

S. F. AMIROV, M. S. YOQUBOV,
N. G'. JABBOROV



ELEKTR O'LGHASHLAR



160
Bk 31.221

6-

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMINI
RIVOJLANTIRISH INSTITUTI

S.F. AMIROV, M.S. YOQUBOV, N.G'. JABBOROV

ELEKTR O'LCHASHLAR

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

TERMIZ MUHANDISLIK-
TEKNOLOGIYA INSTITUTI
AXBOROT-RESURS MARKAZI

INV. № 23571

20 06 2024 yil

BOYSUNDIRILISH
KASB-HUNAR KOLLEJI
KUTUBXONASI
INV. № 9746

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEKNIKA UNIVERSITETI TERMIZ FILIALI
AXBOROT-RESURS MARKAZI

INV. № 3822

4 10 2019 yil

Cho'lpon nomidagi nashriyat-matbaa ijodiy-dar

Toshkent - 2004

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi Markazining ilmiy-metodik kengashi
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

Mas'ul muharrir: S. Majidov – texnika fanlari nomzodi, professor.

Taqrizchilar: Y. Rashidov – texnika fanlari doktori, professor; *A. A'zamov* – texnika fanlari nomzodi, dotsent; *T. O'lmasov* – Toshkent informatika kasb-hunar kolleji o'qituvchisi; *B.S. Jo'rayev* – Toshkent aloqa kasb-hunar kolleji o'qituvchisi.

O'quv qo'llanmada metrologiya va elektr o'lchashlar sohasiga tegishli asosiy ta'riflar, tushunchalar, shuningdek, o'lchash usullari hamda turli elektr o'lchash asboblari va vositalari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

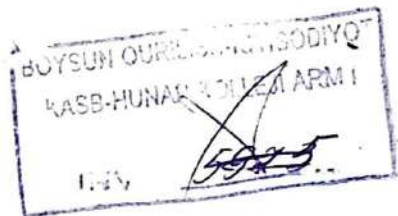
Mazkur o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi uzluksiz ta'lim Davlat standartlari va fan dasturiga moslashtirilgan holda yozildi.

O'quv qo'llanma elektrotexnika yo'nalishida tahsil olayotgan kollej talabalari uchun mo'ljallangan. Undan oliy o'quv yurtlarining talabalari, ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish sohalarining mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

A $\frac{2202030000-13}{360(04)} - 2004$

ISBN 5-8244-2053-X

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-
matbaa ijodiy uyi, 2004- y.



SO'ZBOSHI

So'nggi yillarda kasb-hunar kollejlari dasturlariga jiddiy o'zgarishlar kiritildi. Oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlarida elektrotexnika fanlarini, xususan, elektr o'lchashlar fanini o'qitish uslubi-yatiga yangi pedagogik texnologiyalar joriy etildi.

Ishlab chiqarishning texnik darajasi o'sishi natijasida, texnologik jarayonlarni samarali boshqarishda yangi turdagi mashinalar, apparatlar va o'lchash vositalaridan foydalanilmoqda.

O'quv qo'llanma 5 bobdan iborat bo'lib, har bir bobda mavzuga tegishli o'lchash asboblari va vositalarining tuzilish hamda ishlash prinsiplari bayon etilgan.

Ushbu o'quv qo'llanmada metrologiya asoslari, elektrik, noelektrik kattaliklarni o'lchash usullari, texnik vositalarning tuzilishi, ishlash prinsipi, asosiy metrologik xossalari, afzalliklari hamda ularning kamchiliklarini bartaraf etish yo'llari batafsil yoritilgan.

Kitobdagi ma'lumotlar hozirgi zamon metrologiyasi hamda elektr o'lchashlariga doir bo'lib, ularning texnik yechimlari xalq xo'jaligida keng qo'llanilayotgan axborot-o'lchash tizimlari va majmualaridagi elektrik va noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatilayotgan birlamchi o'lchash o'zgartkichlari – datchiklarning xossalari, ularning o'ziga xos xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan.

Amaliy va laboratoriya ishlari nazariy bilimlarning mazmun-mohiyatini yanada chuqurroq tushunishga hamda mustahkamlashga imkon beradi. O'z-o'zini sinash savollari, masalalar, referativ mavzular talabalarning mustaqil ta'lim olishi va fikrlash qobiliyatini oshirishga xizmat qiladi.

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi Markazining ilmiy-metodik kengashi
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

Mas'ul muharrir: S. Majidov – texnika fanlari nomzodi, professor.

Taqrizchilar: Y. Rashidov – texnika fanlari doktori, professor; *A. A'zamov* – texnika fanlari nomzodi, dotsent; *T. O'lmasov* – Toshkent informatika kasb-hunar kolleji o'qituvchisi; *B.S. Jo'rayev* – Toshkent aloqa kasb-hunar kolleji o'qituvchisi.

O'quv qo'llanmada metrologiya va elektr o'lchashlar sohasiga tegishli asosiy ta'riflar, tushunchalar, shuningdek, o'lchash usullari hamda turli elektr o'lchash asboblari va vositalari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Mazkur o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi uzluksiz ta'lim Davlat standarti va fan dasturiga moslashtirilgan holda yozildi.

O'quv qo'llanma elektrotexnika yo'nalishida tahsil olayotgan kollej talabalari uchun mo'ljallangan. Undan oliy o'quv yurtlarining talabalari, ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish sohalarining mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

A $\frac{2202030000-13}{360(04) - 2004}$ - 2004

ISBN 5-8244-2053-X

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-
matbaa ijodiy uyi, 2004- y.



SO'ZBOSHI

So'nggi yillarda kasb-hunar kollejlari dasturlariga jiddiy o'zgarishlar kiritildi. Oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlarida elektrotexnika fanlarini, xususan, elektr o'lchashlar fanini o'qitish uslubi-yatiga yangi pedagogik texnologiyalar joriy etildi.

Ishlab chiqarishning texnik darajasi o'sishi natijasida, texnologik jarayonlarni samarali boshqarishda yangi turdagi mashinalar, apparatlar va o'lchash vositalaridan foydalanilmoqda.

O'quv qo'llanma 5 bobdan iborat bo'lib, har bir bobda mavzuga tegishli o'lchash asboblari va vositalarining tuzilish hamda ishlash prinsiplari bayon etilgan.

Ushbu o'quv qo'llanmada metrologiya asoslari, elektrik, noelektrik kattaliklarni o'lchash usullari, texnik vositalarning tuzilishi, ishlash prinsipi, asosiy metrologik xossalari, afzalliklari hamda ularning kamchiliklarini bartaraf etish yo'llari batafsil yoritilgan.

