

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY TA’LIM VA FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI

ENERGETIKA MUHANDISLIGI KAFEDRASI

**60710600 – Elektr energetikasi va 60711000 – Muqobil energiya manbalari
yo‘nalishlari uchun**

«SHAHAR ELEKTR TA’MINOTI»

Fanidan

O‘QUV USLUBIY MAJMUA

Namangan 2024

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI



60710600 – Elektr energetikasi va 60711000 – Muqobil energiya manbalari
yoʻnalishlari uchun

«SHAXAR ELEKTR TA'MINOTI»

fanidan

O'QUV USLUBIY MAJMUUA

Namangan 2024

“Shaxar elektr ta’minoti” fanidan O‘quv-uslubiy majmua.

Namangan: NamMQI – 2024 y. _____ bet

Ushbu O‘quv-uslubiy majmua “Shaxar elektr ta’minoti” fani bo‘yicha ma’ruza, amaliy va tajriba mashg‘ulotlari asosida yaratilgan bo‘lib, unda ma’ruza, amaliy va tajriba mashg‘ulotlarini o‘rganish bo‘yicha 5310200 – Elektr energetikasi yo‘nalishi uchun fanning o‘quv dasturi, ishchi o‘quv dasturi, ma’ruzalar matni, amaliy va tajriba mashg‘ulotlariga uslubiy ko‘rsatmalar, ta’lim texnologiyasi, vizual va ko‘rgazmali taqdimot slaydlari, savol-javoblar, test savollari jamlangan.

Mazkur O‘quv-uslubiy majmuadan professor-o‘qituvchilar, ilmiy xodimlar, tadqiqotchilar va ishlab chiqarish korxonalarining mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

Tuzuvchilar: A. Mamadjanov – Energetika muhandisligi kafedrasida dotsenti,
PhD

Taqrizchilar: Sh.Nabiev – NamMQI, Energetika muhandisligi kafedrasida
dotsenti, f.-m.f.n.

Rajabov O.- “Hududiy elektr tarmoqlari AJ” Namangan hududiy
filiali, bo‘lim boshlig‘i.

Shaxar elektr ta’minoti fanining O‘quv-uslubiy majmuasi Energetika muhandisligi kafedrasining 2024 yil “_____” _____ dagi “_____”-sonli yig‘ilishida muhokamadan o‘tgan va fakultet ilmiy-uslubiy kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Ushbu O‘quv-uslubiy majmua Energetika va mehnat muhofazasi fakulteti kengashining 2024 yil “_____” _____ dagi “_____”-sonli yig‘ilishida muhokama qilingan va institut ilmiy-uslubiy kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Ushbu o‘quv-uslubiy majmua institut ilmiy-uslubiy kengashining 2024 yil “_____” _____ dagi “_____”-sonli yig‘ilishida muhokama qilingan va o‘quv jarayonida foydalanish uchun tavsiya etilgan.

M U N D A R I J A

I.	O‘quv materiallari	
1.1.	Ma’ruza mashg‘ulotlari	
1.2.	Amaliy mashg‘ulotlar	
1.3.	Tajriba mashg‘ulotlari	
II.	Mustaqil ta’lim mashg‘ulotlari	
III.	Glossariy	
IV.	Ilovalar	
4.1.	Fan dasturi	
4.2.	Ishchi fan dasturi	
4.3.	Baholash mezoni	
4.4.	Testlar to‘plami	
V.	Adabiyotlar ro‘yhati	

1-Mavzu: Nazorat o'lchash asboblari haqida umumiy ma'lumotlar

1. Kirish.
2. Nazorat o'lchash asboblari haqida asosiy tushunchalar.
3. O'lchash vositalarining tasnifi.
4. O'lchash vositalarining tavsifi.
5. Elektr o'lchash usullari.
6. Axborot-o'lchash tizimlari haqida ma'lumotlar

Kirish.

Axborot tizimida o'lchashlar va o'lchash vositalari katta ahamiyatga egadir. O'lchashlar o'tkazilmaydigan birorta ham xalq xo'jaligi tarmoqlarini topib bo'lmaydi, ayniqsa, aniq fanlar sohasida o'lchashlar alohida ahamiyatga ega. Masalan, koinotni va mikroduyoni tadqiqot qilishda, elektr energiyasini ishlab chiqarishda va ta'minotda yoki biror texnologik jarayon borishi to'g'risida axborot olishda, avtomatlashtirilgan axborot sistemalarida o'lchash ob'ektlari holati to'g'risida tegishli xulosalar chiqarishda, turli mahsulotlar, xizmatlar haqida tegishli axborot ma'lumotlari olishda o'lchanayotgan fizik kattaliklarning qiymatlari to'g'risida ishonchli axborot olinmasa biror natijaga kelib bo'lmaydi. Bu axborotlarni maxsus texnik vositalar yordamida turli o'lchashlar usullaridan foydalanib olinadi. Bundan ko'rinadiki o'lchashlar inson istiqbolida alohida ahamiyatga ega.

O'lchashlar inson faoliyatining barcha sohalarida axborotlarning muhim ahamiyatli manbasi bo'lib xizmat qilib keladi.

O'lchash deb berilgan kattaliklarni o'lchov birligi deb qabul qilingan qiymati bilan solishtirish jarayoniga aytiladi.

O'lchashlarning usullarini rivojlanishiga va o'lchash vositalarini ishlab chiqarilishiga dunyo olimlari qadim zamonlardan boshlab jamiyat rivojlanishi mobaynida katta e'tibor berib kelganlar. Bu sohada ulug' mutafakkir olimlarimiz tomonidan o'lchov vositalarini yaratishga va o'lchash usullarini rivojlantirilishiga qo'shgan hissalaridan ba'zi bir misollarni keltirib o'tamiz.

Axmad Al Farg'oniy (790-865) sferik trigonometriya asoschilaridan biri. Nil daryosining oqimini o'lchash uchun asbob yasagan. Muso al-Xorazmiy (780-850) mustaqil «Al-jabr» (Algebra) fani va «algoritim» tushunchasiga asos solgan. Yer meridianini uzunligini o'lchashda ishtirok etgan. Abu Rayxon Beruniy (973-1048) dunyoda birinchi globus (diametri 5 m li yarim shar) yasagan. Muhammad Tarag'ay Ulug'bek (1394-1449) o'z davrida eng yirik rasadxona qurdirgan va unda o'ta aniqlikdagi astronomik kuzatishlar olib borgan.

Fan va texnikaning rivojlanib borishi bilan o'lchashlar turlari orasida sekin-astalik bilan elektr o'lchovlari ma'qul ko'rila boshladi. Chunki elektr o'lchovlari usullari va vositalari yordamida elektr va noelektr kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchashga imkoniyat tug'iladi.

Dunyodagi birinchi elektr o'lchov asbobi – «elektr kuchini ko'rsatkich» 1745 yilda akademik G. V. Rixman tomonidan yaratilgan. Bu elektrometr bo'lib atmosferadagi elektrlanishni o'rganish uchun mo'ljallangan sodda asbob edi.

L. Galvani va A. Volta tomonidan elektr toki nazariyasining masalalari ustidan ishlari tok kuchini aniqlaydigan asbobni yaratilishiga olib keldi. Tok kuchini nisbatan topish uchun G. S. Om magnit strelkasiga tokli o'tkazgichning ta'siridan foydalandi. SHu usul bilan o'z nomiga qo'yilgan qonunni yaratdi.

1831 y. M. Faradey elektromagnit induktsiyasi hodisasini kashf etdi. 1837 y. SHveytsariyalik fizik O. de la Riv issiqlik elektr o'lchov asbobini ixtiro qildi.

Insoniyat jamiyatining rivojlanishida o'lchashlar va o'lchov vositalari olimlar va mutaxassislar tomonidan takomillashtirib borilmoqda.

Aniq fanlar rivojlanishi va texnikaviy progress yangi o'lchash usullarini va o'lchov vositalarini yaratish bilan kuzatiladi.

Insonning barcha texnologik va bilishlik faoliyati turli fizik kattaliklar (uzunlik, massa, vaqt, temperatura, elektr toki kuchi, EYuK va boshqalar) ni o'lchashlar bilan bog'liqdir.

Agarda fizik kattalikni o'lchov ob'ekti sifatida qaralsa, u holda tasniflanish nihoyatda kengayadi.

Masalan, uzluksiz va diskret o'lanadigan kattaliklari farqlanadi.

Fizik (o'lanadigan) kattaliklar turiga qarab elektr, magnit yoki noelektrlarga bo'linadi.

O'lchash vositalari to'g'risida umumiy tushunchalar

Hozirgi zamon fani va texnikasini jadal ravnaqi muhandis texnik hodimlarning nihoyatda yuksak bilim saviyaga ega bo'lishini, binobarin, oliy o'quv yurtlarida ularni tayyorlash usul-uslubini muttasil takomillashtirishni taqozo etadi.

O'lchash vositalarini tayyorlash va o'lchash axborotlarini olish uchun ularni qo'llash hamda shu borada yuzaga keladigan umumiy masalalar bilan shug'ullanuvchi fan texnika sohasiga o'lchash texnika sohasi deb ataladi. O'lchash texnikasi o'lchash vositasini ishlab chikarish va uni amalda qo'llash hamda shu soha bo'yicha inson tomonidan amalga oshirilgan barcha ishlarni o'z ichiga oladi.

Fizik kattaliklarni o'lchash-o'lanayotgan kattaliklarni shartli ravishda o'lchov birligi sifatida qabul qilingan xuddi shu jinsdagi kattalik bilan taqqoslash demakdir. SHuning uchun ham berilgan kattaliklarni uning o'lchash birligi deb qabul qilingan qiymati bilan solishtirish jarayoniga o'lchash deb ataladi.

O'lchash-maxsus texnik vositalar yordamida fizik kattaliklar qiymatlarini tajriba yo'li bilan topish demakdir.

Berilgan o'lchamli fizik kattalikni qayta tiklash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi **o'lchov** deyiladi.

O'lchovlar o'zgarmas va o'zgaruvchan qiymatli qilib tayyorlanadi. Masalan, qarshiligi 0,1 Om bo'lgan g'altak o'zgarmas, har xil sig'imni olishga imkon beruvchi o'zgaruvchan sig'imli kondensator esa o'zgaruvchan qiymatli o'lchov hisoblanadi.

O'lanayotgan kattalikni o'lchov birligi yoki o'lchov bilan taqqoslash uchun mo'ljallangan moslama **o'lchash asbobi** deyiladi.

Fizik kattaliklarni elektr o'lchash vositalari yordamida o'lchash elektr o'lchash deyiladi va u

hozirgi vaqtda elektr va noelektr kattaliklarni o'lchashda keng ko'lamda qo'llaniladi.

O'lchov birligi-o'lchash natijasi ko'rsatilgan birlikda ifodalangan va o'lchash xatoligi berilgan extimollikda ma'lum bo'lgan o'lchash xolatidir.

O'lchash vositalarining tasnifi (klassifikatsiyasi)

Elektr miqdorlarini o'lchash uchun belgilangan asboblari **elektr o'lchash asbob (EO'A)** lari deb ataladi. Hozirgi vaqtda EO'A larning turlari nihoyatda ko'p, binobarin, ularga qo'yiladigan talablar, ishlatish sharoiti, tuzilishi va boshqa ko'rsatkichlari xilma-xil bo'lganligi uchun ham ularni quyidagicha **tasniflash (klassifikatsiyalash)** mumkin:

1.O'lanadigan miqdorlarni o'lchash usuliga qarab, EO'A lari **bevosita baxolaydigan (ko'rsatadigan) va solishtirib** o'lchaydigan asboblarga bo'linadi.

Oldindan darajalab qo'yilgan va o'lanadigan miqdorni bevosita asbobning darajasi (shkalasi) bo'yicha hisoblashga imkon beruvchi EO'A bevosita baxolaydigan (ko'rsatadigan) asboblari deyiladi.

O'lanayotgan miqdor qiymatini uning o'lchovi bilan solishtirish natijasida olingan EO'A solishtirib o'lchaydigan asboblari deyiladi, masalan, o'lchash ko'prigi, potentsiometr va x.k.

2.EO'A lari ma'lumotlarni ko'rsatishlariga qarab, bevosita ko'rsatadigan (**analogli**), **raqamli, qayd qiluvchi, o'zi yozuvchi, bosmalovchi, integrallovchi va jamlovchi** kabilarga bo'linadi.

Bevosita ko'rsatadigan (analogli) EO'A o'lchash kattaliklari (miqdorlari) o'zgarishini uzluksiz funktsiya bilan aks ettiradi.

Raqamli EO'A o'lchash axborotini avtomatik ravishda uzuk-uzuk (uzulukli diskret) ishoraga aylantiradi. SHuning uchun ham bu asbobning ko'rsatishi raqam ko'rinishida bo'ladi.

Ko'rsatuvchi EO'A o'lchash natijasini uning ko'rsatishidan hisoblay olish uchun xizmat qiladi. Ko'rsatuvchi EO'A lari shunday tayyorlanishi mumkinki, birinchi holda asbob shkalasi qo'zg'almas bo'lib, uning ustida ko'rsatuvchi strelka siljishi yoki ikkinchi xolda aksincha bo'lishi mumkin.

Qayd qiluvchi EO'A o'lchash kattaligini qayd qilish imkoniyatiga ega.

O'zi yozar EO'A ko'rsatishini diagramma ko'rinishida yoza oladigan qayd qiluvchi asbob o'zi yozar EO'A deb ataladi.

Bosmalovchi EO'A o'lchash natijasini raqam ko'rinishida beradigan bosma qurilmasi o'rnatilgan qayd qiluvchi asbobdan iborat.

Integrallovchi EO'A berilgan kattalikni vaqt yoki boshqa mustaqil o'zgaruvchi ko'rsatkich bo'yicha integrallash xususiyatiga ega. Bunga misol tariqasida elektr energiya hisoblagichni ko'rsatish mumkin.

Jamlovchi EO'A ko'rsatishi unga xar xil yo'llar (kanallar) orqali berilgan ikki yoki bir necha kattaliklar funktsional yig'indisiga bog'liq holda ishlatiladi. Bunga bir necha generator quvvati yig'indisini o'lchash uchun mo'ljallangan asbob vattmetr misol bo'ladi.

3.EO'A lari ishlatilishiga qarab **elektr, mexanik, issiqlik, kimyoviy, biologik va boshqa noelektr miqdorlar** o'lchaydigan asboblarga bo'linadi.

4.EO'A ishlatilish xususiyatiga qarab **ko'chma va ko'chirib yuritilmaydigan (statsional)** asboblarga bo'linadi.

5.EO'A lari o'lchanadigan kattalik turlariga qarab **ampermetr, voltmeter, chatotometr, vattmetr, ommetr, faradometr** va shu kabi asboblarga bo'linadi.

6.EO'A lari ishlatilish sharoitiga qarab **A, B, V va T**: guruxlarga ajratiladi. Jumladan, A: guruxiga kiruvchi asboblarning nisbiy namlik 80 % gacha, harorat 10 S.....35 S gacha bo'lgan quruq va isitiladigan xonalarda ishlatishga mo'ljallangan.

B: guruxiga kiruvchi asboblarning xavosining nisbiy namligi 80 % harorati esa -20 S.....35 S gacha bo'lgan isitilmaydigan yopiq xonalarda foydalanishga loyiq.

V: guruxiga kiruvchi asboblarning havosining nisbiy namligi 98 % gacha bo'lgan harorati -40 S.....60 S gacha bo'lgan dala yoki dengiz sharoitida ishlatishga mo'ljallangan.

T: guruxiga kiruvchi asboblarning quruq va nam eng issiq mintaq (tropik) iqlim sharoitida foydalanishga mo'ljallangan.

O'lchash vositalarining tavsifi

O'lchash vositalarining ma'lum doirada ma'lum aniqlik bilan o'lchashlarini ishonch bilan baxolaydigan tavsiflar (xarakteristika) **metrologik tavsiflar** deyiladi. Ularning qiymatlari o'lchash natijalari aniqligini baxolab o'lchash vositalarini tanlash uchun juda zarur omillar hisoblanadi.

SHuning uchun ham quyida o'lchash vositalarining amalda **eng ko'p qo'llaniladigan tavsiflari** berilgan:

1. O'V sining o'zgartirish funktsiyasi yoki O'V sining o'zgartirish statik tavsifi.
2. O'V sining sezuvchanligi.
3. O'V sining doimiyligi.
4. O'V sining boshlang'ich sezuvchanligi.
5. O'V sining o'lchash doirasi.
6. O'V larining shkalasidagi daraja bo'laklarining qiymati.
7. O'V larining kirish va chiqish to'la qarshiliklari.
8. O'V larining o'tkinchi jarayon va tinchlantirish vaqtlari.
9. O'V larining xatoliklari.
10. O'V larining tuzatmalari.
11. O'V larining ko'rfasi (variatsiyasi).

Har bir EO'A to'g'risida kerakli va yetarli tavsiflarni osonlik bilan bilib olish uchun Davlat andozasi bo'yicha ularga ma'lum belgilar qo'yib chiqariladi. Bu belgilar EO'A larining shartli belgilari deyiladi.

EO'A shkalasiga quyidagi shartli belgilar yozilishi kerak:

- ♦ o'lchanuvchi kattalikning birligi (A: mA; V)
- ♦ asbobning aniqlik sinfi; (1,5 2,5 4,0)
- ♦ tokning turi va fazalar soni
- ♦ asbob tizimi
- ♦ tashqi magnit yoki elektr maydonlardan asbobning himoya qilinganlik turkumi
- ♦ ishlash bo'yicha asbobning turkumi
- ♦ asbobning ish xolati
- ♦ asbob tok o'tkazuvchi qismlarini uning qutisiga (korpusiga) nisbatan izolyatsiya qarshiligini

sinash kuchlanishi

♦ asbobning magnit maydoniga nisbatan o'rnatilish xolati, agar u asbob ko'rsatishiga ta'sir qilsa

- ♦ asbobning zavod raqami va chiqarilgan yili
- ♦ ishlab chiqaruvchi zavodning tovar belgisi

O'lchash asboblarining qismlarining ham o'ziga xos shartli belgilari mavjud, masalan, o'zgarmas tok asboblarining musbat ishorali tok beriladigan qismasi (+) belgi bilan belgilansa, manfiy ishorali qismiga esa

(-) belgi qo'yiladi.

Bu belgilar asbobni to'g'ri ulash uchun xizmat qiladi.

EO'A lari yordamida fizik kattaliklarni o'lchashni xar xil usullari mavjud bo'lib, bu usullardan foydalanishning o'lchash xatoliklari kam bo'lgan usullardan foydalaniladi. Umuman olganda hamma o'lchashlar ikkiga, bevosita baholash usuliga va solishtirish (taqqoslash) usuliga bo'linadi. SHu jumladan solishtirish (taqqoslash) usuli quyidagi o'lchash usullariga bo'linadi:

1. Nolga tenglash usuli .
2. Differentsiallash usuli.
3. Almashlash usuli.
4. Moslashtirish usuli.

Qo'llanilgan usul va o'lchash vositalarining takomillashmaganligi tufayli va boshqa sabablarga ko'ra o'lchash natijasi o'lchash kattaligining haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Bu farq o'lchash xatoligi deyiladi.

Elektr o'lchash usullari.

Standart bo'yicha **o'lchash** quyidagicha ta'riflanadi:

O'lchash – maxsus texnik vositalar yordamida fizik kattaliklar qiymatlarini tajriba yo'li bilan topish demakdir.

O'lchashning natijalarini olish usuli bo'yicha o'lchashlar quyidagi turlarga bo'linadi:

Bevosita o'lchash, bu yerda o'lchanayotgan kattalikning qiymati tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadi.

$$\acute{O} = \tilde{O}, \quad (1.1.1)$$

bunda $\acute{O}$ – o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati; $\tilde{O}$ -tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadigan qiymat.

Bilvosita o'lchash, bu yerda o'lchanayotgan kattalikning qiymati shu kattalik va bevosita o'lchangan kattaliklar orasidagi ma'lum bog'lanish asosida topiladi.

$$\acute{O} = F(\tilde{O}_1, \tilde{O}_2, ..., \tilde{O}_n) \quad (1.1.2)$$

Masalan, o'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni ampermetr va voltmeter yordamida o'lchash, bu yerda $U = \tilde{O}_1$ va $I = \tilde{O}_2$ u holda $P = UI$.

Majmuiy o'lchash deganda, kattalikning izlanayotgan qiymati shu kattalikning izlanayotgan qiymati bilan bevosita o'lchangan kattaliklar qiymatlari orasidagi bog'lovchi tenglamalar sistemasini ishlash yo'li orqali topilishi tushuniladi.

$$F_1(\acute{O}_1, \acute{O}_2, \acute{O}_3, ..., \tilde{O}_1, \tilde{O}_2, \tilde{O}_3, ...) = 0. \quad (1.1.3)$$

Birgalikda o'lchash deganda, turli nomli ikki va undan ortiq kattaliklar orasidagi munosabatni topish uchun bir vaqtda o'tkaziladigan o'lchashlar tushuniladi. Masalan, o'tkazgichlarning temperaturaga bog'liqligini aniqlaydigan formula yordamida α va β koeffitsientlarini topish.

O'lchov natijalarini ifodalash usuli bo'yicha o'lchashlarni ikki turga bo'lish mumkin:

Mutlaq o'lchash – bitta yoki bir nechta asosiy kattaliklarni bevosita o'lchashlarga asoslanadi. Masalan, uzunlikni ruletka yordamida o'lchash.

Nisbiy o'lchash – kattalikni birlik rolini o'ynaydigan nomdosh kattalikka nisbati o'lchanadi yoki kattalikning izlanayotgan deb qabul qilingan nomdosh kattalikka nisbatan o'zgarishi o'lchanadi. Masalan, ostsillografda Lissaju figuralari yordami bilan chastotani o'lchash.

Elektr o'lchashlar **bevosita baholash** va **taqqoslash** usullariga bo'linadi.

Bevosita baholash usulida o'lchanayotgan kattalikning qiymati to'g'risida oldindan o'lchanayotgan kattalik birliklarida graduировкаlangan bitta yoki bir nechta asboblarning ko'rsatishlari orqali fikr qilinadi.

Taqqoslash usulida o'lchanayotgan kattalik o'lchov tomonidan qayta ishlab chiqarilgan kattalik bilan solishtiriladi. Taqqoslash usuli **nolga keltirish**, **differentsial** (ayirmali o'lchash), **o'rindoshlik**, **mos kelishliklarga** bo'linadi.

Nolga keltirish usuli, bu usulda o'lchanayotgan kattalikni o'lchovi bilan solishtirish usuli bo'lib kattaliklarning indikatoriga natijaviy ta'siri nolgacha olib boriladi. Nol indikator yuqori sezgirlikka ega ekanligi va o'lchovlar katta aniqlikda ishlanishi sababli o'lchashlarda yuqori aniqlikka erishiladi. Masalan, elektr qarshilikni ko'prikn to'la muvozanatlashtirish (tenglashtirish) bilan o'lchash.

Differentsial (ayirmali o'lchash) usuli, bu usulda xuddi nolga keltirish usulidagi kabi o'lchanayotgan kattalik bevosita yoki bilvosita o'lchov bilan solishtiriladi, kattalikning o'lchanayotgan

qiymati to'g'risida solishtirish natijasi bo'yicha bir vaqtda bu kattaliklarning ko'rsatgan effektlarining farqiga asosan va o'lchov tomonidan qayta ishlab chiqarilgan ma'lum kattalik orqali xulosa qilinadi. Bu yerda to'liqmas tenglashtirish o'tkaziladi, o'lchanayotgan kattalik to'liq tenglashtirilmaydi. Masalan, voltmetr yordamida ikkita kuchlanishning farqini topish.

O'rindoshlik usuli, bu usulda bir asbob bilan ketma-ketlikda izlanayotgan kattalik va o'lchov o'lchanib ularning natijalari bo'yicha izlanayotgan kattalik hisoblab topiladi. Masalan, izlanayotgan va namunaviy qarshiliklardagi toklar orqali qarshilik qiymatini aniqlash.

Mos kelishlik usuli, bu usulda o'lchanayotgan kattalik qiymati bilan o'lchov ishlab chiqarayotgan qiymat orasidagi farqni o'lchashda shkalalarning belgilarini yoki davriy signallarning moslashishidan foydalaniladi. Masalan, stroboskop yordamida aylanish tezligini o'lchash.

O'lchashlar o'lchanayotgan kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarishi bilan **statik** va **dinamik** o'lchashlarga bo'linadi.

Axborot-o'lchash tizimlari haqida ma'lumotlar

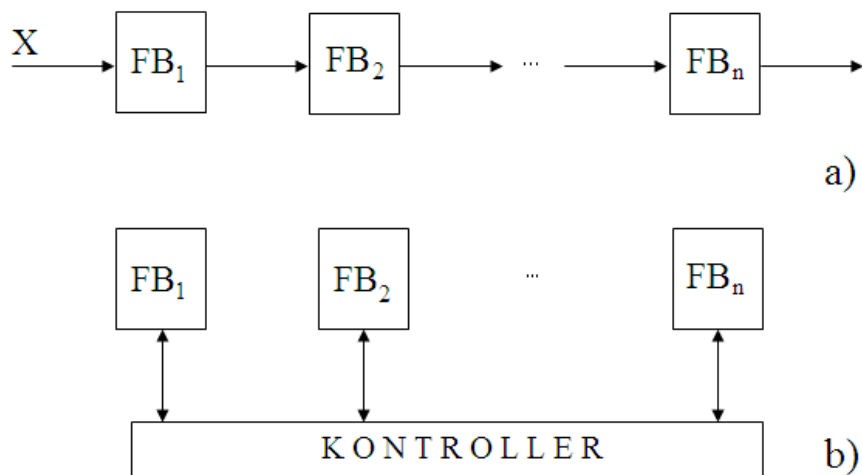
Hozirgi zamon mashina, texnologik jarayonlar, murakkab qurilmalar va ishlab chiqarish tizimlari, ayniqsa elektroenergetika sohasiga tegishli komplekslarda katta sondagi turli fizik kattaliklarni o'lchashlarini va nazoratini tashkil etish talab qilinadi. Maslan, Rossiyadagi Sayano-SHushen GES da gidrotexnik qurilmalar va elektrotexnika tizimidagi agregatlar va apparatlarning ishlashini amalga oshirish nazorati taxminan 3000 ta birlamchi o'zgartkichlar orqali olib boriladi.

Bundan ko'rinib turibdiki, bunday masalalarni xal etishda odatdagi usullar bilan, ya'ni har bir birlamchi o'zgartkichlar signallarini alohida tegishli o'lchash vositalari orqali o'lchash va nazoratini amalga oshirish juda katta qiyinchiliklarni olib keladi. SHu sababdan bunday hollarda **axborot-o'lchash tizimlaridan** (AO'T) foydalaniladi.

Mo'ljallanishiga qarab AO'T lar quyidagilarga bo'linadi:

- tadqiqod qilinayotgan ob'ektdan o'lchash axborotni **yig'ish tizimi**; bularni ko'pincha **o'lchash tizimlari** deyiladi;
- turli mashinalar, agregatlar yoki texnologik jarayonlarni ishlashini nazorat qilish uchun mo'ljallangan **avtomatik nazorat tizimlari**;
- texnik nosozliklarni aniqlash uchun mo'ljallangan **texnikaviy diagnostika tizimi**;
- uzoq maasofada joylashgan ob'ektlardan o'lchash axborotini yig'ish uchun mo'ljallangan **teleo'lchashlar tizimi**.

AO'T strukturasi tizimda qabul qilingan boshqarish usuliga bog'liq bo'lib **markazlashtirilmagan** va **markazlashtirilganlarga** bo'linadi. Birinchi holdagi AO'T tarkibi va funktsional bo'g'inlar (uzellar) ning ish rejimi o'zgarmas bo'lib, bularning imkoniyatlari chegaralangan bo'ladi, lekin soddaligi, ixchamligi va past narxi bilan ajralib turadi. Ikkinchi holatdagi AO'T lar radial, magistral, radial-zanjirli va radial-magistralli strukturali turlarga bo'linadi. Radial strukturali AO'T markaziy boshqarish qurilmasiga – kontrollerga ega bo'ladi. Kontroller funktsional bo'g'inlarga ish rejimini belgilaydi, o'zarota'sir etuvchi funktsional bo'g'inlarning sonini va tarkibini hamda ular orasidagi bog'lanishni o'zgartiradi, ya'ni tizimning funktsional imkoniyatlarini egiluvchanlik (gibko) bilan o'zgartiradi.



1.1.3-rasm. Axborot-o'lchov tizimlari struktura sxemalari.

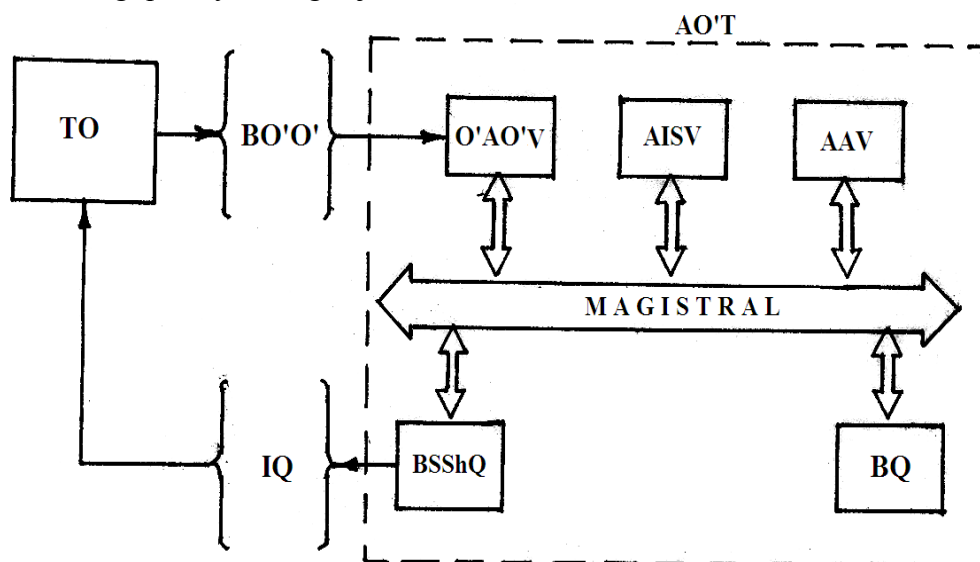
Axborot-o'lchash tizimlari tuzilmasiga misol tariqasida 1.1.3,a-rasmda markazlashmagan va 1.1.3,b-rasmda markazlashgan boshqaruvli tizimlarning struktura sxemalari keltirilgan. Bunda: $FB_1, FB_2, \dots, FB_n$ lar funktsional bo'g'inlar. Markazlashmagan tizimda har bir funktsional bo'g'in axborot signali ustidan oldindan **belgilangan operatsiyani** bajaradi (1.1.3,a-rasm). Markazlashgan tizimda esa, funktsional bo'g'inlar orasidagi o'zaro ta'sir signallarini almashuvi **kontroller orqali** amalga oshiriladi (1.1.3,b-rasm).

Lekin radial strukturali AO'T larda bo'g'inlarni (uzellarni) ko'paytirish kontrollerni murakkablashtirib yuboradi. Bu kamchilikdan magistral strukturali AO'T holi bo'ladi va funktsional imkoniyatlari kengayadi.

1.1.4-rasmda axborot-o'lchash tizimining umumlashgan struktura sxemasi keltirilgan. Bunda tadqiqot ob'ektidan (TO) axborot belgilangan ko'pgina birlamchi o'lchash o'zgartkichlari (BO'O') ga keladi va elektr shaklga o'zgartirilib o'lchash axborotini o'zgartirish vositalari (O'AO'V) ga uzatiladi. Bundan raqamli shakldagi signal axborotga ishlov berish va saqlash raqamli o'lchash vositalari (AISV) ga va shu kabi axborotni aks ettirish vositasi (AAV) ga beriladi. Boshqaruv signallarni shakllantirish (BSSHQ) belgilangan ko'pgina ijro qurilmalari (IQ) lar orqali boshqarish, testlash va sh.k. lar uchun tadqiqot ob'ektga ta'sir etadi. Oxirgi paytlarda (AISV) sifatida universal EVM lar qo'llanilmoqda, bularga sistemada boshqaruv qurilmasi (BQ) funktsiyasi ham yuklatilmoqda. Sxemada magistral ma'nosi, barcha funktsional bo'g'inlar uchun shina bo'lib o'zaro ta'sir signallarini uzatish uchun mo'ljallanadi.

Sinov savollari

1. O'lchash deganda nimani tushunasiz?
2. O'lchov nima?
3. O'V larining qanday turlarga ajratish mumkin?



1.1.4-rasm. Axborot-o'lchov tizimining umumiy struktura sxemasi

4. A; B; V va T guruxga kiruvchi EO'A larini tushuntiring.
5. O'V larining qanday tavsiflarini bilasiz?
6. EO'A larining shkalasidagi shartli belgilarni tushuntiring.

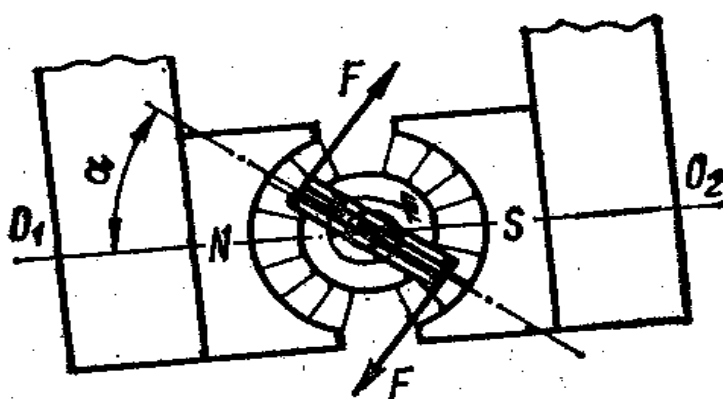
2-Mavzu: Elektromexanik o'lchash asboblari.

Reja:

1. Magnitoelektrik tizim asboblari.
2. Elektromagnit tizim asboblari.
3. Elektrodinamik tizim asboblari.
4. Induksion tizim asboblari.

Magnitoelektrik tizim asboblari

Bu tizimdagi asboblarning qo'zg'aluvchan qismi o'lchanadigan tok oqib o'tadigan berkanjirning magnit maydoni bilan doimiy magnit maydonlarning o'zaro ta'siri natijasida xarakatga keladi.



Rasm-2.1da berilgan magnitoelektrik tizim asboblarning umumiy sxemasidan ko'rinib turibdiki, doimiy magnit o'rtasiga joylashtirilgan ramka (g'altak) dan tok o'tganda, ramkani xarakatga keltiruvchi kuch hosil bo'ladi.

Rasm-2.1.

Bu kuch ramkani O_1-O_2 o'qiga perpendikulyar bo'lguncha aylantiradi. Aylantiruvchi moment unga teskari ta'sir etuvchi momentga tenglashganda ramka to'xtaydi. Elektrotexnikadan bizga ma'lumki, aylantiruvchi momentni quyidagicha yozish mumkin:

$$M = \frac{\partial(\Phi \cdot I)}{\partial \alpha}$$

bunda: F -ramkaga ta'sir etuvchi oqim, I -ramka chulg'amidagi tok.

Magnit oqimi (F) ning kattaligini quyidagi formula orqali yozish mumkin:

$$F = 2BrL\omega\alpha$$

bu yerda: V -havo bo'shlig'idagi magnit induksiya.

ω -ramkadagi chulg'amni o'ramlar soni.

r -aylanish o'qiga nisbatan ramkaning radiusi.

L -ramkaning uzunligi.

α -ramkani siljish burchagi

Agar $S=rL$ deb olsak, unda $F=BS\omega\alpha$ bo'ladi va bu formuladan quyidagi formula hosil bo'ladi: $M=BS\omega I$

Qarshi ta'sir etuvchi moment elastik elementlar yordamida hosil qilinadi. SHuni hisobga olib quyidagi tenglikni yozish mumkin: $W\alpha=BS\omega I$

bundan siljish burchagi α -ni topamiz:

$$\alpha = \frac{B \cdot S \cdot \omega}{W} \cdot I$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, tok yo'nalishini o'zgartirsak, ramkaga ta'sir etuvchi kuch (F) ham o'z yo'nalishini o'zgartiradi, ya'ni α -siljish burchagi qarama-qarshi tomonga og'adi.

SHuning uchun magnitoelektr asboblarni ulashda qutbi (polyarnost')ga e'tibor berish kerak, aks holda asbob ishdan chiqishi mumkin.

Magnitoelektr tizim asboblarining sezuvchanligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$S = \frac{B \cdot S \cdot \omega}{W}$$

Bu tenglikdan ko'rinib turibdiki, magnitoelektrik tizimi asboblarida sezuvchanlik (S) burchak siljishi (α)ga bog'liq emas. Demak bu tizim asboblarining shkalasi bir tekis bo'ladi, ko'p o'lchamli (mnogopridel'niy) qilib ishlab chiqarish mumkin.

Magnitoelektrik tizimi asboblarining afzalliklari.

- aniqlik sinfining yuqoriligi;
- shkalasining bir tekisligi;
- yuqori sezgirligi;
- quvvatni kam iste'mol qilishi;

Kamchiliklari:

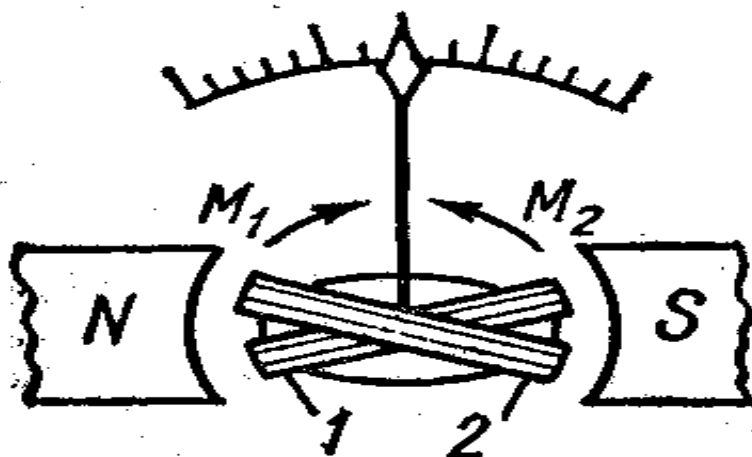
- konstruktsiyasining murakkabligi;
- o'ta yuklamalarga sezgirligi;
- o'zgarmas tok zanjirida ishlatilishi;
- tannarxini qimmatligi.

Magnitoelektrik lagometrlar

Sanoatda magnitoelektrik lagometrlari ham ko'p ishlatiladi, bizga ma'lumki lagometrlarda qarshi ta'sir etuvchi moment elastik prujina yordamida emas, balki elektr usul bilan hosil qilinadi. Buning uchun ikkita bir-biriga mahkamlangan ramkalardan oqib o'tuvchi I_1 va I_2 toklarni ta'siridan hosil qilinadi.

CHulg'amdagi toklarning yo'nalishini shunday tanlash kerakki, bunda ramkalarda (Rasm-2.2) hosil bo'ladigan aylantiruvchi moment M_1 va M_2 larning harakat yo'nalishi bir-biriga qaragan bo'lsin. Bunda momentlardan biri aylantiruvchi, ikkinchisi esa qarshi ta'sir etuvchi bo'ladi.

Bu momentlardan bittasi burchak siljishi (α)ga bog'liq bo'lishi kerak, bunga erishishning eng oson yo'li shuki o'zgarmas magnit bilan ramka orasidagi bo'shliq (zazor) ni xar xil qilish natijasida, magnit induksiya (V) sini burchak siljishi (α)ga bog'liq qilib ishlab chiqarish mumkin. SHuning uchun lagometrlarda chulg'amlar o'zagi ellipssimon qilib ishlanadi.



Umumiy holda bu momentlarni quyidagi ifoda bilan yozish mumkin:

$$M_1 = K_1 F_1(\alpha) I_1 \quad \text{va} \quad M_2 = K_2(\alpha) I_2$$

bu yerda $K_1 = S_1 \omega_1$ $K_2 = S_2 \omega_2$

bundan

$$K_1 F_1(\alpha) I_1 = K_2(\alpha) I_2$$

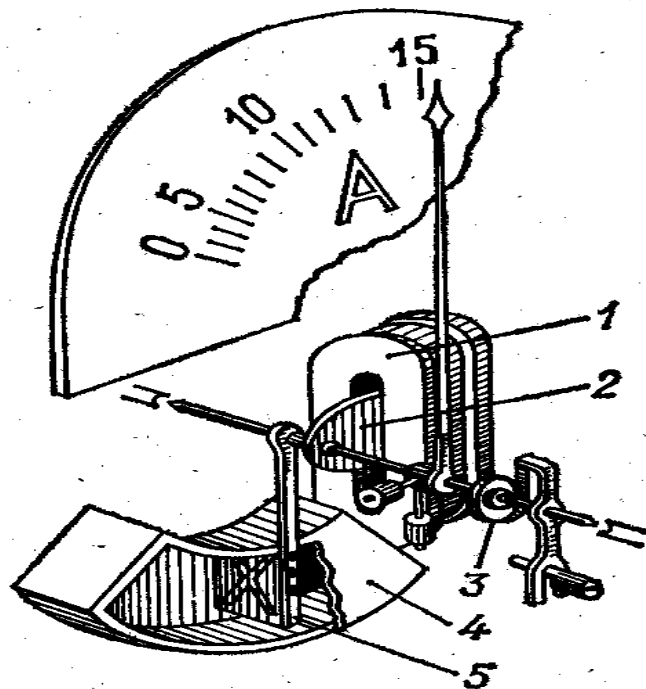
Agar $K_1 = K_2$ bo'lsa

$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$ deb yozish mumkin.

Yuqoridagi ifodadan ko'rinib turibdiki, lagometrlarda burchak siljishi α chulg'amlardagi toklarni nisbatiga bog'liq bo'ladi. Magnitoelektrik lagometrlarning o'lchash mexanizmlari ko'pincha Ommetrlarda ishlatiladi.

Elektromagnit tizim asboblari

Elektromagnit tizim asboblarning qo'zg'aluvchan qismi g'altak chulg'amida o'lchanadigan I tok oqib o'tganda hosil bo'ladigan magnit maydoni bilan ferromagnit o'zagining o'zaro ta'siri natijasida harakatga keladi.



Pacm-2.3

Hozirgi vaqtda elektromagnit tizim asboblarning uch xil turi, yapaloq g'altakli, yumaloq g'altakli va yopiq magnit o'zakli o'lchash mexanizmli qilib ishlab chiqarilmoqda.

Rasm-2.3da yapaloq g'altakli elektromagnit mexanizmning sxemasi berilgan. Bu yerda (1) elektromagnit chulg'amidan elektr toki oqib o'tsa, chulg'amda elektromagnit maydon hosil bo'ladi va bu ferromagnit o'zak (2) ni harakatga keltiradi.

Bunda prujina (4) tortiladi va teskari ta'sir etuvchi moment vujudga keladi.

Tok oqib o'tayotgan chulg'amning elektromagnit energiyasi $W_e = \frac{L \cdot I^2}{2}$ ga teng.

Bu yerda L -g'altakning induktivligi. I -chulg'amdagi tok kuchi.

Aylantiruvchi momentni qiymatini topsak:

$$M = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$$

Agar aylantiruvchi moment bilan teskari ta'sir etuvchi moment tenglashganda ko'rsatkich (strelka) to'xtaydi. Bundan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{1}{2W} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$$

Yuqoridagi tenglikdan quyidagilar ma'lum bo'ladi:

1. Asbobning harakatlanuvchi qismining yo'nalishi chulg'amdagi tok yo'nalishiiga bog'liq emas, demak elektromagnit o'lchov asboblari o'zgaras va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatish mumkin.

2. Elektromagnit asboblarning shkalasi notekis bo'ladi. Chunki, chulg'amdagi (I) tok bilan (α) burchak siljishi o'rtasida to'g'ri proporsional bog'lanish yo'q.

Elektromagnit tizim asboblarning afzalliklari:

- o'zgaras va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi.
- tokning o'ta yuklamasiga turg'unligi.
- konstruktsiyasining soddaligi.
- tannarxining arzonligi.

Kamchiliklari:

- shkalasining notekisligi.
- tashqi magnit maydonlarning ta'siri.
- katta quvvat iste'mol qilishi.

Elektrodinamik tizim asboblari

Elektrodinamik tizim asboblarda tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siridan foydalaniladi. Ma'lumki, bir xil yo'nalishdagi tokli o'tkazgichlar bir-biridan itariladi. Bunday asboblarda aylantiruvchi moment qo'zg'almas g'altak chulg'amidagi tokning magnit maydoni bilan uning ichiga joylashtirilgan tokli o'zg'aluvchan g'altakning o'zaro ta'siridan xosil bo'ladi.

Elektrodinamik tizim asboblarning ferromagnit o'zakli va ferromagnit o'zaksiz xillari bo'ladi. FMO' asboblari ferrodinamik asboblari deb ataladi.

Ferromagnit o'zaksiz asboblarning o'lchash mexanizmi qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas g'altakdan iborat bo'lib, qo'zg'aluvchi g'altak qo'zg'almas g'altak ichida erkin aylana oladigan qilib joylashtirilgan bo'ladi. Qo'zg'almas g'altakning chulg'ami 5 A va undan yuqori toklarga mo'ljallangan, izolyatsiyalangan mis simdan o'raladi.

Qo'zg'aluvchi g'altakning chulg'amlari esa 50 mA dan past toklarga mo'ljallanib, izolyatsiyalangan mis simdan ko'p o'ramli qilib tayyorlanadi.

G'altaklardan biridagi tokning yo'nalishi o'zgarsa, qo'zg'aluvchi g'altak qarama-qarshi tamonga buriladi. Agar tokning yo'nalishi ikkala g'altakda ham bir vaqtning o'zida o'zgarsa

aylantiruvchi momentning yo'nalishi o'zgarmaydi. SHuning uchun elektrodinamik tizim asboblari ham o'zgaruvchan ham o'zgaras tok zanjirlaridagi o'lchashlarda ishlatiladi.

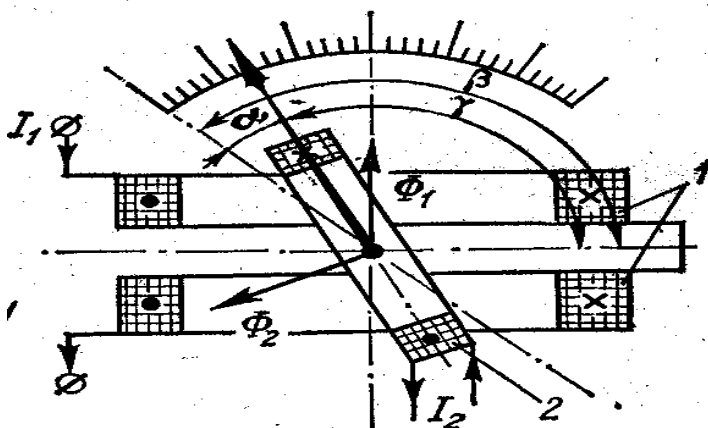


Рис. 2.4

Bu tizim asboblari aylantiruvchi

momentning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi: $M = \frac{1}{T} \int_0^T M dt = V \cdot S_2 \cdot \omega \cdot I_2 \cdot \cos \beta$ β -

burchak, agar $V = K_1 \cdot I_1$ bo'lsa, unda $M = K_1 \cdot S_2 \omega_2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \beta$

O'lchash mexanizmlarining muvozanat shartiga ko'ra

$$M = M_T \text{ yoki } \alpha = K_1 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \beta$$

Elektrodinamik tizimdagi milliampermetr va voltmترلarda qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas g'altaklar ketma-ket ulanadi. Voltmetrlarda g'ataklarning ketma-ket ulangan zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulanadi. 0,5 A dan katta toklarga mo'ljallangan ampermetrlarda qo'zg'aluvchi g'altak chulg'amlari qo'zg'almas chulg'amlariga parallel ulanadi.

Ferrodinamik o'lchash asboblarning tuzilishi magnitoelektrik tizim asboblarning o'lchash mexanizmini eslatadi, faqat bunda o'zgarmas magnit elektromagnit bilan almashtiriladi.

Elektrodinamik tizim asboblarning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi;
- katta aniqlikda gradirovka qilinishi;
- vaqt bo'yicha turg'unligi.

Elektrodinamik tizim asboblarning kamchilliklari quyidagilardan iborat:

- sezgirligining yuqori emasligi;
- katta quvvat iste'mol qilishi;
- o'ta yuklamalarga sezgirligi.

Aniqlik sinfi 0,5; 0,2; 0,1 qilib ishlab chiqariladi. CHastota diapazoni esa 10 Gts dan 10 kGts gacha bo'ladi.

Ferrodinamik tizim asboblarning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- tashqi magnit maydanning ta'sirini kamligi;
- kam quvvat iste'mol qilishi;
- o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi.

Ferrodinamik tizim asboblarning kamchilliklari quyidagilardan iborat:

- aniqlik sinfining pastligi;
- chastota daapazonining kichikligi.

Elektrodinamik va ferrodinamik lagometrlari mexanizmlar yordamida fazometrlar, chastotamerlar, farodametrlar, induktivlikni o'lchagichlar va boshqa o'lchov asboblari ishlab chiqariladi.

Induktsion tizim asboblari

Induktsion tizimdagi asboblardan faqat o'zgaruvchan tok zanjirlaridagina foydalaniladi. Ular elektr energiya hisoblagichi sifatida keng tarqalgan. SO tipidagi bir fazali induktsion hisoblagichlar elektr energiyasig'ni o'lchashda keng foydalaniladi.

Bu hisoblagichlar 127 V hamda 220 V kuchlanishli, 50 Gts chastotali tarmoq uchun 5-10 A li tokka mo'ljallangan bo'ladi.

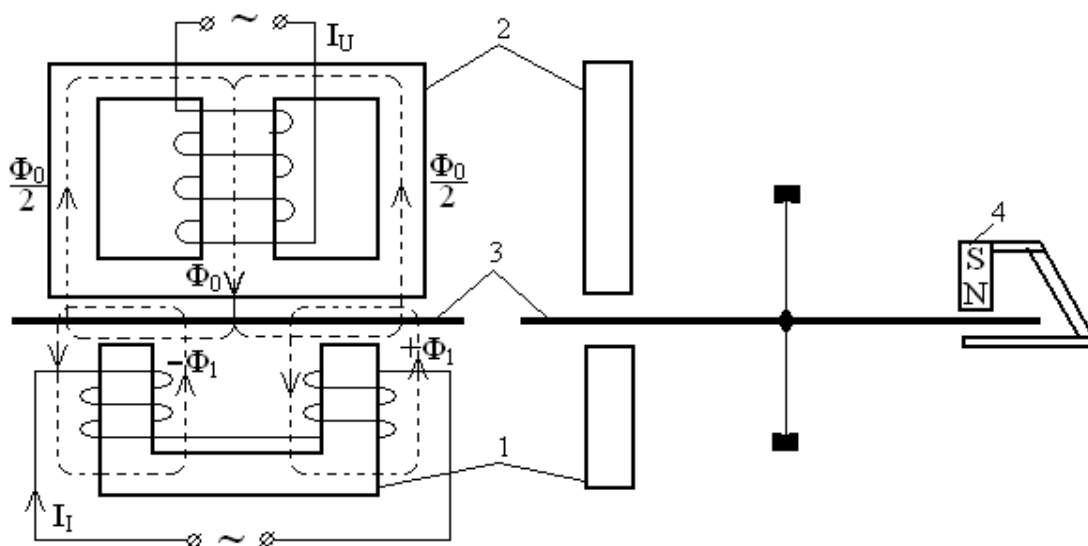


Рис. 2.5

Bir fazali induktsion hisoblagichning o'lchash mexanizmi (Rasm-2.5) ikkita elektromagnitdan iborat bo'lib, ular aylanuvchi yupqa alyuminiy disk (3) ning chekkasiga joylash-tirilgan. Disk o'lchash mexanizmining qo'zg'aluvchi qismidir. Diskning ostiga joylashtirilgan elektromagnit (1) da izolyatsiyalangan mis simdan kam o'ramli qilib yasalgan chulg'am bo'ladi va u o'z o'zagini ikkala uchi bilan disk tomonga qarab turadi. Bu elektromagnitning chulg'ami tok iste'molchisi bilan ketma-ket ulanadi va tok chulg'ami vazifasini bajaradi. Diskdan yuqorida joylashgan (2)ning chulg'ami izolyatsiyalangan mis simdan (8-12 ming) ko'p o'ramli qilib yasaladi. Bu chulg'am tok iste'molchisi bilan parallel ulanadi va kuchlanish chulg'ami vazifasini bajaradi. Chulg'am magnetaprovod (2) ning o'rtadagi qismiga o'raladi.

Elektromagnit chulg'alaridan o'zgaruvchan tok o'tgan paytda magnet o'tkazgichlarda sinusoidal qonunga muvofiq o'zgarib turuvchi o'zgaruvchan magnet oqimi hosil bo'ladi. Elektromagnit (1)ning chulg'amidagi magnet oqimi diskdan ikki marta ($-F_1; QF_1$) singib o'tadi. Elektromagnit (2) ning magnet oqimi (F_{ish}) o'zakdan chiqib, diskdan singib o'tadi.

Alyuminiy diskdan $+F_1; F_{ish}$ va $-F_1$ magnet oqimlari singib o'tadi. $+F_1$ va $-F_2$ magnet oqimlari faza bo'yicha bir-biridan 180° , F_{ish} magnet oqimi esa ularga nisbatan 90° - φ burchakka siljigan bo'ladi. Bu holatda yuguruvchi magnet maydon hosil bo'ladi va bu yuguruvchi magnet maydon diskda uyurma toklar hosil qiladi. Lents qonuniga ko'ra, yuguruvchi magnet maydon bilan uyurma toklarning o'zaro ta'siri diskni magnet qutblari siljiyotn tomonga tortadi va aylantiruvchi moment hosil qiladi.

Diskka ta'sir etuvchi aylantiruvchi momentni miqdori nagruzkaning aktiv quvvatiga proporsional; ya'ni $M_{ayl} = K_1 R$ bunda R - iste'molchining quvvati; K_1 ayni hisoblagich uchun o'zgarmas koeffitsient bo'lib, u chulg'amdagi o'ramlar soni va elektromagnitlarni joylashishiga bog'liq.

Diskning bir xil tezlikda aylanishi uchun tormozlovchi moment zarur, bu moment o'zgarmas magnet (4)ning magnet maydonini diskka ta'sir etishidan vujudga keladi. Bu magnet maydon ham diskda uyurma toklar hosil qiladi va magnet maydon bilan ta'sirlashib, disk harakatini tormozlaydi.

Diskka ta'sir etuvchi tormozlovchi moment uning harakat tezligiga to'g'ri

proportsional, ya'ni $M_t = K_2 \cdot n$; bunda K_2 -ayni hisoblagich uchun o'zgarmas proportsionallik koeffitsienti; n - diskning sekundiga aylanishlar soni. Bundan $R = S_n$ kelib chikadi. Diskning aylanish tezligi tormozlovchi moment aylantiruvchi momentga tenglashguncha ortib boraveradi, ya'ni $M_{ayl} = M_t$ yoki $K_1 R = K_2 n$;

Agar tok zanjiri (t) vaqt ichida R quvvat iste'ol qilsa, sarflangan energiya quvvat bilan vaqtning ko'paytmasiga teng bo'ladi.

$$W = P \cdot t = C \cdot n \cdot t = C \cdot N$$

bunda $N = nt$ - diskning aylanishlar soni;

S - hisoblagichning haqiqiy doimiysi deb ataladi.

Hisoblagichning haqiqiy doimiysi S ning miqdori hisoblagich diski bir marta to'liq aylanganda elektr iste'molchisi olgan energiyaga tengdir.

Asbob shitida hisoblash mexanizmining uzatish soni ko'rsatilgan bo'ladi, u tokning muayyan ish birligida diskning necha marta aylanishini ko'rsatadi, masalan, $1kVt \cdot soat = 5000$ diskning aylanishlar soni. Uzatish soniga ko'ra hisoblagichning nominal doimiysi S_0 aniqlanadi.

$$C_0 = \frac{3600 \cdot 1000}{5000} = 720 \frac{sm \cdot sek}{ayl}$$

Diskning harakati chervyak vint orqali hisoblash mexanizmiga uzatiladi, hisoblash mexanizmi 0 dan 9 gacha raqamlar yozilgan bir qator shisternachalardan iborat bo'ladi. Barcha raqamlar birgalikda hisoblagich tarmoqqa ulanib to'rgan vaqt ichida sarflangan energiyaning $kVt \cdot soat$ larda ifodalangan miqdorini ko'rsatuvchi sonini beradi.

Elektr energiyasining o'lchov birligi XBT da $1J = 1Vt \cdot 1sek$ olingan, lekin amalda ko'pincha $1kVt \cdot soat = 3,6 \cdot 10^6$ joul ishlatiladi.

Reaktiv energiyani maxsus reaktiv energiyani o'lchashga mo'ljallangan reaktiv energiya hisoblagichlaridan foydalaniladi.

Reaktiv energiyani o'lchov birligi $1kVar \cdot soat$ ishlatiladi.

Sinov savollari

7. O'lchash deganda nimani tushunasiz?
8. O'lchov nima?
9. O'V larining qanday turlarga ajratish mumkin?
10. A; B; V va T guruxga kiruvchi EO'A larini tushuntiring.
11. O'V larining qanday tavsiflarini bilasiz?
12. EO'A larining shkalasidagi shartli belgilarni tushuntiring.
13. Magnitoelektrik asboblarni ishlash printsipini tushuntiring.
14. Lagometrlarda teskari ta'sir etuvchi kuch qanday hosil qilinadi?
15. Elektromagnit tizimi asboblarini ishlash printsipini tushuntiring?
16. Elektromagnit tizim asboblarida aylantiruvchi moment qanday hosil qilinadi?
17. Elektromagnit va magnitoelektrik tizim asboblarining kamchiliklarini va afzalliklarini tushuntiring.
18. Induktsion tizim asboblarini ishlash printsipini ayting?
19. Elektr hisoblagichni nisbiy xatoligi qanday aniqlanadi?

3-Mab3y: O'lchash ko'priklari va kompensatorlar.

1. O'zgarmas tok ko'priklari.

2. O'zgarimas tok kompensatorlari.
3. O'zgaruvchan tok ko'priklari va kompensatorlari.

O'zgarimas tok ko'priklari

Elektr o'lchash texnikasida ko'priksimon o'lchash zanjirlarini qo'llanilishi keng tarqalgan.

O'zgarimas tok yakka ko'priklari deganda o'zgarimas tok manbaidan ta'minlanadigan to'rt yelkali ko'prik tushuniladi. Bu ko'priklarning xatoliklari o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib asbob pasportida keltiriladi.

Tashqi yoki ichki nol indikatorli ko'chma asboblari tayyorlanadi. Kichik qarshiliklarni o'lchaganda kontakt va ulash simlarining qarshiliklari o'lchanayotgan qarshilik qiymatiga qo'shib qolishi sababli sezilarli xatoliklar keltirib chiqaradi. SHu sababli ikki qismali ko'priklar qatorida to'rt qismali ko'priklar ham qo'llaniladi. 10 Om dan 10^6 Om gacha o'lchashlar mo'ljallansa **ikki qismali**, agarda 10 Om dan kichik qiymatli qarshiliklarni o'lchanadigan bo'linsa **to'rt qismali** sxema ishlatiladi. To'rt qismali sxemada kontakt va ulanish simlari qarshiliklarini ko'prikning yelkalari va diagonallari tarkibiga kiritiladi. Masalan, 2.2.1-rasmda keltirilgan to'rt qismali ko'prik sxemasining ishlash tavsifini ko'rib chiqaylik.

Ushbu ko'prikning muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

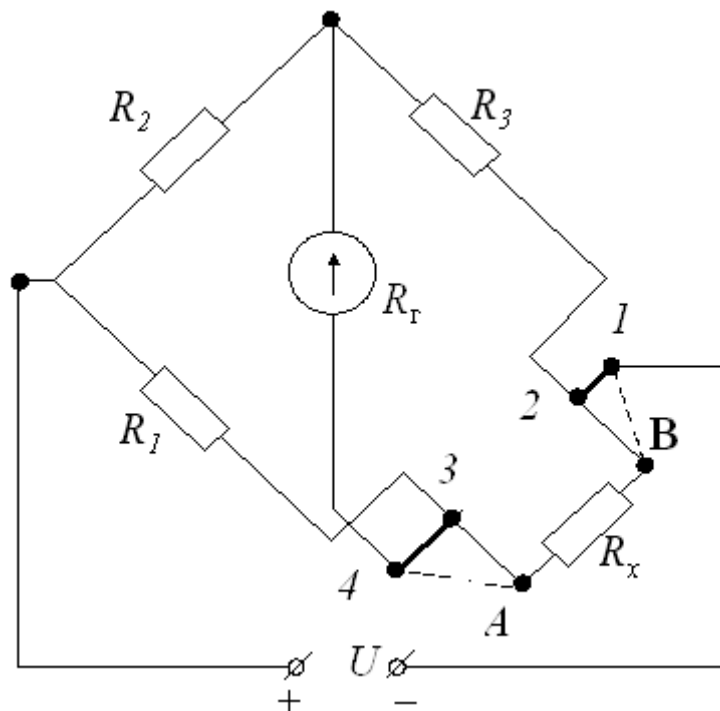
$$R_2 R_x = R_1 R_3. \quad (2.2.1)$$

Bu tenglamadan o'lchanayotgan qarshilikni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin.

$$R_x = R_1 (R_3/R_2), \quad (2.2.2)$$

bu yerda R_2 va R_3 , nisbat yelkalari, R_1 - solishtirish yelkasi deyiladi. R_x ni qiymatini aniqlash uchun R_1 ning qiymati o'zgartirilib (2.2.1) muvozanat tenglamasi qoniqtiriladi. Bu holatni ko'prik diagonaliga ulangan galvanometrni ko'rsatishi nolga tenglashishi bildiradi.

2.2.1-rasmdagi sxemaning ishlashini ko'rib chiqamiz. 10 Om dan 10^6 Om gacha qarshiliklarni o'lchashda 1 va 2 hamda 3 va 4 qismalar tutashtiriladi, R_x 2 va 3 qismalariga ulanadi. 10 Om dan kichik qarshiliklarni o'lchaganda R_x to'rtala 1 va 2, 3 va 4 qismalarga ulanadi. 1 va 2, 3 va 4 qismalari oralaridagi ulanishlar uziladi. U holda R_x dan 2 va 3 qismalarga ulangan simlarning va kontaktlarning qarshiliklari R_3 va R_1 qarshiliklari yelkalari tarkibiga kiradi. R_3 va R_1 rezistorlarining qarshiliklari ulash simlari va kontaktlar qarshiliklaridan ancha kattaligi sababli ketma-ket ulangan bu qarshiliklar o'lchash natijasi aniqligiga amaliy ta'sir yetkazmaydi. R_x dan 1 va 4 qismalariga ulangan simlar va tegishli kontakt qarshiliklari diagonallar qarshiligi tarkibiga kirib ular ham o'lchash natijasiga katta ta'sir qilmaydi.



2.2.1 - rasm. To'rt qismali ko'prik sxemasi

ko'riladi. Bularda ulash simlari va kontakt qarshiliklarining o'lchash natijasiga ta'siri minimumga keltirilgan. SHu sababli 10 Om dan kichik qarshiliklarni ikkilangan o'zgaras tok ko'priklarida o'lchanadi.

O'zgaras tok ko'priklarining aniqlik sinfi o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib 0,005 dan 5,0 gacha bo'ladi. Aniqlik sinfi o'lchashning eng katta nisbiy xatoligi bo'yicha aniqlanadi. O'zgaras tok ko'priklarining o'lchash chegaralarini barcha asboblarda uchun umumlashtirib olinganda 10^{-8} dan 10^{16} Om diapazonida bo'lishi mumkin. O'zgaras tok ko'priklari ko'chma va laboratoriya uchun mo'ljallanib tayyorlanadi. Ko'chma yakka ko'priklar asbobga joylashtirilgan galvanometr va manbaga ega bo'ladi. Bunday asboblarning aniqlik sinfi 0,1 dan 5,0 gacha bo'lib, o'lchash diapazoni 10^{-4} dan 10^5 Om bo'ladi.

Laboratoriyaga moslangan ko'priklar yakka va yakka – ikkilangan bo'lib o'zgaruvchan tok tarmog'idan ta'minlanadigan qilib chiqariladi. Laboratoriya ko'priklarining aniqlik sinfi 0,01 dan 0,05, o'lchash chegarasi esa $10^{-3} \div 10^8$ Om va maxsus katta omlik ko'priklar 10^{16} Om, ikkilangan ko'priklar 10^2 dan 10^{-8} Omlarga chiqariladi.

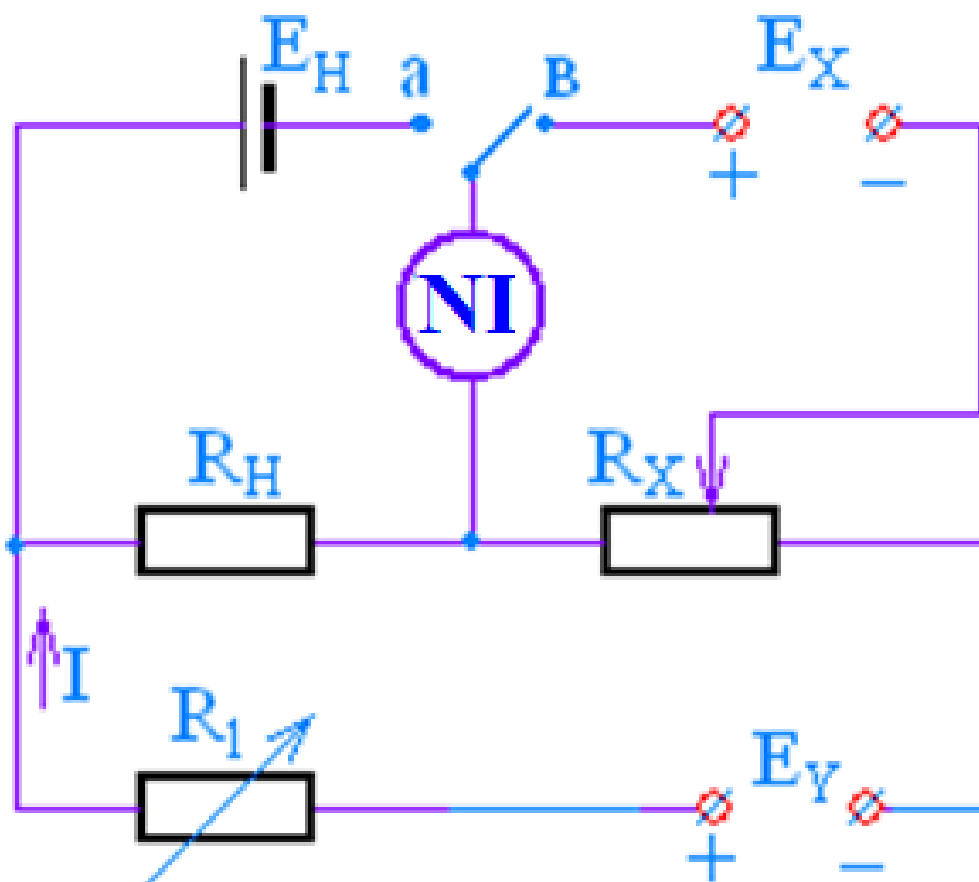
O'zgaras tok ko'priklari asboblarni parametrlarini tekshiruvda, kabellar tadqiqotida, aloqa liniyalarini shikastlangan joyini topish uchun va izolyatsiya qarshiligini o'lchashlarda ishlatiladi.

O'zgaras tok kompensatorlari

Kompensatorlar (potentsiometrlar) ham o'lchash ko'priklari kabi taqqoslash asboblarga kiradi. Kompensator yordamidagi o'lchash jarayoni **kompensatsiyalash** deb nom olgan ikki kuchlanishni nol usuli bilan solishtirish orqali amalga oshiriladi. Bu usul odatda o'lchash vositalarini tekshiruv uchun mo'ljallangan laboratoriya asboblarda va o'lchash qurilmalarida qo'llaniladi.

Kompensatsiya usulining o'ziga xos xususiyati o'lchash paytida o'lchash zanjirida tokning yo'qligi bo'lib, bu asosda yuqori aniqlikka erishiladigan asboblarni yasash mumkin bo'ladi.

2.2.2 - rasmda o'zgarmas tok kompensatorining oddiy sxemasi keltirilgan.



2.2.2 - rasm. O'zgarmas tok kompensatorining sxemasi

Sxemada: E_n - normal element; E_x - o'lchanilayotgan EYuK; NI - nol indikator; R_n - namunaviy rezistor; R - qarshiligi ma'lum rezistor; R_1 - reostat; E - yordamchi manba; U - uzib ulagich.

