f] = \frac{1}{s} = Gers \text{ yoki } \frac{1}{s} = Hz.$$

Chastota o‘zgaruvchan tokning o‘zgarish tezligini ifodalovchi kattalik bo‘lib, 1 sekunddagi tebranishlar soniga teng. Sinusoidal tokning oniy qiymati ifodasiga burchak chastota kiritilgan. Bu kattalik chiziqli chastota orqali quyidagicha ifodalanadi:

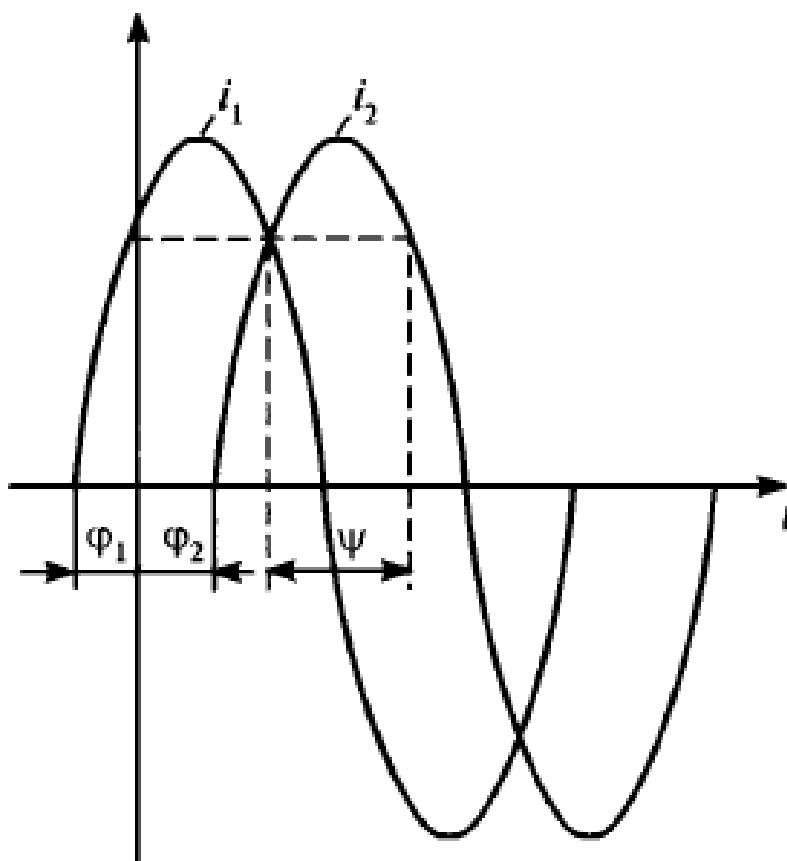
$$\omega = 2\pi x \left[\frac{rad}{s} \right].$$

Davriy chastota amalda burchak chastota deb ataladi bu o'zgaruvchan funksiyalar vektorlarining burchak tezligini anglatadi. Ma'lumki, burchak tezlik vaqt ichida vektor burilish burchagi va shu vaqtning nisbati bilan aniqlanadi:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Ya'ni t vaqt ichida vektor φ burchakka buriladi.

Sanoatda tok chastotasi 50 Hz ga teng bo'lgan tokdan foydalaniladi. Xalq xo'jaligining ba'zi tarmoqlarida boshqa chastotali toklardan ham foydalaniladi. Tok chastotasi bir chastotadan boshqasiga o'zgartirgichlar yordamida o'zgartiriladi.



3.2-rasm. Sinusoidal funksiyalarning faza siljishi.

Yuqorida aytib o'tganimizdek, $(\omega \cdot t + \varphi)$ sinusoidal kattalik joriy vaqt onida (paytida) sinusoidal funksiyaning qiymatini aniqlaydi. Ifodadagi $t=0$ bo'lganda sinusoidal funksiya kattaligini boshlang'ich faza (holat) φ aniqlaydi. Boshlang'ich faza yoki boshlang'ich burchak φ deb ataluvchi bu kattalik sinusoidal funksiylar ustida algebraik hisoblashlar olib borganda muhim ahamiyatga ega. Sinusoidal funksiylar ustida qo'shish, ayirish, ko'paytirish va bo'lish amallari bajarilganda boshlang'ich burchakni albatta nazarga olmoq kerak.

Sinusoidal funksiylarning faza siljishi. Ikki totali sinusoidal funksiylarning boshlang'ich burchagi har xil bo'lsa, bu funksiylarning boshlang'ich fazalari bir-biriga nisbatan siljigan bo'ladi, ularning ayirmasi fazalar siljishi deyiladi (3.2-rasm). Fazalar siljishi miqdor jihatdan funksiylar boshlang'ich fazalarining ayirmasi bilan aniqlanadi.

Masalan, agar

$$i_1 = I_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_1), \quad i_2 = I_{max2} \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi_2)$$

bo'lsa, fazalar siljishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\psi = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Fazalar siljishi ikki yoki undan ko'p sinusoidal funksiylar fazalarining o'zaro siljishini xarakterlaydi.

O'zgaruvchan tokning oniy qiymatini (kuchlanish, EYK va hokazolarni) odatdagi elektr o'lchash asboblari (ampermetr, voltmetr) yordamida o'lchab bo'lmaydi, chunki o'zgaruvchan tokning qiymati sekundiga 100 marotaba, ya'ni 50 Hz chastota bilan o'zgarib (tebranib) turadi. Shuning uchun hisoblashlarda o'zgaruvchan toklar nazariyasida uning haqiqiy yoki ta'sir etuvchi qiymati kiritilgan. O'zgaruvchan tokning haqiqiy qiymati o'zgarmas va o'zgaruvchan toklar qarshiliklari bir xil bolganda ma'lum bir vaqtda ajralib chiqadigan issiqlik miqdorini

tenglashtirish orqali aniqlanadi. I o'zgarmas tok o'tganda, R qarshilikda t vaqt davomida ajralib chiqqan issiqlik miqdori:

$$Q = I^2 R t.$$

Agar o'zgaruvchan tok $i = I_{\max} \sin \omega t$, R qarshilikdan t vaqt ichida o'tsa, ajralib chiqqan issiqlik miqdori quyidagicha ifodalanadi:

$$dQ = i^2 R dt.$$

Agar bu ikki ifodani $t = T$ sharti bilan tenglashtirib olsak, o'zgaruvchan tokning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$I^2 = \frac{I_{\max}^2}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{I_{\max}^2}{2}$$

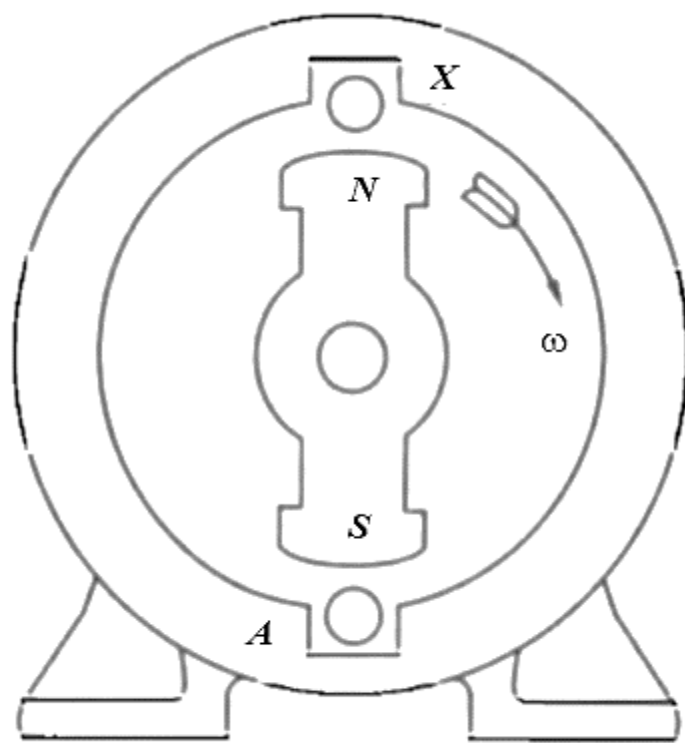
$$\text{Bundan: } I = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}.$$

Boshqa sinusoidal funksiyalar uchun:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}; E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}; \Phi = \frac{\Phi_{\max}}{\sqrt{2}}$$

3.2. Bir fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari.

O'zgaruvchan tokning eng ko'p tarqalgan manbalaridan biri mexanikaviy energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi sinxron generatoridir. Generatorning qo'zg'almas qismi stator deyiladi. Harakatlanuvchi o'zgarmas magnitli qismini rotor deb ataladi. Statorda chuqur ariqchalarga o'rnatilgan o'ramlar bo'lib, ularning uchlaridan o'tkazgichlar (simlar orqali) elektr toki iste'molchilarga uzatiladi. Generatorning magnitli rotori mexanikaviy kuch bilan aylantirilganda, generatorning o'ramlarida elektr hosil bo'ladi. Eng sodda bir fazali o'zgaruvchan elektr toki generatori 3.3-rasmda ko'rsatilgan.



$$2p=2; n=3000 \text{ ail/min}$$

3.3-rasm. Ikki qutbli generator.

$$f = \frac{P \cdot n}{60} \text{Gs}$$

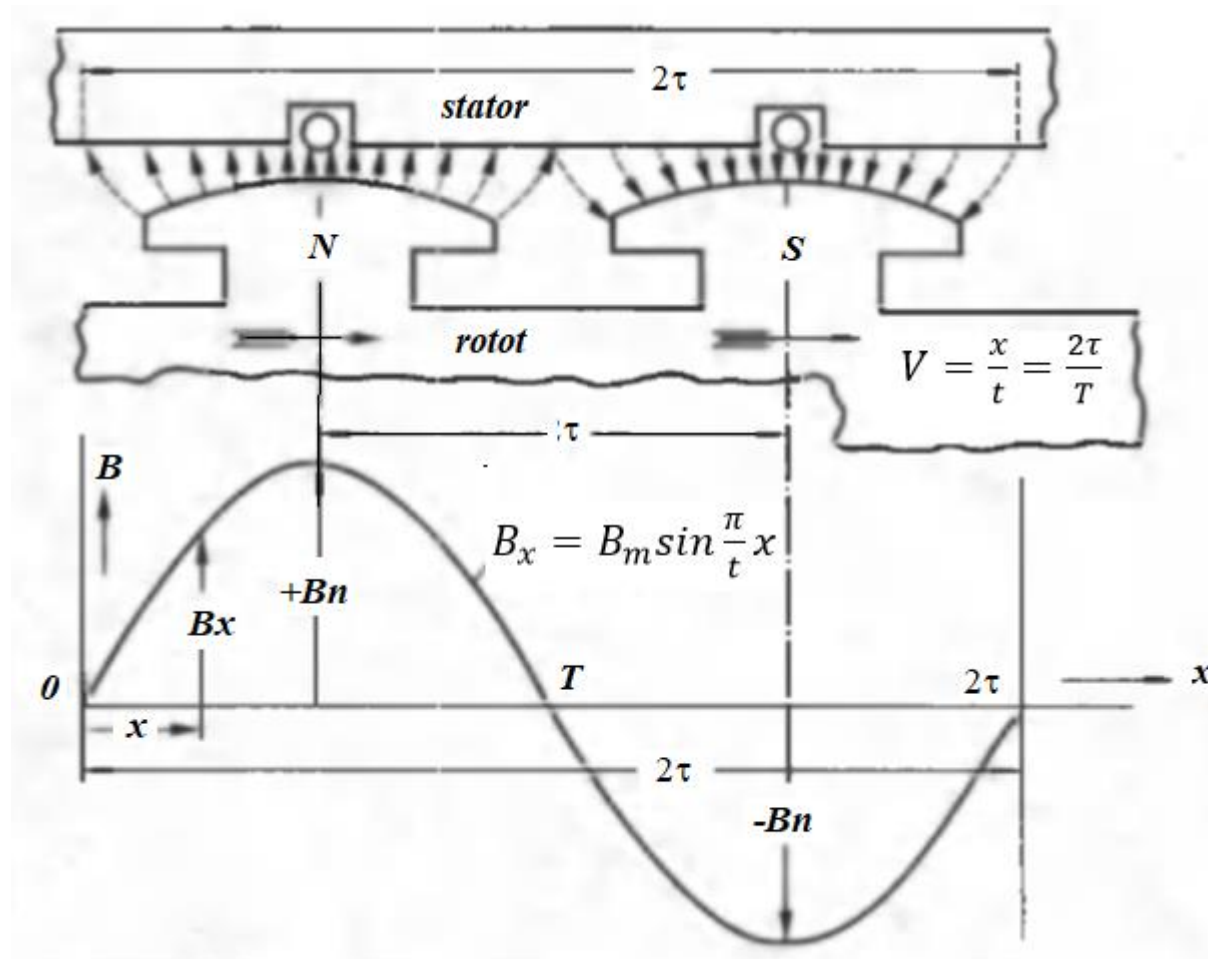
3.4-rasmda generatorning stator va rotorini yoyib ko'rsatilgan.

Magnitli rotor aylanganida qo'zg'almas statordagi izolyatsiyali o'tkazgichlarni (simlarni) magnit maydoni kesib o'tadi, mashinada o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi. Bunday elektr mashinani bir fazali o'zgaruvchan tok generatori deyiladi. O'zgaruvchan tok manbalari har xil bo'lishi mumkin.

O'zgaruvchan tok generatorining rotoriga o'tkazgich o'ramlari joylashtirilgan bo'lsa, u holda rotordagi o'ramlarga o'zgaruvchan elektr toki ulanib, unda elektr magnit hosil qilinadi. Bu o'ramlar o'zgaruvchan tok generatorining qo'zg'atuvchan cho'lg'amlari deb ataladi. Bunday generatorlarda miqdori va yo'nalishi o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatilganidek, o'zgaruvchan tokning burchak chastotasini quyidagicha yozish mumkin:

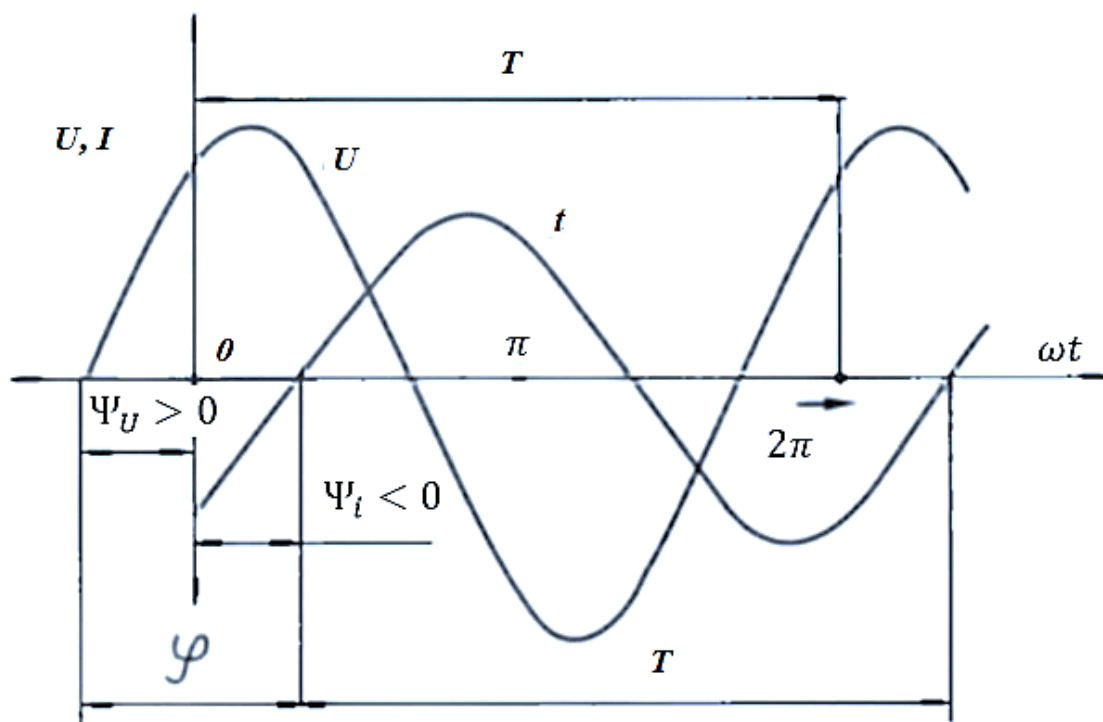
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f.$$



3.4-rasm. Stator bilan rotor oralig'ida magnit induksiya taqsimlanish egri chizig'i.

Bu ifoda o'zgaruvchan tok fazasining | sekundda radian o'zgarishini ko'rsatadi. Masalan, $f = 50$ Gs chastota uchun burchak chastota $\omega = 314$ rad/s.

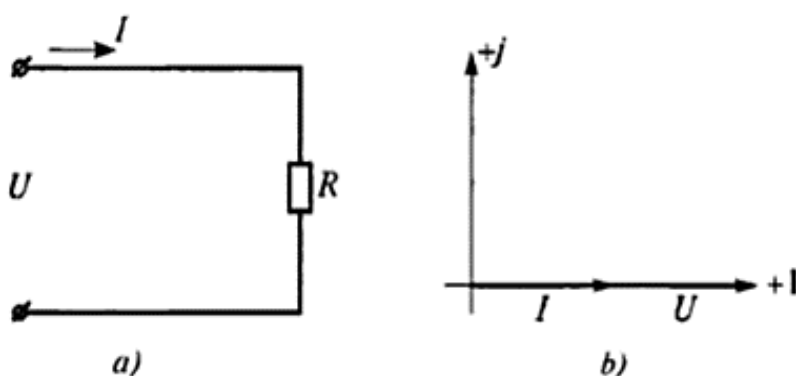
ω ga ko'ra elektr yurituvchi kuch, kuchlanish va toklar cho'qqi qiymatlarining vaqt t (3.5-rasm) bo'yicha emas, balki ωt (rad) burilish burchagi (fazasi) bo'yicha cho'qqi miqdoriga bog'liq ravishda grafigini (diagrammalarini) chizish mumkin.



3.5-rasm. Sinusoidal kuchlanish va tokning vaqt bo'yicha o'zgarish diagrammasi.

Elektr energiyasini boshqa tur energiyaga aylantirib beruvchi element **aktiv qarshilik deyiladi**. Om qonuniga asosan aktiv qarshilik quyidagicha ifodalanadi:

$$R = \frac{U}{I}.$$



3.6-rasm. Zanjirdagi tokning oqimi.

Aktiv qarshilik yuza effekti deb ataluvchi jarayon hisobiga o'zgarmas tok o'tayotgan zanjirdagi qarshilikdan katta bo'ladi.

$$R > R_0 = \rho \frac{l}{S}$$

O'zgaruvchan tokning chastotasi qancha katta bo'lsa, aktiv va o'zgarmas tok zanjiridagi qarshiliklarning farqi shuncha katta bo'ladi. Agar 3.6-rasm, a dagi zanjirdan sinusoidal tok $I = I_m \sin \omega t$ o'tsa, aktiv qarshilikdagi kuchlanish pasayishi Om qonuniga asosan:

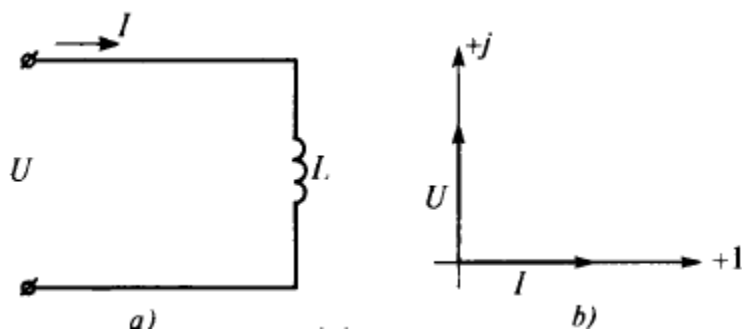
$$U = iR = I_{max} R \sin \omega t = U_{max} \sin \omega t; U = I_{max} \cdot R$$

bo'ladi. Ko'rib turibmizki, tok va kuchlanishning boshlang'ich fazalari bir xil. Demak, vektor diagrammada tok va kuchlanish ustma-ust tushadi yoki boshqacha qilib aytganda, tok va kuchlanish orasidagi faza siljish nolga teng. Tok va kuchlanish 3.6-rasm, b dagi vektor diagrammada ko'rsatilgan.

Induktiv qarshilikli zanjir. Induktivlik chiziqli elektr zanjirlarida o'zgarmas kattalik bo'lib, iste'molchining magnit maydonini hosil qilish xususiyatini va shu maydonda to'plangan energiya miqdorini $W_L = L \frac{t^2}{2}$ xarakterlaydi.

Faraz qilaylik, zanjirdan sinusoidal $I = I_{max} \sin \omega \cdot t$ tok o'tyapti (3.7-rasm, a). Elektromagnit induksiya qonuniga binoan induktivlikdagi kuchlanish pasayishi:

$$\begin{aligned} U_L &= -L \frac{di}{dt} = -L \frac{d(\sin \omega \cdot t)}{dt} = -L \omega \cdot I_{max} \cos \omega \cdot t \\ &= X_L I_{max} \sin(\omega \cdot t + 90^\circ). \end{aligned}$$



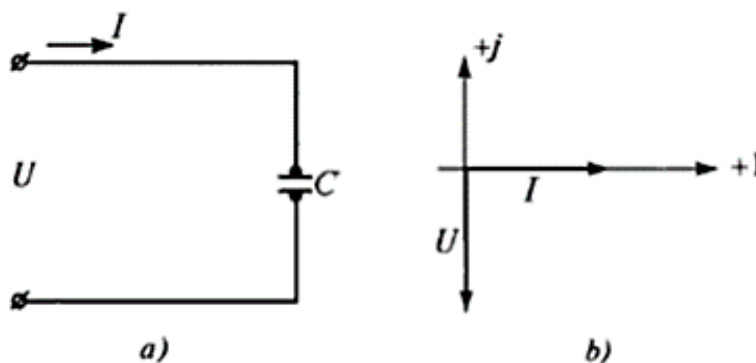
3.7-rasm. Zanjirdagi sinusoidal tokning oqimi.

Ko‘rib turibmizki, tokning boshlang‘ich fazasi nolga teng bo‘lganda, induktivlikdagi kuchlanishning boshlang‘ich fazasi 90° ga teng. Demak, induktivlikdagi tok va kuchlanish orasidagi fazalar siljishi 90° ga teng, ya‘ni tok o‘z kuchlanishidan 90° siljigan bo‘ladi. 3.7-rasm, b da induktivlikdagi I va U vektorlar diagrammasi ko‘rsatilgan.

Biz yuqoridagi induktivlikdagi kuchlanish uchun yozilgan ifodada yangi kattalik X_L kiritgandik, $X_L = \omega L$ — induktiv qarshilik deb ataladi.

Sig‘im qarshilikli zanjir. Sig‘im chiziqli elektr zanjirida o‘zgarmas kattalik bo‘lib, iste‘molchining elektr maydonida to‘planadigan energiya miqdorini xarakterlaydi: $W_c = C \frac{U^2}{2}$

Faraz qilaylik, 3.8-rasm, a dagi zanjirda U kuchlanishli sinusoidal tok $I = I_{\max} \sin \omega t$ ta‘sir qilyapti. Bunda zanjirdagi o‘zgaruvchan tok o‘tkazgich kesim yuzasidan o‘tadigan zaryad miqdorining ma‘lum vaqt davomida elementar o‘zgarishi bilan aniqlanadi:



3.8-rasm. Sinusoidal tok a), Vektor diagrammasi b)

$$I_c = \frac{dq}{dt}$$

Zaryadning vaqt davomida o‘zgarishi:

$$dq = cdU = cdU_c$$

Bu ifodani hisobga olib, sig'imdagi o'zgaruvchan tokni yozsak:

$$I_C = C \frac{dU_C}{dt}.$$

Bu ifodadan

$$U_C = \frac{1}{C} \int I_C dt$$

Tokning qiymatini hisobga olgan holda ifoda quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} U_C &= \frac{I_{max}}{C} \int_0^{\pi} \sin \cdot \omega t dt - \frac{I_{max}}{C\omega} \cos \omega t \\ &= X_C I_{max} \sin(\omega t - 90^\circ). \end{aligned}$$

Bundan

$$X_C \frac{1}{\omega C} - \text{sig'im qarshilik deyiladi.}$$

Keltirilgan ifodalardan ko'rinib turibdiki, kuchlanishning boshlang'ich fazasi 90° ga teng. Demak, sig'im qarshiligidagi tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi 90° ga teng bo'lib, tok kuchlanishdan 90° oldinda bo'ladi.

3.8-rasm, b da vektor diagramma ko'rsatilgan. Sig'imning qutblarida kuchlanish ko'paygan sari uning elektr maydonida to'planadigan energiya miqdori ortib boradi. Bu energiya hech qanday foydali ish bajarmaydi, u manba bilan almashinib turadigan energiyadir. Bu almashinib turadigan energiyaning o'zgarish tezligi manba chastotasiga nisbatan ikki marta ortiq bo'ladi.

3.3. Quvvat va quvvat koeffitsiyenti.

Generator nominal kuchlanish U_H , nominal tok I_H va quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi = 1$ bilan ishlagan vaqtida uning quvvati to'la foydalaniladi. Chunki shu holdagina generator o'zining to'la nominal quvvatiga teng bo'lgan eng katta aktiv quvvat beradi:

$$p = U_H \cdot I_H \cos\varphi = U_H \cdot I_H = S_H$$

Quvvat koeffitsiyenti elektr energiya iste'molchisiga bog'liq va u bilan birga o'zgaradi. Demak, generatorning aktiv quvvati ham o'zgaradi. Shunday qilib, sog'f ning kamayishi generatordan to'la foydalanmaslikka olib keladi. Ikkinchi tomondan doimiy aktiv quvvat bilan ishlayotgan energiya iste'molchisining toki kuchlanish o'zgarmaganda $\cos\varphi$ ga teskari proporsional ravishda o'zgaradi:

$$I = \frac{P}{U} \cdot \frac{1}{\cos\varphi} = \text{const} = \frac{1}{\cos\varphi}$$

Masalan, $\cos\varphi$ ning kamayishi tokning ortishiga, demak, simlarda va tok manbaida qizitish uchun isrof bo'ladigan quvvatning ham ortishiga sabab bo'ladi:

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

Generator quvvatidan to'la foylalanish uchun iste'molchilarning sarfini orttirish kerak (0,95—1,0). Buning uchun iste'molchilarning yuklanishini orttirish kerak. Masalan, o'zgaruvchan tok elektrodvigatellarning salt yurishida $\cos\varphi=(0,1—0,3)$ va to'la yuklanishda $\cos\varphi=(0,83—0,85)$.

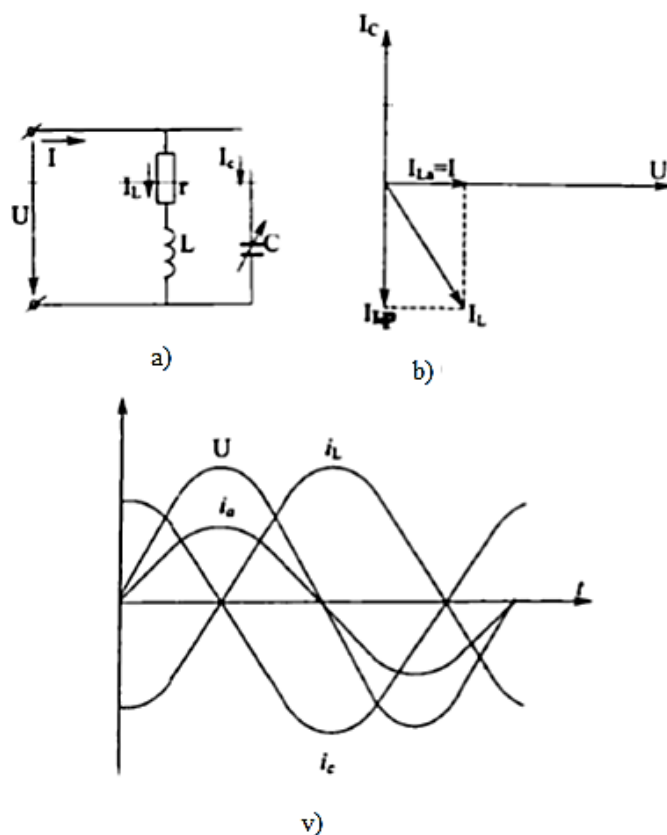
Bundan tashqari, $\cos\varphi$ ni orttirish uchun iste'molchilarga parallel qilib kondensatorlar ulanadi.

3.4. Rezonans hodisasi.

Har bir erkinlik darajasiga ega bo'lgan konservativ sistemalarda, ya'ni energiya to'planish imkoniyatiga ega bo'lgan sistemada tebranish yuzaga kelishi mumkin. Bu tebranish energiya almashish natijasida vujudga keladi. Tebranish chastotasi tizimning parametrlari bilan aniqlanadi. Erkin yoki xususiy tebranishlar farq qilinadi. Agar bu sistema mexanik sistema bo'lsa, tebranish kinetik va potensial energiyalar orasida,

energiya almashish natijasida sodir bo‘ladi. Agar bu sistema L induktivlik va C sig‘imga ega bo‘lgan elektr zanjir bo‘lsa, tebranishlar magnit va elektr maydonlar orasida energiya almashishi hisobiga yuzaga keladi. Har bir sistemada, isrof borligi tufayli, energiya almashish natijasida energiyaning bir qismi yo‘qoladi. Shu sababli tebranishlar so‘nuvchi bo‘ladi, ya’ni energiya almashish jarayonining har bir davrida tebranish amplitudasi kamayib boradi. Mexanik sistemada ishqalanish natijasida, elektr zanjirida qarshiliklarda issiqlik ajralib chiqishi natijasida energiya isrof bo‘ladi. Har bir sistemada tebranishlarga qarshilik ko‘rsatuvchi kuchlar mavjuddir.

3.9-rasmda tebranish konturi ko‘rsatilgan: L — g‘altakning induktivligi, R — o‘ramning aktiv qarshiligi, C — sig‘im. Sig‘imdagi aktiv qarshilik juda ham kichkina bo‘lgani uchun uni hisobga olmaymiz.



3.9-rasm. Toklar rezonansi: a) sxema, b) vektor diagrammasi, v) kuchlanish va toklar grafiklari.

Toklar rezonansining sharti — bunda tok va kuchlanish faza bo'yicha bir-biriga mos kelishi kerak. Demak, zanjirda reaktiv o'tkazuvchanlik $b = b_1 + b_2 = 0$ nolga teng bo'lish kerak.

Bunda, $b_1 = b_L = \frac{XL}{Z_L^2} = \frac{X_L}{R^2 + X_L^2}$ - birinchi tarmoqning reaktiv o'tkazuvchanligi.

$b_2 = -b_c = -\frac{1}{X_c}$ - ikkinchi tarmoqning reaktiv o'tkazuvchanligi.

Demak, toklar rezonansining shartini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$b_1 = -b_2 = b_c,$$

$$\frac{\omega L}{R_1^2 + (\omega L)^2} = \omega c.$$

G'altakbagi reaktiv tok I_{LP} va sig'imdagi tok I_C bir-biriga teng va qarama-qarshi yo'nalgan. Zanjirdagi umumiy tok g'altakdagi aktiv tokka teng bo'lar ekan (3.9-rasm).

$$I = U \sqrt{(g_1 + g_2)^2 + (b_1 + b_2)^2} = U \cdot g_1 = I_{1a}$$

Toklar rezonansi vaqtida g'altakning reaktiv toki L_{LP} va sig'imdagi tok I_C har bittasi alohida olinganda umumiy I tokdan ancha katta bo'ladi. Shuning uchun bu hodisa toklar rezonansi deyiladi.