Kitobdagi ma'lumotlar hozirgi zamon metrologiyasi hamda elektr o'lchashlariga doir bo'lib, ularning texnik yechimlari xalq xo'jaligida keng qo'llanilayotgan axborot-o'lchash tizimlari va majmualaridagi elektrik va noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatilayotgan birlamchi o'lchash o'zgartkichlari – datchiklarning xossalari, ularning o'ziga xos xususiyatlari-ni o'rganishga bag'ishlangan.

Amaliy va laboratoriya ishlari nazariy bilimlarning mazmun-mohiyatini yanada chuqurroq tushunishga hamda mustahkamlashga imkon beradi. O'z-o'zini sinash savollari, masalalar, referativ mavzular talabalarning mustaqil ta'lim olishi va fikrlash qobiliyatini oshirishga xizmat qiladi.

ELEKTR O'LCHASHLAR FANINING MAQSAD VA VAZIFALARI

Sanoat, qishloq va suv xo'jaligi, kimyoviy texnologiya va boshqa sohalardagi ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida texnologik, agrokimyoviy va biologik nazorat bilan birga turli o'lchash ishlari ham olib boriladi. Shuning uchun ishlab chiqarilayotgan mahsulotning sifati boshqarishda qo'llanilayotgan nazorat va o'lchash vositalariga bevosita bog'liq. Har bir yetuk mutaxassis o'z ish joyida texnologik jarayon parametrlarini, ularning o'lchash usullarini, o'lchash asboblari va qurilmalarining texnik xarakteristikalarini bilishi kerak. Bakalavriatni tugatgan har bir kishi o'lchash asboblari bilan ishlashda o'lchash sxemalari va asboblarni ishlatish bilan bog'liq bo'lgan bilim va malakaga ega bo'lishi, elektr, magnit, noelektrik kattaliklarni bilishi, ularni o'lchashi, nazorat qilishi, o'lchash asboblarni to'g'ri tanlay olishi, xatoliklarning sababini aniqlashi lozim.

Issiqlik texnikasi, elektroenergetika, qishloq va suv xo'jaligi, geologiya va geofizika, tibbiyot, biologiya, atrof-muhit ekologiyasi sohalarida yuzaga keladigan muammolarni yechishda turli parametrlarni o'lchash va axborot olish sezilarli darajada murakkablashib bormoqda. Bu holat yangi o'lchash usullari va vositalarini yaratishni va birlamchi o'lchash o'zgartkichlari – datchiklarga, umuman olganda, o'lchash texnikasiga bo'lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun o'lchash asboblarning texnik imkoniyatlarini hisoblash, texnika vositalari yordamida kengaytirish va turli sharoitlarga moslashtirish hozirgi o'lchash texnikasining dolzarb masalasi bo'lib qolmoqda.

«Elektr o'lchashlar» fani talabalarga elektromagnit hodisasi va jarayonlarini, elektr, magnit kattaliklar va parametrlarini hamda texnologik jarayonlarni boshqarishda yuzaga keladigan muammolarni hal etishga imkon beradi.

Metrologiya va elektr o'lchashlardan olingan bilim va ko'nikmalar kasbhunar kollejlarning elektrotexnik yo'nalishdagi talabalariga «Sanoat korxonalarining elektr jihozlari va qurilmalari», «Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish», «Elektrotexnologiya» va boshqa fanlarni o'zlashtirishlarida yordam beradi.

«Elektr o'lchashlar» sanoat, qishloq va suv xo'jaligi hamda boshqa sohalar yo'nalishida bakalavr va mutaxassislar tayyorlashda o'qitilishi lozim bo'lgan fandir. Davlat ta'lim standartlari, «Kadrlar tayyorlash milliy

dasturi» talablaridan kelib chiqqan holda, bu fan kollej talabalarida metrologiya va elektr o'lchashlar bo'yicha zarur va yetarli bo'lgan bilim hamda ko'nikmalarni shakllantiradi.

O'quv qo'llanmaning maqsadi elektroenergetika tarmoqlari va jihozlari yo'nalishida elektrik bakalavrlarni tayyorlashga ko'maklashishdir. O'quvchilar fanni o'qish jarayonida elektr o'lchovlar, o'lchash asboblarning tuzilishi, ularning ishlatilishi va ta'mirlashning asosiy masalalarini o'rganadilar. Asboblarning texnik xarakteristikalari va xususiyatlari, ularning qiyoslash usullari hamda qoidalari bilan tanishadilar.

«Elektr o'lchashlar» fanini o'rganish natijasida talabalar olgan bilimlari hamda tajribalarini ishlab chiqarishda qo'llashlari lozim bo'ladi.

Har bir talaba bilimlarini respublikamiz oldida turgan o'ta muhim masalalarni yechishga, jahon andozalariga mos keluvchi texnologik jarayonlarni samarali boshqarish hamda mahsulotlarni ishlab chiqarishga safarbar etishi kerak.

ELEKTR O'LCHASHLARNING FAN VA TEXNIKADAGI AHAMIYATI

Moddiy dunyoni bilish usullaridan biri – o'lchashdir. «Har qanday fan o'lchashdan boshlanadi», – degan edi buyuk rus olimi D.I.Mendeleyev. Bizga ma'lum bo'lgan tabiiy fanlardagi barcha qonunlar zahirida o'lchash yotadi.

Elektrik va noelektrik kattaliklarni elektrik usul bilan o'lchashlar katta ahamiyatga ega. Elektr o'lchash usullari boshqa o'lchash turlaridan soddaligi, ishonchliligi, aniqligi, sezgirliigi, qayta o'zgartirish va uzoq masofaga uzatish imkoni bilan ajralib turadi.

Elektr o'lchashlar yer qatlaminin namligi, sho'rlanishi, zichligini aniqlashda, shuningdek, yer osti ruda konlarini samolyotdan turib magnet usullar bilan razvedka qilishda qo'llaniladi. Hattoki sayyoralar va yulduzlar sirtidagi harorat ham fotoelementlar yordamida elektrik usul bilan aniqlanadi.

Murakkab ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish ko'p jihatdan elektr o'lchashlarga tayanadi, chunki ular o'lchash qurilmasi bilan bevosita ishlab chiqarish obyektlariga avtomatik ravishda ta'sir etish, o'lchangan kattaliklar ustida hisoblash operatsiyalarini avtomatik bajarish imkonini beradi.

Ishlab chiqarishning barcha sohalarida mexanizatsiyalashtirish, elektrlashtirish va avtomatlashtirishni yuqori darajaga ko'tarish uchun hozirgi zamon talablariga javob beradigan sodda, puxta, mukammal, arzon, yuqori

aniqlik va sezgirlikka ega, har qanday sharoitda o'z ish qobiliyatini saqlab turadigan o'lchov asboblari loyihalashtirish, ishlab chiqarish va ularni to'g'ri ekspluatatsiya qilish zarur. Shu bilan birga, ishlab chiqarishni jadallashtirish, mahsulotlarni ko'paytirish va sifatini oshirish uchun davlat tizimiga tegishli metrologik birlik va metrologik ta'minot tizimini qonun talablari darajasida ishlab chiqish zarur.