Sxemaning ishlashi quyidagidan iborat:

1. Ishchi tok o'rnatiladi. Buning uchun uzib ulagich U ni a holatiga qo'yiladi va R_1 reostatning qarshiligi NI nolni ko'rsatgunga qadar o'zgartiriladi. Bu holat $E_n = IR_n$ bo'lganda o'rnatiladi. Ushbu tenglikdan I ishchi tokni aniqlasa bo'ladi, ya'ni zanjirda I ishchi toki o'rnatiladi.

2. Uzib ulagich U ni b - holatga qo'yiladi. So'ngra R rezistorning qiymatini A surgich yordamida o'zgartirib NI da nolni hosil qilinadi. Bu R_x ning qandaydir qiymatida sodir bo'lib $E_x = IR_x$ qondiriladi, bu yerda I - ishchi tok. SHunday qilib agarda A ning surilish yo'li kuchlanish birligida graduировka qilingan bo'lsa NI nolni ko'rsatgandagi A ning joyi E_x ning qiymatini belgilaydi.

Kompensatorning **afzalligidan** biri bo'lib, kompensatsiya paytida manbadan quvvat iste'mol qilmasligi hisoblanadi. SHuning uchun EYuK ni o'lchashga imkoniyat tug'iladi.

Kompensator yordamida faqatgina EYuK va kuchlanishni emas, I_x tokini va R_x qarshiligini qiymatlarini o'lchasa bo'ladi.

Tokni o'lchash uchun yordamchi zanjirdan foydalaniladi. Bu zanjir o'lchanayotgan I_x

tokining manbaidan va namunaviy rezistor R_N dan iborat bo'ladi. Kompensatordagi E_x ulanadigan qismalarga R_N ulanadi va undagi kuchlanish tushuvi o'lchanadi, natijada quyidagi formulalar yordamida izlanayotgan I_x tokining qiymati topiladi.

$$U_x = I_x R_N, \quad (2.2.3)$$

$$I_x = U_x / R_N. \quad (2.2.4)$$

R_x rezistorining qarshiligini o'lchash uchun uni yuqoridagi zanjirda R_N ga ketma-ket qilib ulanadi va navbatma-navbat R_N ulangan qismiga R_N va R_x larni ulab ulardagi kuchlanishlar tushuvlari U_N va U_x o'lchab olinadi. Quyidagi formuladan R_x ni o'lchanayotgan qiymati hisoblab topiladi. O'lchash jarayonida yordamchi zanjirdagi tok o'zgarmay turishi kerak.

$$R_x = R_N \frac{U_x}{U_N}. \quad (2.2.5)$$

Agarda o'lchanayotgan kuchlanish qiymati kompensatorning o'lchash chegarasidan katta bo'lsa, o'lchanayotgan kuchlanish kompensator kirishiga namunaviy kuchlanish bo'luvchi orqali beriladi.

Kompensatorlarga quyidagi talablar qo'yiladi:

- o'lchash jarayonida ishchi tokning qiymatini doimiyli;
- sanab olishning soddaligi;
- sanab olishda sonli belgilarning yetarliligi imkoniyati.

Kompensatorning o'lchash aniqligi normal elementning yuqori aniqliligi, nol indikatorning sezgirliigi va ishchi tok zanjiridagi yordamchi manbaning turg'unligi bilan belgilanadi. Aniqrok o'lchaydigan kompensatorlarning aniqlik sinfi 0,0005 ni tashkil qiladi.

Aniqlik sinflari 0,0005 dan 0,02 gacha bo'lgan kompensatorlarning yo'l qo'yiladigan absolyut ΔU_k xatosi ikki hadli formula bo'yicha topiladi.

$$\Delta U_k = (a/100)U_{10} \pm 0,4U_{\min}, \quad (2.2.6)$$

0,1 va 0,2 aniqlik sinfidagi kompensatorlar uchun

$$\Delta U_{\hat{e}} = (\hat{a}/100)U_p, \quad (2.2.7)$$

bunda a - aniqlik sinfi qiymati; U - kompensator ko'rsatayotgan kuchlanish; U_{10} - kompensator o'lchaydigan kuchlanishning yuqori chegarasi; $U_{\min}$ - kompensatsiya qarshiligini eng kichik dekadasi pog'onasi qiymati.

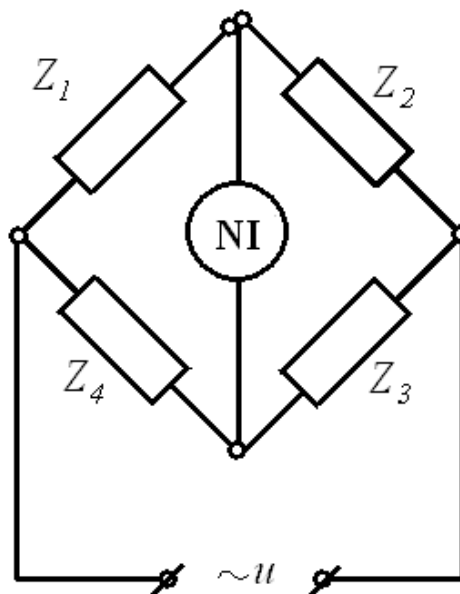
Kompensatorlarning EYuK (kuchlanish) o'lchash chegarasi 1,2; 2,5V. Ishchi tok - 0,1 mA.

Kompensatorlar turli xilda ishlab chiqarilishi mumkin: bir chegarali va ko'p chegarali; ichki va tashqi galvanometrli; yarimavtomat va avtomat va boshq.

O'zgaruvchan tok ko'priklari va kompensatorlari

O'zgaruvchan tok yakka ko'prigi sxemasi 2.2.3-rasmda keltirilgan. Ko'prik yelkalari umumiy hol uchun Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 kompleks qarshiliklardan iborat. Bularda nol indikator sifatida vibratsion galvanometrlar, elektron-nurli trubkalar, chiqishida to'g'rilagich tizimidagi ko'rsatkichli kuchaytirgichlar va boshqalar ishlatiladi.

O'lchash diagonalida tok yo'q bo'lganda ko'priknining muvozanat holati hosil bo'ladi



2.2.3-rasm. O'zgaruvchan tok ko'prigi sxemasi

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4 \quad (2.2.8)$$

Ushbu tenglik bajarilishi quyidagi sistema bilan qondiriladi:

$$\begin{aligned} R_1 R_3 - X_1 X_3 &= R_2 R_4 - X_2 X_4; \\ R_1 X_3 + R_2 X_1 &= R_2 X_4 + R_4 X_2, \end{aligned} \quad (2.2.9)$$

yoki

$$\begin{aligned} Z_1 Z_3 &= Z_2 Z_4; \\ \varphi_1 + \varphi_3 &= \varphi_2 + \varphi_4. \end{aligned} \quad (2.2.10)$$

Muvozanat tenglamalari bo'yicha muvozanatga erishish uchun ko'priknining kamida ikkita parametrini sozlash kerak bo'ladi. Muvozanatlash maqsadida navbatma-navbat sozlashlar soni bilan ko'priklarning tavsiflanish xususiyati **ko'priknining yaqinligi** (sxodimost) deyiladi. Muvozanat shartiga ko'priknini kuchlanish manbai chastotasi kirishi yoki kirmasligiga qarab ko'priklar chastotaga – bog'liq va chastotaga – bog'liqmas ko'priklarga bo'linadi.

O'zgaruvchan tok ko'priklari sig'imni va kondensatorni burchak isrofini hamda induktivlikni o'lchashlarda keng ko'lamda turli sxemalar ko'rinishida ishlatiladi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlarida o'lchanayotgan o'zgaruvchan tokning sinusiyl kuchlanishi U_x kompensatsiya zanjiri uchastkalarida ishchi tok hosil qilgan ma'lum sinusiyl kuchlanish U_k bilan muvozanatlashtiriladi (kompensatsiyalanadi).

Ikkita o'zgaruvchan kuchlanishlar U_x va U_k kompensatsiyasini ta'minlash uchun fazalar qarama - qarshiligi va egrilik shaklini bir xilligi sharti bilan chastotalar o'zgarishida ularning modullari tengligini ta'minlash zarur.

Nol indikator sifatida o'zgaruvchan tok ko'priklari asboblari qo'llaniladi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari ikki turga bo'linadi: To'g'ri burchakli-koordinatali kompensatorlar va qutbli-koordinatali kompensatorlar.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari aniqligi bo'yicha o'zgarmas tok kompensatorlaridan ancha past turadi. Bularning aniqlik sinfi 0,1 dan 2,5 gacha bo'ladi. Buning sababi o'zgaruvchan tok EYuK sini o'lchashi yo'q bo'lganligi uchun ishchi tok ma'lum bir xatolikka, odatda aniqlik sinfi 0,1 ga ega bo'lgan elektrodinamik ampermetr bilan o'rnatiladi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari o'lchash zanjiridagi rejimni quvvat iste'mol qilib buzmaslik talab qilingan joylarda ishlatiladi. Kompensatorlar bevosita tarzda o'zgaruvchan kuchlanish, EYuK va bilvosita usulda o'zgaruvchan tok, qarshilik, magnit maydon tavsiflari va magnit zanjirlarini parametrlarini o'lchashda ishlatiladi.

Sanoat chastotasida to'g'ri burchakli – koordinatali o'zgaruvchan tok kompensatorlari birdan yuzlab voltgacha bo'lgan kompleks kuchlanishlarni 0,5% ga yaqin xatolik bilan o'lchash mumkin bo'ladi.

Keyingi paytlarda o'lchashlarda o'zgaruvchan tok avtomatlashgan

Ostsillograflar

Elektron nurli ostsillograflar (ENO) elektr ishoralarini oddiy kuz bilan kuzatish, ularni o'lchash va qayd qilish uchun mo'ljallangan. ENO lari chastota doiralarining juda kengligi, yuqori sezuvchanligi va juda katta kirish qarshiligiga egaligi bilan ajralib turadi. Mana shu afzalliklar ENO larning o'lchash texnikasida juda keng miqyosida qo'llanishiga olib keladi. Zamonaviy ENO lar yordamida 10^3 MGts chastotali signallarni o'rganish mumkin.

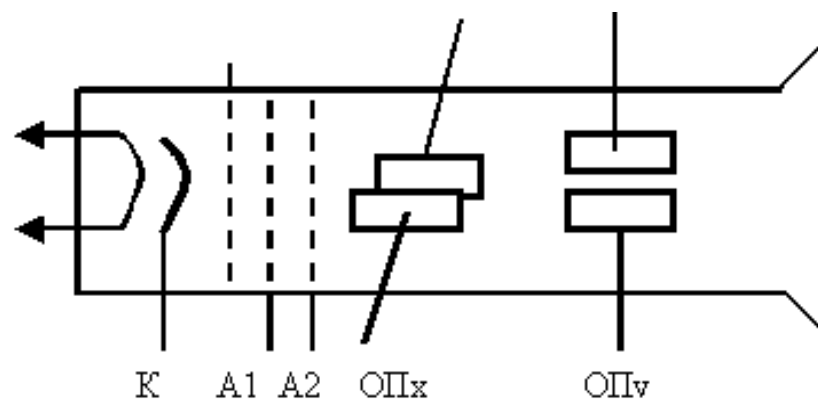


Рис-2.9

Elektron ostsillograflarning ishlash printsipli o'rganilayotgan kuchlanishni ta'siri ostidagi bir top elektronlarni xarakatini boshqarishga asoslangan. ENO lar o'lchash asbobi sifatida juda kam xatoliklarga yul kuyadi. ENO larda asosiy o'lchash mexanizmi bo'lib elektron nur trubkasi (ENT) xizmat qiladi, u o'rganilayotgan kuchlanish miqdorini elektron nurni xarakatiga o'zgartirib beradi, ya'ni tekshirilayotgan jarayon ko'rinadigan tasvirga aylantirib beriladi. ENT da yo'nalgan elektron oqimini xosil qilish va ularni ingichka nur ko'rinishiga keltirish ishlari ENT ning ensiz ingichkarok tomonga joylashtirilgan katod K, modulyator M va ikki anod A1 va A2 yordamida amalga oshiriladi (Rasm-2.9).

Ekran E da yorituvchi nuqtaning yorqinligi katod K ga nisbatan modulyator M yordamida rostlanadi. Bu ish «Yarkost» ya'ni «Yorkin» so'zi yozilgan ostsillograf qismi tukichini burash yo'li bilan amalga oshiriladi. Fokuslash ishlari modul-yator va fokuslovchi deb ataladigan bi-rinchi anod A1 yordamida amalga oshiriladi. Anod A1 ning potentsiali

«Fokus» so'zi yozilgan tutkinchi burash yuli bilan rostlanadi.

Elektronlarni ilgarilama xarakat yunalishi bo'yicha zarur tezlikka tezlatuvchi deb ataladigan birinchi anod A1 va ikkinchi anod A2 lar bilan katod K orasidagi potentsiallar farqi hisobiga erishiladi. A1 va A2 anodlarning potentsiallari katod K ga nisbatan musbatdir, A2 ning potentsiali ish jarayonida A1 ning potentsialiga nisbatan 2-5 barobar ko'p bo'lib, o'zgartirilmasdan ushlab turiladi. ENT da nur shu trubkaning o'zaro bir-birlariga nisbatan tik bo'lgan tekisliklarda joylashgan ikki juft og'dirish plastinka OPx va OPu lari yordamida boshqariladi. OPu- ga tekshirilayotgan kuchlanish, OPx-ga arrasimon yoyuvchi kuchlanish beriladi. Og'diruvchi plastinkalarga 1V kuchlanish berilganda yorituvchi nuqtaning ekran markaziga nisbatan siljish kiymati h-ga ENT ning sezuvchanligi S_U deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$S_U = h/U \text{ (mm/V)}$$

Xozirgi zamon ostsilloqraflarida sezuvchanligi $S_U = 0,1 \div 1,5 \text{ mm/V}$ bo'lgan ENT lar qo'llaniladi.

Ostsilloqraf yordamida faza siljish burchagini aniqlash

Ikkita bir xil chastotali U_x va U_u kuchlanishlarni orasidagi faza siljish burchagi φ ni aniqlash uchun kuchlanishlarni og'dirish plastinkalari OPx va OPy ga ulaymiz, ya'ni

$$U_x = U_{x.m} \sin \omega t \text{ va } U_u = U_{u.m} \sin(\omega t + \varphi) \text{ bulsa}$$

$$X_1 = S_x U_{x.m} \sin \omega t = X_2 \sin \omega t$$

$$U_1 = S_u U_{u.m} \sin(\omega t + \varphi) = U_2 \sin(\omega t + \varphi)$$

bunda: S_x va S_u - ENT ning X va U o'qlari bo'yicha sezuvchanligi;

X_2 va U_2 - X va U o'qlari yunalishi bo'yicha nurning tebranish kengligi bo'yicha og'ishidir.

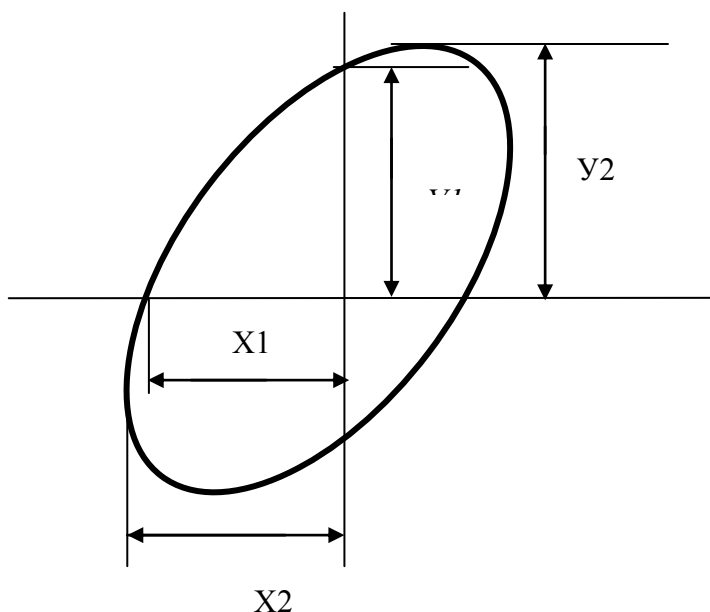


Рис-2.10

Faza siljish burchagi φ ga bog'liq va to'g'ri chiziqdan ellipsgacha bo'lgan Lissaju shaklidagi tasvirlar ekranda paydo bo'ladi (Rasm-2.10). Lissaju shakliga asosan faza siljish burchagi quyidagicha aniqlanadi:

$$\sin \varphi = U_1/U_2 = X_1/X_2; \text{ yoki } \sin \varphi = v/U = a/X;$$

Bundan burchak φ ni aniqlay-miz, ya'ni:

$$\varphi = \arcsin a/x = \arcsin v/u;$$

Bu usul faza siljish burchagining 0 dan π gacha bo'lgan oralikdagi kiymatlarini aniqlashga imkon beradi, lekin siljish burchagi ishorasini aniqlashga imkon bermaydi.

Sinov savollari

1. O'lchash ko'priklarining qanday turlari mavjud?
2. Yakka o'lchash ko'priklarining ishlash printsipini tushuntiring?
3. Qo'sh o'lchash ko'priklari qaerlarda ishlatiladi?
4. O'zgaruvchan tok ko'priklarining muvozanat tenglamasini tushuntiring?
5. Potentsiometrning vazifasi nima?
6. O'zgarmas tok potentsiometrining ishlash printsipini tushuntiring.
7. Potentsiometrlar yordamida kandy kattaliklarni o'lchash mumkin?
8. NI ni vazifasi nima?
9. ENTning tuzulishini va ishlash printsipini tushutiring.
10. Lissaju shakllari nima?
11. ENO lar yordamida faza siljish burchagi qanday aniqlanadi?

4-Mavzu: Raqamli o'lchash asboblari.

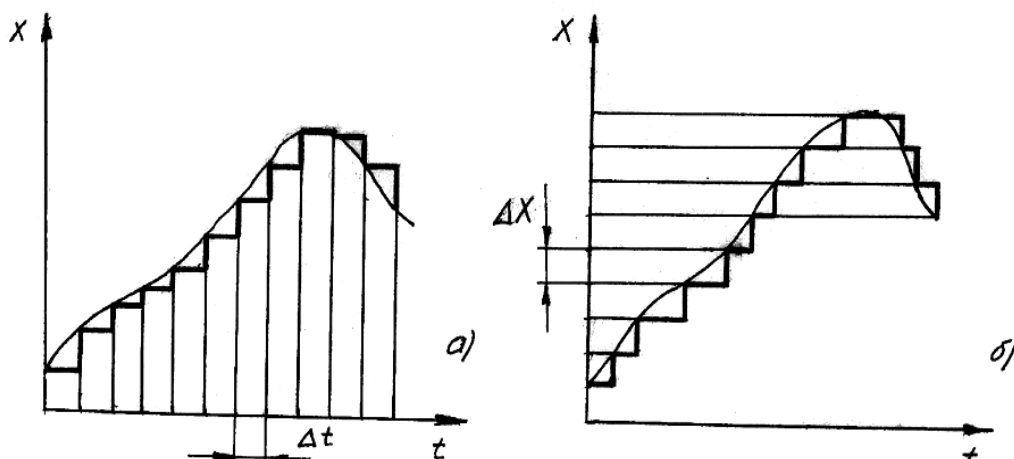
1. Asosiy ta'riflar, raqamli o'lchash asboblarining umumiy xossalari.
2. Raqamli voltmetrlar, ishlash printsipi va namunalar.
3. Raqamli o'lchash asboblarini ishlatish.

Asosiy ta'riflar, raqamli o'lchash asboblarining umumiy xossalari

Qandaydir chegaralar bilan chegaralangan har qanday uzluksiz kattalik vaqt bo'yicha (2.3.1,a-rasm) **diskretlangan** va sath bo'yicha (2.3.1,b-rasm) **kvantlangan** bo'lishi mumkin.

Diskretlash – bu uzluksiz kattalikning oniy qiymatlari faqat aniq vaqt momentlarida diskretlash momentlari saqlanib qolinadigan diskret kattalikka o'zgartirish operatsiyasi. Ikkita yaqinroq diskretlash momentlari orasidagi Δt vaqt oralig'i **diskretlash qadami** deyiladi. Diskret signal uzluksiz signaldan farqli o'laroq faqat cheklangan sonli qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

Kvantlash – bu uzluksiz kattalikni oniy qiymatlarini majmui ma'lum qonun bo'yicha yuzaga kelgan fiksatsiyalangan qiymatlarini yaqinroqlari bilan almashtirish yo'li bilan diskret kattalikka o'zgartirish operatsiyasi. Ikkita qo'shni qiymatlar orasidagi ayirma Δx **kvant** deyiladi. Kvantlashda axborotning qismi yo'qoladi, lekin kvantlash natijasida olingan kattalikning qiymati **kvantlash pog'onasi**



2.3.1-rasm. Uzluksiz funktsiyaning diskretlanishi va kvantlanish diagrammalari

belgilaydigan aniqlikda ma'lum bo'ladi. Maromli kvantlash natijasida uzluksiz kattalikning oniy qiymatlari cheklangan sonli kvantlash pog'onalari bilan namoyonlanadi.

O'lchanilayotgan uzluksiz kattalikni yoki bunga proporsional bo'lgan fizik kattalikni diskret shaklga avtomatik ravishda o'zgartirish, xuddi shunday raqamli kodlash va o'lchash natijasini sonlar ko'rinishida sanab olish tuzilmasiga berish raqamli o'lchash asbob (RO'A) lari yordamida amalga oshiriladi.

RO'A lar ko'pchegarali, universal bo'lib, o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarni va kuchlanishini, chastotani, fazani, qarshilikni, kuchlanishlar nisbatini va boshqa elektr hamda noelektr kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan. Bular tez va sodda yo'l bilan aniq o'lchashlar o'tkazishga, katta sondagi o'lchanayotgan parametrlarni operativ nazorat etishga, o'lchash natijasidan sub'ektiv xatolikni chiqarib tashlashga, o'lchanilayotgan joriy axborotni katta aniqlikda va tezlikda qayd etishga va tezkor hisoblash mashinalariga ishlov uchun qulay shaklda berishga yo'l beradi.

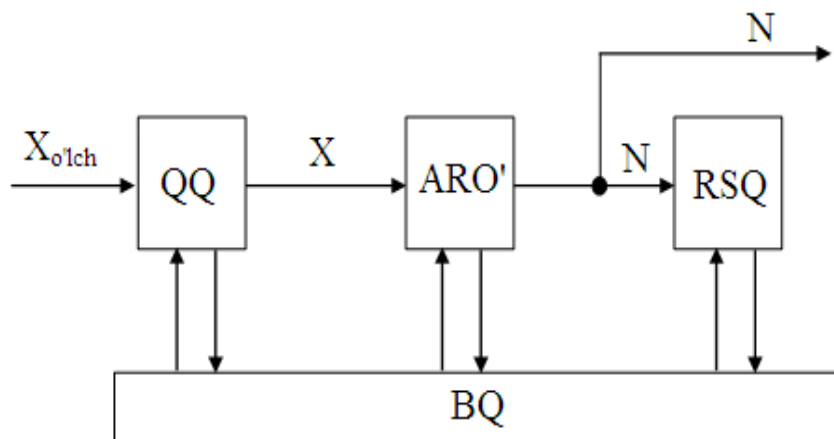
Raqamli asbob tarkibiga **analog-raqamli o'zgartkich (ARO')**, **raqamli sanab olish tuzilmasi** va **avtomat qurilmasi** kiradi.

Raqamli asboblarda uzluksiz kattalikni diskret kattalikka o'zgartirish usuli, ARO' ning struktura sxemasi, qo'llaniladigan texnik vositalar va muvozanatlashtirish usuli (kompensatsiya) bo'yicha tasniflanadi.

O'zgartirish usuli bo'yicha raqamli asboblarda **kod-**, **vaqt-**, va **chastota-impulsli o'zgartiruvchilarga** bo'linadi. **Kod-impulsli** (razryadlar bo'yicha kodlash) o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kattalik qiymatlari namunaviy kattalikning diskret qiymatlari qatori bilan ketma-ket solishtiriladi; **vaqt-impulsli** o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kattalik qiymatlari vaqt intervaliga o'zgartiriladi; **chastota-impulsli** o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kuchlanish qiymatlari impulslarning o'tishi chastotasiga o'zgartiriladi.

Raqamli asboblarda ARO' ning struktura sxemasiga qarab **to'g'ri** va **muvozanatlashtirishli o'zgartirishlilarga** bo'linadi. To'g'ri o'zgartirishli asboblarda chiqishdan kirishga teskari bog'lanish bo'lmaydi, o'lchanilayotgan uzluksiz kattalik bevosita diskret kattalikka o'zgartiriladi.

Raqamli asboblarda o'lchash axboroti ko'z bilan ko'rib sanash uchun o'nli kod bilan berilishi va



2.3.2-rasm. RO'A ning umumlashgan struktura sxemasi

tashqi qurilmaga uzatish uchun esa ikkilik kodda chiqarilishi mumkin. Har bir raqamli asbob raqamli sanab olish qurilmasiga ega. Bu qurilma o'lchash natijalarini raqamli shaklda taqdim etishga mo'ljallangan belgilar indikatori deshifratordan iborat. Raqamli asboblarda keyingi paytlarda vakuumli (lyuminestsentli), gazorazryadli, yarimo'tkazgichli (yorug'lik diodi matritsalar) va suyuq kristalli indikatorlar qo'llanilmoqda.

RO'A ning umumlashgan struktura sxemasi 2.3.2-rasmda keltirilgan. Bunda o'lchanilayotgan kattalik $X_{o'lc}$ kirish qurilmasi KQ ga beriladi. Bu qurilmada kirgan signal masshtab bo'yicha o'zgartiriladi va agarda pomexa bo'lsa undan tozalanadi. ARO' da KQ dan chiqqan kattalik X raqamli sanash qurilmasi RSQ ga beriladigan N kodga aylantiriladi. N kod tashqi qurilmaga chiqarilishi mumkin, masalan, keyingi ishlov berish va saqlash uchun EHM ga chiqarilishi mumkin. RO'A ning ishini boshqarish qurilmasi BQ tomonidan RO'A ning barcha funktsional bo'linmalariga ma'lum ketma-ketlikdagi komanda signallarini ishlab chiqarib boshqaradi.

O'lchaniladigan kattaliklarning turiga qarab RO'A lar quyidagilarga bo'linadi:

- 1) o'zgarma va o'zgaruvchan tok voltmترلari;
- 2) ommetrlar, o'zgarma va o'zgaruvchan tok ko'priklari;
- 3) kombinatsiyalangan asboblari;
- 4) chastota va vaqt intervallarini o'lchagichlar;
- 5) maxsus RO'A lar: temperatura, massa, tezlik va sh.k. larni o'lchash uchun.

RO'A tomonidan o'lchanadigan kattaliklar diapazoni odatda keng bo'lgani uchun qator **poddiapazonlarga** bo'linadi. O'lchash jarayonida kerakli diapazonni tanlash qo'l bilan yoki avtomatik holda bajariladi. Tanlangan diapazonda o'lchash doimo avtomatik ravishda bajariladi.

RO'A larning asosiy parametrlariga **o'zgartirish aniqligi, o'zgartirish vaqti, o'zgartirish diapazoni, xal etish qobiliyatini** (sezgirlikni) kiritish mumkin.

RO'A larning xatoliklarini me'yorlash bir necha usulda amalga oshiriladi:

- 1) **keltirilgan xatolikni** me'yorlash;
- 2) **nisbiy xatolikni** ikki xadli ifoda bilan me'yorlash, ya'ni:

$$\delta = \pm \left(a + b \frac{x_k}{x} \right), \quad (2.3.1)$$

yoki

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_k}{x} - 1 \right) \right], \quad (2.3.2)$$

bunda, a, b, c, d - doimiy koeffitsientlar; x_k - poddiapazonni katta qiymati; x - asbob ko'rsatishi.

- 3) sanab olish birligida ifodalangan **absolyut xatolikning** qiymatini berish bilan.

Eng ko'p hollarda me'yorlashning **ikkinchi usuli** qo'llaniladi.

2.3.2. Raqamli voltmترلar, ishlash printsipi va namunalar

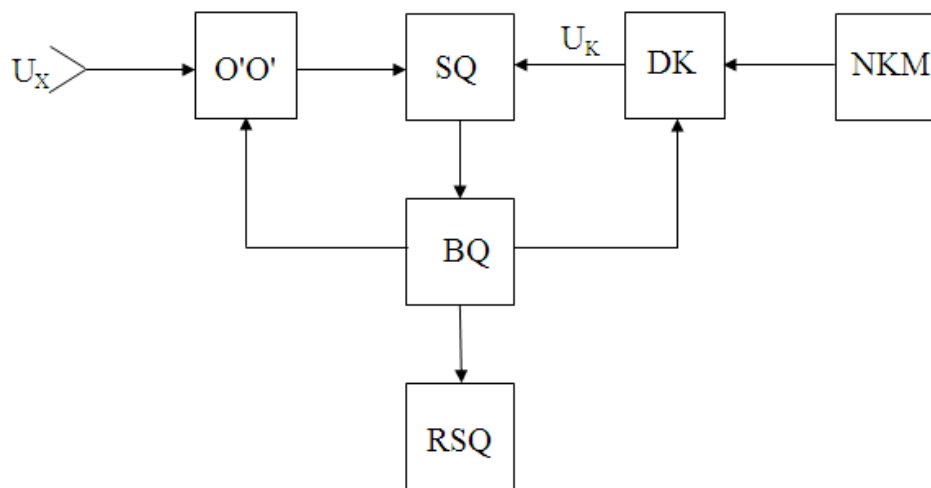
O'lchash asboblari ichida **raqamli volmetrlar** (RV) alohida o'rin tutadi. Bular o'lchanilayotgan kuchlanishlarning keng diapazonida (1 mV-1000 V) kichik o'lchash xatoligi (0,01-0,1 %) bilan o'lchash;

o'lchanilayotgan kuchlanishning qutblarini va chegarasini avtomatik ravishda tanlash; o'lchash natijalarini raqamli ko'rinishda chiqarish; raqam bosmalash qurilmasi yordamida hujjatli qayd etish; elektron hisoblash mashinalari va murakkab axborot-o'lchash tizimlariga o'lchash axborotini kiritish imkonini ta'minlaydi. Bularning ishlash tezligi bir sekundda 2 tadan 5000 o'lchashgacha bo'lib, kirish qarshiligi 10^7 - 10^9 Om ni tashkil etadi. RV larning asosiy kamchiligi – sxemalarning murakkabligi va narxining yuqoriligi hisoblanadi.

RV larning ish printsipli asbobning sanab olish tuzilmasida raqamli shaklda namoyon bo'ladigan o'zgarmas yoki asta o'zgaradigan kuchlanishni kodga o'zgartirishdan iborat. Bundan kelib chiqib, RV ning struktura sxemasi **kirish qurilmasi KQ, analog-raqamli o'zgartkich ARO' va raqamli sanab olish qurilmasi RSQ** dan tarkib topadi.

Kirish qurilmasi o'lchanilayotgan kuchlanishning masshtabini o'zgartirishga, o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchashda esa o'zgarmasga aylantirish va pomexalardan filtrlash uchun mo'ljallanadi. Kirish qurilmasi tarkibida **attenyuator** (kuchlanish bo'luvchi), **kuchaytirgich, past chastotalar filtri va qutblar qayta ulagichi** bo'lishi mumkin.

Raqamli voltmetrlarning sxematik yechimi analog-raqamli o'zgartkichning turi bilan aniqlanadi. Keng tarqalgan bo'lib, **kod-, vaqt, chastota-impulsli o'zgartirishli** va **ikkilangan integrallash** usulidagi voltmetrlar hisoblanadi. Raqamli voltmetrlarning ishlash printsipli to'g'risida tasavvur qilish uchun misol tariqasida kod-impulsli o'zgartirishli (razryadlar bo'yicha kodlash) raqamli voltmetrning ishlash printsiplini xarakterlovchi struktura sxemasi 2.3.3-rasmda keltirilgan. Bu sxema bilan tanishib chiqamiz. Bunda o'lchanilayotgan kuchlanish U_x attenyuator orqali solishtirish qurilmasiga SQ ga uzatiladi, SQ ning ikkinchi kirishiga diskretlangan kompensatsiya kuchlanishi U_k kiritiladi, U_k namunaviy kuchlanish manbai NKM va diskret kompensator DK tomonidan hosil qilinadi. Boshqarish qurilmasi BQ ishlab chiqaradigan komanda impulslari ta'sirida o'lchash operatsiyalari tashkil qilinadi va raqamli sanab olish qurilmasi RSQ ga o'lchash natijasi ikkili kodda beriladi, unda deshifrator yordamida o'nli kodga aylantirilib tabloga chiqariladi.



2.3.3-rasm. Kod-impulsli o'zgartirishli RV ning struktura sxemasi

Kod - impulsli o'zgartirishli RV lar xatoligi asosan solishtirish qurilmasi va namunaviy kuchlanishlar manbaining barqarorligiga bog'liq bo'ladi. Afzalligi bo'lib tez ishlashi va statik, dinamik xatoliklari kamayishi hisoblanadi. Vaqt - impulsli o'zgartirishli RV pomexalarga bardoshligi past bo'lib, afzalligi soddaligidir. Pomexalar ta'siridagi o'lchashlarda chastota - impulsli o'zgartirishli RV va ikkilangan integralli RV lar qo'llaniladi. Ikkilangan integralli RV ning xatoligi 0,05% dan kamini tashkil etadi, pomexalarga nisbatan bardoshligi yuqori, lekin tez ishlashi nisbatan kichik.

Amaliyotda qo'llanilayotgan RV larning ba'zilarini xarakteristikalari bilan tanishib chiqamiz. Masalan:

III1513 xilidagi muvozanatlashtirishli o'zgartirishli raqamli voltmetr o'zgarmas tok kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan. Bu asbob asosiy xatoligi 0,1 va undan yuqori bo'lgan voltmترلarni tekshirishda namunaviy asbob sifatida ishlatiladi. O'lchash diapazoni 0-1000 V, beshta poddiapazonga bo'lingan: 0,3; 3; 30; 300; 1000 V. Bitta o'lchash vaqti 0,02 sek. asosiy nisbiy xatoligi 3 V poddiapazonda

$$\delta = \pm \left(0,01 + 0,005 \frac{x_k}{x} \right), \quad (2.3.3)$$

boshqa poddiapazonlarda kuchlanish bo'luvchisining xatoligi ta'siri sababli ko'proq. Sezgirlik ostonasi 10 mkV; kirish qarshiligi 10-1000 MOm.

III1413 o'zgarmas tok kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, integrallovchi RA xiliga kiradi. Bu asboblarda katta aniqlikda o'lchash bilan birga pomexalarga bardoshlidir. O'lchash diapazoni 0-1000 V, beshta poddiapazonga bo'lingan: 0,1; 1; 10; 100; 1000V. Kirish qarshiligi 10-1000 MOm, sezgirlik ostonasi 10 mkV, aniqlik sinfi 0,05/0,02 va 100; 1000 V poddiapazonlarda 0,06/0,02 tashkil qiladi.

O'zgaruvchan tok voltmترلari tarkibida **o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmasga** aylantirib beradigan **o'lchash o'zgartkichi** bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanish o'zgarmasga aylantirilib, o'zgarmas tok RA bilan o'lchanadi.

RA asbobda qo'llanilayotgan o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmasga aylantiruvchi o'zgartkichning

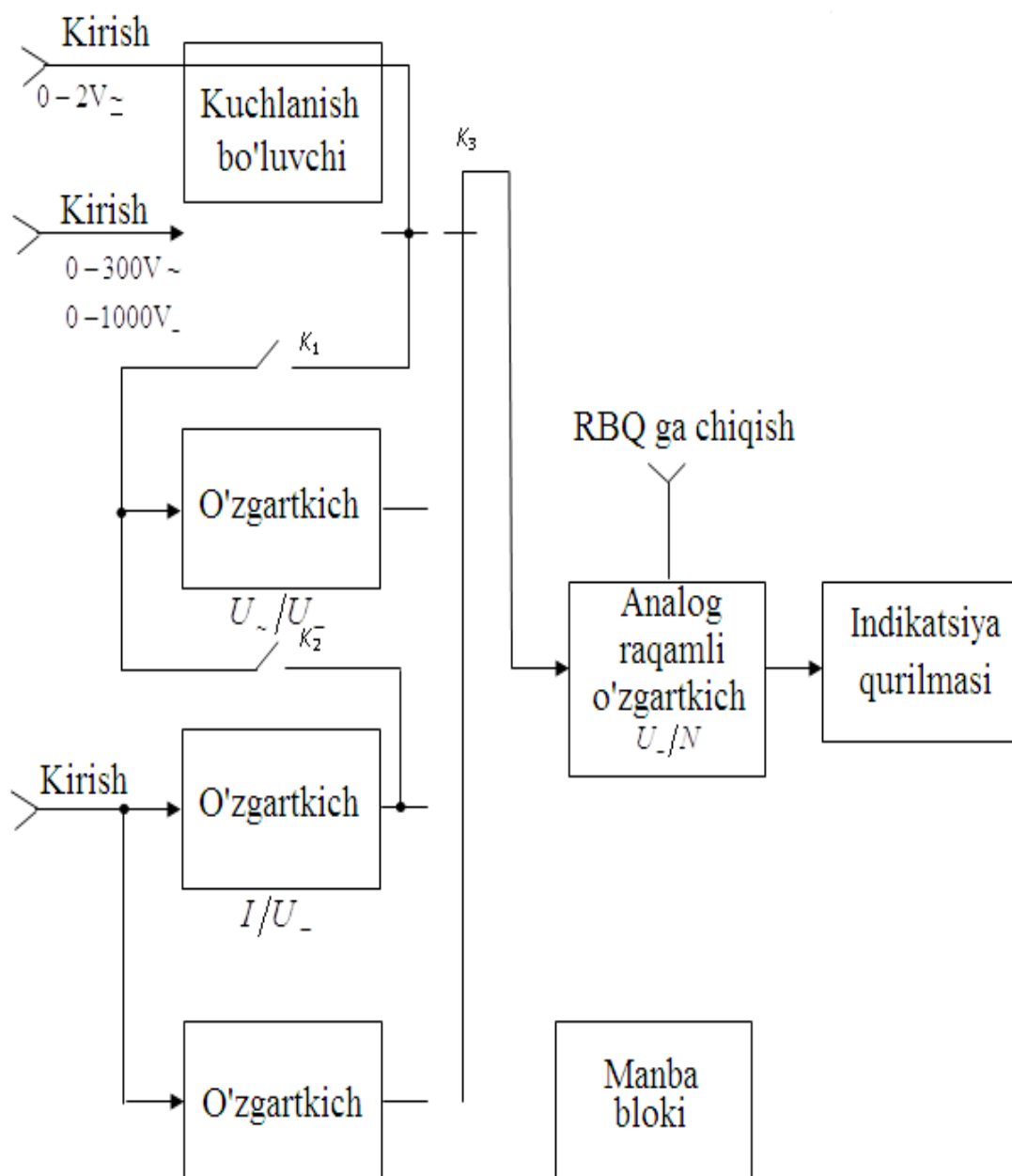
turiga qarab asboblari, yoki o'lchanilayotgan kuchlanishning **ta'sir etuvchi** (effektiv) qiymatiga, yoki uning **o'rtacha to'g'rilangan** qiymatiga reaksiya qiladi. Asbobning raqamli sanab olish qurilmasi o'lchanilayotgan sinusoidal kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarida axborot beradi. O'zgaruvchan tok RA lariga tegishli umumiy kamchilik bo'lib, ularning aniqligini nisbatan pastligi hisoblanadi.

2.3.4-rasmda RV7-22A raqamli universal voltmetrning (RUV) struktura sxemasi keltirilgan. Asbobning ishlash printsipli o'lchanayotgan kattalikni unga proporsional bo'lgan vaqt intervaliga o'zgartirishga va so'ngra bu intervalni diskret shaklga hamda raqamli kodga o'zgartirishga asoslangan.

O'lchanadigan $U_{\sim}$, U_{-} , R , $I_{\sim}$, I_{-} kattaliklar kuchlanish bo'luvchi va tegishli o'zgartkichlar orqali me'yorlangan o'zgarms analog kuchlanishga transformatsiyalanadi. Analog-raqamli o'zgartkich me'yorlangan analog kuchlanishni raqamli kodga o'zgartirishni asosiy funksiyasini bajaradi. Kuchlanishni vaqt intervaliga o'zgartirish **ikki taktli integrallash** usulida amalga oshiriladi.

RV7-22A universal voltmetrning o'lchash diapazonlari:

$U_{-} = 0,2-1000 \text{ B}$; $I_{-} = 0,2-2000 \text{ mA}$; $R = 0,2-2000 \text{ kOm}$; $U_{\sim} = 0,2-300 \text{ B}$; $I_{\sim} = 0,2-2000 \text{ mA}$ va



2.3.4-rasm. RV7-22A RUV ning struktura sxemasi

o'zgaruvchan tok va kuchlanishni o'lchashda chastota dipazoni 0,045-100 kGts ni tashkil etadi. Asbobning yo'l qo'yilgan asosiy xatoligi chegarasi o'lchanayotgan kattalik turi va poddiapazonlariga qarab (5.1) formula bilan baholanadi. Masalan, o'zgarmas tok kuchlanishini 0,2-200 V diapazonida o'lchaganda yo'l qo'yiladigan asosiy xatolik $\pm [0,15 + 0,2(U_k/U_x)]$ bilan aniqlanadi. Asbob ishchi sharoitda o'z texnik tavsiflarini 24 soat uzluksiz ishlaganda saqlab qoladi. Radga ishlash vaqti 17000 soatdan kam emas.

RO'A asboblari shchitli-statsionar va ko'chma, mo'ljallanishiga qarab birorta kattalikni o'lchash uchun yoki universal turlarda ishlab chiqariladi. Narxi qimmat bo'lishiga qaramasdan yuqori aniqlikda va keng diapazonlarda o'lchash imkoniyati bu asboblarning qadrini ko'taradi.

5-Mavzu: Zamonaviy o'lchash asboblari va ulardan foydalanish.

1. Multimetrlar.
2. Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasi.
3. Energotester.
4. Ko'p funktsiyali elektron hisoblagichlar.

Multimetrlar

Multimetr – kuchlanish, tok va qarshilikni o'lchash uchun mo'ljallangan universal o'lchash asbobi.

Multimetr – asosiy va qo'shimcha vazifalarga ega bo'lgan universal o'lchash asbobi bo'lib, uning asosiy vazifasiga tok kuchini, elektr zanjirning ikki nuqtasidagi kuchlanishni va qarshilikni o'lchash kiradi.



Multimetrning qo'shimcha vazifasiga elektr qarshilikni ovoz signali orqali o'lchash, yarim o'tkazgichli diodlarni butunligini tekshirish, yarim o'tkazgichli tranzistorlarni butunligini tekshirish, elektr sig'imni o'lchash, induktivlikni o'lchash va garmonik signalni chastotasini o'lchashlarni kiritish mumkin.

Xozirgi kunda multimetr va o'lchash ombirlari (klesh) omalashib bormoqda. Multimetrlarning DT-3216, DT-3219, DT-9917T, DT-9962T modellari ishlab chiqarilib, keng ko'lamda qo'llanilmoqda. Bu o'lchash asboblari kuchlanish ostida tok bilan ishlash talablariga to'la javob beruvchi asboblarni sarasiga kiradi.

nli



Multimetr DT-9962T – yangi ko'p qirrali raqamli multimetr bo'lib, namlikdan va 1000V gacha kuchlanishdan har tomonlama himoyalangan, shu bilan birga 10A/1000V va 0,5 A/1000V li saqlagichlar bilan katta toklardan ham himoyalangan. Multimetr bilan p-n o'tish va o'tkazuvchanlikni ham tekshirish imkoniyatlari ham mavjud.

Rasm-2.4.2. DT-9962T rusumli raqamli multimetr

O'lchash ombir(klesh)lari-turli elektr kattaliklarni, jumladan kuchlanishni, quvvatni va tok kuchini zanjirni uzmagani holda, ya'ni elektr zanjirni ish rejimini o'zgartirmagan holda o'lchashga mo'ljallangan.

Sanoatda DT-355 va SR-09 va SR-10 rusumli o'lchash ombirlari (Rasm-2.4.3) ishlab chiqarilmoqda.

DT-355 rusumli o'lchash ombirlari o'zgaruvchan va o'zgarmas tok kuchini, kuchlanishni, chastotani, elektr qarshilikni, haroratni va sig'imni o'lchaydi hamda kontaktlarni va diodlarni butunligi tekshiradi.

SR-09 va SR-10 rusumli o'lchash ombirlari boshqa rusumdagi o'lchash ombirlaridan o'zining qulayligi va o'lchash imkoniyatlarini kengligi bilan ajralib turadi.

Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasi



Rasm-2.4.3. a) DT-355 va b) SR-09 rusumli o'lchash ombirlari

Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasi IIQMK96-bu zamonaviy, ko'pqirrali elektr energiyasi sifatini nazorat qilish analizatori bo'lib, uch fazali zanjirning barcha parametrlarini uzluksiz o'lchashga hamda elektr energiyasi sifatini doimiy ravishda belgilangan meyor talablariga mosligini nazorat qilishga mo'ljallangan.

Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasini elektr energiya ishlab chiqaruvchi (energiya sotuvchi) tashkilotlar bilan bir qatorda energiya iste'molchilari ham iste'mol qilinayotgan energiyaning sifatini nazorat qilish maqsadida ishlatishlari ham mumkin bo'ladi.

Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasini ishlatish imkoniyatlari sifatida quyidagilarni



Rasm-2.4.4. Elektr energiyasi sifatini nazorat qilish qurilmasi

ko'rsatish mumkin:

- elektr tarmoqlari parametrlarini monitoring qilish;
- elektr energiya sifatini uzluksiz ravishda o'lchash va nazorat qilish;

- ma'lumotlarni teleo'lchash va avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlariga uzatish;

- elektr energiyasini texnik hisob(uchet)ga olish.

Qurilma quyidagi afzalliklarga ega:

- ishlatish imkoniyatlarining kengligi;

- tarmoqni to'la va uzluksiz nazorat qilish imkoniyati;

- ishlatishda juda qulayligi.

Energotester

Energotester **PKE-A**-Elektr energiyasining asosiy sifat ko'rsatkichlarini o'lchash va hisobga olish(registratsiya) uchun mo'ljallangan. SHu bilan birga **PKE-A** rusumli energotester quyidagi vazifalarni ham amalga oshirish mumkin:

- bir va uch fazali elektr tarmoqlaridagi tok va kuchlanishlarning effektiv qiymatlarini o'lchash;

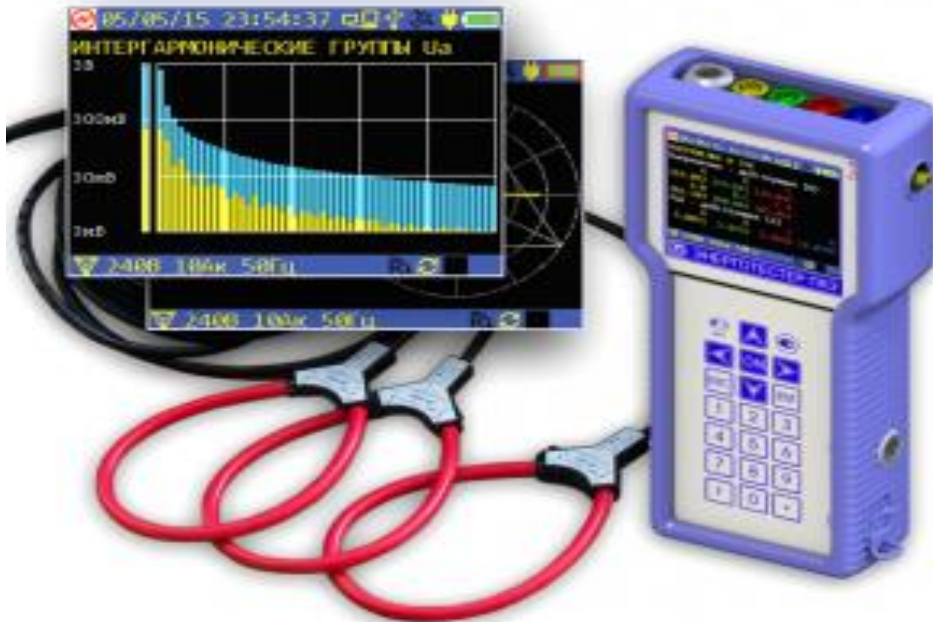
- bir va uch fazali elektr tarmoqlaridagi aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni o'lchash;

- ikkilamchi zanjir parametrlarini (o'lchash transformatorlari orqali ulangan yuklamani quvvatini) o'lchash;

- aktiv va reaktiv elektr hisoblagich (schyotchik)larni ishlashini va to'g'ri ulanganligini tekshirish;

- elektr uzatish liniyalaridagi elektr energiya isroflarini o'lchash.

Energotesterda o'lchangan ma'lumotlarni hisobga olishni ta'minlash bilan birga ularni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlariga uzatish imkoniyati ham mavjud.



Rasm-2.4.5. PKE-A rusumli energotester

Ko'p

funksiyali elektron hisoblagichlar

Ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar ikki simli elektr tarmog'ida aktiv va reaktiv energiyani o'lchash uchun mo'ljallangan bir fazali elektr hisoblagichlar quyidagi funksiyalarga ega:

- yukni boshqarish;
- turli raqamli interfeyslar bo'yicha ma'lumotlarini uzatish;
- voqealar jurnallarini saqlash va boshqalar.

SHu bilan birga ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar elektr energiyasini tijorat hisobini yuritishda avtomatlashtirilgan axborot –o'lchash tizimining bir qismi sifatilda ham ishlatilishi mumkin.

TE71 rusumli ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar quyidagi asosiy funksiyalarga ega:

- aktiv va reaktiv energiyani o'lchash;
- hodisalarni aniqlash va qayd qilish, jumladan qopqoq blokini ochish, qorpusni ochish, elektr uzulishi, vaqtni o'zgartirish, sozlash, tok okimini teskari yo'nalishda iste'mol qilish, o'zgarishlar oqimi va neytral oqimi mos kelmasligi, belgilangan quvvatdan oshib ketishi;
- tarif jadvallarining ikkita jadvali, ularning har biri kamida to'rtta tarifni qo'llab quvvatlashi;
- vaqtni, sanani va davrni iste'mol qilishni qisqartirish imkoniyati;
- quvvat sarfini masofadan boshqarish va nazorat qilish.

Ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar ishchi kuchlanish oralig'ida yaxshi ishlaydi, lekin ishchi kuchlanish oralig'ida hisoblagich ma'lum bir aniqlik sinfida o'lchashni kafolatlamaydi. Ish kuchlanishi qayta tiklangandan va ish kuchlanishi ichida bo'lgandan so'ng, hisoblagich normal holatda ishlaydi va o'lchashlar belgilangan aniqlik sinfiga mos keladi.

2.4.1-jadvalda TE71 rusumli ko'p funksiyali elektron hisoblagichning asosiy texnik hususiyatlari keltirilgan.

2.4.1-jadval.

Hususiyatlarni nomlanishi	Qiymati
Nominal kuchlanishi U_n	230 V
Ishchi kuchlanishning ko'lam	(70% ~ 120%) U_n
Ishchi kuchlanish chegarasi oralig'i	(60% ~ 190%) U_n
Nominal (maksimal) tok	80 A gacha
Sezuvchanlik chegarasi	20 mA
Aniqlik sinfi (aktiv/reaktiv energiyasi)	1,0 / 2,0
To'liq kuchning , iste'mol qilingan umumiy quvvati	$\leq 1.5W$; 4VA
To'liq quvvat, istemol qilingan umumiy tok oqimi.	$\leq 4VA$
Tarmoqning chastotasi	50 Hz
1 kVt/soat uchun pulslar soni	1000 imp/kWh
1 kVAr/soat uchun pulslar soni	1000 imp/kvarh

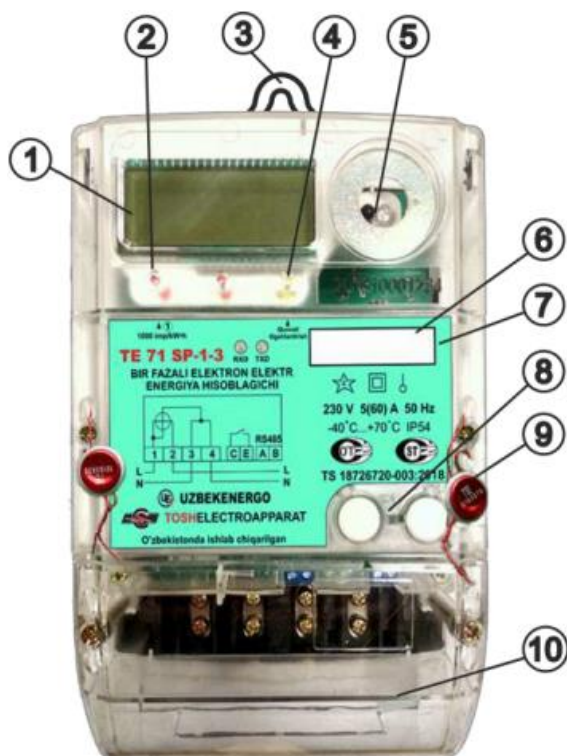
2.4.6 - rasmda TE71 rusumli elektron hisoblagichning tashqi ko'rinishi va tashqi elementlarning funksiyalari keltirilgan.

Ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar quyidagi asosiy qismlardan iborat:

- korpus;
- mahkamlagich blogi tok datchigi (shunt) bilan birga;
- mahkamlagich blogining himoya qopqog'i;
- o'lchash va indikatsiya elementlari o'rnatilgan plata;

- suyuqlik kristal ko'rsatkichi displeyidagi indikatsiyani boshqarish tugmachalari.

Hisoblagichning old paneliga ishchi harorati oralig'i katta bo'lgan suyuq kristall displeyi o'rnatilgan



1	Suyuqlik kristalli displey
2	Indikator "1000 imp/kWh"
3	Mahkamlovchi element
4	Indikator "Quvvat/Ogohlantirish"
5	Optoport
6	Hisoblagich seriya nomeri
7	Olinadigan aloqa moduli
8	Tugmalar
9	Plomba olinadigan aloqa moduli
10	Mustahkamlagichning qopqoq blogi

2.4.6 - rasm. TE71 rusumli elektron hisoblagichning tashqi ko'rinishi va tashqi elementlarning funktsiyalari

bo'lib, o'lchangan elektr energiyasining qiymati shu suyuq kristall displeyida ko'rinadi.

O'lchangan qiymatlar va qo'shimcha parametrlarning namoyishi 8 ta raqamli belgilar yordamida amalga oshiriladi, ulardan 6 tasi butun sonni ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Har bir belgining o'lchami balandligi 10.00 mm va eni 5.00 mm ni tashkil etadi.

Hisoblagich mahsus LED ko'rsatich-chiroqlari bilan jihozlangan bo'lib ular quyidagi hollarda yonib o'chadi:

1. 1000 imp/kWh- ko'rsatich-chirog'i, joriy aktiv quvvat istemoliga mos keladigan tezlikda yonib-o'chib turadi.

2. 1000 imp/kvarh-ko'rsatich-chirog'i (reaktiv energiya hisoblagichlarida), reaktiv quvvatning joriy iste'moliga mos keladigan tezlikda yonib-o'chib turadi. Bu ko'rsatich-chiroqlaridan hisoblagichlarni tekshirish(darajalash)da ham foydalanish mumkin.

3. " Ogohlantirish"- ko'rsatich-chirog'i, nazorat voqealari yuz berganda (ya'ni mahkamlagich blogining himoya qopqog'i ochilganda, teskari faza aloqasi yuz berganda, yuklama belgilangan qiymatdan ortib ketganda, yuklamani boshqarish relesi o'chirilganda va boshqalarda) yonib-o'chib turadi.

4. " Quvvat "- hisoblagich manbaga ulanganda va hisoblagichning ishlash jarayonida yonadi.

Ko'p funktsiyali elektron hisoblagichlarga atrof-muhitning, ya'ni tashqi harorat va nisbiy namlik nominal qiymatlari 2.4.1-jadvalda keltirilgan..

2.4.2-jadval.

Turi		Qiymati
Harorat	Ish harorati oralig'i	-25 °C dan +55°C gacha
	Ruhsat etilgan harorat chegarasi	-40 °C dan +70°C gacha
	Saqlash va tashish uchun ruhsat etilgan oraliq	-40 °C dan +70°C gacha
Namlik	O'rtacha yillik qiymati	$\leq 85\%$
	Ruhsat etilgan qiymatlar (30 kundan ortiq emas)	$\leq 95\%$

Hisoblagich energiyaga bog'liq bo'lmagan xotirada quyidagi ma'lumotlarni saqlaydi va keyinchalik u ma'lumotlarni suyuq kristall LCD displeyida ko'rish mumkin:

- to'g'ri va teskari yo'nalishda hisobga olingan aktiv elektr energiya miqdorlarini, shuningdek modul bo'yicha ishga tushirilgan paytdan boshlab to'rta tarif bo'yicha va barcha tariflar bo'yicha yig'indini;
- to'g'ri va teskari yo'nalishda hisobga olingan reaktiv elektr energiya miqdorlarini ("M" indeksli hisoblagichlarda), shuningdek modul bo'yicha ishga tushirilgan paytdan boshlab to'rta tarif bo'yicha va barcha tariflar bo'yicha yig'indini;
- to'g'ri va teskari yo'nalishda hisobga olingan to'la elektr energiya miqdorlarini ("M" indeksli hisoblagichlarda), shuningdek modul bo'yicha ishga tushirilgan paytdan boshlab to'rta tarif bo'yicha va barcha tariflar bo'yicha yig'indini;

har bir amaldagi tarif va barcha tariflar bo'yicha o'tgan 12 oyning xar birining oxirida hisoblangan aktiv, reaktiv va to'la (modifikatsiyasiga qarab) elektr energiya miqdorlarini.

6-Mab3y: Elektr zanjir parametrlarini o'lchash

1. Tok va kuchlanishni o'lchash.
2. Qarshiliklarni o'lchash usullari.
3. Sig'im va induktivlikni o'lchash.

Tok kuchi va kuchlanishni o'lchash

Fizik kattaliklarni elektr usulida o'lchash elektr o'lchashlar deb ataladi.

O'zgaras tok zanjirlarida tok kuchi va kuchlanishlarni o'lchash ko'pincha magnitoelektrik tizimdagi ampermetr va voltmetrlarning o'lchash mexanizmlari asosan bir-biridan farq qilmaydi, faqat ulanish sxemasi o'zgaradi xolos.

Ampermetrlarda o'lchash mexanizmi zanjirga shunt orqali ulanadi, voltmetrlarda esa o'lchash mexanizmi bevosita unga ketma-ket qilib ulangan qo'shimcha qarshiliklar yordamida zanjirga ulanadi.

SHuntlar o'lchash mexanizmlarining o'lchash chegaralarini kengaytirish uchun ishlatiladi.

Rasm-3.1.a.dan ko'rinib turibdiki:

$$I = U/R_u + U/R_{sh} \quad \text{yoki} \quad I = I_u + U/R_{sh}$$

bundan $R_{sh} = R_u / (n - 1)$ kelib chikadi.

Bu yerda $n = I / I_u$ –shuntlash koeffitsenti.

Voltmetrlarni o'lchash chegarasini oshirish, unga qo'shimcha qarshiliklar ulanadi (Rasm-3.1.b)

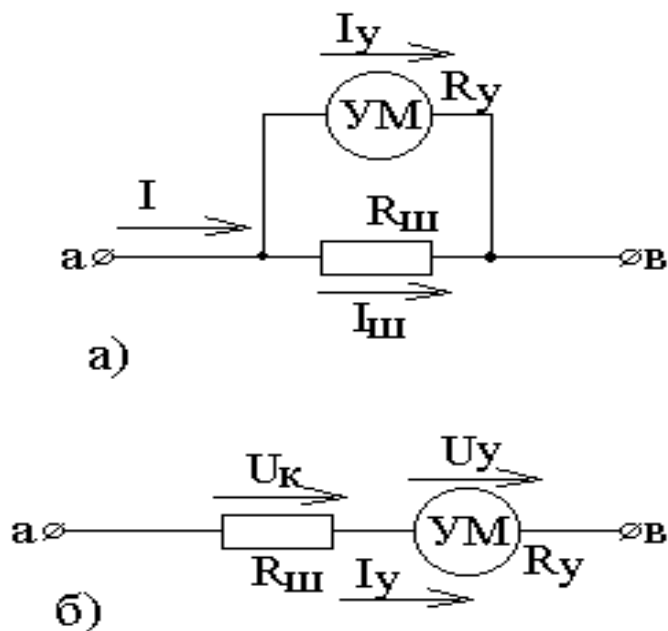


Рис. 3.1

Agar voltmترلarning o'lash chegarasi U_{nom} bo'lsa, uni o'lash chegarasini m-oshirish kerak bo'lsa, quyidagicha topiladi.

Ma'lum zanjirdagi tok kuchini vakuchlanishni o'lashda, shu zanjirga ampermetrlar ketma-ket qilib ulanadi voltmترلar esa parallel qilib ulanadi.

Zanjirdagi tok kuchini va kuchlanishlarni o'lashda ampermetr va voltmترلar-ni joylashishiga etibor berish kerak, agar voltmetrdan keyin ampermetr ulansa ampermetr faqatgina R_x dan utayotgan tok kuchini o'lchaydi xolos, voltmetrdan o'tayotgan I_{VI} ni hisobga olmaydi va ma'lum xatolikga yo'l qo'yiladi.

Qarshiliklarni o'lash usullari

Amaliyotda o'lchaniladigan qarshiliklarni diapazoni juda keng (10^9 dan 10^{16} Om gacha), shuning uchun buni shartli ravishda uchta qismga bo'lishadi – **kichik qarshiliklar** (10 Om dan kichiklari), **o'rtacha** (10 dan 10^6 Om gacha) **katta** (10^6 Om dan yuqorisi). Har bir diapazondagi qarshiliklarni o'lash o'ziga xos xususiyatga ega.

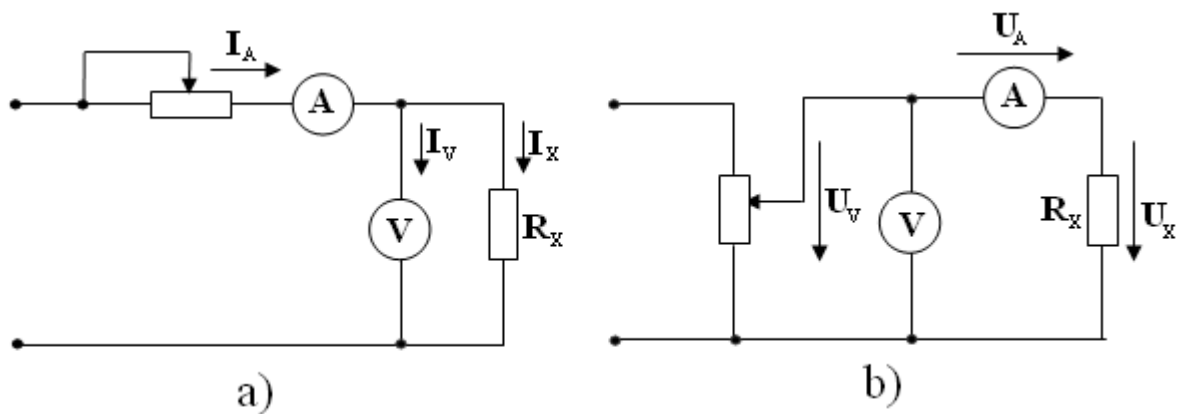
Elektr zanjirlarini o'zgarmas tokka qarshiligini o'lash amaliyotda ko'pincha ampermetr va voltmetr, logometrl yoki ko'priqli usullarda olib boriladi.

Ampermetr va voltmetr usuli. Bu usul qarshiligi o'lchanilayotgan zanjirdagi tok va uning qismlaridagi kuchlanishni alohida o'lashga va o'lash asboblarning ko'rsatishlari bo'yicha R_x ni $R_x = U/I$ formula yordamida hisoblab topishga asoslanadi.

Odatda I - tokni ampermetr, U - kuchlanishni esa voltmetr bilan o'lchanadi. **Katta omli** qarshiliklarni o'lashda, masalan, izolyatsiya qarshiligi, bunda **tok I kichkina** bo'lgani uchun uni milliampermetr, mikroampermetr yoki galvanometr bilan o'lchanadi. **Kichkina omli** qarshiliklarni o'lashda, masalan, sim bo'lagi qarshiligi, bunda **U kuchlanish kichkina** bo'ladi, shuning uchun o'lashda millivoltmetr, mikrovoltmetr yoki galvanometrlar qo'llaniladi.

Usulning **afzalligi** bo'lib soddaligi hisoblansa, **kamchiligi** bo'lib, nisbatan past aniqlikdagi o'lash natijasi hisoblanadi, chunki bu yerda qo'llanadigan asboblarning aniqlik sinfi va uslubiy xatolik bilan chegaralinadi.

3.1.1-rasmda ampermetr-voltmetr usuli bilan qarshilikni o'lash sxemalari keltirilgan. Bunda a) sxemasida voltmetr R_x - rezistordagi kuchlanish tushuvini ko'rsatadi, ampermetr esa voltmetr va R_x - rezistordan o'tuvchi toklarni summasini ko'rsatadi. Shunday qilib asboblarni ko'rsatganlari bo'yicha hisoblab topilgan qarshilik R'_x rezistor qarshiligi R_x dan farq qiladi.



3.1.1-rasm. Qarshilikni o'lchashni ampermetr va voltmetr usuli

$$R'_x = \frac{U_v}{I_A} = \frac{U_x}{I_x + I_v}, \quad (3.1.1)$$

bundan

$$R'_x = \frac{U_x/I_x}{1 + I_v/I_x} = \frac{R_x}{1 + R_x/R_v}, \quad (3.1.2)$$

bu holda nisbiy xatolik:

$$\delta' = \frac{R'_x - R_x}{R_x} = - \frac{R_x}{R_v + R_x} \approx - \frac{I_v}{I_A}, \quad \text{chunki } R_v \gg R_x \quad (3.1.3)$$

Agarda 3.1.1,b-rasmdagi sxema qo'llanilsa:

$$R''_x = \frac{U_v}{I_A} = \frac{U_A + U_x}{I_x} = R_A + R_x, \quad (3.1.4)$$

bu holda nisbiy xatolik

$$\delta'' = \frac{R''_x - R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x} = \frac{U_A}{U_x}. \quad (3.1.5)$$

CHiqqan natijalardan ko'rinishiga 3.1.1,a-rasm sxemada xatolikni kamaytirish uchun $R_x \ll R_v$; 3.1.1,b-rasm sxemada $R_x \gg R_A$ shartlar ta'minlanishi kerak. SHunday qilib **kichik** qarshiliklarni o'lchashda 3.1.1,a-rasm sxemasi va **katta** qarshiliklar uchun 3.1.1,b-rasm sxemasi tavsiya etiladi.

Usuliy xatolikdan xolis bo'lish mumkin, agarda R_x ni voltmetr toki va ampermetrdagi kuchlanish inobatga olib hisoblansa:

$$3.1.1,a\text{-rasm sxemasi uchun} \quad R_x = \frac{U_v}{I_A - I_v}. \quad (3.1.6)$$

$$3.1.1,b\text{-rasm sxemasi uchun} \quad R_x = \frac{U_v - U_A}{I_A}. \quad (3.1.7)$$

Elektromexanik ommetrlar. O'lchaniladigan qarshiliklar diapazoniga qarab qarshilik o'lchagichlar quyidagilarga bo'linadi: **milliometrlar**, **ommetrlar**, **kiloommetrlar**, **megaommetrlar** va o'lchash chegarasini yuqori qiymati 10^9 Om dan katta bo'lgan **teraommetrlar**.