Toklar rezonansida reaktiv quvvatlar $Q_1 = U^2 \cdot b_1$ va $Q_2 = U^2 \cdot b_2$ bir-biriga teng, ishoralari har xil bo'ladi. Shuning uchun zanjir faqat aktiv quvvatga ega bo'ladi.

3.5. Uch fazali elektr zanjirlari.

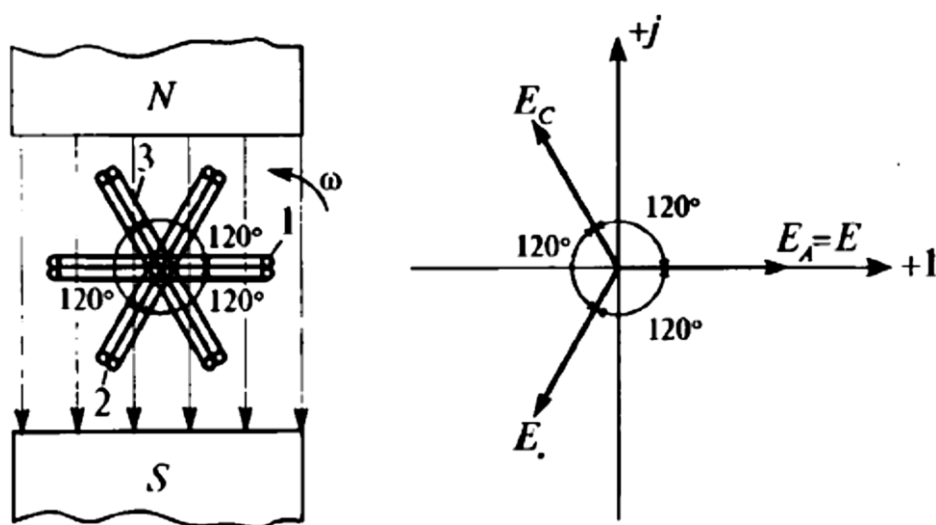
Zanjirga bir vaqtning o'zida ta'sir qiluvchi bir xil chastota va amplitudali uchta, bir-biriga nisbatan 120° siljigan EYKlar majmuasi uch fazali simmetrik sistema deyiladi. Uchta EYK bir manbada hosil qilinadi. Har bir EYK ta'sir etuvchi parallel

ulangan zanjir faza deyiladi. Fazalar mos ravishda A, B, C harflari bilan belgilanadi. EYKlarning oniy qiymatini yozamiz.

$$\begin{aligned}E_A &= E \cdot \sin \omega \cdot t, \\E_B &= E \sin(\omega \cdot t - 120^\circ), \\E_C &= E \sin(\omega \cdot t + 120^\circ).\end{aligned}$$

Uchta bir xil o‘ramli faza jihatdan bir-biriga nisbatan 120° siljigan chulg‘amlarni bir jinsli magnit maydonda ω tezlik bilan aylantirilsa, uch fazali simmetrik EYK hosil bo‘ldi.

Hozirgi vaqtda barcha elektr energiya uch xil elektr stansiyalar (IES, GES va AES) da ishlab chiqariladi. Bu elektr stansiyalarda elektr energiya uch fazali tok ko‘rinishida sinxron generatorlar yordamida ishlab chiqariladi. Sinxron generatorlar 3.10-rasmda tasvirlangan sistemaning teskari ko‘rinishidir, ya’ni sinxron generatorlarning statorida uchta chulg‘am joylashtirilgan, aylanadigan induktor qismida magnit maydon hosil qilinadi. Yakor aylanganda uning magnit maydoni statorning uchta chulg‘amida EYK **hosil qiladi**. Chulg‘amlarning o‘ramlari soni bir xil bo‘lgani va bu chulg‘amlar fazoda bir-biriga nisbatan 120° gradusga siljiganligi sababli, har bir chulg‘amda hosil qilingan EYK bir xil amplitudali bo‘ladi.



3.10-rasm. Sinxron generator va uning diagrammasi.

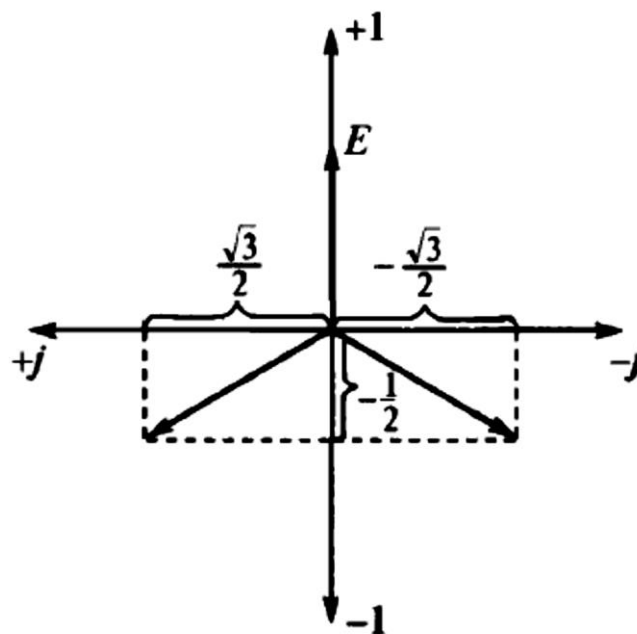
Bu EYKlarni kompleks shaklda yozamiz va vektor diagrammasini chizamiz:

$$E_A = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = E \angle 0^\circ = E \cos 0^\circ + jE \sin 0^\circ = E,$$

$$E_B = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle -120^\circ = E \cos 120^\circ - jE \sin 120^\circ = E \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right),$$

$$E_C = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \angle 120^\circ = E \cos 120^\circ + jE \sin 120^\circ = E \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

Uch fazali zanjirlarda vektor diagrammalar soat strelkasi harakatiga teskari yo‘nalishda, ya’ni 90° ga burilgan holda ko‘rsatiladi (3.11-rasm).



3.11-rasm.

Yulduz shaklida ulash. Iste'molchilar yulduz usulida ulanganda uch fazali tizim to'rt simli yoki uch simli (3.12 a-rasm) bo'lishi mumkin. Elektr lampalar va boshqa bir fazali iste'molchilar har bir liniya simi bilan neytral sim orasiga ulanadi.

Bu usulda ulanganda liniya simlaridagi toklar generatorning mos fazalaridagi toklarga teng bo'ladi, ya'ni:

$$I_{\Phi} = I_L$$

Iste'molchilarning alohida fazalaridagi toklar ma'lum formulalarga ko'ra hisoblanadi:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}, I_B = \frac{U_B}{Z_B}, I_C = \frac{U_C}{Z_C}.$$

Faza toklarining faza kuchlanishlariga nisbatan siljish burchaklari ularning kosinuslari orqali topiladi:

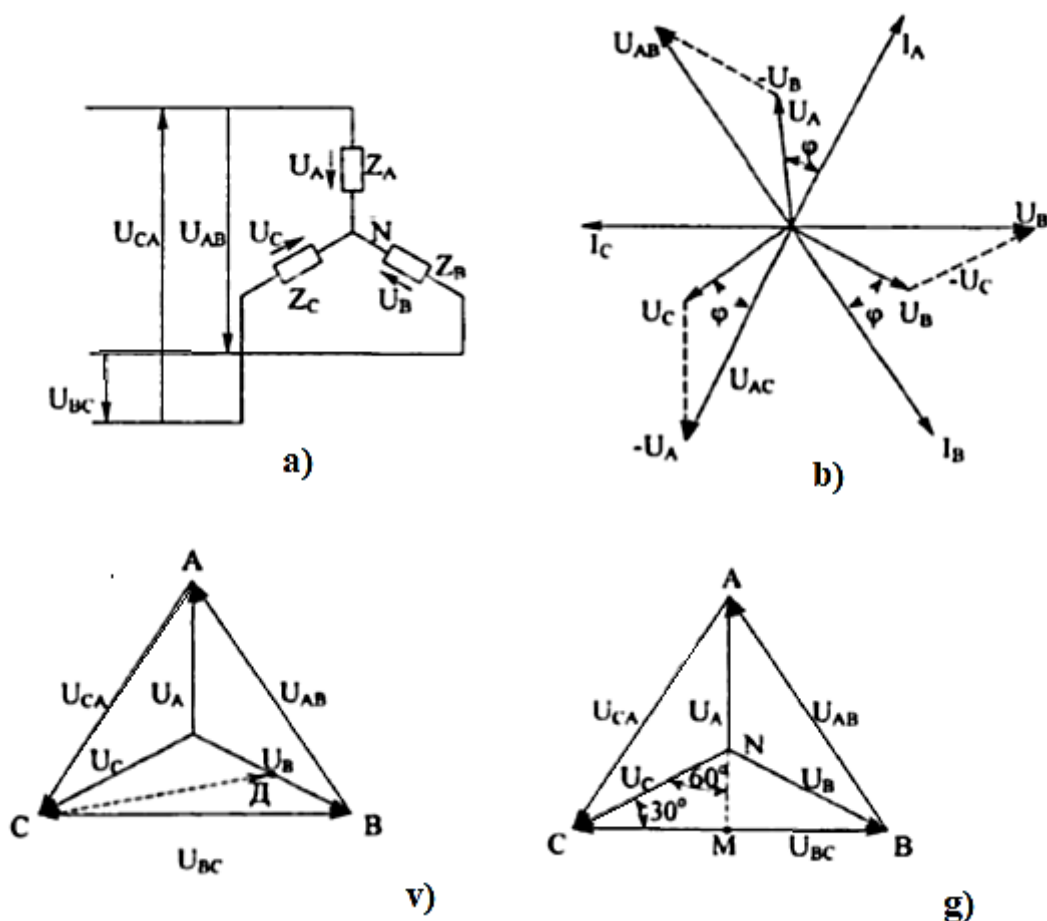
$$\cos\varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}, \cos\varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}, \cos\varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}.$$

Bu yerda: $R_A, R_B, R_C, Z_A, Z_B, Z_C$ lar iste'molchilarning aktiv va to'la qarshiliklari.

3.12, b-rasmda simmetrik tizimning vektor diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} — bu liniya kuchlanishlari U_A, U_B , va U_C — faza kuchlanishlari. Keltirilgan diagramma induktiv yuklanishga muvofiq keladi, chunki faza toklari I_A, I_B , va I_C , faza kuchlanishlardan φ burchakka kechikib o'zgaradi. 3.12, v-rasmda tizimning topografik diagrammasi ko'rsatilgan. Bu diagramma 3.12, a-rasmda keltirilgan sxemada ixtiyoriy ikkita nuqtalar orasidagi kuchlanishni topishga imkon beradi. Masalan, vektor CD - bu C nuqta va faza Bga ulangan qarshilikning o'rtacha D nuqta orasidagi kuchlanishning vektori.

3.12 g-rasmda simmetrik tizimning topografik diagrammasi ko'rsatilgan. COM to'g'ri burchakli uchburchakdan $U_{BC} = \sqrt{3} U_C$, ya'ni $U_D = \sqrt{3} U_f$ aniqlash ham mumkin. Kirxgofning birinchi qonuniga binoan neytral simdagi tokning oniy qiymati faza toklari oniy qiymatlarining yig'indisiga teng:

$$i_N = i_A + i_b + i_c$$



3.12-rasm. Iste'molchilarni yulduz shaklida ulash: a) sxema, b) vektor diagramma, v) topografik diagramma, g) simmetrik sistemaning topografik diagrammasi.

Vektor ko'rinishida:

$$\bar{I}_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C$$

Ko'pincha, neytral simdagi tok liniya simlaridagi toklarga qaraganda kichikroq bo'ladi. Shuning uchun neytral simning ko'ndalang kesimi liniya simlarining ko'ndalang kesimiga teng yoki bir oz kichikroq qilib olinadi.

Uch simli zanjirga ko'pincha simmetrik uch fazali iste'molchilar ulanadi: elektr dvigatellar, elektr qizitgichlar va hokazo.

Neytral simning vazifasi:

1. Neytral sim faza kuchlanishlarni tenglashtiradi. Neytral sim yo'qligida kichikroq qarshilikli fazada kuchlanish kichikroq

bo‘ladi. Uchta fazadagi yuklanish bir xil bo‘lsa, neytral simdagi tok nolga teng bo‘ladi. Bu holda neytral sim ulanmasa ham bo‘ladi. 2. Agar neytral sim yo‘qligida bitta fazada qisqa tutashuv bo‘lsa, qolgan ikkita fazada kuchlanish $\sqrt{3}$ marta ko‘payadi, chunki qisqa tutashgan faza bilan ulangan liniya simi neytral tugunga ulanib qoladi. Natijada qolgan ikkita faza liniya kuchlanishi ostida bo‘lib qolar ekan. Ma’lumki, liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan $\sqrt{3}$ marta katta. Shu sabablarga ko‘ra, neytral simning uzilib qolishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun uning zanjiriga saqlagichlar va ajratgichlar qo‘yilmaydi.

Uch fazali tizimda yuklanish bir tekis bo‘lganida uni bir fazani hisoblagandek hisob qilinadi. Faza kuchlanishi:

$$U_{\Phi} = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Faza va liniya toklari:

$$I_{\Phi} = I_L = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\Phi}}$$

Bunda: Z_f – bir fazaning to‘la qarshiligi.

Quvvat koefitsiyenti:

$$\cos\varphi = \frac{R_{\Phi}}{Z_{\Phi}}$$

Bunda: R_f – bir fazaning aktiv qarshiligi.

Bir fazaning aktiv quvvati:

$$P_F = U_F \cdot I_F \cdot \cos\varphi$$

Uch fazali tizimning aktiv quvvati:

$$P = 3P_F = 3U_F \cdot I_F \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_F \cdot \cos\varphi$$

Bir fazaning reaktiv quvvati:

$$Q_F = U_F \cdot I_F \cdot \sin\varphi$$

Uch fazali tizimning reaktiv quvvati:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_F \cdot \sin\varphi$$

Uch fazali tizimning to'la quvvati:

$$S=3U_F \cdot I_F = \sqrt{3}U_L \cdot I_F$$

Fazalardagi yuklamalar bir tekis bo'lmaganda, uch fazali tizimning quvvati hamma faza quvvatlarining yig'indisini aniqlash yo'li bilan topiladi.

Uchburchak usulda ulash. Iste'molchilarni uchburchak usulida ulash uchun har bir faza iste'molchini generatoridan kelayotgan liniya simlariga ulanadi. Shuning uchun iste'molchilarning faza va liniya kuchlanishlari bir xil bo'ladi (3.13, a-rasm):

$$U_{AB} = U_A, U_{BC} = U_B, U_{CA} = U_C$$

3.13, a-rasmda strelkalarning yo'nalishlari liniya va fazalar toklarining musbat yo'nalishlarini ko'rsatadi deb qabul qilamiz.

Kirxg'ofning birinchi qonuni bo'yicha A tugunda toklarning oniy qiymatlari uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$i_A + i_{CA} = i_{AB} \text{ yoki } i_A = i_{AB} - i_{CA}$$

Xuddi shunga o'xshash B va C tugunlar uchun:

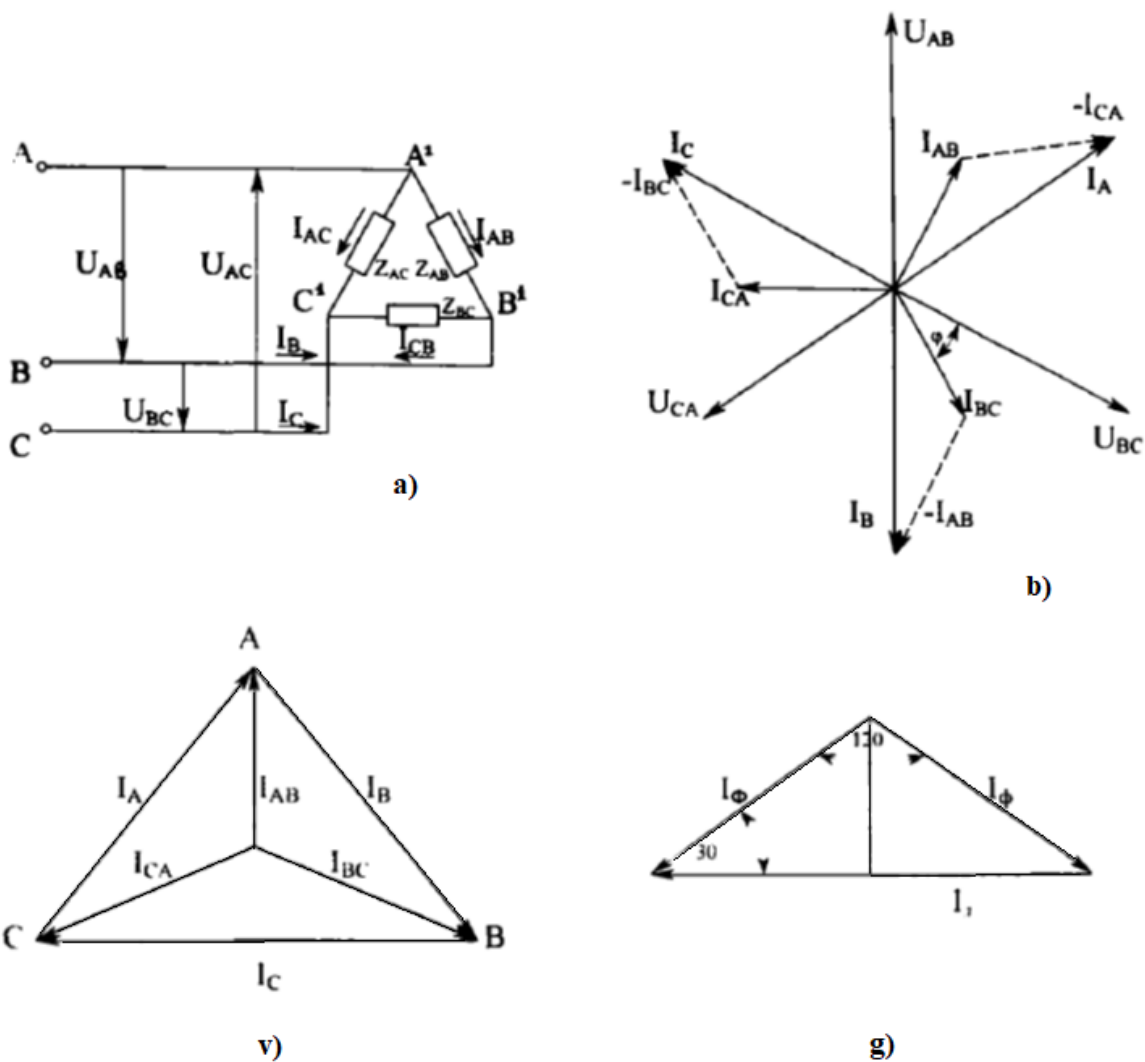
$$i_B = i_{BC} - i_{AB},$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}$$

Shunday qilib, liniya tokning oniy qiymati o'sha liniya simiga ulangan fazalarning faza toklari oniy qiymatlarining algebraik ayirmasiga teng ekan.

Demak, liniya tokining vektori unga muvofiq faza toklari vektorlarining ayirmasiga teng (3.13, b va 3.13, v-rasmlar):

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA}, \bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB}, \bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}$$



3.13-rasm. Iste'molchilarni uchburchak usulida ulash: a) sxema, b, v) tok va kuchlanish vektor diagrammasi, g) liniya va fazaning tokli munosabatini aniqlash diagrammasi.

Faza yuklanishlari bir tekis bo'lsa, faza va liniya toklari simmetrik tizimni hosil qiladi. 3.13, g-rasmda ko'rsatilgan vektor diagrammadan liniya va faza toklar o'zaro munosabatini topish mumkin:

$$\frac{1}{2} I_L = I_F \cdot \cos 30^\circ = I_F \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}; I_L = I_F \cdot \sqrt{3}$$

Uch fazali tizimda yuklanish bir tekis bo'lganda ($Z_A = Z_B = Z_C$) uni bir faza uchun hisoblagandek hisob qilinadi.

Faza kuchlanishi:

$$U_F = U_L.$$

Faza toki:

$$I_F = \frac{U_F}{Z_F}.$$

Bunda, Z_F – bitta fazaning to‘la qarshiligi.

Liniya toki:

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_F.$$

Quvvat koefisiyenti:

$$\cos\varphi = \frac{R_F}{Z_F}$$

Bunda, R_F -bitta fazaning aktiv qarshiligi.

Bitta fazaning aktiv quvvati:

$$P_F = U_F \cdot I_F \cdot \cos\varphi$$

Ucha fazaning quvvati:

$$P = 3P_F = 3U_F \cdot I_F \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_F \cdot \cos\varphi$$

Ucha fazaning reaktiv quvvati:

$$Q = 3U_F \cdot I_F \cdot \sin\varphi = \sqrt{3}U_L \cdot I_F \cdot \sin\varphi$$

Chunki

$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Tizimning to‘la quvvati:

$$S = 3U_F \cdot I_F = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_F$$

IV. ELEKTR O'LGHASHLAR

4.1. Elektr o'lgashlar va o'lchov asboblari to'g'risida tushunchalar.

Elektr qurilmalar me'yorda ishlashi uchun elektr energiyasini tavsiflovchi kattaliklar (tok, kuchlanish, quvvat, energiya sarfi va boshqa kattaliklar) doimo nazorat qilib turilishi lozim. Bu maqsadda sanoat korxonalari o'lgash asboblari bilan jihozlanadi. O'lgash asboblari va avtomatik qurilmalarga xizmat ko'rsatish uchun korxonalarda alohida maxsus bo'lim tashkil etiladi.

O'lgash natijasida olingan ma'lumotlar haqiqiysiga taqqoslanadi. Har bir o'lgashda qandaydir xatolikka yo'l qo'yiladi. Bu xatolik o'lgash asbobining aniqlik sinfi bilan baholanadi.

Fizik kattaliklarni o'lgash uchun quyidagilarni bilish shart:

1. O'lchov birligi. Har bir fizik kattalikning o'lchov birligi bor. Masalan, tok kuchi — amper; kuchlanish — volt; og'irlik (massa) — kilogramm; elektr quvvati — Vatt; elektr energiyasi — Vatt : soat bilan o'lchanadi va hokazo.
2. O'lchov asbobi — o'lgash jarayonini amalga oshiruvchi texnik vosita (ampermetr, voltmeter, vattmetr, hisoblagich).
3. O'lchov o'zgartirgichlari. O'lchov asboblarining o'lgash imkoniyatlarini kengaytiruvchi texnik vosita. Bu turkumga noelektrik kattaliklarni elektrik kattalikka mutanosib tarzda o'zgartiruvchi datchiklar kiradi. Masalan, taxometr — aylanish tezligini kuchlanish yoki tokka mutanosib tarzda o'zgartirib beruvchi texnik vosita.

O'lgash vositalarining ikki turi mavjud:

1. Ishchi o'lgash vositalari — bevosita texnik kattaliklarni o'lgash uchun foydalaniladi.

2. Namunaviy (andozali) ishchi o'lchash vositalari — o'lchash vositalarini tekshirish va nazorat qilish uchun foydalaniladi.

O'lchashdagi xatolik. O'lchash asbobi ko'rsatgan kattalik va shu kattalik haqiqiy qiymatining ayirmasi absolut xatolik deyiladi: $\Delta A = A_{kk} - A_h$; A_{kk} — asbob ko'rsatgan kattalik, A_h — haqiqiy qiymat.

Mutlaq xatolikning shu kattalik haqiqiy qiymatiga nisbati, foiz hisobida, nisbiy xatolik deyiladi va δ bilan ifodalanadi.

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_h} = \frac{A_{kk}}{A_h} \cdot 100$$

Ko'pincha o'lchash asboblarning xatoligi keltirilgan xatolik bilan aniqlanadi.

Absolut xatolikning shu o'lchash asbobining mo'tadil kattaligiga, foiz hisobidagi nisbatiga absolut xatolik deb aytiladi. O'lchash asbobining mo'tadil kattaligi, shu asbobning maksimal, ya'ni eng katta qiymatidir.

$$\gamma_h = \frac{\Delta A}{A_{nom}}$$

A_{nom} — o'lchash asbobining mo'tadil qiymati. Davlat standartiga ko'ra har bir o'lchash asbobi o'lchash paytida yo'l qo'yiladigan keltirilgan xatolik bo'yicha aniqlik sinflariga bo'linadi. Har bir o'lchash asbobining haqiqiy xatoligi aniqlik sinfidan aniqlanadi:

$$\gamma_h = \gamma = \frac{A_{nom}}{A_{kk}}$$

bu formulada γ — keltirilgan xatolik, asbobning aniqlik sinfi. Masalan, eng katta o'lchanadigan tok 20A bo'lsin, ampermetr bilan 13A tok o'lchanib, aniqlik sinfi 1,5 bo'lsa, haqiqiy xatolik,

$$\gamma_h = 1,5 \frac{20}{13} = 2\% \text{ bo'ladi.}$$

O'lchov vositalarining shartli belgilari. Elektr o'lchash asboblari ma'lum belgilariga asosan bir necha xilga bo'linadi (4.1 va 4.2- jadvallar).

Ish prinsipi bo'yicha asboblari quyidagi tizimlarga ajratiladi: magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, Ferrodinamik, induksion, elektrostatik, elektron.

O'lchash kattaliklari quyidagi asboblari vositasida aniqlanadi: voltmetr va ampermetrlar (tok kuchini, kuchlanishni o'lchash uchun), vattmetrlar (quvvatni o'lchash uchun), o'lchagichlar (elektr energiyani o'lchash uchun), ommetrlar va megoommetrlar (qarshilikni o'lchash uchun), chastotametrlar va fazometrlar (faza siljishini o'lchash uchun).

Tok turlarini o'lchash bo'yicha asboblari o'zgaras tok, o'zgaruvchan tok va aralash tok asboblari bo'linadi.

O'rnatish usuli bo'yicha hamma asboblari tik, gorizontali yoki nishab ostida bo'lishi mumkin.

Asosiy keltirilgan xatolik bo'yicha hamma elektr o'lchash asboblari sakkizta aniq sinfga bo'lingan: 0,05, 0,1, 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 va 4,0.

4.1-jadval

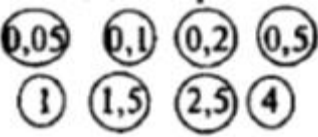
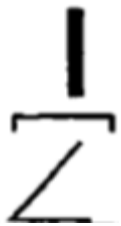
Elektr o'lchov asboblari va ularning shartli belgilari.

O'lchanayotgan kattalikning turi	Asboblarning nomi	Shartli belgilari
Tok	Milliampermetr, ampermetr, kiloampermetr	  
Kuchlanish	Millivoltmetr, voltmetr, kilovoltmetr	  
Elektrenergiya	Vattmetr, kilovattmetr	 

Elektrquvvati	Aktiv va reaktiv energiya hisoblagichi	 
Fazalar siljishi	Fazometr	
Chastota	Chastotomer	
Elektr qarshilik	Ommetr, megometr	 

4.2-jadval

Elektr o'lchov asboblari tizimi va ularning shkalasidagi shartli belgilar.

Tizim belgisi	Tizim	Asboblarning shkalasidagi belgi	Izohlar
	Magnitoelektrik	Aniqlik sinflarining belgilari 	Asosiy keltirilgan xatoliklar, % 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4
	Magnitoelektrik lagometr		
	To'g'irlagichli		
	Termoelektrik	Tokning turini ko'rsatuvchi belgilar 	O'zgarmas tok O'zgaruvchan tok Uch fazali tok
	Elektromagnit		
	Elektrodinamik	Asboblarning qanday o'rnatish zarurligini ko'rsatuvchi belgilar 	Shkalaning vertikal holati Shkalaning gorizontal olati Shkalaning qiya holati
	Elektrodinamik lagometr		

	Ferrodinamik	Asbobning izolyatsiyasining mustahkamligini ko'rsatuvchi belgilar	O'lchash zanjiri asbob g'ilofidan izolyatsiyalangan va 2 kv kuchlanish ostida tekshirilgan
	Ferrodinamik lagometr		
	Induksion	Qisqichlarning belgilari	Generator qisqich G'ilof bilan ulangan qisqich Yerga ulash uchun qisqich
	Elektrostatik		
	Vibratsion		Elektromagnit tizimdagi aniqlik sinfi 1,5 o'zgaruvchan tokka mo'ljallangan shkalasi gorizontalg nisbatan 60° burchak ostida o'rnatilgan asbob

4.2. Elektr o'lchash asboblari turlari va o'lchash usullari.

Magnitoelektrik o'lchov tizimlari. Asbobning tuzilishi 4.1-rasmda ko'rsatilgan. Doimiy magnit qutblar va silindrlilik o'zak havo tirqishiga to'g'ri burchakli harakatchan g'altak (ramka) o'rnatilgan. Magnit maydonning kuch chiziqlari g'altakning har qanday holatida uning o'tkazgichlariga tik yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun Amper qonuni bo'yicha g'altakning bir tomoniga ta'sir qiladigan kuch quyidagi ifodaga asosan aniqlanadi:

$$F = B \cdot l \cdot I \cdot W$$

Bunda: F — kuch; l — g'altakning faol uzunligi; I — g'altakdagi tok; W — g'altak o'ramlari soni; B — magnit qutblar va silindrlilik o'zakning havo tirqishidagi magnit induksiya.



4.1-rasm. Magnitoelektrik asbobning tuzilishi. 1-doimiy magnit, 2-harakatchan g'altak (ramka), 3-spiralsimon prujina, 4-strelka, o'zak.

G'altakning boshqa tomoniga xuddi shunga o'xshash, lekin teskari yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. G'altakning aylantiruvchi momenti:

$$M_{ayl} = B \cdot l \cdot I \cdot W \cdot P$$

Bunda: P — g'altakning eni.

B, l, P, W larning qiymatlari har bitta asbobda doimiy bo'lgani uchun oxirgi tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$M_{ayl} = K_1 \cdot I$$

Bunda: $K_1 = B \cdot l \cdot P \cdot W$ — doimiy koeffitsiyenti.

G'altakka tok ikkita spiralsimon prujinalar orqali beriladi. Bu prujinalar birdaniga aks ta'sir etuvchi momentni hosil qiladi:

$$M_{aks} = K_2 \cdot \alpha$$

Bunda: K_2 — doimiy koeffitsiyent (solishtirma aks ta'sir etuvchi momenti). α — g'altakning burilish burchagi.

G'altakning aylanuvchi momenti — Mayl ta'sirida α burchakka burilib va $M_{ayl}=M_{aks}$ paytida to'xtaydi. Shu tenglikdan foydalanib, g'altakning burilish burchagini topamiz:

$$\begin{aligned}M_{ayl} &= M_{aks} \\K_1 I &= K_2 \alpha, \\ \alpha &= \frac{K_1}{K_2} = K \cdot I\end{aligned}$$

Bunda: K — doimiy koeffitsiyent.

G'altak bilan birga strelka ham xuddi o'sha burchakka buriladi va shkalada o'lchanayotgan kattalikning qiymati ko'rinadi.

Asbobning ko'rsatishini tez qayd etish uchun uning harakatchan qismi tez tinchlanishi kerak. Buning uchun g'altakning asosi alyuminiydan yasalgan. G'altak burilish paytida uning asosida uyurma toklar paydo bo'lib, tinchlantiradigan to'xtatuvchi momentni yuzaga keltiradi.

Magnitoelektrik asboblari bevosita faqat o'zgarmas tokni o'lchaydi. Sababi: bu asbob o'zgaruvchan tok zanjiriga ulanganda, aylantiruvchi moment — Mayl tokning oniy qiymatiga proporsional ravishda o'zgaradi. Lekin inersiya tufayli harakatchan qismi moment ketidan o'zgarib ulgurmaydi. Sinusoidal tok uchun tokning, demak, momentning ham o'rtacha qiymati nolga teng va harakatchan qismi og'maydi.