O'LCHASHLAR FANINING RIVOJLANISH TARIXI

O'lchovshunoslik fani ming yillik tarixga ega, chunki ibtidoiy odamlar ham o'z ehtiyojlariga ko'ra masofa, yer maydoni, ishlatgan uy-ro'zg'or asbob-uskunalarining o'lchamlarini antropometrik, ya'ni o'zining muayyan a'zolari yoki tabiiy o'lchovlarni qo'llagan holda o'lchay boshlaganlar. Misol uchun: qarich, quloq, qadam va hokazo tarzda.

Tabiiy o'lchovlardan qimmatbaho toshlarning o'lchov birligi sifatida «no'xatcha» ma'nosini anglatuvchi «karat», «bug'doy doni» ma'nosini anglatuvchi «gran» yuzaga kelgan. Astronomlarning Quyosh, Yer, Oyni ko'p yillik kuzatishlari natijasida vaqt birligi sifatida yil, oy, soat, minut va sekund birliklari shakllangan.

Sanoat, qishloq xo'jaligi, ilm-fanning rivojlanishi ularga bog'liq bo'lgan maxsus texnika, o'lchash usullari va vositalarini ham kashf etishga sabab bo'ldi.

Metrologiya xizmati va metrologik ta'minotning dastlabki shakllari turli tarzda vujudga kela boshlagan. Masalan, rus knyazi Svyatoslav Yaroslavichning oltin kamaridan uzunlikni namunaviy o'lchashda foydalanilgan. O'rta asrlarda Italiyada mamlakat cherkov va butxonalarida saqlanadigan marvarid donalaridan sochiluvchan moddalarning hajmi va massa birliklari o'lchangan.

Ishlab chiqarish, tovar ayirboshlash, tabiat va koinot hodisalarini kuzatish hamda tahlil qilish sohalari zahirida o'lchovshunoslik, o'lchov vositalari va usullarini yaratish, taklif etish, ularni takomillashtirish borasida Sharq, xususan, Markaziy Osiyo olimlarining hissasi ulkan.

VIII-XI asrlarda yashab ijod qilgan al-Xorazmiy, Ahmad Farg'oniy, Ibn Sino va Abu Rayhon Beruniy kabi buyuk vatandoshlarimiz o'lchovshunoslik va o'lchash birliklariga oid asarlar yozib qoldirganlar. Al-Xorazmiy «O'lchashlar haqida»gi risolasida uzunlik, yuza, hajmlarni hisoblash va o'lchash usullarini amalda qanday qo'llashni bayon etgan. Buyuk alloma «Quyosh to'g'risida»gi risolasida vaqtni aniq o'lchashga katta ahamiyat bergan. Hamyurtimiz Ahmad Farg'oniy dunyoda birinchi bo'lib (861- yilda) Nil daryosi sathini o'lchaydigan asbobni kashf qilgan va daryo suvi sathini

o'lash natijalariga ko'ra qishloq xo'jalik ekinlarining u yoki bu turini ekish bo'yicha tavsiyalar bergan. Bu asbob puxtaligi va aniqligi jihatidan hozirgi zamon asboblari sira qolishmaydi.

Alloma Abu Rayhon Beruniy birinchi bo'lib tajribalar asosida Yer shariining radiusini o'lchagan.

Buyuk faylasuf va tabib Abu Ali ibn Sinoning «Tib qonunlari» asarida dori-darmon tayyorlash uchun tavsiya etilgan miqdor va hajm birliklaridan Shharq va G'arb davlatlarida XVII-XVIII asrlargacha foydalanib kelingan. Yusuf Xos Xojib 1069- yilda o'z asarlarining birida metrologiya sohasi haqida fikr yuritib, qimmatbaho metall sofligini sinash, bozordagi tosh va tarozilarning to'g'riligini, muomaladagi pullarning sofligi va og'irligini kuzatib turish kerakligini qayd etgan.

Falakiyot qonunlarini o'rganishda, unga tegishli o'lchashlarni takomillashtirishda Mirzo Ulug'bekning hissasi nihoyatda ulkandir. Uning astrologiyasi yordamida o'z rasadxonasida amalga oshirgan astronomik o'lchashlari natijasida tuzgan «Ziji jadidi Guragoniy» asaridagi ma'lumotlar hozirgi zamonada qo'llanilayotgan ma'lumotlardan juda kam farq qiladi.

O'lchash texnikasining asosiy tarkibiy qismlaridan bo'lgan elektr o'lchash usullari va asboblari yaratishda G'arb olimlarining hissatalari kattadir. 1745- yilda M.V.Lomonosovning safdoshi, akademik G.R.Rixman atmosfera elektrlanishini tatbiq qilish uchun birinchi bo'lib potentsiallar farqlarini o'lchovchi elektrometr yasadi.

XVIII asrning oxirida A.Volta va L.Galvani tomonidan elektr tokini kashf etilganidan so'ng tok kuchini o'lchash zarurati paydo bo'ldi. K.Ersted kashf etgan elektr tokining magnit ta'siridan foydalanib, nemis fizigi G.Om 1826- yilda o'tkazgichdan o'tadigan tok kuchi va magnit maydoni ta'sirida turgan strelkaning og'ishi orasidagi bog'lanishni e'tirof etdi va shu prinsip asosida asbob yaratib, o'z nomiga qo'yilgan qonunga asos solib berdi.

XIX asrning ikkinchi yarmida elektr mashinalari yaratildi. Ularning elektr o'lchash asboblari amaliyotga tatbiq etilishi mumkin emas edi. Shunday asboblari (elektromagnit ampermetrlar va voltmetrlar, vattmetrlar va fazometrlar) yaratilishida rus injeneri O.M.Dolivo-Dobrovolskiyning hisssasi ayniqsa katta. 1872- yilda magnit maydon kuchlanganligi va materialni magnit singdiruvchanligi orasidagi bog'lanishni kashf etgan rus fizigi A.G.Stoletov magnit kattaliklarini o'lchovchi asboblarni yaratdi va mukomillashtirdi.

Rus olimi, akademik B.S.Yakobi elektr zanjirning parametrlarini o'lchaydigan qator usullar va asboblari kashf etdi hamda elektrik kattaliklarini o'lchashda o'lchash birligi tizimini ta'minlash kerakligini asoslab ber-

di. Bunday tizim 1881- yili Parijda o'tkazilgan birinchi xalqaro elektro-texnik kongressda tasdiqlandi.