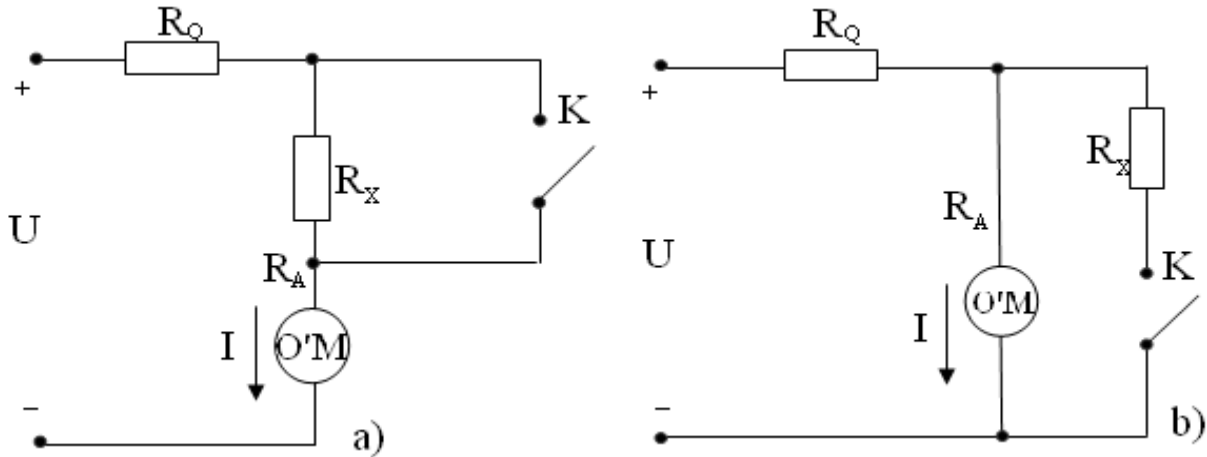
3.1.2-rasmda katta va kichik qarshiliklarni o'lchashga mo'ljallangan elektromexanik ommetrlarning sxemalari keltirilgan. 3.1.2-rasmdagi qo'shimcha rezistor R_q , a-sxemada ketma-ket ulanilgan o'lchaniladigan qarshilik R_x va o'lchash mexanizmi bilan ketma-ket ulangan, b-sxemada o'zaro parallel

ulangan R_x va O'M ga ketma-ket ulangan. Agarda O'M ning ichki qarshiligi R_A bo'lsa, u holda kalit K ochiqligida O'M dan o'tuvchi tok 3.1.2,a-rasmdagi sxemada

$$I = \frac{U}{R_x + R_A + R_q}, \quad (3.1.8)$$

bundan, $I = U/(R_A + R_q)$ da $R_x = 0$ va $I = 0$ da $R_x = \infty$ bo'ladi.

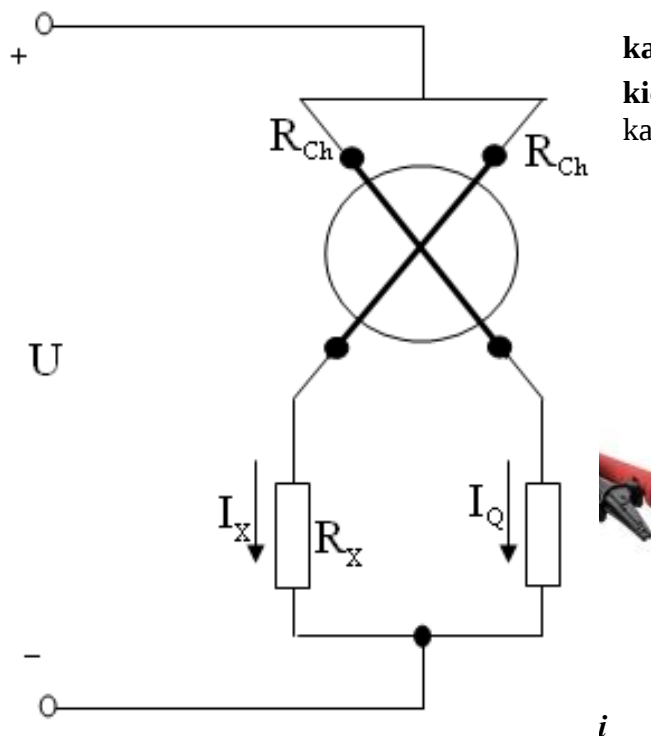
3.1.2,b-rasm sxemasi uchun kalit K yopiqligida



3.1.2-rasm. Elektromexanik Ommetr (a) va Megaommetr (b)ning sxemalari

$$I = \frac{UR_o}{R_A R_q + R_o R_q + R_A R_q}, \quad (3.1.9)$$

bundan, $I = 0$ da $R_x = 0$ va $I = U/(R_q + R_A)$ da $R_x = \infty$ bo'ladi. Agarda o'lchash jarayonida qo'yilgan kuchlanish U o'zgarmas ushlab turilsa tok I va demak ko'rsatkichning burilish burchagi ikkala holda ham R_x funksiyasi bo'ladi. Tok I ning keltirilgan qiymatlariga ko'ra R_x qiymatini 0 dan ∞ gacha o'lchash uchun 3.1.2,a-rasm sxemasi asbobi **ko'rsatish shkalasi teskari**, 3.1.2,b-rasm sxemasiniki esa **to'g'ri bo'lishi** kerak.



3.1.4-rasm. Логометрик омметр схемаси

3.1.2,a-rasm sxemasi o'lchaniladigan qarshilikning **katta qiymatlari** ($R_x > 1 \text{ OM}$) va 3.1.2,b-rasm sxema **kichik qarshiliklarni** o'lchashda qo'llaniladi. Sxemalarda kalit K asbob shkalasining graduirovkasini to'g'riligini tekshirish uchun kerak bo'ladi. Bu sxemalar kombinatsiyalangan asboblarda qo'llaniladi. Masalan, TS4313, TS4354 va boshq. O'M sifatida magnitoelektrik mikroampermetrlar ishlatiladi. Bunday ommetrlarning asosiy kamchiligi bo'lib, asbob ko'rsatishini manba kuchlanishiga bog'liqligi hisoblanadi. SHu sababdan o'lchash ishidan avval shkalani omlardagi graduirovkasi tekshiriladi va sxemadagi boshqariluvchi rezistor yordamida to'g'rilash o'tkaziladi.

Bu kamchiliklardan **logometrli ommetrlar** xolis bo'ladi. Ularning ko'rsatishi kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi.

3.1.4-rasmda magnitoelektrik logometning

sxemasi keltirilgan. Bu sxemada R_x qarshiligi o'lanilayotgan rezistor mexanizm ramkalarining birortasiga yoki ketma-ket, yoki parallel ulanadi. **Ketma-ket** ulanishi o'rtacha va katta qarshiliklar uchun, **parallell** esa kichik qarshiliklarga mo'ljallanadi. 3.1.4-rasmda ketma-ket ulanishiga misol tariqasida sxema keltirilgan. Bu yerda, R_{ch} - ramkalar chulg'amlari qarshiliklari; R_q - qo'shimcha qarshilik; R_x - o'lanilayotgan qarshilik; I_q va I_x tegishli qarshiliklar toklari.

$$\text{Ramkadagi toklar: } I_x = \frac{U}{R_q + R_x}, \quad I_{\hat{u}} = \frac{U}{R_{ch} + R_q}.$$

bundan, qo'zg'aluvchi qismning burilish burchagi α quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\alpha = F\left(\frac{I_x}{I_q}\right) = F\left(\frac{R_{ch} + R_q}{R_{ch} + R_{\hat{o}}}\right) = F(R_{\hat{o}}). \quad (3.1.10)$$

Logometrik ommetrar aniqlik sinflari yuqori emas (1,5; 2,5; 4,0). **Soddaligi** va **arzonligi** bilan yuqori aniqlik talab etmaydigan o'lchashlarda qo'l keladi.

Kuchlanish ostida bo'lmagan ekranlashtirilgan kabellarni izolyatsiya qarshiligini o'lchashda **elektromexanik logometrlar megaommetrlar** qo'llaniladi.

Erlanish (zazemlenie) qarshiligini o'lchashda ampermetr va voltmeter usuli yoki logometrik asbob ishlatiladi. Bu o'lchashlar o'zgaruvchan toklarda olib boriladi va katta kirish qarshilikka ega **elektrostatik** yoki **elektron voltmeterlar** qo'llaniladi. Logometrlar printsiptda ishlaydigan o'lchagichlar keng tarqalgan. Bu printsiptda yerlanishni o'lchaydigan MS-08 turidagi asbob ishlab chiqariladi. SHkalasi omlarda graduировка qilinadi. O'lchash chegaralari 10, 100 va 1000 Om.

Qarshiliklarni yuqori aniqlikda o'lchashga o'zgarmas tok yakka ko'priklari va kichik qarshiliklar uchun **ikkilangan ko'priklar** qo'llaniladi.

Sig'im va induktivlikni o'lchash usullari

Elektr zanjiri qarshiliklari **kompleks xarakterga** ega. **Parametrlardan** – **sig'im** S , **induktivlik** L **o'zaro induktivlik** M , **qarshilik** R larni birini toza holda tashkil etuvchi birorta element mavjud emas. Masalan, kondensator sig'imdan tashqari isrof qarshiligi va obkladkalar orasidagi **izolyatsiya** qarshiligi bilan xarakterlanadi; induktiv g'altak chulg'aminin **aktiv** qarshiligi va o'ramlariaro **sig'im** bilan xarakterlanadi. Lekin bizga ma'lumki, amalda bu elektr zanjiri elementlarini ko'pincha, tarkibida faqat ikkita muhim parametrlar (R va S , R va L) lar bo'lgan **almashtirish sxemalari** bilan keltiriladi.

Kondensatorni ikkita parametr: **sig'im** S va dielektrik isroflarning **burchak tangensi** $tg\delta$ bilan xarakterlanadi. Induktiv g'altaklarning parametrlarini o'lchaganda odatda **induktivlik** L va **isroflar** qarshiligi R yoki g'altakning **asilligi** Q larning qiymatlari aniqlanadi.

Kondensatorlar va induktiv g'altaklarning parametrlarini o'lchashning turli usullari yaratilgan: **bilvosita usul**, **o'rindoshlik** va **taqqoslash** usullari.

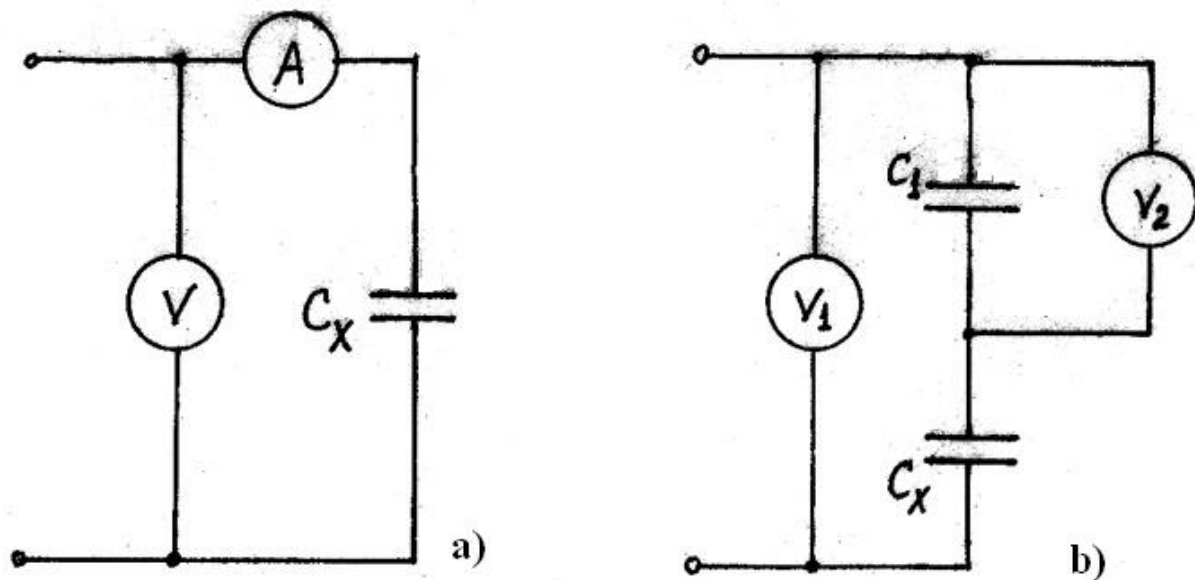
Bilvosita usulda kondensator va induktiv g'altakli zanjirlarning parametrlarini sanoat chastotasida o'lchanadi. Keyinchalik o'lchash natijalari bo'yicha S , L , M aniqlanadi.

O'rindoshlik usuli ko'pincha **rezonansli** usul ham deyiladi. Bu usul yuqori chastotali tebranish konturidagi rezonans hodisasidan foydalanishga asoslanadi.

Taqqoslash usulida kondensatorlar va induktiv g'altaklarning parametrlari **o'zgaruvchan tok ko'priklari** yordamida o'lchanadi va barcha usullar ichida eng **aniq o'lchash** natijasiga erishiladi.

Ushbu ma'ruzada elektr o'lchashlari kursi elektroenergetika yo'nalishiga mo'ljallanganligi uchun bilvosita va taqqoslash usuliga e'tiborni qaratamiz. O'rindoshlik usuli radiotexnikaqa yaqin yo'nalishlarga monandligi uchun mustaqil tayyorgarlikka chiqarib tanishamiz. Bilvosita usulda uch xil sxemadan foydalanish mumkin: ampermetr-voltmeter usuli; bitta asbob - voltmeter usuli; uch asbob -ampermetr, voltmeter va vattmeter usuli. Bu usullarda o'lchab olingan kattaliklar qiymatlaridan foydalanib sig'im va induktivlikning parametrlarini tegishli ifodalar yordamida hisoblab topish mumkin bo'ladi. Taqqoslash usulida o'zgaruvchan tok ko'priklaridan namunalar ko'ramiz.

Ushbu usullardan ba'zilari bilan umumlashgan bilim hosil qilish uchun tanishib chiqamiz.



3.1.4-rasm. Sig'imni o'lchash sxemalari

Sig'imni o'lchash. 3.1.4-rasmda bilvosita o'lchashning ikki xil sxemasi keltirilgan; a - agarda kondensatorlarda aktiv isroflar inobatga olinmasa, **ampermetr-voltmetr** usuli; b- kichik sig'implar o'lchaganda, **bir asbob** usuli;

Bularda: a - sxema bo'yicha
$$C_x = \frac{I}{\omega U}, \quad (3.1.11)$$

b - sxema bo'yicha
$$\tilde{N}_\delta = C_1 \frac{U_2}{U_1}. \quad (3.1.12)$$

3.1.5-rasmda taqqolash usuli bo'yicha o'lchash ko'prigining sxemalaridan namuna sifatida yuqori voltli kabellarni izolyatsiyasini sinovida qo'llaniladigan va yuqori voltli manbadan ta'minlanadigan o'zgaruvchan tok ko'prigining sxemasi keltirilgan. Bu sxemada kondensatorga tegishli parametrlarni o'lchash bilan birga o'lchashlarni xavfsizligi ta'minlanadi, boshqariluvchi parametrlar R_4 , C_4 kichkina kuchlanish ostida bo'ladi.

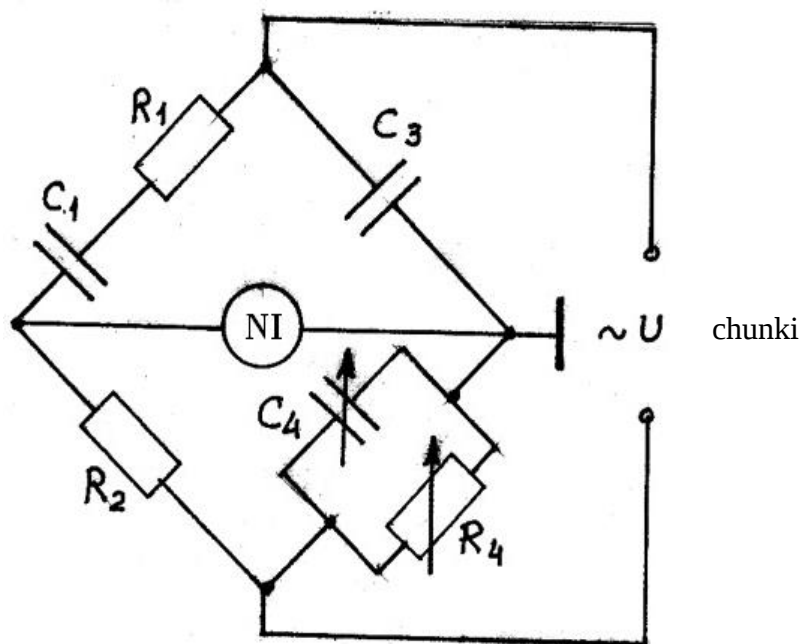
Bu yerda:

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}; \quad Z_2 = R_2;$$

$$Z_3 = \frac{1}{j\omega C_3}; \quad Z_4 = \frac{R_4}{1 + j\omega R_4 C_4}.$$

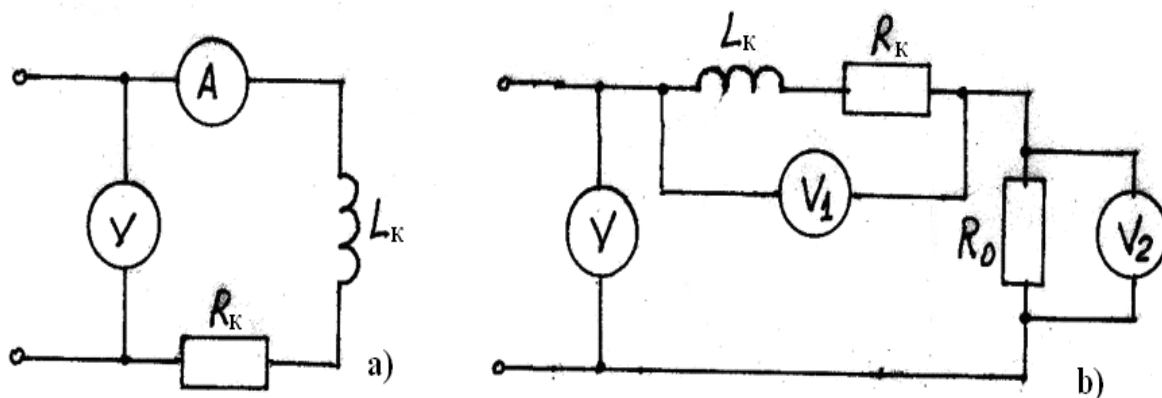
Ko'prik muvozanatlashganda:

$$R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{R_2}{R_4} \frac{(1 + j\omega R_4 C_4)}{j\omega C_3 R_4},$$



3.1.5-rasm. Sig'imni o'lchashning ko'prik sxemasi

Bundan
$$R_1 = R_2 \frac{C_4}{C_3}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2}; \quad \operatorname{tg} \delta = \omega R_1 C_1. \quad (3.1.13)$$



3.1.6-rasm. Induktivlikni o'lchash sxemalari

Induktivlikni o'lchash. 3.1.6-rasmida induktivlikni o'lchash uchun ikki xil sxema keltirilgan: a - ampermetr-voltmetr usuli; b - bir asbob usuli:

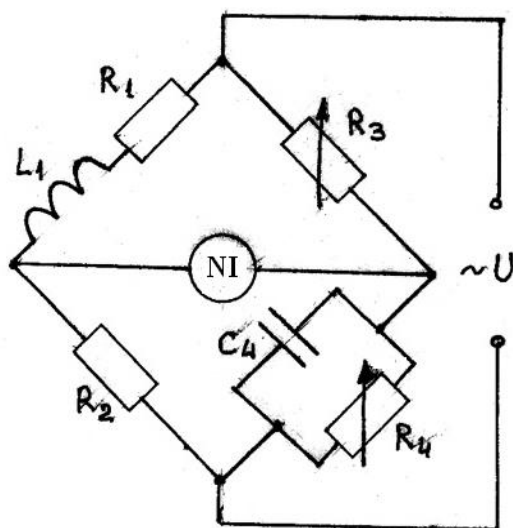
Bularda: a- sxema bo'yicha
$$L_e = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}, \quad (3.1.14)$$

bu yerda:
$$Z_K = \frac{U}{I}; \quad Z_K^2 = R_K^2 + X_L^2; \quad X_L = j\omega L_K.$$

b- sxema bo'yicha
$$L_K = \frac{X_K}{\omega}; \quad Q_K = \frac{X_K}{R_K}, \quad (3.1.15)$$

bu yerda:
$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1 U_2}; \quad I = \frac{U_2}{R_0}; \quad Z_K = \frac{U_1}{I};$$

$$R_K = Z_K \cos \varphi_K; \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}.$$



3.1.7-rasm. Induktivlikni o'lchash ko'prigi sxemasi

3.1.7-rasmida induktivlikni parametrlarini o'lchash uchun mo'ljallangan o'zgaruvchan tok ko'prigining sxemasi keltirilgan. O'lchanilayotgan induktivlik ko'prigining birinchi yelkasiga ulangan deb faraz qilamiz. U holda R_1 , L_1 , Q larni aniqlaymiz. Bu yerda:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1; \quad Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3;$$

$$Z_4 = \frac{R_4}{1 + j\omega C_4 R_4}.$$

Ko'prik muvozanatlashganda:

$$R_1 + j\omega L_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} (1 + j\omega C_4 R_4), \quad (3.1.16)$$

bundan
$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4}; \quad L_1 = R_2 R_3 C_4; \quad (3.1.17)$$

$$Q = \frac{\omega L_1}{R_1} = \omega R_4 C_4. \quad (3.1.18)$$

Afzalligi – yuqori aniqlikda oʻlchanadi. Kamchiligi – kichik asillik $Q = 1$ da muvozanatlashtirish qiyin, $Q < 0,5$ da muvozanatlashtirishga erishib boʻlmaydi. Kichik asilliklar uchun boshqacha sxema yechimi belgilanadi.

R , L , C parametrlarni oʻlchashda, yuqori aniqlikda natijalar olish uchun raqamli asboblarni oʻlchagichlar ham keng qoʻllaniladi.

7-Маъ3ы: Quvvat va elektr energiyani oʻlchash.

1. Bir fazali oʻzgaruvchan tok quvvatini oʻlchash.
2. Oʻzgaruvchan tok zanjirlarida energiyani oʻlchash.
3. Reaktiv quvvatni va energiyani oʻlchash.

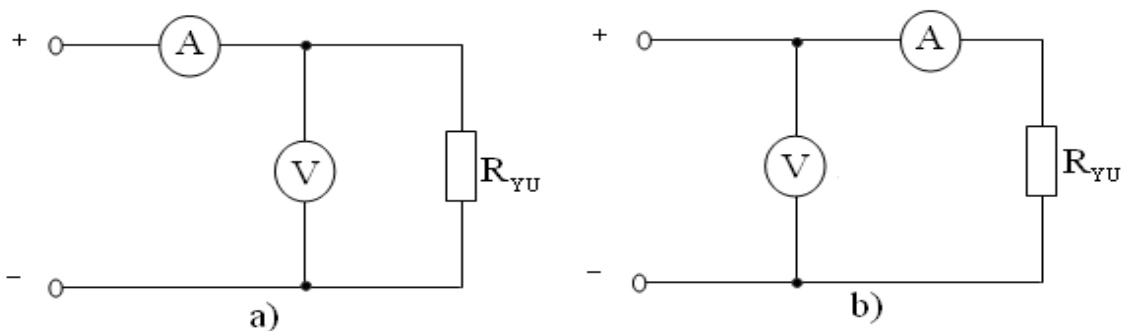
Bir fazali oʻzgaruvchan tok quvvatini oʻlchash

Oʻzgarmas tokda quvvat ifodasi $P = UI$ ga koʻra quvvatni **voltmetr** va **ampermetr** yordamida **bilvosita usul** bilan oʻlchash mumkin. Bu oʻlchashlarda **magnitoelektrik** tizimidagi volmetr va ampermetrni qoʻllash maqsadga muvofiq boʻladi.

3.2.1-rasmda oʻzgarmas tok zanjirida quvvatni oʻlchash uchun ampermetr va volmetrning **ikki xil ulanishi** sxemalari keltirilgan. Asboblarning sxemalarda ikki xil ulanishi oʻlchashlarda yoʻl qoʻyiladigan **uslubiy xatoliklar** bilan belgilanadi.

Quvvatni oʻlchashda, agarda yuklamaning qarshiligi voltmerning qarshiligiga nisbatan kichik boʻlsa 3.2.1,a-rasmdagi sxema va yuklamaning qarshiligi nisbatan katta boʻlsa 3.2.1,b-rasmdagi sxema qoʻllaniladi.

Ampermetr va voltmerni usulining koʻrinishi soddaligiga qaramasdan quvvatni oʻlchashda kam qoʻllaniladi. Sababi, ushbu usulda ikki asbobning koʻrsatishini bir vaqtda sanab olishni va keyinchalik



3.2.1-rasm. Oʻzgarmas tok zanjirlarida quvvatni oʻlchash uchun asboblarning ulanishi sxemalari

quvvatni hisoblab chiqarish talab etiladi. Bu esa oʻlchash jarayonini murakkablashtiradi va oʻlchash natijasi aniqligi past boʻladi.

Oʻzgarmas va bir fazali oʻzgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni oʻlchashda **elektrodinamik** va **ferrodinamik** vattmetrlar qoʻllaniladi. Laboratoriya amaliyotida asosan aniqlik sinfi 0,1; 0,2; 0,3 va 0,5 boʻlgan elektrodinamik vattmetrlar qoʻllaniladi. Sanoatda texnik oʻlchashlarda aniqlik sinfi 1,0; 1,5 va 2,5 boʻlgan ferrodinamik vattmetrlar keng qoʻllaniladi. Vattmetrlar bir diapazonli va koʻp diapazonli turda ishlab chiqariladi. Bir diapazonlikda asbobning shkalasi oʻlchanadigan kattalik qiymatlarida **graduировка qilingan** boʻladi (vatt, kilovatt va hokazo). Koʻp diapazonli asboblarni laboratoriyada qoʻllanilib

graduironka qilinmagan shkalaga ega bo'ladi. Bularni qo'llashdan oldin ma'lum nominal qiymatlar I_n va U_n hamda shkalaning bo'linmalari soni α_{mk} da bo'linmaning qiymatini S_n aniqlab olish kerak.

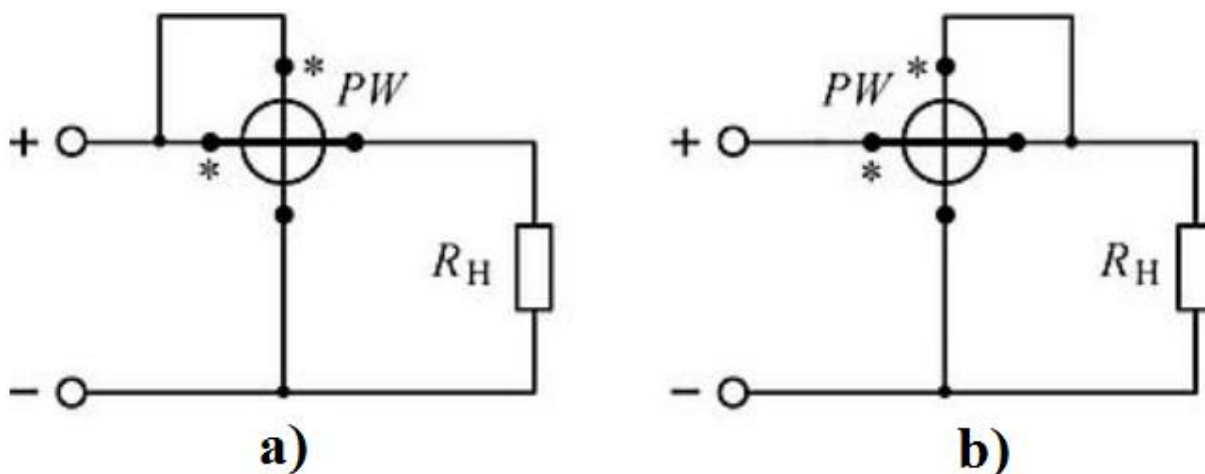
$$\tilde{N}_N = \frac{U_N I_N}{\alpha_{shk}}. \quad (3.2.1)$$

U holda vattmetr o'lchayotgan **quvvatning qiymati** quyidagicha topiladi:

$$P = C_N \alpha, \quad (3.2.2)$$

bu yerda, C_n - tanlab olingan diapazon uchun shkala bo'linmasining qiymati; α - shkaladan sanab olingan bo'linmalar soni.

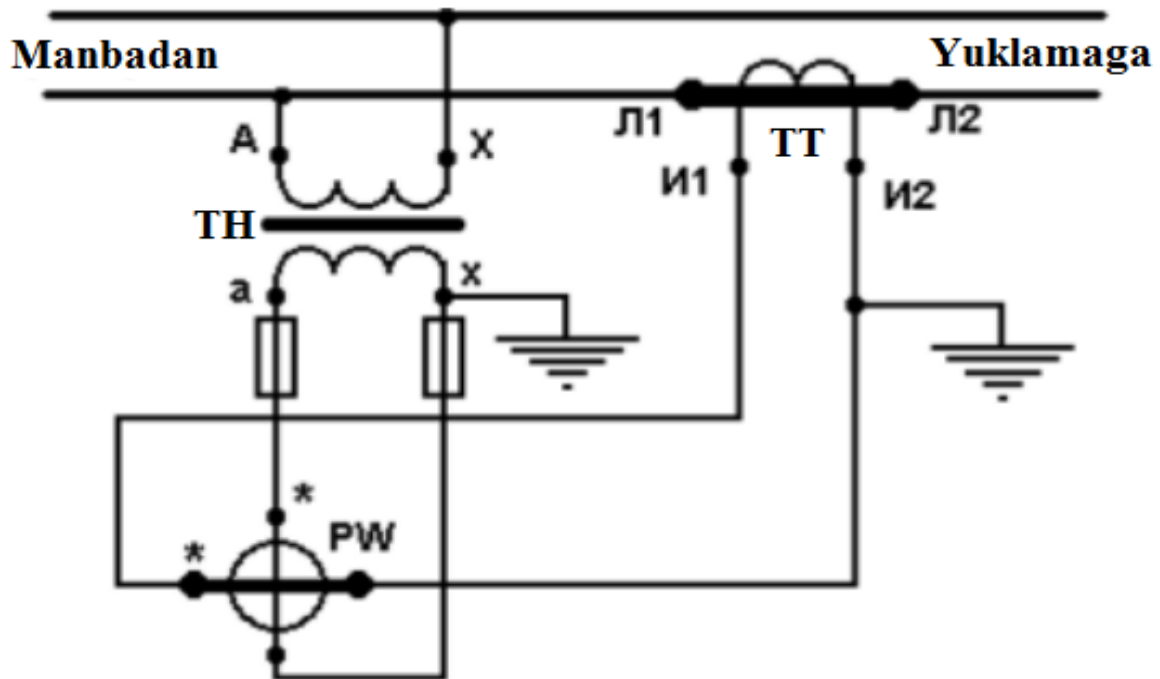
Elektrodinamik vattmetrlar **o'zgarmas tok** va **chastotasi bir necha ming gertsgacha** bo'lgan



3.2.2-rasm. Vattmetrning zanjirga ulanish sxemasi

o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi. Ferrodinamik vattmetrlar asosan **sanoat chastotasidagi** o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi.

3.2.2-rasmda vattmetrning zanjirga ulanish sxemalari keltirilgan. Bu yerda, 1- asbobning qo'zg'almas g'altagi bo'lib, yuklama zanjiriga ketma-ket ulanadi va vattmetrning **ketma-ket zanjiri** yoki **tok chulg'ami** deb yuritiladi; 2- asbobning qo'zg'aluvchan g'altagi bo'lib, yuklamaga parallel ulanadi va **parallel zanjir** yoki **kuchlanish chulg'ami** deb yuritiladi.



3.2.3-rasm. Vattmetrni o'lchash transformatorlari orqali bir fazali zanjirga ulanishi sxemasi

G'altaklarda **yulduzchalar** bilan belgilab qo'yilgan qismlari **generator qismlari** deyiladi. Tok chulg'aming generator qismasi manba tarafga ulanadi. Kuchlanish chulg'aming generator qismasi agarda yuklamaning qarshiligi nisbatan katta bo'lsa manba tarafga (3.2.2,a-rasm) va nisbatan kichik bo'lsa yuklama (3.2.2,b-rasm) tarafga ulanadi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida vattmetrlarning barcha qo'llanishida o'lchash dapazonini kengaytirish uchun tok va kuchlanish **o'lchash transformatorlaridan** foydalaniladi.

3.2.3-rasmda vattmetrni tok o'lchash transformatori orqali ulanishi sxemasi keltirilgan. bu yerda o'lchanilayotgan quvvatning qiymati quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$P = P_w \cdot K_I \cdot K_U \quad (3.2.3)$$

bu yerda, P_w - vattmetrning ko'rsatishi;

K_I ; K_U - tok va kuchlanish transformatorlarining transformatsiya koeffitsienti.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida elektr energiya miqdorini o'lchash

Zanjirga har qanday sinusoidal o'zgaruvchan tok I berilganda U kuchlanish ta'sirida t vaqtda

$A = \int_0^t u i dt$ ish bajariladi, bu ish miqdor jixatidan kuchlanish, tok va vaqtning ko'paytmasiga teng. Bu ishning

intensivligi $p = u \cdot i$ ko'paytmaga bog'liq, bu p - kattalik manbadan zanjirga kelayotgan quvvatning oniy qiymati deb ataladi.

Agar $u = U_m \sin \omega t$ va $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ bo'lsa, $P = U \cdot I \cos \varphi - U \cdot I \cos(2\omega t - \varphi)$ bo'ladi, ya'ni oniy quvvat ikkita tashkil etuvchidan iborat bo'lib, ulardan birinchisi vaqt ga bog'liq bo'lmay, ikkinchisi vaqt ichida miqdori va yo'nalishi bo'yicha ikkilangan chastota (2ω) bilan o'zgaradi.

Manbadan kelayotgan energiya quvvati T davr ichida o'zining o'rtacha qiymati atrofida bo'ladi, bu qiymat son jixatidan quyidagiga teng, ya'ni: $P = UI \cos \varphi$ bu ifoda sinusoidal tok zanjirining aktiv (foydali) quvvati deb ataladi. XBT (SI) da aktiv quvvat birligi qilib $[Vt]$ qabul qilingan, bundan tashqari $1 mVt = 10^6 Vt$; $1 kVt = 10^3 Vt$. lar ham ishlatiladi.

$\cos \varphi$ -quvvat koeffitsienti deyiladi va bu kattalik amalda $\cos \varphi < 1$ bo'ladi, chunki zanjirda doimo L va C elementlari bo'ladi.

Sinusoidal tok zanjirlarining quvvati ko'p hollarda to'la quvvat deb ataladigan miqdordan kichik bo'ladi.

To'la quvvat energetik qurilmalarning ishlatilish vaqtida kuchlanish va tok bo'yicha bera oladigan nominal qiymatlarini ifodalaydi:

$$S=U \cdot I \text{ (BA), (kBA), (MBA).}$$

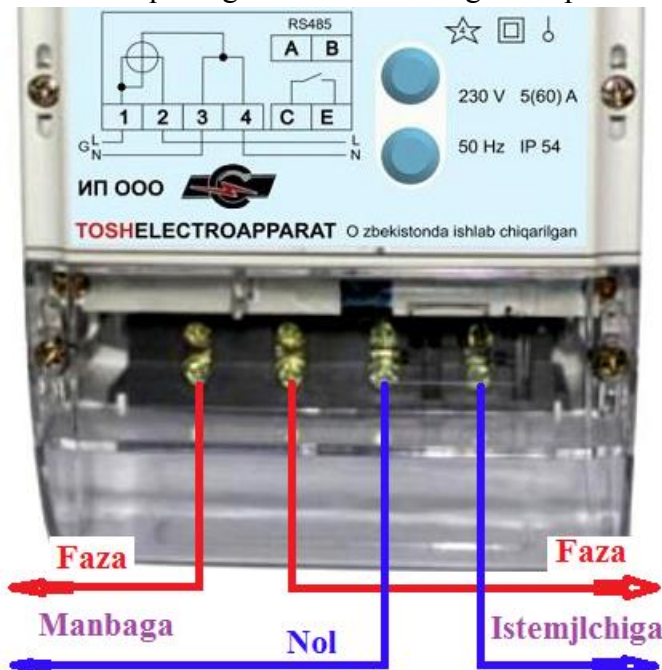
Zanjirdagi foydali ishni tokning fakat bir qismigina bajaradi, ya'ni $I_g = I \cos \varphi$ ga teng bo'lgan tokning aktiv tashkil etuvchisi. Tokning reaktiv tashkil etuvchisi $I_b = I \sin \varphi$ elektr va magnit maydonini hosil qilish uchun sarf bo'lib, ularning energiyasi L va C elementlarida davriy ravishda yig'ilib, yana manbaga qaytariladi. SHu sababli reaktiv quvvat tushunchasi kiritilib, u son jixatdan $Q = U I \sin \varphi$ ga teng.

O'lchash birligi XBT (SI) da: (Var) (kVar) (Mvar).

R, L, C elementlar ketma ket ulangan zanjirlar uchun quyidagilarni yozish mumkin: $P = U I \cos \varphi = U_R I = I^2 R$ $Q = U I \sin \varphi = U_X I = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$; $P = U$

Dastlab o'zgaruvchan tok zanjirlarida aktiv energiyani o'lchash uchun induksion mexanizmlilik hisoblagichlar qo'llanilgan. Hozirda esa raqamli (elektron) hisoblagichlar qo'llanilmoqda. Ularni tarmoqqa ulanishi avvalgi induksion hisoblagichlarni ulanishidan deyarli farq qilmaydi.

Yuqoridagi boblarda keltirilgan ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar aktiv energiyani to'g'ri va



3.2.4 - rasm. TE71 rusumli hisoblagichni tarmoqqa ulash

teskari yo'nalishda, shuningdek hisoblagichni teskari ravishda ulash orqali iste'mol qilingan elektr energiyasini ham (o'g'irlash imkoniyatini yo'qotish maqsadida) har bir amaldagi tarif uchun va ortib borish tartibida barcha tariflar yig'indisini ham hisoblab boradi.

Bir fazali elektr zanjirlarda elektr energiya miqdorini o'lchash uchun ko'p funksiyali elektron hisoblagichni nominal kuchlanishli elektr tarmog'iga ulash tegishli tartibda, ya'ni hisoblagichning oldi tomonida keltirilgan sxema bo'yicha ulash kerak bo'ladi (3.2.4-rasm). Hisoblagichni o'rnatayotganda simni (kabelni) izolyatsiyasidan taxminan 20-23 mm gacha tozalash kerak. Simning kesilgan qismi tekis, egilmagan bo'lishi kerak. Simni diametri yuklamaga qarab tanlanadi, o'rta hisobda 4-9mm. Simlarni kontakt qisqichlariga bir-biri bilan kesishmagan holda joylashtiriladi.

Kontakt qisqichlarga simning izolyatsiya qilingan joyini kirib qolishi va simning izolyatsiyasi olingan qismini qisqichlardan tashqariga chiqib qolishiga ruhsat berilmaydi. Avval kontakt

qisqiching yuqori vintini mahkamlanadi. Bir oz burish bilan simning qisilganligiga ishonch hosil qilgach, pastki vintni mahkam burab qotiriladi.

Ulanishni to'g'riligi yana bir bor ko'zdan kechirgandan so'ng nominal kuchlanishli manbaiga ulab, elektr hisoblagichni ishchi holatlarini tekshirib ko'riladi. Kontakt qisqichlarning qopqog'i tegishli vintlar bilan qotiriladi va elektr energiya ta'minoti korxonasi tomonidan muxrlandi.

Hisoblagichni o'rnatish, ulash va ekspluatatsiya qilish elektr qurilmalarni texnik ishlatish bo'yicha amaldagi qoidalarga (PTE), elektr qurilmalarni o'rnatish qoidalari (PUE) va havfsizlik texnikasi qoidalariga (PTB) muvofiq amalga oshirilishi kerak.

Hisoblagichni o'rnatadigan, ulaydigan yoki unga hizmat ko'rsatadigan mutahassis havfsizlik texnikasi bo'yicha yo'riqnoma bilan tanishtirilishi va uchinchi darajadan kam bo'lmagan elektr havfsizlik bo'yicha malakaviy guruhga ega bo'lishi kerak.

O'rnatish, demontaj qilish va muxrlash faqat ushbu ishlarni amalga oshirish uchun tegishli ruhsatga ega bo'lgan vakolatli tashkilotlar va zarur malakaga ega shaxslar tomonidan amalga oshirishi kerak.

Hisoblagichni o'lchash zanjirlariga, impulsli chiqish qisqichlariga va boshqa yarim o'tkazgichli relelarga ulash faqat kuchlanish o'chirilgan xolda amalga oshiriladi, bunda kuchlanishni tasodifiy ulanib qolishini oldini olish bo'yicha zarur choralarni qo'rilgan bo'lishi kerak.

Hisoblagichning ishdan chiqishiga va hodimlarni elektr tokidan shikastlanishiga yo'l qo'ymaslik uchun quyidagilar **taqiqlanadi**:

- Hisoblagichga boshqa predmetlarni qo'yish yoki osib qo'yish, hisoblagichni korpusiga va birlashtirilgan qurilmalariga

zarba berish;

- Kuchlanish va tok oqimi mavjud bo'lganda hisoblagichni o'rnatish va demontaj qilish;
- Faza va neytral (nol)simning noto'g'ri ulash.

Hisoblagichni o'rnatishdan avval zarur bo'lgan **qoidalar**:

- hisoblagichni tashqi qismlarini ko'zdan kechirish bilan, undagi muxrni buzilmaganligiga va tashqi qismlarida mexanik shikastlanishlar yo'qligiga ishonch hosil qilish kerak;
- hisoblagichni hisobga olish nuqtasida (o'rnatilgan joyida) nominal kuchlanish qiymatlari (220-230V) va tarmoqdagi tokning qiymati (60A dan oshmasligi) nominal qiymatlarga muvofiq kelishi kerak.

Hisoblagichni tarmoqqa ulashda ishlatiladigan simning ko'ndalang kesim yuzasi va materialini hisoblagich orqali o'tayotgan tok tufayli simning va ulash kontaktlarining qizib ketishini oldini olgan holda tanlash lozim.

Reaktiv quvvat va reaktiv energiyani o'lchash

Reaktiv quvvat elektr uzatish tarmoqlarida qo'shimcha yo'qotishlarga olib keladi, ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasini va elektr tizimlarni ekspluatatsiyasini narxini oshiradi. Shu sababdan o'zgaruvchan tok zanjirlarida aktiv quvvatni o'lchash bilan bir qatorda reaktiv quvvatni o'lchash ham katta ahamiyatga ega.

Reaktiv quvvat Q volt-ampperlarda o'lchanadi (var). Reaktiv quvvat bir fazali zanjirlarda va uch fazali uch simli hamda to'rt simli zanjirlarda aniqlanishi mumkin.

Bir fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni asosan laboratoriya tadqiqotlarida o'lchanadi. Reaktiv quvvat amaliyotda uch simli va to'rt simli uch fazali zanjirlarlarda o'lchanadi. Uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvat oddiy bir fazali vattmetrlarni maxsus sxemalar yordamida ulab aniqlanishi mumkin. Bu yerda ham bir, ikki va uch asbob usulidan foydalaniladi. Bundan tashqari uch fazali zanjirlarlarda ikki yoki uch elementli elektrodinamik yoki ferrodinamik varmetrlar qo'llaniladi. Bularning elementlarini ulanishi xuddi maxsus sxemalarda vattmetrlarni ulanishi kabi amalga oshiriladi.

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

Hammamizga ma'lum bo'lgan reaktiv elektr energiyasi haqidagi tushunchaning murakkabligini hisobga olgan holda, birinchi navbatda aktiv va reaktiv energiya o'rtasidagi farqlarni batafsil tahlil qilamiz. Reaktiv energiya faqat o'zgaruvchan tok tarmoqlarida namoyon bo'lishini anglashdan boshlash kerak. O'zgarmas tok zanjirlarida reaktiv energiya mavjud emas.

Ishlab chiqarilgan o'zgaruvchan tok iste'molchiga bir qator transformatorlar orqali etkazib beriladi, ular bir-birlari bilan elektr bog'lanmagan yuqori va past kuchlanishli chulg'amlardan iborat. Elektr energiyasi elektromagnit maydon yordamida yaxshi dielektrik bo'lgan havo orqali uzatiladi. Uning tarkibiy qismi-transformatorning chulg'amlaridan birida paydo bo'ladigan o'zgaruvchan magnit maydon, doimiy ravishda birinchisidan to'g'ridan-to'g'ri elektr aloqasiga ega bo'lmagan boshqa chulg'amni kesib o'tadi va uning chulg'amlarida elektr yurituvchi kuchni keltirib chiqaradi.

Zamonaviy transformatorlarning frydali ish ko'effitsenti juda yuqori, shuning uchun elektr energiya isrofi juda kichik bo'ladi. Birlamchi chulg'amdagi quvvat kamaymasdan to'laligicha ikkilamchi chulg'amga o'tadi deyish mumkin. Xuddi shu jarayon kondesatorlarda ham bo'ladi, faqat bu yerda elektr maydoni tufayli bo'ladi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida induktivlik va sig'im (kondesator) elementlari energiya to'plovchi element hisoblanadi, ular davriy ravishda o'zida energiya to'playdi va

uni tashqariga beradi. Bu jarayonda aktiv energiya oqimiga halaqit beradi. SHu halaqit beruvchi kuchni payda qilayotgan energiyani reaktiv energiya deyish mumkin. Reaktiv quvvat (energiya) elektr energetika tizimidagi sezilarli darajadagi energiya isrofiga sabab bo'ladi. SHuning uchun ham reaktiv energiya



**3.2.5 - rasm. C3T3p-01-22-01
rusumli hisoblagichni tashqi
ko'rinishi**

miqdorini hisobga olish o'lchash muhim ishlardan hisoblanadi.

Yuqoridagi boblarda ko'rsatilgan (masalan: TE71 rusumli) hisoblagichlar bilan aktiv va reaktiv energiyani o'lchash mumkin. Lekin ba'zi reaktiv energiya manbalari ko'p bo'lishi mumkin bo'lgan joylarda reaktiv energiyani o'lchash uchun alohida reaktiv energiya hisoblagichlari o'rnatiladi. Xuddi shunday faqat reaktiv energiya miqdorini o'lchashga mo'ljallangan hisoblagich sifatida CЭT3p-01-22-01 rusumli hisoblagichni ko'rsatish mumkin (3.2.4-rasm). Ushbu hisoblagichlar ham tarmoqqa xuddi aktiv energiya hisoblagichlari kabi ulanadi.

8-Mab3y: Uch fazali zanjir parametrlarini o'lchash

1. Uch fazali zanjirda aktiv va reaktiv quvvatni o'lchash.
2. Uch fazali zanjirda aktiv va reaktiv energiya miqdorini o'lchash.
3. Fazalar siljishini o'lchash. Chastotani o'lchash.

Uch fazali zanjirda quvvatni o'lchash

Bizga elektrotexnikaning nazariy asoslari fanidan ma'lumki uch fazali elektr zanjirlari uchun aktiv quvvatning formulasi umumiy holda (nosimmetrik yuklama) quyidagicha yoziladi:

$$R = R_A + R_B + R_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B$$

$$I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C, \quad (3.2.4)$$

agarda simmetrik yuklama bo'lsa:

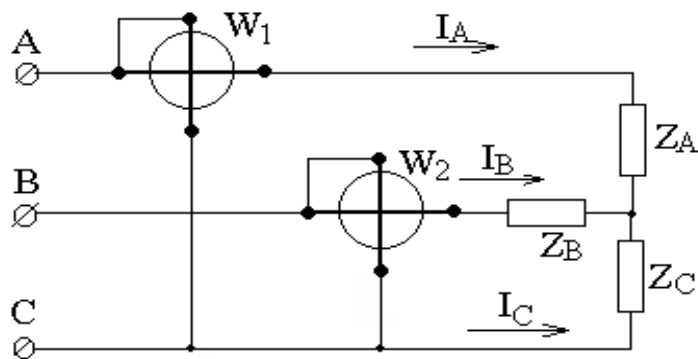
$$R = 3R_f, \quad \text{chunki} \quad R_A = R_B = R_C. \quad (3.2.5)$$

Bundan ko'rinadiki **simmetrik yuklamali** uch fazali elektr zanjirlarida bitta vattmetr bilan har qanday fazasi quvvati o'lchanib uchlanga uch fazali zanjir quvvati topiladi. Buni **bitta vattmetr usuli** deyiladi. 3.2.4-rasmda iste'molchilari yulduz ulangan sxema keltirilgan.

Ko'p hollarda neytral nuqtaga yoki uchburchakning tomonlariga vattmetrni ulashga mumkin bo'lmay qoladi. Bunday hollarda vattmetr **sun'iy neytral nuqta** orqali ulanadi. Uch fazali zanjirning quvvatini aniqlash uchun vattmetr ko'rsatgan **quvvat R_w uchga ko'paytiriladi.**

$$R = 3R_w. \quad (3.2.6)$$

Nosimmetrik yuklamali uch fazali zanjirlarda aktiv quvvatni o'lchash uchun: uch simli bo'lsa **ikkita vattmetr usuli**; to'rt simli bo'lsa **uchta vattmetr usuli** qo'llaniladi. Ikkita vattmetr qo'llash usulini sxemasi 3.2.5-rasmda keltirilgan.



3.2.5-rasm. Nosimmetrik yuklamali uch simli uch fazali zanjirdagi aktiv quvvatni o'lchash

Ikkita vattmetrli sxemalarda aktiv quvvat vattmetrlarni ko'rsatishlari R_{w1} va R_{w2} ning **algebraik yig'indisiga** teng bo'ladi:

$$R = R_{w1} + R_{w2}. \quad (3.2.7)$$

Bu ifodani to'g'riligini isbotlash uchun 3.2.6-rasmda keltirilgan 3.2.5-rasm sxemasining vektor diagrammasidan foydalanamiz. Yuklamalarni simmetrik deb faraz qilamiz va vattmetrlar quvvatlari uchun quyidagi ifodalarni hosil qilamiz:

$$R_{w1} = U_{AC} I_A \cos(30^\circ - \varphi) = U_L I_L \cos(30^\circ - \varphi), \quad (3.2.8)$$

$$R_{w2} = U_{BC} I_B \cos(30^\circ + \varphi) = U_L I_L \cos(30^\circ + \varphi). \quad (3.2.9)$$

Bu formulani (3.2.7) ga qo'yamiz:

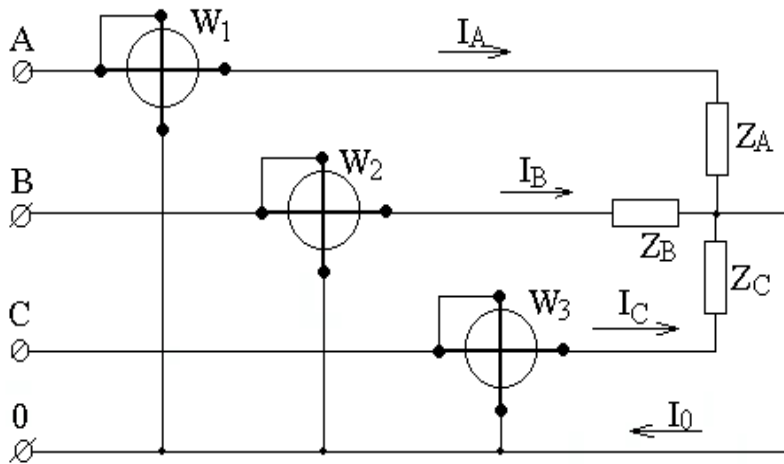
$$R=R_{w1}+R_{w2}=U_L I_L \cos(30^\circ - \varphi) + U_L I_L \cos(30^\circ + \varphi),$$

Bundan $R=U_L I_L 2 \cos 30^\circ \cos \varphi$, yoki $R=\sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$,

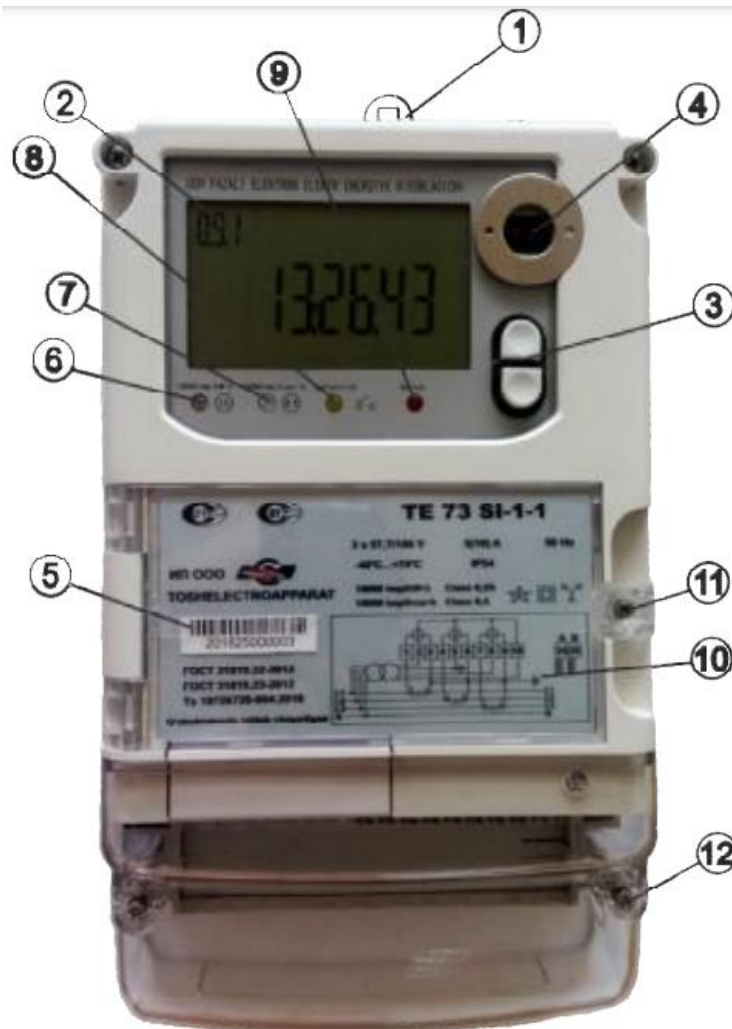
Ya'ni

$$R=R_{w1}+R_{w2}=\sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi. \quad (3.2.10)$$

SHunday qilib vattmetrlar ko'rsatishlari algebraik yig'indisi uch fazali zanjir quvvati ekan. (3.2.10) ifodaning tahlilidan ko'rinib turibdiki, har bir vattmetrning ko'rsatishi faza siljish burchagi φ ning qiymati va ishorasiga qarab **manfiy** yoki **musbat** bo'lishi mumkin. Bundan tashqari $\varphi=+60^\circ$ bo'lganda R_{w2} , $\varphi=-60^\circ$ bo'lganda R_{w1} qiymatlari **nolga** teng bo'ladi. $\varphi=0$ bo'lganda, ya'ni yuklama aktiv qarshilik bo'lganda W_1 va W_2 vattmetrlarning ko'rsatishlari **bir xil** bo'ladi.



3.2.6-rasm. Nosimmetrik yuklamali to'rt simli uch fazali zanjirda aktiv quvvatni o'lchash sxemasi



1--Mahkamlagich

2--Suyuq kristalli display

3--Ko'rsatish oynasini almashtirish tugmalari

4--Optik port (Optoport)

5--Seriya raqami

6--"1000 imp/kWmin" ko'rsatkichi

7--"10000 p/kvar min" ko'rsatkichi

8--"Ogohlantirish" ko'rsatkichi

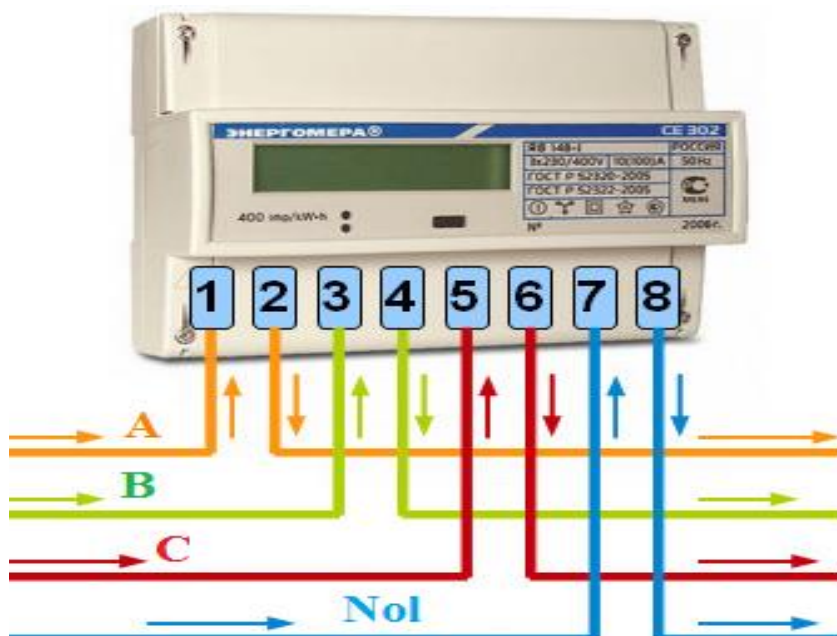
9--"Quvvat" ko'rsatkichi

10--Ulanish sxemasi

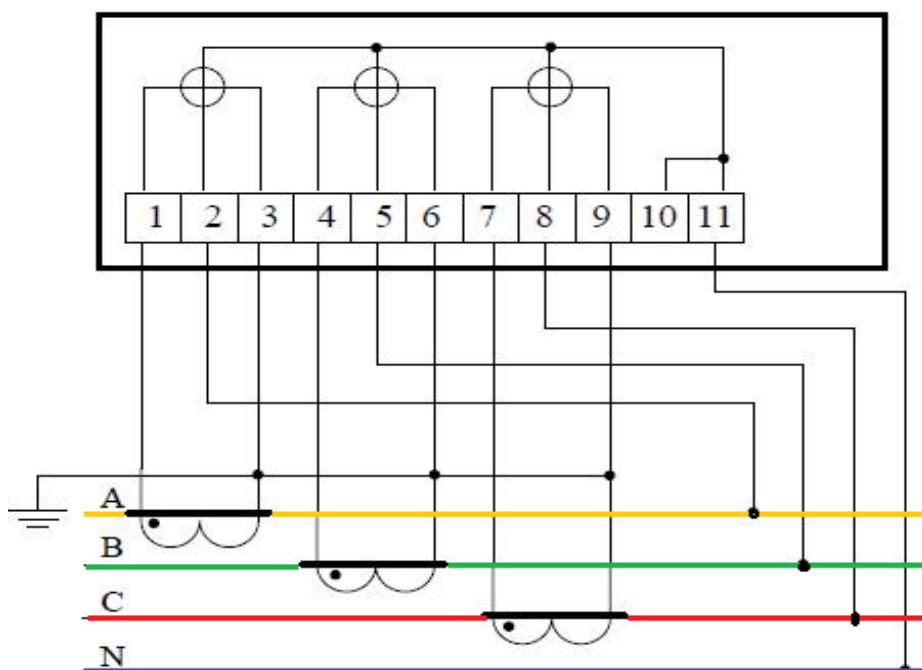
11--Aloqa moduli

12--kontakt qisqichlarining qopqog'i

3.2.8 - rasm. Uch fazali elektron hisoblagichning tashqi ko'rinishi



3.2.9 - rasm. Uch fazali elektron hisoblagichni tarmoqqa bevosita ulash sxemasi



3.2.10 - rasm. Uch fazali hisoblagichni tok transformatorlari orqali tarmoqqa ulash sxemasi

keltirilgan. Bu usulda zanjir quvvati uchta vattmetrning ko'rsatishlarini **arifmetik yig'indisiga** teng bo'ladi.

$$R = R_{w1} + R_{w2} + R_{w3}. \quad (3.2.11)$$

Amalda uch simli uch fazali zanjirlarda ikki elementli va to'rt simli zanjirlarda uch elementli vattmetrlar qo'llaniladi. Bu vattmetrlarni elementlarini zanjirga ulanishi xuddi alohida-alohida ulangan bir fazali vattmetrlar ulanish kabi bo'ladi.

Uch fazali zanjirda elektr energiya miqdorini o'lchash

Bizga ma'lumki, sarflangan energiya zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va vaktning ko'paytmasiga teng, ya'ni: $W = U \cdot I \cdot t = P \cdot t$

Uch fazali tok zanjirida sarflangan energiya mikdori o'lchash uchun, xar bir

$$W_A = P_A \cdot t \quad W_V = P_V \cdot t \quad W_S = P_S \cdot t$$
$$W_{uch} = (R_A + R_V + R_S)t = P_{uch} \cdot t$$

Sanoatimizda uch fazali tok zanjiridagi sarflangan energiyani bevosita o'lchash uchun uch fazali elektron hisoblagichlar ishlab chikariladi. Uch fazali zanjirlardagi elektr energiya miqdorini o'lchashda turli hildagi elektr hisoblagichlardan foydalaniladi, ularning ko'rinishi har xil bo'lgan bilan ishlash printsipli va tarmoqqa ulanish sxemasi bir xil bo'ladi.

Uch fazali TE73 rusumidagi ko'p funksiyali hisoblagichlar aktiv va reaktiv elektr energiyasini o'lchash uchun mo'ljallangan. Hisoblagichlardan elektr energiyasi iste'molini nazorat qilish va iste'mol qilingan energiya uchun tijorat hisob-kitoblari uchun ma'lumotlarni tayyorlash, avtomatlashtirilgan nazorat va hisobga olish tizimida, buxgalteriya ma'lumotlarini yig'ish va masofadan boshqarishda ham foydalanish mumkin.

9-МаВЗУ: Noelektr kattaliklarni o'lchash

- ## Noelektr kattaliklarni o'lchash haqida ma'lumotlar

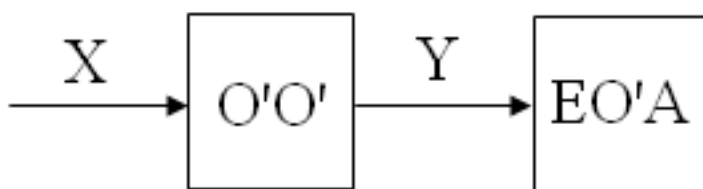
53

Noelektr kattaliklar bo'lmish mexanik, issiqlik va boshqa kattaliklarni o'lchash uchun xizmat qiluvchi elektr asboblari va usullari bir qancha afzalliklarga ega. Ular noelektr kattaliklarning qiymatinigina emas, balki ularning sifatini ham aniqlash, o'lchash va belgilash imkonini beradi.

Elektr o'lchash usullari va asboblarning afzalliklariga asbob sezgirligini katta oraliqda osongina o'zgartirish; juda tez hamda juda sekin o'tuvchi jarayonlarni o'lchash va yozib olish mumkinligi; olisda turib o'lchash va o'lchash natijalarini olish masofaga uzatish mumkinligi; noelektr asboblardan o'lchash mumkin bo'lmagan joylardagi kattaliklarni o'lchash va uzatish mumkinligi; o'lchash natijalarini markazlashtirish va o'lchash ob'ektiga qaytadan avtomatik ravishda ta'sir etish imkoniyati va boshqalarni kiritish mumkin.

Hozirgi vaqtda noelektr kattaliklarni o'lchash axborot-o'lchash texnikasining kattagina sohasini tashkil etadi, bu kattaliklarni o'lchash uchun kerak bo'ladigan asboblarni ishlab chiqarish esa asbobsozlik sanoatining yirik tarmog'iga aylangan. Noelektr kattaliklarni o'lchaydigan elektr asboblardan o'lchaydigan asboblardan farq qiladi. Ularning tarkibida noelektr kattaliklar (temperatura, bosim, siljish, tezlik, tezlanish, sath, sarf va boshqalar) ni elektr kattaliklar (tok, kuchlanish, quvvat) ga yoki elektr parametrlari (qarshilik, induktivlik, sig'im, magnit qarshiligi va boshqalar) ga aylantirib beruvchi bir yoki bir nechta o'lchash o'zgartkichlari bo'ladi. O'lchash o'zgartkichini, odatda, **datchik** deb ataladi.

3.4.1-rasmda noelektr kattalikni elektr usulida o'lchashning oddiy struktura sxemasi ko'rsatilgan. O'lchanadigan noelektr kattalik X o'lchash o'zgartkichi ($O'O'$) ning kirishiga beriladi. O'lchash o'zgartkichining chiqishidagi elektr kattalik U elektr o'lchash asbobi ($EO'A$) yordamida bevosita va yoki bilvosita usullarda o'lchanadi. Elektr o'lchash asbobining shkalasi o'lchanadigan noelektr kattalik birligida



3.4.1-rasm. Noelektr kattalikni o'lchaydigan asbobning struktura sxemasi

darajalanadi, bu esa o'lchashni tezlatadi va o'lchash xatoligini kamaytiradi.

3.4.2. Noelektr kattaliklar o'lchash o'zgartkichlarining tavsiflari

Noelektr kattaliklar **o'lchash o'zgartkichlarini** baholashda va solishtirishda quyidagi asosiy tavsiflar inobatga olinadi:

1. O'zgartish funksiyasining vaqtga nisbatan o'zgarmasligi- barqarorligi. Bu yerda vaqt o'tishi bilan o'zgartish funksiyasini o'zgarishi natijasida gradirovkani qayta qilish kerak bo'ladi, ba'zi hollarda buning imkoni bo'lmaydi.

2. O'zgartish funksiyasining turi. O'lchash o'zgartkichining chiqish U kattaligining kirish X kattaligiga bog'liqligi umumiy holda $U=F(X)$ o'zgartish tenglamasi bilan ifodalanadi. Odatda bu bog'lanishning xarakteri chiziqli bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi. O'zgartish funksiyasining ko'p ma'noligi yoki uzilishi ushbu o'lchash o'zgartkichining o'lchanayotgan kattalikning shu oraliqda o'zgarishi uchun yaroqsizligini ko'rsatadi.

3. Xatolik va sezgirlik. Bu yerda asosiy va qo'shimcha xatoliklar nazarda tutiladi.

4. O'lchanayotgan kattalikka o'zgartkichning qayta ta'siri. Masalan, termorezistor qarshiligini bilish uchun undan tok o'tkazish kerak. Tok esa termorezistorni qizdiradi va natijada o'lchanayotgan atrof-muhit temperaturasini kuchaytiradi. Qayta ta'sir shu holat bilan xarakterlanadi. Qayta ta'sirni amaliyotda inobatga olish qiyin, shu sababdan uni minimumga keltirishga intilinadi.

5. O'zgartkichning dinamik xossasi. O'lchash o'zgartkichiga kiruvchi kattalikning o'zgarishi o'zgartkichda o'tish jarayonini hosil qiladi. O'tish jarayoni inertsia sifatida namoyon bo'ladi, ko'pincha bu jarayonni o'zgartkichning reaksiyasini kiruvchi kattalikning **o'zgarishiga kechikishi** deyiladi.

Ko'rib chiqilganlardan tashqari o'lchash o'zgartkichini baholashda yana qator ko'rsatkichlar inobatga olinadi: tashqi faktorlarning ta'siri, o'ta yuklamalarga chidamliligi, gabariti, massasi, narxi, ishonchliligi va sh.k.

Ishlashiga qarab barcha o'lchash o'zgartkichlarini **parametrli** yoki **generatorli** turlariga ajratish mumkin. Agar noelektr kattalik o'lchash o'zgartkichida R , L yoki C elektr parametrlardan birortasiga

almashtirilsa, u holda o'zgartkich parametrli, agar noelektr kattalik EYuK ga aylantirilsa generatorli o'zgartkich deyiladi.

Parametrli o'zgartkichlar ishlash printsiplariga qarab quyidagi guruhlariga bo'lindi:

1. Tenzoo'zgartkichlar (tenzorezistorlar). Ularning ish printsipti deformatsiyalangan o'tkazgich yoki yarimo'tkazgich qarshiligining o'zgarishiga asoslangan.

2. Termistorli o'zgartkichlar – bu termosezuvchan (temperatu-rani sezadigan) rezistordir. Uning qarshiligi muhitning harakatiga yoki issiqlikning tarqalish sharoitiga bog'liq bo'lib, undan gazlarning harakat tezligini, gazlarning tarkibi va hokazo, parametrlarni o'lchash uchun ishlatiladi.

3. Reostatli o'zgartkichlar – ularning ish printsipti reostat qarshiligining harakatchan kontakt holatiga asoslangan bo'lib, suyuqlikning hajmi va sathini liniya va burchak ko'chishlarni va hokazo parametrlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

4. Induktiv o'zgartkichlar – ularning ish printsipti g'altak magnit maydonining o'zgarishiga, ferromagnit o'zakning ko'chishiga asoslangan bo'lib, mexanik kuchlanishlarni, bosimlarni, liniya va burchak ko'chishlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

5. Sig'imli o'zgartkichlar – ularning ish printsipti o'lganayot-gan kattalik ta'sirida o'zgartkich sig'imining o'zgarishiga asoslangan bo'lib, mexanik ko'chishlarni, bosim, namlik, modda miqdori, liniya va burchak ko'chishlarni o'lchashda foydalaniladi.

6. Fotorezistorli o'zgartkichlar – ularning ish printsipti o'zgartkichga tushayotgan yorug'likning intensivligiga asoslangan bo'lib, temperatura, suyuqlikning hamda gazli muhitning shaffofligi va xiraligini o'lchashda qo'llaniladi.

Generatorli o'zgartkichlar ish printsipti bo'yicha quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1. Termoelektrik o'zgartkichlar – ularni **termoparalar** deb ham ataladi. Termoparaning ishchi uchlari qizdirilganda erkin uchlari termoelektr yurituvchi kuch (termo EYuK) hosil bo'ladi. Bu EYuK ishchi uchlarning temperaturasiga proporsional bo'lgani uchun termoparalar temperaturani o'lchashda ishlatiladi.