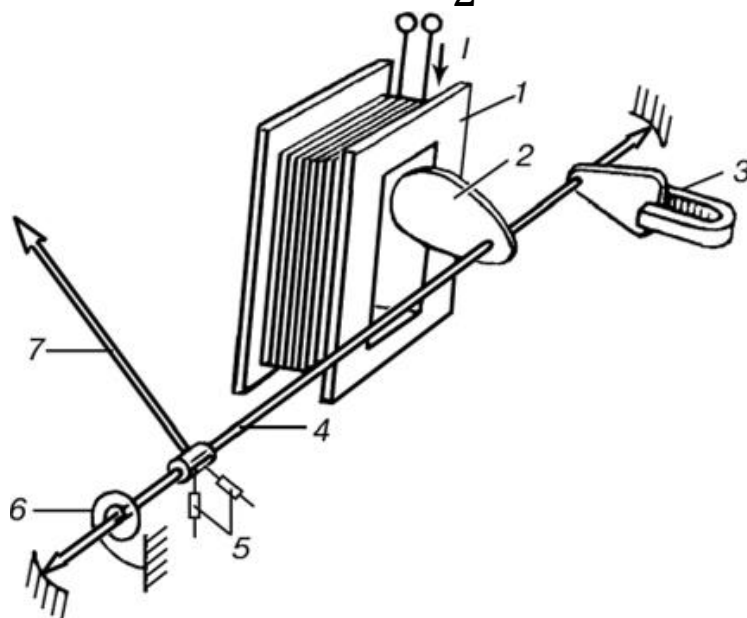
Magnitoelektrik tizim asboblari doimiy tok, kuchlanish va qarshiliklarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular yuqori aniqlikka va sezuvchanlikka ega, elektr energiyani juda kam iste'mol qiladi. Harakatchan qismning burilish burchagi tokka to'g'ri proporsional bo'lgani uchun shkalasi bir tekis bo'ladi. Doimiy magnit bo'lgani uchun bu asboblarning ko'rsatishi deyarli tashqi magnit maydonga bog'liq emas.

O'zgaruvchan tok zanjirida kattaliklarni o'lchash uchun magnitoelektrik asboblarda to'g'irlagich orqali ulanadi. To'g'irlagich sxema bilan ulangan yuqori sezuvchan magnitoelektrik asbobni to'g'irlagich tizim asbobi deyiladi. To'g'irlagich asbob ichiga o'rnatiladi. Odatda to'g'irlagich tizim asboblari o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida tok, kuchlanish, qarshilik va sig'implarni turli o'lchov chegaralari bilan o'lchaydi.

Elektromagnit o'lchash mexanizmi. Bu mexanizmlarning ishlash prinsipi qo'zg'aluvchan ferromagnit o'zak qo'zg'almas chulg'amning ichiga tortilishiga asoslangan (4.2-rasm).

O'lchanadigan tok yoki tokka proporsional kattalik g'altakdan o'tib, ferromagnit o'zakni tortishi natijasida aylanma moment hosil bo'ladi. Ma'lumki, magnet maydonning energiyasi shu maydonni hosil qiluvchi tokning kvadratiga proporsional:

$$W_m = L \frac{I^2}{2}$$



4.2-rasm. Elektromagnit o'lchov vositasining mexanizm sxemasi.

1-g'altak; 2-o'zak; 3-tinchlantirgich; 4-o'q; 5-yukchalar;
6-prujina (teskari moment hosil qilish uchun); 7-ko'rsatgich.

Mana shu energiya hisobiga o'zak g'altak ichiga tortiladi. Shu ifodaga asoslanib, o'lchash asbobining o'qiga ta'sir etuvchi aylanuvchi momentni topish mumkin:

$$M = \frac{I^2 \Delta L}{2 \Delta \alpha},$$

bunda: $\Delta \alpha$ —ferromagnit o'zakning g'altakka tortilish burchagi, ΔL — ferromagnit o'zak g'altak ichiga kirishi natijasida induktivlikning o'zgarishi.

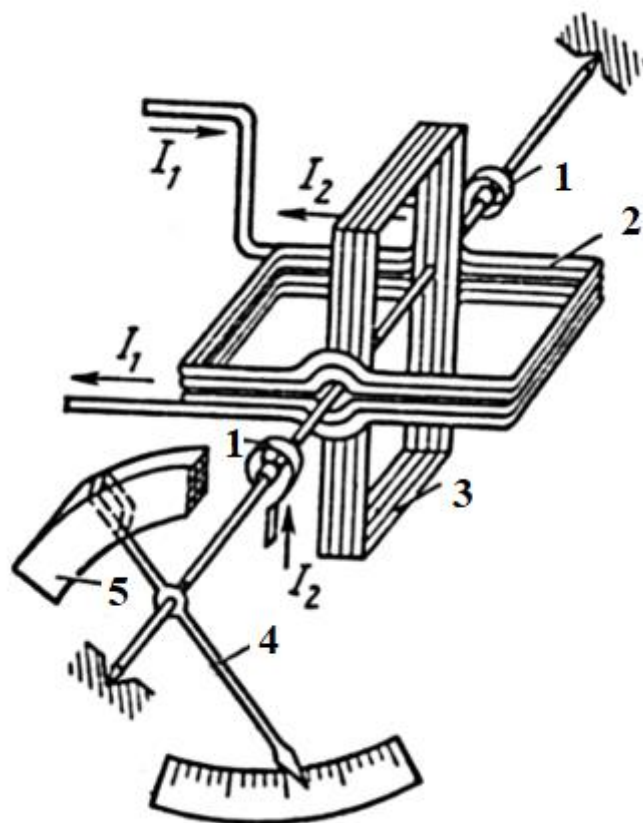
Demak, bu turli o'lchash asboblarining raqamlar shkalasi proporsional bo'lmaydi, chunki tok va aylanuvchi momentni bog'lovchi ifoda ikkinchi darajalidir.

Bu o'lchash asboblaridan asosan o'zgaruvchan tok kattaliklarini o'lchashda foydalaniladi.

Elektr zanjirlarida quvvat va energiyani o'lchash uchun elektrodinamik va o'lchov mexanizmlarining ishlash prinsipidan foydalanish mumkin. Amalda odatda elektrodinamik vattmetrlar va elektr energiyasining induksion schotchiklari ishlatiladi.

Elektrodinamik o'lchash mexanizmi. Ma'lumki, tok o'tayotgan o'tkazgich atrofida elektromagnit maydon hosil bo'ladi. Tok o'tayotgan ikkita o'tkazgich bir- biriga yaqin bo'lsa, ular bir-biriga mexanik kuch bilan ta'sir qiladi. Elektromagnit o'lchash mexanizmining ishlashi shu prinsipga asoslangan. Bu prinsip konstruktiv jihatdan ikki: tokli qo'zg'almas va tokli qo'zg'aluvchan chulg'amlar (g'altak)ning o'zaro ta'siri shaklida amalga oshadi (4.3-rasm). Qo'zg'aluvchan chulg'amni harakatga keltiradigan aylantiruvchi momentni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$M_{ayl} = I_1 \cdot I_2 \frac{\Delta M}{\Delta \alpha},$$



4.3-rasm. Elektrodinamik o‘lchash mexanizmi. 2-qo‘zg‘almas ikkita g‘altak, 3-qo‘zg‘aluvchan g‘altak, 1-spiral sismon prujina. 4-ko‘rsatuvchi strelka, 5-havo tinchlantirgichli qanotchalar.

bunda I_1 va I_2 — mos ravishda qo‘zg‘aluvchi va qo‘zg‘almas chulg‘amlardan o‘tayotgan tok, ΔM — o‘zaro induksiya koeffitsiyentining o‘zgarishi (burchak $\Delta\alpha$ ga qarab o‘zgaradi); α — fazodagi g‘altaklar orasidagi burchak. G‘altaklardan tok o‘tgan sari bu burchak $\Delta\alpha$ ga o‘zgaradi.

Bu o‘lchash mexanizmi ko‘pincha vattmetrlarda qo‘llaniladi. Magnitoelektrik mexanizmida bo‘lgani singari qo‘zg‘aluvchan g‘altak ikkita spiral prujina orqali energiya oladi.

Raqamli o‘lchov vositalari. Keyingi yillarda butun dunyoda integral mikro-sxemalar asosida yaratilgan raqamli texnologiyalar misli ko‘rilmagan sur‘atlar bilan rivojlanmoqda. Bu usul bilan elektr o‘lchashlar oson, qulay va yuqori aniqlikda

amalga oshiriladi. Katta integral mikrosxemalarni yaratish texnologiyasi yuqori mukammallikka erishganligi tufayli raqamli mexanizmlar asosida yaratiladigan

o'lchash asboblarning narxi ham arzon. Elektr o'lchashning asosi —“kod”lardir.

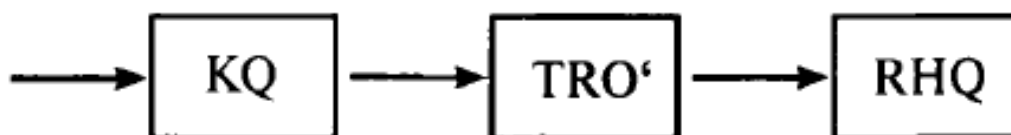
Kod — bir necha signal (impuls)lardan iborat, ma'lum raqamga mos, elektr kattalik

ni shartli ravishda aks ettiradi. Raqamli elektr o'lchash asboblari (masalan, voltmetr XD-72V) umumiy holda quyidagi mexanizmlardan iborat (4.4-rasm).

Kirish qurilmasi (KQ) — katta qarshilikli kuchlanish bo'lgichi bo'lib, u ma'lum qutblarda normallashtirilgan kuchlanish hosil qiladi (0—1).

Taqqoslash raqamli o'zgartirgichi (TRO') komparator va chiziqli o'zgaradigan kuchlanish generatoridan iborat. Bu ikki mexanizm kuchlanish yoki boshqa elektr kattaliklarni taqqoslaydi va raqamli hisobot qurilmasiga (RHQ) uzatadi.

Raqamli o'lchash asboblari shkala, strelka va shunga o'xshash boshqa texnologik murakkab elementlar yo'q. Kelgusida barcha elektr asboblari aynan mana shu turdagi o'lchash mexanizmlari qo'llaniladi.



4.4-rasm. Raqamli o'lchov asbobi mexanizmlari tasvirlangan blok sxema.



4.5-rasm. Voltmetr XD-72V umumiy ko‘rinishi.

4.3. Tok, kuchlanish va quvvatni o‘lchash.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan elektr o‘lchash asboblari yordamida barcha elektr kattaliklar: tok, kuchlanish, quvvat va hokazolarni o‘lchash mumkin. Qaysi kattalik o‘lchanishiga qarab o‘lchash sxemasi o‘zgartiriladi.

Elektr tokini o‘lchash. Tokni o‘lchaydigan asbob ampermetr deb ataladi. Bu asbob elektr zanjiriga ketma-ket ulanadi. Demak, o‘lchanadigan tok asbobning chulg‘amidan o‘tadi.

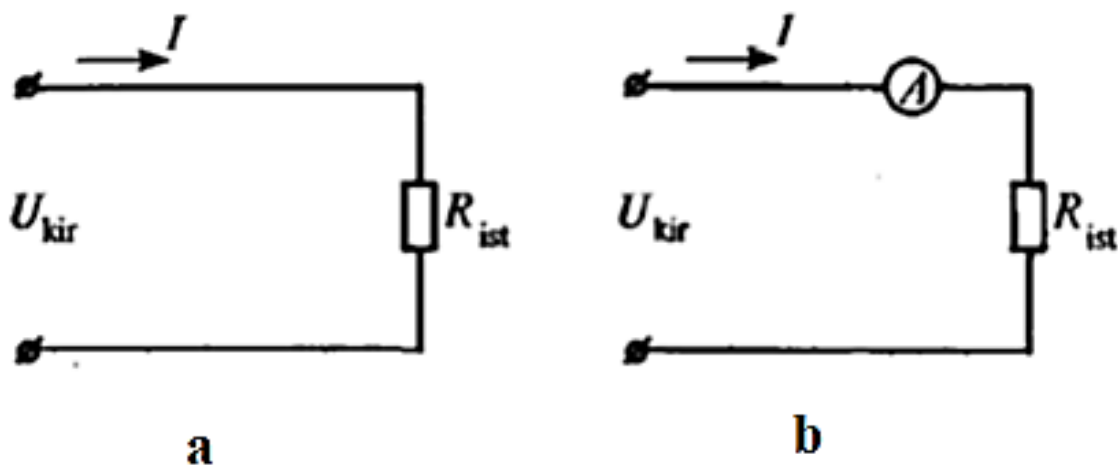
Yuqorida aytganimizdek, har bir o‘lchash asbobi xatoliklarga yo‘l qo‘yadi. Tok Ohm qonuniga asosan, ampermetr zanjiriga ulanmaganda, quyidagicha aniqlanadi (4.6-rasm, a).

$$I = \frac{U}{R_{ist}}$$

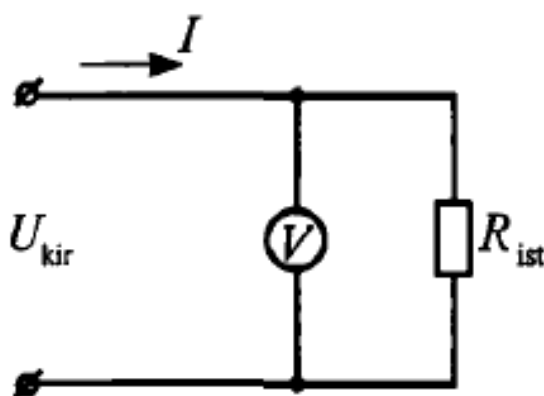
Ampermetr zanjiriga ketma-ket ulanganda tokning kattaligi birmuncha kamayadi, chunki maxrajda yana bir qarshilik — o‘lchash mexanizmi chulg‘aming qarshiligi kiritiladi va endi tok quyidagicha aniqlanadi (4.6-rasm, b).

$$I = \frac{U}{R_{ist} + R_A}$$

Demak, o'lchash asbobining elektr zanjiriga ulanishi xatolikka olib kelyapti. Shu xatolikni iloji boricha kamaytirish uchun, ampermetrning ichki qarshiligi nolga intilishi kerak, boshqacha qilib aytganda, bu qarshilik iloji boricha kichik bo'lib, hech bo'lmasa quyidagi shart bajarilishi kerak: $R \rightarrow 0$ yoki $R_A \ll R_{ist}$. Ya'ni ampermetrning ichki qarshiligi iste'molchining qarshiligidan ancha kichik bo'lishi shart. Ampermetrning o'lchash sxemasi ana shu shartni bajaradi.



4.6-rasm. Om qonuniga asosan ampermetrni ulanishi.



4.7-rasm. Voltmetrni ulanish sxemasi.

Kuchlanishni o'lchash uchun zanjirning kuchlanishi o'lchanadigan qismiga voltmeter parallel ulanadi. Avvalgidek,

zanjirga voltmeter ulanmagan holatni ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, iste'molchi qarshiligi ulangan zanjir qismining kuchlanishini o'lchash lozim bo'lsin. O'lchanadigan kuchlanish (4.6-rasm).

$$U = I \cdot R_{ist} \quad (1)$$

Endi voltmetrni zanjirning shu qismiga parallel ulaymiz (4.7-rasm). Kirxgofning birinchi qonuniga asosan:

$$I = I_{ist} + I_v$$

Voltmetr yordamida o'lchanadigan kuchlanish.

$$U_v = I_{ist} \cdot R_{ist} = (I - I_v) \cdot R_{ist} \quad (2)$$

(1) va (2) formulalardan ko'rinib turibdiki, voltmetrda o'tayotgan tok I_v , qancha kichik bo'lsa, o'lchangan kuchlanish o'zining haqiqiy qiymatiga shuncha yaqin bo'ladi. Voltmetrda o'tayotgan tok:

$$I = \frac{U}{R_v}.$$

Agar $R \rightarrow \infty$ bo'lsa, $I_v = \frac{U}{\infty} = 0$ yoki $R_2 \gg R_{ist}$.

Demak, voltmetrning o'lchash sxemasi ana shu shartlarni qanoatlantirishi kerak.

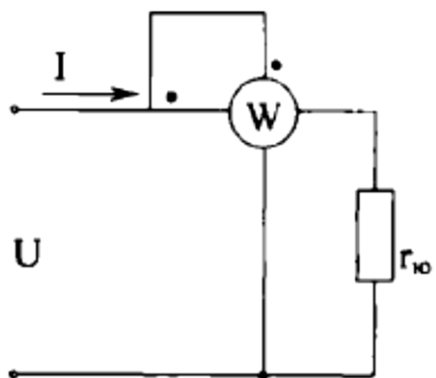
Quvvatni o'lchash. 1. O'zgarmas tok zanjirida tok va kuchlanishni o'lchab, quvvatni aniqlash mumkin:

$$P = I \cdot U$$

Bu quvvatni elektrodinamik vattmetr deb ataluvchi asbob yordamida o'lchash mumkin.

Vattmetrning qo'zgalmas g'altagi tokli yoki ketma-ket g'altak deb ataladi va iste'molchiga ketma-ket ulanadi.

Harakatchan g'altak vattmetrning parallel yoki kuchlanish g'altak deb ataladi va u iste'molchiga parallel ulanadi (4.7-rasm).



4.7-rasm. Vattmetrni ulash sxemasi.

O'zgarmas tok zanjirida elektrodinamik tizim asbobi harakatchan qismining burilish burchagi:

$$\alpha = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2.$$

Harakatchan g'altak ingichka simdan tayyorlanadi va ko'p o'ramlar soniga ega bo'ladi. Shuning uchun ham bu g'altak yengil, aktiv qarshiligi esa katta bo'ladi. Shu sababli harakatchan g'altakdagi tok kuchlanishga proporsionaldir:

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Bunda: I_2 va R_2 – harakatchan g'altak toki va qarshiligi.

Demak, harakatchan qismning burilish burchagi quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2 = K_1 \cdot I_1 \cdot \frac{U}{R_2} = \frac{K_1}{R_2} \cdot I \cdot U = K_2 \cdot P$$

Bunda: I_1 — qo'zg'almas g'altak toki. Qo'zg'almas g'altak iste'molchiga ketma-ket ulangani uchun, uning toki I_1 va iste'molchining toki I o'zaro teng bo'ladi $I_1 = I \frac{K_1}{R_2} = K_2$ doimiy quvvat koefitsiyent: R -quvvat.

Shunday qilib, harakatchan qismning burilish burchagi vattmetrning shkalasiga yoziladigan quvvatga proporsional ekan.

Aktiv quvvat.

$$P=I \cdot U \cdot \cos \varphi$$

Ana shu zanjirda elektrodinamik tizim asbobining harakatchan qismi burilish burchagi:

$$\alpha = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi$$

Harakatchan g'altak ingichka simdan tayyorlangan va ko'p o'ramlar soniga ega bo'lgani uchun, uning qarshiligi o'zgaruvchan tokda ham deyarli aktiv bo'ladi. Shu sababli undagi tok kuchlanishga proporsional va u bilan faza bo'yicha mos keladi. Demak:

$$\alpha = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi = K_1 \cdot I_1 \frac{U}{R_2} \cos \varphi = \frac{K_1}{K_2} I \cdot U \cdot \cos \varphi = K \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi$$

ya'ni u aktiv quvvatga proporsional bo'ladi.

Vattmetr yuzasi (panel)da to'rtta qisqich chiqarilgan. Tok va kuchlanish g'altaklari boshlari ulangan ikkita qisqich generator qisqichlar deb ataladi (tok manбайдan keladigan simga ulanadi). Generator qisqichlari sxemalar va asboblarda nuqta (·) bilan belgilanadi. Vattmetr zanjirga ulanganda qisqichlarning belgilariga ahamiyat berish kerak. Agar birorta g'altakda qisqichlar o'rnini almashtirib qo'ysak, tok yo'nalishi, yoki shu g'altakdagi tok fazasi yarim davrga o'zgaradi. Natijada harakatchan qism teskari tomonga buriladi. Harakatchan qismning og'ishini o'zgartirish uchun istalgan g'altakda tokning yo'nalishini o'zgartirish kerak.

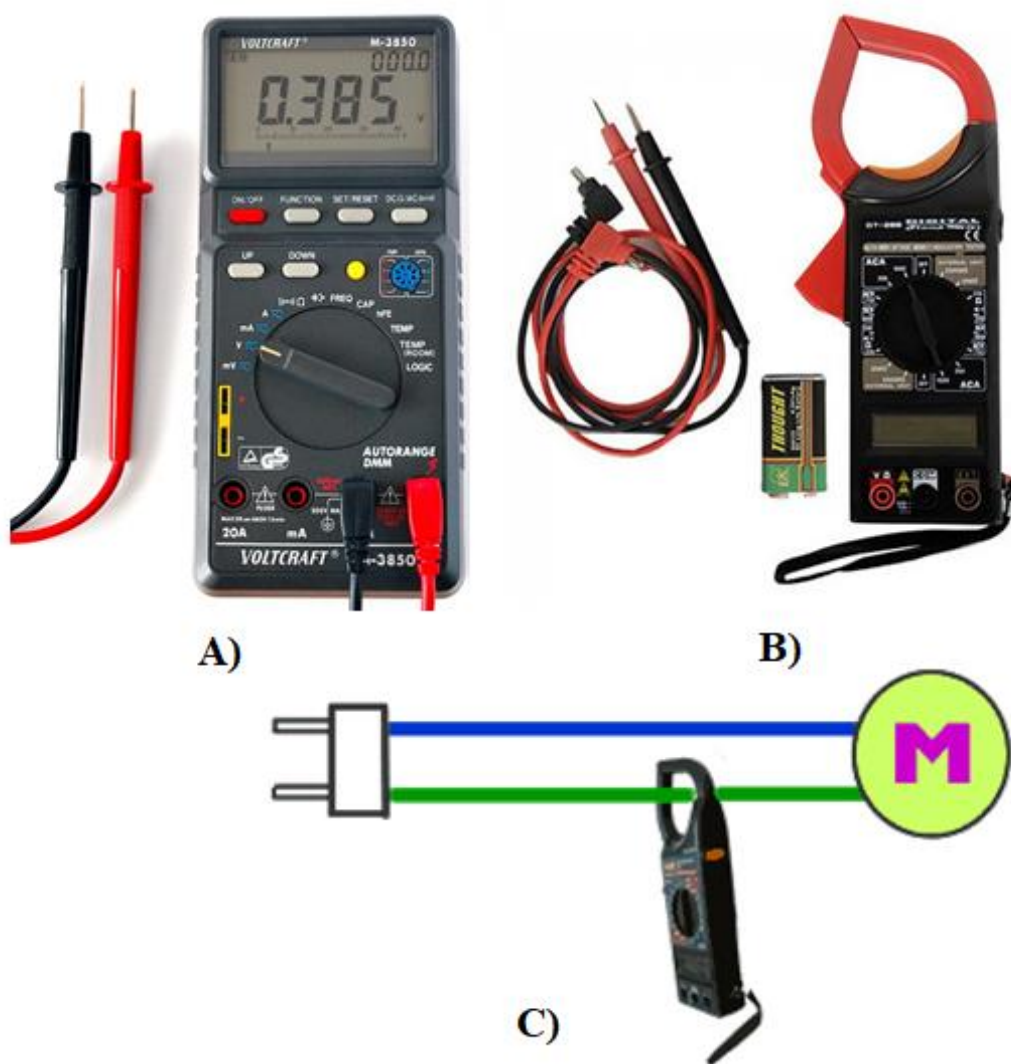
Noelektrik kattaliklarni elektr o'lchash asboblari yordamida o'lchash. Elektr o'lchash asboblari noelektrik

kattaliklarni o'lchashda ham keng qo'llanadi. Sababi elektr o'lchashlar juda aniq olib boriladi va o'lchash qulaydir. Noelektrik kattaliklarga misol tariqasida bosim, harorat, avtomobilning tezligini keltirish mumkin. Bu kattaliklarni elektr kattalikka — tok yoki kuchlanishga o'zgartiruvchi mexanizm datchik deb ataladi. Avtomobilning tezligi taxogenerator bilan o'lchanadi.

Induktiv va sig'im datchiklari, silfon datchiklar ham amalda keng qo'llaniladi.

Qator hollarda o'lchash asboblarning o'lchash chegarasini kengaytirish zaruriyati tug'ilib qolsa, masalan o'zgarmas tok zanjiridagi ampermetrning o'lchash chegarasini kengaytirmoqchi bo'lsak, o'lchash mexanizmiga parallel ravishda qarshilik ulanadi. Bunday qarshilik shunt qarshilik deyiladi. Qarshilikning kattaligi yuqori aniqlik bilan beriladi, chunki aynan mana shu kattalik asbobning o'lchashdagi xatosini belgilab beradi. O'zgarmas tok zanjirida voltmetrning o'lchash chegarasi o'lchash mexanizmiga alohida qarshiliklarni ketma-ket ulab kengaytiriladi. Bu turli qarshiliklar qo'shimcha qarshilik $R_{qo'sh}$ deyiladi. Har ikkala, ya'ni shunt qarshilik R_{sh} va qo'shimcha qarshilik $R_{qo'sh}$ ham zavodda asbobga qo'shib beriladi. O'zgaruvchan tok zanjirlarida asboblarning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun alohida o'lchash transformatorlaridan foydalaniladi. O'lchash chegarasini kengaytirishning aynan shu usuli elektr tarmoqlarida keng qo'llaniladi.

Quyida universal turdagi ba'zi o'lchov vositalarini ko'rinishi tasvirlangan.



4.7-rasm. Olib yuruvchi elektr o'lchov asboblari ko'rinishi. A) Raqamli multimetr, B) Tok o'lchagich qisqichlar C) Qisqich orqali o'lchash.

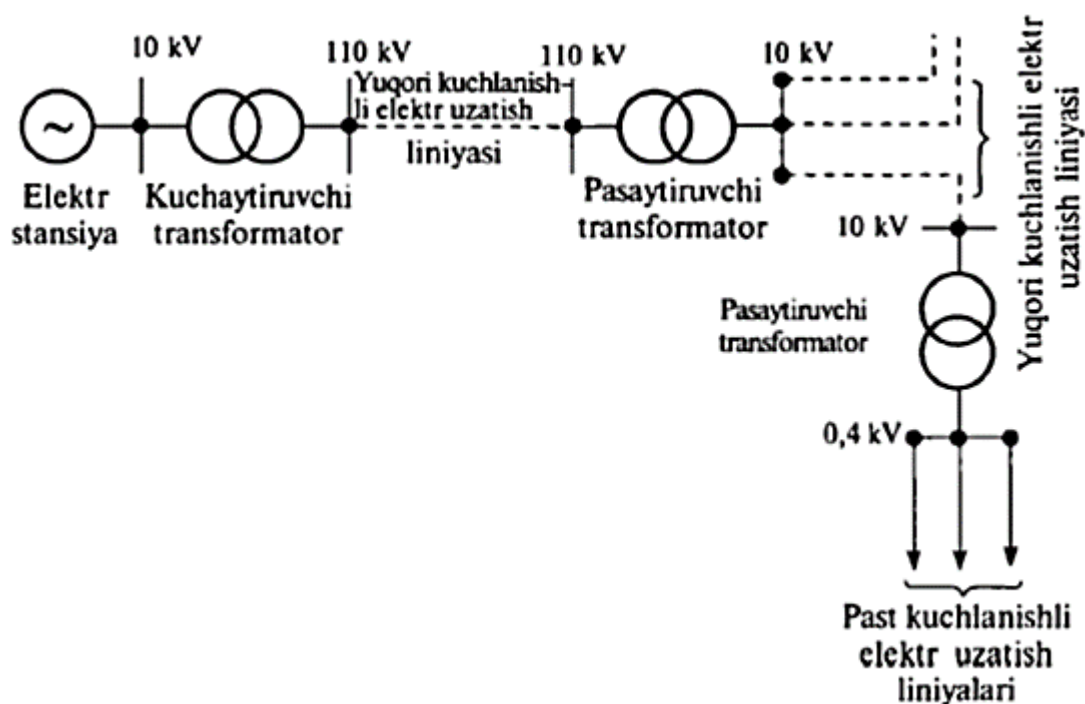
V BOB. TRANSFARMOTRLAR VA ELEKTR MASHINALARI

5.1. Transformatorlar tuzilishi va ishlash prinsipi.

Bir kuchlanishli o'zgaruvchan tokning boshqa kuchla nishli o'zgaruvchan tokka o'zgartiruvchi elektromagnit apparat transformator deyiladi. Transformator kuchlanishni o'zgartirgich sifatida ko'p sohalarda va har xil maqsadlarda foydalaniladi. Xususan, elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatish va iste'molchilarga taqsimlashda, qizdirish, payvandlash, to'g'irlash elektr qurilmalarida, radioapparatda avtomatika, aloqa qurilmalarida, elektr o'lchov texnikasida va hokazolarda transformatorlarning ahamiyati katta. Elektr energiyasini elektr o'tkazgichlar orqali uzoq masofalarga uzatishda elektr energiyasining bir qismi isrof bo'lishini bilamiz, ya'ni:

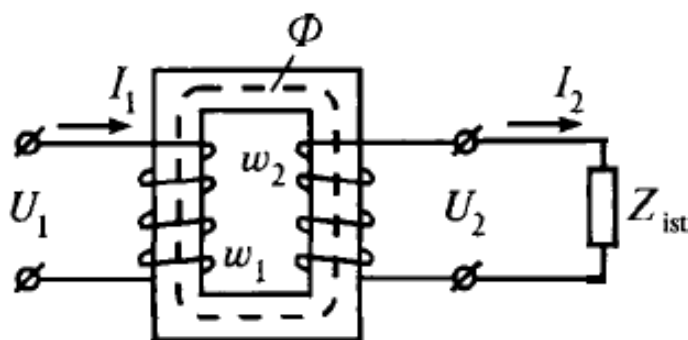
$$\Delta\rho = \frac{p^2 + Q^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l$$

Bu formuladan quvvat isrofi kuchlanishning kvadratiga teskari proporsional ekanligi ko'rinib turibdi. Demak, kuchlanishning qiymati qancha katta bo'lsa, quvvat isrofi shuncha kam bo'lar ekan. Xulosa qilib shunday deyish mumkin, elektr energiyasini qancha uzoq masofaga uzatmoqchi bo'lsak, kuchlanish shuncha yuqori bo'lishi kerak. Iste'molchilarning asosiy qismi elektr energiyasini past kuchlanishda iste'mol qiladi. Elektr energiyasining kuchlanishini iste'molchiga yaqin masofaga olib kelgandan keyin pasaytirish lozim. Bu vazifani ham transformatorlar bajaradi. 5.1-rasmda yuqori kuchlanishli elektr tarmog'ining sxemasi ko'rsatilgan. Bu sxemadan kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi transformatorlar elektr tarmoqlarida asosiy elementlardan biri ekanligi va uning ahamiyati ko'rinib turibdi.



5.1-rasm. Transformatorlar tarmog'i.

Elektr tarmoqlarida ishlatiladigan transformatorlar kuch transformatorlari deb ataladi. 5.2-rasmda bir fazali transformatorning ishlash prinsipi va tuzilish sxemasi berilgan.



5.2-rasm. Bir fazali transformator ishlash prinsipi.

Ferromagnit o'zakka birlamchi w_1 va ikkilamchi w_2 chulg'amlar o'ralgan. Elektromagnit maydon o'zakning o'lchamlari bilan cheklangan, chunki po'latdan yasalgan o'zakning magnit o'tkazuvchanligi μ_{em} havoning magnit o'tkazuvchanligi M dan ancha katta, ya'ni $\mu_{em} > \mu \mu_p \gg \mu_x$.