Rus olimi D.I.Mendeleyev o'lchov va vaznlar sohasida 1892- yilda fundamental ishlarni amalga oshirdi, uning tashabbusi bilan Rossiyada metrik sistemani tadbqiq etish olg'a surildi.

Elektr o'lchov texnikasi elektronikaning element bazasi hamda avtomatika va hisoblash texnikasiga asoslangan holda qator texnologik masalalarni muvaffaqiyatli yechish zahirida tez sur'atlar bilan rivojlandi va takomillash-tirildi. Misol uchun, o'lchash asboblari (ampermetr, voltmeter va hoka-zolar)ning harakatlanuvchi qismini kernlarda mahkamlash o'rniga tortkich (rastayjka)dan foydalanish ularning sezgirligi va aniqligini sezilarli dara-jada oshirdi.

Mikroelektronikaning element bazasidan foydalanish analogli harakatlanuvchi qismi bo'lmagan elektr o'lchash asboblari ishlab chiqarish im-konini berdi.

O'tgan asrning 50- yillarida o'lchov asboblari yaratilishida keskin buri-lish yasaldi – hisoblash texnikasi prinsiplari asosida raqamli o'lchash as-boblari ishlab chiqildi. Ular yuqori aniqligi, tezkor ishlashi, o'lchanayotgan obyekt-dan kam quvvat olishi va avtomatlashtirilgan tarmoqlarga bevosita ulanishi bilan ajralib turadi.

O'lchash asboblarning keyingi yillardagi takomillashishi mikroprotses-sorlarni qo'llash bilan bog'liqdir.

XX asrning 70- yillarida sobiq Ittifoqda ko'zga ko'ringan olimlardan B.N.Sotskov, K.B.Karandeyev, L.F.Kulikovskiy, D.I.Ageykin, F.B.Gri-nevich, V.Yu.Kneller, N.Ye.Konyuxov va boshqalar elektrik va noelektrik kattaliklarning avtomatik o'lchash nazariyasiga asos soldilar va analog hamda raqamli o'lchash vositalarini ommaviy (seriyaviy) ravishda ishlab chiqarishga ko'maklashdilar. Bu asboblari ishlab chiqarish va ilmiy-tad-qiqotlar o'tkazishda keng ishlatiladi.

O'zbekistonda ham bu sohada keng ilmiy-tadqiqot ishlari olib borildi. Ayniqsa, elektroenergetik tizimlar rejimlarini tavsiflovchi kattaliklarni shakl-lantirish va o'lchash bo'yicha akademiklar H.F.Fozilov va J.A.Abdullayev-larning ishlari diqqatga sazovordir. Shu bilan birga, respublikamizda para-metrlari tarqoq bo'lgan tizimlarning nazariyasi, uning bazasida elektr va magnit kattaliklarni o'lchash usullari hamda birlamchi o'zgartkichlarni yaratish bo'yicha ilmiy maktab asoschisi professor M.F.Zaripov, standart-lashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish hamda fizik-kimyoviy jara-yonlar parametrlarini o'lchashda, o'lchash bo'yicha mutaxassislarni tay-yorlashda faol qatnashgan professorlar P.R.Ismatullayev, R.K.Azimov, dotsent A.A.A'zamovning tadqiqotlari, elektrik va noelektrik kattaliklar-niing chastotasi avtomatik ravishda o'zgaradigan o'ta sezgir muvozanat-

lanuvchi ko'prik sxemalarini taklif etgan Sh.Sh.Zohidovlarning ishlari e'tiborga loyiqdir.

O'zbekiston Respublikasida mustaqillikning dastlabki yillaridayoq korxonalarining metrologik ta'minoti, ularni standartlashtirish, sertifikatlashtirishga doir huquqiy va me'yoriy hujjatlar qabul qilindi. Mamlakatimizda xalqaro hujjatlar bilan uyg'unlashtirilgan 50 dan ortiq asosiy hujjatlar, 85 dan ortiq mahsulotlarni sertifikatlashtirish bo'yicha tashkilot va idoralar, 250 dan ziyod laboratoriyalar ishlamoqda.

Hozirgi vaqtda mamlakatimizda bir necha million o'lchash asboblari-dan foydalanilmoqda. Ularning har biri bilan har kuni ko'plab o'lchashlar bajariladi. Bunday sharoitda o'lchash birligini ta'minlash katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Bu masalalar bilan O'zbekiston Respublikasi Davlat standartlashtirish idorasi va uning tizimlari shug'ullanadi. 1993- yilning 28- dekabrda O'zbekiston Respublikasida «Standartlashtirish to'g'risida», «Mahsulotlar va xizmatlarni sertifikatsiyalashtirish to'g'risida» hamda «Metrologiya to'g'risida» Qonunlar qabul qilindi. Natijada barcha o'lchovlar va o'lchash asboblari ustidan davlat nazorati o'rnatildi, o'lchovlarning kerakli darajada, aniq va sifatli o'lchanishiga kafolat berildi.

1996-2003- yillar davomida 24 ta davlat etaloni, 85 ta yuqori aniqlikka ega bo'lgan I va II darajali o'lchash vositalari, 46 ta namunaviy o'lchovlar va uskunalar o'rnatilib, xalq xo'jaligida foydalaniladigan o'lchash asboblari-ning davlat metrologik xizmati bilan ta'minlandi. O'zbekiston Respublikasi Milliy etalon bazasi yaratildi.

O'zbekiston Respublikasi 1994- yil 1-yanvardan Xalqaro standartlashtirish tashkilotiga a'zodir. Bu faoliyat respublikaning xalqaro miqyoslarda tovar ayirboshlashini ta'minlab, mamlakatni dunyo ko'lamida standartlashtirishni rivojlantiradi.

1.1. METROLOGIYADAGI ASOSIY TA'RIFLAR VA ATAMALAR

Metrologiya – yunoncha soʻz boʻlib, «metron» – oʻlchash va «logos» – mantiq, fan, taʼlimot maʼnosini anglatadi.

Oʻzbekiston Respublikasi standartlarining asosiy birliklarida quyidagi taʼrif keltirilgan:

Metrologiya – oʻlchashlar, ularning birligini taʼminlash usullari va vositalari hamda kerakli, talab etilgan aniqlikka erishish yoʻllari haqidagi fan hisoblanadi.

Bu fan quyidagi masalalar bilan shugʻullanadi:

- oʻlchashlarning umumiy nazariyasi;
- kattaliklar birliklari va ularning tizimlari;
- oʻlchash usullari va vositalari;
- oʻlchashlar aniqligini topish usullari;
- oʻlchashlar birligi va oʻlchash vositalarining bir xilligini taʼminlash asoslari;

– etalon yoki namunaviy oʻlchash vositalari yordamida ishchi vositalarga birliklar oʻlchamlarining uzatish usullari.