2. Taxogeneratorlar aylanish tezligini unga proporsional EYuK ga o'zgartirib beradi. Amalda magnitoelektrik va induksion taxogeneratorlar keng qo'llaniladi.

3. Pezoelektrik o'zgartkichlar – ularning ish printsipti ba'zi kristallarda mexanik kuch ta'sirida EYuK ning vujudga kelishiga asoslangan: kuchlarni, bosimlarni va kichik chastotali tebranishlarning amplitudalarini o'lchashda qo'llaniladi.

4. Fotoelektrik o'zgartkichlar (quyoshli fotoelement) – ularning ish printsipti ba'zi yarimo'tkazgichlarning yorug'lik ta'sirida EYuK ni vujudga keltirishiga asoslangan bo'lib, har xil elektr tuzilishlarda, kosmik kemalarda tok manbai sifatida ishlatiladi.

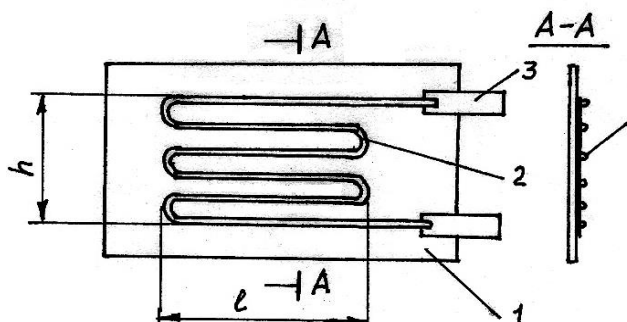
Parametrli o'zgartkichlarning chiqish kattaliklarini o'lchash uchun logometr va elektr ko'priklar qo'llaniladi. Generator o'zgartkichlarining chiqish EYuK ni o'lchash uchun voltmeter va kompensatorlar qo'llaniladi.

Noelektr kattaliklar o'lchash o'zgartkichlarining qo'llanilishi

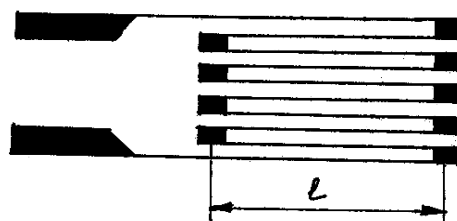
Noelektr kattaliklar o'lchash vositalarining ilmiy tadqiqotlardagi, texnologik jarayonlardagi va elektroenergetika hamda xalq xo'jaligidagi o'rni va ularning tasnifi bilan tanishib o'tganimizdan so'ng bularning qo'llanilishi juda keng miqyosda ekanligini ko'rdik.

SHu sababdan misol tariqasida ba'zi bir keng tarqalgan noelektr kattaliklar o'lchash vositalari va ularning o'lchash jarayonlardagi qo'llanilishini ko'rib chiqamiz.

Tenzoo'zgartkichlar. Tenzoo'zgartkichlarning ish printsipti bularda hosil bo'ladigan mexanik



3.4.2-rasm. Simli tenzoo'zgartkich



3.4.3-rasm. Folgali tenzoo'zgartkich

kuchlanish va deformatsiya ta'sirida o'tkazgichning yoki yarimo'tkazgichning elektr qarshiligini o'zgarishiga asoslanadi. Bular metalli va yarimo'tkazgichlarga bo'linadi. Metallni tenzorezistorlardan simli va folgalilari eng ko'p qo'llaniladi. Agarda simga mexanik ta'sir etilsa, masalan, cho'zilsa, uning qarshiligi o'zgaradi. Simning qarshiligini nisbiy o'zgarishi quyidagicha xarakterlanadi:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta \ell}{\ell}, \quad (3.4.1)$$

bu yerda k - tenzosezgirlik koeffitsienti; $\frac{\Delta \ell}{\ell}$ - simning nisbiy deformatsiyasi.

Mexanik ta'sir etilganda simning geometrik o'lchamlari va solishtirma qarshiligining o'zgarishi sababli uning qarshiligi o'zgaradi.

Simli tenzoo'zgartkichlar qog'oz tilimcha (podlojka-taglik) ga yopishtirilgan (kleylangan) zigzag (egri-bugri, ilonizi) shaklidagi simdan iborat bo'ladi.

Simli tenzoo'zgartkichlar (3.4.2-rasm) qog'oz tilimcha (podlojka-taglik) 1 ga yopishtirilgan zigzag (ilonizi) ko'rinishidagi sim 2 dan iborat bo'ladi, 3 esa chiqish kontaktlari. Taglik sifatida yupqa (0,03-0,05 mm) li qog'oz va kley yoki lak plenasi, agarda yuqori temperaturaga mo'ljallansa, tsement qatlami ishlatiladi.

Tenzoo'zgartkichning geometrik va parametrik o'lchamlari mo'ljallanishiga bog'liq bo'lib, sezuvchi qismini uzunligi $\ell = 0,5 - 150$ mm, eni $h = 0,8 - 60$ mm bo'ladi. O'zgartkichning qarshiligi ko'pincha $R = 50 - 200$ Ohm bo'ladi. Simning diametri $0,02 - 0,05$ mm, koeffitsienti $K = 1,9 - 2,1$ bo'lib, konstantandan tayyorlanadi.

Tenzoo'zgartkich deformatsiyasi o'lchanadigan ob'ektga yopishtiriladi. Ob'ektga mexanik ta'sir etilganda u bilan birga tenzoo'zgartkich ham deformatsiyalanadi va qarshiligi o'zgaradi. Buni quyidagi tenglama bilan izohlash mumkin:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\sigma}{E}, \quad (3.4.2)$$

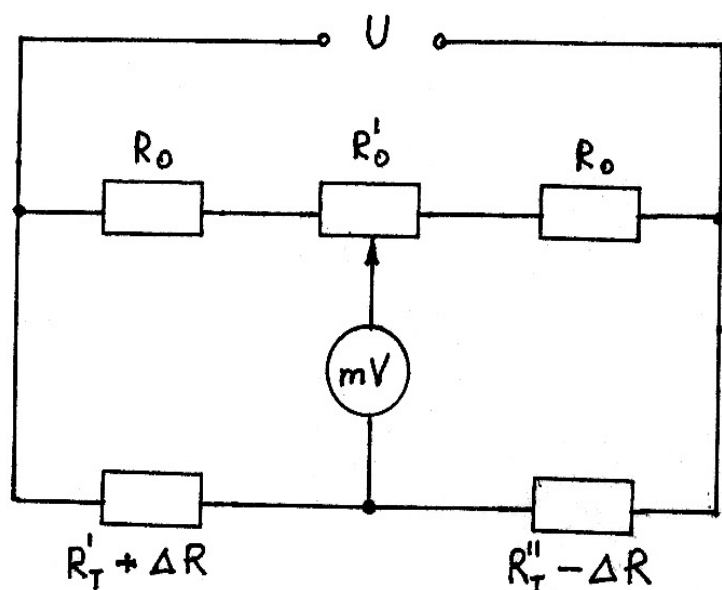
bu yerda σ - ob'ektdagi mexanik kuchlanish; E - ob'ekt materialining elastiklik moduli.

Folgalni tenzoo'zgartkichlarning sezuvchi elementini folga yuziga ximiyaviy ishlov berish (travlenie) natijasida hosil qilinib orqa tarafga kley yoki lak surkalgan bo'ladi. Travlenie paytida folga yuzidagi metallning kerakli shakli va qarshiligi qoldirilib, qolgan qismi olib tashlanadi (3.4.3-rasm). Bu tenzoo'zgartkichlar ob'ektning sirtiga yaxshi yopishadi, amalda xohlagan o'lchamda va shaklda tayyorlash mumkin.

Oxirgi paytlarda kremniy, germaniy, arsenid galliy va boshqa yarimo'tkazgichlarning monokristalidan sanoatda tenzoo'zgartkichlar ishlab chiqarilmoqda. Bularning afzalligi bo'lib, k -koeffitsientining kattaligi (-200 dan +850 gacha) ekanligi hisoblanadi. Lekin mexanik mustahkamligi past va xarakteristikalarini takrorlanishi yaxshi emas.

Tenzoo'zgartkichlarning asosiy xatoligi ularning graudirovkasini aniqligi bilan belgilanadi. Ob'ektning o'zida individual graudirovka qilinganda asosiy xatolikni 0,2-0,5% dan kamiga tushirish mumkin.

Tenzoo'zgartkichlarning qarshiligini o'lchash uchun ko'p hollarda muvozanatlashmagan ko'prik zanjirlari qo'llaniladi. Tenzoo'zgartkichlarning differensial ulanishiga ko'proq e'tibor beriladi, ya'ni ob'ektga mexanik ta'sir etilganda tenzorezistorning biri R_T'

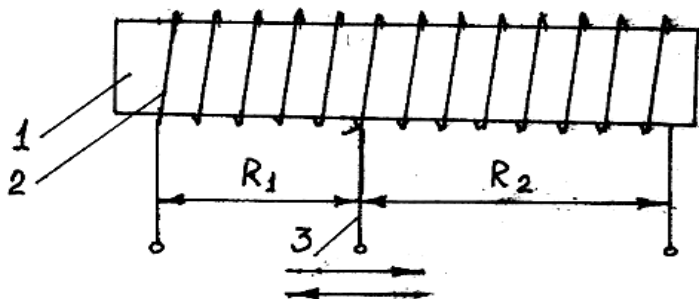


cho'ziladi ikkinchisi R_T'' esa siqiladi (3.4.4-rasm). Bunday ulanishda temperatura xatoligidan xalos etiladi va sezgirligi ikki marotaba ko'tariladi.

Tenzoo'zgartkichlar statik va vaqt bo'yicha o'zgaruvchi defomatsiyalarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

Reostatli o'zgartkichlar

Oddiy ko'rinishda reostatli o'zgartkichlar **reostat** va o'lchanayotgan noelektr kattalik ta'sirida u bo'yicha surkalib-siljiydigan **shchyotkadan** iborat bo'ladi. Ularning konstruktiv ishlanmasi ko'p hollarda **chiziqli** yoki **burchakli** siljishni elektr kattalikka o'zgartirishga mo'ljallanadi. 3.4.5-rasmda chiziqli reostatli o'zgartkich sxemasi keltirilgan. Bu yerda, 1- reostat karkasi; 2- karkasga o'ralgan chulg'am; 3- reostat bo'yicha surkalib siljuvchi shchyotka. Bu yerda $R_p = R_1 + R_2$.



3.4.5-rasm. Reostatli o'zgartkichning sxemasi

Reostat chulg'ami simi qarshiligi temperatura koeffitsienti kichik bo'lgan qotishmalardan yasaladi. Ko'pincha konstantan va manganin ishlatiladi. CHulg'am qarshiligi o'nlardan bir necha ming omgacha bo'lishi mumkin. SHchyotkalarni simlardan yoki prujinalanuvchi yalpoq tilimchalardan yasaladi va toza metallar (platina, kumush) va qotishmalar ishlatiladi.

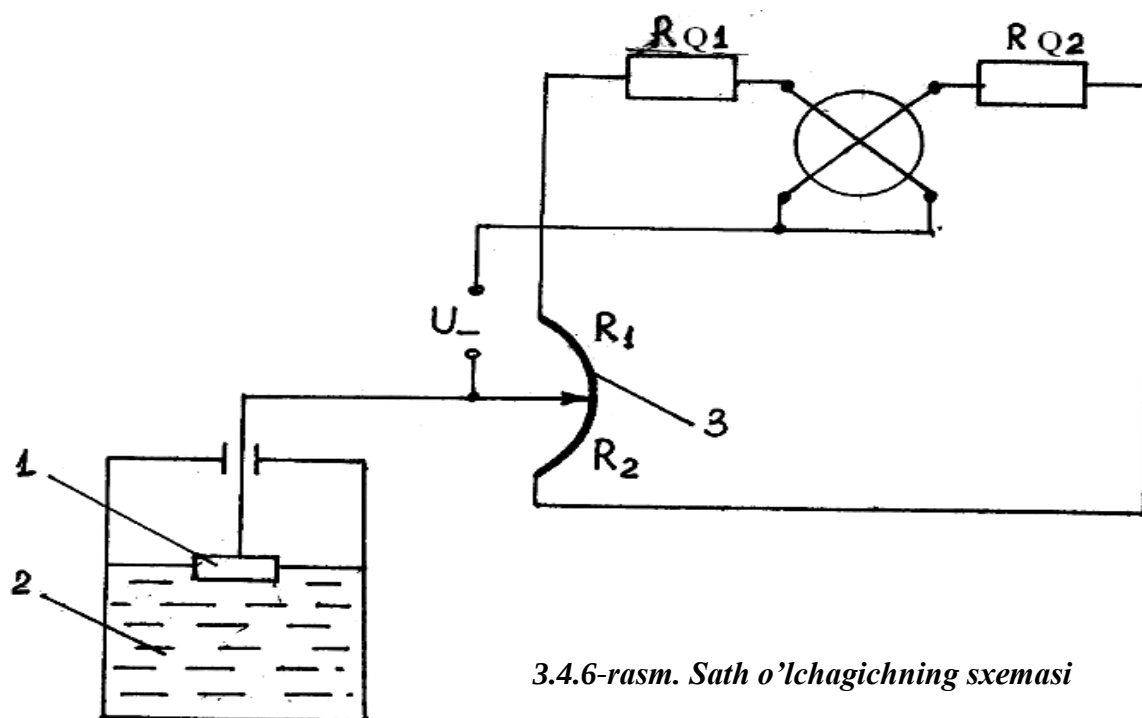
Reostat karkasining shakli o'lchanayotgan siljish xiliga qarab (chiziqli yoki burchakli) va o'zgartish funksiyasi turiga qarab (chiziqli, nochiziqli) va tsilindr, tora, prizma va sh.k. ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Karkaslarni yasashda dielektriklar (getinaks, plastmassa, keramika) va izolyatsiya laki qoplangan metallar (anodlangan sirtli dyuralyuminiy) qo'llaniladi.

Reostatli o'zgartkichlarning afzalligi katta chiqish quvvati hisoblanadi, kamchiligi esa, ishqalanuvchi kontaktning mavjudligi.

Reostatli o'zgartkichlar **burchakli** va **chiziqli** siljishlarni va bunday siljishlarga o'zgartirilishi mumkin bo'lgan kattaliklarni (zo'riqish, bosim, suyuqliklar sathi va hajmi va sh.k.) o'lchashlarda qo'llaniladi.

Masalan, suyuqlikning sathi yoki hajmini o'lchash uchun reostali o'zgartkichni qo'llanilishi 3.4.6-rasmdagi sxemada ko'rsatilgan. Bu yerda qalqi 1 ning holati suyuqlik 2 ning sathi yoki hajmiga bog'liq. Suyuqlikning ko'payishi yoki kamayishi qalqini holatini o'zgartiradi, bu esa qalqi shchyotka bilan mexanik bog'langanligi uchun uni reostat 3 bo'ylab so'radi va R_1 , R_2 qarshiliklarni o'zaro nisbatini o'zgartiradi. Bu o'z navbatida logometrik asbobning ramkalaridagi toklar nisbatini o'zgartirib, asbobning qo'zg'aluvchan qismini buradi. Logometrik asbobning shkalasi suyuqlikning o'lchanayotgan sathi yoki hajmi qiymatlarida graduировka qilinadi.

Termistorli o'zgartkichlar. Bu o'zgartkichlar **termosezuvchan rezistor** yoki **termoqarshiliklar** deb yuritiladi. Bularning ish printsipti bu o'zgartkichlarning elektr qarshiligini temperaturaga bog'liqligiga asoslangan. Termoqarshilik, odatda, mis va platinadan yasalgan bo'lib, termopara kabi termoelektr yurituvchi kuch (EYuK) ishlab chiqarmaydi, balki temperatura o'zgarganda o'z qarshiligini o'zgartiradi. Metall qarshiliklarda temperatura bilan elektr qarshilik o'rtasida mutanosib bog'lanish bor. Termoqarshilik temperaturasi o'lchanadigan muhitga joylashtiriladi va termoqarshilik qarshiligining o'zgarishi avtomatik ko'priksxemasi yordamida o'lchanadi.



3.4.6-rasm. Sath o'lgagichning sxemasi

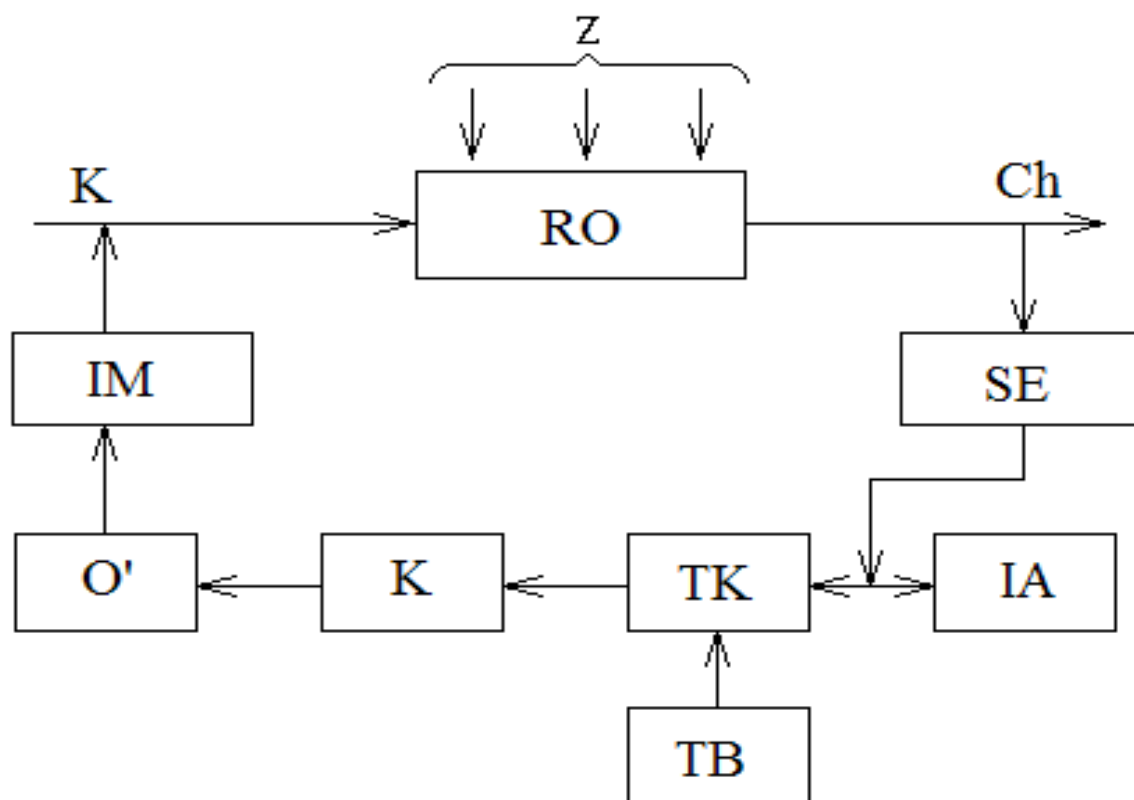
10-Mavzu. Avtomatlashtirish tizimlari va uning elementlari

1. Avtomatik rostlash tizimlari.
2. Rostlagichlar va rostlash qonunlari.
3. Ijrochi elementlar va rostlovchi organlar.
4. Relelarning asosiy turlari.
5. Tok va kuchlanish relelari.
6. Oraliq relelari.

Avtomatik rostlash tizimlari

Avtomatlashtirish tizimlarini quyidagilarga ajratish mumkin: avtomatik nazorat, avtomatik rostlash va avtomatik boshqarish.

Avtomatik nazorat-texnologik jarayon xaqida operativ ma'lumotlarni avtomatik ravishda qabul qiladi va qayta ishlash uchun kerakli bo'lgan sharoitlarni ta'minlaydi. Avtomatik rostlash-texnologik jarayonlarning bir yoki bir nechta parametrlarini avtomatik ravishda belgilangan qiymatlarda ishlashini ta'minlaydi.



4.1.-Расм. Автоматик ростлаш тизимини функционал схемаси.

РО-ростланувчи объект; СЭ-сезгир элемент;

ИА-иккиламчи асбоб; ТБ-топширик берувчи (задатчик);

ТК-таққослаш қурилмаси; К-кучайтиргич;

Ў-ўзгартиргич;

ИМ-ижро механизми.

Avtomatik boshqarish-texnologik operatsiyalarni belgilangan muttasilligining avtomatik ravishda bajarilishini va boshqaruv ob'ektiga nisbatan bo'ladigan ta'sirlarning muayyan muttasilligini ishlab chiqishdan iboratdir. Texnologik jarayonlarning avtomatik boshqarishni vazifasi rostlagichlar, ya'ni avtomatik rostlash tizimlari yordamida rostlanuvchi ob'ektdagi kerak bo'lgan texnologik sharoitni avtomatik ravishda saqlash, agar bu sharoit bo'zilsa, uni qayta tiklashdan iboratdir. Avtomatik rostlash tizimlari (ART) bir-birlari bilan ma'lum ketma-ketlikda bog'langan bo'lib har biri tegishli vazifani bajaruvchi alohida elementlardan iborat. 4.1-rasmda ART ning funktsional sxemasi keltirilgan.

ART da rostlanuvchi kattalikni hozirgi va berilgan qiymatlari ayirmasi o'lchanadi va tengsizlik ishorasiga ko'ra rostlagich ob'ektga nisbatan rostlovchi ta'sir ishlab chiqarib tengsizlikni yo'qotadi. Rostlanuvchi ob'ektni chiqishiga sezgir element (datchik) o'rnatiladi. Datchik rostlanuvchi kattalikning hozirgi qiymatini qabul qilib, uni rostlash tizimidagi keyingi zvenolarga uzatish uchun qulay bo'lgan signalga o'zgartiradi. Topshiriq beruvchi (zadatchik) o'zining chiqishida rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatiga proporsional

signal ishlab chiqarishga mo'ljallangan qurilmadir. Signal avtomatik rostlagichning chiqishidan ijro etuvchi mexanizm kirishiga keladi. Rostlagichning komanda signalini o'zidagi rostlovchi organning tegishli signaliga o'zgartiruvchi qurilma ijro etuvchi mexanizm deyiladi.

Avtomatik rostlash tizimidagi elementlarni funktsional belgilarga ko'ra quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin:

- Sezgir elementlar;
- Taqqoslash elementlari;
- Topshiriq beruvchi elementlar;
- O'zgartiruvchi elementlar;
- Kuchaytirgichlar;
- Tuzatuvchi elementlar;
- Ijro etuvchi elementlar;
- Stablizatorlar;
- Hisoblash elementlari

Iste'mol qiladigan energiya turiga ko'ra (baza elementlari bo'yicha) avtomatik rostlash tizimi elementlari elektrikli, pnevmatik, gidravlik, mexanik va kombinatsiyalashgan bo'ladi.

ART boshqarish algortmi bo'yicha (berilgan topshiriq o'zgarishiga ko'ra) quyidagi guruhlariga bo'linadi:

- Stabillovchi avtomatik rostlash tizimlari;
- Dasturli avtomatik rostlash tizimlari;
- Kuzatuvchi avtomatik rostlash tizimlari;
- Optimal rostlash tizimlari;
- Moslashuvchi avtomatik rostlash tizimlari.

Stabillovchi avtomatik rostlash tizimlarida rostlanuvchi kattalikning qiymati doimiy bo'ladi. Bu tizimlarda avtomatik rostlagichning vazifasi rostlanuvchi kattalikning muayyan, mutlaqo doimiy qiymatida saqlash va texnologik jarayonni stabillashdir. Bu xolda texnologik reglament talablariga ko'ra rostlanuvchi kattalikning qiymati doimiy bo'ladi. Hozirgi paytda stabillovchi ART lar juda keng tarqalgan.

Dasturli avtomatik rostlash tizimida oldindan ma'lum bo'lgan qonunga ko'ra o'zgaradigan qiymatli rostlanuvchi kattalik mavjud bo'ladi. Bu tizimda rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymati rostlagich topshiriq beruvchisi (zadatchigi) orqali ma'lum qonun bo'yicha ishlab chiqariladi.

Rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymati ixtiyoriy ravishda o'zgarayotgan kattalikning nisbatidan aniqlansa, bu tizim kuzatuvchi avtomatik rostlash tizimi deyiladi. Bu tizimning rostlovchanlik vazifasi rostlanuvchi kattalikning hozirgi qiymati ikkinchi mustaqil kattalik qiymatini aniq takrorlashidan (yoki uni kuzatishdan) iborat.

Rostlanuvchi kattalikning qiymati rostlagich tomonidan berilsa yoki optimal satxda saqlansa, bu sistema optimal rostlash tizimi deyiladi. Bu tizimning yana bir turi ekstremal ART dir. Ba'zan texnologik jarayon o'tishining optimal sharoitlarini tajriba o'tkazmasdan, avvaldan aniqlash qiyin bo'ladi. SHunda ekstremal tizim tanlangan optimallik mezonlariga muvofiq ravishda sharoitlarni topish va ularni saqlash vazifasini amalga oshiradi.

Xarakteristikalarini o'zgan texnologik jarayonning o'tishi optimal bo'lgan

sharoitlarni topib, ularni amalga oshiruvchi tizimni moslashuvchi ART deyiladi.

ART uzluksiz va uzlukli tizimlarga bo'linadi. Uzluksiz ART da rostlanuvchi kattalik tizim zanjiri bo'yicha uzluksiz o'zgaradi va rostlanuvchi ob'ektga nisbatan rostlovchi miqdorning uzluksiz ta'sirini hosil qiladi. Uzlukli ART da rostlanuvchi kattalikning uzluksiz o'zgarishi boshqaruvchi va ijro etuvchi zvenolarga vaqti-vaqti bilan ta'sir qiladi.

ART larga qo'yiladigan talablar: tizimning turg'un bo'lishligi; o'tish jarayonini tez bajarilishi; dinamik va statik xatolarni kichik bo'lishligidir. Ushbu talablarni bajarilishi ART ning aniq va sifatli ishlashini ta'minlaydi.

Rostlagichlar va rostlash qonunlari

Avtomatik rostlash tizimlarining asosiy texnika vositalaridan biri rostlagichlardir. Rostlagichlarni vazifasi ob'ektni belgilangan rejimda ishlashini ta'minlashdan iboratdir. Konkret texnologik jarayonni boshqarish uchun maxsus tayyorlangan rostlagichlar ishlatilishi mumkin. Bunday rostlagichlar qator talablarga javob berishi kerak. Jumladan, ularni aniq signalli datchiklarga ulash mumkinligi; standart; normallashtirilgan yoki normallashtirilmaganligi. Datchiklarni ulash usuli bo'yicha rostlagichlar ko'rishni 3 ta usuli mavjud: agregatli; apparatli; priborli. Agregatli printsiptda rostlagich kirishiga faqat standartlashgan datchiklar ulanadi. Bunday printsiptda sanoatda ishlab chiqarilgan elektrik, gidravlik o'lchash o'zgartkichlari ishlatiladi. Apparat printsiptida rostlagichni kirish qismini almashtirish mumkin, bunda har xil datchiklardan foydalanishga imkon bo'ladi. Pribor printsiptida datchik ikkilamchi o'lchov asbobiga ulanib, uni ko'rsatish qo'shimcha o'zgartkich orqali rostlagichga ulanadi. Rostlagichlarga qo'yiladigan asosiy talablar: rostlash qonunini aniq bajarilishi; rostlash qonunini o'zgartirish mumkinligi; parametrlarini o'zgartirish mumkinligi.

Rostlagichlarni ikki turi mavjud: to'g'ri ta'sirli, to'g'ri bo'lmagan ta'sirli. Ularda uch xil energiya tashuvchilar ishlatiladi: elektr toki; qisilgan havo; suyuqlik. Demak, energiya tashuvchilar turiga qarab rostlagichlar: elektrikli, gidravlik va pnevmatik turlariga bo'linadi. Rostlagichlarni elektrogidravlik, elektropnevmatik turlari ham mavjud.

Rostlagichlar standart P, PI, PID rostlash qonunlari bo'yicha ishlaydi. Ularni matematik ifodalari quyida keltirilgan.

$u=a_0x$ -proportsional (P)

$u= a_0x + a_1 \int_0^t x dt$ -proportsional-integral (PI)

$u= a_0x + a_1 \int_0^t x dt + a_2 \frac{dx}{dt}$ -proportsional-integral-differentsial PID

bu yerda: u -rostlagichni rostlovchi organga ta'siri (chiqish signali); x -rostlanayotgan kattalikni belgilangan qiymatdan chetlanishi (kirish signali); a_0 , a_1 , a_2 -rostlagich koeffitsienti.

Elektrik rostlagichlar. Texnologik jarayonlarni boshqarishda elektrik rostlagichlar ko'plab ishlatiladi, chunki har xil fizik kattaliklarni elektr usuli bilan aniqlash qulay. Bajaruvchi mexanizm sifatida ko'pincha elektr dvigatellar, elektrik klapanlar, maxsus elektr yuritmalar ishlatiladi.

Pnevmatik rostlagichlar. Bunday rostlagichlarni ishlash printsipli qisilgan havoni energiya manbai sifatida ishlatishga asoslangan. Afzalliklari yong'in va portlash xavfi yo'qligi, zaharli muhitda ham ishlatish mumkinligi, arzon va soddaligidir. Avtomatika elementlariga pnevmatik sig'imlar, drossellar, membranalar, silfonlar, prujina va boshqalar kiradi. Pnevmozatkichlar sifatida metall yoki plastmassa trubkalar ishlatiladi. Bajaruvchi mexanizm sifatida pnevmomexanik qurilmalardan foydalaniladi.

Gidravlik rostlagichlar. Hidravlik rostlagichlarda qisilgan suyuqlik energiya tashuvchi sifatida ishlatiladi. Hidravlik bajaruvchi mexanizmlar sifatida esa gidro dvigatellardan foydalaniladi.

Ijrochi elementlar va rostlovchi organlar

Texnologik ob'ektlardagi rostlovchi yoki boshqaruvchi organlarni berilgan boshqarish qonunlariga muvofiq yurgizish uchun xizmat qiladigan mashina va mexanizmlar ijrochi elementlar deyiladi. Ijrochi elementlar boshqarish signallarini mexanik harakatga-aylanish yoki surilishga aylantiradi. Manba energiyasini turiga ko'ra ijrochi elementlar elektrik, gidravlik va pnevmatik turlarga bulinadi. Ijrochi elementlarga qo'yiladigan asosiy talablar: yuqori ishonchlilik; boshqaruvchi signalni yuqori aniqlikda ishlashi; ishga tushish tezligini yuqoriligi; FIK yuqori bo'lishi; narxining arzonligi va geometrik o'lcham hamda massasini kichikligi.

Elektr ijrochi elementlar. Elektr ijrochi elementlar tok, kuchlanishni miqdoriy o'zgarishi va elektr signali fazasining o'zgarishini bo'rilish, surilish va aylanish kabi mexanik harakatlarga aylantiradi. Ijrochi elektr yuritmalar sifatida o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tok dvigatellaridan foydalaniladi.

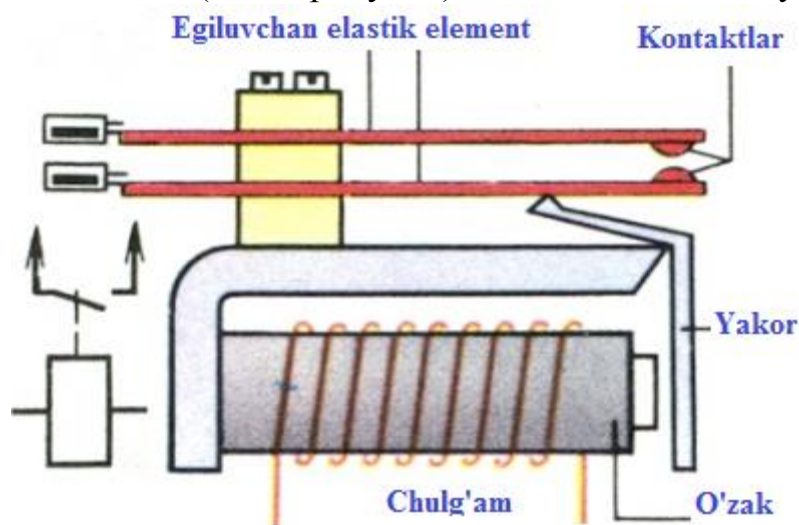
Elektr yuritmali ijrochi mexanizmlar. Bunday mexanizmlar elektrdvigatel, reduktor, rostlovchi organga reduktor valini ulaydigan qurilma, cheklovchi uzgichlar, teskari bog'lanish reoxordi, ijrochi mexanizm xolatini masofadan ko'rsatib turuvchi asboblardan tuziladi. Ijrochi mexanizmlarning chiqish qurilmasi to'g'ri chiziqli yoki aylanma harakat qilish imkoniga ega bo'ladi. Bunday ijrochi mexanizmlarda kontaktli yoki kontaktsiz boshqarish qurilmalari bo'lib, ulardan chiquvchi boshqarish signali rostlovchi organning bir marta to'la aylanib to'xtashini yoki ko'p marta aylanishini ta'minlaydi.

Elektromagnitli ijrochi mexanizmlar. Bunday mexanizmlar mexanik, gidravlik va pnevmatik tizimlardagi energiya va massa oqimini masofadan turib boshqarish uchun xizmat qiladi. Ular 2 xil bo'ladi: suriluvchi elektromagnitli klapan; elektromagnitli sirpanuvchi mufta. Elektromagnitli yuritmalar elektr dvigatellarga qaraganda ancha arzon, ularning ishlashi ishonchli va ishga tushish tezligi yuqoridir. Elektromagnitli mufta ish mexanizmlarni ishga tushirish, to'xtatish va ularning tezligini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Ular 27 va 100 V o'zgarmas tok manbaiga ulanadi va 5-22 Vt quvvat oladi. Ulanish vaqti 20-40 m sek, uzilish vaqti 15-30 msek.

Rostlovchi organlar. Rostlovchi organlar elektr energetikasi ob'ektlarida sarf bo'layotgan energiya yoki modda oqimini o'zgartirib texnologik jarayonga bevosita ta'sir qiluvchi va uning optimal rejimida o'tishini ta'minlaydigan asosiy organlardan biridir. Rostlovchi organlar rostlash diapazoni va surish kuchiga ko'ra baholanadi. Rostlovchi organning sarf xarakteristikasi-bosim tushishi o'zgarmagan xolda, rostlanuvchi moddaning sarfi bilan zatvor surilishi orasidagi bog'lanishga muvofiq ifodalanadi. Rostlovchi organning nisbiy sarf xarakteristikasi to'g'ri chiziqli bo'lishi talab etiladi. Rostlovchi organning avtomatik tizimda ishlatish uchun tanlashda ish ob'ektlarining xarakteristikasi bilan rostlovchi organ xarakteristikasining o'zaro mosligiga katta e'tibor beriladi.

Релеларнинг асосий турлари

Реле – бу киришдаги (бошқарувчи) катталигининг раён ўзгариши билан чиқишдаги (бошқарилувчи) катталиги кескин ўзгарадиган электр апарати. Бунда иккала катталикдан биттаси албатта электр катталиги (параметри) бўлиши керак.



Релелар қуйидаги белгиларига кўра классификация қилинади:

1. Қерда қўлланишига кўра – автоматика схемаларида қўлланувчи релелар; энергетик тизимни химоя қилиш релелари; электр юритмаларни бошқариш ва химоя қилиш релелари.

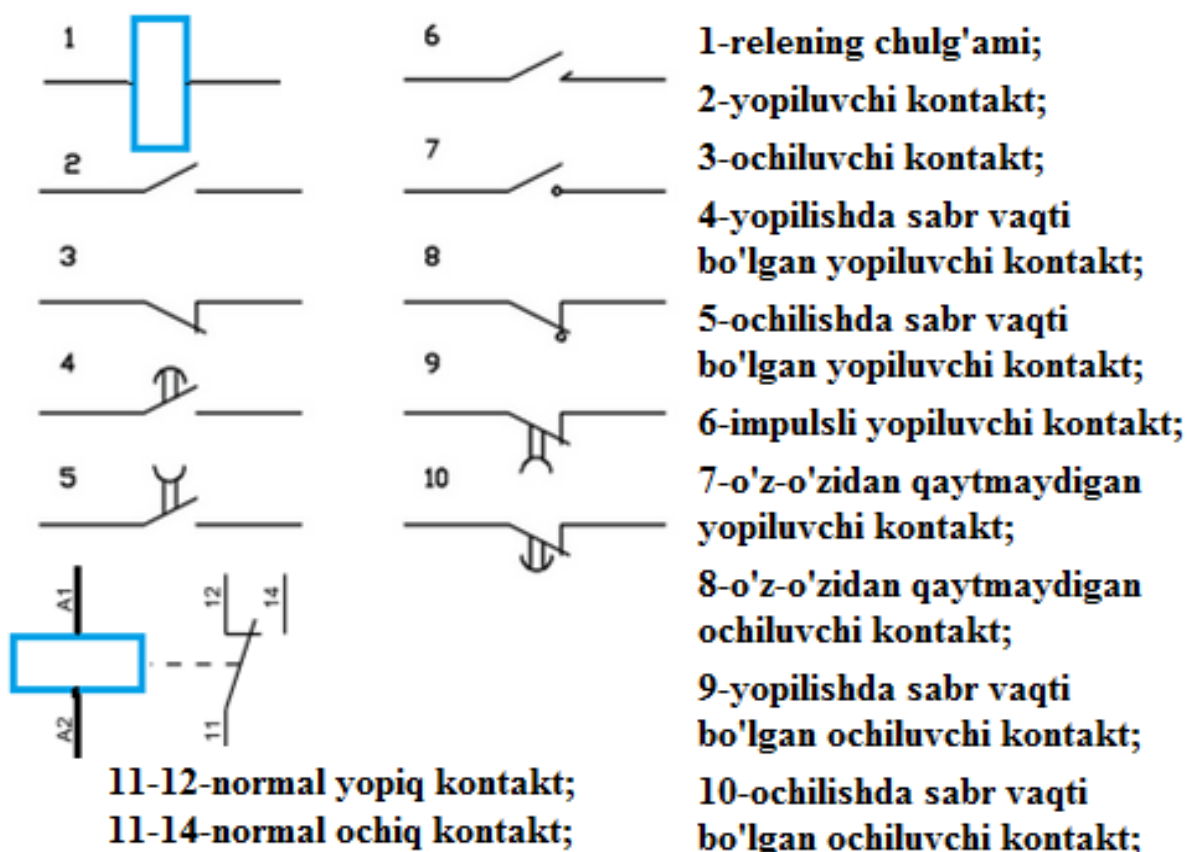
2. Ишлаш принцигига кўра – электромагнит релелар;

поляризацияланган (қутбланган) релелар; индукцион; магнитоэлектрик, ярим ўтказгичли ва бошқалар.

3. Реленинг киришидаги параметрига кўра – ток релеси; кучланиш; қувват; частота ва бошқа катталиклар (параметрлар) релелари.

4. Бошқарилаётган занжирга таъсир турига кўра - контактли релелар ва катаксиз релелар.

5. Уланиш усулига кўра – бирламчи (бевосита уланувчан) ва иккиламчи



5.1.2-Расм. Реленинг схемалардаги шартли белгилари

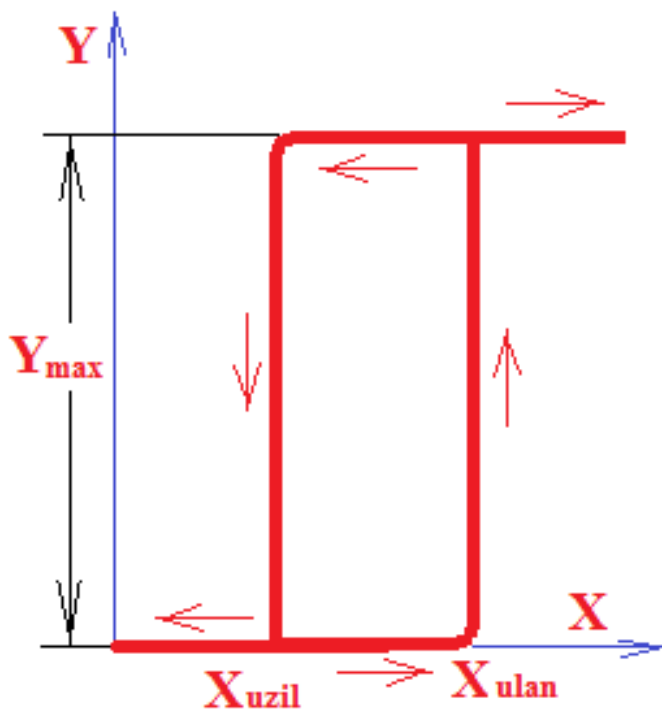
(ўлчов трансформаторлари орқали уланувчан) релелар.

Ўзак, ўзакка ўралган чулғам, қўзғалувчан якор ва контактлар электромагнит релеларнинг асосий элементлари ҳисобланади. (5.1.1-Расм) Чулғамдан электр токи ўтганда қўзғалувчан якор ўзакка тортилади ва нормал очик контактлар ёпилади, нормал ёпиқ контактлар эса очилади. Чулғамдан ток ўтиши тўхтаганда эса қўзғалувчан чкор дастлабки ҳолатига қайтади ва нормал очик контактлар очилади, нормал ёпиқ контактлар эса ёпилади.

Электр занжирларни схемаларида релелар ва уларнинг чулғамларини шатли белгилар билан белгиланади. Релеларнинг схемалардаги шартли белгилари 5.1.2-расмда келтирилган.

Реленинг чиқишидаги параметр (Y) билан унинг киришдаги параметр (X) билан $Y=F(X)$ боғланиш графиги реленинг асосий характеристикаси ҳисобланади.

Бу $Y=F(X)$ боғланишни уланувчи контактли реле мисолида кўриб чиқамиз. Ушбу релеларда киришда сигнал йўқлигида ижрочи механизмнинг контактлари очик (уланмаган) бўлиб, бошқарилаётган занжирдаги ток нолга тенг бўлади.



5.1.3-Расм. Реленинг асосий характеристикаси

бўлганда ($X_{узил}$ - қўйиб юбориш катталиги) реле ўз якорини қўйиб юборади (ижрочи механизми ўз ишини тўхтатади).

Чиқишдаги параметр Y ўзининг Y_{max} қийматидан Y_{min} қийматига кескин (сакраб) камайишини таъминловчи киришдаги таъсир этувчи сигнал миқдори *қўйиб юбориш катталиги* деб аталади.

Ишлаб кетиш ёки қўйиб юбориш катталигининг реле ростланган белгиланган қиймати *таъсир этувчи катталikka кўра ўрнатилган қиймат* деб аталади.

Ишлаб кетиш учун команда берилган вақтдан то чиқишдаги сигнал сакраб ўзгаргунча кетган вақт *улаш (уланиш) вақти* деб аталади.

$X_{улан}$ га нисбатан таъсир этувчи (кириш) сигнали қанча катта бўлса, реле шунча тез ва ишончли ишлашни таъминлайди. $X_{ишчи}/X_{улан}$ нисбати реленинг *заҳира (запас) коэффициенти* деб аталади.

Кўп релелар учун $X_{узил}/X_{улан}$ нисбати аҳамиятли ҳисобланади. Ушбу нисбат *қайтариш коэффициенти* (коэффициент возврата) деб аталади.

Занжирни узиш учун команда берилган вақтдан чиқиш сигналининг энг минимал қийматгача камайиши учун кетган вақт *узиш (узилиш) вақти* деб аталади. Контактли аппаратлар учун ушбу вақт иккита қўшилувчидан иборат бўлиб, улардан биттаси *қўйиб юбориш вақти* деб, иккинчиси эса *ёй вақти* деб юритилади.



5.2.4-Расм. PT-40 русумли ток релесининг умумий кўриниши

Энергетика тизимини химоя қилиш релеларига қуйидаги талаблар қўйилади, булар: *селективлик, ишлаб кетиш тезлиги, сезгирлик ва ишончлилик*.

Селективлик дегани, бу занжирнинг фақат авария ҳолатдаги бўлагини химоя қилишдир (манбадан узишдир).

Ишлаб кетиш тезлиги авария ҳолатининг олдини олади, авария ҳолатида ҳам энергетика тизимининг барқарорлигини ҳамда электр энергиясининг юқори сифатини таъминлайди.

Реле сезгирлигининг ошиши химояланмаганлик даражасини кескин камайтиради.

Ишончлилик эса оғир авария ҳолатининг олдини олади ва объектнинг

нормал ишлашини таъминлайди.

Электр юритмаларини ҳимоя қилиш релелари ва автоматик релелари қуйидаги специфик (махсус) талабларга жавоб беришлари керак. Мазкур релелар жуда оғир шароитларда ишлайдилар, яъни бошқа ускуналар билан туртиниш эҳтимоллиги, контактлар тебраниши, ишчи муҳит чанг ва бошқа қўшилмалар билан ифлосланган шароитлар ва шу кабилар. Замонавий электр юритмалари схемаларида соатига 1000-1200 улаб-узиш талаб қилиниши муносабати билан релелар юқори даражадаги механик ва электрик емирилишга бардошлиликка (яъни улаб-узиш миқдори $(1-10)10^6$ га) эга бўлишлари керак. Шунингдек мазкур гуруҳ релелари ишончли ишлашни таъминлашлари талаб қилинади.

Ток релелари токнинг қийматини ортиши билан ишга тушади ва уларни қуйидаги турлари мавжуд:

- бирламчи ток релелари, улар узгичларнинг юритмасига бевосита созланган бўлади;
- иккиламчи ток релелари, улар ток трансформаторлари орқали уланади, уларга электромагнит (РТ-40), индукцион (РТ-80), иссиқлик (ТРА), дифференциал (РНТ, ДЗТ), интеграл микросхемали (РСТ) ва филтр (РТФ), яъни тескари кетма-кетлик ток релелари киради.



5.2.5-Расм. Вилка-розетка кучланиш релеси

Ток релелари истеъмор қилинаётган токнинг қиймати руҳсат этилган қийматдан ортиб кетганда ҳимояланаётган занжирни тармоқдан узиб қўйиш учун мўлжалланган бўлиб, улар электр занжирларни ва электр энергия манбаларини ўта юклама ва қисқа туташув тоқларидан ҳимоя қилишда ишлатилади.

Реле ҳимоя қурилмаларида ток релеси энг кўп тарқалган бўлиб, улар занжирга кетма-кет уланади, уларнинг чулғамлари кесим юзаси нисбатан катта бўлган симлардан кам ўрамли қилиб тайёрланади. Шунинг учун ток релеларининг ички

қаршилиги жуда кичик бўлади.

Кучланиш релелари – бу бир корпусга йиғилган, кучланишни назорат қилувчи электрон қурилма ва юкламани узуб-уловчи релелар мажмуасидир. Уларнинг асосий параметрларидан бири уларнинг тезкорлигидир. Замонавий кучланиш релеларида ишлаб кетиш вақти бир неча ўн наносекундга тенг бўлади.

Кучланиш релелари қўлланиши ва уланишига қараб қуйидагиларга бўлинади:

- вилка-розетка кучланиш релеси;
- узайтиргич (удлинитель) кучланиш релеси;
- тақсимлаш кучланиш релеси;
- уч фазали кучланиш релеси.



5.2.6-Расм. Тақсимлаш кучланиш релеси

ортиқ розеткалар жойлашган бўлади. Бунда бир пайтнинг ўзида бир нечта истеъмолчиларни, масалан музлаткич, телевизор ва шунга ўхшаш маиший техникаларни ҳимоя қилиш имконияти туғилади.

Тақсимлаш кучланиш релелари (В-протестор 16-80А, ЗУБР Д340т) тақатиш шкафларига ўрнатиш учун мўлжалланган бўлиб, улар ҳам тузилиши ва иш принципи бўйича юқоридаги релелардан деярли фарқ қилмайди. Уларнинг асосий афзалликларидан бири улар ёрдамида бир нечта хонадонларни, хатто бутун бошли бир уйни ҳам бир вақтнинг ўзида ҳимоя қилиш мумкин бўлади.



5.2.8-Расм. Уч фазали кучланиш релеси

қилишда қўл келади.

Вилка-розетка кучланиш релелари (В-протестор 16АН, РН-101М) бевосита розеткаларга ўрнатилади ва улар маълум бир истеъмолчиларни кучланишнинг белгиланган қийматларидан ортиб ёки камайиб кетишидан ҳимоя қилади. Кучланиш релеси занжирдаги кучланишнинг таъсир этувчи (эффектив) қийматини ўлчаб, натижасини рақамли таблога чиқариб беручи микроконтролёр ёрдамида бошқарилади.

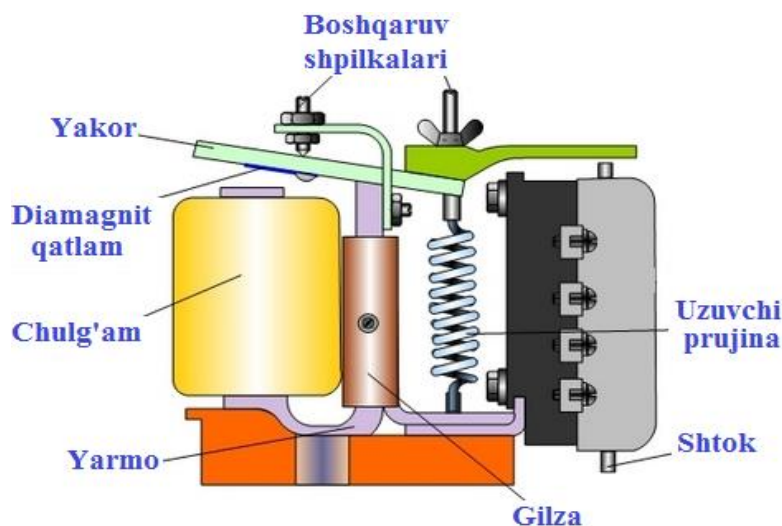
Юкламани узиб-улаш электромагнит релелар орқали амалга оширилади. Сабр вақти ва кучланишни руҳсат этилган қийматлари оралиғи тақарида жойлашган тугмача (кнопка)лар орқали амалга оширилади.

Узайтиргич (удлинитель) кучланиш релелари (РН-101М, ЗУБР П616й, В-протестор 10Асй) ҳам худди юқоридаги “Вилка-розетка кучланиш релелари”дан тузилиши ва иш принципи бўйича деярли фарқ қилмайди, фақат уларда икки ва ундан

Уч фазали кучланиш релелари кенг доирада ишлатилади, улар бир нечта мустақил ҳолатларда, масалан кучланиш релеси, максимал кучланиш релеси ва вақт релелари сифатида ишлатилади. Қуввати 8,5 кВА дан ошмаган юкламаларни бевосита кучланиш релесининг контактлари орқали узиб-улаш мумкин. Агар юкламанинг қуввати 8,5 кВА дан ортиқ бўлса, у ҳолда узиб-улашда тегишли қувватга эга бўлган магнит ишга туширгич, контактор ёки узгичлардан фойдаланилади.

Уч фазали кучланиш релелари одатда уч фазали двигателларни ва шунга ўхшаш уч фазали қурилмаларни ҳимоя қилишда ишлатилади. Улар кондинционер, музлаткич, компрессор қурилмалари ва шунга ўхшаш электр юритмаси мавжуд бўлган қурилмаларни ўтакучланишдан ва фаза йўқолишидан ҳимоя

Агар бино уч фазали кириш жойига эга бўлса, у ҳолда кучланишни сакрашидан ҳимоя қилиш мақсадида уч фазали кучланиш релесидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бунда агар битта фаза йўқолган тақдирда реле қолган иккита фазани ҳам ўчириб қўяди, шунинг учун бу тизимда бир фазали электр қурилмалар ҳам ишлатиладиган бўлса, у ҳолда бир фазали релелардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.



5.2.9-Расм. Электромагнит вақт релеси

(ток)ни 20-30% захира билан, яъни 25 А бўлса, 32 ёки 40 А ли қилиб танлаш мақсадга мувофиқ.

5.3. Вақт релелари

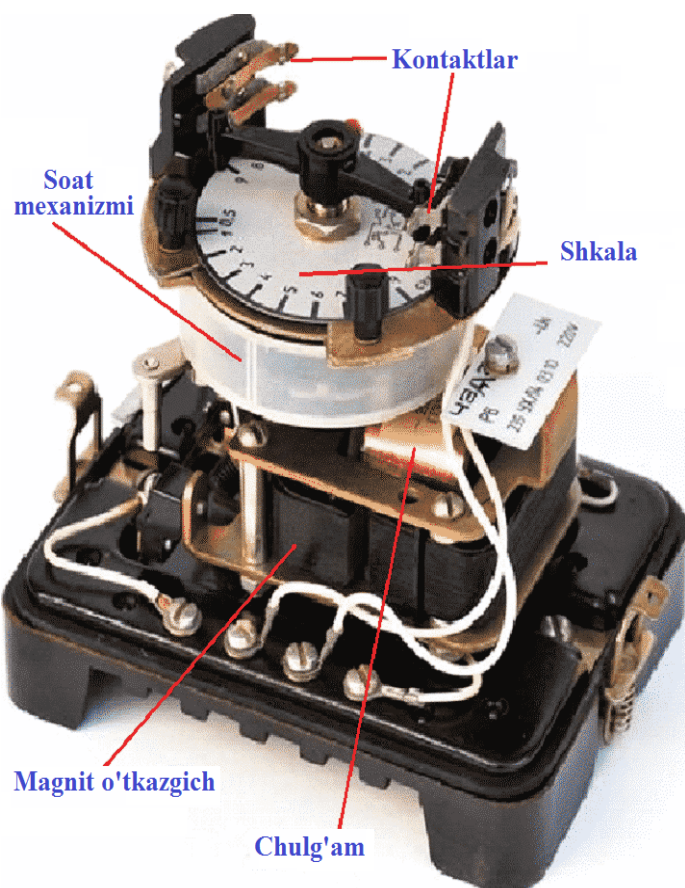
Ҳимоя қилиш ва автоматика схемаларида, кўп ҳолларда, икки ёки бир неча аппаратларни ишлатиб юборишда қандайдир кечиктириб улаш вақтини (сабр вақти) ҳосил қилиш талаб қилинади. Технологик жараёнларни автоматлаштиришда ҳам турли технологик операцияларни маълум кетма-кетликда амалга ошириш эътиёжи учраб туради. Айнан мана шундай сабр вақтини ҳосил қилиш учун *вақт релеси* деб аталадиган аппаратлардан фойдаланилади.

Вақт релеларига қуйидаги асосий талаблар қўйилади:

- манба кучланиши, частота, ташқи муҳит, ҳарорат ва бошқа факторларнинг ўзгаришидан қатъий назар, сабр вақтининг ўзгармай қолиши;
- истеъмол қуввати, масса ва ўлчамларининг кичик бўлиши;
- контакт тизимининг етарли қувватга эга бўлиши.

Бундан ташқари фаза кучланишларининг симметрияси бузилганда, яъни кучланишларнинг миқдори бир-биридан фарқ қилганда, масалан бир фазада 220 В бошқасида эса 230 В бўлса ҳам *уч фазали кучланиш релелари* ишга тушиб, истеъмолчиларни узиб қўяди.

Уч фазали кучланиш релеларини танлашда унинг номинал кучланишидан ташқари қуввати (токи)га ҳам қараб танланади, бунда қувват



5.2.10-Расм. Соат механизмли вақт релеси

Вақт релеси манбадан узилгандан сўнг ўзининг бошланғич ҳолатига келади. Ишлатилиш жойига қараб вақт релеларига қуйидаги махсус талаблар қўйилади:

- улаб-узиш миқдори 5-6 миллион мартага тенг бўлган юқори даражадаги механик емирилишга бардошлилик;
- сабр вақти 0,25-10 секунд бўлган вақт релелари учун ишлаш аниқлигига эга бўлиш, бунда ишлаб кетишдаги сабр вақтининг миқдори 10% дан ошмаслиги керак;
- релелар ишлаб чиқариш цехларидаги тебранишлар ва силкинишлар шароитида ишлашга мўлжалланган бўлишлари керак;
- энергетик тизимларни химоя қилиш релелари катта аниқлақдаги сабр вақтини таъминлашлари, катта

даражадаги емирилишга бардошли бўлишлари керак (бундай релеларнинг сабр вақти 0,1-2,0 с. ни ташкил этади);

- технологик жараёнларни автоматлаштириш учун катта қийматга эга бўлган сабр вақтини ҳосил қилиш талаб қилинади (бир неча минутдан то бир соатгача).

Вақт релелари сабр вақтини ҳосил қилишига қараб қуйидаги турларга бўлинади:

- электромагнит вақт релелари;
- пневматик вақт релелари;
- соат механизмли вақт релелари;
- моторли вақт релелари;
- электрон вақт релелари.

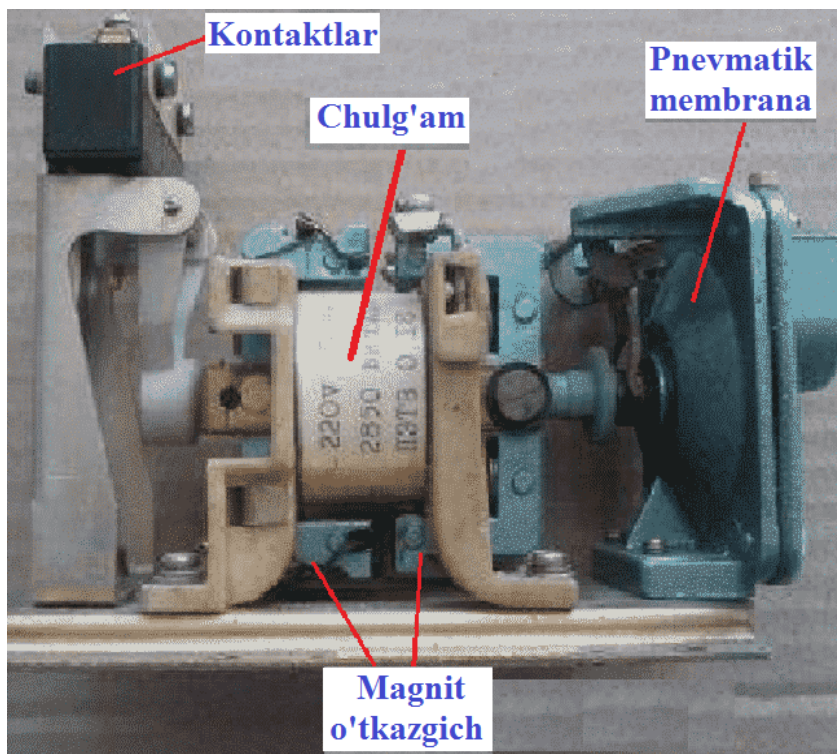
Электромагнит вақт релелари фақат ўзгармас ток занжирларида қўлланилади. Буларда реленинг асосий чулғамидан ташқари қўшимча қисқа туташтирилган чулғами мавжуд бўлади. Реленинг асосий чулғамидан ток ўтганда, ундаги магнит оқими қўшимча қисқа туташтирилган чулғамда ҳам ток ҳосил қилади, бу эса асосий чулғамдаги магнит оқимининг ортишига ҳалақит беради, бу релени ишга тушишини секинлаштиради. Реленинг асосий чулғамдаги ток узилганда қўшимча қисқа туташтирилган чулғамдаги магнит оқимининг таъсирида асосий чулғамдаги магнит оқими маълум бир вақт камаймасдан туради ва бу релени шунча вақт узилмаслигини таъминлайди.

Электромагнит вақт релеларининг ишга тушишдаги сабр вақти 0,07 дақиқадан 0,11 дақиқагача, узишдаги сабр вақти эса 0,5 дақиқадан 1,4 дақиқагача бўлади.

Пневматик вақт релелари сабр вақтини ҳосил қилувчи махсус пневматик қурилма билан жиҳозланган бўлади. Сабр вақтини сошлаш пневматик қурилманинг ҳаво тешикчаси кесим юзасини ўзгартириш орқали амалга оширилади.

Пневматик вақт релеларининг сабр вақти 0,4 дақиқадан 180 дақиқагача бўлади, бунда ҳатолик 10% гача бўлиши мумкин.

Соат механизмли вақт релеларида сабр вақти електромагнит тасирида ишга тушувчи пружинали соат механизми орқали ҳосил қилинади. Реленинг



контактлари соат механизми шкалада кўрсатилган вақтни санаб ўтказгандан кейингина ишга тушади. Бу турдаги вақт релелари катта қувват (1000 А гача)ли кучланиши 0,4-10 кВ бўлган автоматик узгичларда ишлатилади.

Соат механизми, магнит ўтказгич, кесим юзаси кичик бўлган симдан кўп ўрамли қилиб тайёрланган чулғам ва контактлар бу турдаги вақт релеларининг асосий қисмлари ҳисобланади.

Соат механизмли вақт релеларининг сабр вақти 0,1 дақиқадан 20 дақиқагача бўлади, бунда

5.2.9-Расм. Пневматик вақт релеси

ҳатолик 10% гача бўлиши мумкин.

Синов саволлари

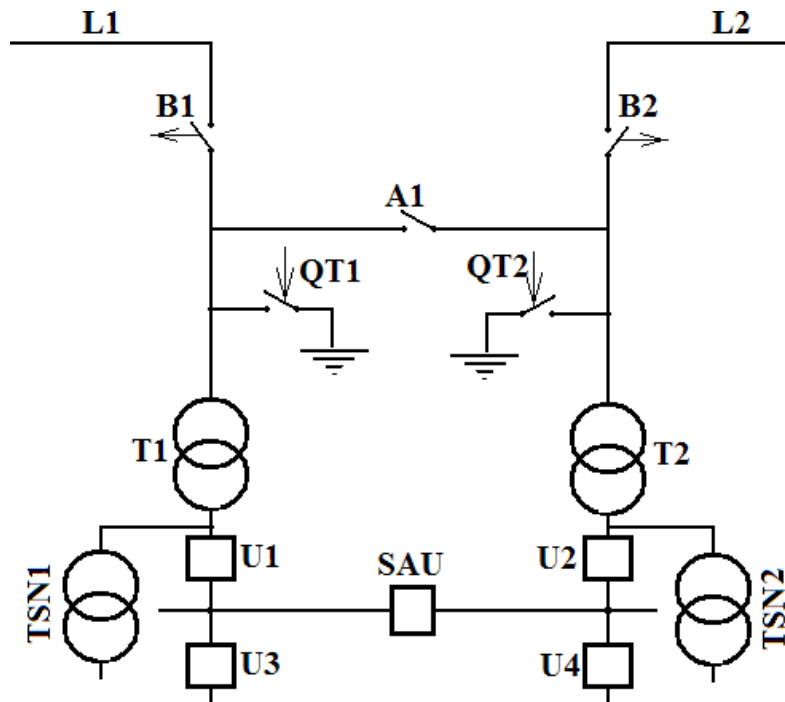
1. Технологик жараёнларни автоматик бошқаришдан мақсад нима?
2. Автоматлаштириш турларига тушунча беринг.
3. Автоматик ростлаш тизимини вазифасини айтинг?
4. АРТ ни функционал схемасини тушунтиринг.
5. АРТ даги элементлар қандай гуруҳларга булинади?
6. Стандарт ростлаш қонунларини ёзинг ва тушунтириб беринг?
7. Ижрочи элементларни вазифаси нима?
8. Электр юритмали ижрочи элементларни тузилишини айтинг?
9. Электромагнитли ижрочи механизмларни қандай турларини биласиз?
10. Ростловчи органни вазифаси нима?

11-Mavzu. Taqsimlash tarmoqlarida avtomatik rostlash qurilmalari

1. Transformatorlar ish rejimini avtomatik boshqarish.
2. Transformatorlar kuchlanishini avtomatik rostlash.
3. Reaktiv quvvatni avtomatik rostlash.

Transformatorlar ish rejimini avtomatik boshqarish

Podstantsiyalarni avtomatlashtirish iste'molchilarning sifatli elektr energiya bilan ta'minlashni, avariya va shunga o'xshash buzilishlar bo'lganda shaxsiy tarkibning ishtirokisiz, bu buzilishlarni bartaraf qilishni ta'minlashi kerak.



5.1-Rasm. Ikki transformatorli podstantsiyaning sxemasi

Podstantsiyalarda avtomatik qurilmalarning quyidagi turlari qo'llaniladi:

- Sifatli elektr energiyasi bilan ta'minlovchi-normal rejim avtomatikasi (podstantsiyadagi kuchlanishni rostlash, parallel ishlayotgan transformatorlarni birortasini uzish yoki ulash);
- Elektr qurilmalarini uzib yoki ulab qo'yuvchi-avariya avtomatikasi (AQU, ZAU, CHAYu va hokazolar);
- Podstantsiyadagi ba'zi bir qurilmalarni boshqarish va nazorat qilishni ta'minlovchi-texnologik avtomatika (havo bosimini normal ushlab turish uchun kompressorlarni uzib-ulash avtomatikasi, akkumulyator batareyasidagi kuchlanishni sozlash avtomatikasi).

5.1-rasmda ikki transformatorli podstantsiyaning sxemasi keltirilgan. Sxemada A1, A2-ajratkichlar, B1, B2-bo'laklagichlar, T1 va T2-kuch transformatorlari, L1 va L2-elektr uzatish liniyalari, TSN1 va TSN2-podstantsiyaning energiya bilan ta'minlash transformatorlari, KT1 va KT2-qisqa tutashtirgichlar, U1, U2, U3 va U4-sektsiya uzgichlari, SAU-sektsiyalararo uzgich.

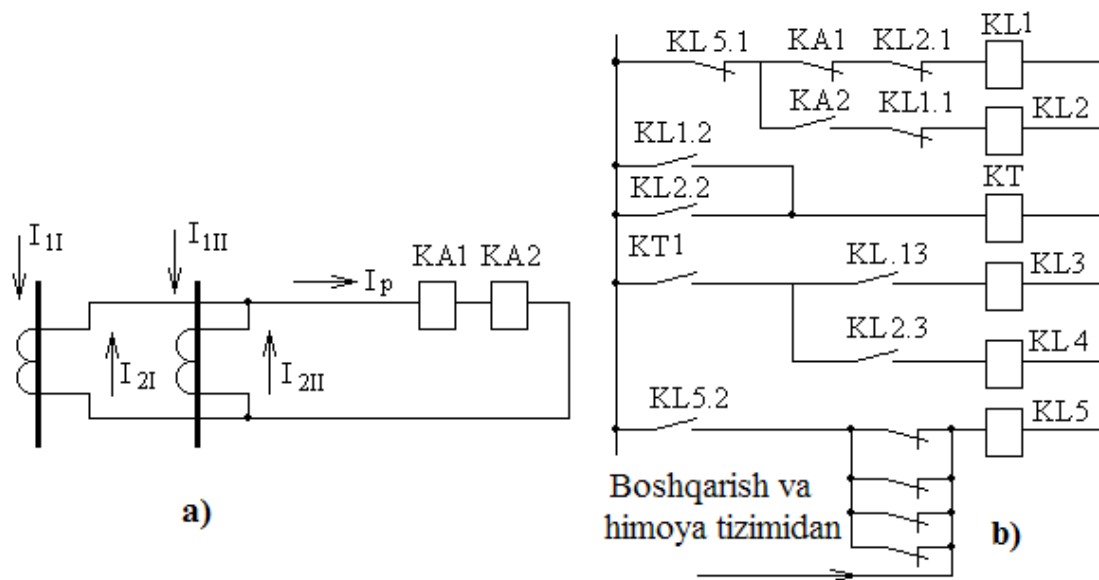
Normal xolatda har bir transformator (T1 va T2) bo'laklagichlar (B1 va B2) orqali liniyalar (L1 va L2) dan elektr energiya olib turadi. Sektsiya uzgichlari U1 va U2 normal uzilgan xolatda bo'ladi.

Tarmoq liniyalaridan birortasi avariya tufayli uzilsa yoki past kuchlanishli shinalarida qisqa tutashuv sodir bo'lganda (bu avariyalarni bartaraf qilishda) quyidagi avtomatika qurilmalarini ishlatish ko'zda tutilgan:

- Manba liniyalaridan birida yoki past kuchlanish shinalarida buzilish bo'lgan vaqtda B1 yoki B2 sektsiya uzgichi uzilsa transformatorni AQU amalga oshiriladi;
- Ichki buzilish tufayli T1 yoki T2 transformator ximoya qurilmalari tomonidan uzilgan paytda sektsiya uzgichi U3 ni ZAU qurilmasi tomonidan ulab qo'yiladi;
- Biror liniya (L1 yoki L2) butunlay ishdan chiqqan paytda, shu liniyaga ulangan transformatorni boshqa bir liniyaga avtomatik ulash amalga oshiriladi. (Masalan, L1 ishdan chiqsa B1 uziladi va T1 A1 ajratkich orqali L2 liniyaga ulanadi).