Birlamchi chulg'am manbaga, ikkilamchi chulg'am esa iste'molchining qutblariga ulangan. Elektr energiyasi birlamchi chulg'amdan ikkilamchi chulg'amga o'zgaruvchan elektromagnit maydon orqali o'tadi. Birlamchi chulg'amdagi tok o'zinduksiya EYK ni hosil qiladi, bu EYK elektromagnit induksiya qonuniga asosan:

$$e_i = -L \frac{di_1}{dt} = -w_1 \frac{d\Phi}{dt},$$

bunda: $\Phi = \Phi_m \cdot \sin \omega t$ - transformator o'zagidagi magnit oqimi

$$\frac{d\Phi}{dt} = -\Phi_m \cdot \omega \cos \omega t = -\Phi_m \cdot \omega \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Bu ifodalardan EYKning haqiqiy qiymatini topamiz:

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \Phi; \quad E_2 = \frac{E_{2m}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot w_2 \Phi_m$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar EYK larining nisbati transformatorlash koeffitsiyenti deyiladi va har ikkala chulg'am yagona magnit oqim ta'sirida bo'lgani uchun:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Agar $K < 1$ bo'lsa, transformator pasaytiruvchi deyiladi, chunki bu holda $E_2 < E_1$. Agar $K > 1$ bo'lsa, transformator kuchaytiruvchi deyiladi, chunki $E_2 > E_1$.

Salt yurish rejimida, ya'ni ikkilamchi chulg'am uzilganda:

$$K = \frac{U_{2c}}{U_{2c}}$$

5.2. Transformatorning salt va yuklangan rejimlarda ishlashi.

Transformatorning salt ishlash rejimini batafsil ko'rib chiqamiz. Salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'amdagi tok nolga teng bo'ladi, lekin birlamchi chulg'amdagi tok nolga teng emas. Ikkilamchi chulg'am uzilganda birlamchi chulg'amdagi tok salt ishlash toki deyiladi va I_s bilan belgilanadi. Transformatorning texnik tavsifida salt ishlash toki sifatida birlamchi chulg'am kuchlanishi nominal qiymatga teng bo'lgan qiymati beriladi. Salt ishlash toki nominal tok I_n ning 2—10% ini tashkil etadi. Salt ishlash rejimida quvvat isrofi po'lat o'zakdagi isrofni anglatadi. Bu isrof o'zakdagi uyurma toklar va qayta magnitlanish jarayonida vujudga kelgan quvvat isrofidir. Bu isrof R_0 harfi bilan belgilanadi va po'lat isrofi deb yuritiladi. Transformator ishlashi uchun zarur bo'lgan kattaliklar salt ishlash toki va po'lat isrofi orqali hisoblanadi. Shuning uchun bu ikkala kattalik transformatorning texnik tavsifida albatta beriladi. Transformatorning salt ishlash quvvati isrofi nominal quvvatning 0,2—0,8% ni tashkil etadi. Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning o'zaro magnit bog'liqligini kuchaytirish maqsadida transformatorning o'zagi ferromagnit po'latdan yasaladi. Uyurma toklarni kamaytirish maqsadida o'zak tunukalardan orasiga elektr tokini o'tkazmaydigan material qo'yib, yasaladi.

Birlamchi chulg'am uchun transformator salt ishlash rejimining elektr muvozanat tenglamasini yozamiz.

$$\dot{U}_1 = \dot{E}_1 + \dot{I}_0 \cdot r_{01} + j\dot{I}_0 X_{01},$$

bunda: r_{01} , X_{01} — mos ravishda, transformatorning aktiv va induktiv sochilish qarshiliklari; I_0 — salt ishlash toki.

Transformatorning yuklangan rejimda (nagruzka bilan) ishlashini ko'rib chiqamiz. Birlamchi va ikkilamchi

chulgʻamlarning elektr muvozanat tenglamalarini Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan yozamiz:

$$\dot{E}_1 = -\dot{U}_1 + \dot{I}_1 \cdot Z_1; \quad \dot{E}_2 = \dot{U}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_2$$

Bu tenglamalarda $Z_1 = R_1 + jX_1$ va $Z_2 = R_2 + jX_2$ bunda R_1 va R_2 — mos ravishda, birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarning aktiv qarshiliklari, X_1 va X_2 — birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlar magnit oqimi sochilishiga ta'sir etuvchi induktiv qarshiliklar, U_2 — iste'molchining kuchlanishi.

Chulgʻamlardagi kuchlanish pasayishi $I_1 Z_1$ va $I_2 Z_2$ birlamchi va ikkilamchi kuchlanishlarning bir necha foizinigina tashkil qiladi, shuning uchun uni hisobga olmasa ham boʻladi. Demak, yuqoridagi tenglamalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$U_1 = -4,44f w_1 \cdot \Phi_m; \quad \dot{U}_2 = -\dot{E}_2 = 4,44f w_2 \cdot A_m$$

Transformatorning birlamchi chulgʻami ulangan elektr tarmoqning kuchlanishi va chastotasi oʻzgarmas kattalik boʻlganda:

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4,44f \omega_2}$$

ya'ni oʻzakdagi asosiy magnit oqim iste'molchining tokiga bogʻliq boʻlmay, birlamchi chulgʻamning kuchlanishi bilan aniqlanadi. Demak, salt ishlash rejimidagi magnit oqimi bilan transformator yuklangan rejimda ishlagandagi magnit oqimlarini tenglashtirib olsak boʻladi.

Ikkilamchi chulgʻamning elektr muvozanat tenglamasini qator algebraik almashishlardan keyin, quyidagicha yozish mumkin:

$$U_2' = E_2' - I_2' \cdot r_2' - jI_2' \div X_2';$$

$$\dot{U}_2' = K \cdot \dot{U}_2 \dot{E}_2' = K \dot{E}_2; \quad I_2 = \frac{I}{K} I_2';$$

$$r_2' = K^2 r_2, \quad X_2' = K^2 X_2; \quad Z_2' = K^2 Z$$

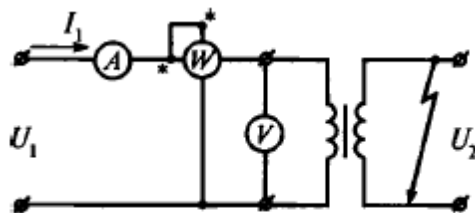
Bu munosabatlar ikkilamchi chulg'amni tavsiflovchi kattaliklarning birlamchi chulg'amga keltirilgan qiymatlarini bildiradi.

Endi transformatorning qisqa tutashgan rejimdagi ishini ko'rib chiqamiz. Bunda transformatorning ikkilamchi chulg'ami qisqa tutashadi va uning to'la kompleks qarshiligi Z_{ist} nolga teng bo'ladi.

Ikkilamchi chulg'am qisqa tutashganda shu chulg'amdan oqayotgan tok nominal qiymatga ega bo'lganda birlamchi chulg'amdagi kuchlanish qisqa tutashish kuchlanishi deyiladi va U_q m harfi bilan belgilanadi. Qisqa tutashish kuchlanishi transformatorning asosiy texnik tavsiflaridan biri bo'lib, u birlamchi kuchlanish nominal qiymatining 5—15 % ini tashkil qiladi. Umuman olganda, qisqa tutashish rejimi avariya (shikastlanish) rejimi bo'lib, bunda tok nominal qiymatga nisbatan 10—20 marta oshib ketadi. Transformatorning quvvat isrofini va transformatorni ishlatish uchun zarur bo'lgan qator kattaliklarni hisoblash uchun qisqa tutashish rejimining kuchlanishi va bu rejimdagi quvvat isrofi juda kerak.

Bu rejimda ikkala chulg'amdagi toklar nominal kattalikka teng bo'lgani uchun vattmetr yordamida o'lchangan quvvat

chulgʻam oʻramlarini qizdirishga sarflangan isrof quvvatdir (5.3-rasm).



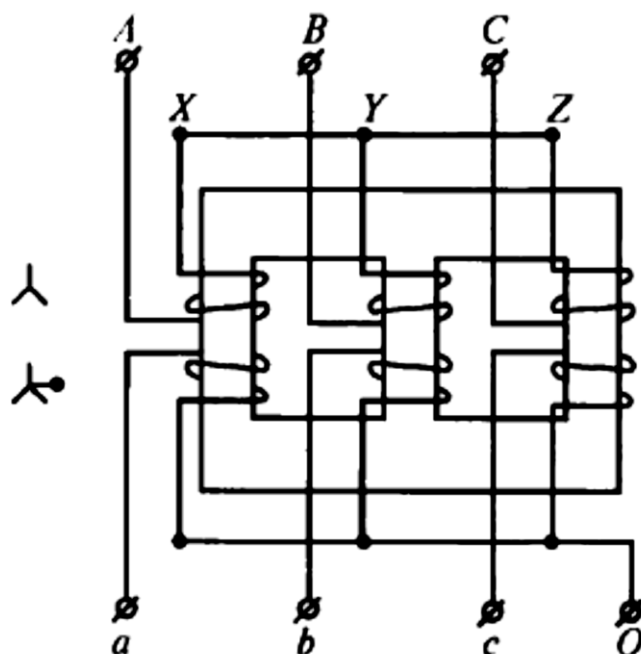
5.3-rasm. Vatemetr orqali oʻlchash.

Oʻramlar mis simdan ishlangani uchun bu isrof transformatorning misdagi isrofi deyiladi. Bu isrof transformator nominal quvvatining 1—3% ni tashkil qiladi va quyidagi formuladan topiladi:

$$P_m = I_2 \cdot R_{ekv}$$

5.3. Uch fazali transformatorlar. Oʻlchash transformatorlari.

Uch fazali transformatorning uch oʻzagi boʻlib, uchta oʻzak sterjenning har birida bitta fazaning ikkita chulgʻami joylashgan. Bu uchta oʻzak yagona elektromagnit zanjirni tashkil etadi. Birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlar yulduzcha yoki uchburchak usullarida ulanadi. Ikkilamchi chulgʻamning ulanish usuli iste'molchining nominal kuchlanishiga qarab aniqlanadi. 5.4-rasmda kuch transformatorlarida keng qoʻllaniladigan birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlar yulduzcha usulida ulangan uch fazali transformator koʻrsatilgan. Bu pasaytiruvchi transformator boʻlib, birlamchi 10 kV kuchlanishli chulgʻam yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulanadi. Ikkilamchi chulgʻam esa past kuchlanishli tarmoqqa ulanadi. Past kuchlanishli chulgʻamning neytral simi chiqariladi. Demak, past kuchlanishli chulgʻamda faza va liniya kuchlanishlari mavjud. Rasmda X, Y, Z harflar bilan yuqori kuchlanishli chulgʻamlar, mos ravishda, tugash uchlari ham belgilangan.



5.4-rasm. Kuch transformatorlarida keng qo'llaniladigan birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar yulduzcha usulida ulangan uch fazali

Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda elektr kattaliklarni transformatorlar yordamida ham o'lchash mumkin. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda tok, kuchlanish, quvvat va elektr energiyasini o'lchashda, xavfsizlikni ta'minlash va odatdagi o'lchov asboblarni o'lchash chegaralarini oshirish maqsadida ikki xil o'lchov transformatorlaridan foydalaniladi. Birinchi xil transformatorlarda o'lchaganda transformator ikkilamchi chulg'amining qarshiligi iloji boricha kam bo'lishi, ya'ni o'lchash jarayonida qisqa tutashish rejimiga yaqin bo'lishi kerak. Transformatsiyalash koeffitsiyenti esa o'zgarmas bo'lishi lozim:

$$K_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{I_1}{I_2} = \text{const.}$$

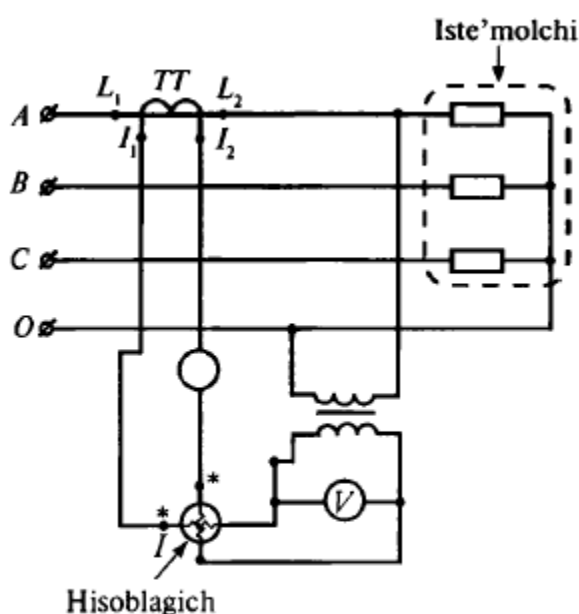
5.5-rasmda tok transformatorini yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulash sxemasi ko'rsatilgan. Birlamchi chulg'am w_1 iste'molchiga ketma-ket ulangan. Yuqori kuchlanishli tarmoqning toki quyidagi formuladan topiladi:

$$I_1 = K_1 \cdot I_2$$

Tok transformatorining ikkilamchi chulg'amiga ampermetrdan tashqari vattmetr yoki elektr energiyasini hisoblagich ham ulanadi.

Ikkinchi xil o'lchash transformatorlari kuchlanish transformatori bo'lib, ularning transformatsiyalash koeffitsiyenti o'zgarmasdir:

$$K_i = \frac{w_2}{w_1} = \frac{U_2}{U_1} = \text{const.}$$



5.5.-rasm. Tok transformatorini yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulash sxemasi.

Kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi chulg'amiga voltmetrдан tashqari elektr energiyasi hisoblagichining kuchlanish chulg'ami ham ulanadi. 5.5-rasmda bu transformatorni ulash sxemasi berilgan. Birlamchi chulg'am iste'molchi bilan parallel ulangan bo'lib, yuqori kuchlanishli tarmoqning kuchlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U_1 = K_{TN} \cdot U_2.$$

Ko'pincha avtotransformatorlar ham qo'llaniladi. Transformatorlarda birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar orasida elektr bog'liqlik bo'lib, ikkilamchi chulg'am birlamchi chulg'amning bir qismidir. Transformatsiyalash koeffitsiyenti bu yerda avvalgidek quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$K = \frac{n_1}{n_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

Maxsus moslama yordamida ikkilamchi chulg'amning o'ramlar soni w_2 o'zgartiriladi, demak kuchlanish o'zgartirilishi mumkin.

Transformatorni ishlatish uchun qator kattaliklar ma'lum bo'lishi kerak. Bulardan asosiylari salt ishlash va qisqa tutashish rejimlarini tavsiflovchi kattaliklardir: R_0 — salt ishlash quvvat isrofi; I_0 — salt ishlash toki, nominal tokdan foiz hisobida beriladi; R_q — qisqa tutashish quvvat isrofi; U_q — qisqa tutashish kuchlanishi, nominal kuchlanishdan foiz hisobida beriladi.

Bundan tashqari, transformator chulg'amlarining ulash usuli (yulduzcha yoki uchburchak), nominal tok va kuchlanish, transformatorlarning nominal quvvati berilishi lozim.

Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_n + \Delta P_0}, \beta = \frac{S_{ist}}{S_{nom}},$$

bunda P_1 — transformator tarmoq qutblaridagi quvvat, P_2 — iste'molchi qutblaridagi quvvat, S_{ist} - iste'molchining to'liq quvvati, S_{nom} —transformatorning nominal quvvati, β —yuklanish koeffitsiyenti. Bu transformatorning asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, me'yor (nominal) rejimida $\beta=0,7 \div 0,85$ ga teng. Elektr podstantsiyadagi ikki transformatorning yuklanish koeffitsiyenti β ni 1,2—1,4 gacha ko'tarish mumkin. Transformatorlarni loyihalashda yuklanish koeffitsiyenti 0,7-0,85 ga teng bo'lganda

eng katta (maksimal) FIK ta'minlanadi. Transformatorlarning maksimal FIK $\eta = 0,95 \div 0,97$.

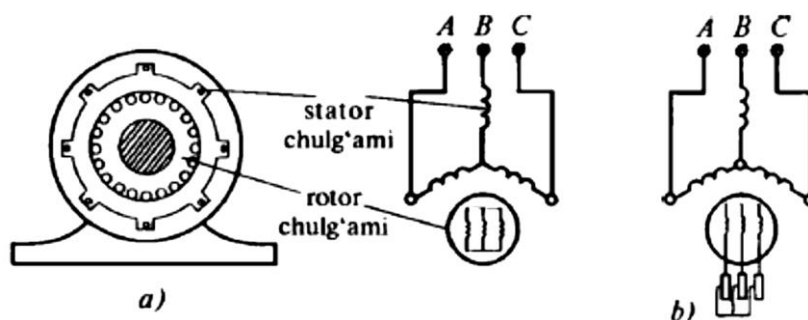
5.4. Asinxron dvigatellarning tuzilishi va ishlash prinsipi.

Elektr mashinalar vazifasiga ko'ra ikki xil bo'ladi. Birinchi xil mashinalar mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirib beradi. Bu mashinalar elektr generatorlar deyiladi. Bug' yoki gaz turbinalari, ichki yonuv dvigatellari (masalan, dizel) generatorlarni harakatga keltiradigan birlamchi mexanik energiya manbayi bo'lib hisoblanadi. Generatorlar asosan elektr stansiyalarida ishlatiladi. Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan ikkinchi xil elektr mashinalar dvigatellar (motorlar) deyiladi. Elektr dvigatellar xalq xo'jaligining deyarli hamma sohasida ishlatiladi.

Generatorlar ishlab chiqaradigan yoki dvigatellar iste'mol qiladigan tok turi jihatidan o'zgaruvchan tok generatori yoki dvigateli deyiladi. Barcha elektr mashinalari qaytuvchanlik xossasiga ega, ya'ni qaytar jarayonda ishlay oladi. Masalan, elektr dvigatel generator rejimida, generator esa dvigatel rejimida ishlashi mumkin. Quyida o'zgaruvchan elektr mashinalarining bir turi — asinxron dvigatellarni ko'rib chiqamiz.

Asinxron motorlar (asinxron dvigatel) elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantirib beradi. Bu dvigatellar konstruksiyasining soddaligi, arzonligi, ishda ishonchliligi sababli sanoat, qishloq xo'jaligi va xalq xo'jaligining barcha sohalarida keng qo'llaniladi. Har qanday elektr mashinalari kabi asinxron dvigatel generator rejimida ham ishlashi mumkin. Avvallari asinxron dvigatelning generator rejimida ishlashi iqtisodiy-texnik jihatdan maqsadga muvofiq emas, deb hisoblanar edi. Ammo keyingi yillarda o'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar, asinxron mashinalarning generator sifatida ishlatilishi qator

afzalliklarga ega ekanligini ko'rsatdi. Hozirgi vaqtda asinxron mashinalar asosan uch fazali dvigatellar sifatida ishlatiladi.



5.6-rasm. a) Rotori qisqa tutashgan asinxron dvigatel, b) faza rotorli asinxron dvigatel.

Asinxron dvigatel qo'zg'almas qism — stator va aylanuvchi qism — rotordan tashkil topgan. Statorda ayrim elektrotexnik po'lat plastinkalardan yig'ilgan o'zak o'rnatilgan bo'lib, uning sirtidagi ariqchalarga (pazlarga) fazoda 120° ga siljigan mis simdan iborat uchta o'ram joylashtirilgan. Bu o'ramlar yulduzcha yoki uchburchak usulida ulangan uch fazali elektr tarmog'iga tutashtirilgan. Stator chulg'amlarining natijaviy magnit maydoni aylanuvchi bo'lib, rotorning chulg'amlarini kesib o'tadi.

Asinxron dvigatelning rotorini silindr shaklida ishlangan bo'lib, uning ham o'zagi ayrim elektrotexnik po'lat plastinkalardan yasalgan. Uning ariqchalarida (pazlarida) chulg'amlar joylashtirilgan. Asinxron dvigatellar rotor chulg'ami ishlashiga ko'ra ikkiga bo'linadi. Rotori qisqa tutashgan asinxron dvigatel, aluminiy sterjenlardan tayyorlangan bo'lib, bunday asinxron dvigatelning rotorini qisqa tutashgan asinxron dvigatel deyiladi (5.6.-rasm, a).

Agar rotor chulg'ami oddiy mis yoki aluminiy simlardan uch fazali qilib ishlansa, bunday asinxron dvigatel faza rotorli asinxron dvigatel deyiladi (5.6-rasm, b). Uning chulg'amlari yulduzcha usulida ulanib, maxsus mexanizm vositasida har

uchala faza qarshiliklari birdaniga o'zgartirilishi mumkin. Faza rotorli asinxron dvigatellar qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatellarga nisbatan qator afzalliklarga ega. Bu afzalliklar haqida keyinroq gaplashamiz.

Stator chulg'amlari natijaviy magnit maydonining aylanish tezligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\eta_0 = \frac{60 \cdot f}{p},$$

bunda: f – o'zgaruvchan tok chastotasi, p – juft qutblar soni.

Bu magnit maydon rotorning chulg'amlarini kesib o'tib, chulg'amlarda EYK va demak, berk kontur bo'lganda tok hosil bo'ladi. Harqanday tokli o'tkazgichni magnit maydonga kiritsak, bu o'tkazgichga mexanik kuch ta'sir qiladi. Shunga binoan, rotorga ta'sir qiluvchi aylanuvchi moment vujudga keladi. Agar magnit maydon va rotor birga aylansa, bunday aylanish sinxron aylanish deyiladi. Asinxron dvigatellarda rotorning aylanish tezligi dvigatelning o'qi (val) dagi ish mashinasi hosil qilgan tormozlovchi momentga bog'liq. Demak, rotorning aylanish tezligi magnit maydon aylanish tezligidan farq qiladi. Mana shu farqni xarakterlovchi kattalik "sirpanish" deyiladi va bu kattalik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$S = \frac{n_0 - n_1}{n_0}$$

bunda n — magnit maydonning aylanish tezligi, n_1 — rotorning aylanish tezligi.

Dvigatelni yurgizish paytida $n = 0$; $S = 1$. Dvigatelning salt ishlash rejimida: $n_0 = n_1$, $S = 0$. Demak, sirpanish $S = 1 \div 0$ atrofida o'zgaradi.

5.5. Asinxron dvigatel rotor chulgʻaming EYK va chastotasi. Yurgizish toki.

Asinxron dvigatelning rotorida hosil boladigan EYK ning chastotasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$f_{rot} = \frac{(n_0 - n_1) \cdot p}{60},$$

bunda: n_0 — n_1 — magnit maydon va rotor aylanish tezliklarining ayirmasi, — juft qutblar soni.

Bu formulani magnit maydonning aylanish tezligiga koʻpaytirib boʻlamiz:

$$f_2 = \frac{(n_0 - n_1)P \cdot n_0}{60n_0} = S \cdot f_2.$$

Demak, rotoring EYK va tokining chastotasi sirpanish kattaligi bilan aniqlanadi. Sirpanish kattaligi esa yuqorida aytib oʻtganimizdek dvigatelning mexanik yuklanishi bilan aniqlanadi.

Rotorda vujudga keladigan mexanik EYK, elektromagnit induksiya qonuniga asosan, transformatorning ikkilamchi chulgʻami EYKinikiga oʻxshash formuladan aniqlanishi mumkin:

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot w_2 \cdot \Phi, \text{ biz bilamizki, } E'_1 = 4,44 \cdot w_2 \cdot \Phi, \\ \text{shunda } E_2 = E'_1 \cdot S.$$

Demak, rotorning EYK ham sirpanishga bogʻliq. Asinxron dvigatelning induktiv qarshiligi:

$$X_L = w_2 \cdot L_2 = 2\pi f_2 \cdot L_2 = X'_2 \cdot S.$$

Shunday qilib, asinxron dvigatelning rotorini xarakterlovchi kattaliklar: EYK, chastota, induktiv qarshilik, sirpanish ekan. Rotorning toki Om qonuniga asosan:

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_{rot}} = \frac{E'_1 \cdot S}{\sqrt{R_2 + (X'_2 \cdot S)^2}}.$$

Normal rejimda ishlaydigan asinxron dvigatelning sirpanishi $S = 0,01 \div 0,06$ chegarada oʻzgaradi. Sirpanishning nominal

qiymatini nazarga olib bu ifodani tahlil qilamiz. Dvigatelni yurgizish paytida sirpanish eng katta (maksimal) $S = 1$ qiymatga erishadi. Rotor toki formulasining ham surati, ham maxrajida sirpanish kattaligi bor. Lekin tokning miqdoriga suratdagi sirpanish maxrajdagi sirpanishga nisbatan ko'proq ta'sir qiladi. Shu tufayli dvigatelni yurgizish paytida sirpanish maksimal — o'z nominal qiymatidan o'nlab marotaba katta qiymatga, rotor toki ham nominal qiymatidan 8—12 marta katta qiymatga erishadi. Asinxron dvigatelni yurgizish paytida o'tkinchi jarayon juda qisqa vaqtda — sekundning o'ndan bir hissasi davomida o'tsa ham, rotor toki va demak, stator toki ham nominal tokka nisbatan o'nlab marotaba oshadi. Bu asinxron dvigatelning kamchiligidir.

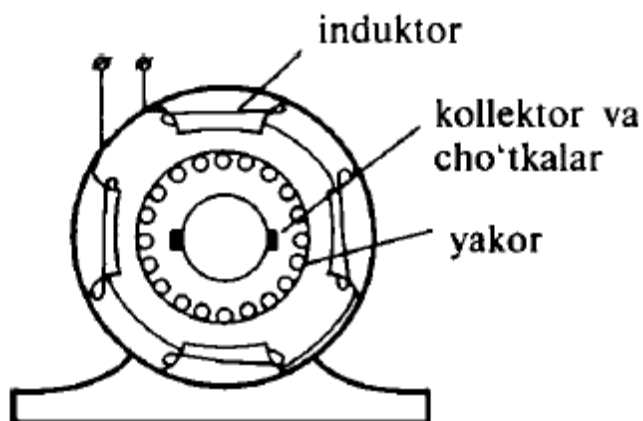
5.6. O'zgarmas tok mashinalari.

O'zgarmas tok dvigatellari hozirgi vaqtda asosan elektr transportda — metro, trolleybus, tramvayda qo'llanilmoqda. Bunga sabab barcha elektr dvigatellar orasida faqat o'zgarmas tok dvigatellarining aylanish tezligini ravon va bir tekis o'zgartirish mumkin. O'zgarmas tok generatorlarining kuchlanishi ravon boshqariladi. Shunga muvofiq bu generatorlar avtomatika va telemexanika qurilmalarida keng qo'llaniladi. O'zgarmas tok mashinalari qaytarlik xossasiga ega. Barcha o'zgarmas tok dvigatellari generator rejimida, generatorlar esa dvigatel rejimida ishlay oladi. O'zgarmas tok mashinasi (O'TM) uchta qo'zg'almas qism, aylanuvchi qism va kollektordan tuzilgan. Mashinaning qo'zg'almas qismi — induktorda bosh va yordamchi qutblar joylashgan bo'lib, bu qutblarning o'zagi elektrotexnik po'lat plastinkalardan yig'ilgan. Bosh qutblarda uyg'otish chulg'amlari joylashtirilgan bo'lib, ketma-ket ulangan va ular asosiy magnit maydonni hosil qiladi. Bosh qutblar orasiga yordamchi qutblar joylashtirilgan. Faqat katta quvvatli mashinalardagina yordamchi

qutblar bo‘ladi. Ular cho‘tkalar ostidagi uchqunni kamaytirish uchun qo‘shimcha magnit maydon hosil qiladi.

Mashinaning aylanuvchi qismi yakor deyiladi. Yakorning o‘zagi ham elektrotexnik po‘lat plastinkalardan silindr shaklida ishlangan. Yakor ariqchalariga chulg‘am joylashtirilgan. Chulg‘amning ketma-ket ulanuvchi ikki seksiyani tutashtiradigan uchlari kollektor plastinkalariga ulangan (5.7-rasm).

Kollektor alohida mis plastinkalardan silindr shaklida yasaladi. Har bir kollektor 5080 ta plastinkadan yig‘ilgan. Kollektor generatorda mexanik to‘g‘irlagich vazifasini bajaradi, ya‘ni yakor chulg‘amlarida induksiyalangan EYK ta‘sirida oqayotgan o‘zgaruvchan sinusoidal tokni o‘zgarmas tokka aylantirib, tashqi elektr zanjiriga (tarmoqqa) uzatadi.



5.7-rasm. Yakor ko‘rinishi.

O‘zgarmas tok generatorining ishlash prinsipi elektromagnit induksiya qonuniga asoslangan. Statorda joylashgan uyg‘otish chulg‘amlaridan o‘zgarmas tok o‘tganda, bu tok bir jinsli o‘zgarmas magnit maydon hosil qiladi. Yakor tashqi mashina vositasida magnit maydonda aylantirilganda uning chulg‘amining har bir seksiyasida EYK hosil bo‘ladi. Bu EYK quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$E = B \cdot v \cdot l \cdot \sin \alpha.$$

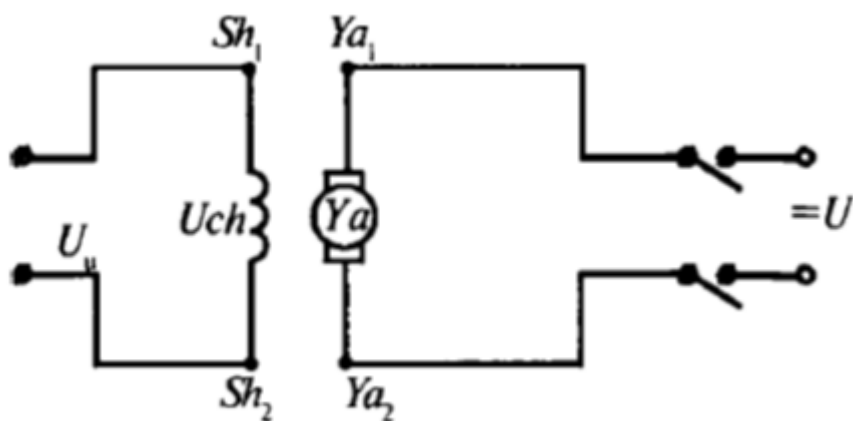
Har bir seksiya EYK ini kollektor va choʻtkalar orqali bir tomonga yoʻnalgan pulsatsiyalanuvchi tok hosil qiladi. Seksiyalar soni va demak, kollektordagi plastinkalar soni ham koʻp boʻlgani tufayli EYK ning qiymati yetarli darajada katta boʻladi, tokning pulsatsiyalanishi pasayadi. Yuqoridagi EYK formulasidagi chiziqli tezlikni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$v = 2 \cdot p \cdot r \cdot \frac{n}{60},$$

bunda: p — juft qutblar soni r — qutblar markazlari orasidagi masofa (radius), n — yakorning aylanish tezligi.

Agar magnit oqimi $\Phi = \frac{e}{r}$ ekanligini nazarda tutsak, yakorning r EYK formulasini quyidagicha yozish mumkin: $E = C \cdot n \cdot \Phi$, bundan: $C = \frac{P \cdot w}{60 \cdot x}$ — EYK doimiysi — konstruktiv oʻzgarmas kattalik boʻlib, bunda: w — yakor chulgʻamidagi oʻramlar soni.

5.8-rasmda mustaqil uygʻotishli generatorning elektr sxemasi koʻrsatilgan. Induktorda joylashgan uygʻotish chulgʻami hosil qilgan magnit maydonda yakor aylantiriladi. Yakor *toki* $\frac{\tau}{\pi} = 0$ n — const, yaʼni yakorning aylanish tezligi oʻzgarmas boʻlganda, yakor EYK ning uygʻotish tokiga bogʻliqlik grafigi. Mustaqil uygʻotish generatorining salt ishlash xarakteristikasini sharhlashdan oldin uygʻotish toki magnit oqimiga proporsionalligini eslab oʻtish kerak. Uygʻotish tokini noldan oshirib borilsa, EYK formulasiga muvofiq, salt ishlash rejimi boʻlgani uchun oshib boradi va 1-egri chiziq yasaladi. Uygʻotish tokini kamaytirib borib 2-egri chiziq yasaladi.