Mazkur standartga koʻra **oʻlchash** – maxsus texnik vositalar yordamida tajriba yoʻli bilan fizik kattalikning qiymatini aniqlash.

Fizik kattalikni esa quyidagicha taʼriflash mumkin:

Kattalik – sifat tomonidan koʻpgina fizikaviy obyektlarga nisbatan umumiy boʻlib, miqdor tomondan har bir obyekt uchun xususiy boʻlgan xossadir.

Barcha oʻlchashlar ularni joyi va vaqtdan qatʼi nazar, oʻlchash birligini taʼminlashi lozim. *Oʻlchash yagonaligi* – qonunlashtirilgan birliklar asosida ifodalangan va oʻlchash xatoliklari belgilangan ehtimol bilan aniqlangan oʻlchash holatidir.

Fizik kattalikning asosiy xossasi uning oʻlchamligidir. Kattalikning oʻlchamligi deb, shu kattalikning tizimidagi asosiy kattaliklar bilan bogʻliqligini koʻrsatadigan va proporsionallik koeffitsiyenti 1 ga teng boʻlgan ifodaga aytiladi.

Fizik kattalikning birligi deb, taʼrif boʻyicha son qiymati 1 ga teng qilib olingan kattalik tushuniladi. Maʼlum bir fizik kattalikning birliklari oʻzaro oʻlchamlari bilan farqlanishi mumkin. Misol tariqasida km/soat, m/s tezlikning birligi boʻlib, quyidagi har xil oʻlchamga ega:

$$1 \text{ km/soat} = \frac{1000}{3600} = 0,278 \text{ m/s.}$$

O'lchashning texnik vositasi deb, o'lchashda qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik xossaga ega bo'lgan vositaga aytiladi. Qo'llanishiga qarab o'lchash vositalari turlicha bo'ladi. O'lchash vositalariga quyidagilar kirishi mumkin: o'lchovlar, o'lchash asboblari, o'lchash o'zgartkichlari, o'lchash qurilmalari, o'lchash tizimlari.

Standart namunalar va namunaviy moddalar ham o'lchovlar turkumiga kiradi.

O'lchovlar *bir qiymatli* (normal element, tarozi toshi va hokazo) va *ko'p qiymatli* (o'zgaruvchan qarshilik, sig'im va hokazo) turlarga bo'linadi.

O'lchovlarning bir turiga *namunaviy o'lchash vositasi* kiradi. U namunaviy o'lchash asbobi yoki o'lchash uzatkichi ko'rinishida tasdiqlanadi, boshqa o'lchov vositalari u bilan qiyoslanadi.

Fizik kattaliklarni o'lchash uchun o'lchash asboblardan foydalaniladi. *O'lchash asbobi deb, o'lchash ma'lumoti signalini kuzatuvchi uchun qulay ko'rinishda ishlab chiqarilgan o'lchash vositasiga aytiladi.* O'lchash asboblari prinsipiga qo'yilgan fizik hodisalariga ko'ra turlicha bo'ladi.

O'lchash axboroti signalini uzatish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qulay, lekin kuzatuvchini bevosita qabul qilishga noqulay bo'lgan ko'rinishda ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'lchash vositasi o'lchash o'zgartkichi deb ataladi. Vazifasiga ko'ra o'lchash o'zgartkichlari *birlamchi, oraliq, uzatish va masshtab o'zgartkichlariga* bo'linadi.

O'lchashlarda turli *yordamchi vositalardan* foydalaniladi. Ular asosiy o'lchash vositalarining metrologik xossalari ta'sir etadi. Texnologik jara-yonlarni avtomatlashtirish va avtomatlashtirilgan boshqaruv sistemalar taraqqiyoti o'lchash-axborot sistemalariga bog'liq. *O'lchash-axborot tizimi – ishlov berishga qulay bo'lgan o'lchash informatsiyasini avtomatik ravishda hosil qilishga mo'ljallangan o'lchash vositalari (o'lchovlar, o'lchash asboblari va o'lchash o'zgartkichlari) va yordamchi qurilmalarining bir-biriga kanallar yordamida bog'langan tizimidir.*

Turli sohalarida foydalaniladigan barcha o'lchash vositalari belgilangan talablarga javob berishi kerak. Bu holat o'lchash vositalarining bir xilligi bilan ta'minlanadi, ya'ni o'lchash vositalari shkalasi tasdiqlangan birliklarda darajalangan va ularning metrologik xossalari me'yorlarga mos kelgan bo'ladi.

O'lchash vositalari yordamida olingan o'lchanayotgan fizik kattaliklar to'g'risidagi axborot o'lchash informatsiyasi deb ataladi.

1.2. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLAR BIRLIKLARINING O'LCHOVLARI

Qabul qilingan birliklar tizimiga muvofiq o'lchashning texnik ta'minoti sifatida *o'lchovlardan* foydalaniladi. Aniqligiga, ishlatilishiga ko'ra o'lchovlar *etalon, namunaviy va ishchi o'lchovlarga* bo'linadi.

Fizik kattalik birligini yuqori aniqlik bilan qaytara oladigan va uni saqlash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi **birlik etaloni** deyiladi.

Vakolat berilgan milliy organning qarori bilan u yoki bu davlat hududiga o'lchov birligining o'lchami sifatida e'tirof etilgan etalon **davlat etaloni** deb ataladi.

Namunaviy o'lchovlar ishchi o'lchovlarini va o'lchash asboblari qiyoslash (ishonchlash) uchun ishlatiladi. Ba'zi bir o'lchashlarda namunaviy o'lchovlar bevosita qo'llaniladi.

Ishchi o'lchovlar bir xil kattaliklardagi qator o'lchamlarni takror ko'rsatish uchun ko'p hollarda ko'p qiymatli qilib yasaladi.

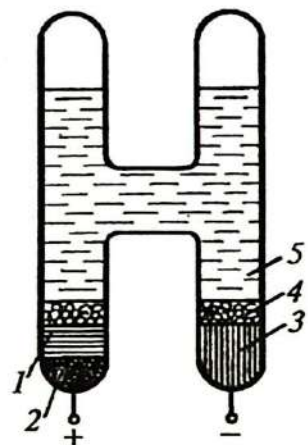
Elektr kattaliklarning o'lchovi sifatida elektr yurituvchi kuch (e.yu.k.) elektr qarshiligi, induktivligi va o'zaro induktivligi hamda sig'im o'lchovi qo'llaniladi.

Magnit kattaliklarning o'lchovi sifatida esa magnit oqimi, magnit maydon kuchlanganligi va magnit induksiya o'lchovlaridan foydalaniladi.