Parallel ishlayotgan transformatorlarni yuklamasi (iste'molchi iste'mol qilayotgan quvvat) foydalanishda o'zgarmas bo'lib turmaydi. Yuklama kamayganda ulardan birortasini uzish, yuklama tiklanganda esa yana ulash lozim, bunda transformatorlarda elektr energiya isrofi minimal bo'ladi.

Transformatorlarni avtomatik ulash va uzish sxemasida (5.2-rasm) minimal tok rele (KA1) va maksimal tok rele (KA2) ketma-ket ulangan, ular parallel ishlayotgan transformatorlarning toklar yig'indisiga ulangan ($I_r = I_{21} + I_{211}$). Transformatorlar to'la yuklanishda bo'lganda ikkala releni tegishli kontaktlari (KA1 va KA2) ochiq bo'ladi. Yuklama pasayganda ($I = (0,6 \div 0,8) I_{t.n}$) KA1 rele ishga tushadi va uni KL1 oraliq rele



5.2-rasm. Transformatorlarni avtomatik ulash va uzish sxemasi

chulg'ami zanjiridagi KA1 kontakti yopiladi (3.2 b-rasm). U rele ishga tushib KL1.1 kontakti KL rele chulg'ami zanjirini ajratadi, vaqt rele (KT) KL1.2 kontakt orqali harakatga kelib, KL1.3 kontakt bilan transformatorlardan birini uzgichini uzishga zanjirni tayyorlaydi. Kechikish vaqti tugagandan so'ng vaqt relesini KT.1 kontakti ulanadi va KL3 ishga tushib transformatorni uzadi.

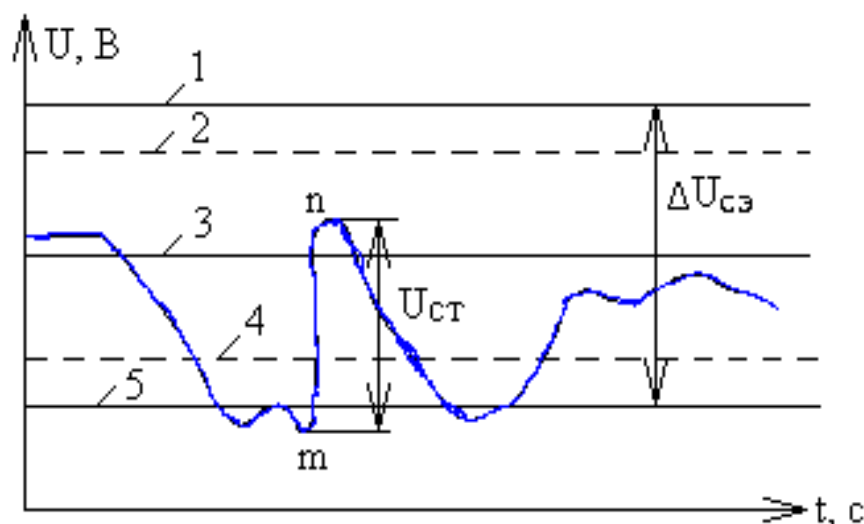
Transformatorlar kuchlanishini avtomatik rostlas

ergiya iste'molchilari aniq bir nominal kuchlanishda

Hozirgi vaqtda podstantsiya transformatorlar kuchlanishni yuklama ostida

- roslash pog'onasi, $U_n=1,25-2,5\%$;

Grafikda 3 chiziq rostlagich ustavkasi, 5 va 1 sezmaydigan zonalar chegarasi



5.3-rasm. Kuchlanishni rostlash jarayoni

(ΔU_{sz}) rostlagich harakatga kelishi zarur bo'lgan kuchlanish qiymati bilan aniqlanadi. Grafikdan ko'rinadiki, talab etilayotgan kuchlanish qiymati $\pm \Delta U_{sz}/2$ aniqlikda rostlanadi. 3.3-rasmda qaytarish kuchlanishi 2,4 shtrix chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Qayta ulanish-agarda kuchlanishni chetlashish vaqti rostlagichni kechikish vaqti (t_1) va yuritma mexanizmini ta'sir vaqti (t_2) yig'indisidan katta bo'lsa sodir bo'ladi. Bunda kuchlanish grafigi m nuqtadan n nuqtaga sakrash bilan o'zgaradi, ya'ni kuchlanish rostlash pog'onasi qiymati (U_n) miqdoriga o'zgaradi. Energotizimda ishlatiladigan transformatorlar kuchlanishini avtomatik rostlash qurilmasini funktsional sxemasi 5.4-rasmda ko'rsatilgan. Funktsional sxema o'lchash (O'), mantiqiy (M) va bajaruvchi (B) qismlardan iborat.

O'lchash qismidagi EVR qurilmasi rostlagichni statik xarakteristikasini ta'minlaydi. Bu qurilma yuklanish toki qanday qiymatga ega bo'lishidan qat'iy nazar kuchlanishni belgilangan qiymatda bo'lishini ta'minlaydi. Kuchlanishni o'lchash organi (KO'O) kuchlanishni solishtirish elementi (SE) va A1, A2 kuchaytirgichlardan iborat. Solishtirish elementi chiqishdagi kuchlanishni belgilangan kuchlanish bilan solishtiradi va solishtirish farqini ishorasiga ($\pm \Delta U$) asosan uni tegishli releli kuchaytirgichga tavsiya etadi. KO'O ni minimal yoki maksimal kuchlanish relesi, ikki mutloq elektrik qiymatni solishtiruvchi diod sxema asosida yig'iladi.

Mantiqiy qism vaqtini kutish elementi «EV», «YoKI», «VA» elementlaridan iborat. Kechikish vaqtini yuzaga keltirish rostlagichni qisqa vaqtli kuchlanish o'zgarishida ishlab ketmasligini ta'minlash uchun zarur.

Bajaruvchi qism KL1 va KL2 oraliq relalardan iborat bo'lib, kuchlanish oshib ketganda KL2 rele, kamayib ketganda esa KL1 rele ishga tushadi. Elektr energetikaci tizimida ishlatiladigan eng ishonchli rostlagichlardan biri ART-1N tipli rostlagichdir. U podstantsiyalarda kuchlanishni uzluksiz ravishda rostlaydi va unda kuchlanishni ustavka qilish imkoniyati mavjud. ART-1N rostlagich bilan parallel ulangan transformatorni guruxli rostlash va xususiy sxema elementlarini to'g'ri ishlashini nazorat qilish mumkin.

Reaktiv quvvatni avtomatik rostlash

Elektr stantsiyalarda sinxron generatorlar me'yoriy yuklamada yuqori quvvat koeffitsienti (sos φ) bilan ishlaydi, ya'ni nisbatan katta bo'lmagan reaktiv quvvat ishlab chiqaradi, uni iste'moli esa elektr stantsiyalarni parallel ishlashdagi statik turg'unligi bilan chegaralangan.

Hozirgi zamon yuqori va o'ta yuqori elektr uzatish liniyalaridagi uzatilayotgan aktiv quvvat (R) me'yordan (R_m) kichik bo'lganda katta quvvatli boshqarilmaydigan generator hisoblanadi. Reaktiv quvvat generatorlari-sinxron kompensatorlar esa uni iste'molchisidir. Hozirda tiristorli qurilmalar bilan uzuliksiz boshqariladigan reaktorli va reaktor-kondensatorli reaktiv quvvat statik kompensatorlari (SK) yaratilgan. Ular elektrstantsiya shinalariga va elektr uzatish magistral liniyalariga ulanadi.

Boshqariladigan reaktiv quvvat qurilmalari (manbalari) ya'ni, sinxron va statik kompensatorlar quyidagilarni ta'minlaydi:

- Kuchlanish va reaktiv quvvat bo'yicha elektr uzatishda talab etiladigan ish rejimlari;
- Uzatilayotgan aktiv quvvatni yuqori chegaradagi statik va dinamik turg'unligi;
- Elektr uzatishni to'la fazali bo'lmagan ish rejimida ham kuchlanish va tokni simmetrikligi;
- Liniyalarda (kommutatsiya) o'ta kuchlanishni oldini olish.

Elektr stantsiyalar va taqsimlash podstantsiyalaridagi alohida kuch transformatorlari va avtotransformatorlar yuklama ostida kuchlanishni rostlovchi-transformatsiyalash koeffitsientini o'zgartiruvchi qurilmalar bilan jixozlanadi. Bunday qurilmalarga elektroenergetika ob'ektlari reaktiv quvvatini rostlovchi va transformatsiyalash koeffitsientini boshqaruvchi rostlagichlar kiradi. Ular yordamida reaktiv quvvat oqimi va shinalardagi kuchlanishlarni me'yoriy darajada bo'lishi ta'minlanadi.

Sinxron kompensatorlar-an'anaviy reaktiv quvvat generatori xisoblanadi va elektr energetikasi tizimida keng qo'llaniladi. Sinxron kompensatorni ish rejimi, ya'ni reaktiv quvvatni uzatishi yoki iste'mol qilishi uni qo'zg'atishga asoslangan.

Sinxron kompensator nominal tokda qo'zg'atilganda reaktiv quvvat beradi, qo'zg'atish toki bo'lmaganda esa reaktiv quvvat iste'mol qiladi.

Qo'zg'atish toki sinxron kompensatorning qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmalari bilan boshqariladi. Sinxron kompensatorlarni elektr mashinali qo'zg'atish qurilmali modifikatsiyasi (asosan tiristorli chetkasiz qo'zg'atishli) amalda keng qo'llaniladi.

Reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash, ya'ni quvvat koeffitsientini oshirish ishlab chiqarishda kondensator batareyalari (KB) yordamida ham amalga oshiriladi. Ishlab chiqarishda reaktiv quvvatga bo'lgan talab kun davomida o'zgarib turadi, shuning uchun reaktiv quvvatni avtomatik ravishda rostlab turilmasa kuchlanishni kamayib yoki ortib ketishiga, natijada ba'zi qurilmalarni ishdan chiqishiga olib keladi.

Kuchlanishga bog'liq xolda KB quvvatini avtomatik rostlash maksimal va minimal kuchlanish relelari yordamida amalga oshiriladi. Yuklamani kamayishi kuchlanishni oshishiga olib keladi, natijada maksimal kuchlanish relesi KB ni bir qismini uzib qo'yadi. Kuchlanish kamayganda esa minimal kuchlanish relesi KB ni yana ulab qo'yadi. Qisqa vaqt davomida sodir bo'ladigan kuchlanishni o'zgarishini

(yolg'on signallar) sezmaslik uchun KB ni boshqarishda vaqt relelaridan foydalaniladi.

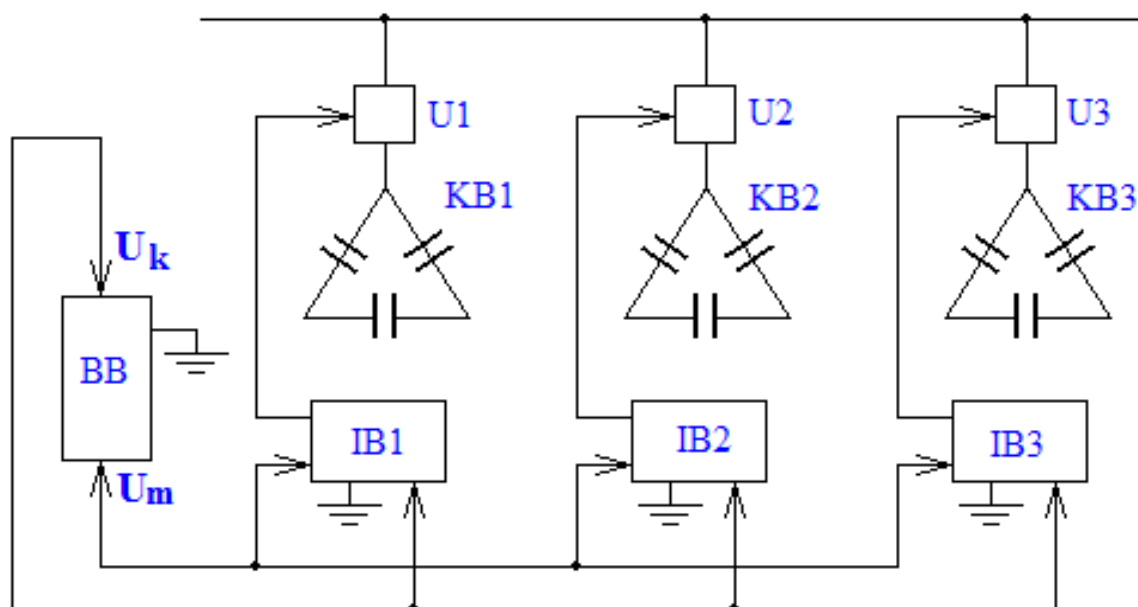
5.5-rasmda reaktiv kuvvatni avtomatik kompensatsiyalashni blok sxemasi keltirilgan.

Bu qurilma o'zgaruvchan tok zanjirlarida KB quvvatini ko'p pog'onali boshqarishga asoslangan. Ko'p pog'onali boshqarish bir pog'onali boshqarishga nisbatan sezgir hisoblanadi.

Bu qurilma buyuruvchi (BB) va ijro bloklari (IB) dan tuzilgan. Buyuruvchi (BB) blokiga manba (U_m) va kirish (U_k) kuchlanishi beriladi. BB da hosil qilingan ta'sir signali $\pm \Delta U = (U_m - U_k)$ ijro bloki (IB) ga beriladi. Ijro bloki kondensatorlarni ma'lum bir qismini uzadi yoki ulaydi.

Ma'lumki, reaktiv quvvatning asosiy iste'molchilari asinxron dvigatellar (60%), kuch transformatorlari (20%), induksion pechlar va to'g'rilagichlardir (20%).

Kuchlanishi 1000 V gacha bulgan KB larning o'rnatish joylari quyidagicha



3.5-rasm. Reaktiv kuvvatni ko'p pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi.

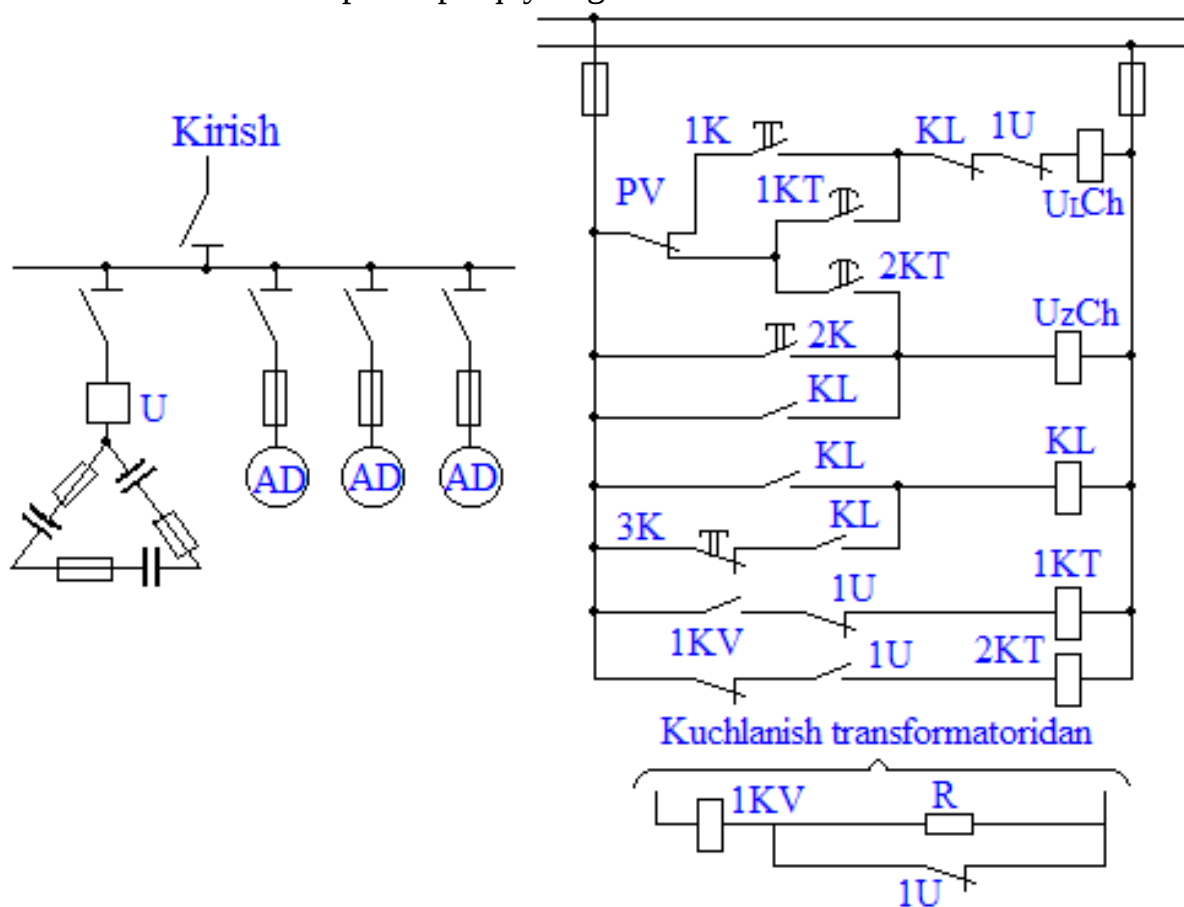
tanlanadi:

- Markazlashtirilgan o'rnini qoplashda KB tsex transformatori (TP) yonida o'rnatiladi va uni 0,4 kV li taqsimlash qurilmasi (TQ) ga ulanadi;
- Guruh uchun o'rnini qoplashda KB guruh tarqatish qurilmasi yoki shina yoniga o'rnatiladi va ularga ulanadi;
- Individual o'rnini qoplashda KB asinxron dvigatelga (iste'molchi) yaqin joylashtirilib, uning stator chulg'amiga ulanadi.

Reaktiv quvvatni rostlash vaqt, tok yoki kuchlanish bo'yicha amalga oshiriladi. Vaqt va tok printsiplarida to'la (S) va reaktiv quvvatni (Q) sutkalik grafiklaridan foydalaniladi. Kuchlanish printsiplida esa maksimal va minimal kuchlanish relesi signali bo'yicha rostlash amalga oshiriladi.

5.6-rasmda reaktiv quvvatni bir pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi ko'rsatilgan.

Sxemani ishlash printsipti quyidagicha: Kuchlanish 1 KV minimal kuchlanish

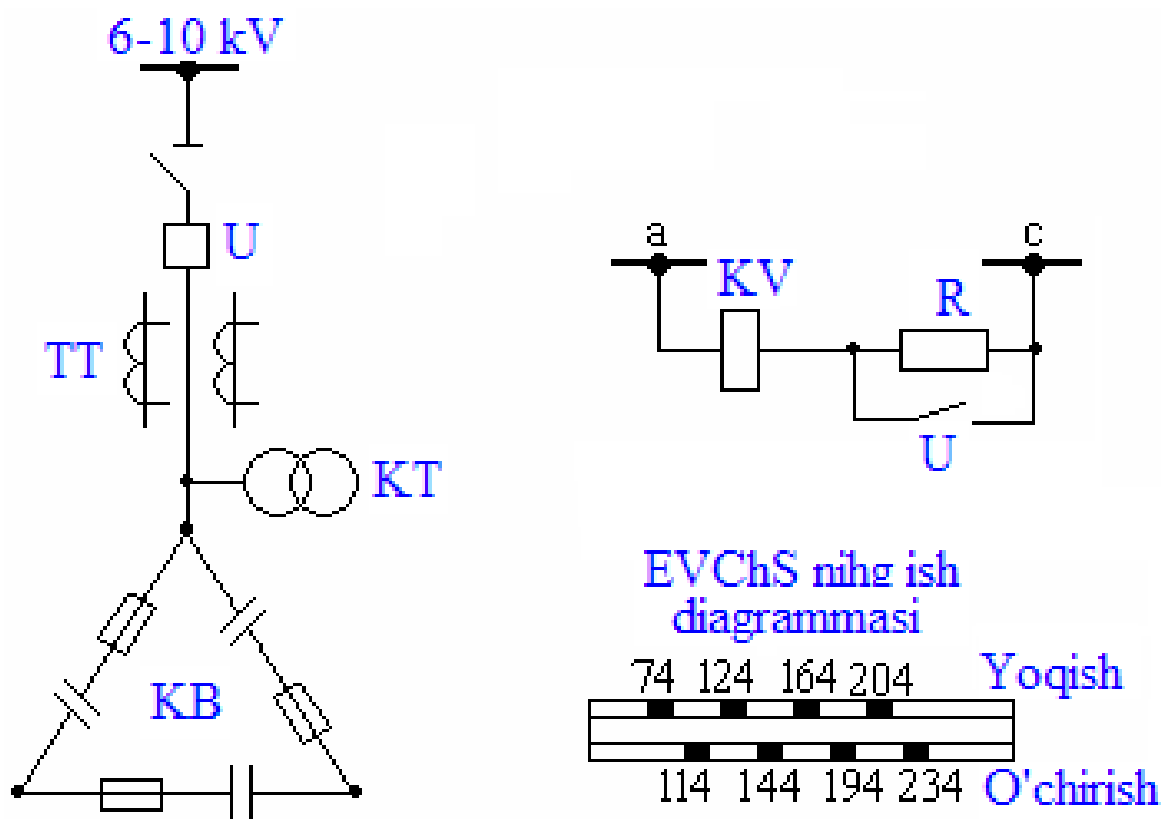


5.6-rasm. Reaktiv quvvatni bir pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi.

relesi yordamida nazorat qilinadi. Tarmoqda kuchlanish pasayganda bu rele vaqt relasi 1 KT zanjiridagi o'zini kontaktini ulaydi, u ma'lum kechikish vaqtidan so'ng ulanish chulg'ami (ULCh) zanjirini tutashtiradi, natijada uzgich U kondensator batareyasini ulaydi. Kuchlanish belgilangan qiymatdan oshib ketganda 2 KV releni 2 KT vaqt relasi zanjiridagi kontakti ulanadi, u ma'lum kechikish vaqtidan so'ng o'zish chulg'ami (UzCh) zanjirini ulaydi, uzgich U kondensator batareyasini uzadi. 1 KT va 2 KT vaqt relolari qisqa muddatli kuchlanishni o'zgarishi yuz berganda uzgichni ishlamasligini ta'minlaydi. Kondensator batareyalarini ximoyasi oraliq relasi (KL) orqali amalga oshiriladi.

5.7-rasmda KB quvvatini kuchlanish bo'yicha korrektsiyalab, sutka vaqti bo'yicha bir pog'onada avtomatik rostlashni kombinatsiyalangan sxemasi keltirilgan.

Bu sxemada sutkani berilgan vaqtida EVCHS soat ta'sirida KB ulangandan keyin tarmoqdagi kuchlanish yuqori bo'lsa, minimal kuchlanish releli KV o'zining ulanuvchi



5.7-rasm. Reaktiv quvvatni avtomatik rostlashni kombinatsiyalangan sxemasi

kontakti bilan KB ni yana o'chiradi, tarmoqni bu bo'limida kuchlanish pasaygan bo'lsa, KV releli o'zining uzuvchi kontakti bilan KB ni ulaydi, bunda EVCHS soat bo'yicha berilgan vaqtni kutmaydi. SHunday qilib EVCHS soatlari sutka vaqti bo'yicha belgilangan dasturga binoan KB ni ulaydi va o'chiradi, KV releli esa sutkani usha vaqtlarida tarmoq kuchlanishiga bog'liq xolda EVCHS ishiga tuzatishlar kiritadi. Bunday rostlash natijasida tarmoqdagi kuchlanishni U_{nom} qiymati me'yorlangan $\pm 5\%$ -dan chiqmaydi. KV rele zanjirlariga sxemani aniqroq sozlash uchun zarur bo'ladigan qo'shimcha qarshilik R ulanadi. Kuchlanish bo'yicha rostlash sxemasi kuchlanishni turtki yuklamalar vujudga keltiradigan qisqa vaqtli tebranishlardan ishlamaydigan qilib sozlanishi kerak.

Hozirgi vaqtda tiristorli o'chirgichlar xizmat qiladigan avtomatik kondensator qurilmalari amalda keng qo'llaniladi.

KB (seriyalari UK-0,38-220 - UK-0,38-540) quvvatini ko'p pog'onali kombinatsiyalangan avtomatik rostlash uchun ARKON turdagi rostlagichlar qo'llaniladi, ularni 6-10 kV tarmoqlarda ham ishlatish mumkin.

Sinov savollari

1. Taqsimlash tarmoqlarida avtomatik rostlash qurilmalarini qanday turlarini bilasiz?
2. Transformatorlar ish rejimini avtomatik boshqarishdan maqsad nima?
3. Kuchlanishni avtomatik rostlash tizimini asosiy parametrlarini ayting.
4. Kuchlanishni avtomatik rostlash qurilmasini funktsional sxemasi qanday elementlardan tuzilgan?
5. Reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalashdan maqsad nima.
6. Sinxron kompensatorlar va statik kondensatorlarga tushuncha bering.
7. Reaktiv quvvatni asosiy iste'molchilari qanday qurilmalar.
8. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalarni o'rnatilish joylariga tushuncha bering.
9. ZAU qurilmalariga qo'yiladigan asosiy talablarni ayting?
10. Sektsiyali ZAU sxemasini tushuntiring?
11. ZAU ning sektsiya kontaktorlarida tuzilgan sxemasi qanday qurilmalarda qo'llaniladi?
12. AQU ni qo'llashdan maqsad nima?
13. O'zgaruvchan operativ tokda ishlaydigan AQU larni qanday turlarini bilasiz?
14. Bir martali qayta ulash qanday ta'minlanadi?
15. CHAYu ni qo'llashdan maqsad nima?
16. CHAYu qurilmasiga qo'yiladigan asosiy talablarni ayting?
17. CHastotani nominal qiymatdan pasayib ketishi qanday oqibatlarga olib keladi?
18. CHastotani mutloq qiymati bo'yicha avtomatik yuksizlantirishga tushuncha bering?

1.2. Amaliy mashg'ulotlar

O'zgarmas tok zanjirlarini xisoblash bO'yicha nazariy ma'lumotlar

Elektr zanjiri deb manbalar va ularga ulangan iste'molchilarning yigindisiga aylanadi, bu zanjirdan ma'lum tok oqib utadi. Elektr zanjirlaridagi elektromagnitaviy jarayonlar tok, kuchlanish, elektr yurituvchi kuch (EYuK) qarshilik (O'tkazuvchanlik), induktivlik, sigim kabi tushunchalar orqali ifodalanadi. Zanjirlardagi tok ikki xil O'zgaruvchan yoki O'zgarmas bO'lishi mumkin. Shuningdek nosinusoidal tok deb ataluvchi elektr toklari ham mavjud bO'lib bunday zanjirlarni keyinroq kO'ramiz.

Vaqt davomida son qiymati va yO'nalishi O'zgarmaydigan tok- O'zgarmas tok deb ataladi. Ya'ni bunda zaryad tashuvchilar (elektronlar) bir tomonga xarakatlanadi. O'zgarmas elektr tokida tok kuchi, kuchlanish, EYUK va qarshilik kabi parametrlar O'zaro bog'langan bO'ladi, shu bog'lanishni urganish elektr zanjirlarida muxim rol

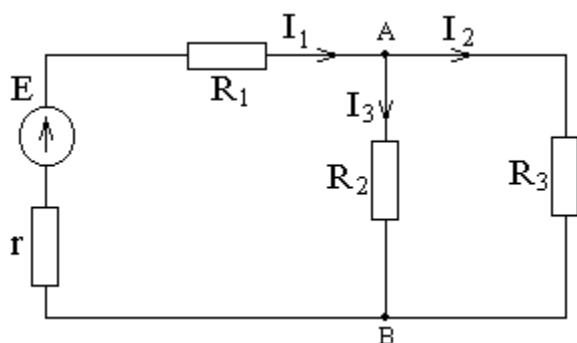
O'ynaydi. Xalqaro birliklar sistemasida (SI) tok kuchi- Amper (A), kuchlanish- Volt (V), qarshilik- Om va O'tkazuvchanlik- simens (Sm) deb qabul qilingan. Bu birliklar orasida tok kuchi va kuchlanishni bog'lanishi muxim xususiyatga ega va buni voltamper xarakteristika deb ataladi. Agar elektr zanjiri, yoki elementning voltamper xarakteristikasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa bu zanjir yoki element chiziqli deb ataladi.

Masalan aktiv qarshilik $R = \rho \frac{\ell}{S}$, bu yerda (ρ -solishtirma qarshilik, L -uzunlik, S -simning kesim yuzasi.

Om qonunga ko'ra bu qarshilikdan O'tayotgan tok kuchi $I = \frac{U}{R}$, yoki $J = g \cdot U$ (g - O'tkazuvchanlik) bo'lgani uchun aktiv qarshilik chiziqli element bo'lib, aktiv qarshiliklardan tuzilgan zanjir ham chiziqli elektr zanjiri bo'ladi. Agar elementning voltamper xarakteristikasi egri chiziqdan iborat bo'lsa (masalan diod, termorezistor va xakoza) bunday element nochiziqli element, bunday elementli elektr zanjiri nochiziqli zanjir deb ataladi.

Elektr zanjirlarini hisoblashda tugun va kontur tushunchalari ko'p ishlatiladi. Kontur halqa so'ziga mos bo'lib elektr zanjirida tokning yopiq halqa hosil qilgan yulini bildiradi. Tugun esa elektr zanjirlarida tarmoqlanish nuqtalarini bildiradi, boshqacha aytganda uch va undan ortiq simlarning O'zaro tutashgan joyi tugun deb ataladi. Konturda ikki tugunning oraligi tarmoq deb yuritiladi va tarmoqda elementlar ketma-ket joylashgan bo'ladi.

Rasm-1.1 da keltirilgan tarmoqlangan zanjirda A va V nuqtalar tugunlar deyiladi. Zanjirda 3 ta kontur mavjud $E R_1 R_2$ -chap kontur, $R_2 A R_3 B$ undagi va $E R_1 A R_3 B$ r tashqi kontur, tarmoqlar esa uchta bo'lib A, B tugunlarga nisbatan olinadi. 1-tarmoqda E, r, R_1 elementlar mavjud 2-tarmoqda R_2 , 3-tarmoqda R_3 qarshiliklar mavjud.



Rasm-1.1

Zanjirni biror qismidagi kuchlanishni topish uchun shu qism uchlaridagi potensiallar ayirmasi hisoblanadi, masalan 2.2-rasmda R_2 qarshilikdagi U_2 kuchlanish A va B tugunlar orasidagi potensiallar ayirmasiga teng, $U_{AV} = \phi_A - \phi_B$ yoki Om qonuniga ko'ra R_2 qarshilikdagi kuchlanish $U_2 = \phi_A - \phi_B = I_2 \cdot R_2$

Tarmoqda iste'molchidan tashqari EYuK manbasi ham bo'lishi mumkin, bunda potensiallar farqini hisoblashda EYuK ni yo'nalishi va tarmoqdagi tok yo'nalishini bilish kerak. Potensial doimo tok yo'nalishi bo'yicha kamayib boradi, agar EYuK tok yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa EYuK manfiy ishora bilan, aksincha bo'lsa musbat ishora bilan olinadi. Masalan: 1.1-rasmda A va B tugunlar orasidagi potensiallar farqini $E R_1$ tarmoq bo'yicha hisoblash mumkin, ya'ni:

$$U_{AV} = \phi_A - \phi_B = Ir + IR_1 - E.$$

Bunda tok yo'nalishi konturda soat strelkasi yo'nalishida deb hisobladik.

Elektr zanjirida asosiy elektr kattaliklar tok kuchi, kuchlanish, qarshilik (O'tkazuvchanlik) kabi parametrlar Om va Kirxgof qonunlari orqali O'zaro bog'langan.

Zanjirdagi (Rasm-1.1) dagi R_1 dan O'tayotgan tok kuchi A va V tugunlar orasidagi kuchlanishga to'g'ri proporsional va R_2 ga teskari proporsional, ya'ni: $I = \frac{U_{AB}}{R_2}$

Bu munosabat zanjirni bir qismi uchun Om qonunini ifodalaydi, chunki u zanjirning biror bir qismidagi tokni aniqlaydi va bunda shu qismlar qarshiligi katnashadi. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash koidalariga ko'ra R_2 va R_3 qarshiliklar O'zaro parallel ulangan bo'lib, ularning birgalikdagi qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \text{ yoki } R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Zanjirda R_1 qarshilik R_{23} qarshilikka ketma-ket ulangan, shuning uchun u quyidagiga teng bo'ladi: $R_{123} = R_1 + R_{23} = R_{ekv}$

Bunda R_{ekv} -qarshilik zanjirning ekvivalent qarshiligi deb yuritiladi. Agar R_1 R_2 R_3 qarshiliklarni bitta R_{ekv} -qarshilik deb qaraydigan bo'lsak bu qarshilik har doim EYuK manbasining ichki qarshiligiga ketma-ket ulangan bo'ladi, shuning uchun Om qonunini quyidagicha yozish mumkin: $I = \frac{E}{R_{\text{ykg}} + r}$ - bu ifoda berk zanjir uchun Om qonuni deb ataladi.

Manba kiskichlaridagi kuchlanish $U_m = E - IR_t$ ga teng bo'lsa, u EYuK dan kichik bo'lib, tashqi zanjirdagi kuchlanish tushuvi IR_t ni kompensasiyalaydi. Manbadan chikuvchi energiya $R_m = E \cdot I$ yoki $R_{istem} = I_2 r + I_2 R_t$

EYuK manbaining ichki qarshiligi qancha kichik bo'lsa, uning ishlab chiqarayotgan energiyasining quvvati shunchalik katta bo'ladi. Manbaning ichki qarshiligi nolga teng bo'lsa bunday manbalar cheksiz quvvatli generatorlar deb ataladi, lekin amalda doimo manbaning ichki qarshiligi noldan katta bo'ladi.

Barcha turdagi elektr zanjirlari uchun Kirxgof qonunlari ham O'rinlidir. Kirxgofning birinchi qonunini ifodalash uchun yana 1.1-rasmga qaytamiz. A tugunga kirayotgan I_1 tok shu tugundan chikayotgan I_2 va I_3 toklarning algebraik yigindisiga teng. Boshkacha qilib aytganda tugunda toklar yuqolmaydi, buni xuddi arikdagi suvga O'xshatish mumkin.

Kirxgofning birinchi qonuni: «Tugundagi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng», ya'ni: $\sum_{i=1}^n I_i = 0$

Kirxgofning ikkinchi qonuni: «Konturdagi EYUK larning algebraik yigindisi shu kontur elementlaridagi kuchlanish tushuvlarining algebraik yigindisiga teng», ya'ni: $\sum R \cdot I = \sum E$

Ushbu r , E , R_1 va R_2 elementlardan iborat kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qonunini quyidagicha yozish mumkin: $Y_e = I_I(R_1 + R_2 + r) - I_{II}R_2$

Potensiallar ayirmasi U_{AB} va zaryadlar soni $\Sigma q_0 = q$ qancha katta bo'lsa, bajarilayotgan ish ham shuncha katta bo'ladi, ya'ni: $A = q \cdot U$ $q = I \cdot t$ $A = I \cdot U \cdot t$

Vaqt bo'yicha O'zgarmas kuchlanish va tokning bajargan ishi kuchlanishni tokka va vaqtga ko'paytmasiga teng.

Bajarilgan ishni vaqtga nisbatini ifodalovchi quvvat tushunchasi ham mavjud, ya'ni: $P = A/t = U \cdot I$ (Vt), (kVt), (MVt)

Xalqaro birliklar tizimi (SI) da energiya (ish) birligi qilib Joul qabul qilingan,

lekin bu elektroenergetika qurilmalarini ishini real yoritish uchun bu juda kichik miqdordir. Shuning uchun amalda (kVt·soat) lardan foydalaniladi: $1\text{kVt}\cdot\text{soat}=3,6\cdot 10^6\text{J}$
Elektr tokining issiqlik ta'siri Joule qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:
 $A=I\cdot U\cdot t=I^2\cdot r\cdot t=Q$

Masala:

Qarshiliklari $r_1=2\text{ Om}$, $r_2=5\text{ Om}$, $r_3=3\text{ Om}$ bo'lgan elektr zanjiri elektr yurituvchi kuchlari $E_1=50\text{ V}$, $E_2=70\text{ V}$ bo'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.2) Zanjirdagi tokning qiymati va qarshiliklardagi kuchlanishlarning pasayishini aniqlang.

Yechish:

Berk zanjir (Rasm-2.3) uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz:

$E_1+E_2=I(R_1+R_2+R_3)$. Bu tenglamadagi parametrlarni O'rniga qiymatlarni qo'yib yechamiz:

$$120=10\cdot I \quad I=12\text{ A}$$

Har bir qarshilikdagi kuchlanishlar tushuvini hisoblaymiz: $U_1=R_1 I=2\cdot 12=24\text{ B}$, $U_2=R_2 I=5\cdot 12=60\text{ B}$,
 $U_3=R_3 I=3\cdot 12=36\text{ B}$

Ketma-ket ulangan qarshiliklarda tok kuchi bir xil bo'ladi. Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan quyidagi tenglamani tuzish mumkin:

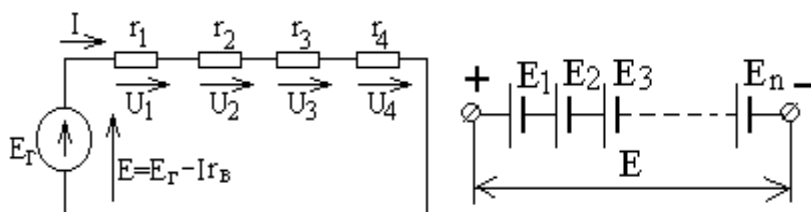
$$E=U_1+U_2+U_3+U_4=I(r_1+r_2+r_3+r_4)=I\cdot r$$

Zanjirning umumiy qarshiligi rezistorlar qarshiliklarini yig'indisiga teng: $r=\sum_{k=1}^n r_k$

Ohm qonuniga binoan kuchlanishlar: $U_1=I\cdot r_1$; $U_2=I\cdot r_2$; $U_3=I\cdot r_3$; $U_4=I\cdot r_4$;

Zanjirning quvvati qismlar quvvatlarining yig'indisiga teng:

$$P=\sum_{k=1}^n P_k=I^2 r_1=I^2 r_2=I^2 r_3=I^2 r_4;$$



Rasm-1.3

Rasm-1.4

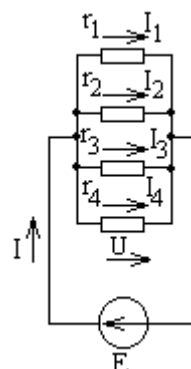
Manbalar ketma-ket ulanganda (Rasm-1.4), manba kuchlanishi ortib ketadi, ya'ni: $Y_e=E_1+E_2+E_3+\dots+E_n=nE_0$

Bunda umumiy manbaning ichki qarshiligi ham shunchaga ortadi, ya'ni: $R_{ich}=n\cdot R_0$

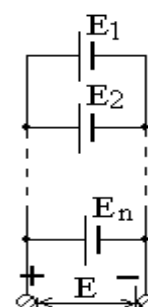
Rezistorlar parallel ulanganda hamma parallel tarmoqlarning qisqich-laridagi kuchlanish bir xil bo'ladi: $U=I_1 r_1=I_2 r_2=I_3 r_3=I_4 r_4$;

Zanjirdagi tok kuchi Kirxgofning birinchi qonuniga asosan parallel tarmoqlar dagi tok kuchlarining yig'indisiga teng:

$$I=I_1+I_2+I_3+I_4=U/r_1+U/r_2+U/r_3+U/r_4=U(g_1+g_2+g_3+g_4)$$



Rasm-1.5



Rasm-1.6

Umumiy O'tkazuvchanlik parallel tarmoqlarning O'tkazuvchanliklarini yig'indisiga teng:

$$g = \sum_{k=1}^n g_k \text{ yoki } r = \frac{1}{g} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n g_k}$$

Parallel tarmoqlarning tok kuchlari Om qonuniga binoan: $I_1=Ug_1; I_2=Ug_2; I_3=Ug_3; I_4=Ug_4$

Zanjirning quvvati tarmoqlar quvvatlarini yig'indisiga teng.

Elektr energiya manbalari paralel ulanganda, manba kuchlanishi O'zgarmaydi, ya'ni: $E=E_0$

Bunda umumiy manbaning ichki qarshiligi shunchaga kamayib ketadi, ya'ni: $R_{ich}=R_0/m$

Elektr energiya manbalari paralel ulanganda, umumiy quvvat ortib ketadi, ya'ni: $R=m \cdot R_0$

Elektr energiya manbalarini va aste'molchilarini aralash ham ulash mumkin. Agar bir nechta manbalarni ketma-ket ulab, kerakli kuchlanishni xosil qilib, xuddi shunday ketma-ket ulangan zanjirlarni bir nechtasini paralel ulansa aralash ulangan zanjir xosil bo'ladi (Rasm-1.7). Bunda manbaning kuchlanishi quyidagicha bo'ladi: $E=E_{kk}=n \cdot E_0$

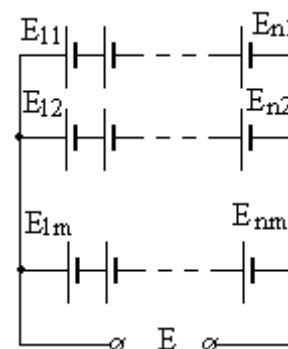
Manbaning ichki qarshiligi esa quyidagicha bo'ladi: $R_{ich}=\frac{n}{m} \cdot R_0$ bu yerda: R_0 -bitta manbaning ichki qarshiligi; n -ketma-ket ulangan manbalar soni; m -paralel ulangan manbalar soni. Manbaning quvvati esa quyidagigiga teng bo'ladi: $P=m \cdot P_0$ bu yerda P_0 -bitta manbaning quvvati.

Masala: Ichki qarshiligi $R_{ich}=6 \text{ Om}$ ga va kuchlanishi $E_0=1,5 \text{ V}$ ga teng bo'lgan EYuK manbalari aralash ulangan (rasm-1.7), bu yerda $n=6$ va $m=3$ ga teng bo'lsa, umumiy kuchlanishni va ichki qarshilikni aniqlang.

Yechilishi: Manbaning kuchlanishi aniqlaymiz: $E_m=n \cdot E_0=6 \cdot 1,5=9 \text{ V}$.

Manbaning ichki qarshiligini aniqlaymiz:

$$= \frac{n}{m} \cdot R_0 = \frac{6}{3} \cdot 6 = 12$$



Rasm-1.7

Agar elektr energiya iste'molchilarining bir nechtasi paralel va bir nechtasi ketma-ket ulansa, bunday zanjirlar aralash ulangan zanjirlar yoki murakkab zanjirlar deyiladi. Bunday zanjirlarni O'rganishda turli usullardan foydalanib, tok kuchi, kuchlanishlar tushuvi va boshqa parametrlar aniqlanadi.

Masala: Rasm-1.1 da berilgan zanjirda $R_1=2 \text{ Om}$, $R_2=3 \text{ Om}$, $R_3=4 \text{ Om}$, $E=50 \text{ V}$ va $r=1 \text{ Om}$ bo'lsa, har bir tarmoqdagi toklarni hisoblang.

Yechilishi: Zanjirni ekvivalent qarshiligini hisoblaymiz:

$$R_{ekv} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_1 + r = \frac{3 \cdot 4}{3 + 4} + 2 + 1 = 4,7 \text{ Om}$$

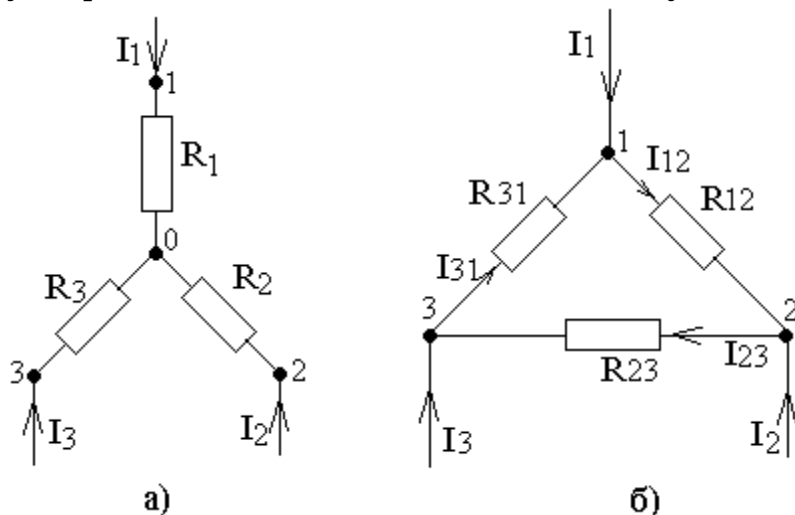
Har bir tarmoqdagi toklarni hisoblaymiz:

$$I_1 = \frac{E}{R_{\text{экв}}} = \frac{50}{47} = 10,6 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E - I_1 R_1}{R_2} = \frac{50 - 10,6 \cdot 2}{3} = 9,6 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 10,6 - 9,6 = 1 \text{ A.}$$

Murakkab elektr zanjirlarni turli usullar bilan hisoblashda bazan zanjirning yoki uning bir qisminiekvivalent qarshiligini ixtiyoriy olingan ikkita tugunga nisbatan aniqlash zarur bo'ladi, ammo barcha hollarda ham murakkab ulashni oddiy ketma-ket yoki parallel ulash bilan almashtirib bo'lmaydi.



Rasm-1.8

Agar zanjirning bir qismi yulduz usulida ulangan R_1 , R_2 va R_3 qarshiliklar va ularga tashqi zanjirdan ixtiyoriy I_1 , I_2 va I_3 toklar kelayotgan bo'lsa, shu zanjirga ekvivalent bo'lgan uchburchak usulida ulangan zanjir, qarshiliklari R_{12} , R_{23} , R_{31} bo'lgan 1, 2 va 3 tugunlar ichiga joylashgan bo'lib, butunlay yangi rejimda ishlaydi, lekin butun zanjirning ish rejimini o'zgartirmaydi. (Rasm-1.8)

Qarshiliklari yulduz tarzida ulangan zanjirni qarshiliklari uchburchak tarzida ulangan ekvivalent zanjirga almashtirish mumkin, bunda yulduz tarzida ulangan zanjir qarshiliklari R_1 , R_2 va R_3 bo'yicha unga ekvivalent bo'lgan uchburchak tarzida ulangan zanjir qarshiliklari R_{12} , R_{23} va R_{31} aniqlash mumkin, ya'ni:

$$\begin{cases} R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} \\ R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \\ R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2} \end{cases}$$

Huddi shu yo'l bilan uchburchak usulida ulangan zanjir qarshiliklarini, o'sha zanjir qarshiliklari R_{12} , R_{23} va R_{31} ga ekvivalent bo'lgan R_1 , R_2 va R_3 qarshiliklari yulduz usulida ulangan zanjirga almashtirish mumkin, bunda qarshiliklar qiymatiquyidagiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Masala:

Rasm-3.6.a. da berilgan zanjir uchun ekvivalent induktivlikni aniqlang. Zanjir parametrlari quyidagicha: $L_1=L_4=2$ Gn; $L_2=L_3=4$ Gn

Yechish:

1. Zanjirdagi yulduz usulida ulangan L_1 , L_2 va L_3 induktivliklarni. uchburchak usulida ulangan ekvivalent sxemaga almashtiramiz (Rasm-1.9, b):

$$L_{12}=L_1+L_2+L_1L_2/L_3=2+4+2\cdot4/4=8 \text{ Gn}$$

$$L_{23}=L_2+L_3+L_2\cdot L_3/L_1=4+4+4\cdot4/2=16 \text{ Gn}$$

$$L_{31}=L_3+L_1+L_3L_1/L_2=4+2+4\cdot2/4=8 \text{ Gn}$$

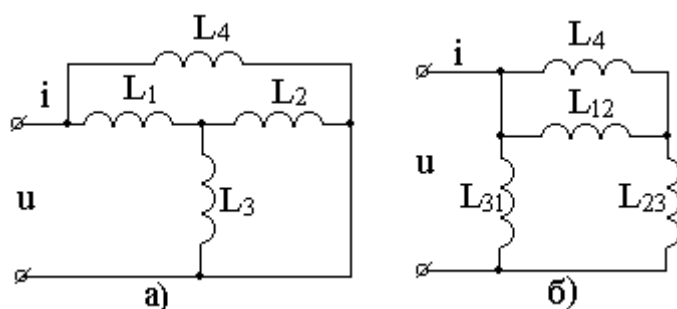
2. L_4 va L_{12} induktivliklar parallel ulangani uchun ularga ekvivalent bo'lgan induktivlikni topamiz:

$$L_{124}=\frac{L_4 \cdot L_{12}}{L_4 + L_{12}} = \frac{2 \cdot 8}{2 + 8} = 1,6 \text{ Gn.}$$

3. Butun zanjirlarni ekvivalent induktivligini topamiz:

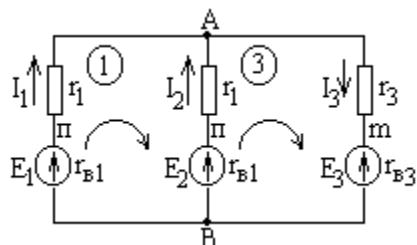
$$L'_{23}=L_{124}+L_{23}=1,6+16=17,6 \text{ Gn}$$

$$L_{\text{ekv}}=\frac{L_{31} \cdot L'_{23}}{L_{31} + L'_{23}} = \frac{8 \cdot 17,6}{8 + 17,6} = 5,5 \text{ Gn}$$



Rasm-1.9

Ikki va undan ortiq manbaga ega elektr zanjiri murakkab hisoblanadi. Bunday murakkab zanjirlarni bir necha usulda O'rganish mumkin, masalan, *Kirxgof qonunlarini bevosita qO'llash* usulida I va II qonunlar asosida elektr zanjirini tugunlari va konturlari uchun tenglamalar tuziladi va bu tenglamalar yechilib noma'lum toklar topiladi.



Rasm-1.10

Tenglamalarni umumiy soni noma'lum toklar soniga teng bo'lishi kerak. Kirxgofning I qonuni asosida tuzilgan tenglamalar soni zanjir tugunlari sonidan bitta kam bo'lishi kerak. Qolgan tenglamalar Kirxgofning II qonuni asosida tuziladi.

Masalan, Rasm-1.10 da keltirilgan zanjir uchun tenglamalar tuzamiz:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 (r_1 + r_{u1}) - I_2 (r_2 + r_{u2}) = E_1 - E_2$$

$$I_2 (r_2 + r_{u2}) + I_3 (r_3 + r_{u3}) = E_2 - E_3$$

Konturlarni aylanish yo'nalishini (rasmda ko'r-satilgan) soat ko'rsatkichini aylanishi yo'nalishida oldik. Tuzilgan uch tenglamani yechib, noma'lum tok kuchlarini topami, masalan:

$$I_1 = \frac{(E_1 - E_2)(R_2 + R_{u2} + R_3 + R_{u3}) + (E_2 - E_3)(R_2 + R_{u2})}{(R_1 + R_{u1})(R_2 + R_{u2}) + (R_2 + R_{u2})(R_3 + R_{u3}) + (R_3 + R_{u3})(R_1 + R_{u1})}$$

$$I_2 = \frac{I_1(R_1 + R_{u1}) - E_1 + E_2}{R_2 + R_{u2}}; \quad I_3 = I_1 + I_2$$

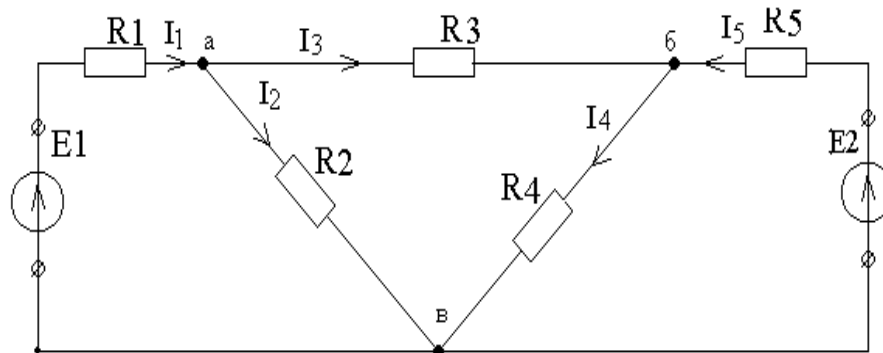
Toklarni topib, boshqa kerak bo'lgan kattaliklarni ham topish mumkin.

Kontur toklar usulida

Bu usulda tenglamalar faqat Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tuziladi, buning uchun konturlarning kerakli soni tanlanadi. Har bir konturda kontur toki mavjudligi kO'zda tutiladi, tokning musbat yO'nalishi ixtiyeriy kO'rsatib qO'yiladi. Ustama prinsipidan kelib chiqib, hisoblanadiki, xar bir konturda kontur toklari oqadi va ulardan tarmoq toklari hosil bO'ladi. Tenglamalar har bir kontur uchun tuziladi, konturni O'zini kontur toki yO'nalishida aylaniladi va har bir kontur tokdan hosil bO'lgan kuchlanish tushuvi hisobga olinadi. Bunda mazkur tok konturni aylanish yO'nalishi bilan tO'g'ri kelsa, qO'shiladigan qiymatlarni musbat hisoblanadi va yO'nalishlar teskari bO'lsa, manfiy hisoblanadi.

Mazkur konturning qarshiliklarini yig'indisini konturning O'zini qarshiligi deyiladi. Ikkita kontur tarkibiga kiradigan qarshiliklarni yig'indisi O'zaro qarshilik deyiladi. qaysidir konturda harakatlanayotgan hamma EYuK-larni algebraik yig'indisi kontur EYuK-si deyiladi. Tuzilgan tenglamalarni har qaysi kontur toki I_K -ga nisbatan yechib, uning qiymati topiladi. Har bir rezistordagi tok kuchi kontur toklarning algebraik yig'indisiga teng.

Rasm-1.11 da berilgan zanjir uchun I, II va III konturlardan faqat kontur toklar II,



Rasm1.11

III va IIII O'tayotgin va bu toklar qarshiliklarda kuchlanishlar tushuvini xosil qilayotgan bO'lsa, uxolda tarmoqdagi xaqiqiy toklar bilan kontur toklar quyidagicha bog'langin bO'ladi: $I_1=I_I$ $I_2=I_I-I_{II}$ $I_3=I_{II}$ $I_4=I_{II}+I_{III}$ $I_5=I_{III}$

Berilgan zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tenglamalar tuzish mumkin, ya'ni:

$$\begin{cases} I_I R_{12} - I_{II} R_2 = E_1 \\ -I_I R_2 + I_{II} R_{234} + I_{III} R_4 = 0 \\ I_{II} R_4 + I_{III} R_{45} = E_2 \end{cases}$$

Bu tenglamalar kontur toklar tenglamalari deb ataladi.

Umumiy xolda n ta kontur va m ta tugunga ega bO'lgan zanjir uchun kontur toklar tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} I_I R_{11} + I_{II} R_{12} + I_{III} R_{13} \dots + I_n R_{1n} = E_{11} \\ I_I R_{21} + I_{II} R_{22} + I_{III} R_{23} \dots + I_n R_{2n} = E_{22} \\ I_I R_{31} + I_{II} R_{32} + I_{III} R_{33} \dots + I_n R_{3n} = E_{33} \\ \dots \dots \dots \\ I_I R_{n1} + I_{II} R_{n2} + I_{III} R_{n3} \dots + I_n R_{nn} = E_{nn} \end{cases}$$

Bu yerda: R_{nn} - n chi konturning xususiy qarshiligi bO'lib, miqdor jixatidan shu konturga kiruvchi barcha qarshiliklarning algebraik yig'indisiga teng, E_{nn} - n chi konturning xususiy EYuK si bO'lib, miqdor jixatidan konturdagi barcha EYuK larning algebraik yig'indisiga teng, bunda kontur tokining yO'nalishini hisobga olish kerak.

Yuqoridagi tenglamalar sistemasiga aniqlovchilar va minorlarni tadbqiq qilib, kontur toklarni topish mumkin.

Masala: Rasm-4.2. da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni kontar toklar usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1=R_2=2 \text{ Om}$, $R_3=R_4=R_5=1 \text{ Om}$, $E_1=40 \text{ V}$, $E_2=10 \text{ V}$ ga teng.

Yechilishi:

Berilgan zanjir uchun I, II va III konturlardan faqat kontur toklar O'tayotgan bO'lib, ular tegishlicha qarshiliklarda kuchlanishlar tushuvini xosil qilayotgan bO'lsa, u xolda tarmoq toklari bilan kontur toklar quyidagicha bog'langan bO'ladi:

$$I_1=I_I \quad I_2=I_I-I_{II} \quad I_3=I_{II} \quad I_4=I_{II}+I_{III} \quad I_5=I_{III}$$

Berilgan zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan quyidagicha tenglamalar tuzish mumkin:

$$\begin{cases} E_1 = I_I R_{11} - I_{II} R_{12} \\ 0 = -I_I R_{21} + I_{II} R_{22} + I_{III} R_{23} \\ E_2 = I_{II} R_{32} + I_{III} R_{33} \end{cases}$$

$$R_{11}=(R_1+R_2)=4 \text{ Om}, \quad R_{12}=R_{21}=R_2=2 \text{ Om}, \quad R_{22}=(R_2+R_3+R_4)=4 \text{ Om}$$

$$R_{23}=R_{32}=R_4=1 \text{ Om}, \quad R_{33}=(R_4+R_5)=2 \text{ Om}, \quad R_{13}=R_{31}=0$$

Berilgan zanjir uchun yuqorida tuzilgan tenglamalar uchun aniqlovchilar va minorlarni aniqlaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} & R_{13} \\ -R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{vmatrix} = 20$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} R_{22} & R_{23} \\ R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 7$$

$$\Delta_{12} = \Delta_{21} = (-1)^{1+2} \cdot \begin{vmatrix} -R_{21} & R_{23} \\ R_{31} & R_{33} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} -2 & 1 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} = 4 \quad \Delta_{13} = \Delta_{31} = \begin{vmatrix} -R_{21} & R_{22} \\ R_{31} & R_{32} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 4 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} = -2$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{13} \\ R_{31} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} = 8$$

$$\Delta_{23} = \Delta_{32} = (-1)^{2+3} \cdot \begin{vmatrix} R_{22} & R_{23} \\ R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 4$$

$$\Delta_{33} = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} \\ -R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 12$$

$$E_{11} = E_1 = 40 \text{ B} \quad E_{22} = 0 \quad E_{33} = E_2 = 10 \text{ B}$$

Yuqoridagilardan foydalanib kontur toklarni quyidagicha topish mumkin:

$$I_1 = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{13}}{\Delta} \cdot E_2 = 13 \text{ A} \quad I_{11} = \frac{\Delta_{21}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{23}}{\Delta} \cdot E_2 = 6 \text{ A} \quad I_{111} = \frac{\Delta_{31}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{33}}{\Delta} \cdot E_2 = 2 \text{ A}$$

Topilgan kontur toklarga asosan xar bir tarmoqdagi toklarni topish mumkin:

$$I_1 = I_I = 13 \text{ A} \quad I_2 = I_I - I_{II} = 7 \text{ A} \quad I_3 = I_{II} = 6 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{II} + I_{III} = 8 \text{ A} \quad I_5 = I_{III} = 2 \text{ A}$$

Masalani yechimini tO'g'riligini Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tekshirib aniqlash mumkin, ya'ni:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 6 = 13 \text{ A}$$

$$I_4 = I_3 + I_5 = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

Tugun potentsiallar usuli

Ma'lumki, agar zanjirdagi berilgan EYuK manbalari va qarshiliklari bO'yicha zanjirning tarmoqlaridagi toklari va barcha tugunlari orasidagi kuchlanishlar tushuvi topilishi mumkin bO'lsa, bunday zanjirni taxlil qilish mumkin deb hisoblanadi.

Agar ixtiyoriy murakkab elektr zanjirdagi tugunlardan bittasini ajratib olib, uning potentsiali nolga tenglashtirilsa, u holda qolgan barcha tugunlarning potentsiali ana shu tugunga nisbatan aniqlanadi:

Masala:

Rasm-1.11 dagi elektr zanjir uchun tenglamalar soni ikkita bO'ladi, ya'ni a, b va v tugunlarning potentsiallarini tegishli $\varphi_a = \varphi_1$; $\varphi_b = \varphi_2$ va $\varphi_3 = 0$ orqali belgilab, butun zanjirning toklari uchun quyidagi tenglamalarni tuzamiz:

$$I_1 = g_1(E_1 - \varphi_1); \quad I_2 = g_2 \cdot \varphi_1; \quad I_3 = g_3(\varphi_1 - \varphi_2); \quad I_4 = g_4 \cdot \varphi_2; \quad I_5 = g_5(E_2 - \varphi_2)$$

$g_1; g_2; \dots; g_5$ – zanjirning tegishli tarmoqlarining O'tkazuvchanligi.

Bu toklarning qiymatlarini Kirxgofning birinchi qonuniga binoan quyidagicha yozish mumkin:

$$g_1(E_1 - \varphi_1) + g_2 \cdot \varphi_1 - g_3(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$g_3(\varphi_1 - \varphi_2) - g_4 \cdot \varphi_2 + g_5(E_2 - \varphi_2) = 0$$

Butenglamalarni yechish uchun quyidagi belgilashlar kiritamiz:

$$g_{11} = g_1 + g_2 + g_3 - 1 \text{ - tugunning xususiy O'tkazuvchanligi,}$$

$$g_{22} = g_3 + g_4 + g_5 - 2 \text{ - tugunning xususiy O'tkazuvchanligi,}$$

$$g_{12} = g_{21} = g_3 - 1 \text{ va 2-tugunlarning O'zaro O'tkazuvchanligi.}$$

Yuqoridagi formulalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$g_{11}\varphi_1 - g_{12}\varphi_2 = I_1$$

$$-g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 = I_2$$

Bu tenglamalar sistemasini ham minorlar va aniqlovchilar yordamida yechish mumkin.

Masala:

Rasm-1.11 da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni tugun potentsiallar usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1 = R_2 = 2 \text{ Om}$, $R_3 = R_4 = R_5 = 1 \text{ Om}$,

$$E_1 = 40 \text{ V}, \quad E_2 = 10 \text{ V ga teng.}$$

Yechilishi:

Berilgan zanjir uchun tenglama tuzib, bu tenglamalarga O'tkazuvchanlik va EYuK larni qiymatini qO'yib quyidagi tenlamani xosil qilamiz:

$$I_1 = g_1(E_1 - \varphi_1) = 20 - 0,5\varphi_1$$

$$I_2 = g_2 \cdot \varphi_1 = 0,5\varphi_1$$

$$I_3 = g_3(\varphi_1 - \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$I_4 = g_4 \cdot \varphi_2 = \varphi_2$$

$$I_5 = g_5(E_2 - \varphi_2) = 10 - \varphi_2$$

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz:

$$I_1 - I_2 - I_3 = (20 - 0,5\varphi_1) - (0,5\varphi_1) - (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$I_3 - I_4 + I_5 = (\varphi_1 - \varphi_2) - (\varphi_2) + (10 - \varphi_2) = 0$$

yoki

$$\begin{cases} 20 - 2\varphi_1 + \varphi_2 = 0 \\ 10 + \varphi_1 - 3\varphi_2 = 0 \end{cases}$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, birinchi va ikkinchi tugunlarni potentsiallarini topamiz: $\varphi_1 = 14 \text{ V}$ va $\varphi_2 = 8 \text{ V}$

Topilgan potentsiallarning qiymatiga asoslanib tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1 = 20 - 0,5\varphi_1 = 13 \text{ A}, \quad I_2 = 0,5\varphi_1 = 7 \text{ A}, \quad I_3 = \varphi_1 - \varphi_2 = 6 \text{ A}, \quad I_4 = \varphi_2 = 8 \text{ A}, \quad I_5 = 10 - \varphi_2 = 2 \text{ A}$$

Masalani yechimini tO'g'riligini Kirxgofning 1-qonuniga asosan tekshiramiz:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 13 - 7 - 6 = 0, \quad I_3 - I_4 + I_5 = 6 - 8 + 2 = 0$$

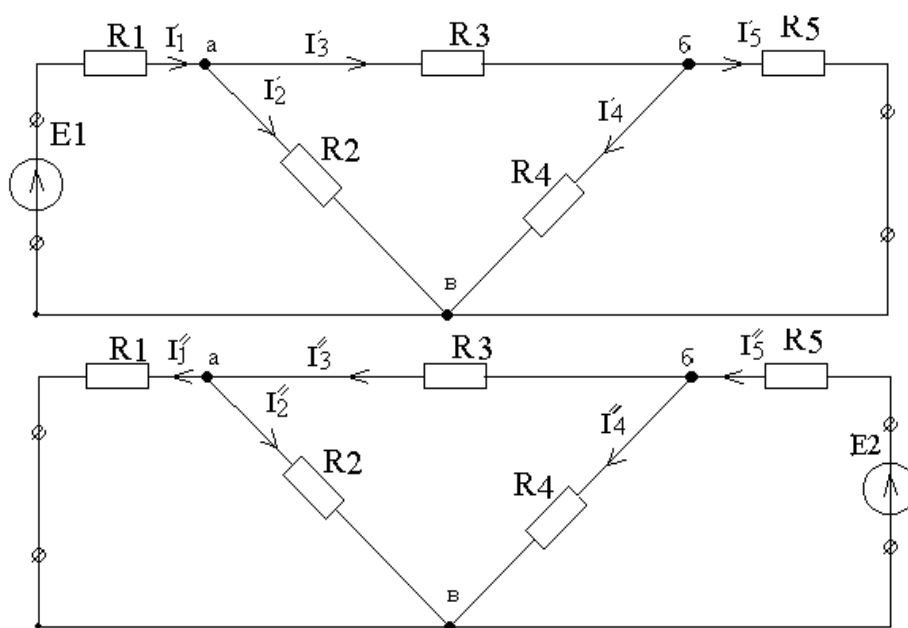
Ustma-ust usuli

Bu usul bilan murakkab zanjirlarni hisoblanganda, zanjirda nechta E.YU.K manbai bo'lsa, shuncha zanjir tuzib olinadi, bunda qarshiliqlar O'z O'rnida qoladi, bunda toklarni yo'nalishini O'zgartirish mumkin.

Masalan: Rasm-1.11 dagi zanjirda ikkita EYuK manbai bor, demak zanjirni ikkita alohida-alohida EYuK-lardan ta'minlangan zanjir deb qarash mumkin.

Bu ikkala zanjirlarni alohida-alohida deb hisoblash mumkin, ya'ni ekvivalent qarshiliklarni hisoblab topib, Om qonuniga asosan har bir tarmoqdagi toklarni topish mumkin.

Berilgan zanjirdagi toklar, bu ikkala zanjirdagi toklarning algebraik yig'indisi deb qarash mumkin, lekin bunda toklarni yo'nalishini hisobga olish kerak bo'ladi. Agar I' va I'' toklarning yo'nalishlari bir xil bo'lsa ular qO'shiladi, aksincha qarama-qarshi bo'lsa ular ayriladi.



Rasm-1.12. a, 6.

Masala:

Rasm-4.2. da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni ustma-ust usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1=R_2=2\text{ Om}$, $R_3=R_4=R_5=1\text{ Om}$, $E_1=40\text{ V}$, $E_2=10\text{ V}$ ga teng.