5.8-rasm. Mustaqil uyg'otishli generatorning elektr sxemasi.

Bu grafikning to'g'ri chiziqli qismi yakorning o'zagi to'yinmagan holatiga, egri chiziqli qismi esa to'yingan holatiga to'g'ri keladi. Uyg'otish toki nolga teng bo'lganda, formulaga muvofiq, EYK ham nolga teng bo'lishi kerak. Lekin xarakteristikada EYK nolga teng emas. Bu barcha elektrotexnik materiallarga xos bo'lgan qoldiq magnit maydon (magnetizm) ta'siridir.

5.7. O'zgarmas tok generatorining tenglamasi va aylanish momenti.

Generatorning yakor zanjiri uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan elektr muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$U = E - I_{ya} \cdot R_{ya}; E = U_G + I_{ya} \cdot R_{ya}.$$

Bu tenglama generatorming asosiy tenglamasi deyiladi. Tenglamada

$$E = C \cdot n \cdot \Phi; U_G = C \cdot n \cdot \Phi - I_{ya} \cdot R_{ya}.$$

Agar uyg'otish toki $I_u = \Phi$ yoki yakorning aylanish tezligini ravon (silliq) o'zgartirsak, generatorning kuchlanishi va demak, iste'molchining toki $I_i = I_{ya}$ ham ravon o'zgartiriladi.

Asosiy tenglamaning har ikki tomonini yakor tokiga ko'paytirsak

$$U_G \cdot R_{ya} = E \cdot I_{ya} - I_{ya}^2 \cdot R_{ya} \text{ yoki quvvat } R_E = P_2 - \Delta P_{ya},$$

bunda P_E — generatorning elektromagnit quvvati, P_2 — iste'molchining quvvati, ΔP_{ya} — yakordagi quvvat isrofi.

Generatorning elektromagnit momenti: $M = \frac{P_E}{\omega}$ Bu moment generatorning yuqoridagi tashqi mashina yordamida hosil qilinadigan momentga nisbatan tormozlovchi momentdir. Elektromagnit moment, yakorning EYK formulasini hisobga olsak: $M_E = C_1 \cdot \Phi \cdot I_2$, bunda C_1 — o'zgarmas kattalik.

Demak, generator momenti magnit oqimi va yakor tokiga proporsional ekan.

5.8. O'zgarmas tok generatorlari. Ozgarmas tok dvigatellari.

O'zgarmas tok generatorlari. Generatorlar uyg'otish usuliga ko'ra ikki turga bolinadi:

1. Uyg'otish chulg'ami tashqi o'zgarmas tok manbayiga ulangan generatorlar. Bunday generatorlar mustaqil uyg'otish chulg'ami generatorlar deyiladi (5.10-rasm, *a*). Yuqorida generator bu turining sxemasi va salt yurish xarakteristikasini (egriligini) ko'rib chiqqan edik (5.9-rasm).

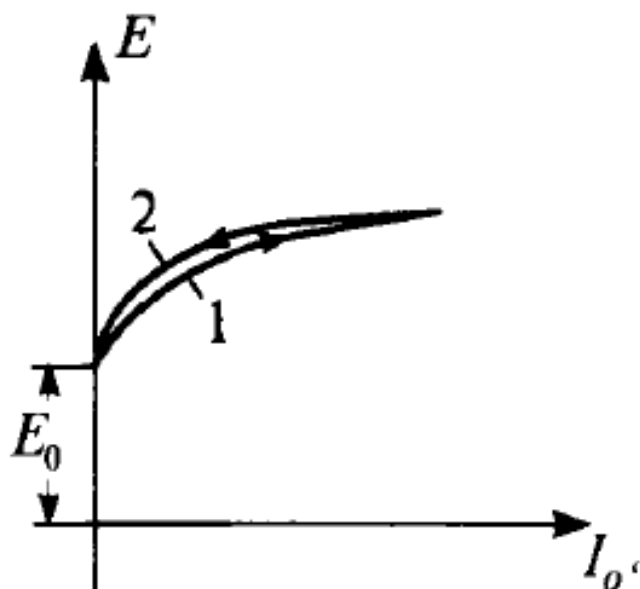
2. O'z-o'zini uyg'otish generatori. Bunday generatorlarning uyg'otish chulg'ami shu generatorning o'zidan tok oladi. Bunda generatorni uyg'otish uchun yakorning o'zagidagi qoldiq magnit maydondan foydalaniladi.

O'z-o'zini uyg'otish generatorlari 3 xil bo'ladi:

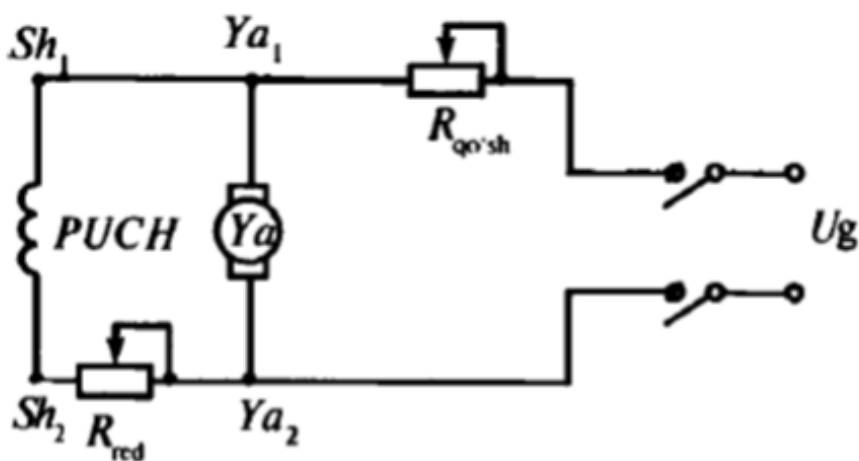
a) parallel uyg'otishli generator. Bunda generatorni uyg'otish uchun chulg'amlar parallel ulanadi. Bu chulg'amning qutblari 5.10-rasm, *a* da PUCH harflari bilan belgilangan;

b) ketma-ket uyg'otishli generator. Bunda uyg'otish chulg'ami (KUCH) yakorga ketma-ket ulanadi. Bu chulg'am 5.10-rasmda *b* da KUCH harflari bilan belgilangan;

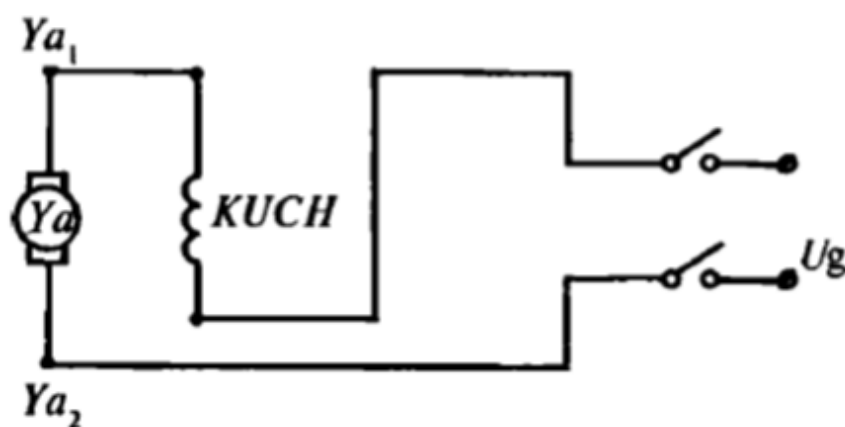
c) aralash uyg'otishli generator. Bunda generatorning ikkita uyg'otish chulg'amining biri yakorga parallel, ikkinchisi ketma-ket ulanadi (5.11-rasm). Bu chulg'amlar mos ravishda parallel va ketma-ket ulangan uyg'otish chulg'amlari deyiladi.



5.9-rasm. Generator bu turining sxemasi va salt yurish xarakteristikasi.

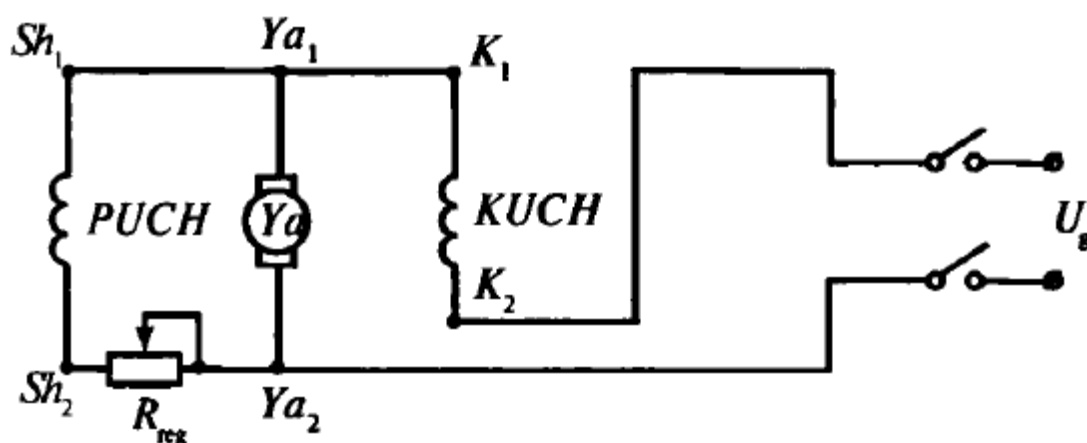


a)



b)

5.10-rasm. Uyg'otish chulg'ami tashqi o'zgarmas tok manbayiga ulangan generatorlar; a) mustaqil uyg'otish chulg'ami generatorlar; b) ketma-ket uyg'otishli generator.



5.11-rasm. Aralash uyg'otishli generator.

O'z-o'zini uyg'otish generatorlarida, yakor nominal aylanish tezligi bilan qoldiq magnit oqimini kesib o'tganda, yakorda kichik qiymatli EYK, shuningdek, uyg'otish toki oqa boshlaydi. Uyg'otish toki nominal qiymatgacha o'sib boradi. Generator o'z-o'zidan uyg'onishi uchun uchta shart bajarilishi kerak:

1. Yakorning o'zagida qoldiq magnit maydoni bo'lishi shart.
2. Qoldiq magnit oqimining yo'nalishi uyg'otish toki hosil qilingan magnit oqimi yo'nalishiga mos kelishi zarur.

3. Uyg'otish chulg'aming qarshiligi uncha katta bo'lmasligi kerak.

O'zgarmas tok dvigatellari. O'zgarmas tok mashinalari qaytarlik xossasiga ega. O'zgarmas tok generatorining kuchlanishini asta-sekin kamaytirsak, mashina o'zgarmas tok elektr tarmog'idan elektr energiyasi iste'mol qila boshlaydi va dvigatel rejimiga o'tadi. Ya'ni mashinaning yakoridagi aylanish momenti tormozlovchi emas, balki o'zi elektromagnit moment hosil qilib tashqi mashinani aylantira boshlaydi.

Bu aylanish momenti yakorning tokli o'tkazgichlari, uyg'otish chulg'ami hosil qilgan magnit maydonning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Bunda o'zgarmas tok dvigateli (motori)ning elektr muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$U - E + I_{ya} \cdot R_{ya}.$$

Tenglamada $E = C \cdot n \cdot \Phi$ ekanligini hisobga olsak:

$$U = C \cdot n \cdot \Phi + I_{ya} \cdot R_{ya}$$

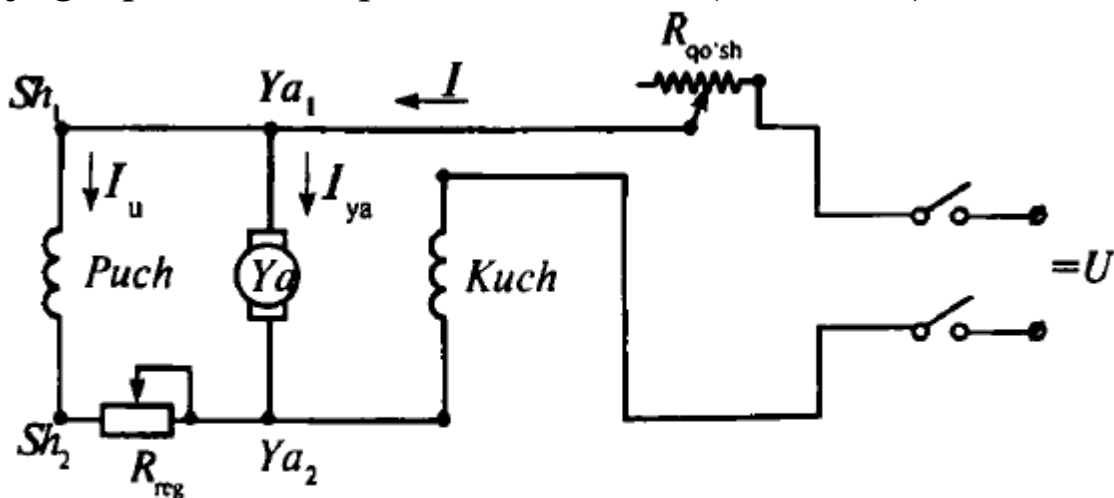
$$\text{Bundan } n = \frac{U - I \cdot R_{ya}}{C \cdot \Phi}$$

Agar magnit oqimining uyg'otish tokiga proporsionalligini ($I_{ya} = F$) nazarda tutsak, yakorning aylanish tezligini uyg'otish tokini o'zgartirish yo'li bilan ravon, bir tekis o'zgartirish mumkinligi formuladan ko'rinib turibdi. Asosiy tenglama yakor tokiga nisbatan yechilsa, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$I = \frac{U - C \cdot n \cdot \Phi}{R_{ya}}.$$

Dvigatelni yurgizish paytida yakorning aylanish tezligi $n = 0$ bo'ladi, demak, yakorning kuchlanishiga qarshi yo'nalgan EYK $E = c \cdot n \cdot \Phi$ ham nolga teng bo'ladi. Yakor chulg'aming qarshiligi juda kichik bo'lgani uchun dvigatelning toki nominal tokdan $10 \div 20$ marotaba katta bo'ladi. Katta tok o'tganda yakorning chulg'ami kuyib ketishi mumkin. Bunday rejim

shikastlanish (avariya) rejimi deyiladi. Bunday rejimlarga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi. Shu sababli, dvigatel tarmoqqa ulanadigan zanjirga qo‘shimcha qarshilik kiritiladi (5.12-rasm).



5.12-rasm. Dvigatel tarmoqqa ulanadigan zanjirga qo‘shimcha qarshilik kiritilgan.

Dvigatel elektr tarmog‘iga qo‘shilgan paytda qo‘shimcha qarshilik eng katta qiymatiga oshib borgan sari, EYK ning kattaligi ham osha boradi, yakor toki esa kamayadi, keyin qo‘shimcha qarshilik kamaytiriladi.

O‘zgarmas tok dvigatellari ham generatorlar kabi mustaqil va o‘z-o‘zini uyg‘otish dvigatellariga bo‘linadi.

Dvigatelning aylanma momenti formulasi: $M_{ya} = K \cdot \Phi \cdot I_{ya}$. Demak, momentning tokka bog‘liqligi to‘g‘ri chiziqli ekan. Dvigatelning FIK:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%,$$

bunda P_1 — dvigatelning elektr tarmog‘idan oladigan quvvati.

VI. BOB. ELEKTR TA'MINOTI

6.1. Elektr iste'molchilar. Elektr iste'molchilarning ishonchlilik darajasi.

Elektr energiyasini energiyaning boshqa turiga o'zgartirib beruvchi barcha uskuna, asbob va qurilmalarga elektr iste'molchilar deyiladi. Masalan, elektr dvigatel elektr energiyasini mexanik energiyaga, elektr lampochka — yoritish energiyasiga, dazmol — issiqlik energiyasiga aylantirib beradi. Elektr iste'molchilar kuchlanishi, fazalar soni va boshqa kattaliklari bilan bir-biridan farq qiladi.

Iste'molchilar uchta rejimda ishlaydi. Bu rejim dvigatelning yoki boshqa qurilmaning me'yoriy haroratiga qarab belgilanadi. Ish jarayonida elektr uskuna va qurilmalarning harorati me'yordan oshmagan holda ularni ishlab chiqargan zavod tomonidan belgilangan ishlash muddati ta'minlanadi. Shu asosda qurilmalarning ish rejimi aniqlanadi.

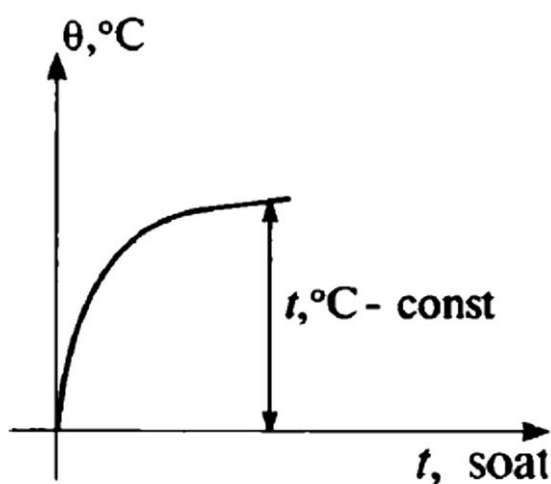
1. Uzoq muddat to'xtamay ishlaydigan dvigatellar. Ularning ishlash rejimi atrof-muhitga ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori bilan belgilanadi. 6.1-rasmda ko'rsatilgan egri chiziq shu dvigatel ishini ko'rsatadi. Dvigatel ishga tushgandan so'ng ma'lum vaqt o'tgach, undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori atrof-muhitga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga tenglashadi va dvigatelning harorati uzoq muddat, 2—3 smena davomida (14 soat) o'zgarmaydi. Dvigatelning o'zgarmas haroratini pasaytirish maqsadida uning atrof-muhit bilan to'qnashuvchi korpusi yuzasini kengaytirish lozim bo'ladi.

2. To'xtab-to'xtab ishlaydigan dvigatellar. Bu rejimda ishlaydigan dvigatellarga tokarlik dastgohi sovitgichini misol qilib keltirish mumkin. Bunday dvigatel ma'lum vaqt ishlaydi, keyin tarmoqdan avtomatik tarzda uziladi va t_2 vaqtdan keyin

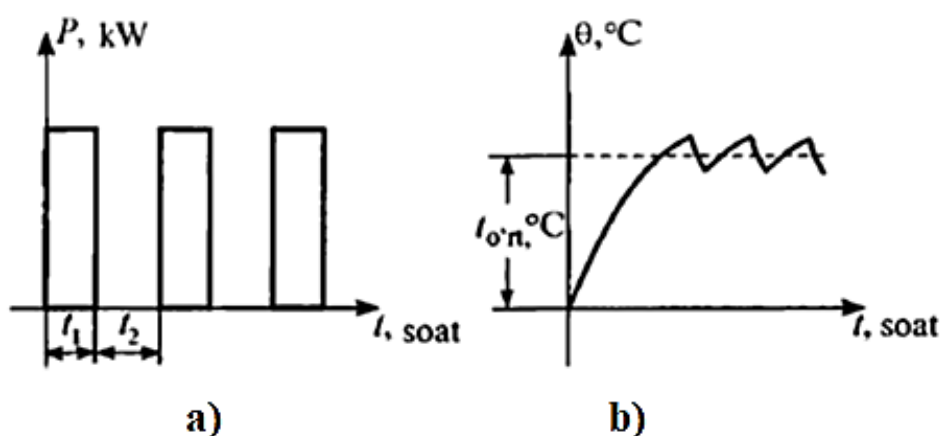
qayta ulanadi. 6.2-rasmda bu dvigatelning ishlash rejimi (a) va haroratining o'zgarishi egri chizig'i (b) ko'rsatilgan.

Bu rejimda ishlaydigan dvigatellarning pasportida ularni qo'shimcha xarakterlovchi kattalik — qayta ulanish vaqti foiz hisobida ko'rsatiladi va dvigatelni tanlashda hisobga olinadi:

$$PV, \% = \frac{t_1}{t_1 + t_2}.$$



6.1-rasm. Egri chiziq shu dvigatel ishi.



6.2-rasm. Dvigatelning ishlash rejimi (a) va haroratining o'zgarishi egri chizig'i (b) ko'rsatilgan.

Dvigatelning nominal quvvati

$$P_{nom} = m_n \cdot \sqrt{PV},$$

bunda — dvigatelning ishlash vaqti, t_2 — dvigatelning tarmoqdan uzilgan vaqti, P_N — dvigatelning pasportda ko'rsatilgan quvvati.

1. Qisqa muddatli rejimda ishlaydigan dvigatellar. Bir sutka davomida bir yoki yarim soatgina ishlaydigan uskuna va mexanizmlar shular jumlasidandir. Masalan, kemalarni o'tkazib yuborish uchun ko'prikn ajratadigan uskuna. Bu rejimda ishlovchi iste'molchilarning ishlash vaqti sovitilish vaqtidan ancha qisqa.

Umumsanoat iste'molchilari ham mavjud. Bu iste'molchilarga kompressorlar, ventilatorlar, nasoslar va ko'tarib tashuvchi mexanizmlar kiradi. Bu mexanizmlarning ishlash rejimi sanoatning qay sohasidan qat'i nazar bir xil va quvvati 0,22 dan 1000 kW gacha bo'ib, 1- turga kiradi. Masalan, agar nasosning ishi ishlab chiqarish texnologiyasi bilan bog'liq bo'lsa, elektr ta'minotidan uzilishi katta talafotlarga olib kelishi mumkin. Ko'pincha texnologik rejim katta bosimli havo bilan bog'liq bo'ladi va hokazo.

2- tur dvigatellar — mahsulot ishlab chiqarish texnologiyasi bilan bevosita bog'liq 1- tipli iste'molchilar. Masalan, n dona ip yigiruvchi dastgohlar.

Elektr energiyasini iste'mol qilish nuqtai nazaridan elektr iste'molchilar quyidagi guruhlarga bo'linadi:

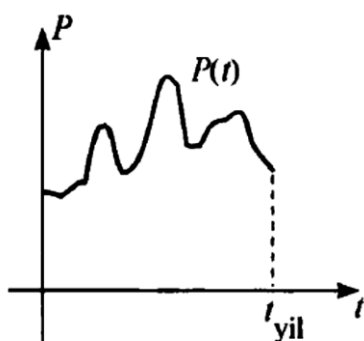
a) elektr yuritmalar. Elektr energiyasini elektr dvigatellar orqali mexanik energiyaga o'zgartiradi, turli dastgohlarda ishlatiladi. Bu xil iste'molchilar eng katta guruhni tashkil etadi;

b) yoritish uskunolari. Ko'pincha bir fazali iste'molchi bo'lib, elektr energiyasi yoritish energiyasiga aylantiriladi. Umuman olganda yoritish uchun umumiy quvvatning 10— 15% i sarflanadi;

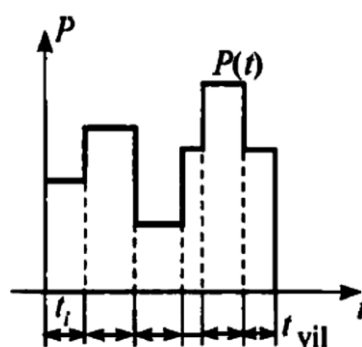
d) elektrotermik yoki termik uskunalar. Elektr energiyasi issiqlik energiyasiga o'zgartiriladi. Bunday iste'molchilarga elektrotexnik po'latning eng sifatli ko'rinishlarini ishlab chiqaruvchi elektrotermik uskunalar kiradi;

e) elektrotexnologik uskunalar. Elektr energiyasi bevosita ishlab chiqarish texnologiyalarida ishlatiladi. Masalan, elektrolit uskunalari, elektr payvandlash, chigitni saralash va hokazo.

Har bir iste'molchining smena, sutka, kvartal va yil davomidagi iste'mol qilgan quvvati grafiklari olinadi. Bu grafiklar elektr iste'molini hisoblash, iste'molchi va tarmoq o'rtasidagi oldi-sotdi munosabatlari va elektrotexnik uskunalarni tanlashda katta ahamiyatga ega. Har bir ishlab chiqarishning o'ziga xos iste'mol grafigi mavjud va bu grafiklar ma'lumotnomalarda ko'rsatiladi. Iste'mol grafiklari o'lchash asboblari yordamida aniqlab olinadi. Ikki xil o'lchash asbobi bor. Birinchisi iste'molni uzluksiz o'lchaydigan asbob. Elektr o'lchash asbobining bu turi bilan olingan iste'mol grafigi 6.3-rasmda, elektr hisoblagichidan olingan ma'lumot asosida tuzilgan iste'mol grafigi 6.4-rasmda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, 6.3-rasmdagi grafik aniqligi yuqori, chunki har bir nuqtaning iste'moli o'lchanadi. 6.4-rasmda ko'rsatilgan grafikda esa umumiy iste'mol oddiy yig'indi asosida aniqlangan.



6.3-rasm.



6.4-rasm.

Ikkinchi usul aniqligi uncha yuqori bo'lmasa ham oddiy. Ko'pincha aynan ana shu usul muhandislik hisoblarida qo'llanadi.

Elektr iste'mol grafiklari har bir iste'molchi uchun, bir guruh uchun, bir xil xossalari iste'molchilar uchun, butun korxona uchun olinishi mumkin. Amalda grafik bir kvartal yoki yil uchun olinadi. Shu asosda korxona va tarmoq orasida hisob-kitoblar amalga oshiriladi.

Elektr iste'molchilarning ishonchlilik darajasi. Barcha iste'molchilar elektr bilan ta'minlashning uzluksizligi bo'yicha uchta ishonchlilik darajasiga bo'linadi:

1. Birinchi darajali iste'molchilar jumlasiga elektr iste'moli uzilganda odamlarning hayotiga xavf tug'diruvchi, ishlab chiqarish texnologiyasi uzoq muddatga buzilib, katta miqdorda iqtisodiy zarar keltiruvchi iste'molchilar kiradi.

2. Ikkinchi darajali iste'molchi deb, elektr iste'moli uzilganda ishlab chiqarish mahsulotlarining katta miqdori buzilishiga olib keladigan iste'molchilarga aytiladi.

3. Uchinchi darajali iste'molchilar jumlasiga birinchi va ikkinchi darajali iste'molchilarga kirmaydigan iste'molchilar kiradi.

6.2. Elektr ta'minoti sxemalari.

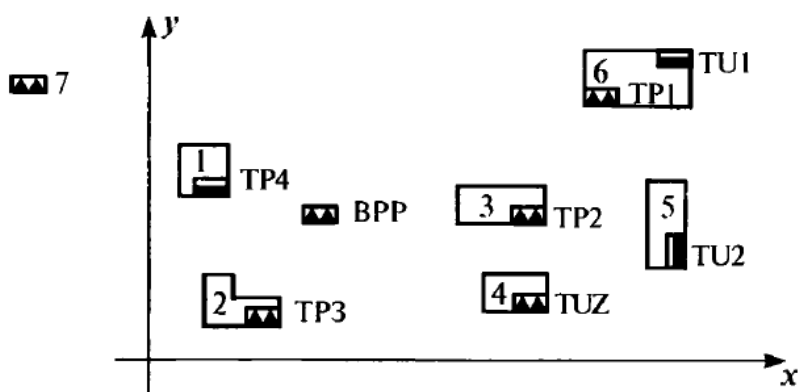
Sanoat korxonalarining elektr ta'minoti sxemasi shartli ravishda ichki elektr ta'minot va tashqi elektr ta'minot sxemalariga bo'linadi. Taqsimlash yoki mahalliy elektr tarmoqlariga sanoat korxonalarining tashqi elektr ta'minoti sxemasi sifatida qaraladi.

Sanoat korxonasi quriladigan joy ma'lum bo'gandan keyin uning tashqi ta'minot sxemasi tanlanadi. Tashqi elektr ta'minot sxemalarining uch ko'rinishi mavjud:

1. Korxona hududida 35/6 yoki 35/10 kVli pasaytiruvchi podstansiya qurish va korxonaning ichki hududida elektr energiyasini sexlar va bo'limlarga 6 yoki 10 kV li kuchlanishda taqsimlash.

2. Korxona hududida 6 yoki 10 kV li taqsimlash uskunasi qurish, sexlar va bo'linmalarga elektr energiyasini 6 yoki 10 kV li kuchlanishda uzatish.

3. Tarmoq 35/6 yoki 35/10 kV li pasaytiruvchi podstansiyadan kabel EULni bevosita sex 6/0,4 yoki 10/0,4 kV li pasaytiruvchi podstansiyalar bilan bog'lash. Ana shu elektr ta'minot sxemasini ko'rib chiqamiz.



6.5-rasm. Sanoat korxonasi va tarmoq podstansiyasi.

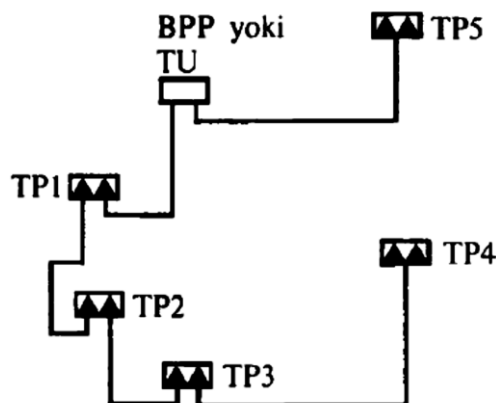
1-nasoslar, 2-2-sex, 3-3-sex, 4-kompressorlar, 5 – ma'muriy bino, 6 – asosiy ishlab chiqarish binosi, 7 – elektr tarmog'iga qarashli podstansiya.

Faraz qilaylik, 6.5-rasmda sanoat korxonasi va tarmoq podstansiyasi, ya'ni elektr tarmoqlar boshqarmasiga qarashli 35/10 yoki 35/6 kV kuchlanishli podstansiya berilgan. Korxonaning elektr ta'minoti tizimini (ETT) loyihalashtirish kerak. Har bir sex yoki bo'linma va butun korxonaning elektr yuklamasi (nagruzkasi) jadvaldan aniqlanadi.

Loyihalashtirishning birinchi bosqichida tashqi elektr ta'minoti tanlanadi. Yuqorida ko'rsatganimizdek, bu masala uch variantda yechilishi mumkin. Shuni hisobga olish kerakki,

transformatorlarning isrofi uning pasport kattaliklariga bog‘liq bo‘lsa, havo yoki kabel EULning isrofi uning masofasiga va kuchlanishiga bog‘liq:

$$\Delta m_{EUL} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l.$$



6.6-rasm. TP1, TP2, TP3, TP4 magistral sxema bo'yicha elektr bilan ta'minlash.

Faraz qilaylik, tarmoq podstansiyadan BPPgacha birinchi variant sifatida 35 kV li EUL, ikkinchi variantda 10 kV li EUL qurishni mo'ljallasak, birinchi variantda ikkinchi variantga nisbatan isrof keskin kamayadi, chunki yuqoridagi formula maxrajida $U^2_H = 35^2 = 1225$, ikkinchi variant maxrajida $U^2_H = 10^2 = 100$. Demak, isrof 1,225 marotaba kam bo'ladi. Lekin kapital xarajat ko'payadi, chunki 35 kV li EUL transformatorlari va kommutatsion apparatlari 10 kV liga nisbatan ancha qimmat. Shuning uchun tarmoq podstansiyasi va BPP orasidagi masofa, korxonaning umumiy quvvati va hokazolarni nazarga olib ikkala variant hisoblanadi hamda elektr tarmoqlarda texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni hisoblash asosida istalgan variant qabul qilinadi.