E.yu.k.ning namunaviy va ishchi o'lchovlari sifatida normal elementlar xizmat qiladi, u juda barqaror qiymatli e.yu.k. hosil qiluvchi galvanik elementdan iborat. Normal elementlar to'yingan va to'yinmagan holda yasaladi, ular bir-biridan konstruksiyasi va hosil qiluvchi e.yu.k.ning barqarorligi darajasi bilan farq qiladi. To'yingan normal element (1.1- rasm) H simon idishning bit-ta shisha trubkasiga musbat elektrod vazifasini o'tovchi simob (2) quyilgan. Ikkinchi trubkaning tagida manfiy elektrod (3) vazifasini o'tovchi kadmiyning simobdagi eritmasi bor. Simob ustiga simob sulfat oksidi va kadmiy sulfat aralashmasidan iborat pasta (1) qatlami joylashtirilgan. Simob (2) sulfat oksidi depolyarizator, ya'ni qutblanish hodisasini qaytarish vazifasini o'taydi.

Idishning yuqori qismiga kadmiy sulfatning to'yingan eritmasi (5) quyiladi. Eritmaning to'yinishini ta'minlash uchun elektrodlar ustidan kadmiy sulfatning kristallari (4) joylashtirilgan. Bu tirsaklarning pastki qismini normal elementni o'lchash zanjiriga ulash uchun plastinadan yasalgan elektrodlar kavsharlangan. Shisha idish yaxshi izolyatsiyalangan quti ichiga joylashtiriladi, unda termometr uchun teshik bor (rasmda ko'rsatilmagan).

To'yingan normal elementning harorati 20°C bo'lganda, e.yu.k. ($1,0185 - 1,087\text{ V}$) oraliqda bo'lishi va bir yil vaqt ichida 5 mkV dan o'zgarmasligi lozim.



1.1- rasm. To'yingan normal element.

Bu elementlar 0,0005, 0,0012, 0,002 va 0,005 aniqlik klasslari bo'yicha ishlab chiqariladi. To'yingan normal elementlarning ichki qarshiligi 500 – 1000 Ω ni tashkil etadi.

To'yinmagan elementlarning aniqlik klassi 0,002 dan oshmaydi, 20°C haroratdagi e.yu.k. 1,0186 – 1,0194 V oralig'ida ichki qarshiligi 600 Ω gacha bo'ladi. Bir yil vaqt mobaynida elementning e.yu.k.i 20 mV gacha o'zgarishi mumkin. To'yinmagan elementlarning aniqlik klassi yuqori bo'lmasa-da, ularda e.yu.k.ning haroratga bog'liqligi juda kam. Bu turdagi normal elementlar ko'chma o'lchash qurilmalarida ishlatiladi.

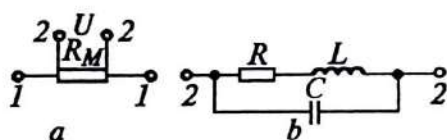
Elementlarni silkinish, to'ntarilish, quyosh nuri, isituvchi va boshqa qurilmalar ta'siridan saqlash lozim. Ulardan o'tayotgan ishchi tok miqdori 1 mA dan ortmasligi kerak. Bu kabi omillar elementning e.yu.k.ini o'zgartirishi yoki uni ishdan chiqarishi mumkin.

So'nggi yillarda e.yu.k.ning ishchi o'lchovlari sifatida o'zgarmas kuchlanish kompensatsion mo'tadillagichlari keng ishlatilmoqda. Bu qurilmalarda mo'tadillovchi element sifatida kremniy stabilitron – diod qo'llaniladi. Kompensatsion mo'tadillagichlar 0,001% °C ga teng bo'lgan harorat koeffitsiyenti bilan katta yuklama toklarida ham kuchlanish mo'tadilligini ta'minlash imkonini beradi.

Elektr tokining o'lchovi bo'lib, massa o'lchovi bilan tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'sir kuchi muvozanatlashadigan tokli tarozi xizmat qiladi. Ma'lumki, tok kuchining birligi amper bo'lib, bu tok vakuumda joylashgan va cheksiz uzunlikka ega hamda bir-biridan o'zaro 1 metr masofada bo'lgan ikkita ingichka o'tkazgichdan o'tganda, ular o'rtasida har metr uzunlikda $2 \cdot 10^{-7}$ H kuch hosil bo'ladi. Elektr qarshiligining namunaviy va ishchi o'lchovlari g'altaklar ko'rinishida yasaladi. Ko'p qiymatli o'lchovlarda bir necha g'altaklar birgalikda qarshiliklar magazinini hosil qiladi. G'altaklar, asosan, manganin (mis, marganes, nikel, aluminiy va teller qorishmasi simi yoki tasmasidan o'ralgan) bo'lib, u katta solishtirma qarshilikka (0,45 $\Omega mm^2/m$), kichik harorat koeffitsiyentiga (10^{-5} °C) ega va mis bilan birikkanda juda oz (1°C da 2 mV) termo e.yu.k. yuzaga keladi.

Qarshilikning o'lchovlari O'zRSTga ko'ra $R = 10^6 \Omega$ ga teng qiymatida yasaladi, bunda $n=5$ dan +10 gacha bo'lgan butun son. Atrofdagi havo harorati 20°C bo'lganda, g'altak qarshiligining haqiqiy qiymati uning nominal qiymatidan eng ko'p yo'l qo'yiladigan o'zgarishga qarab o'lchash g'altaklari 0,001, 0,002, 0,005, 0,01, 0,02, 0,05, 0,1 va 0,2 aniqlik klassiga bo'linadi.

Qarshilikli g'altakning shartli belgisi va ekvivalent sxemasi 1.2- rasmda keltirilgan. O'tish qarshiliklarining ta'sirini kamaytirish maqsadida qiymati $10^4 \Omega$ dan kichik bo'lgan o'lchovlar to'rt qisqichli qilib yasaladi. Ikkita 1–1 qisqich g'altakning tok zanjiriga ulash uchun (1.2- a rasm) xizmat qiladi va tok qisqichlar deb ataladi, boshqa ikkitasi (2–2 qisqichlar) esa g'altakdagi kuchlanish pasayishini o'lchash uchun (1.2- b rasmi) xizmat qiladi va poten-



1.2- rasm. Qarshilikli g'altakning shartli belgisi va ekvivalent sxemasi.

sial qisqichlar deb ataladi. O'lchovning ekvivalent sxemasidan ko'rinib turibdiki, g'altak chulg'ami faqat aktiv qarshilik R ga ega bo'lmay, balki induktivlik L va o'ram orasida shuntlovchi sig'im C ga ham ega. O'zgaruvchan tok zanjirida g'altak

reaktiv elementlarining tok qiymatiga ta'siri vaqt doimiysi bilan tavsiflanadi.