Yechilishi:

Berilgan zanjirni ikkita aloxida-aloxida zanjirga bO‘lib olamiz (Rasm-4.4.a,b.). Bunda berilgan zanjir uchun tarmoq toklarini, birinchi va ikkinchi zanjir tarmoq toklari orqali ifodalab olamiz:

$$I_1 = I_1^I - I_1^{II}; \quad I_2 = I_2^I + I_2^{II}; \quad I_3 = I_3^I - I_3^{II}; \quad I_4 = I_4^I + I_4^{II}; \quad I_5 = I_5^I + I_5^{II}$$

Birinchi zanjirni ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{1 \cdot 1}{1 + 1} = 0,5$$

$$R_{34} = R_3 + R_{45} = 1 + 0,5 = 1,5$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{2 \cdot 1,5}{2 + 1,5} = 0,86$$

$$R_{\text{экв}}^I = R_1 + R_{23} = 2 + 0,86 = 2,86\text{ Ом}$$

Om qonuniga asosan birinchi zanjir uchun tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1^I = \frac{E_1}{R_{\text{экв}}^I} = \frac{40}{2,86} = 14\text{ A}$$

$$U_1^I = R_1 \cdot I_1^I = 28\text{ B}$$

$$U_2^I = E_1 - U_1^I = 12\text{ B}$$

$$I_2^I = \frac{U_2^I}{R_2} = 6\text{ A}$$

$$I_3^I = I_1^I - I_2^I = 8\text{ A}$$

$$U_3^I = R_3 \cdot I_3^I = 8\text{ B}$$

$$U_4^I = U_2^I - U_3^I = 4\text{ B}$$

$$I_4^I = \frac{U_4^I}{R_4} = 4\text{ A}$$

$$I_5^I = I_3^I - I_4^I = 4\text{ A}$$

Ikkinchi zanjirni ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1$$

$$R_{23} = R_3 + R_{12} = 1 + 1 = 2$$

$$R_{34} = \frac{R_4 \cdot R_{23}}{R_4 + R_{23}} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} = 0,67$$

$$R_{\text{экв}}^{II} = R_5 + R_{34} = 1 + 0,67 = 1,67\text{ Ом}$$

Om qonuniga asosan ikkinchi zanjir uchun tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_5^{II} = \frac{E_2}{R_{\text{экв}}^{II}} = \frac{10}{1,67} = 6\text{ A}$$

$$U_5^{II} = R_5 \cdot I_5^{II} = 6\text{ B}$$

$$U_4^{II} = E_2 - U_5^{II} = 4\text{ B}$$

$$I_4'' = \frac{U_4}{R_4} = 4 \text{ A}$$

$$I_3'' = I_5 - I_4 = 2 \text{ A}$$

$$U_3'' = R_3 \cdot I_3 = 2 \text{ B}$$

$$U_2'' = U_4 - U_3 = 2 \text{ B}$$

$$I_2'' = \frac{U_2}{R_2} = 1 \text{ A}$$

$$I_1'' = I_3 - I_2 = 1 \text{ A}$$

Birinchi va ikkinchi zanjirlarni ustma-ust qO'yib, berilgan zanjirdagi tarmoq toklarini aniqlaymiz:

$$I_1 = I_1^I - I_1^{II} = 14 - 1 = 13 \text{ A} \quad I_2 = I_2^I + I_2^{II} = 6 + 1 = 7 \text{ A} \quad I_3 = I_3^I - I_3^{II} = 8 - 2 = 6 \text{ A}$$

$$I_4 = I_4^I + I_4^{II} = 4 + 4 = 8 \text{ A} \quad I_5 = -I_5^I + I_5^{II} = -4 + 6 = 2 \text{ A}$$

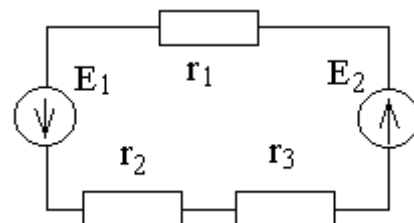
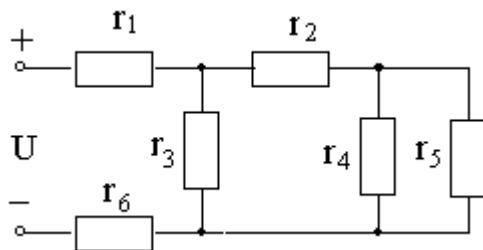
Masalani yechimini tO'g'riligini Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tekshirib aniqlash mumkin, ya'ni:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 6 = 13 \text{ A}, \quad I_4 = I_3 + I_5 = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

O'zgarmas tok zanjirlariga doir masalalar

1.1-Masala

Qarshiliklari $r_1=12 \text{ Om}$, $r_1=3 \text{ Om}$, $r_3=15 \text{ Om}$, $r_4=r_5=24 \text{ Om}$, $r_6=4,5 \text{ Om}$ dan iborat bO'lgan elektr zanjiri kuchlanishi $U=120 \text{ V}$ bO'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.1) Har bir qarshilikdan O'tayotgan tok va undagi kuchlanishlarning tushuvini Kirxgof va Om qonunlari orqali ifodalang?



1.2-Masala Rasm -1.1

Qarshiliklari $r_1=2 \text{ Om}$, $r_2=5 \text{ Om}$, $r_3=3 \text{ Om}$ bO'lgan elektr zanjiri elektr yurituvchi kuchlari $E_1=50 \text{ V}$, $E_2=70 \text{ V}$ bO'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.2) Zanjirdagi tokning qiymati va qarshiliklardagi kuchlanishlarning pasayishi aniqlansin.

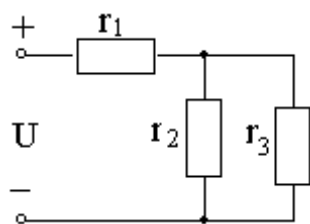
1.3-Masala

A-35 markali alyuminiy simdan O'tkazilgan 10 km uzunlikdagi ikki simli elektr uzatish liniyasining qayeridadir qisqa tutashuv sodir bO'ldi. Avtomatik ajratgich (AR) ning borligi tufayli liniya manbadan ajratildi. Qisqa tutashuv joyini aniqlash uchun liniyaning boshida, uning qismlariga yuk mashinasini akkumulyatori ulandi. Zanjirga ulangan voltmeter va ampermetr tegishli 24 V va 1,5 A ni kO'rsatdi. Liniya boshdan qanday uzoqlikda qisqa tutashuv sodir bO'lgan? Agar qisqa tutashuv liniyaning oxirida sodir bO'lgan bO'lsa, ampermetr kO'rsatishi aniqlansin.

1.4-Masala

Elektr zanjir kuchlanishi $U_0=100$ V bO'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.4). Agar qarshiliklar $r_1=4$ Ohm, $r_2=60$ Ohm bO'lib, qarshilik r_1 ning quvvat iste'moli $R_1=100$ Vt bO'lsa qarshilik r_3 ning kattaligi aniqlansin.

1.5-Masala



Rasm-1.4

Kundalang kesimi $S=150$ mm² bO'lgan alyuminiy simdan tortilgan O'zgarmas elektr toki uzatish liniyasining uzunligi $L=120$ km. Agar uzatilayotgan tokning kuchi $I=160$ A bO'lsa, liniyadagi kuchlanish tushuvi ΔU nimaga teng bO'ladi? Sim materialining solishtirma qarshiligi.

1.6-Masala

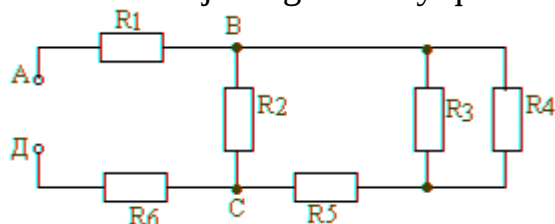
Elektr energiyasi manbaining ichki qarshiligi $r_0=0,4$ Ohm, tashqi qarshiligi $r_t=20$ Ohm bO'lib, manbaning ichki quvvat isrofi 40 Vt ni tashkil etsa, manba qismalaridagi kuchlanish. uning EYUK va tashki zanjirga bera oladigan quvvati aniqlansin.

1.7-Masala

Elektr sig'imi $S=200$ mkF bO'lgan kondensator $t=0,5$ s vaqt ichida $U=600$ V kuchlanishgacha zaryadlangan bO'lsa, zaryadlanish toki kuchining O'rtacha qiymatini toping.

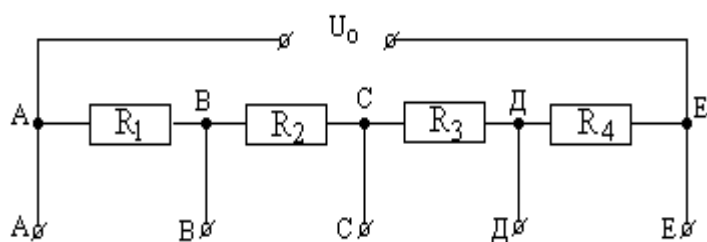
1.8-Masala

Rasm-1.8 dagi sxemada $R_1=20$ Ohm, $R_2=30$ Ohm, $R_3=40$ Ohm, $R_4=32$ Ohm, $R_5=12$ Ohm, $R_6=55$ Ohm bO'lsa zanjirning umumiy qarshiligi R_{um} topilsin.

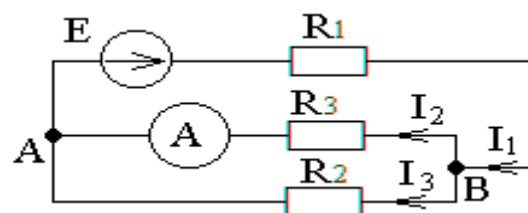


1.9-Masala

Agar Rasm-1.9 da tasvirlangan kuchlanish bO'lgichida $U_0=220$ V, $R_1=2$ Ohm, $R_2=4$ Ohm, $R_3=6$ Ohm, $R_4=8$ Ohm bO'lsa, iste'molchi AB, BC, CD, DE, BE, CE va AE qismlarga ulanganda olinadigan kuchlanishlarni toping?



Rasm-1.9



Rasm -1.10

1.10-Masala

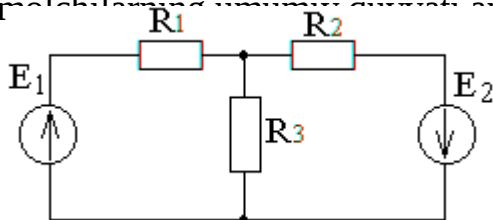
EYUK $E=2,8$ V bO'lgan batareya Rasm-1.10 da berilgan sxema bO'yicha zanjirga ulangan. Bunda $R_1=1,8$ Om, $R_2=2$ Om, $R_3=3$ Om va ampermetr $I=0,48$ A ni kO'rsatayotgan bO'lsa, batareyaning ichki qarshiligi topilsin? Ampermetrning ichki qarshiligini xisobga olinmasin.

1.11-Masala

Tok manbai $R_1=1,8$ Om tashki qarshilikka ulanganda $I_1=0,7$ A tok beradi. Agar tashki qarshilik $R_2=2,3$ Om bO'lganda, tok kuchi kamayib, $I_2=0,56$ A bO'lib kolgan bO'lsa, manbaning EYUK i va ichki qarshiligi topilsin?

1.12-Masala

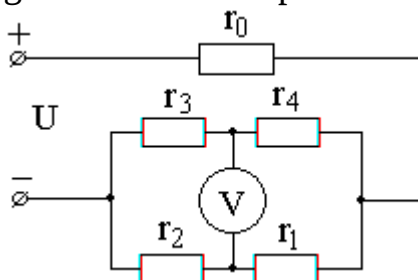
Xar birining qarshiligi 20 Om dan bO'lgan uchta elektr energiya iste'molchisi Rasm-1.12 dagi sxemada kO'rsatilgandek ulangan. Agar zanjirdagi manbalarning elektr yurituvchi kuchlari $E_1=120$ V va $E_2=30$ V bO'lsa, zanjirning barcha qismlaridagi tok va iste'molchilarning umumiy quvvati aniqlansin.



Rasm -1.12

1.13-Masala

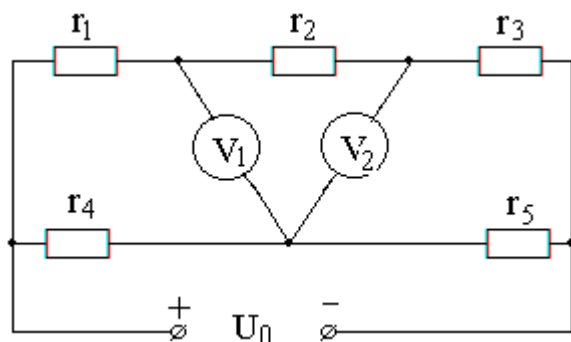
Parametrlari $r_1=20$ Om, $r_2=60$ Om, $r_3=50$ Om, va $r_4=30$ Om bO'lgan kuprik sxema $r_0=5$ Om qarshilik orqali kuchlanishi $U_0=90$ V bO'lgan O'zgarmas tok manbaiga ulangan. Manbaning kuchlanishi U topilsin.



Rasm -1.13

1.14-Masala

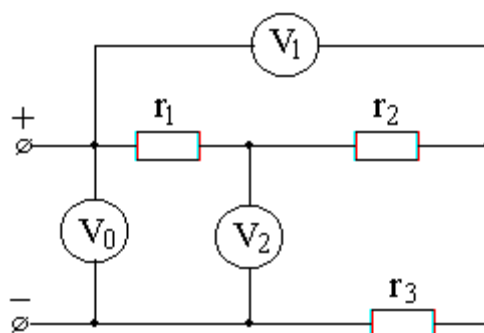
Qarshiliklari $r_1:r_2:r_3=2:5:3$ va $r_4:r_5=3:2$ nisbatlarda tanlangan zanjir kuchlanishi $U_0=200$ V bO'lgan O'zgarmas tok manbaiga ulangan. Voltmetrlar V_1 va V_2 ning kO'rsatishlari aniqlansin.



Rasm-1.14

1.15-Masala

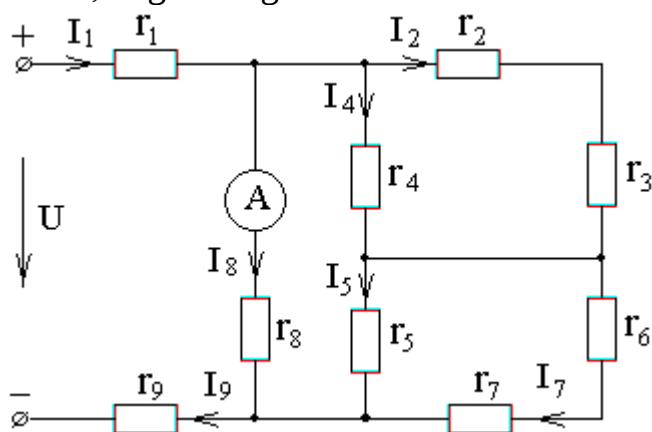
Zanjirdagi qarshiliklarning nisbati $r_1: r_2: r_3=5:2:3$ bo'lib, voltmترلarning ko'rsatishlari $U_1=140$ B va $U_2=100$ V ni tashkil etadi. Zanjirga berilayotgan kuchlanish U_0 va zanjirning elementlari bo'yicha kuchlanishlarning taqsimlanishi aniqlansin.



Rasm -1.15

1.16-Masala

Agar zanjirdagi ampermetrning ko'rsatishi 5 A bo'lib, qarshiliklar $r_1=r_9=2,5$ Om $r_2=r_3=r_6=r_7=5$ Om va $r_4=r_5=r_8=10$ Om dan bo'lsa, zanjirning barcha tarmoklaridagi toklar, unga berilgan kuchlanish xamda zanjirning quvvat iste'moli aniqlansin.



Rasm-1.16

1.17-Masala

EYUK $E=2$ V bo'lgan akkumulyatorga $R=4,8$ Om li tashki qarshilik ulanganda $I=0,4$ A tok xosil bo'lgan. Akkumulyatorning ichki qarshiligi va qisqichlardagi kuchlanishi topilsin.

1.18-Masala

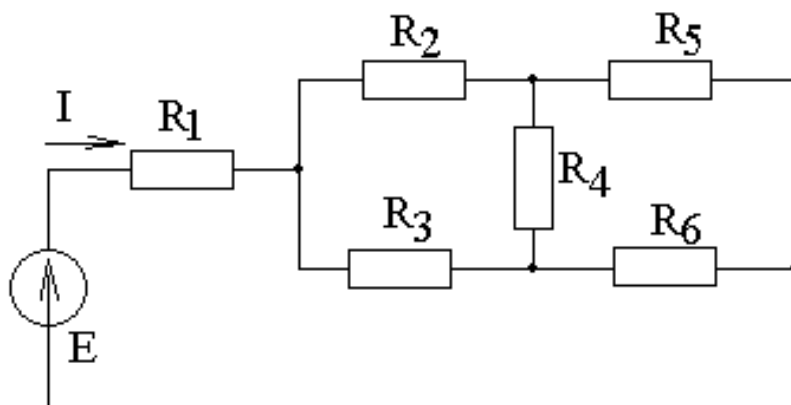
Galvanik element $R=4\text{ Om}$ li tashqi qarshilikka ulanganda $I_1=0,2\text{ A}$ tokni $R_2=7\text{ Om}$ li tashqi qarshilikka ulanganda esa $I_2=0,14\text{ A}$ tokni bersa elementning qisqa tutashish tokini toping?

1.19-Masala

Manba $R_1=1,5\text{ Om}$ li tashqi qarshilikka ulanganda $I_1=0,8\text{ A}$ tokni, $R_2=3,25\text{ Om}$ li tashqi qarshilikka ulanganda esa $I_2=0,4\text{ A}$ tokni bersa manbaning EYUK si va ichki qarshiligini toping?

1.20-Masala

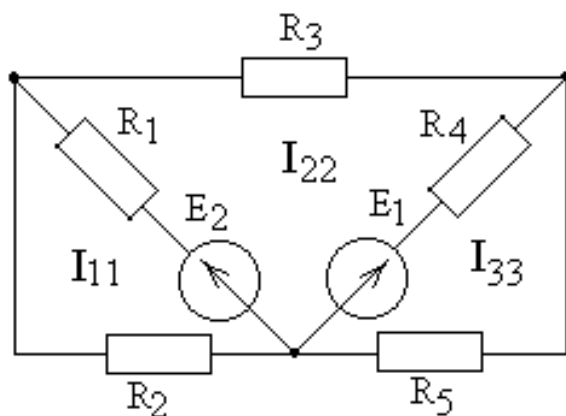
Rasm-1.20 da berilgan sxemadagi EYUK $E=10\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=2\text{ Om}$; $R_2=3\text{ Om}$; $R_3=4\text{ Om}$; $R_4=1\text{ Om}$; $R_5=3\text{ Om}$ va $R_6=2\text{ Om}$ bO'lgan elektr zanjirning ekvivalent qarshiligi, tok kuchi va quvvat aniqlansin.



1.21-Masala

Рачм-

Rasm-1.21 da berilgan elektr zanjirining tarmoklardagi tolar va kuchlanishlar pasayishi kontur toklar usuli bilan aniqlansin. Barcha mustakil konturlarning yechimi Kirxgof qonunlari asosida tekshirilsin. E.yu.k. va qarshiliklar qiymatlari quyidagicha : $E_1=20\text{ V}$, $E_2=24\text{ V}$, $R_{e1}=2\text{ Om}$, $R_{e2}=3\text{ Om}$, $R_1=5\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=5\text{ Om}$, $R_4=7\text{ Om}$, $R_5=10\text{ Om}$.



Рачм-

Yechilishi:

Berilgan: $E_1=20\text{ V}$, $E_2=24\text{ V}$, $R_{e1}=2\text{ Om}$, $R_{e2}=3\text{ Om}$, $R_1=5\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=5\text{ Om}$, $R_4=7\text{ Om}$, $R_5=10\text{ Om}$.

Topish kerak: $I_1=?$ $I_2=?$ $I_3=?$ $I_4=?$ $I_5=?$

1.Sxemani mustakil mustakil konturlarga ajratib, kontur toklarning yunalishini ixtiyoriy tanlab olamiz. Xar bir konturga tuzilgan tenglamalarning umumiy kurinishi quyidagicha bo'ladi:

$$E_{11}=R_{11} \cdot I_{11}+R_{12} \cdot I_{22}+R_{13} \cdot I_{33}$$

$$E_{22}=R_{21} \cdot I_{11}+R_{22} \cdot I_{22}+R_{23} \cdot I_{33}$$

$$E_{33}=R_{31} \cdot I_{11}+R_{32} \cdot I_{22}+R_{33} \cdot I_{33}$$

2.Konturlardagi EYUK lar, konturlarning qarshiliklari va yondosh tarmoklarning qarshiliklarini xisoblaymiz:

$$E_{11}=E_1=20 \text{ B. } E_{22}=E_2-E_1=24-20=4 \text{ B. } E_{33}=E_2=24 \text{ B.}$$

$$R_{11}=R_1+R_{01}+R_2=5+2+8=15 \text{ Om.}$$

$$R_{22}=R_{01}+R_2+R_3+R_4+R_{02}=2+8+5+7+3=25 \text{ Om.}$$

$$R_{33}=R_{02}+R_4+R_5=3+7+10=20 \text{ Om.}$$

$$R_{12}=R_{21}=-(R_{01}+R_2)=-(2+8)= -10 \text{ Om.}$$

$$R_{23}=R_{32}=R_{02}+R_4=3+7=10 \text{ Om.}$$

I_{11} va I_{22} kontur toklari karama-qarshi tamonlarga yunalganligi uchun $R_{12}=R_{21}$ qarshiliklarning qiymatlari manfiy bo'ladi. R_{13} va R_{31} qarshiliklar esa nolga teng.

3.Tenglamani yechish uchun aniklovchilar usulini kullaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 0 \\ -10 & 25 & 10 \\ 0 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 7500 - 1500 - 2000 = 4000$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} E_{11} & R_{12} & R_{13} \\ E_{22} & R_{22} & R_{23} \\ E_{33} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & 0 \\ 4 & 25 & 10 \\ 24 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 10000 - 2400 - 2000 + 800 = 6400$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} R_{11} & E_{11} & R_{13} \\ R_{21} & E_{22} & R_{23} \\ R_{31} & E_{33} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & 20 & 0 \\ -10 & 4 & 10 \\ 0 & 24 & 20 \end{vmatrix} = 1200 - 3600 + 4000 = 1600$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & E_{11} \\ R_{21} & R_{22} & E_{22} \\ R_{31} & R_{32} & E_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 20 \\ 10 & 25 & 4 \\ 0 & 10 & 24 \end{vmatrix} = 9000 - 2000 - 600 - 2400 = 4000$$

4.Kontur toklarini aniqlaymiz:

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{6400}{4000} = 1,6A \quad I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1600}{4000} = 0,4A \quad I_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{4000}{4000} = 1A$$

5.Tarmoklardagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1=I_{11}=1,6 \text{ A; } I_2=I_{11}-I_{22}=1,6-0,4=1,2 \text{ A; } I_3=I_{22}=0,4 \text{ A;}$$

$$I_4=I_{33}+I_{22}=1+0,4=1,4 \text{ A; } I_5=I_{33}=1 \text{ A}$$

6.Tarmoklardagi kuchlanishlar pasayishini aniqlaymiz:

$$U_1=I_1R_1=1,6 \cdot 5 = 8B;$$

$$U_2=I_2(R_2+R_{01})=1,2(8+2)=12B;$$

$$U_3=I_3R_3=0,4 \cdot 5 = 2B;$$

$$U_4=I_4(R_4+R_{02})=1,4(7+3)=14 \text{ B;}$$

$$U_5=I_5R_5=1 \cdot 10 = 10B.$$

7.Yechimlarni Kirxgofning ikkinchi qonuniga muvofik tekshiramiz:

$$\begin{aligned}E_1 &= U_1 + U_2 = 8 + 12 = 20 \text{ B;} \\E_2 &= U_4 + U_5 = 14 + 10 = 24 \text{ B;} \\E_2 - E_1 &= U_4 + U_3 - U_2 = 14 + 2 - 12 = 4 \text{ B.}\end{aligned}$$

O'zgaruvchan tok zanjirlarini xisoblash bo'yicha nazariy ma'lumotlar

Elektrotexnikaning asosiy qonunlari bo'lgan Om va Kirxgof qonunlari O'zgaruvchan tok zanjirlarida ham O'z kuchini saqlab qoladi.

O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Bu yerda Z va U -tO'la qarshilik va tO'la O'tkazuvchanlik yoki $I = Y \cdot U = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} \cdot U$

«Zanjirdagi tok kuchining effektiv qiymati zanjirdagi kuchlanishning effektiv qiymatiga tO'g'ri proporsional, zanjirning tO'la qarshiligiga teskari proporsional».

O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qonuni quyidagicha ifodalash mumkin: $\sum_{\kappa=1}^n \vec{I}_{\kappa} = 0$ yoki $\sum_{\kappa=1}^n i_{\kappa} = 0$

«Tugundagi toklarning oniy qiymatlarini algebraik yig'indisi nolga teng» yoki «Tugundagi toklarning effektiv qiymatlarining geometrik yig'indisi nolga teng».

Kirxgofning ikkinchi qonunini O'zgaruvchan tok zanjiri uchun quyidagicha ifodalash mumkin: $\sum_{\kappa=1}^n e_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^n i_{\kappa} R_{\kappa}$ yoki $\sum_{\kappa=1}^n \vec{E}_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^n \vec{I}_{\kappa} \cdot R_{\kappa}$

«Konturdagi EYuK-larning oniy qiymatlarining algebraik yig'indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvlarining oniy qiymatlarini algebraik yig'indisiga teng» yoki

«Konturdagi EYuK-larning effektiv qiymatlarining geometrik yig'indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvining effektiv qiymatlarini geometrik yig'indisiga teng».

Zanjirga har qanday sinusoidal O'zgaruvchan tok I berilganda U kuchlanish ta'sirida t vaqtda $A = \int_0^t u i dt$ ish bajariladi, bu ish miqdor jixatdan kuchlanish, tok va vaqtning kO'paytmasiga teng. Bu ishning intensivligi p_{qu-i} kO'paytmaga bog'liq. Bu p - kattalik manbadan zanjirga kelayotgan quvvatning oniy qiymati deb ataladi.

Agar $u = U_m \sin \omega t$ va $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ bo'lsa, $P = U \cdot I \cos \varphi - U \cdot I \cos(2\omega t - \varphi)$ bo'ladi, ya'ni oniy quvvat ikkita tashqil etuvchidan iborat bo'lib, ulardan birinchisi vaqt ga bog'liq bulmay, ikkinchisi vaqt ichida miqdori va yo'nalishi bo'yicha ikkilangan chastota (2ω) bilan O'zgaradi.

Manbadan kelayotgan energiya quvvati T davr ichida uzining O'rtacha qiymati atrofida bo'ladi, bu qiymat son jixatidan quyidagiga teng, ya'ni: $P = UI \cos \varphi$ bu ifoda sinusoidal tok zanjirining aktiv (foydali) quvvati deb ataladi. XBT (SI) da aktiv quvvat

birligi kilib [vt] kabul kilingan, bundan tashqari $1 \text{ mVt}=10^6 \text{ Vt}$; $1 \text{ kVt}=10^3 \text{ Vt}$. lar ham ishlatiladi.

$\cos \varphi$ -quvvat koeffitsienti deyiladi va bu kattalik amalda $\cos \varphi < 1$ bo'ladi, chunki zanjirda doimo L va C elementlari bo'ladi.

Sinusoidal tok zanjirlarining quvvati ko'p xollarda to'la quvvat deb ataladigan miqdordan kichik bo'ladi.

TO'la quvvat energetik qurilmalarning ishlatilish vaqtida kuchlanish va tok bo'yicha bera oladigan nominal qiymatlarini ifodalaydi: $S=U \cdot I$ (BA), (kBA), (MBA).

Zanjirdagi foydali ishni tokning fakat bir qismigina bajaradi, ya'ni $I_g = I \cos \varphi$ ga teng bo'lgan tokning aktiv tashqil etuvchisi. Tokning reaktiv tashqil etuvchisi $I_b = I \sin \varphi$ elektr va magnit maydonini xosil qilish uchun sarf bo'lib, ularning energiyasi L va C elementlarida davriy ravishda yigilib, yana manbaga kaytariladi. Shu sababli reaktiv quvvat tushunchasi kiritilib, u son jixatdan $Q = U I \sin \varphi$ ga teng. O'lchov birligi XBT (SI) da: (VAr), (kVAr), (MVar).

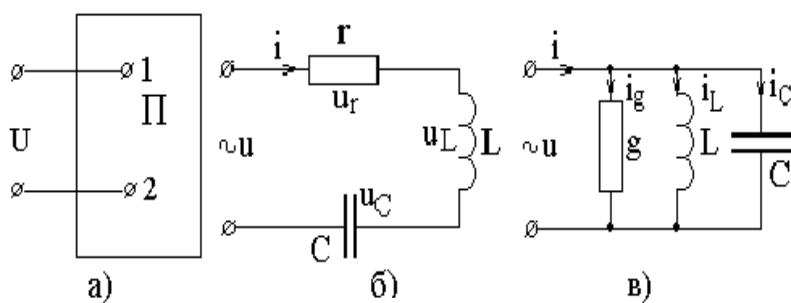
R,L,C elementlar ketma ket ulangan zanjirlar uchun quyidagilarni yozish mumkin: $P = UI \cos \varphi = U_r I = I^2 R$ $Q = U I \sin \varphi = U_x I = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$;

Parallel ulangan zanjirlar uchun: $P = U I \cos \varphi = U I_g = g U^2$ $Q = U I \sin \varphi = U I_b = b U^2$ $S = UI = IU^2$;

P va S lar doimo musbat Q reaktiv quvvat esa $\varphi > 0$ bo'lsa, musbat (induktiv zanjir) va $\varphi < 0$ bo'lganda esa manfiy (sig'imiyl zanjir) bo'ladi.

Bir fazali manbadan ta'minlanlanayotgan O'zgaruvchan tok murakkab zanjirlarida zanjirga berilayotgan kuchlanish U, tok I va faza siljish burchagi φ ning miqdori va yo'nalishi asosiy parametrlar xisoblanadi.

Agar bu zanjirni qandaydir passiv ikki kutblik P tarzida tasavvur kilsak (Rasm-2.1.a), u ketma ket va parallel ulangan zanjirlarning bir xil extimollik va aniklikdagi



Rasm-2.1

ifodasi bo'ladi. Agar bu zanjir uchun U, I va φ qiymatlar ma'lum bo'lsa, u xolda ikki kutblikning parametrlari zanjir qismlarining qarshiliklari yoki O'tkazuvchanliklari bo'yicha aniqlanadi.

Birinchi xol uchun: $Z = \frac{U}{I}$

$$R = Z \cos \varphi \quad X = Z \sin \varphi = X_L - X_C$$

Bunda $\varphi > 0$ bo'lsa $X_L > X_C$ va $\varphi < 0$ bo'lsa $X_L < X_C$ bo'ladi.

$$\text{Ikkinchi xol uchun: } Y = \frac{I}{U} \quad g = Y \cos \varphi \quad b = b_L - b_C = Y \sin \varphi$$

Bunda $\varphi > 0$ bo'lsa $b_L > b_C$ va $\varphi < 0$ bo'lsa $b_L < b_C$ bo'ladi.

Ular asosida ketma ket va parallel ulangan ikkita zanjirni bir-biriga ekvivalent deb xisoblanadi. buning uchun quyidagi ekvivalentlik shartlari bajarilishi kerak: $Z_E = \frac{U}{I}$

va $Y_e = \frac{I}{U}$ chunki: $Z_E = 1/Y_e$ $\sin \varphi = \frac{X_{\varnothing}}{Z_{\varnothing}} = \frac{b_{\varnothing}}{Y_{\varnothing}}$ $\cos \varphi = \frac{R_{\varnothing}}{Z_{\varnothing}} = \frac{g_{\varnothing}}{Y_{\varnothing}}$

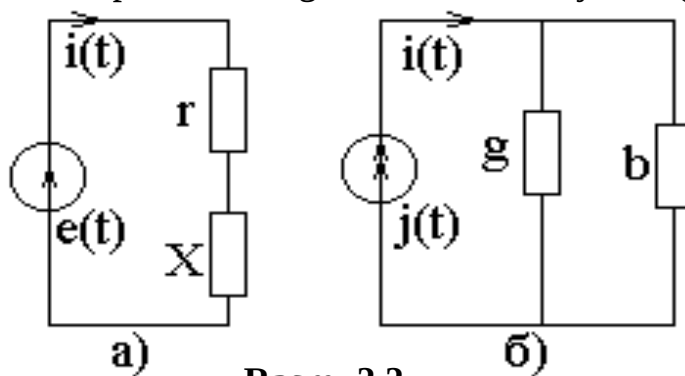
Ekvivalent aktiv, reaktiv qarshilik va O'tkazuvchanliklar uchun quyidagi munosabatlarni yozish mumkin: $R_E = Z_E \cos \varphi = \frac{P}{I^2}$ $G_E = Y_E \cos \varphi = \frac{P}{U^2}$

Aralash ulangan murakkab zanjirlarni xisoblashda, ba'zan, zanjirning barcha elementlarini ketma-ket yoki parallel ulashga keltirish zarur bo'ladi.

Agar I_e , g_e va b_e elementli parallel zanjir berilgan bo'lsa, unga ekvivalent bo'lgan ketma-ket zanjirning qarshiligi:

$$Z_E = 1/Y_e \quad R_E = \frac{g_{\varnothing}}{Y_{\varnothing}^2} \quad X_E = \frac{b_{\varnothing}}{Y_{\varnothing}^2}$$

Sinusoidal O'zgaruvchan tok zanjirlarini xisoblashda, har qanday zanjirni unga ekvivalent bo'lgan, R, L va S elementlari parallel yoki ketma-ket ulangan zanjirga almashtirib olishga tugri keladi. Bunda ketma-ket zanjirda aktiv va reaktiv qarshiliklarni ketma-ket ulangan ekvivalent zanjir past parallel zanjirda esa, aktiv va reaktiv utkazuvchanliklarni parallel ulangan ekvivalent zanjirdan (rasm-6.5 a, b) foydalaniladi.



Rasm -2.2

Agar ketma-ket ulangan zanjirga (rasm-2.2.a) EYuK manbai $e(t)$ ulangan bo'lsa, zanjirdagi tok quyidagicha bo'ladi:

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_u)$$

$$e(t) = \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t + \psi_a - \varphi)$$

bu yerda: $\varphi = \arctg(X/Z)$ -faza siljish burchagi, $Z = \sqrt{r^2 + x^2}$ -tula qarshilik.

Agar parallel ulangan zanjirga $j(t)$ tok manbai ulangan bo'lsa, zanjir elementlaridagi kuchlanishni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$i(t) = I_n \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$u(t) = \frac{I_m}{y} \sin(\omega t + \psi_i + \varphi)$$

bu yerda: $\varphi = \arctg(\frac{g}{g})$ -faza siljish burchagi, $Y = \sqrt{g^2 + \sigma^2}$ -tula utkazuvchanlik.

Ketma-ket ulangan ekvivalent zanjirni parallel ulangan ekvivalent zanjirga almashtirishda quyidagi ifodalardan foydalaniladi: $g = \frac{r}{Z^2}$; $y = \frac{X}{Z^2}$.

Parallel ulangan ekvivalent zanjirni ketma-ket ulangan ekvivalent zanjirga almashtirishda quyidagi ifodalardan foydalaniladi: $r = \frac{g}{y^2}$; $x = \frac{\sigma}{y^2}$.

Bu shartlar bajarilsa ikkala zanjir ham (Rasm-2.2.a,b) bir-biriga ekvivalent xisoblanadi.

Masala:

Agar tok manbai va zanjir parametrlari quyidagicha bo'lsa, rasm-2.3 da berilgan zanjirning kirishidagi kuchlanish $u(t)$ ni aniqlang:

$$i(t) = 0,1 \sin 500 t \text{ (A)}$$

$$b_C = 0,1 \text{ (Sm)}, \quad X_L = Z = 10 \text{ (Om)}$$

Echish:

1. X_L va r ketma-ket ulangan zanjirni parallel ekvivalent zanjirga almashtiramiz:

$$g = \frac{r}{Z^2} = \frac{r}{r^2 + X_L^2} = \frac{10}{200} = 0,5 \text{ (Cm)}$$

$$b_L = \frac{X_L}{Z^2} = \frac{X_L}{r^2 + X_L^2} = \frac{10}{200} = 0,5 \text{ (Cm)}$$

2. Bu umum zanjir uchun ekvivalent tula va reaktiv utkazuvchanlikni xisoblaymiz:

$$b = b_L - b_C = 0,05 - 0,2 = -0,15 \text{ (Sm)}$$

$$u = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,5^2 + (-0,15)^2} = 0,16 \text{ (Cm)}$$

3. Zanjirni kirish qismidagi kuchlanishni amplituda qiymatini xisoblaymiz:

$$U_m = \frac{I_m}{y} = \frac{0,1}{0,16} = 0,625 \text{ (v)}$$

4. Faza siljish burchagini xisoblaymiz:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{b}{g}\right) = \arctg\left(\frac{-0,15}{0,5}\right) = \arctg(-0,3) = -12^\circ$$

5. Zanjir kirishidagi kuchlanishning oniy qiymati quyidagicha bo'ladi.

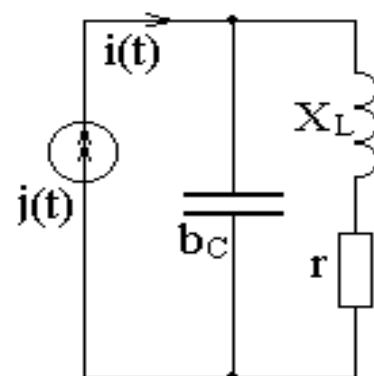
$$u(t) = U_m \sin(500t + \varphi) \text{ yoki}$$

$$u(t) = 0,625 \sin(500t - 12^\circ)$$

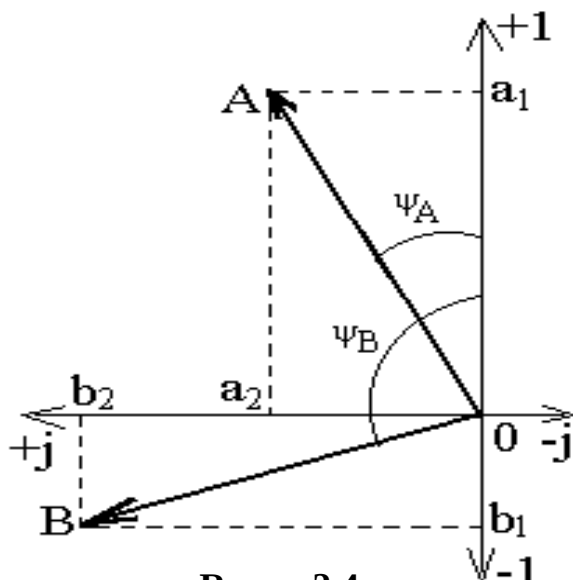
Yuqoridagi ifodalardan bu zanjir sig'imiylilik harakterga ega ekanligi kelib chikadi, chunki $V_L < V_S$.

Murakkab sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini oddiy matematik usul bilan xisoblash noqulay va ko'p mehnat talab qiladi va undan amaliy xisoblashlarda foydalanish qiyin. Shuning uchun murakkab zanjirlarni xisoblashda kompleks usuldan foydalaniladi.

Kompleks usul, ya'ni aylanuvchi vektorlarni kompleks sonlar yordamida ifodalash geometrik yasashlarni talab kilmay, kompleks sonlar ustida amallar bajariladi. Rasm-8.1 da haqiqiy (± 1) va mavxum ($\pm j$) o'qlarda kompleks tekislik ko'rsatilgan bo'lib, unda A va B kompleks sonlar tasvirlangan. Bu sonlarni tasviri koordinata boshidan chikib A va B modullarga ega bo'lgan vektorlarni



Rasm -2.3



Rasm -2.4

ifodalaydi.

Bu vektorlar ikki xil kO‘rinishda berilishi mumkin:

1. Daraja kO‘rsatkichli shaklda: $\dot{A} = Ae^{j\psi_A}$ va $\dot{B} = Be^{j\psi_B}$

2. Algebraik yoki trigonometrik shaklda: $\dot{A} = a_1 + ja_2$ va $\dot{B} = b_1 + jb_2$

Kompleks sonlar uchun Eyler formulasiga asosan Yuqoridagi ifodalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$E^{jZ} = \cos Z + j\sin Z \quad E^{-jZ} = \cos Z - j\sin Z$$

$\dot{A} = A(\cos\psi_A + j\sin\psi_A)$ $\dot{B} = B(\cos\psi_B + j\sin\psi_B)$ Yuqoridagi $\dot{A} = Ae^{j\psi_A} = a_1 + ja_2$ kompleks son uchun quyidagi nisbatlarni keltirish mumkin:

$$A = A\sqrt{a_1^2 + a_2^2} \quad \psi_A = \arctg \frac{a_2}{a_1}$$

a_1 - kompleks sonning haqiqiy qismi, a_2 - kompleks sonning mavxum qismi.

Demak sinusoidal O‘zgaruvchan $I = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ tokka kompleks tekislikda I_m amplituda va ψ_i - argument bilan aniqlanadigan quyidagi vektor mos keladi:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i}$$

Xaqiqiy xisoblashlarda toklar, e.yu.k. va kuchlanishlarning effektiv qiymatlari beriladi, u xolda tegishli komplekslar quyidagicha kO‘rinishda yozish mumkin:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i} \quad \dot{U}_m = U_m e^{j\psi_u} \quad \dot{E}_m = E_m e^{j\psi_e}$$

Shunday kilib, kompleks usul sinusoidal funktsiyalardan kompleks sonlarga utish imkonini beradi.

Berilgan biror passiv zanjir $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ kuchlanish manbaiga ulangan bo‘lsa, zanjir elementlarining ulanish usulidan kat iy nazar, butun zanjirning toki $I = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ bo‘lsa, kuchlanish va tokning effektiv qiymatlarining komplekslari quyidagicha bo‘ladi:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i} \quad \dot{U}_m = U_m e^{j\psi_u}$$

Om qonuniga binoan, bu zanjirning tula qarshiligi kompleks shaklda quyidagicha yoziladi: $\dot{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = Ze^{j\varphi} = Z \cos \varphi + jZ \sin \varphi$

$Z = r + jX$ – zanjirning kompleks qarshiligi, r , x va z - lar mos ravishda aktiv, reaktiv va tula qarshiliklarning modullari.

Zanjirning kompleks utkazuvchanligi ham shunday aniqlanadi:

$$\dot{Y} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = Ye^{-j\varphi} = y \cos \varphi - jy \sin \varphi$$

$y = g - jb$ - zanjirning kompleks utkazuvchanligi. g , b va y – mos ravishda zanjirning aktiv, reaktiv va tula utkazuvchanliklarining modullari.

Shunday kilib, Om qonunini umumiy kO‘rinishda quyidagi shakllarda yozish mumkin: $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z}$ $\dot{U} = \dot{I} Z$ $\dot{I} = \dot{U} Y$ $\dot{U} = \frac{\dot{I}}{Y}$

Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlari quyidagi kompleks kO‘rinishda

$$\text{bO'ladi: } \sum_{K=1}^n \dot{I}_K = 0 \quad \text{va} \quad \sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{U} = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K Z_K$$

Sinusoidal tok zanjiridagi aktiv, reaktiv va tula kuvvatlarni U va I ning berilgan effektiv qiymatlari, shuningdek, bu mikdorlarning vektorlari orasidagi faza siljish burchagi $\varphi = \psi_u - \psi_i$ orqali xisoblash mumkin, ya'ni: $P=UI\cos\varphi$; $Q=UI\sin\varphi$; $S=UI$,

Agar $S=UI$ kO'paytmaning komplekslari ($\dot{U}$ yoki $\dot{I}$) dan birortasining argumenti teskari ishorali kilib olinsa, kO'paytma vektorining argumenti $\pm\varphi$ ga teng bO'ladi, ya'ni:

$$\dot{S} = Ue^{-j\psi_u} \cdot Ie^{j\psi_i} = UIe^{-j\varphi} = UI\cos\varphi - jUI\sin\varphi = P - jQ$$

$$\dot{S} = Ue^{j\psi_u} \cdot Ie^{j\psi_i} = UIe^{j\varphi} = UI\cos\varphi + jUI\sin\varphi = P + jQ$$

Shunday qilib, kuchlanish va tokning teskari ishorada olingan argumentli komplekslari, ya'ni argumentning ishorasini sun'iy ravishda teskarisiga almashtirish kompleks $\dot{S}$ ning moduliga teng tula kuvvat S ni va uning aktiv, reaktiv tashqil etuvchilarini bir vaqtda xisoblashga imkon beradi.

Agar tok kompleksi $\dot{I} = Ie^{j\psi_i}$ urniga $\hat{I} = Ie^{j\psi_i}$ ni olsak, aksincha $-jQ$ qism zanjirning sig'im harakteriga, $+jQ$ esa induktiv harakteriga ega ekanligiga mos keladi.

Masala: Iste'molchidagi tok va kuchlanishlarning kompleks qiymatlari $\dot{I}=j100$ va $\dot{U}=16+j12$ ga teng bO'lsa, aktiv va reaktiv qarshiliklarni hamda aktiv, reaktiv va tO'la quvvatlarni xisoblang.

Echilishi:

1.Tula qarshilikni quyidagicha xisoblab topamiz:

$$\dot{Z}=\dot{U}/\dot{I}=j100/(16+j12)=5e^{j53^\circ}=(3+j4)\text{ Om}$$

Kompleks tula qarshilikni xaqiqiy qismi aktiv qarshilikka, mavxum qismi esa reaktiv qarshilikka teng bO'lganligi uchun: $r=3\text{ Om}$, $X=4\text{ Om}$ va $Z=5\text{ Om}$ ga teng bO'ladi.

2.Kompleks kuvvatni topish uchun tok kuchini mavxum qismidagi ishorasini qarama-qarshisiga O'zgartirib kompleks kuchlanishga kO'paytiramiz:

$$\dot{S}=\dot{U}\cdot\dot{I}=j100(16-j12)=2000e^{j53^\circ}=(1200+j1600)\text{ VA.}$$

Bunda aktiv, reaktiv va tula kuvvatlarni qiymatlari:

$P=1200\text{ Vt}$, $Q=1600\text{ var}$, $S=2000\text{ VA}$ ga teng bO'ladi.

Masala

Rasm-2.5 da berilgan sxemadagi toklarni oniy qiymatlarini aniqlang. Zanjir parametrlari quyidagicha:

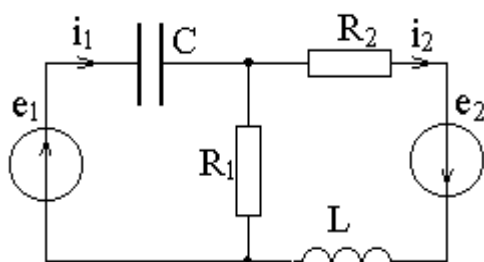
$$e_1(t)=10\text{ in }100\text{ t. B.}$$

$$e_2(t)=14,1\text{ in } (100t+45^\circ)\text{B.}$$

$$R_1=R_2=1\text{ Om}$$

$$L=10\text{ mGn}=10^{-2}\text{ Gn}$$

$$C=10^{-2}\text{F}$$



Rasm-2.5

Echish:

1. Manba kuchlanishlarini kompleks kO‘rinishda yozamiz:

$$\dot{E}_{m1}=10B; \dot{E}_{m2}=14,1 e^{j45} B.$$

2. Tarmoqlardagi kompleks qarshiliklarni hisoblaymiz;

$$Z_L=j\omega L=j100 \cdot 10^{-2}=j1 \text{ Om}$$

$$Z_C=-\frac{j1}{\omega C}=-\frac{j1}{100 \cdot 10^{-2}}=-j1 \text{ Om}.$$

$$Z_1=R_L=1 \text{ Om}$$

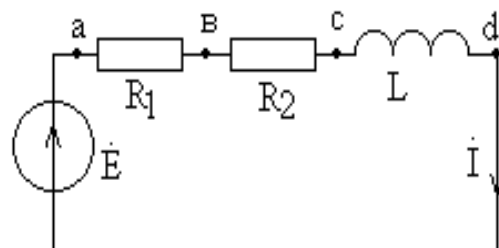
3. Kontur toklar usuliga asoslanib tenglamalar tuzib, bu tenglamalarni yechamiz:

$$\dot{I}_{m11}(Z_C+R_1)=\dot{E}_{m1}$$

$$\dot{I}_{m22}(R_1+R_2+Z_L)=\dot{E}_{m2}$$

$$\dot{I}_{m11}=\frac{\dot{E}_{m11}}{Z_C+h_1}=\frac{10}{-j1+1}=16e^{j60^\circ}$$

$$\dot{I}_{m22}=\frac{\dot{E}_{m2}}{R_{1c}+R_2+Z_L}=\frac{14,1e^{j45}}{2+j1}=13,4e^{j27^\circ}$$



Rasm-2.6

4. Tarmoqdagi toklarni kontur toklar bilan ifodalaymiz va ularni kompleks qiymatini aniqlaymiz:

$$\dot{I}_{m1}=\dot{I}_{m11}=16e^{j60^\circ} \text{ A}$$

$$\dot{I}_{m2}=\dot{I}_{m22}=13,4e^{j27^\circ} \text{ A}$$

5. Toklarni oniy qiymatlarini yozamiz:

$$i_1(t)=16\sin(100t+60^\circ) \text{ A}$$

$$i_2(t)=13,4\sin(100t+27^\circ) \text{ A}.$$

Masala:

Rasm-2.6 da keltirilgan sxemada EYuK $E=141\sin\omega t$ V ga, aktiv qarshiliklar R_1 va R_2 , induktivlik L ga teng bo‘lsa, zanjir elementlaridagi tok va kuchlanishlarni aniqlang.

Echilishi: $R_1=3 \text{ Om}$, $R_2=2 \text{ Om}$, $L=9,55 \text{ mGn}$

1. Berilgan zanjir uchun tenglama tuzamiz:

$$i(R_1+R_2)+L\frac{di}{dt}=e \text{ yoki } \dot{I}(R_1+R_2)+j\omega L \dot{I}=\dot{E} \text{ yoki } \dot{I}Z=\dot{E}$$

2. Tula kompleks qarshilikni xisoblaymiz:

$$Z=R_1+R_2+j\omega L=3+2+j314 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3}=5+j3=5,82 e^{j31}$$

3. EYuK ning kompleks taʼsir etuvchi qiymatini topamiz: $\dot{E}=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{141}{\sqrt{2}}=100 \text{ V}$

4. Zanjirdagi tok kuchini topamiz.

$$\dot{I}=\frac{\dot{E}}{Z}=\frac{100}{5+j3}=\frac{100(5-j3)}{25+9}=14,7-j8,8=17,2 e^{-j31}$$

5. R_1 -qarshilikdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_{R1}=\dot{U}_{av}=\dot{I}R_1=(14,7-j8,8) \cdot 3=44,1-j26,4=51,6 e^{-j31} \text{ B}$$

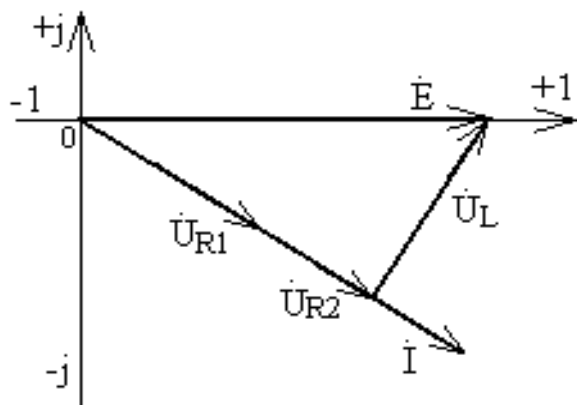
6. R_2 -qarshilikdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_{R2} = \dot{U}_{Vs} = \dot{I}R_2 = (14,7 - j8,8) \cdot 2 = 29,4 - j17,6 = 34,4 e^{-j31} \text{ B}$$

7. Induktiv g'altakdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_L = \dot{U}_{cd} = j\omega L \dot{I} = j314 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3} \cdot (14,7 - j8,8) = 26,4 + j44,1 = 51,6 e^{j59} \text{ B}$$

8. Ma'lum masshtabda vektor diagrammani ko'ramiz (Rasm-2.7).



Rasm-2.7

Masala:

Rasm-2.8 da berilgan zanjir sinusoidal $u = U_m \sin \omega t$ kuchlanish manbaiga ulangan. Tarmoklardagi tok kuchi $I_1 = I_3 = I_4 = 10 \text{ A}$ bo'lsa, zanjirdagi umumiy tokni effektiv qiymatini aniqlang.

Echish:

1. Tarmoklardagi toklarni kompleks qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\dot{I}_1 = j10 \text{ A}$$

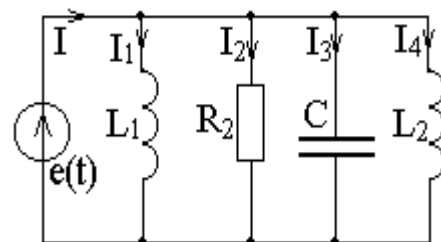
$$\dot{I}_2 = 10 \text{ A}; \dot{I}_3 = -j10 \text{ A}; \dot{I}_4 = j10 \text{ A}.$$

2. Kirxgofning birinchi qonuniga asosan umumiy tokni topamiz:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = j10 + 10 - j10 + j10 = 10 + j10$$

$$I = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14,14 \text{ A}$$

Zanjirdagi umumiy tokning effektiv qiymati $I = 14,14 \text{ A}$ ga teng.



Rasm-2.8

O'zgaruvchan tok zanjirlariga doir masalalar

2.1-Masala

Chastotasi $f = 100 \text{ Gs}$ bo'lgan sinusoidal O'zgaruvchan tokning davri va burchak chastotasi aniqlansin.

2.2-Masala

Fabrika bir oy ishlashi davomida uning aktiv energiya schetchigi 245000 kVt. soatni, reaktiv energiya schetchigi esa 140000 kVAr. soat ni ko'rsatdi. Fabrikaning O'rtacha oylik quvvat ko'effitsiyenti aniqlansin.

2.3-Masala

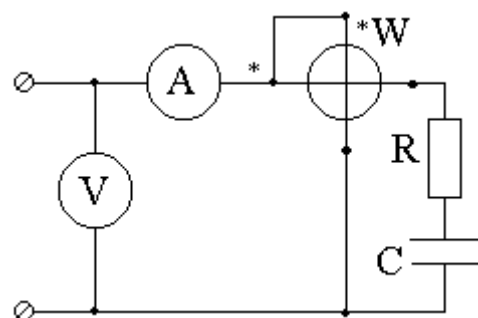
Kuchlanishi $U = 220 \text{ V}$, chastotasi $f = 60 \text{ Gs}$ bo'lgan manbaga induktiv g'altak va kondensator galma-galdan ulanganda zanjirdan oqib utgan tok bir xil, ya'ni $I = 10 \text{ A}$. G'altakning induktivligi va kondensatorning sig'imi aniqlansin.

2.4-Masala

Zanjirga berilgan kuchlanishning va undagi tokning oniy qiymatlari $u=280\sin\omega t$ va $i=12,7 \sin((t-45^\circ))$ ma'lum bo'lsa, zanjirning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari va qarshiliklari topilsin.

2.5-Masala

Elektr zanjiriga ulangan ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlari $I=10$ A, $U=380$ B. (Rasm-2.5). Tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi burchagi $\varphi=30^\circ$. Vattmetrning ko'rsatishi, zanjirning aktiv va sig'im qarshiliklari xamda reaktiv va to'la quvvatlari aniqlansin.



Rasm-2.5

2.6-Masala

Aktiv qarshiligi xisobga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lgan g'altak $f=50$ Gs chastotali O'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. Agar g'altak uchlariga ulangan voltmetr $U=220$ V kuchlanishni, ampermetr esa $I=5$ A tokni ko'rsatsa g'altakni induktivligi L topilsin.

2.7-Masala

Chastotasi $f=50$ Gs, kuchlanishi $U=220$ V bo'lgan O'zgaruvchan tok tarmogiga sig'imi $S=5$ mkf li kondensator ulangan. zanjirdagi tok va kondensatorning zlekr maydonida yigilgan energiyaning maksimal qiymati aniqlansin.

2.8-Masala

$S=200$ mkF sig'imli kondensator aktiv qarshiligi $R=12$ Om, induktivligi $L=40$ mkG bo'lgan g'altak $U=220$ V kuchlanishli va $f=50$ Gs chastotali O'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket ulangan. Zanjirdagi tok kuchi, aktiv quvvati, kondensatorning sig'im qarshiligi va g'altakning induktiv qarshiligi xamda kuchlanishlar tushishi aniqlansin?

2.9-Masala

Standart chastotali va $U=120$ V kuchlanishli O'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket q'ilib $R=3$ Om li qarshilik, induktivligi $L=12,7$ m Gs bo'lgan g'altak va $S=394$ mkF sig'imli kondensator ulangan bo'lsa, g'altakning induktiv qarshiligi kondensatorning sig'im qarshiligi, to'la qarshilik xamda zanjirdagi tokning aktiv va to'la quvvatlari topilsin?

2.10-Masala

Agar zanjirga ulangan ampermetr 2 A ni, voltmeter esa 220 V ni ko'rsatayotgan bo'lsa, zanjirdagi tok kuchining va kuchlanishning amplituda qiymatlarini toping?

2.11-Masala

Induktivligi $L=0,4$ Gs bo'lgan g'altakni chastotasi $f_1=50$ Gs va $f_2=400$ Gs bo'lgan O'zgaruvchan tok tarmoklariga ulangan xollar uchun induktiv qarshiliklarni toping?

2.12-Masala

$S=12$ mkF sig'imli kondensatorni chastotasi $f_1=50$ Gs, $f_2=5$ kGs va $f_3=25$ mGs, bo'lgan tok tarmoklariga ulangan xollar uchun sig'im qarshiliklarini toping?

2.13-Masala

Ikki simli liniya oxiriga quvvati $R_1=22$ kVt li bo'lgan elektr dvigateli bilan umumiy quvvati $R_2=2,2$ kVt bo'lgan bir grupp lampalardan iborat iste'molchilar parallel ulangan. Bitta liniya simining qarshiligi $r_1=0,02$ Om bo'lib, iste'molchilarning qismlaridagi kuchlanish $U_2=220$ V bo'lsa, liniya boshidagi kuchlanish U_1 aniqlansin.

2.14-Masala

Aktiv qarshiligi juda kichik bo'lgan g'altak standart chastotali O'zgaruvchan tok tarmogiga ulangan. G'altak uchlarida ulangan voltmeter $U=120$ V kuchlanishni ampermetr esa $I=2,4$ A ni ko'rsatsa, g'altakning induktivligini toping?

2.15-Masala

Effektiv kuchlanishi $U=120$ V va chastotasi $f=1$ kGs bo'lgan O'zgaruvchan tokka ulanganda g'altakning induktiv qarshiligi $X_L=250$ Om bo'lsa undan utayotgan tok kuchining amplituda qiymatini, uning induktivligini toping?

2.16-Masala

Standart chastotali O'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv qarshiligi $R=10$ Om va induktivligi $L=0,2$ Gs bo'lgan g'altakning to'la qarshiligi topilsin.

2.17-Masala

Standart chastotali va 220 V kuchlanishli O'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket q'ilib $R=20$ Om li qarshilik $L=60$ MGs induktivlik g'altak va $S=80$ mkF sig'imli kondensator ulangan. Zanjirdagi tok kuchi g'altak va kondensatorlardagi kuchlanishlarni toping?

2.18-Masala

Chastotasi 400 Gs bo'lgan O'zgaruvchan tok tarmogiga $S=2$ mkF sig'imli kondensator ulangan zanjirda kuchlanish rezonansi xosil bulishi uchun zanjirga ulanishi kerak bo'lgan g'altakning induktivligini toping?

2.19-Masala

Chastotasi $f=500$ Gs bo'lgan O'zgaruvchan tok tarmogiga $L=20$ mGs induktivlikli g'altak ulangan zanjirda kuchlanish rezonansi xosil bulishi uchun zanjirga ulanishi kerak bo'lgan kondensatorning sig'imi S ni toping?

2.20-Masala

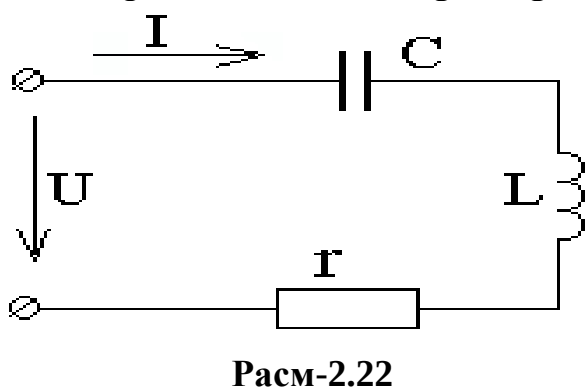
O'zgaruvchan tok zanjirida ampermetr $I=6$ A tokni, voltmeter $U=220$ V kuchlanishni vattmetr esa $R=600$ Vt quvvatni ko'rsatadi. Quvvat ko'effitsiyentini, tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazaning siljishini toping?

2.21-Masala

Zanjirdagi kuchlanish va toklarning oniy qiymatlari ifodasi: $U=310\sin(314t+200)$ $I=8,46\sin(314t-150)$ nagruzka xarakteri va uning parametrlari aniqlansin.

2.22-Masala

Aktiv qarshiligi $r_L=7$ Om ga va induktivligi $L=24$ MGn ga teng bo'lgan g'altak xamda sig'imi $S=1450$ mkF ga teng bo'lgan kondensator ketma-ket ulangan (Rasm-



2.22). Agar bu sxema chastotasi $f=50$ gs ga teng bo'lgan $U=380$ V kuchlanish mabaiga ulansa, quyidagi kattaliklar aniqlansin: I - umumiy tok, U_C -kondensatordagi kuchlanish, U_L - g'altakdagi kuchlanish, $\cos\varphi_L$ - g'altakdagi quvvat ko'effitsenti, $\cos\varphi$ - butun zanjirning quvvat ko'effitsenti, P - zanjirning aktiv quvvati, Q_L -g'altakning reaktiv quvvati, Q_C -kondensatorning reaktiv quvvati, Q -zanjirning reaktiv quvvati, S_L -

g'altakning to'la quvvati, S -zanjirning to'la quvvati aniqlansin va kuchlanishlar vektor diagrammasi chizilsin.

2.23-Masala

Kuchlanishi $U=127$ V va chastotasi $f=50$ gs bo'lgan O'zgaruvchan tok tarmogiga ikkita g'altak ketma-ket ulangan, (Rasm-2.23), g'altaklarning parametrlari $r_1=5$ Om, $r_2=10$ Om, $L_1=L_2=1$ Gn ga teng. Zanjirning quvvat ko'effitsiyenti va tokining kattaligi aniqlansin. Tok va kuchlanishlarni vektor diagrammasi kurilsin.

2.24-Masala

Induksiyasi $V=0,8$ Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonda sirt -20sm^2 bo'lsa tugri burchakli xalka $p=1800$ ayl/km tezlik bilan aylanayapti. Xalkadagi EYUK ni amplituda qiymatini aniqlang, xamda EYUKni O'zgarish qonuniyatini aniqlang.

2.25-Masala

Cigimi 600 mkF bo'lgan kondensator qismlaridagi kuchlanish $u=141\sin(100t+60^\circ)$ qonuniyat bilan O'zgaradi. Kondensatorda jamlangan elektr maydon energiyasini effektiv qiymati, xamda kondensator toki aniqlansin.

2.26-Masala

Agar transformator ikkilamchi chulgamidan utayotgan tok uch barobar oshsa, uzakda O'tayotgan magnit oqimi O'zgaradimi? Nima uchun?

2.27-Masala

Ikkita bir xil transformator berilgan. Ulardan birini magnit uzagi kalinligi 0,35 mm ikkilamchisini 0,5 mm li elektrotexnik pO'lat tunukalardan qilingan. Qaysi transformatorni F.I.K. yuqori? Nima uchun?

2.28-Masala

Agar ketma-ket qO'zgatish chulgamlari dvigatelni qO'zgatish chulgamiga parallel $R_q=R$ qarshilik ulansa dvigatelni aylanish tezligi qanday O'zgaradi? Nima uchun?

2.29-Masala

Asinxron dvigatel stator faza chulgamlar soni $W_1=123$, rotorniki $W_2=18$ chulgam ko'effitsiyenti mos ravishda $K_{01}=0,96$ va $K_{02}=0,975$. Agar magnit oqimi $F_m=2,5 \cdot 10^{-2}$ bO'lsa kuzgalmas rotor uchun xamda $S=0,04$ bO'lganda stator va rotor chulgamlarida induksiylanadigan EYUKni xisoblab toping. Dvigatel $f=50$ Gs bO'lgan manbaga ulangan.

2.30-Masala

Kuchlanishi $U=200$ B va chastotasi bO'lgan manbaga sig'imi $S=2$ mkF bO'lgan kondensator va qarshiligi $R=6$ Om bO'lgan rezistor ketma-ket ulangan. TO'la qarshilik, tok kuchi, aktiv va reaktiv quvvat, xamda quvvat ko'effisienti aniqlansin.

Berilgan: $U=200$ B $S=2$ mkF $R=6$ Om

Aniqlash kerak: $Z, I, P, Q, \cos\varphi=?$

Yechilishi:

$$\text{Zanjirning to'la qarshiligi: } Z=R+\frac{1}{j\omega C}=6+\frac{10^6}{j2 \cdot 3,14 \cdot 10^4 \cdot 2}=(6-j7,96)O_M=10O_M$$

$$\text{Zanjirdagi tok kuchi: } \dot{I}=\frac{\dot{U}}{Z}=\frac{200}{6-j7,96}=(12+j16)A=20A$$

$$\text{Aktiv quvvat: } P=I^2 \cdot R=20^2 \cdot 6=2400 \text{ Vt}=2,4 \text{ Vt}$$

TO'la quvvat:

$$S=I \cdot U=20 \cdot 200=4000 \text{ Vt}=4 \text{ kVt} \quad \text{yoki}$$

$$\dot{S}=\dot{U} \cdot \dot{I}=200 \cdot (12+j16)=(2400+j3200)BA$$

$$\text{Reaktiv quvvat: } Q=\sqrt{S^2-P^2}=\sqrt{4^2-2,4^2}=3,2 \text{ kVar}$$

$$\text{Quvvat ko'effisienti: } \cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{P}{S}=\frac{2,4}{4}=0,6$$

Elektr ulchashlarga doir masalalar

3.1-Masala

Nominal toki $I=10$ A ga teng bO'lgan elektrodinamik sistemadagi ampermetrni tekshirish uchun, elektrodinamik sistemadagi namuna asbob bilan ketma-ket ulangan.

Tekshirilayotgan ampermetr $I_t=8$ A ni, namunaviy asbob $I_n=8,2$ A ni ko'rsatsa, ampermetrning mutlak, nisbiy va keltirilgan xatoliklarini aniqlang.

Yechilishi:

1. Ampermetrning mutloq xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = I_n - I_u = 8,2 - 8 = 0,2 \text{ A}$$

2. Ampermetrning nisbiy xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = (\Delta/I_n) \cdot 100\% = -2,4\%$$

3. Ampermetrning keltirilgan xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = (\Delta/I) \cdot 100\% = (0,2/10) \cdot 100\% = 2\%$$

3.2-Masala

Ampermetr, voltmeter va vattmetrlar transformasiya koeffitsientlari $K_I=60$ va $K_U=10$ ga teng bo'lgan tok va kuchlanish transformatorlari orqali bir fazali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. O'lchash asboblarning, zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va quvvatni ko'rsatishlari $I_A=3$ A, $U_V=90$ V va $P_W=150$ Vt ga teng bo'lsa aniqlang.

Yechilishi:

Zanjirdagi tok kuchini aniqlaymiz:

$$I = K_T \cdot I_A = 60 \cdot 3 = 180 \text{ A.}$$

Zanjirdagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U = K_H \cdot U_V = 10 \cdot 90 = 900 \text{ B.}$$

3. Zanjirdagi aktiv quvvatni quyidagicha aniqlaymiz:

$$P = K_T \cdot K_H \cdot P_W = 60 \cdot 10 \cdot 150 = 90000 \text{ Vt} = 90 \text{ kVt.}$$

3.3-Masala

Elektromagnit tizimdagi voltmeterning ichki qarshiligi $R_V=20$ kOm, nominal kuchlanishi $U_n=380$ V bo'lsa, voltmeterning ulchash chegarasini $U=600$ V ga oshirish uchun kerak bo'ladigan kushimcha qarshilikni qiymati R_K ni aniqlang va ulanish sxemasini chizing.

Yechilishi:

Kushimcha qarshilikdagi kuchlanishlar pasayishini xisoblaymiz.

$$U_k = U - U_{nom} = 600 - 380 = 220 \text{ V}$$

Voltmetrdan oqib utadigan tokni xisoblab topamiz: $I_v = U_n/R_V = 19 \text{ mA.}$

Kushimcha qarshilikni miqdorini aniqlaymiz:

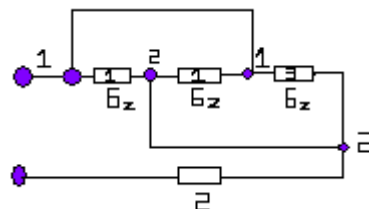
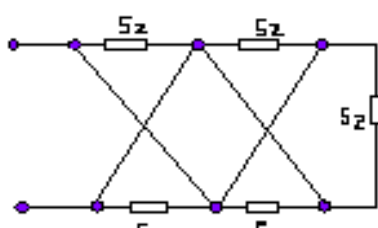
$$R_k = U_k/I_v = 11,6 \text{ kOm}$$

3.4-Masala

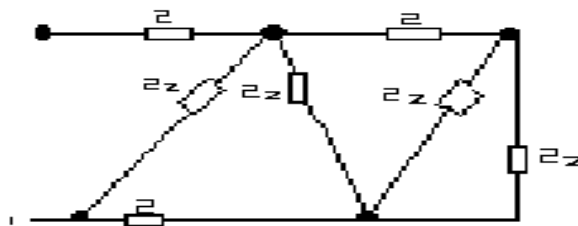
Ichki qarshiliklari $r_{01}=20$ kOm va $r_{02}=24$ kOm bo'lgan ikkita voltmeterlar ketma-ket ulangan. Agar ular umumiy kuchlanishi $U=600$ V ga ulansa. Agar voltmترلari shkalalari mos ravishda $U_{1tok}=300$ V xamda $U_{2njr}=400$ V bo'lsa. ularni ko'rsatishlari qanday miqdorda bo'ladi

3.5-Masala

Ekvivalentning qarshiligi aniklansin



3.6-Masala



c)

120 V kuchlanishga mO'ljallangan qarshiligi 240 Om bo'lgan elektr lampani 220 V kuchlanishli tarmoqqa ulash lozim. Buning uchun kesimi $0,55 \text{ mm}^2$ bo'lgan nixrom O'tkazgichdan necha metr olib lampochkaga ketma-ket qilib ulash kerak?