Agar birinchi variant qabul qilinsa, yuklamalar markazida 35/0 yoki 36/6 kV li pasaytiruvchi podstansiya qurilishi lozim. Sex va bo'linmalargacha kabel EUL 10 yoki 5 kV li bo'ladi.

Agar ikkinchi variant qabul qilinsa, korxonaning ichki sxemasi quyidagicha bo'lishi mumkin:

1. Yuklanmalar markazida 10/0,4 yoki 6/0,4 kV li podstansiya quriladi. Barcha sex va bo'limlar 0,4 kV kabel EUL orqali elektr bilan ta'minlanadi. Ushbu variant arzon bo'lsa ham korxonaning ichki EULda isrof ancha katta bo'ladi.

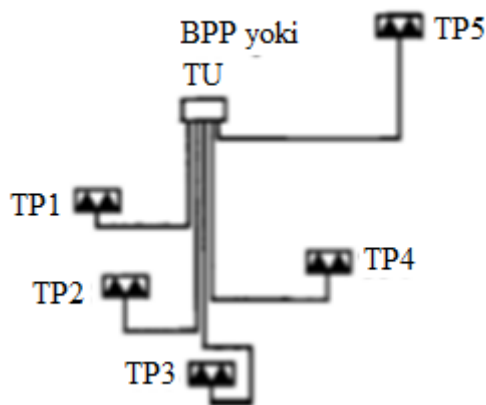
2. Yuklanmalar markazida 10 kV li taqsimlash uskunasi quriladi.

Barcha sex va bo'limlar 10 yoki 6 kV li EUL orqali elektr bilan ta'minlanadi. Har ikki yoki uchta sex yoki bo'linma uchun bitta 10/0,4 yoki 10/0,6 kV li podstansiya quriladi.

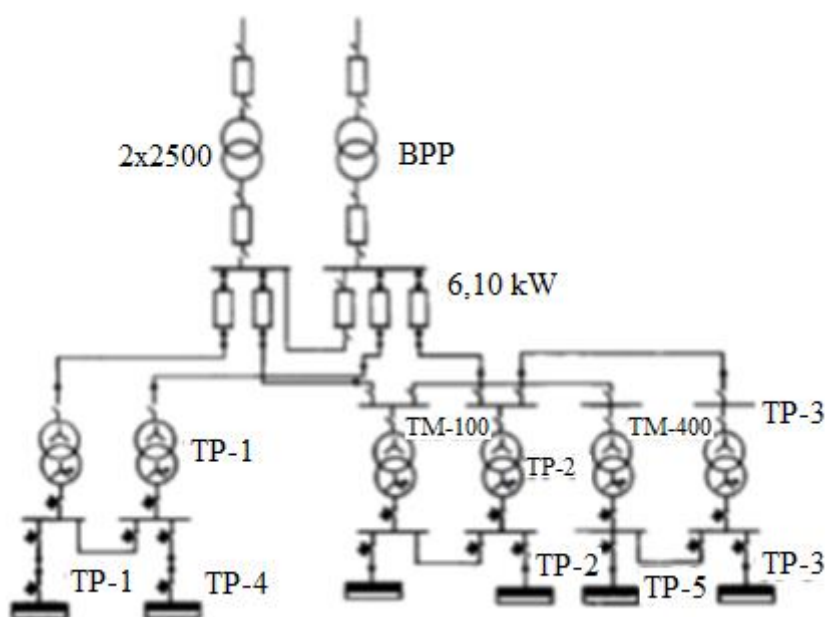
Korxonaning ichki elektr ta'minotining kuchlanishidan qat'i nazar BPP, taqsimlash uskunasi, sex va bo'linmalar radial yoki magistral sxemada qurilishi mumkin. Radial sxema bo'yicha barcha sex yoki bo'linma podstansiyalari BPP yoki taqsimlash uskunasi bilan alohida kabel EUL orqali elektr bilan ta'minlanadi. Magistral sxemada sex yoki bolinma podstansiyalari ketma-ket ulanadi. 6.6-rasmda TP1, TP2, TP3, TP4 magistral sxema bo'yicha elektr bilan ta'minlash ko'rsatilgan. TP5 magistral sxemani kiritish befoyda, chunki bu holda kabel EUL ning uzunligi oshadi. Vaholanki, magistral sxemani qo'llashdan asosiy maqsad korxonaning ichki elektr ta'minotida kabel EUL ning uzunligini iloji boricha kamaytirish, ya'ni tejashdir. Magistral sxema qo'llanilganda butun elektr ta'minoti tarmoqlarining ishonchliligini kamaytirmasligi kerak.

Shuning uchun iste'molchilar yuqori ishonchlilikni talab qilganda, elektr ta'minot tizimi 6.7-rasmda ko'rsatilganday radial sxemada bajariladi.

6.8-rasmda elektr ta'minot tizimining magistral bir liniyal sxemasi ko'rsatilgan.



6.7-rasm. Elektr ta'minot tizimi radial sxemasi.



6.8-rasm. Elektr ta'minot tizimining magistral bir liniyalı sxemasi.

6.3. Elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari.

Hozirgi bozor iqtisodiyoti tobora rivojlanib borayotgan vaqtda iqtisodiy ko'rsatkichlar katta ahamiyatga ega.

Iqtisodiy ko'rsatkichlarni chuqur o'rganish talab etiladi. Elektroenergetikada iqtisodiyotning asosiy ko'rsatkichlari quyidagilar:

1. Kapital mablag', K bilan belgilanadi. Davlat va boshqa muassasalar, xorijiy banklar va shaxsiy mablag'lar hisobidan shakllanuvchi mablag' bo'lib, inshootlar, ya'ni elektr uzatish liniyalari, stansiya, podstansiya va boshqa elektroenergetika inshootlari qurilishiga sarflanadi.

2. 1 kW·soat elektr energiyasining narxi, β bilan belgilanadi.

3. Elektr tarmoqdan yil davomida foydalanishning umumiy xarajatlari, I bilan belgilanadi.

4. Elektr energiyasi tannarxi, β_0 bilan belgilanadi.

5. Ziyon. Elektr bilan ta'minlash uzilganda sanoat korxonasi ko'rgan ziyon, U bilan belgilanadi.

6. Elektr stansiya, EUL, podstansiyalar xarajatlarining sof daromad hisobidan qoplanadigan vaqt, T_0 bilan belgilanadi.

Elektr sistemaning kapital mablag'i uning tashkil qiluvchilari, ya'ni elektr stansiya, podstansiya, EUL ning kapital mablag'laridan iborat.

$$K_{el.sist} = K_{el.st} + K_{p.st} + K_{EUL} + K_{taqs.uskun}$$

Ko'pincha, taqsimlash uskunalari deganimizda elektr podstansiya tushuniladi. Lekin, ayrim hollarda taqsimlash uskunalari alohida quriladi.

Elektr sistema inshootlaridan yil davomida foydalanish xarajatlari. Bu kattalik quyidagi tashkil qiluvchilardan iborat:

$$H = H_1 + H_2 + \Delta H,$$

bunda H_1 — inshootdan foydalanishdagi xarajatlar, ya'ni joriy ta'mirlash va xizmatchilarning maoshi, H_2 — renovasion xarajatlar, ya'ni fizika va ma'naviy jihatdan eskirgan uskunalarni almashtirish uchun sarflanadigan xarajatlar:

$$H_1 = a_0 \cdot K,$$

bunda: a_0 — ma'lumotnomalardan olinadigan koeffitsiyent, K — kapital mablag'.

Hali foydalansa bo'ladigan, lekin texnik ko'rsatkichlari iqtisodiy talablarga javob bermaydigan asbob-uskunalar ma'naviy eskirgan deyiladi. Fizik jihatdan eskirganlari foydalanib bo'lmaydigan uskunalardir:

$$H_2 = a_1 \cdot K,$$

bunda a_1 — ma'lumotnomalardan olinadigan koeffitsiyent.

Elektr tarmoq isrofining qiymati:

$$\Delta H = \Delta A \cdot \beta_1,$$

bunda ΔA — elektr tarmoqda, ya'ni elektr uzatish liniyalarida va transformatorlarda isrof bo'lgan elektr energiya miqdori, β_1 — 1 kW · soat elektr energiyasi miqdori.

Ikki va undan ortiq elektr tarmoq yoki sanoat korxonasining elektr ta'minot tizimini tuzish variantlari orasida, yuqorida ko'rib chiqqan sxemalar asosida, eng arzon quyidagi ifoda asosida topiladi:

$$Z = E \cdot K + H + Y,$$

bunda: Z — barcha xarajatlarning keltirilgan qiymati, $E = \frac{1}{T_0}$ - samaradorlik koeffitsiyenti. Bu koeffitsiyent sof daromad hisobidan kapital xarajatni qoplash vaqtiga teskari proporsionaldir. Agar T_0 — 6 yil bo'lsa, $E = \frac{1}{T_0} = 0,12$.

Elektr tarmoqlaridan foydalanishda eng muhim narsa bu isrofni kamaytirishdir.

VII. BOB. ELEKTRONIKA ASOSLARI

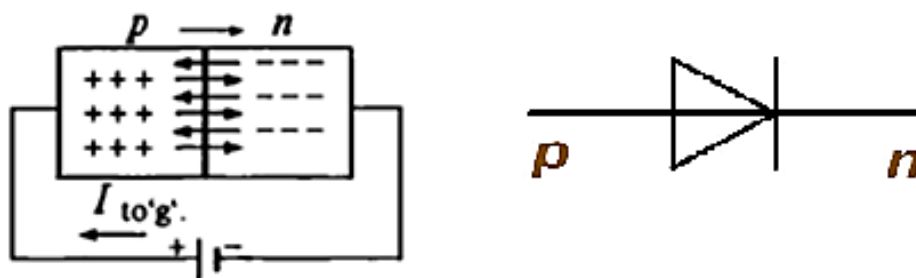
7.1. Yarimo'tkazgichli asboblari.

Elektronika — gaz, qattiq jism, vakuum va boshqa muhitda elektromagnit maydon ta'siri natijasida hosil bo'lgan elektr o'tkazuvchanlikni o'rganish va undan foydalanish masalalari bilan shug'ullanuvchi fan sohasidir.

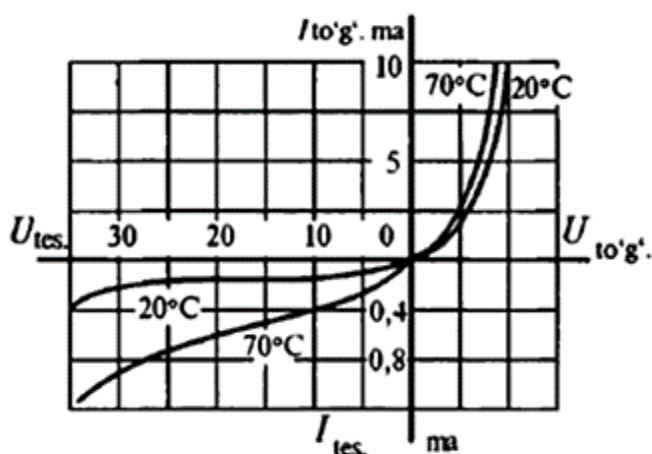
Qaysi muhitda elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'lishidan qat'i nazar, bu o'tkazuvchanlik zaryadlangan zarrachalarning (elektron, ion va hokazo) harakati bilan bog'liq.

Raqamli texnologiyalarning rivoji hozirgi zamon avtomatika va telemexanika, kosmik va harbiy texnika, hisoblash texnikasining rivoji, aynan elektronika fanining nazariy va amaliyotining misli ko'rilmagan darajadagi rivojlanganiga asoslangan. Ishonch bilan ta'kidlash mumkinki, yaqin yillarda mikroelektronika deb atalmish elektronika fani bir qismining rivojlanishi hayotning barcha sohalariga, sanoat ishlab chiqarishi, sotsial-ijtimoiy, uy-ro'zg'or, qurilish va hokazolarga katta ta'sir ko'rsatadi. Elektronika fanining rivojlanishiga elektrovakuum asboblari asos bo'ldi. Bu asboblari hozirgi vaqtda qo'llanilmaydi. Lekin elektron asboblarning ishlash prinsipini aynan shu priborlar misolida ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir.

Ikkita p -turli va n -turli tutashgan yarimo'tkazgichlar p - n -o'tish deyiladi. Yarimo'tkazgichli diodning xarakteristikasi mana shu p - n -o'tishning xossalarini aniqlaydi. 7.1-rasmda p - n -o'tish va diodning shartli belgisi ko'rsatilgan.



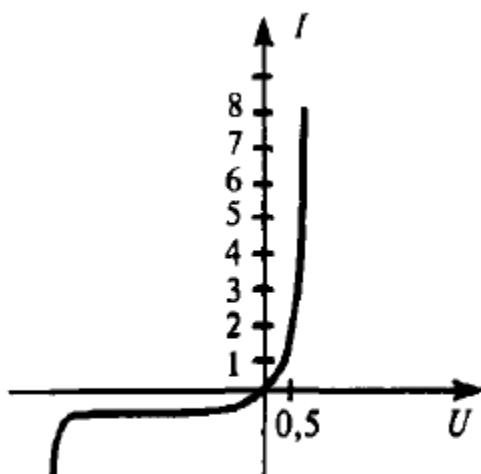
7.1-rasm. p - n -o'tish va diodning shartli belgisi.



7.2-rasm. Diodning xususiyati tasvirlangan grafik.

Ma'lum yo'nalishli kuchlanish p - n -o'tishning qarshiligini keskin kamaytiradi, demak, tok o'tadi. Bu p - n -o'tishning ochiq "to'g'ri" yo'nalishidir. p - n -o'tishga, ya'ni diodga "teskari" kuchlanish bilan ta'sir etilsa, p - n -o'tish yopiladi, ya'ni uning qarshiligi keskin kamayadi, tok deyarli nolga teng bo'ladi. Yarimo'tkazgichli diodning volt-amper xarakteristikasi aynan ana shu xossani aks ettiradi. To'g'ri " U_G " kuchlanish bilan ta'sir etganda, p - n -o'tishga ta'sir qiluvchi elektr maydon qarshilikni keskin kamaytiradi, tok esa keskin oshadi. Bu kuchlanish teskari ishorali bo'lganda, kuchlanish o'nlab marotaba oshganiga qaramasdan, (7.2-rasm) tok kichik bo'ladi. Bu diodning asosiy xususiyati hisoblanadi. Agar yarimo'tkazgichli diod va lampani diodning volt-amper xarakteristikasiga solishtirsak, har ikkala

asbob tokni bir tomonlama o‘tkazish xususiyatiga ega ekanligini ko‘ramiz, lekin yarimo‘tkazgichli diodda bu xususiyat yaqqolroq namoyon bo‘ladi. Tuzilishiga ko‘ra yarimo‘tkazgichli diodlar: “nuqtali” va “yalpoqli” diodlarga bo‘linadi. Ular volt-ampere xarakteristikalarining umumiy ko‘rinishida farq kam. “Nuqtali” diodlarning “to‘g‘ri” toki kichik, lekin katta chastotaga, bir necha Mgs moslangan. 7.3-rasmda ham yalpoqli, ham nuqtali diodning volt-ampere xarakteristikasi ko‘rsatilgan. Atrof-muhitning harorati 20°C bo‘lganda o‘tayotgan tok $I_t=400$ A dan ham oshishi mumkin. 7.3-rasmda nuqtali diodning volt-ampere xarakteristikasi ko‘rsatilgan. Atrof muhitning harorati 20°C bo‘lganda eng kata tok 10 A dan oshmaydi.



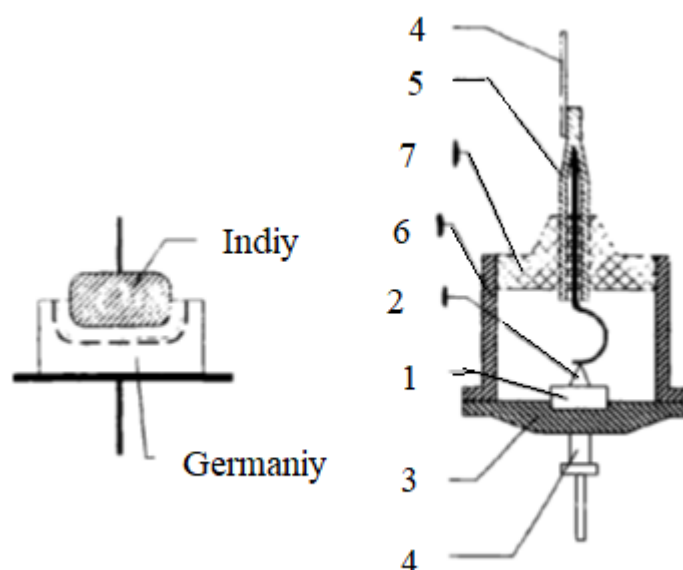
7.3-rasm. Nuqtali diodning volt-ampere xarakteristikasi.

Quyidagi jadvalda nuqtali va yalpoqli diodlarning asosiy ish kattaliklari keltirilgan.

7.1-jadval

Diod turlari	Ruxsat etilgan to‘g‘ri tok, A	Ruxsat etilgan teskari kuchlanish, B	Teskari qarshilik, MOM
Nuqtali	÷0,01 0,1	÷25 150	÷0,5 10
Yalpoqli	÷ 0,1 500	÷ 50 600	÷0,01 1,0

Agar teskari kuchlanishni uning ruxsat etilgan qiymatidan oshirsak (jadvalda ko'rsatilgan), teskari tok keskin oshadi, diodning harorati juda ko'tarilib shikastlanadi, ya'ni elektr teshilish yuz berib, diod yemiriladi. Lekin, haroratning yo'l qo'yib bo'lmaydigan qiymatgacha ko'tarilishining oldini olsak, diod teskari kuchlanishda ishlashi mumkin. Bunday asbob stabilitron deyiladi. Bu asbob elektr zanjiri yoki mexanizmlarning kuchlanishi ma'lum qiymatdan oshib ketmasligini ta'minlaydi. Demak, stabilitron elektron mexanizm yoki uning bir qismining kuchlanishini ma'lum kattalikdan oshmasligini ta'minlovchi asbob ekan. Haroratning yo'l qo'yib bo'lmaydigan qiymatgacha ko'tarilishining har xil usullar bilan oldi olinadi. Masalan, puflab stabilitron atrofini biroz sovitish. Diodlar va stabilitronlar elektron mexanizmlarda keng qo'llaniladi.



7.3-rasm. Yassi germaniyli diod. 1 – germaniy kristali, 2 – indiy kristali, 3 – Kristal tutqich, 4 – pastki va tepadagi qismlari, 5 – ichki qism, 6 – metal tanasi, 7 – shishali izolyator.

To'g'irlagichli diodlar o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Kichik va o'rtacha quvvatli yassi diodlar radioapparatlari, avtomatika tizimlari va hisoblash texnikalarini elektr ta'minlash sxemalarida keng ishlatiladi. Katta

quvvatli diodlar dastgoxdarni va mexanizmlarni harakatga, keltiriladigan elektr dvigatellarni o'zgaras tok bilan ta'minlash uchun ishlatiladi.

Yuqori chastotali diodlar. Yuqori chastotali diodlar tebranishlarni detektorlash va modulyatsiya qilish uchun ishlatiladi. Hozirda bu sohada mikroqotishmali yuqori chastotali yassi xil $p-n$ o'tishli yarim o'tkazgichli diodlar keng qo'llaniladi. Ularda $p-n$ o'tishning yuzasi juda kichik bo'ladi va elektrokimyoviy usul bilan tayyorlanadi. Nuqtaviy diodlarga nisbatan ularda ruxsat berilgan toklar katta tok, va teskari ulashda tavsifi yaxshiroq, bo'lar ekan.

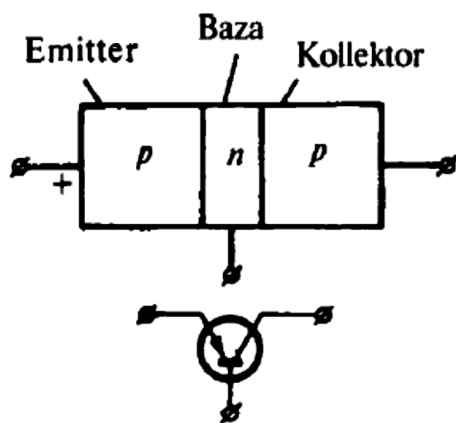
Impulsli diodlar. Impulsli diodlar impulsli sxemalarda ishlatiladi. Bu diodlarning asosiy xususiyati shundaki, kuchlanishning qutblari almashtirilganda zaryadlar tashuvchilarning yangidan taqsimlashi juda tez, nanosekundning o'ndan bir necha ulushlari o'tadi. O'tish jarayonlarini tezlatish uchun elektrodlar orasidagi sig'imini kamaytirishi bilan germaniy va kremniyni oltin bilan legirlashtiradi.

Diodlarning turlari va belgilanishlari 3-ildovada keltirilgan.

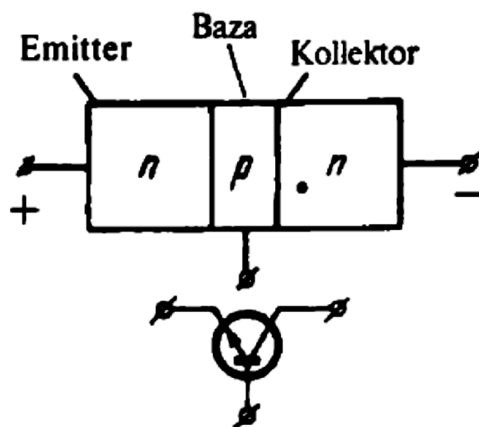
7.2. Transiztorlar va tiristorlar.

Tranzistor — ikki va undan ortiq $p-n$ -o'tishdan tuzilgan yarimo'tkazgich asbob bo'lib, signalni kuchaytirish yoki signalni shakllantirish uchun xizmat qiladi. Signal axborot tashuvchi elektr kattalik, tok yoki kuchlanish bo'lishi mumkin. Axborot tok yoki kuchlanishning amplitudasi, chastotasi yoki boshlang'ich fazasi orqali, masalan, ovoz elektromagnit amplitudasi orqali ifodalanadi. Bu elektromagnit to'lqin alohida qabul qiluvchi mexanizm yordamida tok yoki kuchlanishga aylantiriladi. Bu signal kuchaytiriladi va qator qayta ishlashlardan keyin radiodinamik mexanizmida ovozga aylantiriladi.

Tranzistorlar ikkita p - n -o'tishdan iborat bo'lib, bu o'tishlar navbatlashib kelishiga qarab ikki turga bo'linadi: p - n - p — tranzistor va n - p - n — tranzistor. Tranzistorlarda uchta qatlam bo'lib, o'rtadagi qatlam baza deb, ikki tomondagisi emitter va kollektor deb ataladi.



7.4-rasm.



7.5-rasm.

Emitter qatlami zaryadlangan zarrachalar (elektronlar va teshiklar) bilan ta'minlovchi qatlamdir.

Kollektor — zaryadlarni qabul qiluvchi qatlam. 7.4-rasmda p - n - p — triodning qatlamlari va ularning shartli belgilanishi ko'rsatilgan.

Tranzistor qutblarining ishorasi ularni ulash sxemasiga bog'liq. Sanoat elektrotexnikasida ko'pincha umumiy emitter sxema qo'llaniladi (7.6-rasm). 7.7-rasmlarda umumiy emitter sxemaning xarakteristikasi ko'rsatilgan.

Yarimo'tkazgichli triodning me'yoriy ishlashi diodnikiga o'xshash bo'lib, uning haroratiga bog'liq. Umuman, yarim o'tkazgichli barcha asboblarning ishlash xususiyati atrof-muhitning, demak, uning o'zining haroratiga bog'liq.

Tiristor — yarimo'tkazgichli boshqariladigan diod bo'lib, bu asbobda anod va katod tokining boshqarish imkoniyati mavjud. U to'rt qatlamli p - n -o'tishdan iborat va P_2 qatlamidan alohida qutb

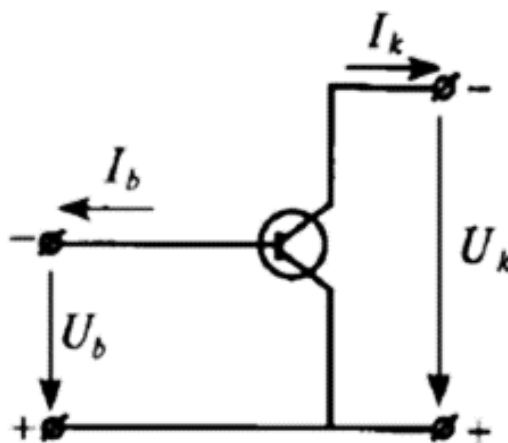
chiqariladi (7.8-rasm). Undan boshqarish toki I_b o'tganda anod — katod qarshiligi $R_A = 0$, demak, zanjirdan tok o'tadi. Boshqarish qutbiga alohida manba ulanadi. 7.8-rasmda tiristorning qatlamlari, shartli belgisi va volt-amper xarakteristikasi ko'rsatilgan.

Bu yarimo'tkazgichli asbob chastota o'zgartirgichlarda ko'p qo'llaniladi.

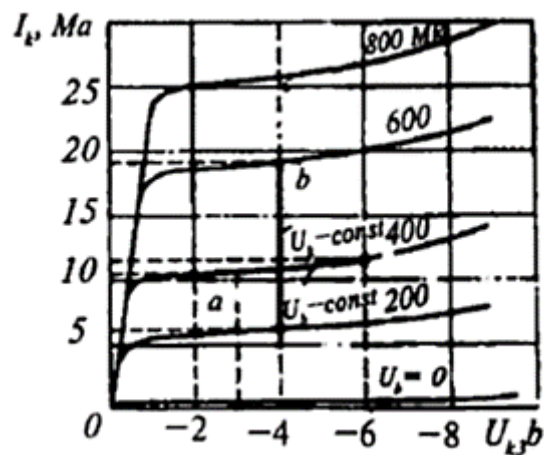
Yarimo'tkazgichli fotodiod. Fotodiod — bitta yoki ikkita p - n -o'tishdan iborat yarim o'tkazgichli asbob bo'lib, uni yoritganda qarshiligi keskin kamayib ketib tok o'tkazadi. 7.9-rasmda fotodiodning shartli belgisi va ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Bu asbob avtomatik boshqarish va nazorat uskunalarida qo'llanadi. Bu asbobning diodga o'xshash ikkita: tokni o'tkazuvchi va o'tkazmaydigan holatlari mavjud.

Ikkita holatda ishlaydigan asboblarni, masalan, elektron yoki yarimo'tkazgichli diodni "ventil" tushunchasi bilan ham ifodalash mumkin. Fotodiod "ventilli fotodiod" deb ham ataladi.

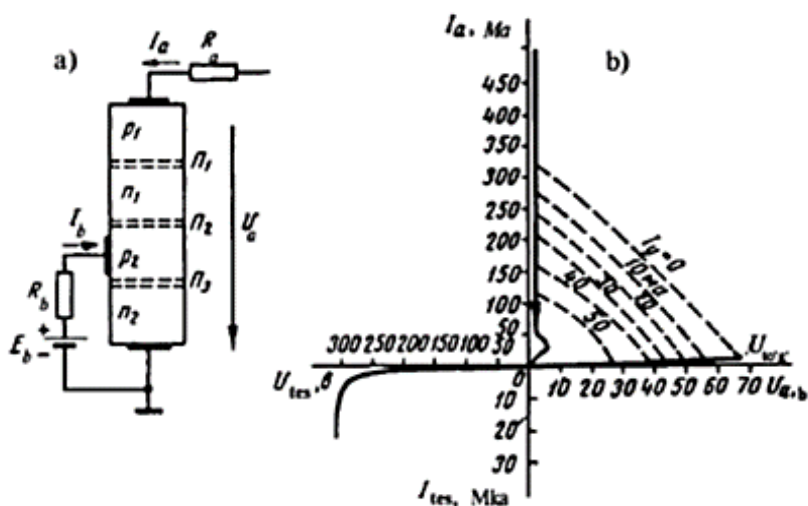
Fotorezistor ham yarimo'tkazgichli asbob bo'lib, uning qarshiligi yorug'lik oqimiga nisbatan uzluksiz o'zgaradi 7.10-rasmda shu o'zgarish oqimining egri chizig'i ko'rsatilgan.



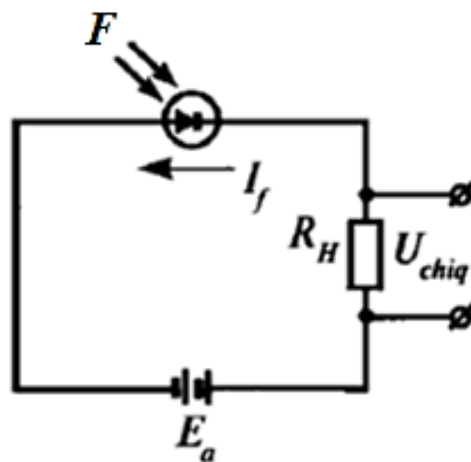
7.6-rasm. Umumiy emmitterli sxema.



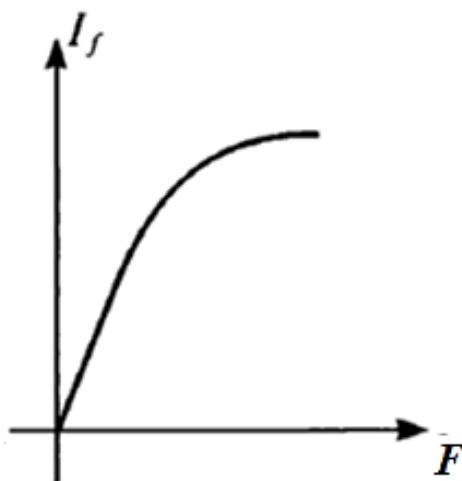
7.7-rasm. Umumiy emmitterli sxemaning xarakteristikasi.



7.8-rasm. Tiristorning qatlamlari, shartli belgisi va volt-amper xarakteristikasi.



7.9-rasm. Fotodiodning shartli belgisi va ulanish sxemasi.



7.10-rasm. O'zgarish oqimining egri chizig'i.

7.3. Mikrosxemalar to'g'risida tushuncha.

Hozirgi vaqtda mikrosxemalar, EHM, avtomatik sistemalarda, o'lchash va nazorat sistemalarida, xullas, raqamli texnologiya qo'llaniladigan barcha sohalarda qo'llaniladi. Mikrosxema — yig'ilgan juda kichik elektron mexanizmdir.

Integral mikrosxema (IMS) — ma'lum funksional vazifani bajaruvchi mikrosxema. Funksional vazifasiga ko'ra, IMS signalni o'zgartiruvchi, qayta ishlovchi, axborotni to'plovchi va hokazo ko'rinishda ishlanadi. IMSning asosiy xususiyati shundan iboratki, u ma'lum funksional vazifani to'la bajaradi, ya'ni IMS kuchaytirgich, trigger, turtkilar, hisoblagich, mantiqiy mexanizm va hokazo.

Mikrosxemada butun bir mexanizm kichik bir hajmda simsiz, bevosita zavodning o'zida, mahsulot birligi sifatida ishlab chiqariladi. IMS ning elementlari diod, triod, sig'im, induktivlik, rezistor yarimo'tkazgich kristallning sirtida va hajmda zichlab joylashtiriladi. IMSni ishlab chiqarish o'ta murakkab texnologiyadir. Bu texnologiya alohida bir ilm-u fan sohasi bo'lib tez rivojlanyapti. Bu sohaning rivoji katta integral sxemalarni qo'llashga olib keldi (KIS).