Bu doimiy $\tau = (L/R) - CR$ ifoda bilan aniqlanadi. Vaqt doimiysi qancha kichik bo'lsa, g'altakning sifati shuncha yuqori bo'ladi. Shu maqsadda g'altak chulg'amlari sodda bifilyar, ya'ni simni ikki buklab o'rash, ikki qavatli ketma-ket – bifilyar o'ramli (qarshiligi 100-300 Ω m gacha bo'lgan o'lchovlarda) va parallel – bifilyar o'ramli (yuqori Ω m li o'lchovlarda) usulda yasaladi.

Induktivlik va o'zaro induktivlikning namunaviy hamda ishchi o'lchovlari xuddi qarshilik o'lchovlari kabi ayrim g'altaklar ko'rinishida yoki magazinlar ko'rinishida yasalishi mumkin. Ularga qo'yiladigan asosiy talablar – induktivlikning vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligi, aktiv qarshiligidan kichik bo'lishi hamda induktivlik qiymatining undan o'tayotgan tok qiymatiga va atrof-muhit haroratiga bog'liq emasligidir. Shuning uchun ham chulg'am izolyatsion materialdan (odatda, chinnidan) yasalgan karkasga o'raladi. Induktivlik va o'zaro induktivlik o'lchovlarining sifati g'altakning aslligi Q ga ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi ($Q = \omega L/R$).

Induktivlik o'lchovlari 0,0001, 0,001, 0,01, 0,1 va 1,0 Gn ga teng bo'lgan nominal qiymatlarda ishlab chiqariladi.

O'zaro induktivlikning namunaviy o'lchovlari bitta umumiy karkasda joylashtirilgan ikkita chulg'amdan iborat bo'lib, ikkita juft qismaga ega.

O'zgaruvchan induktivlik va o'zaro induktivlikning namunaviy hamda ishchi o'lchovlari sifatida variometrlar qo'llaniladi. Variometrlar – har biri o'zgarmas qiymatli induktivlikka ega va biri ikkinchisiga nisbatan qo'zg'aluvchan bo'lgan ikkita g'altak ko'rinishidagi qurilmadir. O'zgaruvchan induktivlik – g'altaklarning to'plami ko'rinishida, shuningdek, induktivlik magazinlar ko'rinishida yasalishi ham mumkin.

Induktivlik va o'zaro induktiv g'altaklar chastotasi 10 kGs gacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatish uchun mo'ljallangan.

Sig'imning namunaviy va ishchi o'lchovlari sifatida o'zgarmas va o'zgaruvchan sig'imli havo yoki boshqa turdagi dielektrikli (slyuda) kondensatorlar xizmat qiladi. Sig'im o'lchovlariga qo'yiladigan asosiy talablar – chastota va haroratning o'zgarishi hamda vaqt o'tishi natijasida sig'imning kam o'zgarishi, dielektrik isrofni tavsiflovchi isrof burchagi tangensining kichikligi, izolyatsiya qarshiligidan kattaligi va bardoshlilikidir. Bu talablarga ko'p jihatdan havo dielektrikli kondensatorlar javob bersada, sig'im qiymatining kichikligi tufayli geometrik o'lchamlari nisbatan katta bo'ladi. Slyuda dielektrikli kondensatorlarda sig'im qiymati nisbatan katta (1 mkF

gacha) bo'lsa-da, uning mo'tadilligi ancha past bo'ladi. Alohida sig'im o'lchovlari bilan bir qatorda sig'im magazinlari ham ishlatiladi. Bu magazinlar yordamida 0,0001...1000 mK oralig'idagi sig'implarni olish mumkin.

Magnit oqimining ishchi o'lchovlari sifatida aktiv qarshiligi, induktivligi va o'ramlararo sig'imi kichik bo'lgan o'zaro induktiv g'altaklar ishlatiladi. O'zRST 8.030-92 ga muvofiq bu o'lchovning qiymati 0,01 Vb qilib belgilangan.

Magnit maydon kuchlanganligining namunaviy va ishchi o'lchovlari tokli induktiv g'altaklar ko'rinishida yasaladi. O'zRST 8.097-73 ga ko'ra ushbu o'lchamlarning nominal qiymatlari 0,01...30 MGs chastota diapazonida $2 \cdot 10^{-3}$ dan $0,5 \cdot 10^{-5}$ A/m gacha qilib belgilangan.

Magnit induksiyasining namunaviy va ishchi o'lchovlari kvars karkasga o'ralgan induktiv g'altak bo'lib, u toki 1 A bo'lgan zanjirga ulanadi. Bu o'lchovlar 10^{-10} dan $5 \cdot 10^{-2}$ Tl gacha bo'lgan magnit induksiyasini 0,0005 foizgacha bo'lgan xatolik bilan hosil qilish uchun qo'llaniladi.

Elektr va magnit kattaliklari o'lchovlarining asosiy parametri bo'lib ularning nominal va haqiqiy qiymatlari xizmat qiladi. O'lchovning pasportida keltirilgan qiymati *nominal*, aniq o'lchash sharoitidagi qiymati esa uning *haqiqiy qiymatlari* deb ataladi. Xatoliklarining qiymatlariga qarab o'lchovlar *aniqlik klasslariga* bo'linadi. O'lchovlarning aniqlik klasslari ularning umumlashgan tavsifi hisoblanadi.

1.3. O'LCHASH TURLARI VA USULLARI

Har qanday kattalikning sonli qiymatini o'lchash amali bilan topish, ya'ni ushbu kattalikni birga teng deb olingan shu xildagi kattalikdan necha marta katta yoki kichik ekanligini aniqlash mumkin.

O'lchash deb, o'lchanadigan kattalikni fizikaviy kattalik yordamida xuddi shu turdagi birlik sifatida qabul qilingan miqdor bilan taqqoslash natijasiga aytiladi. Har qanday o'lchash o'lchanayotgan kattalikning ishlatish, o'zgartirish, uzatish yoki qayta ishlashlar uchun qulay shakldagi ifodasini aniqlashdir.

O'lchash turlari. O'lchash natijasini hosil qilish usuliga ko'ra *bevosita, bilvosita va birgalikda o'lchash* turlari mavjud. *Bevosita o'lchash* turida o'lchanayotgan kattalikning qiymati bevosita tajriba natijasida topiladi. Masalan, tokni ampermetr, quvvatni vattmetr, haroratni termometr yordamida o'lchash. Taqqoslash asboblari yordamida noma'lum kattalik qiymatini o'lchash ham bevosita o'lchash turiga kiradi. *Bilvosita o'lchashda* o'lchanayotgan kattalikning qiymati u bilan ma'lum bir bog'lanishda bo'lgan boshqa bir kattaliklarni bevosita o'lchash natijasiga ko'ra aniqlanadi. Bu o'lchash turida o'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagi formula yordamida topiladi:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.1)$$

bu yerda: Y – o'lchanayotgan kattalikning qiymati, $x_1, x_2, \dots, x_n$ – asboblarning yordamida bevosita o'lchangan kattaliklar qiymatlari.