3.7-Masala

3 V kuchlanishga va 0.3 A tok kuchiga mO'ljallangan tO'rtta lampochkani parallel ulab, 5,4 V kuchlanishli tarmoqdan ta'minlash uchun lampochkalarga qanday qO'shimcha qarshilikni ketma-ket ulash lozim? Agar lampochkalardan birortasi uchirib quyilsa, boshqa lampochkalarning ravshanligi qanday O'zgaradi?

3.8-Masala

EYUK $E=9 \text{ V}$ va ichki qarshiligi $r=1 \text{ Om}$ bo'lgan tok manbai reostat orqali parallel ulangan $n=3$ ta lampochkani ta'minlaydi. Bu lampochkalar $U_{\text{nom}}=6,3 \text{ V}$ kuchlanish va $I_{\text{nom}}=0,3 \text{ A}$ tok kuchiga mO'ljallangan. Reostat shunday xolatga qO'yilganki, lampochkalar nominal rejimda ishlaydi. Lampochkalardan biri kuyib qolsa, qolgan ikkita lampochkaning qarshiliklari O'zgarmay qolgan bo'lsa, har birining quvvati nominalga qaraganda necha marta O'zgaradi?

3.9-Masala

Ichki qarshiligi r va EYUKsi E ga teng bo'lgan manbaga har birining qarshiligi $3r$ dan bo'lgan uchta rezistor ketma-ket ulangan. Agar rezistorlar parallel ulansa, zanjirdagi tok kuchi, manba kiskichlaridagi kuchlanish va foydali quvvat necha marta O'zgaradi?

3.10-Masala

G'altakning aktiv qarshiligi $r_L=5 \text{ Om}$, tO'la qarshiligi esa $Z_L=20 \text{ Om}$, faza siljish burchagi aniqlansin?

3.11-Masala

Qurilmaning tO'la quvvati $S=800 \text{ VA}$, Vattmetrdagi aktiv quvvat ko'rsatkichi 720 W ga teng. Quvvat ko'effitsiyentini toping

1.3. Tajriba mashg'ulotlar

1-Tajriba ishi

O'zgarmas tok murakkab zanjirlarini tekshirish

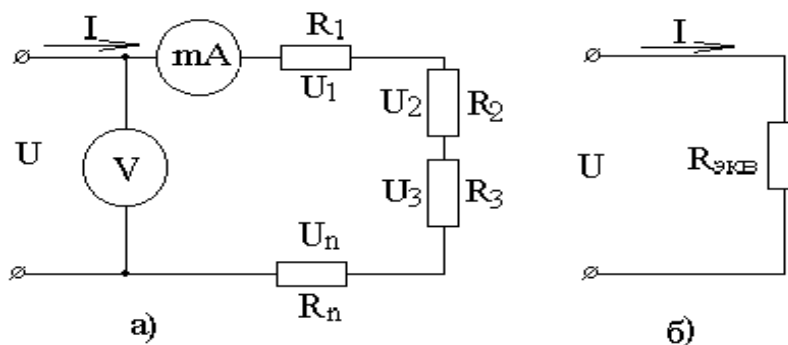
1. Ishning maqsadi

- alohida shaxobchalardagi kuchlanish tushuvini aniqlash (Om qonuni asosida).
- aralash ulangan O'zgarmas tok elektr zanjirlarini yig'ishini va ularni hisoblashni O'rganish.

2. Nazariy ma'lumotlar

Elektr zanjiri deb elektr tokini elektr energiya manbaidan elektr toki iste'molchilarigacha shu energiyani yetkazadigan yopiq yO'lni tashkil qiluvchi qurilma va elementlarga aytiladi. Zanjirning asosiy elementlariga (generator) ulovchi simlar va iste'molchilar kiradi. Iste'molchilarni manbaga ulashda ketma-ket, parallel va aralash ulash qO'llaniladi.

Birinchi holatda rezistorlar R_1, R_2, R_n kuchlanish manbai bilan U yakka kontur hisoblanadi. (Rasm-4.1) va bu zanjirda bir xil tok (I) oqadi. Bu xolatda har bir qarshilikda Om qonuniga asosan kuchlanishlar tushuvi hosil bo'ladi:



Расм-3.1

$U_k = I \cdot R_k$ $U_1 = I \cdot R_1$ $U_2 = I \cdot R_2$ $U_3 = I \cdot R_3$ $U_n = I \cdot R_n$ tushuvi hosil bo'ladi. (k- qarshiliklar tartib nomeri).

Boshqa tomondan Kirxgofning 2 chi qonuniga asosan barcha kuchlanishlar yig'indisi kirish kuchlanishiga teng bo'ladi, ya'ni

$$U_k = U_1 + U_2 + \dots + U_n = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + \dots + I \cdot R_n = I \cdot (R_1 + R_2 + \dots + R_n) = I \cdot R_{ekv}$$

Bu yerda $R_{ekv} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Ekvivalent yoki yig'indi qarshilik shunday bir qarshilikki, kuchlanish manbai U ga ulanganda, xuddi ketma-ket ulangan qarshiliklardagi tokka teng bo'lgan tok hosil bo'ladi. Elektr zanjiridagi tok qO'yidagi formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$I = U_1 / R = U_2 / R_2 = U_3 / R_3 ; \quad [A]$$

Har bir elektr energiya iste'molchisidagi aktiv quvvat qO'yidagiga teng bo'ladi:

$$R_1 = U_1 \cdot I ; \quad R_2 = U_2 \cdot I ; \quad \dots ; \quad R_n = U_n \cdot I ; \quad [Vt]$$

Elektr zanjirning aktiv quvvati qO'yidagiga teng:

$$R = U \cdot I = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + U_3 \cdot I + \dots + U_n \cdot I \quad [Vt]$$

O'zgarmas tok elektr zanjirlari umumiy holatda elektr energiya manbalari, elektr energiya iste'molchilari, O'lchash asboblari, kommutatsion apparatlar, ulagich sim va O'tkazgichlardan iborat bo'ladi. Zanjirning asosiy elementlari (generator) ulagich simlar va iste'molchilar hisoblanadi. Elektr energiya manbalarida boshqa tur energiyasi (gidro, yonilg'i, atom va hokazo) elektr energiyasiga aylantiriladi. Elektr energiya

iste'molchilarida manbalarning elektr energiyasi, boshqa bir holatga, misol uchun mexanik energiya, issiqlik energiyasiga va kimyoviy energiyalarga O'zgartiriladi.

Iste'molchilarni elektr energiya manbaiga ulashni usuliga ko'ra ketma-ket, parallel va aralash ulashlarga bo'linadi. Parallel ulash vaqtida R_1 , R_2 , va R_n qarshiliklar bir xil kuchlanish manbai U da bo'ladi, ya'ni:

$$U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = \dots = I_n \cdot R_n$$

Bunday holatda, har bir qarshilik O'zining avtonom tokiga ega bo'ladi. $I_k = U/R_k$; natijada Kirxgofning 1-chi qonuniga asosan zanjirdagi umumiy tok, aloxida iste'molchilardagi toklarni yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n = U/R_e = U_1/R_1 + U_2/R_2 + \dots + U_n/R_n$$

Bu yerda $1/R_{ekv} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$

Oddiy O'zgaras tok elektr zanjirlaridagi tok va kuchlanishlarni aniqlash Kirxgof qonunlari asosida amalga oshiriladi.

3. Ishning bajarish tartibi

1. Rasm-3.2 da keltirilgan sxemani yig'ing.

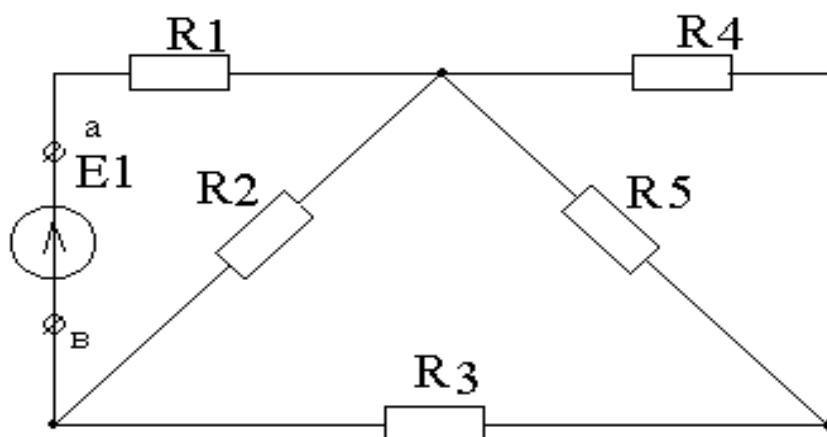
2. Kerakli asboblari:

- E_1 - 50 V li kuchlanish manbai;

- R_1 - R_2 - R_3 - R_4 - R_5 - PEV-7,5-200 Om li rezistorlar;

- V - 0-50 V gacha bo'lgan O'zgaras tok vol'tmetri.

3. Sxemani «a» va «b» uchlarni 50 V li kuchlanish manbaiga ulang.



Rasm-3.2

4. Zanjirdagi har bir elementdagi kuchlanishlar tushuvini vol'tmetr yordamida o'lchang va 3.1-jadvalga yozing.

5. O'lchash natijalariga asoslanib, har bir tarmoqdagi toklarni hisoblang va 3.1-jadvalga yozing.

6. $E_1 = 50V$, $R_1 = 220 \text{ Ohm}$ va $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 200 \text{ Ohm}$ ga teng bo'lsa, O'zgaras tok

murakkab zanjirlarini hisoblash usullaridan foydalanib, har bir tarmoqdagi toklarni hisoblab toping.

7. 5 chi va 6 chi bandlarda aniqlangan toklarni taqqoslang va O'z xulosalaringizni daftarga yozing.

3.1-jadval

№	O'lchash natijalari						Hisoblash natijalari				
	E V	U 1 V	U 2 V	U 3 V	U 4 V	U 5 V	I ₁ A	I ₂ A	I ₃ A	I ₄ A	I ₅ A
1											
2											

- 1.Om qonunini ifodalang va uni qO‘llashga misollar keltiring?
- 2.Zanjirni ekvivalent qarshiligi nima?
- 3.Zanjirni bir qismi va butun zanjir uchun Om qonunini yozing, ichki va tashqi zanjirlar uchun?
- 4.Bir nechta e.yu.k. li yopiq kontur uchun Kirxgofning 2-chi qonunini ifodalang? Bu holatda konturlardagi har bir e.yu.k. ning ishorasi qanday aniqlanadi?
- 5.Qanday zanjir murakkab zanjir deb ataladi? Ularni hisoblashda qaysi qonunlardan foydalaniladi?

2-Tajriba ishi

Sig‘im elementli O‘zgaruvchan tok zanjirlarini tekshirish

1.Ishning maqsadi

- ♦ aktiv qarshilik va sig‘im elementlardan tashkil topgan O‘zgaruvchan tok zanjirini uchun Om va Kirxgof qonunlarini qO‘llashni O‘rganish.
- ♦ vektor diogrammalar qurishni O‘rganish.

2.Nazariy ma’lumotlar

Agar kondensatordagi kuchlanish vaqt bO‘yicha O‘zgarmasa, kondensatorning bir qoplamasida $q=Cu$ zaryad, ikkinchi qoplamasida esa $-q=-Cu$ zaryad bO‘ladi va kondensatordan tok oqib O‘tmaydi.

Agar bu kuchlanish vaqt bO‘yicha sinusoidal qonuniyat bilan O‘zgarsa, kondensatordagi zaryad miqdori ham sinusoidal $u=U_m \sin \omega t$ qonun bilan O‘zgaradi: $q = SU = CU_m \sin \omega t$

Bunda kondensator razryadlanadi va zaryadlanadi, bu vaqtda zaryadlanish va razryadlanish toki oqib O‘tadi, bu tok ham sinusoidal $i=I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ qonun bilan O‘zgaradi. Demak kondensatordagi tok kuchlanishdan 90° ga oldinga O‘tib ketadi.(Rasm-4.1.b)

Om qonuniga asosan kondensatordagi tok qO‘yidagiga teng bO‘ladi: $I_m = \frac{U_m}{X_C}$; $X_C = \frac{1}{\omega C}$

-sig‘im qarshilik,

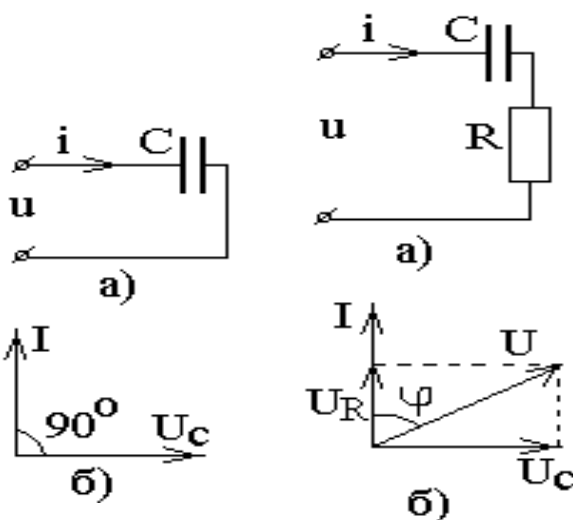
bunda zanjarning (Rasm-4.4.a) tO‘la qarshiligi uning sig‘im qarshiligiga teng bO‘ladi, ya’ni: $Z=X_C$ $R=0$

Faza siljish burchagi nolga teng, chunki:

$$\varphi = \arccos(R_C/Z) = \arccos(0/X_C) \quad \varphi = 0$$

Agar kondensator bilan aktiv qarshilik ketma-ket ulansa (Rasm-4.2.a), u holda zanjarning tO‘la qarshiligi qO‘yidagiga teng bO‘ladi:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \varphi = \arccos(R/Z)$$



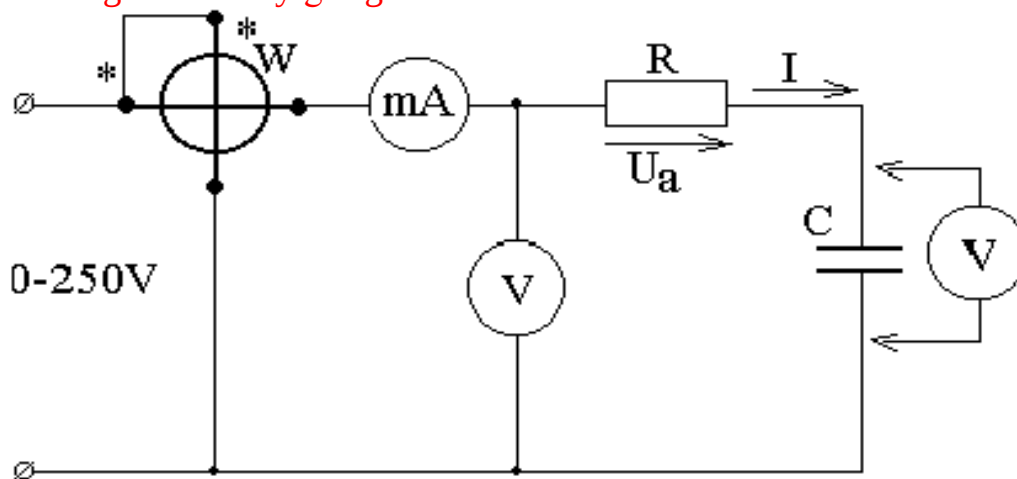
Zanjirdagi umumiy kuchlanish kondensatordagi va aktiv qarshilikdagi kuchlanishlar tushuvining yig'indisiga teng, ya'ni:

$$U = U_C + U_R$$

Bunday zanjirda tok manba kuchlanishidan φ -burchakka oldinga O'tib ketadi va bunday zanjir sig'im xarakterga ega bo'lgan zanjir deyiladi, bunda faza siljish burchagi noldan kichik bo'ladi, ya'ni: $\varphi < 0$

3.Ishni bajarish tartibi

1.Rasm-4.3 dagi sxemani yig'ing.



Расм-4.3

2.Kerakli asboblari:

- W- 0,6 kW li vattmetr;
- mA-300 mA li O'zgaruvchan tok milliampermetri;
- V -250V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
- R- PEV-7,5-750Ω li qarshilik;
- S1, S2, S3-4mkF –400V li kondesatorlar.

3. LATR kalitini «~0-250V» holatga keltiring.

4. Zanjir uchlarini tok ta'minoti «~0-250V» bog'ichlariga ulang va avtotransformator dastasini burash orqali kuchlanishni 220V ga keltiring.

5. Kondesatorlarni har xil ulash yo'li bilan, sig'imni O'zgartirib, zanjirdagi tok kuchi, aktiv qarshilik va sig'im qarshilikdagi kuchlanish pasayishlarini O'lchang va 4.1-jadvalga yozing.

4.1-jadval

№	U (B)	I (mA)	P (Bt)	U_R (B)	U_C (B)
1					
2					
3					

6. O'lchash natijalariga asoslanib, qO'yidagi kattaliklarni hisoblab toping:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Zanjirning aktiv qarshiligi | $R = U_R / I$, [Om] |
| Zanjirning to'la qarshiligi | $Z_n = U_n / I$, [Om] |
| Sig'im qarshilik | $X_s = U_c / I$, [Om] |
| Kondesator sig'imi | $S = 1 / (\omega X_s)$ [F] |
| Zanjirning to'la quvvati | $S = U_n \cdot I$, [V.A] |

Zanjirning reaktiv quvvati $Q=S \cdot \sin \varphi$ [VAr]
 quvvat koeffitsienti $\cos \varphi=R/S$

Sinov savollari

- 1.O'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
2. O'zgaruvchan tokning O'rtacha qiymati nimaga teng?
- 3.O'zgaruvchan tokning effektiv qiymati bilan amplituda qiymati O'rtasida qanday farq bor?
4. Sig'im harakterga ega zanjir uchun vektor diagramma qanday bO'ladi?
5. Kondensatorda tok qanday O'zgaradi?
6. Reaktiv qarshilik qachon nolga teng bO'ladi?

3-Tajriba ishi

Induktiv elementli O'zgaruvchan tok zanjirlarini tekshirish

1.Ishning maqsadi

- ♦ aktiv qarshilik R induktivlik L va sig'im S dan iborat bO'lgan bir fazali O'zgaruvchan tok zanjirida Om va Kirxgof qonunlarini tekshirish.
- ♦ zanjirning aktiv, reaktiv va tO'la qarshiliklarini topish, hamda kuchlanish va tok orasidagi faza burchak siljishini O'lchash natijalari asosida vektor diagrammalar qO'rishni O'rganish.

Nazariy ma'lumotlar

Har qanday uchta passiv elementlardan tashkil topgan O'zgaruvchan tok elektr qurilmalari elektr zanjiri hisoblanadi; -aktiv qarshilik r elektr energiyasini sochilishini xarakterlaydi. (Elektr energiyasini ish energiyasiga va issiqlik energiyasiga aylanishi).

-induktivlik L zanjirning magnit maydonini xarakterlaydi.

-sig'im S zanjirning elektr maydonini xarakterlaydi.

Bu elementlar amaliy jixatdan aktiv qarshilik, induktivlik g'altagi va sig'im kO'rinishida ifodalanadi. Bu elementlar bir-biridan farqlanadi va ketma-ket ulanadi. Umumiy xolda O'zgaruvchan tok elektr zanjiridagi tO'la qarshilik qO'yidagi formula bO'yicha hisoblanadi:

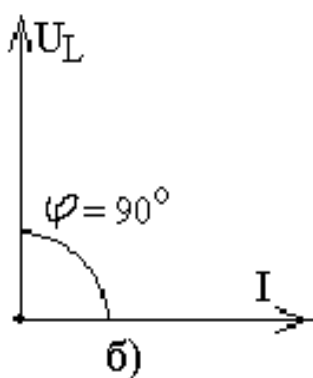
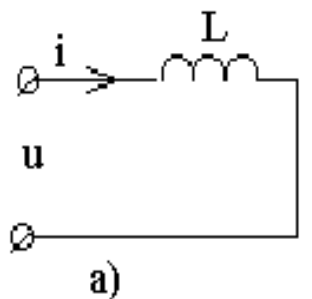
$$Z=\sqrt{r^2+(X_L-X_C)^2}, [Om]$$

Bu yerda $X_L=\omega \cdot L$ -g'altakning induktiv qarshiligi (Om)

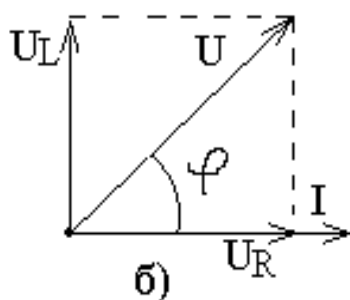
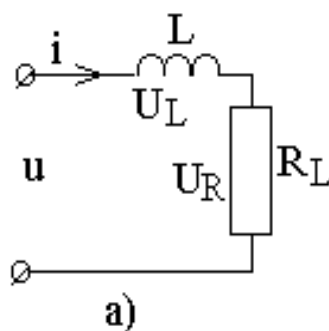
ω - burchak chastotasi

$X_S=1/\omega S$ - kondensatorning sig'im qarshiligi (Om).

Tok Om qonuni asosida aniqlanadi.
 $I=U/Z$, [A]



Pacm-5.1



Pacm-5.2

Tok va kuchlanish orasidagi faza burchak siljish qO'yidagiga teng:

$$\varphi = \arctg X_L / R$$

Zanjirning kirishdagi umumiy kuchlanish vektori zanjirning alohida qismlaridagi kuchlanishlar tushuvini geometrik vektorlar yig'indisi kabi aniqlanadi.

SHunday qilib, umumiy holat uchun O'zgaruvchan tokning tarmoqlanmagan zanjiri uchun Kirxgofning 2-chi qonunini qO'llash fakat vektor kO'rinishida bO'ladi:

$$U = IZ_1 + IZ_2 + \dots + IZ_n = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

(O'zgarmas tok zanjirida bO'lgani kabi, O'zgaruvchan tok zanjirida ham manba kuchlanishi kuchlanishlar tushuvi algebraik yig'indisiga teng bO'lmaydi).

Bu xol O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning 2-chi qonunini qO'llash afzal hisoblanadi. Umumiy holatda O'zgaruvchan tok zanjirlaridagi umumiy kuchlanish va tok faza bO'yicha φ burchakka siljigan bO'ladi, ya'ni $U = U_m \sin \omega t$,

$$i = I_m \sin(\omega t \pm \varphi)$$

TO'liq bir davrdagi quvvatning O'rtacha qiymati aktiv quvvat deyiladi va qO'yidagiga teng, ya'ni $R = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

SHunday qilib, O'zgarmas tok zanjiridagi quvvatdan farqli bO'lib, O'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv quvvat faqat kuchlanish bilan tokning kO'paytmasiga ($U \cdot I$) bog'liq bulmay, yana quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ga ham bog'liq bO'ladi. Aktiv quvvat (Vt), kilovvat (KVt) va megovatlarda (MVt) O'lchanadi.

$U \cdot I = S$ - umumiy quvvat hisoblanadi va vol'tamper yoki kilovol'tamper (VA), (kv.A) larda O'lchanadi.

SHunday qilib, $R = U \cdot I \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$

Bu yerda, $\cos \varphi$ - quvvat koeffitsienti bO'lib, bu kattalik tO'liq iste'mol qilinayotgan quvvatning qancha qismi ishchi aktiv quvvat ekanligini qO'rsatadi.

Bu quvvat $\pm Q = U \cdot I \sin \varphi$ - reaktiv quvvat deb ataladi, (VAR, kVAR, MVAR)

O'lchanadi, «+» ishorasi reaktiv induktiv quvvat,

«-» ishorasi esa reaktiv sig'im quvvat ekanligini bildiradi.

3. Ishni bajarish tartibi

1. Tajriba stendi bilan tanishing, uning asosiy elementlari qarshilik, induktivlik va ularni sozlashni O'rganing.

2. Rasm-5.3.dagi sxemani yig'ing.

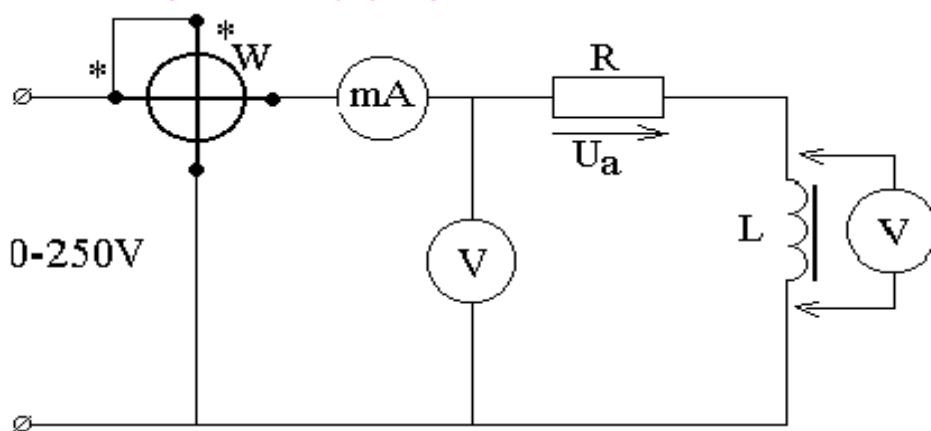


Рис. 5.3

3. Kerakli asboblari:

-W- 0,6 kW li vattmetr;

- mA-300 mA li O'zgaruvchan tok milliampermetri;
- V -250V li O'zgaruvchan tok voltmeteri;
- R- PEV-7,5-750Ω li qarshilik;
- L- O'zakli induktivlik galtagi.

4.LATR kalitini «~0-250V» xolatga keltiring.

5.Zanjir uchlarini tok ta'minoti «~0-250V» bog'ichlariga ulang va avtotransformator dastasini burash orqali kuchlanishni 220V ga keltiring.

6.O'zak yordamida g'altakning induktivligini O'zgartirib, zanjirdagi I tokni, aktiv va induktiv qarshiliklardagi U_R , U_L kuchlanishlarni hamda aktiv quvvat R ni vattmetr yordamida O'lchang va 5.1-jadvalga yozing.

5.1-jadval

№	U (B)	I (mA)	P (Bt)	U_R (B)	U_L (B)
1					
2					
3					

7. O'lchash natijalariga asoslanib, qO'yidagi kattaliklarni hisoblab toping:

Zanjirning aktiv qarshiligi $R=U_R/I$, [Om]

G'altakning tO'la qarshiligi $Z_L=U_L/I$, [Om]

G'altakning induktiv qarshiligi $X_L=\sqrt{Z_L^2 - R^2}$, [Om]

G'altakning aktiv qarshiligi $r_L=r_N-R$, [Om]

G'altakning induktivligi $L=X_L/\omega$, [Gn]

Quvvat koeffitsienti $\cos\varphi=R/S$

Zanjirning tO'la qarshiligi $Z_n=U_n/I$, [Om]

Zanjirning tO'la quvvati $S=U_n \cdot I$, [V.A]

Zanjirning reaktiv quvvati $Q=S \cdot \sin\varphi$ [VAr]

Eslatma: Vattmetr qO'rsatkichini 0,1 ga kO'paytirish kerak.

Sinov savollari

1. O'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini yozing. O'zgaruvchan va O'zgarmas tok zanjirlari uchun Om qonuni qanday farq qiladi?
3. O'zgaruvchan va O'zgarmas tok zanjirlari uchun Kirxgof qonunlarini qO'llashning afzalliklari nimalardan iborat?
4. Aktiv qarshilik nima va u qanday aniqlanadi?
5. TO'la va induktiv qarshiliklar qanday aniqlanadi?

4-Tajriba ishi

Kuchlanishlar rezonansini O'rganish

1.Ishning maqsadi

1. aktiv induktiv va sig'im qarshilik ketma-ket ulangan elektrlar zanjirida rezonans hodisasini hosil qilish usullarini O'rganish.
2. zanjir parametrini aniqlash hamda ketma-ket ulangan tebranish konturidan rezonans vaqtida va undan keyingi ish rejimini O'rganish.

2. Nazariy ma'lumotlar

Agar $u = U_m \sin \omega t$ kuchlanish manbaiga aktiv r , induktiv $x_L = \omega L$ va sig'ım $x_C = 1/\omega C$ qarshiliklar ketma-ket ulangan bo'lsa, (rasm-7.1a) zanjirning muvozanat holati tenglamasi qO'yidagicha bo'ladi:

$$u_r + u_L + u_C = u \quad \text{yoki} \quad r\dot{I} + j\omega L\dot{I} + \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = \dot{U}$$

Zanjirning kompleks qarshiligi qO'yidagiga teng bo'ladi: $Z = r + j(\omega L + \frac{1}{\omega C}) = r + jX = ze^{j\varphi}$

Zanjirda rezonans hodisasi sodir bo'lganda unga berilayotgan kuchlanish aktiv qarshilikdagi U_r kuchlanish tushuvini kompensatsiyalab turishi kerak, ya'ni: $U_r = r\dot{I} = \dot{U}$ yoki $\dot{U}_L + \dot{U}_C = 0$.

Demak zanjirda rezonans bo'lishi uchun $\omega L = 1/\omega C$, ya'ni reaktiv elementlarning qarshiliklari O'zaro teng ($X_L = X_C$), bo'lishi kerak.

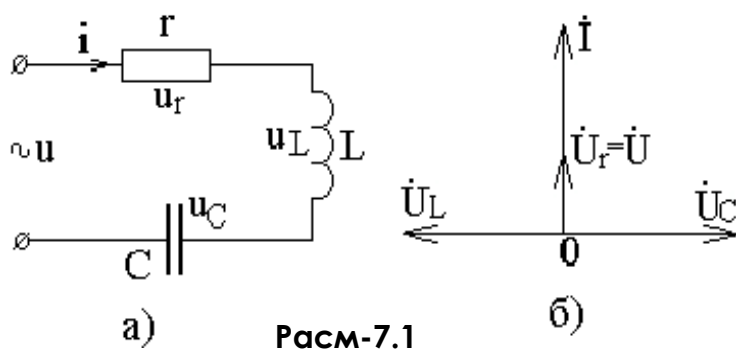


Рис. 7.1

Rezonans vaqtida $z = r$ va $\varphi = 0$ bo'lib, zanjirdagi tok $\dot{I}$ bilan manba kuchlanishi $\dot{U}$ bir xil fazada bo'ladi. (rasm-7.1,b).

Elementlari ketma-ket ulangan zanjirlarda rezonansga erishishni ikki xil usuli mavjud, ya'ni:

1. Tebranish konturining parametrlari O'zgarmas bo'lganda ($L = \text{const}$, $C = \text{const}$), manba chastotasi (ω) ni O'zgartirib xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 bilan tenglashtirish usuli $\omega = \omega_0$.

2. Manba chastotasi O'zgarmas ($\omega = \text{const}$) bo'lganda tebranish konturi parametrlaridan birortasini O'zgartirib, qO'yidagi tenglik hosil qilish usuli:

$$L_0 = \frac{1}{\omega^2 C} \quad C_0 = \frac{1}{\omega^2 L}$$

Bunda $\omega_0 = \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ chastota- rezonans chastotasi deyiladi.

Rezonans vaqtida zanjirning tO'la qarshiligi minimal qiymatga erishadi, bu vaqtda manbadan maksimum tok iste'mol qilinadi: $I_{\max} = I_{\text{rez}} = \frac{U}{r}$;

Bu tok O'z navbatida katta mikdordagi reaktiv kuchlanishlar $U_L = IX_L$ va $U_C = IX_C$ ni hosil qiladi, bu kuchlanishlar manba kuchlanishi U dan bir necha marta katta bo'ladi, shuning uchun ham kuchlanishlar rezonansi deb ataladi.

3. Ishning bajarish tartibi

1. Rasm –7.2 dagi sxemani yig'ing.

2. Kerakli asboblari:

- V- 250 V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
- V2-150 V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
- W-0,6 kVt li vattmetri;
- mA-300 mA li O'zgaruvchan tok milliampermetri;
- S2-S3-4 mkf-400 V li kondensatorlar;

-L-induktiv g'altak.

3. LATR holatini "0-250V" holatiga keltiring.

4. Zanjir uchlarini uch fazali manbaning V va S fazalariga hamda "0-250V" manba bog'ichlariga ulang.

5. LATR yordamida $U_{kir}=0,2 U_{VS}$ kuchlanishni O'rnatish.

6. Zanjirdagi tokni chiziqli kuchlanish U_{VS} ni konturdagi kuchlanishni, kondensatordagi kuchlanishni, g'altakdagi kuchlanishni, aktiv quvvatni kondensator 4 mkf hamda g'altak O'zaksiz xolati uchun O'lchang.

7. Yuqoridagi ishlarni kondensator 6 va 8 mkf bO'lgan xolat uchun qaytaring.

8. Yuqoridagi ishlarni g'altakni O'zakli holati uchun ham qaytaring.

9. Kondensator 6 mkf bO'lganda, g'altakning O'zagini holatini O'zgartirish yuli bilan rezonans holatiga erishing va O'lchovlarni 7.1-jadvalga yozing

10. Rezonans xolatiga erishilgandagi asboblarini qO'rsatishlarini daftaringizga yozib oling.

11. O'lchash natijalari asosida 7.1-jadvalni to'ldiring.

Eslatma: Vattmetr kO'rsatishini 0,02 ga kO'paytirish kerak?

7.1-jadval

№	U (B)	I (mA)	P (Bt)	U_L (B)	U_C (B)
1					
2					
3					

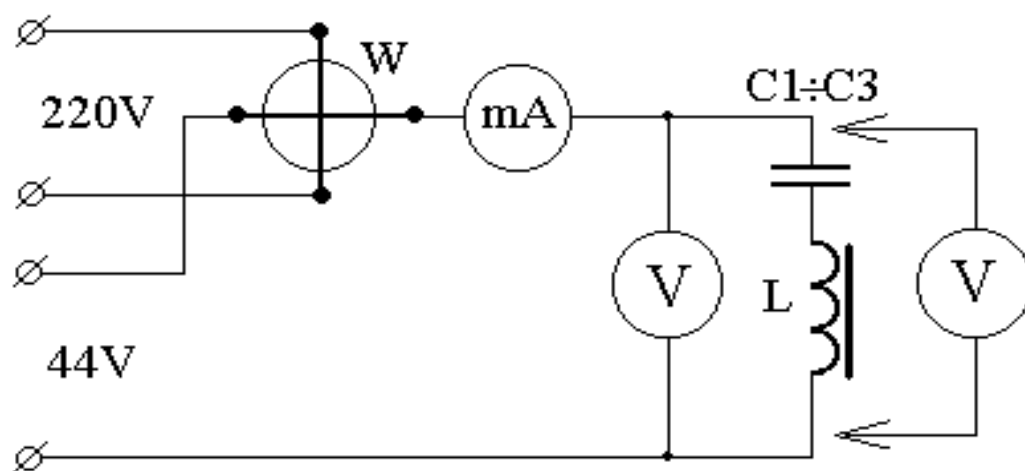


Рис-7.2

12. O'lchash natijalariga asoslanib, qO'yidagi kattaliklarni hisoblab toping:

Zanjirning aktiv qarshiligi $R=R/I^2$, [Om]

G'altakning to'la qarshiligi $Z_L=U_L/I$, [Om]

G'altakning induktiv qarshiligi $X_L=\sqrt{Z_L^2 - R^2}$, [Om]

G'altakning induktivligi $L=X_L/\omega$, [Gn]

Sig'im qarshilik $X_S=U_C/I$, [Om]

Kondensatorning sig'imi $S=1/(\omega X_S)$, [F]

Rezonans chastotasi $\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ [1/Sek]

Zanjirning tO‘la qarshiligi	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, [\text{Om}]$
Quvvat koefitsienti	$\cos\varphi = R/Z$
Zanjirning tO‘la quvvati	$S = U \cdot I, [\text{V}\cdot\text{A}]$
Zanjirning reaktiv quvvati	$Q = S \cdot \sin\varphi, [\text{VAr}]$

Sinov savollari

1. O‘zgaruvchan tok va kuchlanishning oniy amplituda va xaqiqiy qiymatlari nima?.
2. Faza siljish burchagi deb nimaga aytiladi?
3. Rezonans xodisasi nima?
4. Kuchlanishlar rezonansiga erishishning qanday usullari mavjud?
5. Reaktiv va tO‘la qarshiliklar qanday aniklanadi? Ular qanday birliklarda O‘lchanadi?

5-Tajriba ishi

Toklar rezonansini O'rganish

1.Ishning maqsadi

- ◆ induktiv va sig'im O'tkazuvchanliklar parallel ulangan zanjirlardagi rezonans hodisasini tajriba yuli bilan tekshirish.
- ◆ rezonans holatida zanjir parametrlarini aniqlash va tebranish konturida rezonans vaqtida va undan keyingi ish rejimini O'rganish.

2.Nazariy ma'lumotlar

O'tkazuvchanliklari g , $b_L = \frac{1}{\omega L}$ va $b_C = \omega C$ bo'lgan qarshiliklar parallel ulangan zanjir $u = U_m \sin \omega t$ kuchlanish manbaiga ulangan bo'lsa, bu zanjirning muvozanat holati tenglamasi qO'yidagicha bo'ladi: $i = i_g + i_L + i_C$ yoki $g\dot{U} + \frac{\dot{U}}{j\omega L} + j\omega C\dot{U} = \dot{I}$

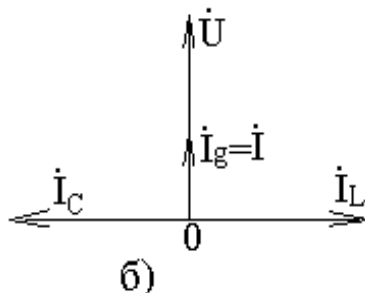
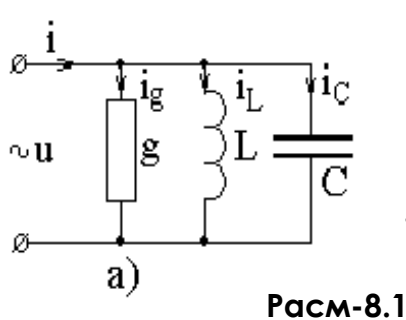
Zanjirning kompleks tO'la O'tkazuvchanligi qO'yidagiga teng bo'ladi:

$$\dot{Y} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = g - jb = Ye^{-j\varphi}$$

Rezonans sharti bo'yicha butun zanjirning toki $\dot{I}$, aktiv tarmokdagi tok I_g ga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\dot{I}_g = g \cdot \dot{U} = \dot{I}$$

Buning uchun g'altak va sig'imning reaktiv O'tkazuvchanliklari O'zaro teng ($b_C = b_L$) bo'lishi shart, ya'ni: $b = (\frac{1}{j\omega L} - j\omega C) = 0$ $\frac{1}{j\omega L} = j\omega C$



Elementlari parallel ulangan zanjirlarda rezonansga ikki xil usul bilan erishish mumkin, ya'ni:

1. Zanjir parametrlari O'zgarmas (L va C) bo'lganda, manba chastotasini O'zgartirib, uni tebranishlarning xususiy chastotasiga tenglash usuli.

2. Manba chastotasi O'zgarmas

bo'lganda zanjir parametrlaridan birini (L yoki C) O'zgartirib, $\omega_0 = \omega$ ga erishish usuli:

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} \text{ yoki } C = \frac{1}{\omega^2 L}$$

Rezonans paytida $b_L = b_C$ bo'lgani uchun zanjirning tO'la O'tkazuvchanligi minimal qiymatga erishadi, bunda zanjirning manbadan iste'mol qilayotgan toki ham minimal bo'ladi:

$$I_{\min} = I_{\text{rez}} = gU$$

Ammo reaktiv tok I_L va I_C lar mikdor jixatidan manbadan kelayotgan umumiy tokdan bir necha barobar ortib ketishi mumkin, shuning uchun bu hodisa toklar rezonansi deb ataladi.

3.Ishning bajarilish tartibi

1.Rasm-8.2 dagi sxemani yig‘ing.

2.Kerakli asboblari.

- ◆ UA1-0,6kVt li vattmetr;
- ◆ UA2 - 250V li O‘zgaruvchan tok vol‘tmetri;
- ◆ -UA3- UA4 –UA5-300mA O‘zgaruvchan tok milliampermetri;
- ◆ L-O‘zgaruvchan induktiv g‘altak;
- ◆ S1-S3-4mf, 400V li kondensatorlar.

3. Latr kalitini «0-250V» holatga keltiring.

4. Zanjir uchlarini uch fazali manbaning V va S fazalariga, hamda «0-250V» li manbaning bog‘ichlariga ulang.

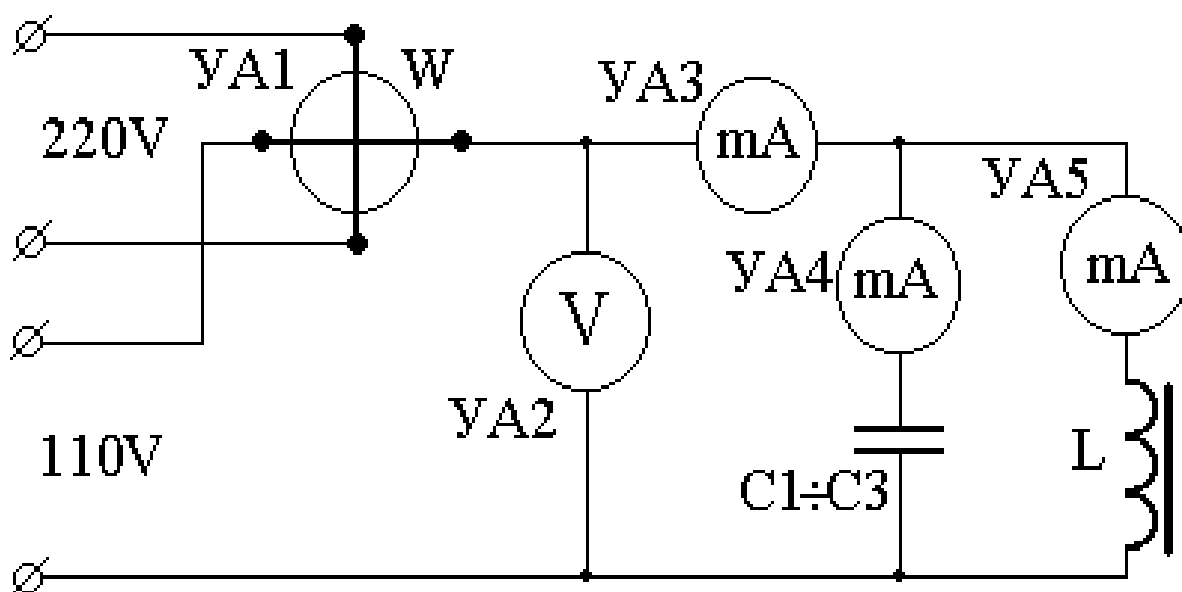


Рис.8.2

5.Avtotransformator dastasini burab, $V_{kir}=0,5V_{vs}$ kuchlanishni O‘rnatish.

6.Kuchlanishlar V_{vs} , V_k ni konturning umumiy toki I_k ni, induktiv g‘altakdagi tokni va aktiv quvvat R ni vattmetr bo‘yicha sig‘im 4,6,8 mf ga teng bo‘lganda g‘altak O‘zaksiz va O‘zakli holatida O‘lchash.

7.Induktiv g‘altakdagi O‘zakning holatini O‘zgartirib,6mf sig‘im uchun rezonansga erishish (zanjirdagi umumiy tok minimumga erishadi) va toklar I , I_L , I_C ni va aktiv quvvatni O‘lchash.

8.1-jadval

№	U (B)	I (mA)	P (Bt)	I_L (A)	I_C (A)
1					
2					
3					

8. O‘lchash natijalariga asosanib, qO‘yidagi kattaliklarni hisoblab toping:

Zanjirning aktiv O‘tkazuvchanligi $g=I^2/P$, [Sm]

G‘altakning to‘la O‘tkazuvchanligi $Y_L=I_L/U$, [Sm]

G'altakning induktiv O'tkazuvchanligi	$b_L = \sqrt{Y_L^2 - g^2}$, [Sm]
G'altakning induktivligi	$L = 1/\omega b_L$, [Gn]
Sig'im O'tkazuvchanligi	$b_s = I_c/U$, [Sm]
Kondensatorning sig'imi	$S = b_c/\omega$, [F]
Rezonans chastotasi	$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ [1/Sek]
Zanjirning tO'la O'tkazuvchanligi	$Y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_c)^2}$, [Sm]
+uvvat koefitsienti	$\cos\varphi = R/S$
Zanjirning tO'la quvvati	$S = U \cdot I$, [V.A]
Zanjirning reaktiv quvvati	$Q = S \cdot \sin\varphi$, [VAr]

Eslatma: Vattmetr qO'rsatkichini 0,05 ga kO'paytirish kerak.

Sinov savollari

1. Elektr zanjirida rezonans deb nimaga aytiladi?
2. Induktiv sig'im va tO'la qarshiliklar qanday aniqlanadi? Ular qanday birliklarda O'lchanadi?
3. Induktiv qarshilik nima va u qanday birliklarda aniqlanadi?
4. Toklar rezonansi shartini yozing?
5. Aktiv yoki rezonansli zanjirda tO'la O'tkazuvchanlik nimaga teng?
6. Qarshiliklar uchburchagi nima?

6-Tajriba ishi

Uch fazali tok iste'molchilarini «Yulduz» usulida ulash

1. Ishning maqsadi

- ◆ istemolchilari yulduz usulida ulangan uch fazali sistemada tok va kuchlanishlarni O'lchash, hamda tO'rt simli uch fazali sistemada nol simning ahamiyatini O'rganish;

2. Nazariy ma'lumotlar

O'zgaruvchan tok zanjirida quvvatni ampermetr va voltmeter bilan O'lchab bo'lmaydi, chunki O'zgaruvchan tok zanjirining quvvati tok va kuchlanishdan tashqari quvvat koefitsienti $\cos\varphi$ ga ham bog'liqdir.

SHuning uchun O'zgaruvchan tok zanjiridagi quvvatni faqat elektrodinamik va ferrodinamik vattmetrlar bilan O'lchanadi.

Agar iste'molchi yulduz shaklida ulangan bo'lib, simmetrik bo'lsa:

$$i_A + i_V + i_S = 0 \quad \text{bundan} \quad i_S = -i_A - i_V$$

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

$$P = P_{W1} + P_{W2}$$

Ikki vattmetr usuli tO'rt simli zanjirlardagi uch fazali quvvatni O'lchash uchun yaroksizdir. Notekis nagruzkali tO'rt simli zanjirlardagi uch fazali quvvatni O'lchash

uchun uchta vattmetrdan foydalaniladi. Bunda har bir vattmetr ayrim fazaning aktiv quvvatini O'lchaydi, ya'ni:

$$P_{AW}=U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A ; \quad P_{BW}=U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B ; \quad P_{CW}=U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C$$

Uch fazali zanjirning aktiv quvvati uchchala vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$P=P_{AW}+P_{BW}+P_{CW}$$

Amalda bir vaqtning O'zida ikkita va uchta vattmetrlarning ko'rsatishini kuzatish juda qiyin, shuning uchun sanoatimizda uch simli zanjirlar uchun ikki elementli, hamda to'rt simli zanjirlar uchun uch elementli uch fazali vattmetrlar ishlab chiqariladi.

Bir fazali tok zanjirida kurilgan aktiv, reaktiv va to'la quvvat tushunchalari uch fazali tok zanjirida ham O'z ma'nosini to'la saqlaydi.

Yuk simmetrik va nosimmetrik bo'lganda yulduz usulida ulangan iste'molchilarning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarini hisoblash (aniqlash) formulalari qO'yidagicha:

1. Yuk nosimmetrik bo'lganda har bir fazaning quvvati alohida hisoblab topiladi.

Aktiv quvvatlar: $P_A=U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A ; \quad P_B=U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B ; \quad P_C=U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C$

Uch fazali zanjirning aktiv quvvati, alohida fazalar aktiv quvvatlar yig'indisiga teng, ya'ni

$$P=P_A+P_B+P_C$$

Reaktiv quvvatlar: $Q_A=U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A ; \quad Q_V=U_V \cdot I_V \cdot \sin\varphi_V ; \quad Q_S=U_S \cdot I_S \cdot \sin\varphi_S$

Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni: $Q=Q_A+Q_V+Q_S ;$

Uch fazali zanjirning to'la quvvati: $S=\sqrt{P^2+Q^2}$

2. Yuk simmetrik bo'lganda

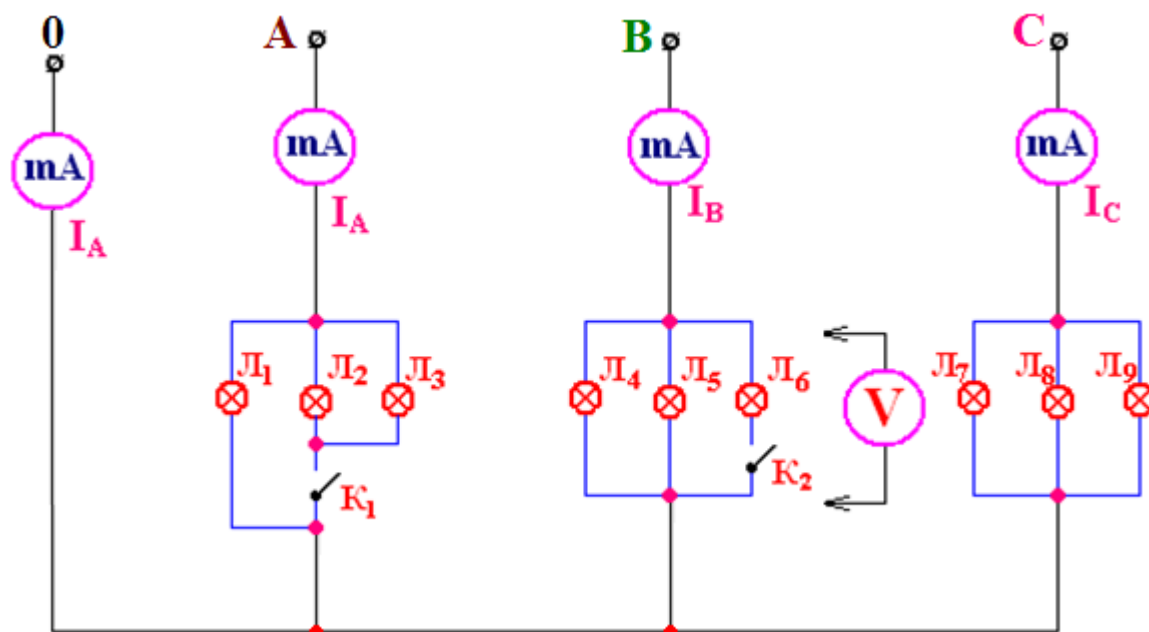
$$\begin{array}{ll} P_A=P_V=P_S=P_F & Q_A=Q_V=Q_S=Q_F \\ S_A=S_V=S_S=S_F & S_\lambda=3 \cdot S_F=3 \cdot U_F \cdot I_F \end{array}$$

ga teng bo'ladi.

Iste'molchi yulduz usulida $I_L = I_F$ va $U_L=\sqrt{3} \cdot U_F$ ekanligini hisobga olib aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni aniqlashning qO'yidagi umumlashgan formulalarini yozish mumkin: $P=\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi_F \quad Q=\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$

3.Ishni bajarish tartibi

1. Rasm-10.1da keltirilgan sxemani yig‘ing.



Расм-10.1

2. Kerakli asbob va uskunalar:

- 0.6KW li vattmetr;
- A1, A2, A3-300 mA li O‘zgaruvchan tok milliampermetri;
- V-250 V li voltmeter;
- L_A-Induktiv g‘altak;
- -K1,K2-ulagichlar.

3. Sxemani A,V,S,0 uch fazali manbaning”3-220V “ bog‘lagichlariga ulang.

4. Simmetrik (K2-ulan, K1-ulanmagan) yuk uchun, nol sim ulangan va ulanmagan holatlar uchun O‘lchash asboblari ko‘rsatish yozing.

5. Nosimmetrik (K1-ulanmagan, K2-ulan) yuk uchun yuqoridagi ishlarni bajaring, so‘ngra sxemani manbadan uzib qo‘ying.

6. Olingan natijalarga asoslanib, bitta faza uchun va butun zanjir uchun aktiv, reaktiv va to‘la qarshiliklarni hamda aktiv, reaktiv va to‘la quvvatlarni hisoblang.

Nosimmetrik holat uchun tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini chizing.

$$S_f = U_f \cdot I_f; \quad \cos \varphi_f = \frac{P_f}{S_f} \quad Q_f = S_f \cdot \sin \varphi_f$$

Simmetrik yuklar uchun: $S = 3 \cdot S_f; \quad P = 3P_f; \quad Q = 3 \cdot Q_f$

Nosimmetrik yuklar uchun: $S = S_{f1} + S_{f2} + S_{f3} \quad P = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3} \quad Q = Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3}$

Sinov savollari

1.Uch fazali O‘zgaruvchan tok zanjiridagi foydali quvvatlarni O‘lchashning qanday

usullari bor?

2.Qanday xollarda uch fazali tok zanjirlarining foydali quvvatlari bitta vattmetr usuli bilan O'lchanadi?

3.Qanday hollarda uch fazali tok zanjirlarining foydali quvvatlari ikki vattmetr usulida O'lchanadi?

4.Simmetrik va nosimmetrik yuk nima?

5. NOL(0)simning vazifasi nimalardan iborat?

6.TO'la quvvat deganda nimani tushunasiz?

7.Aktiv va reaktiv quvvat nimaga teng?

7-Tajriba ishi

Uch fazali tok iste'molchilarini «uchburchak» usulida ulash

1.Ishning maqsadi

- ◆ uch fazali O'zgaruvchan tok zanjirida iste'molchilarni "Uchburchak"usulida ulanganda turli xil ish rejimlarini quvvatini va quvvat koeffitsientini O'lchashni O'rganish.

2. Nazariy ma'lumotlar.

Uch fazali tok zanjirida aktiv quvvatni O'lchash uchun bitta, ikkita va uchta vattmetr usullaridan foydalaniladi. Simmetrik sistemalarda uch fazali quvvatni O'lchash uchun bitta vattmetrdan foydalansa bo'ladi, chunki bunda iste'molchilarning toki, kuchlanishi, faza siljishi va har bir fazadagi aktiv quvvat bir xil bo'ladi. Uch simli nosimmetrik zanjirida har bir fazadagi tok, faza siljishi va aktiv quvvat turlicha bo'ladi. Hatto faza va liniya kuchlanishlari ham har xil bo'lishi mumkin. Bunday zanjirning quvvatini ikkita vattmetr usulida O'lchash mumkin. Uch fazali tok zanjirining quvvati ikkita vattmetr ko'rsatishi R_{w1} va P_{w2} larning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$R=R_{w1}+P_{w2}$$

Yuk simmetrik va nosimmetrik bo'lganda "Uchburchak" usulida ulangan iste'molchilarning aktiv va to'la quvvatlarini hisoblash usullari bilan tanishib chiqamiz.

1. Yuk nosimmetrik bo'lganda har bir fazaning quvvati alohida hisoblanadi.

Aktiv quvvatlar: $P_{AV}=U_{AV} \cdot I_{AV} \cdot \cos\varphi_{AV}$ $P_{VS}=U_{VS} \cdot I_{VS} \cdot \cos\varphi_{VS}$ $P_{AS}=U_{AS} \cdot I_{AS} \cdot \cos\varphi_{AS}$

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

$$R_A=R_{AS}+R_{VS}+R_{SA}$$

Reaktiv quvvatlar: $Q_{AV}=U_{AV} \cdot I_{AV} \sin\varphi_{AV}$; $Q_{VS}=U_{VS} \cdot I_{VS} \sin\varphi_{VS}$; $Q_{SA}=U_{SA} \cdot I_{SA} \sin\varphi_{SA}$

Uch fazali zanjirning reaktiv quvvati alohida fazalar reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng, ya'ni: $Q_A=Q_{AB}+Q_{BC}+Q_{CA}$

Uch fazali zanjirning to'la quvvati:

$$S_A=\sqrt{P_A^2+Q_A^2}$$

2. Simmetrik yuk shartida:

$$I_{AB}=I_{BC}=I_{AC}=I_F; \quad \varphi_{AV}=\varphi_{VS}=\varphi_{SA}=\varphi_F;$$

$$R_{AV}=R_{VS}=R_{AS}=R_F; \quad Q_{AB}=Q_{BC}=Q_{AC}=Q_F; \quad S_{AB}=S_{BC}=S_{AC}=S_F;$$

$$R_A=3 \cdot R_F=3 \cdot U_F \cdot I_F \cos\varphi_F; \quad Q_A=3 \cdot Q_F=3 \cdot U_F \cdot I_F \sin\varphi_F; \quad S_A=3 \cdot S_F=3 \cdot U_F \cdot I_F$$

Iste'molchilar "Uchburchak" ulanganda $I_L=\sqrt{3} \cdot I_F$ va $U_L=U_F$ ekanligini hisobga olib, aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni aniqlashning qO'yidagi umumlashgan formulalarini yozish mumkin:

$$P=\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi_F; \quad Q=\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi_F; \quad S=\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

3. Ishni bajarish tartibi

1. 11.1-rasmga asosan sxemani yig'ing.
2. Kerakli asboblari:
 - 300 mA li O'zgaruvchan tok milliampermetri A1, A2, A3;
 - 250 V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
 - L- induktivlik g'altagi;
 - L1-L2-L3 chug'lanma lampalar (25 Vt 220 V);
 - U2 va U3 ulagichlar.

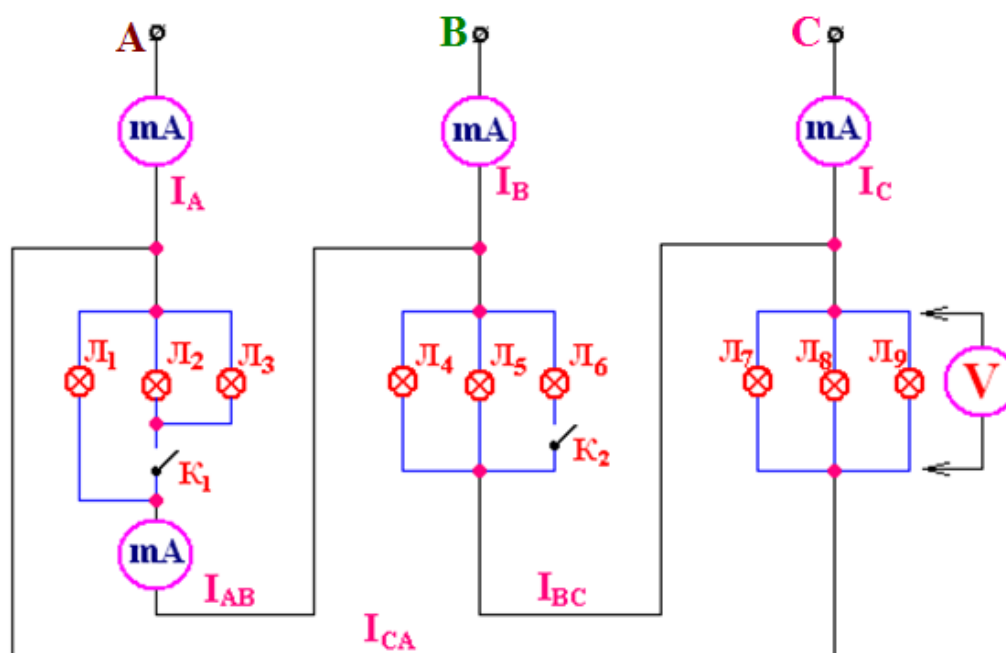


Рис-11.1

3. Sxemaning manbaning A, V, S bog'ichlaridagi "3-220V" bog'ichlarga ulang.
4. Simmetrik (ulagich U2 ulangan, U3 ulanmagan) yukda O'lchov asboblarni ko'rsatkichlarini jadvalga yozing.
5. Ulagichlar (U2 ulanmagan, U3 ulangan) holatlar, ya'ni nosimmetrik yukda O'lchov asboblarni ko'rsatkichlarini 11.1 jadvalga yozing.
6. O'lchash natijalari asosida zanjir fazalaridagi aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni (R_f , Q_f , S_f) hisoblang va 11.2-jadvalga yozing.
7. SO'ngra uch fazali zanjirining umumiy aktiv quvvati R ni, reaktiv quvvati Q ni va to'la quvvat S ni hisoblang va 11.2-jadvalga yozing.

11.1-Jadval

Yuklama turi	P_A (Bt)	P_B (Vt)	I_A (A)	I_B (A)	I_C (A)	U_{AB} (V)	U_{AC} (V)	U_{BC} (V)
Simmetrik								
Nosimmetrik								

11.2-Jadval

yuk turi	P_C	Q_A	Q_V	Q_C	S_A	S_V	S_C	P	Q	S
Simrik										
Nosimrik										

Sinov savollari

1. «Uchburchak» usulda ulash deb qanday ulash usuliga aytiladi?
2. Istemolchilari aktiv va simmetrik bO'lgan zanjir uchun vektor diagramma chizing.
3. Simmetrik va nosimmetrik yuk nima?
4. Istemolchilardan biri sig'imdan iborat bO'lsa uch fazali zanjirda qanday O'zgarish bO'lishi mumkin?
6. Uch fazali zanjirlarda tO'la quvvat qanday hisoblanadi?

8-Tajriba ishi

Kondensatorlarni zaryadlanishi va razryadlanishidagi O'tkinchi jarayonlarni O'rganish

(Ushbu tajriba ishi virtual laboratoriya kO'rinishida olib boriladi)

1. Ishdan maqsad

- RC zanjirda kondensatorning zaryadlanish va razryadlanish vaqtida sodir bO'ladigan O'tkinchi jarayonlarni O'rganish.

2. Nazariy ma'lumotlar

Elektr zanjirlarning bitta turg'unlashgan rejimdan boshqasiga O'tishini xarakterlovchi jarayonlar O'tkinchi jarayonlar deb ataladi.

Elektr zanjirning ish rejimini O'zgarishiga olib keluvchi barcha sabablar oddiy ravishda kommutatsiya yoki kommutatsion jarayonlar natijasida vujudga keladi.

Agar zanjir faqat aktiv qarshilikdan iborat bO'lsa, zanjirdagi hisobiy rejim kommutatsiya sodir bO'lgan ondan keyin boshlanadi.

Agar zanjirda bita bO'lsa ham energiya tO'plovchi element (sig'im yoki induktivlik) bO'lsa, bu zanjirni bir turg'unlashgan rejimdan boshqasiga O'tishi, bu elementlarning magnit va elektr maydonlarida tO'plangan elektromagnit energiyasining miqdor jihatidan O'zgarishiga bog'liq bO'ladi.

Energiyani son jixatidan chekli miqdorga O'zgarishi bir zumda sodir bO'la

olmasligi tufayli, zanjirning bir turg'unlashgan rejimdan boshqasiga O'tishi ma'lum vaqtni talab etadi.

KOMMUTATSIYA ning birinchi qonuni: Har qanday induktivlikka ega tarmoqdagi tok va magnit oqimi kommutatsiya paytida O'zini kommutatsiyaga qadar bO'lgan qiymatini saqlaydi va bundan sO'ng ana shu qiymatlaridan boshlab O'zgaradi.

$$i_{L-}(0) = i_L(0) \quad \text{yoki} \quad \Phi_{-}(0) = \Phi(0)$$

Buni induktiv g'altakni O'zgaras kuchlanish manbaiga ulash misolida kO'rish mumkin. Agar kommutatsiyaga qadar g'altakdan tok O'tmagan bO'lsa, kommutatsiya paytida g'altakdan O'tayotgan tok va hosil bO'lgan magnit oqimi nolga teng, ya'ni:

$$\begin{cases} i_{L-}(0) = 0 \\ \Phi_{-}(0) = 0 \end{cases} \quad \text{bO'lsa} \quad \begin{cases} i_L(0) = 0 \\ \Phi(0) = 0 \end{cases} \quad \text{bO'ladi.}$$

Bu miqdorlarning 0 dan to barqaror miqdorlarigacha birdaniga oshib ketishi nazariy jixatdan mumkin emas, chunki buning uchun tok va magnit oqimining O'zgarish tezligi cheksiz katta bO'lishi kerak, ya'ni: $U_L(0) = \infty$ bO'lishi kerak.

KOMMUTATSIYaning ikkinchi qonuni: Xar qanday tarmoqda sig'imdagi kuchlanish va zaryad miqdori kommutatsiya paytida O'zining kommutatsiyaga qadar bO'lgan qiymatini saqlaydi va bundan sO'ng ana shu qiymatlaridan boshlab O'zgaradi.

$$U_{C-}(0) = U_C(0) \quad \text{yoki} \quad q_{-}(0) = q(0)$$

Kondensatordagi kuchlanish va zaryadning $t=0$ paytda birdaniga O'zgarishi mumkin emas, chunki bu holda zanjirdan O'tayotgan tok cheksiz katta bO'lishi kerak, lekin bu hol Kirxgof qonunlariga zid bO'ladi.

Kommutatsiya paytida elektromagnit energiyaning oniy miqdorlari kommutatsiyaga qadar bO'lgan va undan keyingi turg'unlashgan rejimlarda O'zaro teng emas, demak zanjirda ana shu energiya farqini kompensatsiyalovchi kuch mavjud bO'lishi kerak.

Masalan r va L elementlari ketma-ket ulangan zanjirni O'zgaras kuchlanish manbaiga ulashda $t=0$ paytda bir-biriga teng bO'lmagan ikkita turg'unlashgan tok O'zaro tutashuvi kerak, ya'ni:

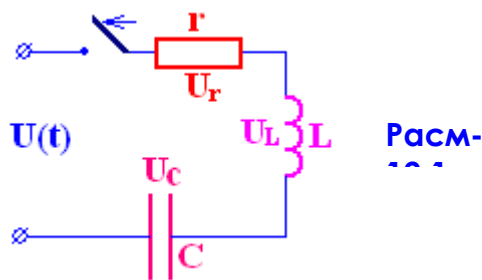
$$i_{turg-}(0) = 0 \quad \text{va} \quad i_{turg}(0) = \frac{U_0}{r} \quad \text{bO'lsa,} \quad i_{erk}(0) = -\frac{U_0}{r} \quad \text{bO'ladi, yoki}$$

$$i_{-}(0) = i(0) = i_{turg}(0) + i_{erk}(0) = 0$$

Rasm-12.1 da berilgan zanjirning elektr muvozanat tenglamasi Kirxgofning 2-qonuniga asosan qO'yidagicha bO'ladi:

$$ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = u(t)$$

Bu yerda: i - tokning $t=0$ paytdan to $t=\infty$ gacha bO'lgan vaqtdagi oniy qiymati.



Zanjirda O'tkinchi jarayon tugashi bilan manba kuchlanishining O'zgarish qonuniga bO'ysunadigan turg'unlashgan majburiy rejim boshlanadi. Demek zanjirning muvozanat tenglamasini qO'yidagicha yozish mumkin:

$$ri_{turg} + L \frac{di_{turg}}{dt} + \frac{1}{C} \int i_{turg} dt = u(t)$$

O'tkinchi tok majburiy, turg'unlashgan va erkin tokdan iborat, ya'ni: $i = i_{turg} + i_{erk}$ bo'lsa, $U_{rerk} + U_{Lerk} + U_{Cerk} = U(t)$ bo'ladi.