Raqamli texnologiyalarda KIS ko‘rinishida tuzilmalarning turtki raqamli texnologiyalarning KIS ko‘rinishida ishlab chiqaradigan ayrim elementlarning bajaradigan funksional vazifasi nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqamiz.

Jamlagich (summator) — ikki raqamli sonlar ustida arifmetik amallarni bajaradi.

Hisoblagich (schyotchik) — turtkilarni hisoblovchi mexanizm. Sonlar hisoblagichida ikki raqamli (“1” va “0”) sana ko‘rinishida beriladi.

Registr — shartli raqamli belgi (kod)larni qabul qilish, saqlash va buyruq bo‘yicha chiqarib berish uchun xizmat qiladi.

Shartli belgilagich (shifrlar) — raqamli shartli belgilarni (turtkilarni) mantiqiy buyruqlarga aylantiruvchi mexanizm.

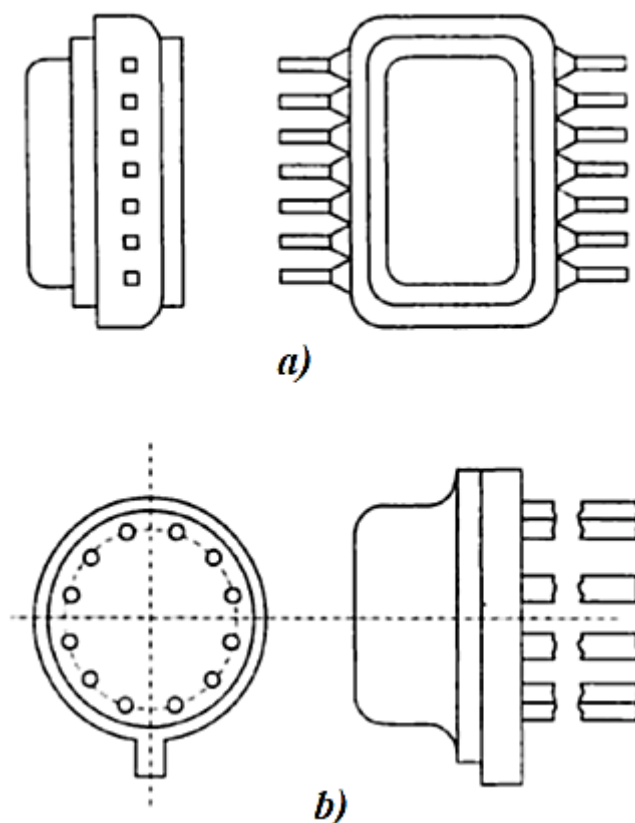
Shartli belgini ochgich (deshifrator) — shifrator bajaradigan o‘zgartirgichning aksi. Masalan, o‘nli sanani ikkili sanaga aylantiruvchi shifrator bo‘lsa, deshifrator teskari vazifani bajaradi.

Mikroprosessor — axborotga ishlov berish va boshqarish mexanizmi. Mikroprosessor xotira, axborotni kiritish-chiqarish qurilmalari bilan birga ishlaydi. Mikroprosessor arifmetik — mantiqiy boshqarish, tezkor xotira EHM va boshqa ichki qurilmalardan iborat.

EHM va boshqa raqamli texnologiyalar asosida ishlaydigan uskunalarda ko‘p mexanizmlar mavjud. Biz asosiylari ustida qisqacha to‘xtalib o‘tdik. Raqamli texnologiyalar asosida ishlaydigan qurilmalarning ishonchliligi yuqori. Hozirgi vaqtda barcha sohalardagi mutaxassislar raqamli texnologiyalarning asosi bilan tanish bo‘lishlari shart.

IMSlarni bezatish. IMS larni changdan, namlikdan, mexanik ta’sirlardan himoya qilish uchun ular germetizasiya qilinadi. Bu esa ularning ishlash ishonchligini orttiradi. IMS part

germetizasiya qilish uchun izolyasiya materiallari ishlatiladi yoki kristallarni germetizasiyalangan tanasining ichiga joylashtiriladi. Izolyasiya materiali bilan germetizasiya qo‘shish uchun yarim o‘tkazgichli kristall yoki duragayli IMS ning negizi organik dielektrikning qatlami bilan qoplanadi. Pekin o‘ta namlikda izolyasiya materiallari IMS larni himoya qila olmaydi. Kristallni (negizni) germetizasiyalangan tanasiga joylashtirish eng ishonchli usul deb hisoblanadi (7.11-rasmda IMS larning to‘g‘ri burchakli va dumaloq; shakllik tanalari ko‘rsatilgan). IMS larning tanalari metall-shishali, metall-sopolli, sopolli va plastmassali bo‘lishi mumkin. Ularni to‘g‘ri o‘rnatish uchun tanada ko‘pincha kesik qilinadi.



7.11-rasm. IMSlarning korpuslari: a) to‘g‘riburchakli shakli, b) dumaloq shakli.

IMSlarni shartli belgilanishi va ularni qo‘llanilishi. IMS larning shartli belgilari to‘rtta asosiy elementdan iborat. Birinchi

— raqam: 1, 5, 7 — yarim o'tkazgichli, 2, 4, 6, 8 — duragayli, 3 — boshqa IMS larning belgilari. Ikkinchi element uchta (000 dan 999 gacha) yoki ikkita (00 dan 99 gacha) raqamlardan iborat bo'lib, mikrosxemalar seriyalarining tartib nomerini ko'rsatadi. Shunday qilib, birinchi va ikkinchi elementlar tashkil qiladigan son IMS ning seriyasini belgilaydi. Keng qo'llaniladigan IMS larning shartli belgisining boshida K harfi qo'yiladi. Uchinchi element ikkita xarfdan iborat bo'lib, mikrosxemaning funksional vazifasini belgilaydi. To'rtinchi element mikrosxemani shu seriyada tayyorlash tartib nomerini ko'rsatadi. Masalan, K144IR1P — bu yarim o'tkazgichli IMS da tashkil qilingan registyor, shu seriyada 1 — tayyorlash tartib nomeri, tanasi 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 mikroprosessorlarni yaratishga asos bo'ladi.

Mikroprosessorlar. Hisoblash texnikasi vositalari uzluksiz (analog) va raqamli turlarga ajratilgan bo'lib, ulardan birinchisi yuqori tezkorlikka ega, real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini beradi, lekin aniqlik darajasi nisbatan kam bo'ladi.

Raqamli hisoblash texnikasiga asoslangan vositalar yordamida esa nazariy jihatdan istalgan aniqlikka erishish mumkin. Buning uchun qayta ishlanadigan axborot razryadlari sonini kerakli aniqlikkacha uzaytirish zarur. Katta razryadli axborotlarni qayta ishlash uchun qo'shimcha vaqt talab qilinadi. Bu hol tezkorlikni nisbatan pasayishiga olib keladi.

Zamonaviy MP va mikrokonrollarlar 8, 16 , 32 va 64 razryadli axborotlarni real vaqt rejimiga yaqin tezkorlikda qayta ishlash imkoniyatini beradi. Shu sababli raqamli hisoblash

texnikasi vositalarini qo‘llash sohalari analog vositalarga nisbatan ancha keng.

Raqamli hisoblash texnikasi vositalari, strukturasi va ishlash prinsipiga ko‘ra ikki guruhga bo‘linadi: belgilangan mantiqqa ega vositalar; programmalashtiriladigan mantiqqa ega vositalar.

Belgilangan mantiqqa ega vositalar cheklangan apparat strukturasi ega va faqat ma’lum bir masalani yechishga mo‘ljallangan bo‘ladi. Ularni yangi masalaga yoki vazifaga moslashtirish imkoniyati cheklangan. Shu sababli har bir yangi masala uchun yangi apparat vositasi quriladi. Lekin ular o‘ta tezkorligi, ishonchli ishlash darajasining yuqoriligi va narxining arzonligi bilan xarakterlanadi.

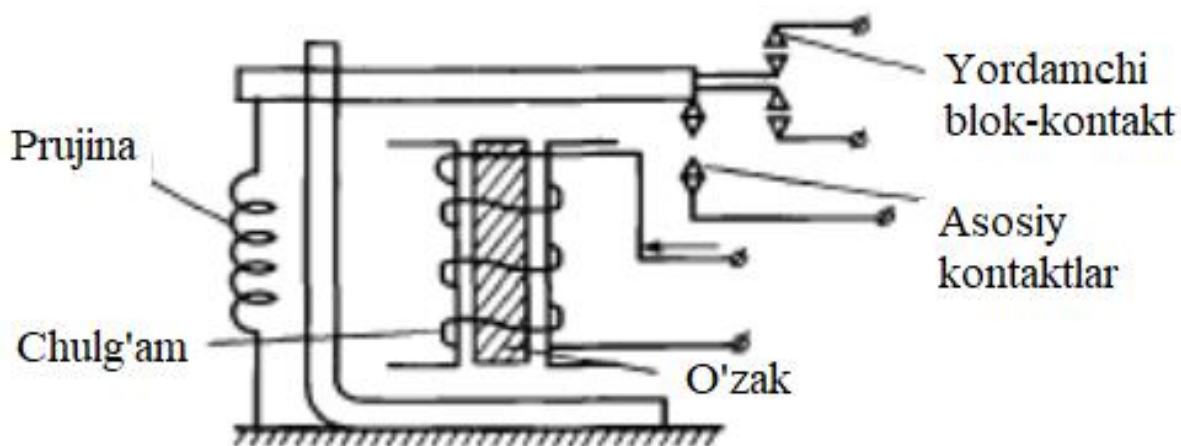
Programmalashtiriladigan mantiqqa ega vositalar universal strukturaga ega bo‘lib, ular yordamida har qanday masalani hal qilish uchun shu masalani yechish algoritmini qurish va uni amalga oshiruvchi programmani tuzib ishga tushirish yetarlidir. MPlar va ular asosidagi qurilmalar ikkinchi guruhga mansub.

Mikroprotsessor deb - axborotni qayta ishlashga mo‘ljallangan, programma bilan boshqariladigan va konstruktiv jihatdan bir yoki bir nechta katta integral sxemalarga asoslangan qurilmaga aytiladi.

VIII. BOB. BOSHQARISH APPARATLARI VA XAVFSIZLIK TEXNIKASI

8.1. Boshqarish apparatlari elementlari.

Elektromagnit kontaktorlar. Elektr zanjirlarini masofadan turib ulab-uzish uchun mo'ljallangan elektromagnit boshqarish apparati elektromagnit kontaktor deyiladi. 8.1-rasmda elektromagnit kontaktorning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan.



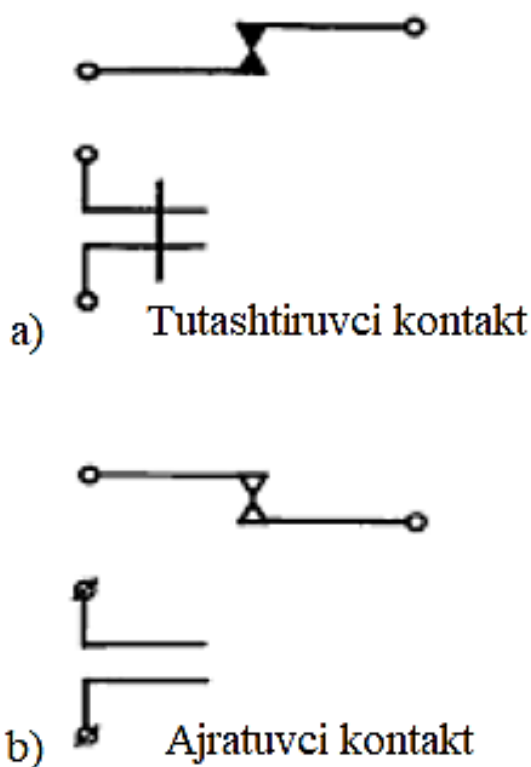
8.1-rasm. Elektromagnit kontaktorning prinsipial sxemasi.

Elektromagnit kontaktorning chulg'amidan boshqarish toki I_b o'tganda, elektromagnit maydon ta'sirida qo'zg'aluvchi qism tortiladi va unga o'rnatilgan asosiy kontaktlar yopiladi, elektr dvigatel yoki uskuna tarmoqqa ulanadi. Elektromagnit kontaktorning qo'zg'aluvchi qismida asosiy kontaktlardan tashqari yordamchi — blok-kontakt deb ataluvchi kichik tokli kontaktlar ham bor. Bu kontaktlar elektr uskunaning boshqarish va dvigatel holatidan xabar berish (signalizatsiya) sistemasida ishlatiladi.

Qo'zg'aluvchi qism tortilganda blok-kontaktlarning biri yopilsa, ikkinchisi ochiladi. Asosiy va blok kontaktlar bir nechta bo'lishi mumkin. Asosiy kontaktlardan o'tadigan o'zgaruvchan tok miqdori 200—2500 A atrofida, o'zgarmas tokning miqdori esa 20—600 A atrofida bo'ladi. Katta tokli kontaktorlar yoyni

o‘chirish mexanizmi bilan alohida jihozlangan, tutashtiruvchi va ajratuvchi kontaktlar farq qilinadi. Tutashtiruvchi kontaktlar elektromagnit chulg‘amida boshqarish toki I_b o‘tganda, o‘z kontaktlarini (qutblarini) tutashtiradi (yopadi). Ajratuvchi kontaktlar esa chulg‘amdan boshqarish toki o‘tganda o‘z kontaktlarini (qutblarini) ajratadi.

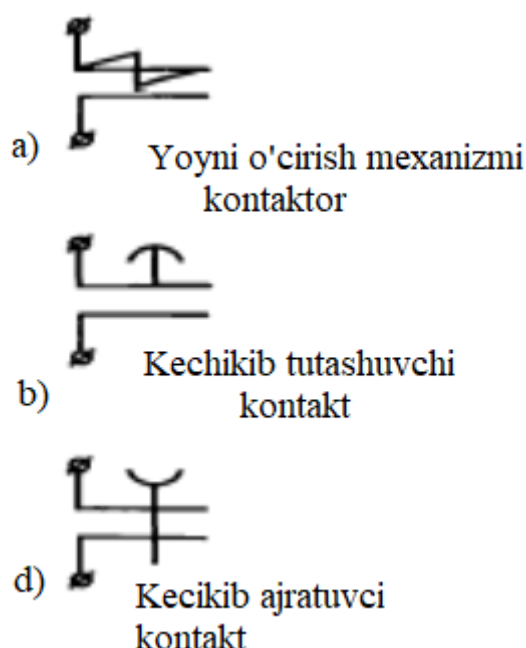
Tutashtiruvchi (8.2-rasm, *a*) va ajratuvchi (8.2-rasm, *b*) kontaktlar va bu kontaktlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi, kontaktorning elektromagnit chulg‘amida boshqarish toki $I_b = 0$ holat ko‘rsatilgan.



8.2-rasm. *a*) va ajratuvchi *b*) kontaktlar va bu kontaktlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi, kontaktorning elektromagnit chulg‘amida boshqarish toki $I_b = 0$ holati

Kontaktlarni ulab-uzish vaqti sekundning yuzdan bir hissasidan tortib o‘n hissasigacha davom etadi. Agar kontaktlarda

yoyni o‘chiruvchi alohida mexanizm bo‘lsa, u 8.3-rasmda ko‘rsatilganday shartli belgi bilan ifodalanadi.



8.3-rasm. Kontaktlarda yoyni o‘chiruvchi mexanizmlar.

Rele. Tashqi xabar (signal) yordamida elektr zanjirlarini uzib-ulaydigan mexanizm rele deb ataladi. Relening o‘z kontaktlari bo‘lib, bu kontaktlarning ikki barqaror: tutashtirilgan va ajratilgan holatlari bo‘ladi. Tashqi xabar datchiklar vositasida olinadi. Datchik — bu biror fizik kattalik, masalan, issiqlik, vaqt, bosim va hokazolarni elektr xabar (signal)ga aylantiruvchi sezgir mexanizm. Issiqlik relesi, vaqt relesi, kuchlanish yoki tok relelari bo‘ladi.

Vaqt relelari vazifasiga ko‘ra kechikib tutashadi va kechikib ajraladigan relelarga bo‘linadi. Kechikish vaqti —bu vaqt relesining xabar (buyruq) berilgandan keyin kontaktlarni tutashtira yoki ajrata boshlashigacha o‘tadigan vaqt oralig‘i. Elektr zanjirlarida vaqt relesining shartli belgilanishi 10.3-rasmda ko‘rsatilgan.

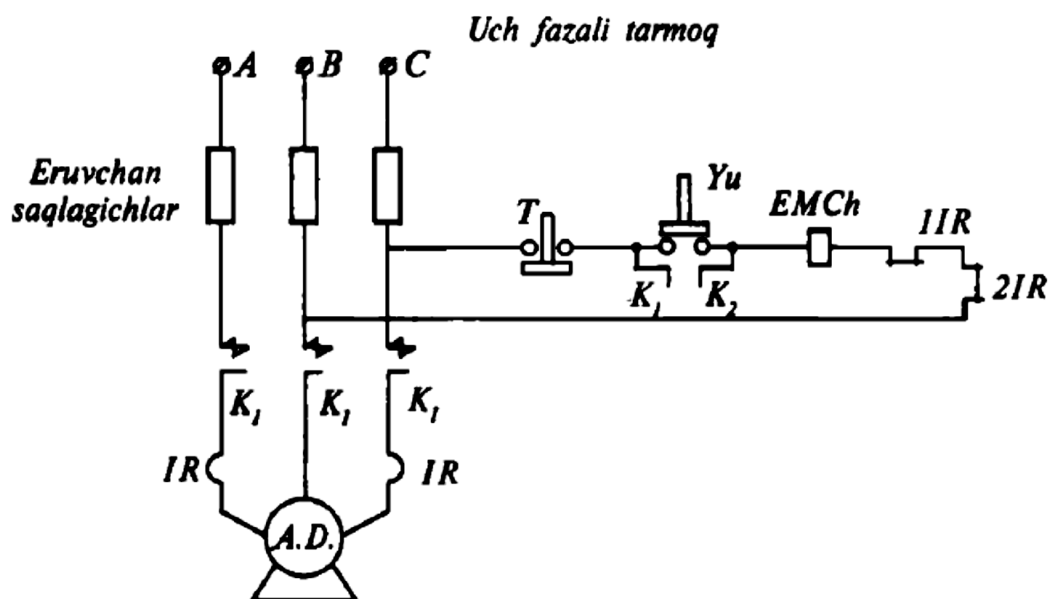
Himoya apparatlari. Elektr tarmoqlarida iste'molchilarni qisqa tutashuv, o'ta yuklanish va boshqa shikastlanishlariga sabab bo'luvchi xavflardan saqlash uchun xizmat qiladigan apparatlar himoya apparatlari deyiladi. Eng sodda himoya mexanizmi — bu eruvchan sim saqlagichdir. Zanjirdagi tok miqdori ko'payib ketganda saqlagichning simi erib ketadi va iste'molchi elektr tarmoqdan ajraladi. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoqlarida releli murakkab himoya sistemasi qo'llaniladi. Bu sistema datchiklar, kontaktlar, rele va hokazolar majmuasidan tashkil topgan.

Boshlang'ich boshqarish apparatlari. Bu xil apparatlar 500 V gacha kuchlanishli o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llaniladi. Ularda yoyni o'chirish mexanizmi yo'q, shuning uchun ular kichik tokli zanjirlarda qo'llaniladi. Bu turkumdagi apparatlarga rubilnik, paketli uzgich, kontroller kabi apparatlar kiradi. Rubilnik ikki va uch qutbli qilib ishlab chiqariladi. Ikki qutbli rubilniklar bir fazali elektr tarmoqlarida, uch qutbli esa — uch fazali elektr tarmoqlarida, kichik va o'rtacha quvvatli asinxron dvigatellarni boshqarish (to'xtatish yoki yurgizish)da ishlatiladi. Rubilniklarning geometrik o'lchamlari katta. Paketli uzgichlarning geometrik o'lchamlari kichik bo'lib, ularning qo'zg'almas kontaktlari izolatsiyalangan paketlar ichiga o'rnatiladi. Dvigatelni soatiga 120 km gacha yurgizib to'xtatish va aylanish yo'nalishini o'zgartirish kerak bo'lganda kontrollerlardan foydalaniladi. Kontrollerlarning ulab-uzish kontaktlari yuqori temperaturaga chidamli materialdan ishlanadi. Kontrollerlarning kontaktlari baraban yoki kulachok ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Magnitli ishga tushirgich. Elektr dvigatel va boshqa iste'molchilarni elektr tarmog'ga masofadan turib ulab-uzadigan, ularni qisqa tutash va o'ta yuklanish rejimlaridan himoyalaydigan

kontaktor, rele va knopkalardan iborat boshqarish apparati magnitli ishga tushirgich deyiladi.

8.4-rasmda asinxron dvigatelni magnitli ishga tushirgich (MIT) yordamida boshqarish elektr sxemasi ko'rsatilgan. Bu MIT uch fazali kontaktorning yordamchi kontaktlari va issiqlik releli bor.

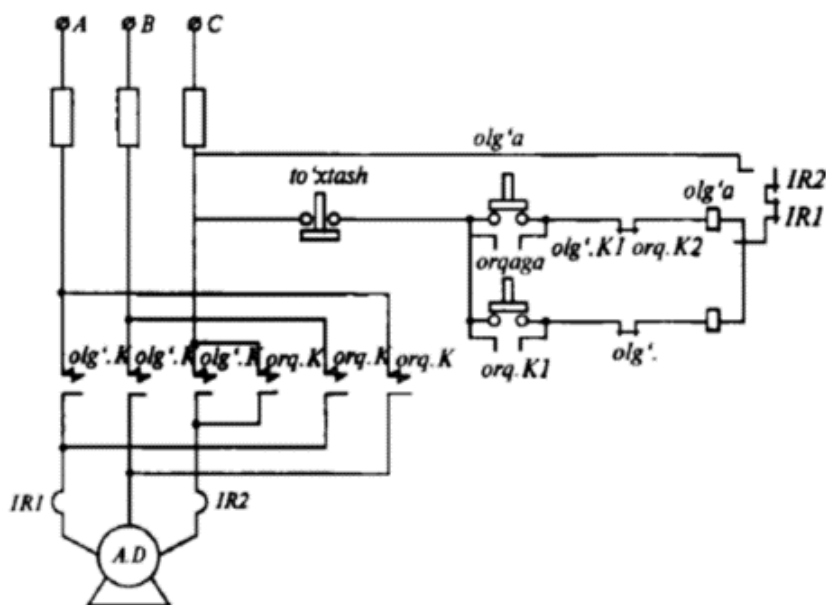


8.4-rasm. Asinxron dvigatelni magnitli ishga tushirgich (MIT) yordamida boshqarish elektr sxemasi.

MIT elektr saqlagich bilan birga ishlatilishi lozim, chunki uning qisqa tutashishdan himoyalovchi tuzilmasi yo'q. 8.5-rasm, a dagi sxemada shartli tasvirlar quyidagilarni bildiradi: IR — issiqlik releli, $1IR$, $2IR$ — issiqlik releli ajratuvchi kontaktlar, $EKCH$ — elektromagnit kontaktorning chulg'ami, L_1 — $EKCH$ ning asosiy, yoy o'chirish tuzilmasi bilan tutashuvchi kontaktlari, K_2 — $EKCH$ ning blok-kontakti, T — to'xtatish knopkasi (tugmasi), Y — yurgizish knopkasi.

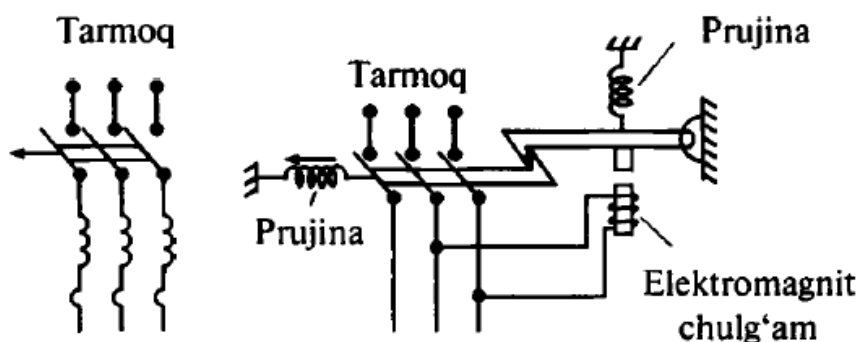
Yurgizish knopkasini bosganda kontaktorning elektromagnit chulg'ami ($EKCH$) uch fazali tarmoqning liniya kuchlanishiga ulanadi. Demak, elektromagnit kontaktor chulg'amidan tok o'tadi

va kontaktor o'zining asosiy kontaktlari K_1 va blok-kontaktini tutashtiradi. Asinxron dvigatel tarmoqqa ulanadi va ishga tushadi. Endi yurgizish knopkasini bosib turishning xojati yo'q, chunki bu knopkaga parallel ulangan blok-kontakt K_2 qo'shilgan bo'lib, EKCH tarmoqdan shu boshqarish blok-kontakti orqali tok oladi. Agar dvigatelni to'xtatmoqchi bo'lsak to'xtatish knopkasi T ni bosamiz, EKCH zanjiri uziladi va undan tok o'tmaydi, demak, kontakt K_1 ochilib dvigatelni tarmoqdan ajratadi. O'ta yuklantirish rejimida dvigatelning toki nominal qiymatga ko'ra oshganda, tokning ajratib chiqaradigan issiqligi oshadi, demak, issiqlik relelarining kontaktlari $1IR$ va $2IR$ ochilib, EKCHni tarmoqdan ajratadi. EKCH dan tok o'tmaganda uning kontaktlari K_1 ochilib, asinxron dvigatel tarmoqdan ajraladi.



8.5-rasm, a.

Ko'p elektr uskunalarda, masalan, ko'tarish-tashish mashinalarida, aylanish yo'nalishini o'zgartirishga to'g'ri keladi. Bu holda rotorning aylanish yo'nalishini o'zgartiradigan (reverslaydigan) magnit ishga tushirgichdan foydalaniladi. 8.5-rasmda bunday magnit ishga tushirgichning elektr sxemasi ko'rsatilgan.



8.5-rasm, b.

Avtomatik uzgich. Avtomatik uzgich iste'molchini tarmoqqa dastaki ulaydi, qisqa tutashish, o'ta-yuklanish kabi hodisalar yuz berganda avtomatik ravishda iste'molchini tarmoqdan ajratadi. 8.5-rasm, *b* da avtomatik uzgichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Iste'molchi tarmoqqa dastaki ulangandan keyin dvigatel yoki boshqa iste'molchi ishlab ketadi.

Agar iste'molchida qisqa tutashish yuz bersa, elektromagnitning o'zagi prujina ta'sirida tortilib, iste'molchi tarmoqdan ajraladi. Avtomatik uzgichda issiqlik relesi ham mavjud. Agar qisqa tutashish rejimidan elektromagnit himoya qilsa, o'ta yuklanish rejimidan issiqlik relesi himoya qiladi. Boshqa bir turdagi avtomatik uzgichlarda kuchlanish pasayishi yoki eng kam tok va hokazolardan himoya qiluvchi tuzilmalar bo'lishi mumkin. Avtomatik uzgichlar bir fazali va uch fazali qilib ishlab chiqariladi. Qator afzalliklari tufayli avtomatik uzgichlardan keng foydalaniladi.

Yuqori kuchlanishli apparatlarga qisqacha to'xtalib o'tamiz. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarga 6 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV, 500 kV kuchlanishli tarmoqlar kiradi. Hozirgi vaqtda o'ta yuqori 750 kV kuchlanishli o'zgaruvchan tok tarmoqlari va 800 kV, 1150 kV kuchlanishli o'zgarmas tok tarmoqlari mavjud. Bu tarmoqlarda moyli ulab-uzish apparatlari keng ishlatiladi. Moyli

uzgich dastagi yoki avtomatik ravishda iste'molchini tarmoqqa ulaydi va uzadi. Bunda ulab-uzgich kontaktlari moyli bakka botirilgan bo'ladi. Kontaktlar orasida hosil bo'ladigan elektr yoyi, moyni kuydirish natijasida paydo bo'lgan gaz yoyini tez so'ndiradi. Moyli uzgichda moyga botirilgan asosiy kontaktlardan tashqari, yordamchi blok-kontaktlar ham bo'ladi. Bu blok-kontaktlar moyli uzgichning holatidan xabar beradi va yuqori kuchlanishli tarmoqlarda uncha muhim bo'lmagan, ishonchli himoya rele sistemasini tashkil etadi. Moyli uzgichlar kontaktlari maxsus yuritma yordamida avtomatik ravishda yoki qoida harakatga keltiriladi. Moyli uzgichlar yuqorida ko'rsatilgan hamma nominal kuchlanishlarda ishlab chiqariladi.

8.2. Elektrotexnikada xavfsizlik texnikasi.

Elektr toki bilan shikastlanish darajasi tokning kuchiga, chastotasiga va organizmda o'tish yo'liga bog'liq. Odam organizmiga chastotasi 50—60 Gers bo'lgan tok kuchli ta'sir qiladi. 25 milliamperli tokda tomir tortishishi boshlanadi va odam barmoqlarini ochib, tokli simdan bo'shata olmaydi. Xavfsizlik texnikasi qoidalari bo'yicha 50 milliamperli tok odam uchun xavfli deb qabul qilingan. Odam tanasining qarshiligi 800 dan 10000 Om gacha bo'lishi mumkin. Masalan, odam tanasining qarshiligi 1200 Om ga teng. Bunda xavfli kuchlanish

$$U = I \cdot R = 0,05 \cdot 1200 = 60 \text{ V}$$

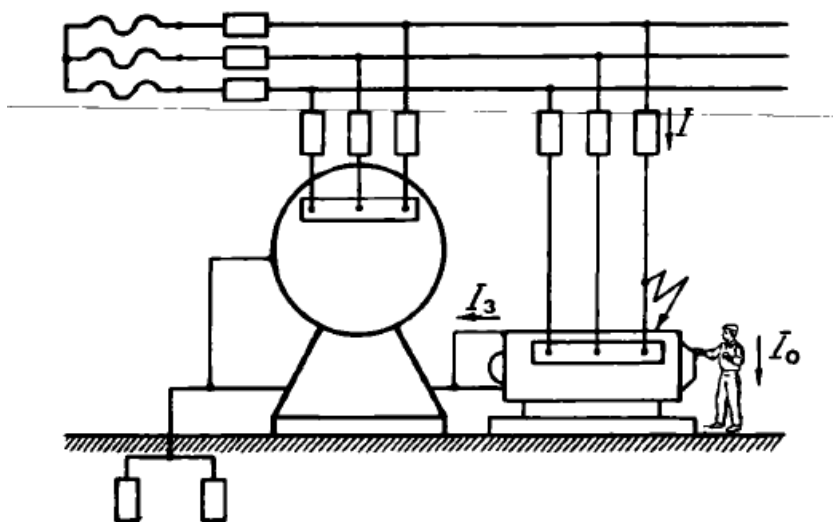
va manbaning quvvati

$$P = U \cdot I = 60 \cdot 0,05 = 3 \text{ Vt}$$

bo'ladi. Agar manbaning quvvati ko'rsatilgan qiymatdan ancha kichik bo'lsa, yuqori kuchlanish bilan shikastlanish odamning umumiy zararlanishiga olib kelmaydi, chunki tok kam bo'ladi.

Quruq xonalarda xavfli kuchlanish 65 V, nisbiy namligi 75% ga teng xonalarda 36 V, nisbiy namligi 100% ga teng xonalarda, metalli kabinalarda, qozonlarda 12 V deb hisoblanadi.

Odamni elektr shikastlanishning oldini olish. Xizmat qiluvchi xodimlarni kuchlanish ostida turgan qurilmalarning qismlariga tegib ketishdan va elektr tokidan shikastlanishdan saqlash uchun himoya g'loflari, to'siqlar, blokirovkalar, himoyaviy zaminlash ko'llaniladi.