Zanjir elementlaridagi O'tkinchi kuchlanishni xuddi tok kabi, turg'unlashgan va erkin tashkil etuvchilardan iborat, ya'ni:

$$U_r = U_{rturg} + U_{rerk} \quad U_L = U_{Lturg} + U_{Lerk} \quad U_C = U_{Cturg} + U_{Cerk}$$

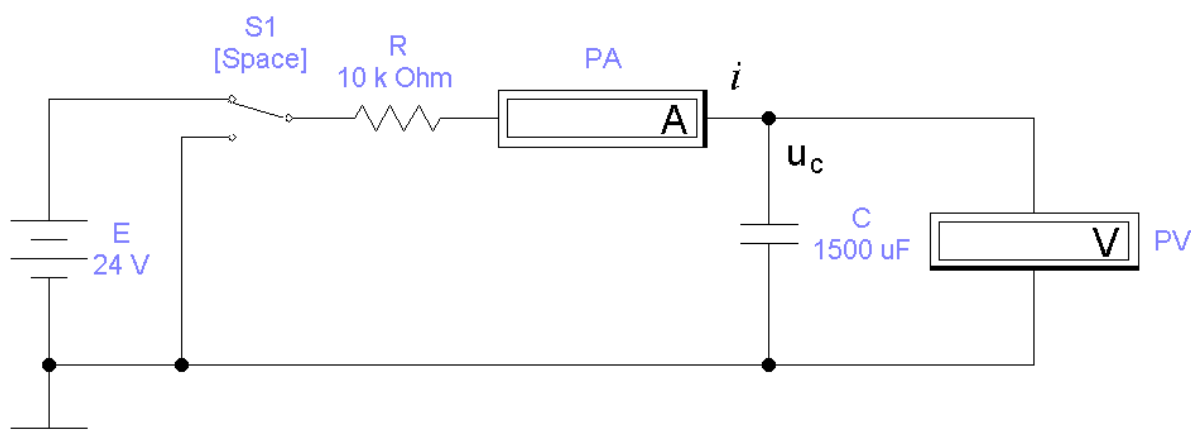
f_0 - rezonans chastotasi, R_C - xarakteristik qarshiligini $R=R_2=2 \text{ kOm}$ va $R=RI=100 \text{ Om}$ bo'lganda zanjir aslligi $L=L_2=2 \text{ mGts}$, $C=CI=1500 \text{ pF}$ bo'lganda kritik qarshiligini,

$R_{np} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, zanjirning xususiy tebranish davrini hisoblang.

3. Ishning bajarish tartibi

1. ELECTRONICS WORKBENCH dasturini ishga tushiring.

2. Tajriba sxemasini yuklash uchun ekranning chap yuqori burchagidagi  tugmani bosib, ochilgan oynada "Zaryad" faylni belgilang va "Open" (Открыть) tugmasini bosib. Ekranda quyidagi sxema hosil bo'ladi (12.2-rasm):



12.2-rasm

3. Ye manbaning kuchlanishi, R qarshilikning va S kondensatorning sig'imini yozib oling. Vaqt doimiysi $\tau=RC$ ni aniqlang. R va C ning 12.2-rasmida ko'rsatilgan qiymatlari uchun $\tau=10000 \cdot 1500 / 1000000=15$ sekund. 12.1-jadvalning birinchi satrini to'ldiring (τ larning pastiga konkret qiymatlarni yozing).

4. RC zanjirga manba ulanganligini tekshirib ko'ring. Agar u ulanmagan bo'lsa

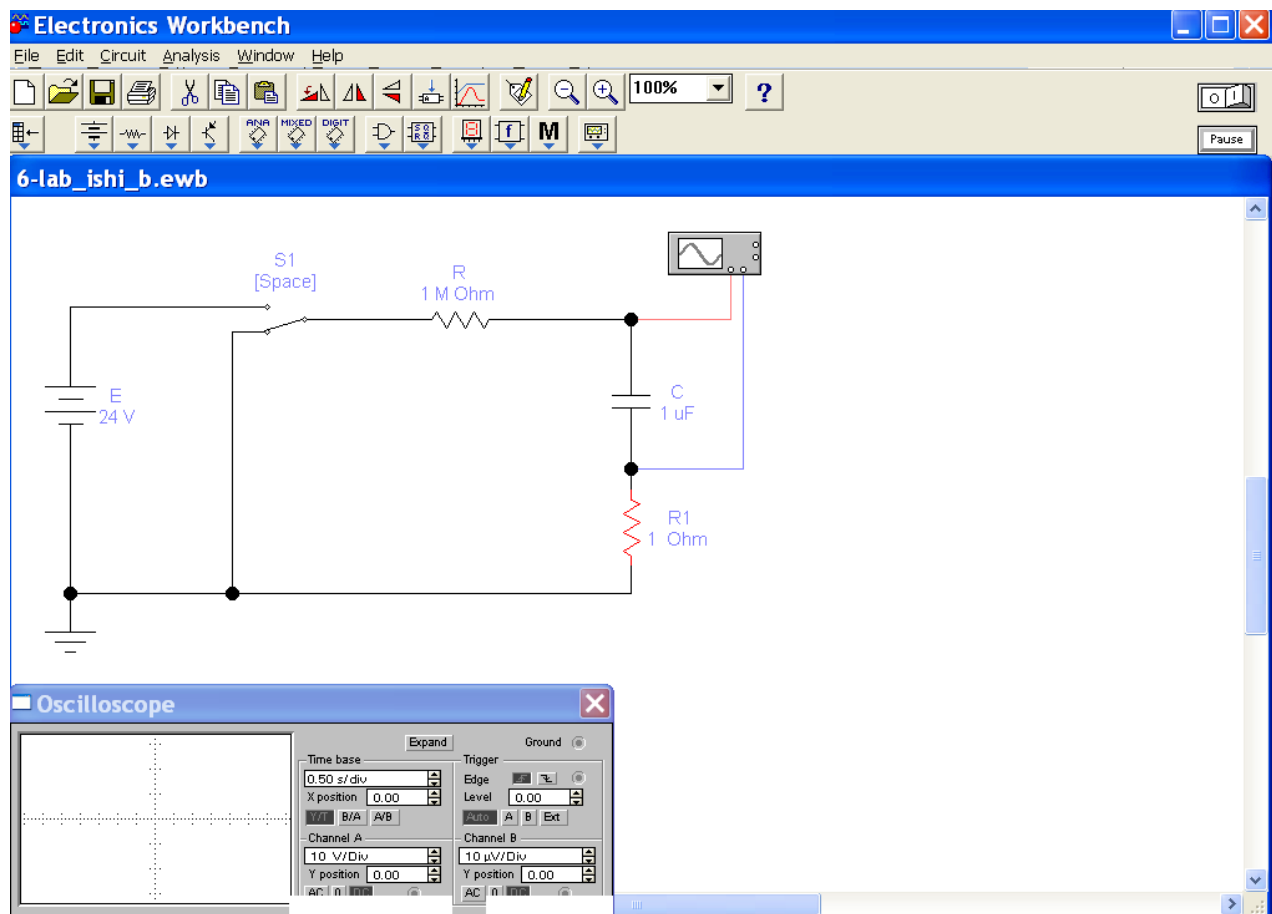
"Probel (Space)" klavishasini bosish yO'li bilan ulang. Sxemani ishga tushirish uchun ekranning O'ng yuqori burchagidagi  tugmani bosing va zanjirdagi tok i hamda kondensatordagi kuchlanish u_c larning qiymatlarini RA ampermetr va PV vol'metrlarning kO'rsatishlari bO'yicha 12.1-jadvalda kO'rsatilgan vaqtlar uchun yozib oling. Vaqtlarni sekundomer bO'yicha oling.

5. Tajribani razryadlanish jarayoni uchun ham qaytaring. Buning uchun "Probel (Space)" klavishasini bosish yO'li bilan manbani uzib qO'ying. S1 kalit pastki holatga O'tgan bO'lishi kerak. Olingan natijalarni 12.1-jadvalga yozing.

12.1-jadval. Vaqt doimiysi $\tau = \dots$ sekund uchun kondensatorning zaryadlanish va razryadlanish jarayonidagi tok va kuchlanishlar

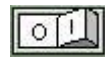
Vaqt sekundlarda		t,	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ
			0					
Zaryadlanish	i, mA							
	u_c, V							
Razryadlanish	i, mA							
	u_c, V							

6. Tajribaning ikkinchi sxemasini yuklash uchun ekranning chap yuqori burchagidagi  tugmani bosing, ochilgan oynada "Zaryad-2" faylni belgilang va "Open" (Открыть) tugmasini bosing. Ekranda quyidagi sxema hosil bO'ladi (12.3-rasm):



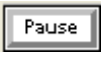
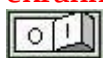
12.3-rasm

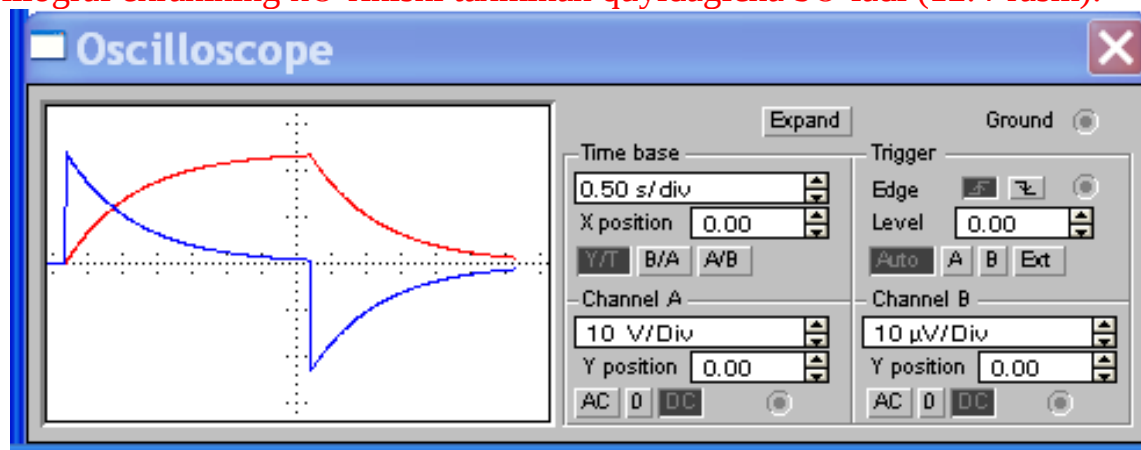
7. Ostsillograf belgisi  ustida sichqonchani chap tugmasini tO'xtovsiz ikki marta bosib ostsillografni ishga tushiring.

8. Sxemani ishga tushirish uchun ekranning O'ng yuqori burchagidagi  tugmani bosing.

9. "Probel (Space)" klavishasini bosish yO'li bilan manbani RC zanjirga ulang va kondensatorning zaryadlanish jarayonini kuzating.

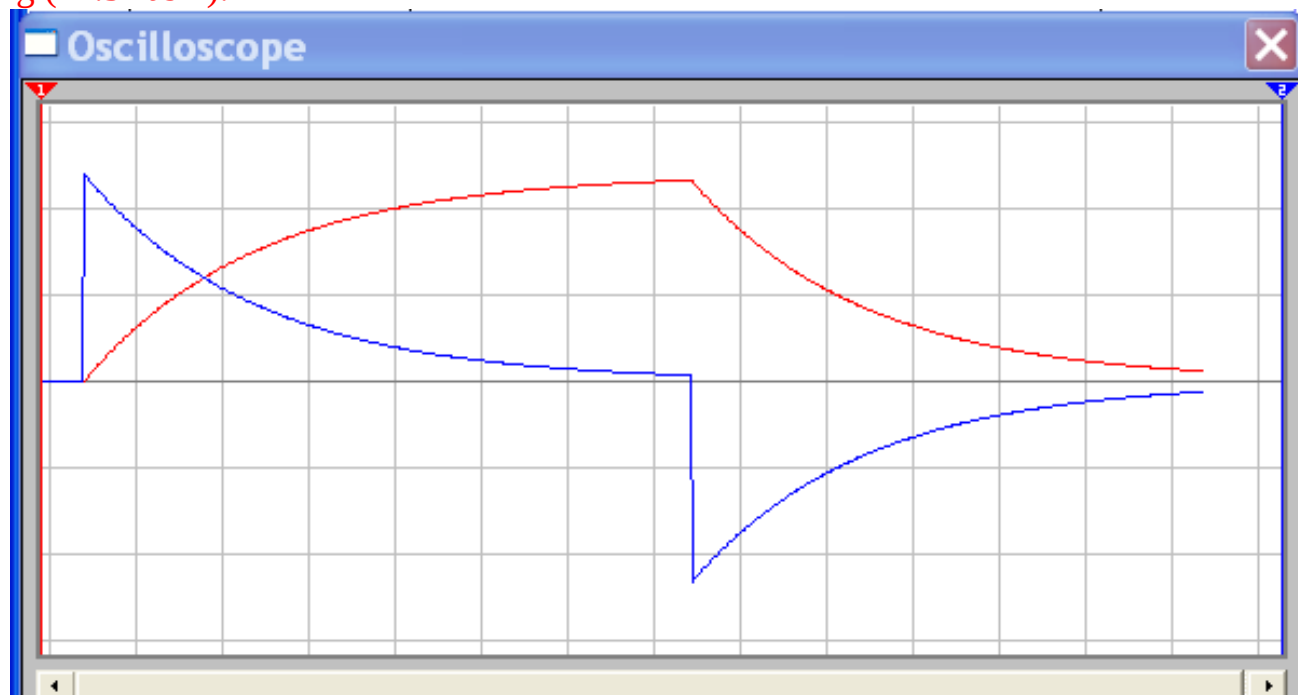
10. "Probel (Space)" klavishasini bosish yO'li bilan manbani RC zanjirdan uzing va kondensatorning razryadlanish jarayonini kuzating.

11. Sxemani ishlashini vaqtincha tO'xtatib turish uchun ekranning O'ng yuqori burchagidagi  tugmani yoki umuman tO'xtashish uchun  tugmani bosing. Ostsillograf ekranining kO'rinishi taxminan quyidagicha bo'ladi (12.4-rasm):



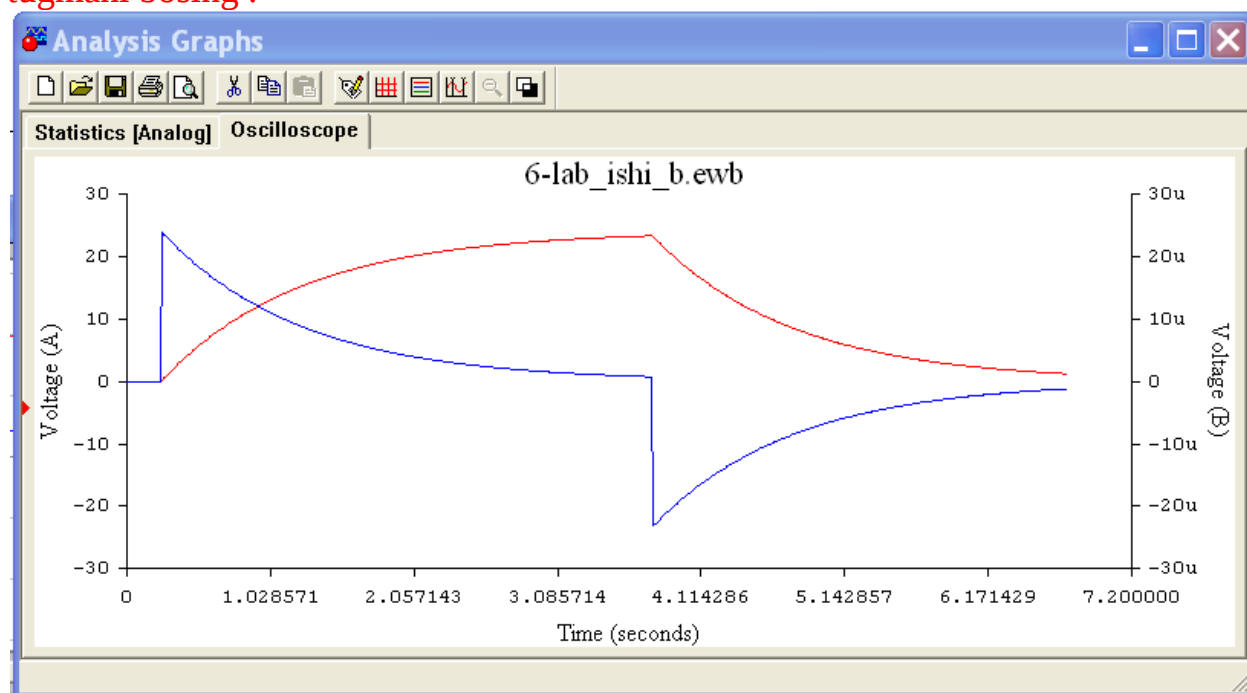
12.4-rasm

12. Ostsillograf ekranini kattaroq masshtabda kO'rish uchun **Expand** tugmasini bosing (12.5-rasm):



12.5-rasm

13. Grafik analizatorni ishga tushirish uchun ekranning yuqori O'rta qismidagi tugmani bosing .



12.6-rasm

14. Grafik analizatoridagi grafiklarni (12.6-rasm) kO'chirib oling. Grafikning chap tomonida (Voltage(A) kondensatordagi kuchlanish vol'tlarda (grafikda qizil rangda) va chap tomonida (Voltage(V) zanjirdagi tok mA larda (grafikda kO'k rangda) kO'rsatilgan. Vaqt (Time) sekunlarda berilgan.

15. Qarshilik R va kondensatorning sig'imi S larning qiymatlariga asosan

zaryadlanish va razryadlanish jarayonlarida zanjirdagi $i(t)$ tok va kondensatordagi $u_c(t)$ kuchlanishning qiymatlarini $t = \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$ vaqtlar uchun hisoblash yO‘li bilan aniqlang.

16. Tajriba va hisoblash ma’lumotlari bO‘yicha $i=f(t)$ va $u_c=f(t)$ grafiklarni quring.

Sinov savollari

1. Kommutatsiyaning 1-qonunini tushuntiring.
2. Kommutatsiyaning 2-qonunini tushuntiring.
3. Xarakteristik tenglamaning necha xil ildizlari bO‘lishi mumkin.
4. Elektr zanjirlarda qanday O‘tish jarayonlari sodir bO‘lishi mumkin.
5. Aperiodik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi.
6. SO‘nuvchi tebranish deb qanday jarayonga aytiladi.

9-Tajriba ishi

Passiv tO‘rtqutublikni O‘rganish

1.Ishning maqsadi

- ♦ tO‘rtqutublikni doimiy parametrlarini va uzatuvchanlik funksiyasini hisoblashni O‘rganish;

2.Nazariy ma’lumotlar

Passiv tO‘rtqutublik ya’ni murakkab zanjir P ning parametrlari va uning kirish qismlaridagi kuchlanish va tokni bog‘lovchi qO‘yidagi tenglamalar sistemasini yozish mumkin:

$$U_1 = AU_2 + BI_2$$

$$I_1 = CU_2 + DI_2$$

Bu yerda A, V, S va D lar turtqutublikning doimiy parametrlari deyiladi, bu kattaliklar ham kompleks sonlardan iborat bO‘ladi. Bu parametrlar orasida qO‘yidagi bog‘lanish mavjud: $AD - BC = 1$

Parametrlari $A=D$ bO‘lgan tO‘rtqutubliklar simmetrik tO‘rtqutubliklar deyiladi.

TO‘rtqutubliklar, ya’ni elektr qurilmalarni hisoblashda, ularning real sxemasini unga ekvivalent bO‘lgan sxemaga keltirish mumkin.

TO‘rtqutubliklarni eng oddiy «T» va «P» shaklli ekvivalent sxemalari mavjud. (Rasm-13.1.a) da berilgan sxema uchun Kirxgof qonunlaridan foydalanib qO‘yidagi tenglamalar tuzish mumkin:

$$U_1 = U_2 + I_2 Z_2 + I_1 Z_1$$

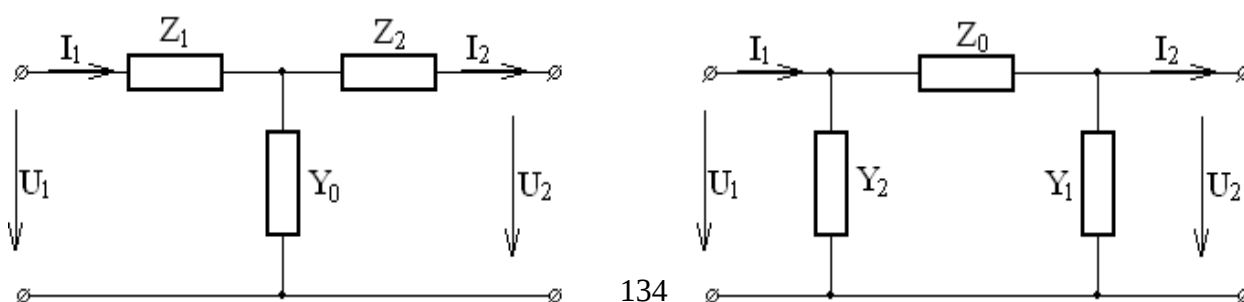
$$I_1 = I_2 + (U_2 + I_2 Z_2) Y_0$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, qO‘yidagi tenglamalarni hosil qilish mumkin:

$$U_1 = AU_2 + BI_2$$

$$I_1 = CU_2 + DI_2$$

Bu yerda : $A = 1 + Z_1 Y_0$; $B = Z_1 + Z_2 + Z_1 Z_2 Y_0$; $C = Y_0$; $D = 1 + Z_2 Y_0$



Bu ifodalar yordamida tO'rtqutblikning parametrini « T » shaklli ekvivalent sxema bO'yicha passiv tO'rtqutblik tarzida berilgan zanjir ichki elementlari qarshilik va O'tkazuvchanliklarining qiymatini aniqlash mumkin.

Ammo kO'pincha, teskari masala qO'yiladi, ya'ni passiv tO'rtqutblik tarzida berilgan murakkab zanjirning ekvivalent sxemasini tuzish kerak bO'ladi. Bunda «T» shaklli ekvivalent sxema tuzish uchun qO'yidagi kattaliklar aniqlanadi:

$$Z_1 = A - 1/C; \quad Z_2 = D - 1/C; \quad Y_0 = C$$

Agar $Z_1 = Z_2$ bO'lsa sxema simmetrik bO'ladi, chunki bu holda $A = D$ bO'ladi.

(Rasm-13.1.v) da keltirilgan «P» shaklli ekvivalent sxemasi uchun qO'yidagi tenglamalar sistemasini tuzish mumkin:

$$U_1 = U_2 + Z_0 (I_2 + Y_2 U_2)$$

$$I_1 = I_2 + Y_2 U_2 + Y_1 U_2$$

$$\text{yoki} \quad U_1 = AU_2 + BI_2$$

$$I_1 = CU_2 + DI_2$$

Bu yerda: $A = 1 + Y_0 Z_0$; $D = 1 + Y_1 Z_0$; $B = Z_0$; $C = Y_1 + Y_2 + Y_1 Y_2 Z_0$

Agar passiv murakkab tO'rtqutblikning parametrlari bO'yicha, uning «P» shaklli ekvivalent sxemasi parametrlari (Z_0 ; Y_1 ; Y_2) qO'yidagicha topiladi:

$$Y_1 = D - 1/B; \quad Y_2 = A - 1/B; \quad \text{va} \quad Z_0 = B$$

Bu sxemaning simmetriklik sharti $Y_1 = Y_2$ bO'ladi, chunki bunda $A = D$ bO'ladi.

TO'rtqutblikning kirish (U_1 ; I_1) va chiqish (U_2 ; I_2) kattaliklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi asosiy tenglamani shunday O'zgartirish mumkinki, bunda tO'rtqutblikning berilgan A, B, C va D parametrlarida va iste'molchining Z_{is} qarshiligida uning bitta kirish va bitta chiqish kattaliklari orasidagi bog'lanishni bevosita ifoda etsin.

$U_2 = I_2 Z_{is}$ ifodani hisobga olib, qO'yidagi tenglamalarni yozish mumkin:

$$U_1 = (A) \frac{B}{Z_{is}} \cdot U_2 = f_1(U_2) \quad \text{yoki} \quad U_2 = F_1(j\omega) \cdot U_1$$

$$U_1 = (A \cdot Z_{is}) I_2 = f_2(I_2) \quad \text{yoki} \quad I_2 = F_2(j\omega) \cdot U_1$$

$$I_1 = (C) \frac{D}{Z_{is}} U_2 = f_3(U_2) \quad \text{yoki} \quad U_2 = F_3(j\omega) \cdot I_1$$

$$I_1 = (C \cdot Z_{is}) I_2 = f_4(I_2) \quad \text{yoki} \quad I_2 = F_4(j\omega) \cdot I_1$$

$$\text{Bunda:} \quad F_1(j\omega) = \frac{Z_{is}}{A \cdot Z_{is} + B}; \quad F_2(j\omega) = \frac{1}{A \cdot Z_{is} + B}; \quad F_3(j\omega) = \frac{Z_{is}}{C \cdot Z_{is} + D} \quad \text{va}$$

$$F_4(j\omega) = \frac{1}{C \cdot Z_{is} + D} \quad \text{-funktsiyalar tO'rtqutblikning uzatuvchanlik funktsiyalari bO'lib,}$$

ular yordamida berilgan kirish kattaligidan noma'lum chiqish kattaligi aniqlanadi.

TO'rtqutblikning kirish kattaliklari bilan chiqish kattaliklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi funktsiyalar tO'rtqutblikning uzatuvchanlik funktsiyalari deb ataladi.

Murakkab zanjirlarni hisoblashda zanjirning qandaydir tarmog'iga berilgan ma'lum tok yoki kuchlanish ta'sirida boshqa tarmoqlarda hosil bO'lgan tokni yoki kuchlanishni aniqlashga tO'g'ri keladi.

Kirish kattaliklari, tok kuchi va kuchlanishlarni umumiy funktsiya $X_1(t)$ orqali, chiqish kattaliklarini esa $X_2(t)$ orqali ifodalab, O'tkazuvchanlik funktsiyasini

qO'yidagicha yozish mumkin: $F(t) = \frac{X_2(t)}{X_1(t)}$

Agar $X_1(t)=i(t)$ va $X_2(t)=u(t)$ bo'lsa, u xolda $F(t)$ funktsiya qarshilik O'lchamiga ega bo'lib, tO'rtqutblikning kirish va chiqish qutblari orasidagi umumlashgan O'zaro qarshilikni ifodalaydi.

Agar $X_1(t)=u(t)$ va $X_2(t)=i(t)$ bo'lsa, u xolda $F(t)$ funktsiya O'tkazuvchanliklik O'lchamiga ega bo'lib, tO'rtqutblikning kirish va chiqish qutblari orasidagi umumlashgan O'zaro O'tkazuvchanlikni ifodalaydi.

3.Ishni bajarish tartibi

1.Rasm-13.2 dagi sxemani yig'ing.

2.Kerakli asboblari:

- ◆ Tr- tO'rtqutublik tarzida berilgan transformator;
- ◆ V_1 - 220V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
- ◆ V_2 -150V li O'zgaruvchan tok vol'tmetri;
- ◆ kWp-0.6 kW li vattmetr;
- ◆ mA-50 mA li O'zgaruvchan tok milliampermetri;
- ◆ A- 1 A li O'zgaruvchan tok ampermetri;
- ◆ $L_1;L_2$ -elektr chuglanma lampalar.

3. Sxemani “~0-250V” bog'ichlarga ulang.

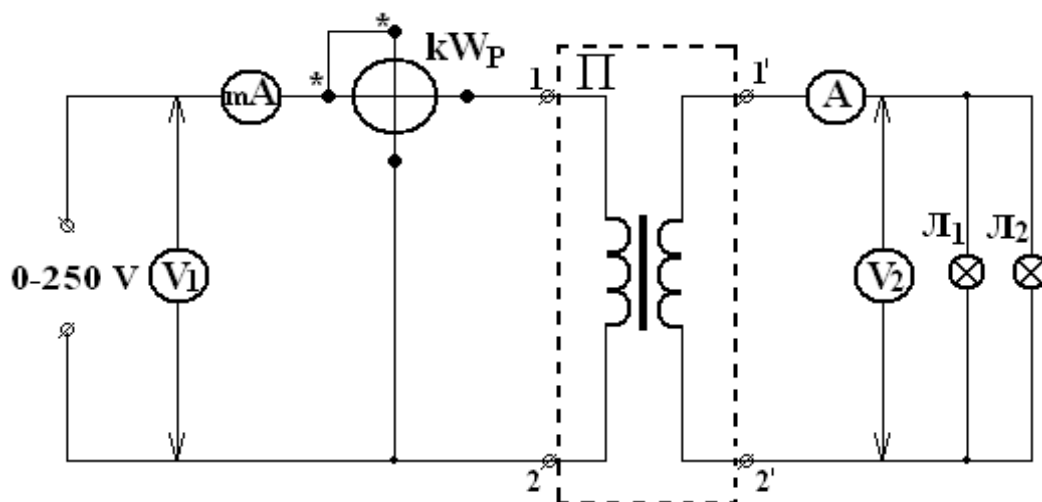


Рис-13.2

4. LATR yordamida manba kuchlanishini “~200V” ga keltiring va O'lchash asboblari ko'rsatishini 13.1-jadvalga yozing.

5.LATR yordamida manba kuchlanishini “~250V” ga keltiring va O'lchash asboblari ko'rsatishini 13.1-jadvalga yozing.

6.O'lchash natijalari asosida tO'rtqutublikni doimiy parametrlarini hisoblang va 13.1-jadvalga yozing.

7.TO'rtqutublikni doimiy parametrlari yordamida tO'rtqutublikni ekvivalent sxemasini va uzatuvchanlik funktsiyasini aniqlang.

13.1-Jadval

U_1	I_1	P_1	I_2	U_2	P_2	A	B	C	D	Z_1	Z_2	Y_0
B	B	Bt	A	V	Vt					Om	Om	1/Om

200												
250												

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{U e^{j\psi_u}}{Z^{j\varphi}} = I e^{j(\psi_u - \varphi)} = I e^{+j\psi_i} \quad \dot{U} = U e^{j\psi_u} \quad \varphi = \arctg\left(\frac{P}{U \cdot I}\right)$$

$$U_1 = AU_2 = BI_2$$

$$I_1 = CU_2 = DI_2$$

$$Z_1 = A - 1/C; \quad Z_2 = D - 1/C; \quad Y_0 = C$$

$$Y_1 = D - 1/B; \quad Y_2 = A - 1/B; \quad \text{va} \quad Z_0 = B$$

$$U_1 = (A) \frac{B}{Z_{HC}} \cdot U_2 = f_1(U_2); \quad U_1 = (A \cdot Z_{IS} | V) \cdot I_2 = f_2(I_2)$$

$$I_1 = (C) \frac{D}{Z_{HC}} U_2 = f_3(U_2); \quad I_1 = (C \cdot Z_{IS} | D) I_2 = f_4(I_2)$$

Sinov savollari

1. Passiv to'rtqutublik deb nimaga aytiladi?
2. Qanday to'rtqutublik simmetrik deyiladi?
3. TO'rtqutublikni «T» shaklli ekvivalent sxemasini tushuntiring.
4. TO'rtqutublikni uzatuvchanlik funktsiyasi nima?
5. Qanday to'rtqutublik aktiv to'rtqutublik deyiladi?

II. Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari

Talabalar mustaqil ta'lim o'quv jarayonining muhim shakllaridan biri hisoblanib, u ma'ruza, amaliy, laboratoriya mashg'uloti darslarida va darsdan tashqari vaqtlarda amalga oshiriladi. Fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda mustaqil ta'lim shakllari va mazmuni quyidagilardan tashkil topadi:

- ma'ruza darslariga va mustaqil ish topshiriqlariga tayyorgarlik ko'rish;
- amaliy mashg'ulot darslarining mustaqil ish topshiriqlarini bajarish;
- laboratoriy ishlarini mustaqil bajarish;
- fanning alohida mavzulari ustida ishlash;
- reyting nazoratini barcha turlariga tayyorgarlik ko'rish.
- talabalar tavsiya etilayotgan mavzulardan birini tanlab, referat, maket, prezentatsiya, konspekt tayyorlash orqali amalga oshiriladi

Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari

№	Mustaqil ta'lim mavzulari
1.	O'zgarmas tok elektr zanjirlari.
2.	Manba va iste'molchilarni ulanish usullari.
3.	O'zgarmas tok murakkab zanjirlarini hisoblash.
4.	Bir fazali sinusoidal O'zgaruvchan tok zanjirlari.
5.	R, L va S elementlari kema-ket ulangan zanjirlar.
6.	R, L va S elementlari paralel ulangan zanjirlar.
7.	Vektor va toporafik diorammalar.
8.	O'zgaruvchan elektr tokining quvvati.
9.	Hisoblashning kompleks usuli.
10.	Elektr zanjirlarni kompleks usulda hisoblash.
11.	Elektr zanjirlarda rezonans xodisalari
12.	Induktiv bog'lanishli zanjirlar.
13.	Transformatorlar
14.	KO'p fazali O'zgaruvchan tok zanjirlari.
15.	Nosimmetrik uch fazali tizimlar.
16.	Nosinusoidal elektr miqdorlar.
17.	Nosinusoidal tok zanjirlarida rezonans xodisilari.
18.	Elektr zanjirlarda O'tkinchi jarayonlar.
19.	r, L, S elementli zanjirlarda O'tkinchi jarayonlar.
20.	Murakkab zanjirlarda O'tkinchi jarayonlar.
21.	O'tkinchi jarayonlarni operator usulida hisoblash.
22.	TO'rtkutbliklar.
23.	Zanjiriy sxemalar.
24.	Chastota ajratkich elektrik filtrlar.
25.	Tarkok parametrli elektr zanjirlar.
26.	Bir jinsli liniyaning xarakteristikalar.
27.	Nochiziqli elektr va magnit zanjirlar.
28.	O'zgaruvchan tokni to'g'rilash.
29.	Ferrorezonans xodisalari.
30.	Boshqariladigan ferromagnit elementlar.

III. Glossariy

Qarshiliklar uchburchagi- tO‘la qarshilikni aktiv va reaktiv qarshiliklar bilan bog‘lanish grafigi.

O‘tkazuvchanliklar uchburchagi- tO‘la O‘tkazuvchanlikni aktiv va reaktiv O‘tkazuvchanliklar bilan bog‘lanish grafigi.

Quvvatlar uchburchagi- tO‘la quvvatni aktiv va reaktiv quvvatlar bilan bog‘lanish grafigi.

O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni- Zanjirdagi tok kuchining effektiv qiymati zanjirdagi kuchlanishning effektiv qiymatiga tO‘g‘ri proportsional, zanjirning tO‘la qarshiligiga teskari proportsional.

O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning I- qonuni- Tugundagi toklarning effektiv qiymatlarining geometrik yig‘indisi nolga teng. (Tugundagi toklarning oniy qiymatlarining algebraik yig‘indisi nolga teng).

O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning II – qonuni- Konturdagi EYuK-larning effektiv qiymatlarining geometrik yig‘indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvining effektiv qiymatlarini geometrik yig‘indisiga teng. (Konturdagi EYuK-larning oniy qiymatlarining algebraik yig‘indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvlarining oniy qiymatlarini algebraik yig‘indisiga teng).

Aktiv quvvat-Iste`mol qilinayotgan elektr energiyasini boshqa tur energiyaga (foydali ishga) aylanish jadalligini kO‘rsatuvchi va miqdor jixatidan bir davr ichida oniy quvvatning O‘rtacha qiymatiga teng bO‘lgan kattalikdir.

Reaktiv quvvat-Manba bilan iste`molchi O‘rtasidagi energiya almashinuvi tezligini va reaktiv tok iste`molini xarakterlovchi kattalik.

TO‘la quvvat-Energetik kurilmalarning ishlatilish vaqtida kuchlanish va tok bO‘yicha bera oladigan elektr quvvatidir.

Quvvat koeffitsenti-TO‘la quvvatni qancha qismi foydali quvvat ekanligini kO‘rsatuvchi kattalik.

Ekvivalent qarshilik-Bir necha qarshilikka teng kuchli bO‘lgan qarshilikdir.

Ekvivalent zanjir-Bir elektr zanjirga teng kuchli bO‘lgan ikkinchi bir elektr zanjirdir.

Faza siljish burchagi-Kuchlanish va tok kuchining boshlang‘ich fazalari orasidagi farqi.

Rezonans xodisasi- Xususiy tebranishlar chastotasining majburiy kuchlar chastotasi bilan mos tushish xodisasidir.

Kuchlanishlar rezonansi- elementlari ketma-ket ulangan zanjirdagi tok kuchi eng katta qiymatga erishganda reaktiv elementlardagi kuchlanishlarni manba kuchlanishiga nisbatan bir necha marotaba ortib ketish xodisasidir.

Toklar rezonansi- elementlari paralel ulangan zanjirdagi tok kuchi eng kichik qiymatga erishganda reaktiv elementlardagi toklarni manbadan iste`mol qilinayotgan tokka nisbatan bir necha marotaba ortib ketish xodisasidir.

Tebranish konturining tO‘lqin qarshiligi(O‘tkazuvchanligi)-induktiv g‘altak va kondensator reaktiv qarshiligi (O‘tkazuvchanligi) miqdorlari nisbatidir.

Konturning asllik koefitsienti- reaktiv kuchlanishlar(toklar)ning manba kuchlanishi(toki)dan necha marta kattaligini bildiruvchi kattalikdir.

Konturning sO‘nishi- asllik koefitsientiga teskari bO‘lgan kattalikdir.

Rezonans egri chiziklari yoki chastotaviy xarakteristikalar-zanjir qismlaridagi kuchlanishning effektiv qiymati O‘zgarmas bO‘lganda zanjirning aktiv, reaktiv va tO‘la qarshiligini, faza siljish burchagini, tok va kuchlanishlarni chastotaga bog‘likligini kO‘rsatuvchi egri chiziqlardir.

Uch fazali elektr zanjir-chastota va amplitudalari bir xil bO‘lib, faza jihatidan 120^0 ga farq qilgan uchta EYuK manbalariga ulangan zanjir.

**Generator(iste`molchi)ning neytral nuqtasi**-generator(iste`molchi) fazalari oxirgi uchlarini birlashtiruvchi nuqtadir.

Nol yoki neytral sim- generator va iste`molchilarning neytral nuqtalarini birlashtiruvchi simdir.

Liniya simlari- manba va iste`molchi bir nomli fazalarining bosh uchlarini birlashtiruvchi simlardir.

Liniya toklari- liniya simlaridan O‘tadigan toklar.

Faza toklari- manba va iste`molchining bir nomli fazalaridan O‘tadigan toklar.

Faza kuchlanishi- ixtiyoriy liniya simi bilan nolinch sim orasidagi kuchlanish.

Liniya kuchlanishi- Istalgan ikkita liniya simi orasidagi kuchlanish.

Simmetrik yuklama- generatorning fazalariga ulangan yuklama qarshiliklari O‘zaro teng va bir xil xarakterda bO‘lgan yuklama.

Nosimmetrik yuklama- generatorning fazalariga ulangan yuklama qarshiliklari O‘zaro teng bO‘lmagan yoki bir xil xarakterda bO‘lmagan yuklama.

Pul satsiya-amplitudalari bir-biriga teng bO‘lgan, chastotalari O‘zaro yaqin, ammo teng bO‘lmagan ikkita sinusoidal tebranishlarning bir-birlariga ustma-ust tushishi natijasida olingan davriy tebranishlarning murakkab turidir.

Amplitudaviy modulyatsilash- O‘zgarmas chastotali sinusoidal funktsiya amplitudasining avvaldan berilgan qonun bO‘yicha boshqarishdir.

O‘tkinchi jarayonlar- elektr zanjirlarning bir turg‘unlashgan rejimdan boshqasiga O‘tishini xarakterlovchi jarayonlardir.

Kommutatsiya- elektr zanjirning ish rejimini O‘zgarishiga olib keluvchi barcha sabablardir.

Kommutatsiyaning birinchi qonuni- Xar qanday induktivlikka ega tarmoqdagi tok va magnit oqimi kommutatsiya paytida O‘zini kommutatsiyaga qadar bO‘lgan qiymatini saqlaydi va bundan sO‘ng ana shu qiymatlaridan boshlab O‘zgaradi.

Kommutatsiyaning ikkinchi qonuni- Xar qanday tarmoqda sig'imdagi kuchlanish va zaryad miqdori kommutatsiya paytida O'zining kommutatsiyaga qadar bO'lgan qiymatini saqlaydi va bundan sO'ng ana shu qiymatlaridan boshlab O'zgaradi.

TO'rtqutblik- ikkita kirish va ikkita chiqish qismlari bO'lgan elektr zanjiridir.

Passiv tO'rtqutblik- ichki tarmoqlarida e.yu.k. va tok manbai bO'lmagan tO'rtqutblik.

Aktiv tO'rtqutblik-ichki tarmoqlarida loqal bitta bO'lsa ham e.yu.k yoki tok manbai bO'lgan tO'rtqutblik.

TO'rtqutblikning uzatuvchanlik funktsiyalari- tO'rtqutblikning kirish kattaliklari bilan chiqish kattaliklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi funktsiyalar.

SO'nish koefitsenti- kirish kuchlanishi (toki) tO'rtqutblikdan O'tganda uning moduli qancha O'zgarishini kO'rsatadigan kattalik.

Fazalar koefitsenti -tO'rtqutblikning kirish va chiqish qismlaridagi oniy kuchlanishning oniy qiymatining boshlang'ich fazalari ayrimasiga teng kattalik bO'lib, tO'rtqutblikka berilgan kuchlanish fazalarining O'zgarish darajasini xarakterlaydi.

Chastota ajratuvchi elektr fil trlar- chastota tanlash xususiyatiga ega bO'lib, ayrim tO'rtqutbliklar yoki zanjiriy sxemalar tarzida tuzilgan qurilmala.

QO'yi chastota fil trlari- 0 dan ω gacha bO'lgan chastotalardagi signallarning eng yaxshi O'tishini ta'minlab, chastotasi birmuncha yuqori bO'lgan signallarning O'tishiga tO'sqinlik qiluvchi elektr fil trlar.

Yuqori chastota fil trlari- ω dan yuqori bO'lgan chastotalardagi signallarning eng yaxshi O'tishini ta'minlab, chastotasi ω dan kichik bO'lgan signallarning O'tishiga tO'sqinlik qiluvchi elektr fil trlar.

Polosoviy(oraliq) fil trlar- Chastotasi ω_1 dan ω_2 gacha bO'lgan diapazondagi signallarni sO'ndirmay O'tkazuvchi fil trlar.

TO'suvchi fil trlar- chastotalar diopazoni ω_1 dan ω_2 gacha bO'lgan signallarni tO'sish uchun mO'ljallangan fil trlar.

IV. Ilovalar

4.4. Testlar tO'plami

Avtotransformatorni ng oddiy bir fazali transformatordan farqi nima?	Avtotransformator- pO'lat O'zagi bO'lmagan oddiy transformator	Avtotransformator -ikkilamchi chulg'am kismlarida kuchlanish avtomatik ravishda O'zgarmas xolda saklab turiladigan transformator	Avtotransform atorda birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar elektrik va elektromagnita viy boglangan.	Avtotransfor matorda chiqish kismlaridagi kuchlanish kirish kismlariga berilayotgan kuchlanishda n ortik bO'la olmaydi
Berilgan $\omega=628$ rad/s uchun davr «T» nimaga teng	$T=0,00157$ s	$T=0,01$ s	$T=100$ s	$T=50$ s
$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ beril gan ifodada oniy qiymat nima bilan belgilanadi	i	I_m	$\sin \omega t$	ψ_i
Berilgan sinusoidal $u = 310 \cos(\omega t + 90^\circ)$ (B) funktsiyaning kompleks ta'sir etuvchi (effektiv) ifodasi yozilsin	$\dot{U} = j220$ B	$\dot{U} = \frac{310}{\sqrt{2}} e^{j90^\circ}$	$\dot{U} = -220$	$\dot{U} = 310 e^{j90^\circ}$
Bir megagerts necha gertsga teng	$1 \cdot 10^2$ Gt	$1 \cdot 10^3$ Gt	$1 \cdot 10^8$ Gt	$1 \cdot 10^6$ Gt
$u = 141 \sin(314t + 80^\circ)$ $i = 14,1 \sin(314t + 20^\circ)$ Zanjirning aktiv quvvati aniqlansin	308 Vt	616 Vt	1000 Vt	500 Vt
Zanjirning kompleks qarshiligini ifodalang	$R = \frac{U}{I}$	$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = r + jX$	$Z = \frac{U}{I}$	$Z = \frac{E}{I}$
$u = 28,2 \sin(618t + 80^\circ)$ $i = 2,82 \sin(618t + 50^\circ)$ Zanjirning reaktiv quvvati (Var) topilsin	40	79,5	3,68	20
Induktiv g'altak elementida xosil bO'luvchi asosiy energiya formasini ko'rsating	Issiqlik energiyasi	Magnit maydoni energiyasi	Elektr maydoni energiyasi	Mexanik energiya
Qaysi jumla faqat kuchlangishlar rezonansiga tegishli	Quvvat koeffitsienti birga teng bO'ladi, zanjirning tO'la qarshiligi esa aktiv qarshilikka teng bO'ladi	Zanjirdagi umumiy tok minimumga, ya'ni eng kichik qiymatga erishadi	Zanjirdagi umumiy tok maksimumga, ya'ni eng katta qiymatga erishadi	Zanjirning tO'la quvvati reaktiv quvvatga teng bO'ladi
Qaysi jumla faqat toklar rezonansiga	Quvvat koeffitsienti birga teng bO'ladi,	Zanjirdagi umumiy tok	Zanjirdagi umumiy tok	Zanjirning tO'la quvvati

tegishli	zanjirning tO'la qarshiligi esa aktiv qarshilikka teng bo'ladi	minimumga, ya'ni eng kichik qiymatga erishadi	maksimumga, ya'ni eng katta qiymatga erishadi	reaktiv quvvatga teng bo'ladi
Qaysi jumla xam toklar rezonansiga, xam kuchlanishlar rezonansiga tegishli	Quvvat koeffitsienti birga teng bo'ladi, zanjirning tO'la qarshiligi esa aktiv qarshilikka teng bo'ladi	Zanjirdagi umumiy tok minimumga, ya'ni eng kichik qiymatga erishadi	Zanjirdagi umumiy tok maksimumga, ya'ni eng katta qiymatga erishadi	Zanjirning tO'la quvvati reaktiv quvvatga teng bo'ladi
Qaysi tushuncha sinusoidal kattaliklarga tegishli emas:	Amplituda (maksimal kattalik)	Oniy qiymat	Burchak chastotasi	Energiya manbaining ichki qarshiligi
Qanday asbobini toklar transformatoriga ulash mumkin emas	Ampermetr	Kirish qarshiligi kichik bo'lgan releni	Vol'tmetr	Vattmetr
Qanday zanjir aktiv tO'rtqutublik deyiladi	Faqat aktiv elementlardan tuzilgan xar qanday murakkab zanjir	Faqat reaktiv elementlardan tuzilgan xar qanday murakkab zanjir	Tarkibida loqal bitta bo'lsa xam tok yoki kuchlanish manbai bo'lgan tO'rtqutublik	Tarkibida loqal bitta bo'lsa xam tok yoki kuchlanish manbai bo'lmagan tO'rtqutublik
Qanday zanjir passiv tO'rtqutublik deyiladi	Faqat aktiv elementlardan tuzilgan xar Qanday murakkab zanjir	Faqat reaktiv elementlardan tuzilgan xar qanday murakkab zanjir	Tarkibida loqal bitta bo'lsa xam tok yoki kuchlanish manbai bo'lgan tO'rtqutublik	Tarkibida loqal bitta bo'lsa xam tok yoki kuchlanish manbai bo'lmagan tO'rtqutublik
Qarshiliklar uchburchagi formulasini kO'rsating	$Z^2 = R^2 + X^2$	$Z = R + X$	$Y^2 = g^2 + b^2$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Keltirilgan kompleks miqdorlarning qaysi biri trigonometrik tarzda ifodalangan	$\dot{A} = a_1 + ja_2$	$\dot{A} = (\cos\alpha + j\sin\alpha)$	$\dot{A} = Ae^{j\alpha}$	$\dot{A} = \dot{B} + \dot{C}$
Keltirilgan tengliklardan qaysi biri kuchlanishlar rezonansiga tO'g'ri kelmaydi	$Q_L = Q_C$	$U_r < U$	$U_L = U_C$	$P = S$
Keltirilgan tengliklardan qaysi biri kuchlanishlar rezonansiga tO'g'ri kelmaydi	$X_L = X_C$	$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$U_C = U_L$	$U_r = U_c$

Keltirilgan tengliklardan qaysi biri sinusoidal O'zgaruvchan tok uchun noto'g'ri yozilgan	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$	$U_m > U$	$f = \frac{1}{T}$	$\omega = 2\pi f$
Keltirilgan tengliklardan qaysi biri toklar rezonansiga to'g'ri kelmaydi	$U < U_r$	$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$I_L = I_C$	$\cos \varphi = 1$
Keltirilgan elementlarning qaysi birida elektr zaryadlari to'planishi mumkin	Rezsistor (r)	Kondensator (S)	Induktiv g'altak (L) Induktiv-nostb	Xech birida
Keltirilgan elementlarning qaysi birida elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi	Rezistor (r)	Kondensator (S)	Induktiv g'altak (L)	Xech birida
Kirxgofning 1-konunini kompleks kurinishda ifodalang	$\sum_{K=1}^n I_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 1$	$\sum_{K=1}^n \dot{I}_K = 0$
Kirxgofning 2-konunini kolmpleks kurinishda ifodalang	$\sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot R_K$	$\sum_{K=1}^n \vec{E}_K = \sum_{K=1}^n \vec{I}_K \cdot Z_K$	$\sum_{K=1}^n E_K = \sum_{K=1}^n I_K \cdot Z_K$	$\sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot Z_K$
Kommutatsiya konunlari qanday printsiplarga asoslanadi?	Energiyaning saklanish konuniga	Elektromagnit induktsiya konuniga	Om va Kirxgof konunlariga	Energiya yiguvchi elementlarda magnii-taviy va elektrik may-don energiyalarin ing birdaniga O'zgara olmasligiga
Kondensator sig'imining O'lchov birligini ko'rsating	Kl	Farada	A/s	V/m
Kondensator elementida xosil bo'luvchi asosiy energiya formasini ko'rsating	Issiqlik energiyasi	Magnit maydoni energiyasi	Elektr maydoni energiyasi	Mexanik energiya
Quvvat koffitsenti	Aktiv quvvatni to'la quvvatga nisbati	Reaktiv quvvatni TO'la quvvatga nisbati	Aktiv quvvatni reaktiv quvvatga nisbati	Reaktiv quvvatni Aktiv quvvatga nisbati
Quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = 1$ bo'lsa, φ burchagimiz necha	0^0	60^0	90^0	120^0

gradus O'ladi				
Quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = 0$ bO'lsa, φ burchagimiz necha gradus O'ladi	0^0	60^0	90^0	120^0
Quvvatlar uchburchagi formulasini kO'rsating	$Z^2 = R^2 + X^2$	$Z = R + X$	$Y^2 = g^2 + b^2$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Quyida keltirilgan kompleks mikdorlarning qaysi biri algebraik tarzda ifodalangan?	$\dot{A} = \dot{a}_1 + j\dot{a}_2$	$\dot{A} = \dot{A}e^{j\psi}$	$\dot{A} = \dot{a}e^{j\psi}$	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining aktiv quvvatini ifodalaydi	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Y^2 = g^2 + b^2$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining reaktiv quvvatini ifodalaydi	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Q = UI \sin \varphi$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining sig'im qarshiligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$Y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$	$X_C = \omega L$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining tO'la qarshiligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$Y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$	$X_C = \omega L$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining tO'la quvvatini ifodalaydi	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Q = UI \sin \varphi$	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Quyidagi ifodalardan qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining tO'la O'tkazuvchanligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$Y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$	$X_C = \omega L$
Quyidagi ifodalarni qaysi biri g'altakning induktiv qarshiligini X_L ni ifodalaydi	ωC	ωL	$L \frac{di}{dt}$	$\frac{\Phi}{i}$
Quyidagi ifodalarni qaysi biri kondensatorning sig'imi qarshiligi X_L	$\frac{1}{\omega C}$	ωL	$L \frac{di}{dt}$	$\frac{\Phi}{i}$

ni ifodalaydi				
Quyidagi keltirilgan formulalardan qaysi biri zanjir uchun Kirxgofning I qonunini ifodalaydi	$P=U \cdot I$	$U=r \cdot I$	$F=L \cdot I$	$\sum I_k = 0$
Quyidagi keltirilgan formulalardan qaysi biri zanjirning bir qismi uchun Om qonunini to'g'ri ifodalaydi	$P=U \cdot I$	$U=r \cdot I$	$F=L \cdot I$	$\sum I_k = 0$
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida qashilik O'lchanadi	Induktсион schyotchik.	Вольтметр	Амперметр	Омметр
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida kuchlanish O'lchanadi	Ваттметр	Амперметр	Вольтметр	Логометр
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida tok chastotasi O'lchanadi	СЧастотометр	Ваттметр	Амперметр	Омметр
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida elektr tokining quvvati O'lchanadi	СЧастотометр	Амперметр	Фазометр	Ваттметр
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida elektr tokining kuchi O'lchanadi	Фазометр	Осциллограф	Амперметр	Вольтметр
Quyidagi O'lchov asboblari qaysi birining yordamida elektr energiyasi O'lchanadi	Induktсион schyotchik	Ваттметр	Авометр	Омметр
Quyidagi formulalardan qaysi biri kommutatsiyaning 1-qonunini ifodalaydi?	$i_L(0_-) = i_L(0_+)$	$X_L = \omega L$	$U_C(0_-) = U_C(0_+) + \frac{dq(0_-)}{dt} = \frac{dq(0_+)}{dt}$	
Quyidagi formulalardan qaysi biri kommutatsiyaning 2-qonunini ifodalaydi?	$i_L(0_-) = i_L(0_+)$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$U_C(0_-) = U_C(0_+) + \frac{dq(0_-)}{dt} = \frac{dq(0_+)}{dt}$	

Quyidagi formulalardan qaysi biri kommutatsiyaning birinchi qonunini ifodalaydi	$i_L(0_-) = i_L(0_+)$	$L \frac{di_L(0_-)}{dt} = L \frac{di_L(0_+)}{dt}$	$u_C(0_-) = u_C(0_+)$	$\frac{dq(0_-)}{dt} = \frac{dq(0_+)}{dt}$
Quyidagi formulalardan qaysi biri kommutatsiyaning ikkinchi qonunini ifodalaydi	$i_L(0_-) = i_L(0_+)$	$L \frac{di_L(0_-)}{dt} = L \frac{di_L(0_+)}{dt}$	$u_C(0_-) = u_C(0_+)$	$C \frac{du_C(0_-)}{dt} = C \frac{du_C(0_+)}{dt}$
Quyidagi formulalarning qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining reaktiv qarshiligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{r^2 + x^2}$	$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$	$b = \frac{1}{\omega L} - \omega C$	$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$
Quyidagi formulalarning qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining reaktiv O'tkazuvchanligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{r^2 + x^2}$	$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$	$b = \frac{1}{\omega L} - \omega C$	$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$
Quyidagi formulalarning qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining tO'la qarshiligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$	$b = \frac{1}{\omega L} - \omega C$	$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$
Quyidagi formulalarning qaysi biri O'zgaruvchan tok zanjirining tO'la O'tkazuvchanligini ifodalaydi	$Z = \sqrt{r^2 + x^2}$	$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$	$b = \frac{1}{\omega L} - \omega C$	$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$
Quyidagi xarflardan qaysi biri ilashgan magnitaviy oqimning shartli belgisi hisoblanadi:	V	F	ψ	N
Kuchlanishni aktiv tashkil etuvchisi	Tok fazasi bilan mos tushadi	Tok fazasidan 90^0 ilgarilaydi	Tok fazasidan 90^0 orqada qoladi	Tok fazasiga nisbatan har qanday burchakka siljigan bo'ladi
Magnit oqimini O'lchov birligini ko'rsating	Mks	Vb	G	T

Om konunini kompleks ifodasini kO'rsating	$I = \frac{U}{R}$	$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{r + jX}$	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \frac{E}{q}$
Parametrlari r=40 Om va sig'imi qarshiligi Xs=30 Om bO'lgan zanjirda R=1 kVt bO'lsa, U=?	200 V	100 V	250 V	500 V
Reaktiv quvvat formulasini toping	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Real tok manbaini voltamper U(I) xarakteristikasini kO'rinishi	Abstsissa O'qiga parallel	Ordinatalar O'qiga nisbatan qiya	Ordinata O'qiga parallel	Ordinata O'qiga nisbatan perependikulyar
Real e.yu.k. manbaini voltamper U(I)xarakteristikasini kO'rinishi	Abstsissa O'qiga parallel	Abstsissa O'qiga nisbatan qiya	Ordinata O'qiga parallel	Ordinata O'qiga nisbatan perependikulyar
S sig'im elementida	Kuchlanish va tok fazalari mos tushadi	Kuchlanish fazasi tok fazasiga nisbatan $\frac{\pi}{2}$ ilgarilaydi	Tok fazasi kuchlanish fazasiga nisbatan $\frac{\pi}{2}$ ilgarilaydi	Kuchlanish va tok qarama-qarshi fazada yotadi
Sinusoidal tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagining umumiy tartibda kabul qilingan belgisini kO'rsating	ψ_i	φ	ψ_u	α
Sinusoidal tok va kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagining umumiy tartibda qabul qilingan belgisini kO'rsating	ψ_i	φ	ψ_u	α
Sinusoidal tokni boshlang'ich faza siljish burchagining qabul qilingan belgisini kO'rsating:	ψ_i	φ	ψ_u	α
Sinusoidal O'zgaruvchan tokning oniy qiymatini ifodalang	$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$	$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$	$i = I_m \cos(\omega t + \psi_i) = \sqrt{3} \cdot I_m$	

Sinusoidal O'zgaruvchan tokning effektiv qiymatini ifodalang	$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$	$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$	$i = I_m \cos(\omega t + \psi_i) = \sqrt{3} \cdot I_m$	
Transformator bilan avtotransformatorning printsiplari farqi nimada	Transformatsiya ko'effitsien-tining kamligida	Transformatsiya ko'effitsien-tini O'zgartirish mumkinligida	Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarni elektr ulanish usulida	Xech qanday farqi yo'k
Transformatorlar qaeirlarda qO'llaniladi	Elektr uzatish liniyalarida	O'lchash texnikasida	Avtomatikada va O'lchash texnikasida	Yuqorida sanab O'tilgan barcha soxalarda
Transformatorning ishlash printsipt	Amper qonuniga asoslangan	Elektromagnit induktsiyasi qonuniga asoslangan	Lents printsiptga asoslangan	Xech qanday qonunga asoslanmagan
Transformatsiya ko'effitsienti formulasini ko'rsating	$\hat{E} = \frac{U_2}{U_1}; \hat{E} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$	$\hat{E} = \frac{U_1}{U_2}; \hat{E} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\hat{E} = \frac{p_1}{p_2};$	$\hat{E} = \frac{U_1}{U_2}; \hat{E} = \frac{I_1}{I_2}$
TO'la quvvat formulasini ko'rsating	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Q = UI \sin \varphi$	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Uch fazali sistemada ularni tasvirlovchi sinusoidalar vaqt bo'yicha qanchaga siljigan	$\frac{T}{5}$	$\frac{T}{2}$	$\frac{T}{4}$	$\frac{T}{3}$
Uch fazali tok zanjirida neytral simning vazifasi nimadan iborat	Yuklamalarni tenglashtirish	Liniya toklarini tenglashtirish	Faza kuchlanishlarini simmetriyalashtirish	Liniya kuchlanishlarini simmetriyasini buzish
Uch fazali tok zanjirida neytral simning vazifasi nimadan iborat	Yuklamalarni tenglashtirish	Liniya toklarini tenglashtirish	Faza kuchlanishlarini simmetriyalashtirish	Liniya kuchlanishlarini simmetriyasini buzish
Uch fazali elektr ta'minoti afzalligi	Ikki xil kuchlanish, aylanma moment, oltita sim urniga 3-ta simdan foydalanish	Ikki xil kuchlanish	Katta quvvat	Ikki xil tok
O'zgarmas tok zanjiri uchun Kirxgofning 1-konunini ifodalang	$\sum_{K=1}^n I_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 1$	$\sum_{K=1}^n \dot{I}_K = 0$
O'zgarmas tok zanjiri uchun Kirxgofning 2-konunini ifodalang	$\sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot R_K$	$\sum_{K=1}^n \vec{E}_K = \sum_{K=1}^n \vec{I}_K \cdot Z_K$	$\sum_{K=1}^n E_K = \sum_{K=1}^n I_K \cdot R_K$	$\sum_{K=1}^n \dot{P}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot \dot{U}_K$

O'zgarmas tok zanjiri uchun Om konunini ifodalang	$I = \frac{E}{r + R}$	$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{r + jX}$	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \frac{E}{q}$
O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning 1-konunini ifodalang	$\sum_{K=1}^n I_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 0$	$\sum_{K=1}^n \vec{I}_K = 1$	$\sum_{K=1}^n \dot{I}_K = 0$
O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning 2-konunini ifodalang	$\sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot R_K$	$\sum_{K=1}^n \vec{E}_K = \sum_{K=1}^n \vec{I}_K \cdot Z_K$	$\sum_{K=1}^n E_K = \sum_{K=1}^n I_K \cdot Z$	$\sum_{K=1}^n \dot{P}_K = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K \cdot \dot{U}_K$
O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om konunini ifodalang	$I = \frac{U}{R}$	$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{r + jX}$	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \frac{E}{q}$
O'zgaruvchan tokning davri quyidagi belgilashlarning qaysi biri bilan kO'rsatiladi	f	T	ω	φ
O'lchov birliklaridan qaysi biri induktivlikka tegishli	Mks	Vb	Genri	T
O'tkazgichdagi elektr toki deganda nimani tushunasiz	Zaryadlar xarakati	O'tkazgichdagi zaryadlangan zarrachalar-ning xaotik xarakati.	O'tkazgichning biror nuqtasidagi zaryadlar xolati	O'tkazgich bO'ylab zaryadlangan zarrachalarning tartibli xarakati
O'tkazuvchanliklar uchburchagi formulasini kO'rsating	$Z^2 = R^2 + X^2$	$P = UI \cos \varphi$	$Y^2 = g^2 + b^2$	$S^2 = P^2 + Q^2$
Elektr zanjiriga ampermetr qanday ulanishi kerak	Yuklama qarshiligiga ketma-ket	Yuklama qarshiligiga parallel	Qarama-qarshi	Yuklama qarshiligiga shuntlanadi
Elektr zanjiriga voltmeter qanday ulanishi kerak	Yuklama qarshiligiga ketma-ket	Yuklama qarshiligiga parallel	Qarama-qarshi	Yuklama qarshiligiga shuntlanadi
Elektr zaryadini O'lchov birligini kO'rsating	Kl	G	A/s	V/m
Elektr kuchlanishi deb nimaga aytiladi	Ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi	Ikki nuqta potentsiallarining ta'siri	Biror nuqta potentsiali	Elektr maydon kuchlanganligi
Elektr tarmoqlarini vazifasi nimadan iborat	Elektro-energiyani ishlab chiqirishda	Elektro-energiyani uzatishda	Elektro-energiyani iste'mol qilishda	Yuqorida etilgan xamma xollar
Elektroenergiyani uzatish uchun qanday	Xavo orqali uzatiluvchi	Kabel liniyalari orqali uzatish	Ob'ektlarni ichki	Yuqorida etilgan

tarmoqlardan foydalaniladi	tarmoqlar		tarmoqlari	xamma xollardan foydalaniladi
Elementlari qarama-qarshi ulangan sxemada butun zanjir qarshiligi qanday O'zgaradi	O'zgarmaydi	Kamayadi	Oshadi	Noma'lum
Elementlari mos ulangan sxemada butun zanjir qarshiligi qanday O'zgaradi	O'zgarmaydi	Kamayadi	Oshadi	Noma'lum
Yashash binolarini energiya bilan taminlash uchun qanday trasformatorlar ishlatiladi	Katta quvvatli	Elektr O'lchovchi	Maxsus	Xech qanday

V. Adabiyotlar rO‘yhati

Asosiy adabiyotlar

1. Charles K. Alexander Matthew N.O. Sadiku “Fundamentals of Electric Circuits” NEW YORK, 2014.-458 p
2. John Bird. “Electrical and Electronic Principles and Technology” LONDON AND NEW YORK, 2014.-455 p
3. Каримов А.С. Назарий электротехника. Дарслик. -Т.: Укитувчи, 2003. -422 б.
4. Рашидов И.Р., Абидов К-Ф., Колесников И.К. Электротехниканинг назарий асослари I, II, III қисмлар (Маъруза матнлари тўплами), ТДТУ, 2002. -250 б.
5. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.G. Elektrotexnikaning nazariy asoslari.I-III qismlar.-Toshkent; 2007,- 426 b.
6. Amirov S.F., Yaqubov M.S., Jabborov N.G ‘., Sattorov X.A., B a lg ‘ayev N.E. Elektrotexnikaning nazariy asoslaridan masalalar tO‘plami.-T.: Adabiyot uchqunlari, 2015. -420 b.
7. Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. -СП б . Питер, 2003. -462 с.
8. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. 4.1,2.- М.: Высшая школа, 1991,- 528 с.-231 с.
9. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники.Ч.1. - М.: Энергия, 1990. - 592 с.
10. Abidov Q.G‘ .,Jo ‘rayev R.,Ernst I.V., Raxmatullayev A.I. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanining «Nochiziqli zanjirlar» bO‘limi bO‘yicha laboratoriya ishlarini bajarish yuzasidan uslubiy kO‘rsatma. TDTU, 2014,- 44 6.
11. Abidov Q.G‘ ., Begmatov Sh.E. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarish bO‘yicha uslubiy kO‘ rsatmalar. TDTU, 2013,- 72 6.
12. Abidov Q.G‘ ., Raxmatullayev A.I., J o ‘rayev R., Ernst I.V., Qadirova. D.R. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanining «uch fazali zanjirlar» bo ‘ limi bO‘yicha hisob-grafik ishlarini bajarish yuzasidan uslubiy kO‘rsatnia. TDTU, 2013.- 32 6.
13. Abidov Q.G‘ ., Qadirova. D.R. «Chiziqli elektr zanjirlarida O‘tkinchi jarayonlar » bO‘yicha hisob - grafik ishini bajarish yuzasidan uslubiy kO‘rsatma. TDTU, 2010.- 36 6.
14. Karimov A.S., Ibadullaev M. Abdullaev B. Elektrotexnikaning nazariy asoslari. T. Fan va texnologiya, 2017 yil.

QO‘shimcha adabiyotlar

15. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистан давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистан Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палатапарининг қўшма мажлисидаги нутқи. -Т .: “Ўзбекистан” НМИУ, 2016.-566.

16. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш - юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистан Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. - Т.:“Ўзбекистан” НМИУ, 2016. - 48 б.
17. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олийжаноб халқимиз билан бирга курашимиз. - Т.: “Ўзбекистан” НМИУ, 2017.- 488 б.
18. Ўзбекистан Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида. - Т.:2017 йил 7 февраль, ПФ-4947-сонли Фармони.
19. Рашидов Й.Р., Абидов К-Е-, Колесников И.К. «Электротехниканинг назарий асослари» фанидан 1-оралик, 2-оралик ва якуний назорат саволлари тўплами. ТДТУ, 2002.-102 б.
20. Ibadullayev M. NAZORAT O‘LCHASH ASBOBLARI VA AVTOMATIKA asoslari. Masala va mashqlar to‘plami.I-qism. T.: Uzbekiston, 2015.- 328 b.
21. Коровкин Н.В., Селина Е.Е., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Сборник задач. -СПб. Питер, 2004. -510 с.
22. Abidov Q.G‘., Isamuxamedov S.D., Isamuxamedov U.S. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanining « 0‘zgarmas tok zanjirlari» bo‘limi bo‘yicha hisob-grafik ishlarini bajarish namunalari ko‘rsatilgan.TDTU, 2010,- 406.
23. Abidov Q.G‘., Isamuxamedov S.D., Isamuxamedov U.S. Elektrotexnikaning nazariy asoslari fanining o‘zgaruvchan tok zanjirlari bo‘limi bo‘yicha hisob-grafik ishlarini bajarish yuzasidan uslubiy ko‘rsatma. TDTU, 2010,- 31 6.
24. Abidov Q.G‘., ErnstI.V. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari» fanining «Nochiziqli magnit zanjirlarini hisoblash» bo‘limi bo‘yicha hisob-grafik ishi bajarish yuzasidan uslubiy ko‘rsatma. TDTU, 2010 .-32 6.
25. Abidov Q.G‘., Rashidov Y.R., Isamuxamedov S.D. Elektrotexnikani nazariy asoslari fanidan laboratoriya ishlari bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma 1-qism. TDTU, 2007,- 38 6.
26. Abidov Q.G‘., Rashidov Y.R., Isamuxamedov S.D. Elektrotexnikani nazariy asoslari fanidan laboratoriya ishlari bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma 2-qism. TDTU, 2007,- 46 6.
27. Abdullaev B., Abidov Q.G., Ibadullaev M. Elektrotexnikaning nazariy asoslari. T. Fan va texnologiya, 2016 yil.
28. Internet ma’lumotlar olinish mumkin belgan saytlar:
www.gov.uz - Ўзбекистан Республикаси ҳукумат портали.
www.lex.uz - Ўзбекистан Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.
[www. zivonet.uz](http://www.zivonet.uz);
www.bilim.uz;
www.ni.com/multisim.
www.aztm.org.obmash.ru.
<http://www.micromake.ru>.
<http://avidreaders.ru/book/spravochnik>.
<http://avidreaders.ru/download/>
<https://www.twirpx.com/files/automation/kipia>.
<https://www.proektant.org/arh/1128.html>