8.6-rasm. Himoyaviy zaminlash sxemasi. (yerga ulash).

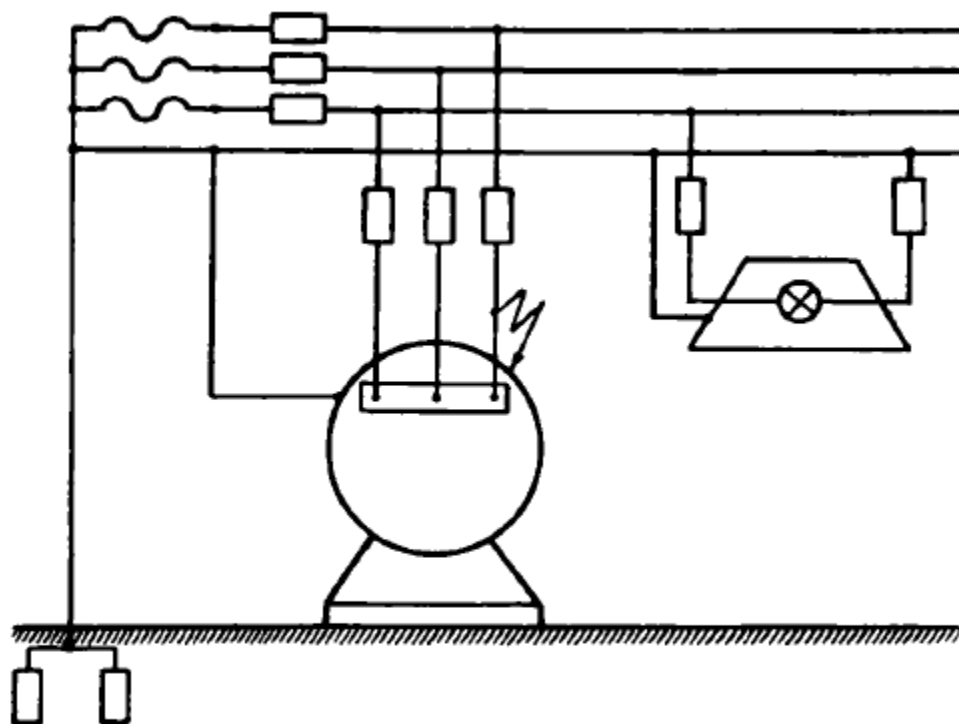
1. Himoyaviy zaminlash.

Simlar himoyasi (izolyatsiyasi) buzilsa elektr qurilmalarning metall qismlari yuqori kuchlanish ostida qoladi. Shu qismga ochiq, yerda turgan odam tegib ketsa, uni elektr toki uradi. Buning oldini olish uchun elektr qurilmalarning metall qismlari yerga ulanadi (8.6-rasm). Zaminlagichlar po'lat trubalardan, tasmalardan va uchburchaklardan yasaladi. Ular kerakli chuqurlikka yerga kiritiladi va o'zaro po'lat tasmalar bilan payvandlab ulanadi. Zaminlanish qarshiligi juda kichik 4 - 10 Om dan oshmaydi. Elektr qurilmaning metall qismiga tegib ketgan odamning qarshiligi R_0 zaminlashning qarshiligiga parallel ulanib qoladi. Lekin, odamning qarshiligi zaminlash qarshiligiga

nisbatan ancha katta bo'lgani uchun undan o'tadigan tok juda kichik bo'ladi. Shuning uchun bu tok odamga xavfli emas.

2. To'rt simli uch fazali tok zanjirini himoyaviy zaminlash.

Yuqorida ko'rib chiqqan uch simli liniyani himoyaviy zaminlashda bitta liniya sim qurilmaning metall qismiga tegib ketsa, saqlagich ishlamay qoladi. Buning uchun sistema to'rt simli bo'lishi kerak. To'rt simli uch fazali tok zanjirida himoyaviy zaminlash quyidagicha amalga oshiriladi. Elektr qurilmalarning metall qismlari neytral sim va yer bilan ishonchli ulanadi (8.7-rasm). Endi sim himoyasining buzilishi fazani qisqa tutashtirishga olib keladi. Bunda saqlagich kuyib ketadi va tarmoqning buzilgan joyini uzadi. Bunday sxema neytral zaminlangan to'rt simli tarmoq ham deyiladi.



8.7-rasm. To'rt simli uch fazali tok zanjirini himoyaviy zaminlash (yerga ulash).

ILOVALAR

1-ilova

KONDENSATORLAR

Keramik kondensatorlarning markalanishi.

Belgilanishi GOST	Xalqaro belgilanishi	TKE [ppm/°C]°	Harfli kod	Rangi
Π100	P100	100(+130...-49)	A	 qizil  pushti
Π33		33	N	 kulrang
МΠО	NP0	0(+30...-75	C	 qora
M33	N030	-33(+30...-60)	H	 jigarrang
M75	N080	-75(+30...-60	L	 qizil
M150	N150	-150(+30...-105)	P	 apelsinrang
M220	N220	-220(+30...-120)	R	 sariq
M330	N330	-330(+60...-180)	S	 yashil
M470	N470	-470(+60...-210)	T	 havorang
M750	N750	-750(+120...-330)	U	 pushti
M1500	N1500	-500(-250...-670)	V	 Apelsinrang+  apelsin
M2200	N2200	-2200	K	 Sariq +  apelsinrang

Kondensatorlarni raqamli markalanishi

Kodi	Pikofarada, (pF)	Nanofarada, (nF)	Mikrofarada, (μF)
109	1.0	0.001	0.000001
159	1.5	0.0015	0.000001
229	2.2	0.0022	0.000001
339	3.3	0.0033	0.000001
479	4.7	0.0047	0.000001
689	6.8	0.0068	0.000001
100°	10	0.01	0.00001
150	15	0.015	0.000015
220	22	0.0022	0.000022
330	33	0.033	0.000033
470	47	0.047	0.000047
680	68	0.068	0.000068
101	100	0.1	0.0001
151	150	0.15	0.00015
221	220	0.22	0.00022
331	330	0.33	0.00033
471	470	0.47	0.00047
681	680	0.68	0.00068

102	1000	1.0	0.001
152	1500	1.5	0.0015
222	2200	2.2	0.0022
332	3300	3.3	0.0033
472	4700	4.7	0.0047
682	6800	6.8	0.0068
103	10000	10	0.01
153	15000	15	0.015
223	22000	22	0.022
333	33000	33	0.033
473	47000	47	0.047
683	68000	68	0.068
104	100000	100	0.01
154	150000	150	0.15
224	220000	220	0.22
334	330000	330	0.33
474	470000	470	0.47
684	680000	680	0.68
105	1000000	1000	1.0

Kondensatorlarni harfiy-raqamli markalanishi

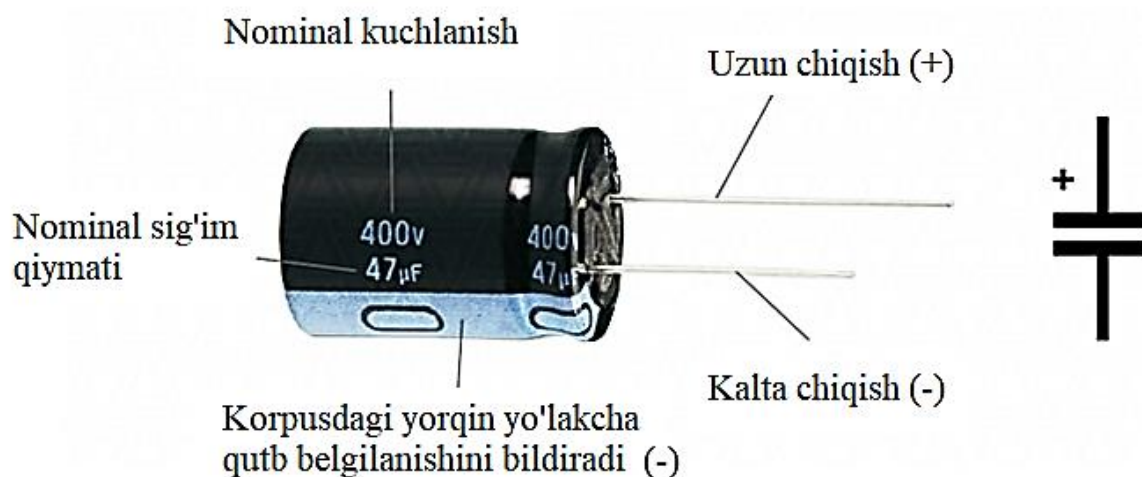
Kodi	Sig'imi (mkF)	Kuchlanishi (V)	Kodi	Sig'imi (mkF)	Kuchlanishi (V)
A6	1.0	16/35	ES6	4.7	25
A7	10	4	EW5	0.68	25
AA7	10	10	GA7	10	4
AE7	15	10	GE7	15	4
AJ6	2.2	10	GJ7	22	4
AJ7	22	10	GN7	33	4
AN6	3.3	10	GS6	4.7	4
AN7	33	10	GS7	47	4
AS6	4.7	10	GW6	6.8	4
AW6	6.8	10	GW7	68	4
CA7	10	16	J6	2.2	6.3/7/20
CE6	1.5	16	JA7	10	6.3/7
CE7	15	16	JE7	15	6.3/7
CJ6	2.2	16	JJ7	22	6.3/7
CN6	3.3	16	JN6	3.3	6.3/7
CS6	4.7	16	JN7	33	6.3/7
CW6	6.8	16	JS6	4.7	6.3/7
DA6	1.0	20	JS7	47	6.3/7
DA7	10	20	JW6	6.8	6.3/7

DE6	1.5	20	N5	0.33	38
DJ6	2.2	20	N6	3.3	4/16
DN6	3.3	20	S5	0.47	25/35
DS6	4.7	20	VA6	1.0	35
DW6	6.8	20	VE6	1.5	35
E6	1.5	10/25	VJ6	2.2	35
EA6	1.0	25	VN6	3.3	35
EE6	1.5	25	VS5	0.47	35
EJ6	2.2	25	VW5	0.68	35
EN6	3.3	25	W5	0.68	20/35

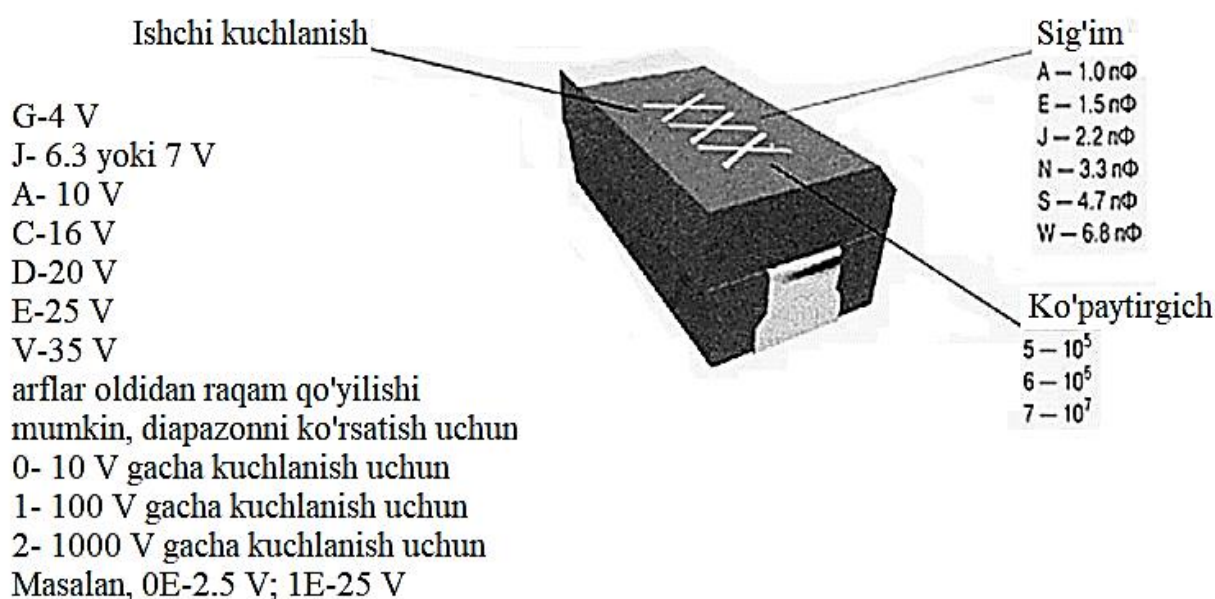
Ba'zi kondensatorlarning xarakteristikasi

Kondensator turi	Sig'imi, mkF	Maksimal ishchi kuchlanishi, V	Maksimal harorati, °C	Izolyatsiya qarshiligi, MOm
Slyudali	10^{-6} - 10^{-1}	50	150	10^5
Qog'ozli	$5 \cdot 10^{-4}$ - 50	10^6	125	10^2
Polistrolli	$5 \cdot 10^{-5}$ - 10	10^3	85	10^4
Keramikli	10^{-6} -2,2	$6 \cdot 10^3$	125	10^3
Shishali	10^{-5} - 0,15	$6 \cdot 10^3$	125	10^5

Kondensator korpuslaridagi belgilanishlar

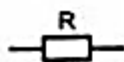


SMD kondensatorlarini markalanishi

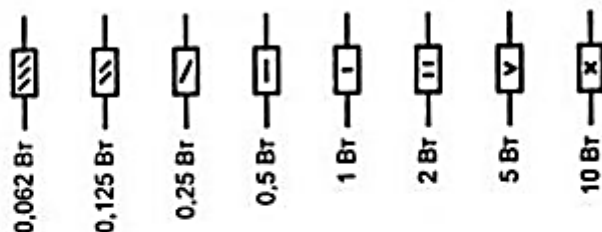


QARSHILIKLAR

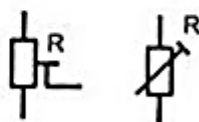
Qarshiliklarni sxemalarda belgilanishi.



Sxemadagi umumiy belgilanish



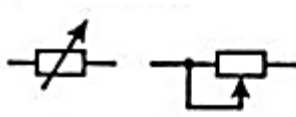
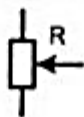
Quvvat ko'rsatkichlari bilan belgilanishi



Sozlanuvchi qarshiliklar

Oddiy

reostatli



O'zgaruvchan qarshiliklar



Xalqaro belgilanishi



Termistor



Varistor

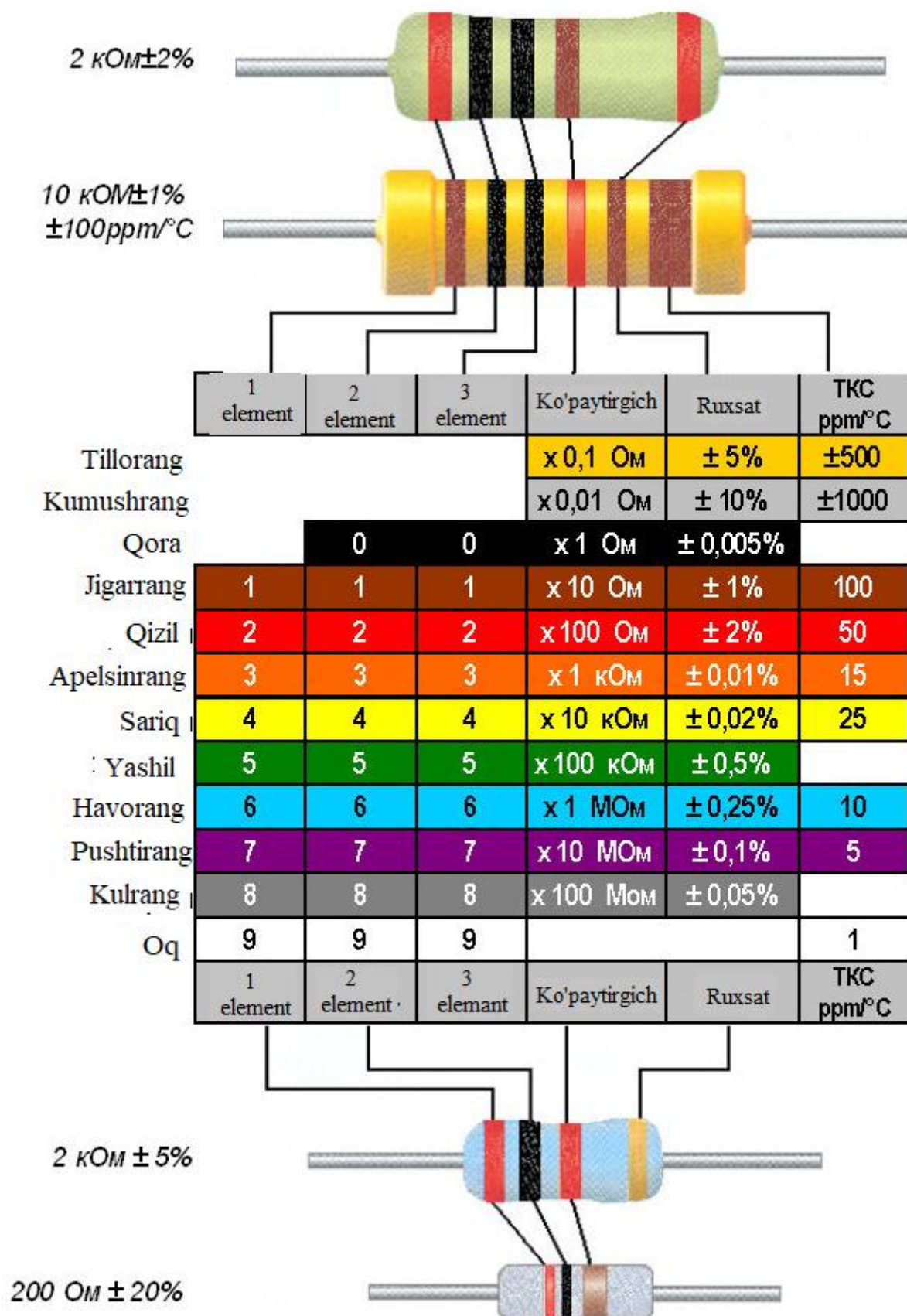


Termorezistor



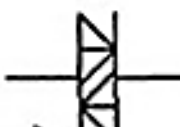
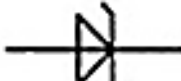
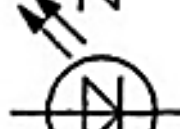
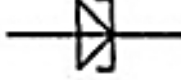
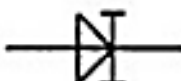
Fotorezistor

Qarshilikni rangli markirovkasi.

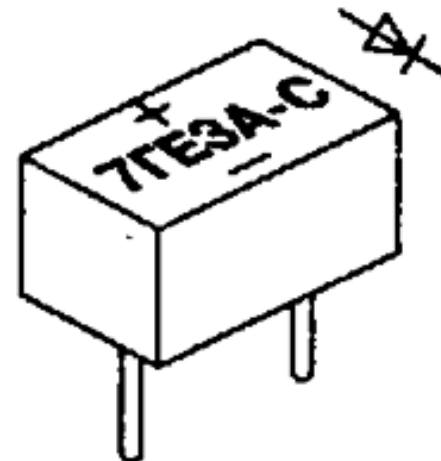
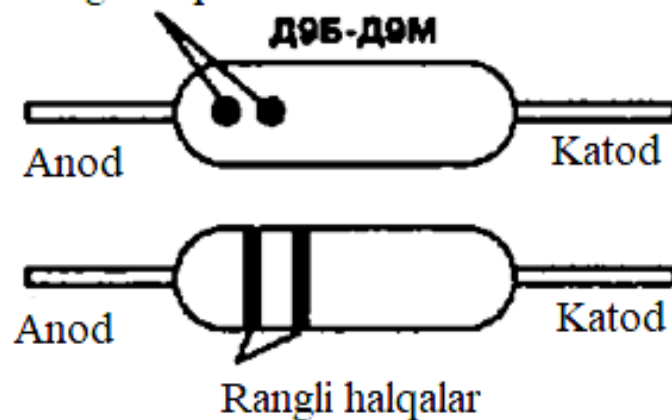
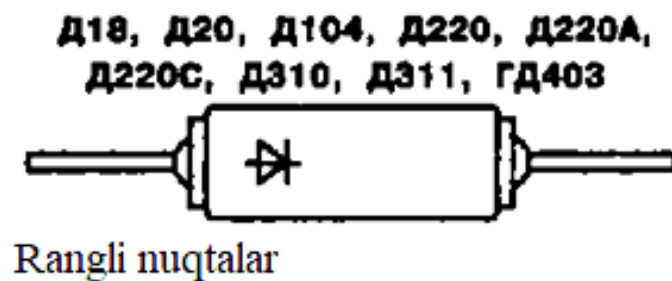
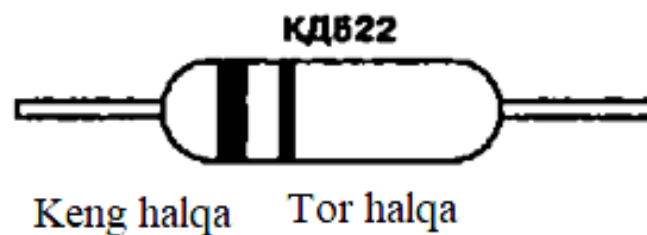
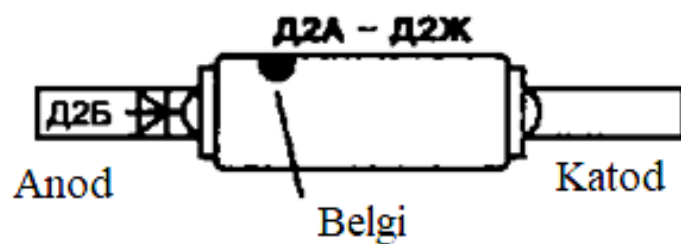


DIODLAR

Diodlarning sxemada shartli belgilanishi.

	Umumiy belgilanishi (diodlar)		Varikap
	Stabilitron bir tomonlamali		Varikapli birikma (ikkita varikap umumiy katodli)
	Stabilitron ikki tomonlamali		Ikki yo'naltirilgan diod
	Kuchlanishni cheklagich bir taraf lama		Nurdiodi
	Kuchlanishni cheklagich ikki taraf lama		Fotodiod
	Tunnel diodi		Sottki diodi
	Aylantirilgan diod		

Diodlarning markalanishi



TRANSFORMATORLAR

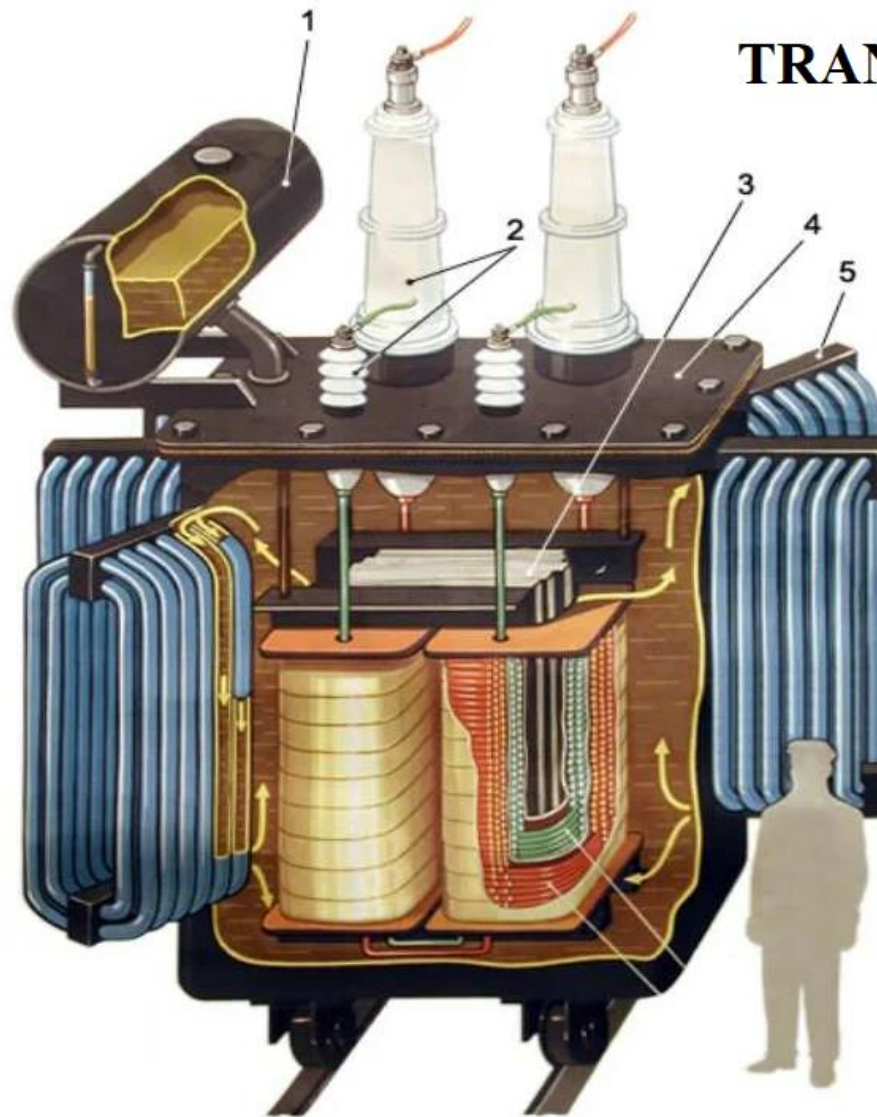


Bir fazali transformator ko‘rinishi.



Kuch transformatorini ko‘rinishi

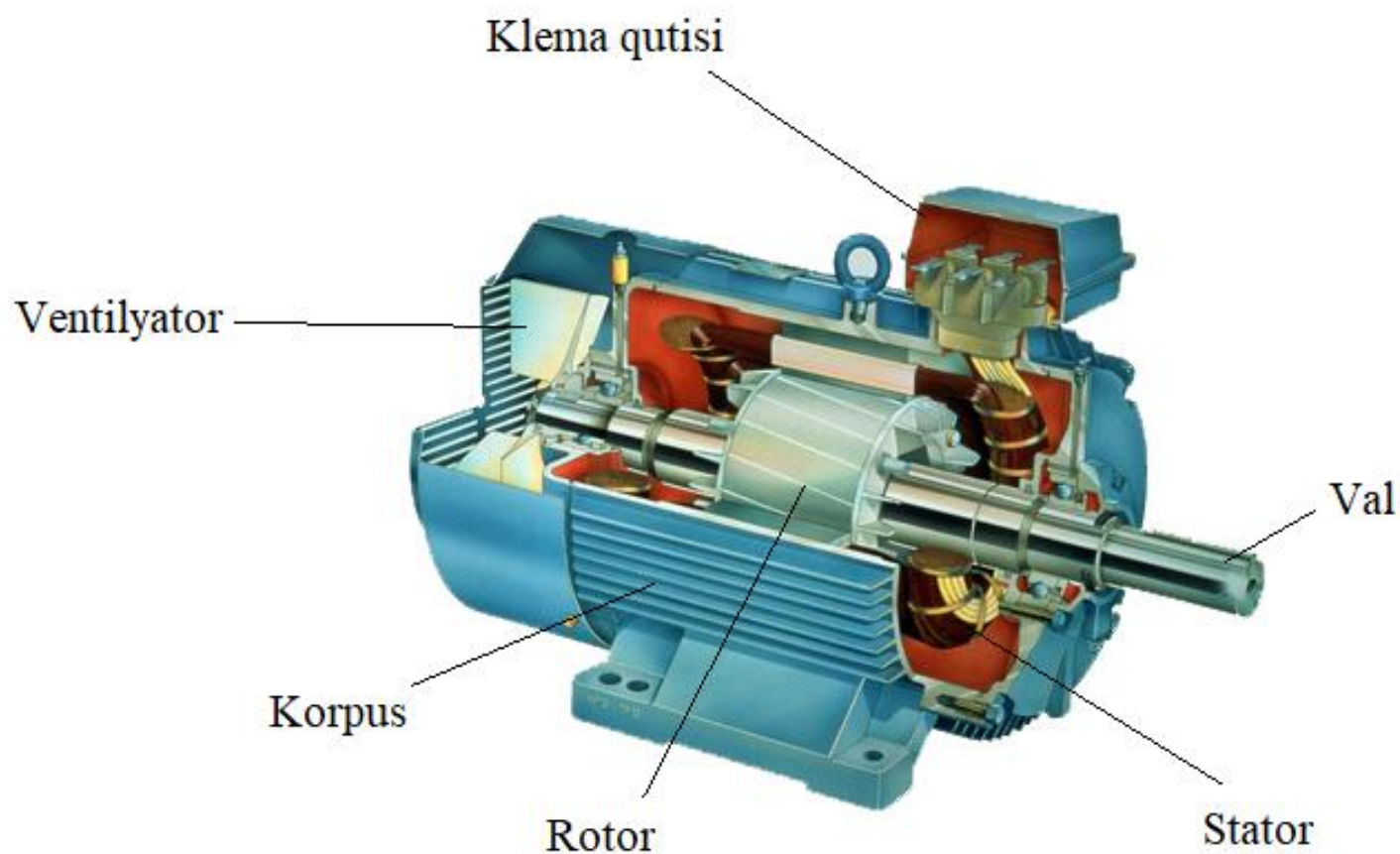
TRANSFORMATOR



1. Kengaytirish baki
2. Izolyator
3. Transformator o'zagi
4. Transformator bakining qopqog'i
5. Radiator
6. Kichik kuchlanish o'rami
7. Katta kuchlanish o'rami



ELEKTRMASHINALARI



Elektrodvigatelni tuzilishi

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Shavkat Mirziyoyev “Milliy taraqqiyot yo‘limizni qat’iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko‘taramiz” Toshkent – “O‘zbekiston”-2018y.

2. Shavkat Mirziyoyev “Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir” Toshkent – “O‘zbekiston”-2018 y.

3. M.T.Turdiyev. “Elektrotexnika va elektronika asoslari” 5-nashr. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma. “O‘qituvchi” nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent-2014. 127 bet.

4. A.Xonboboyev, N. Xalilov. “Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari” Toshkent “O‘zbekiston”-2000. 448 bet.

5. Q.Odilov “Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari”. Toshkent “Ilm ziyo”-2005.

6. В.М.Лавров. Электротехника и электроника. Конспект лекции. Оренбург-2004 г.

7. Амирова С.С. Тестовый подход к изучению электротехники и электроники :учеб. пособ. / С.С. Амирова [и др.]. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. унта, 2008. – 80с.;

8. Марченко, А.Л. Основы электроники: учебное пособие для вузов / А.Л. Марченко. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 296 с.

Internet manbalar:

1. www.ziynet.uz
2. <http://elekt.t.blogspot.com/>
3. <https://www.booksite.ru/fulltext>
4. <https://www.ruselectronic.com/resistors/>
5. <https://3d-diy.ru/wiki/components/rezistory/>

J.M.Ibroximov

**ELEKTROTEXNIKA
VA ELEKTRONIKA ASOSLARI**

“Excellent Polygraphy”

29.08. 2014 yilda 007750-09-son bilan ro‘yxatga olingan.
Toshkent sh. Shayxontoxur tumani, Jangoh ko‘chasi 12-uy.

Muharrir: ***M.Yusupova***

Dizayner: ***V.Sanoyev***

Sahifalovchi: ***A. Ablayev***

Musahhih: ***M.Yusupova***

Bosishga 12.10.2021-yilda ruxsat etildi. Qog'oz bichimi 60×84 ¹/₁₆.

Nashr tabog'i 10,0. Shartli bosma taboq 10,0. Adadi 8 112 dona.

Buyurtma № 02.

«Reliable Print» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko'chasi, 6-uy.