O'zgarmas tok zanjirining quvvati P ni ampermetr va voltmetr yordamida o'lchangan tok I va kuchlanish U qiymatlariga ko'ra $P = UI$ formula yordamida topish yoki o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligini uning asboblarning yordamida o'lchangan qarshiligi, uzunligi va ko'ndalang kesimi yuzasi asosida aniqlash bilvosita o'lchash turiga misol bo'la oladi.

O'lchash usullari: o'lchash usullari ikki guruhga bo'linadi: *bevosita baholash usuli* va *taqqoslash usuli*.

Bevosita baholash usulining mohiyati shundan iboratki, o'lchanayotgan kattalikning qiymati bitta yoki bir nechta asbobning ko'rsatishi bo'yicha bevosita aniqlanadi. Bunda ishlatilayotgan asbobning shkalasi o'lchanayotgan kattalik yoki unga bog'liq bo'lgan boshqa bir kattalik o'lchov birligi bo'yicha darajalangan bo'ladi. Bu usulga zanjirdagi tokni ampermetr, kuchlanishni voltmetr bilan o'lchash misol bo'la oladi.

Taqqoslash usulida o'lchanayotgan kattalik qiymati avvaldan ma'lum bo'lgan o'lchov bilan taqqoslanadi. Bu usulning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, o'lchash jarayonida o'lchov bevosita ishtirok etadi.

Taqqoslash usuli nol, differensial, qarama-qarshi qo'yish, almashlash va mos tushish usullariga bo'linadi.

Nol usuli o'lchanayotgan kattalikni o'lchov bilan bir vaqtda yoki davriy ravishda taqqoslovchi usul bo'lib, unga ko'ra muvozanat ko'rsatkichi (nol-indikator)ga ta'sir etuvchi natijaviy taqqoslanish samarasi nolgacha kamaytiriladi. Bu usulga elektr qarshiligining to'la muvozanatlanishiga asoslangan ko'prikschemas bilan o'lchash misol bo'lishi mumkin. Ko'prikschemasidagi o'lchovning aniqligi juda yuqori va nol-indikatorning sezgirligi katta bo'lganligi sababli o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi.

Differensial usulda asbob o'lchanayotgan kattalik bilan o'lchov qiymatlari farqini ko'rsatadi. Bu usulning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, o'lchash jarayoni mobaynida o'lchanayotgan kattalikning qiymati o'lchov qiymati bilan qisman muvozanatlashadi. Qarshilikni muvozanatlashmagan ko'prikschemas yordamida o'lchash differensial usulga misol bo'la oladi. Bu usulning aniqligi o'lchanayotgan kattalik va o'lchovning bir-biridan qancha farq qilishiga bog'liq. Ushbu farq qancha kam bo'lsa, usulning aniqligi shuncha yuqori bo'ladi.

Qarama-qarshi qo'yish usulida o'lchanayotgan kattalik va o'lchov qiymatlari bir vaqtda taqqoslash qurilmasiga ta'sir etadi. Agar aniqligi yuqori bo'lgan ko'p qiymatli o'lchov va soddaroq tuzilishga ega bo'lgan taqqoslash qurilmasi bo'lsa, bu usul qulay hisoblanadi.

Almashlash usulida o'lanayotgan kattalik va o'lchov qiymatlari ket ma-ket bitta asbob bilan o'lanadi. Ikki o'lchash natijasi hamda o'lanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati topiladi. Qarshilikning qiymatini rostlanuvchi o'lchov (qarshiliklar magazini) va o'zgarma tok ko'prigi yordamida o'lchash bu usulga misol bo'lishi mumkin. Bunda avval qiymati o'lanayotgan qarshilik ko'priki yelkasiga ulanib, muvozanat holatiga keltiriladi. Keyin qarshilik o'rniga rostlanuvchi o'lchov ulanadi va uning qiymatini rostlab, ko'priki yana muvozanatga keltiriladi. Rostlanuvchi o'lchov qiymati noma'lum qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi.

Mos tushish usuliga ko'ra o'lanayotgan kattalik va o'lchov qiymatlari ning farqi asbob shkalasidagi yoki davriy signalidagi belgiga mos kelishi asosida o'lanadi. Bu usul noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi. Bunga uzunlikni noniusli shtangensirkul, jism aylanish chastotasini stroboskop yordamida o'lchash misol bo'la oladi.

O'lanayotgan kattalikning o'lchash jarayonida o'zgarishi xarakteriga ko'ra *statik* va *dinamik* o'lchashlarga ajratiladi.

Statik o'lchashlarga qiymati o'lchash jarayoni mobaynida o'zgarmaydigan kattaliklarni o'lchashlar kiradi. Bunga o'zgarma kattaliklarni o'lchashdan tashqari, davriy o'zgaruvchan kattaliklarning turg'un rejimida o'lchashlar ham kiradi. Masalan, o'zgaruvchan kattalikning amplituda, effektiv va boshqa qiymatlarini turg'un rejimida o'lchash.

Dinamik o'lchashlarga qiymatlari o'lchash jarayonida o'zgarib turadigan kattaliklarni o'lchashlar kiradi. Masalan, vaqt bo'yicha o'zgaradigan kattalikning oniy qiymatini o'lchash dinamik o'lchashga kiradi.

1.4. O'LCHASH VOSITALARI, ULARNING TURLARI VA ASOSIY METROLOGIK XARAKTERISTIKALARI

O'lchash vositalari standartlashtirilmagan, standartlashtirilgan, avtomatik, avtomatlashtirilgan va intellektual o'lchash vositalariga bo'linadi.

Standartlashtirilmagan o'lchash vositasiga texnikaviy yoki metrologik xossalari davlat standarti talablariga muvofiq bo'lmagan o'lchash vositalari kiradi. Bunday vositalar ishlab chiqarishning ichki ehtiyojlarida qo'llanilishi mumkin.

Standartlashtirilgan vositalar Davlat standart talablariga muvofiq

Avtomatik o'lchash vositasi bevosita o'lchash natijasi o'lchash hisoblash, qayd qilish, uzatish va boshqaruvchi signallarni ishlatib, o'lchash natijasi bilan bog'liq barcha ishlarni avtomatik tarzda o'zi bajaradigan intellektual o'lchash vositasi bo'lib, xotiraga ega bo'ladi va o'lchash vaqtida berilgan dastur bo'yicha tanlashni, o'lchash natijalariga ishlov berishni, ularni baholashni, shuningdek, boshqa vazifalarni mustaqil ravishda avtomatik tarzda bajaradi.

BOYSUN QURILSH KUTUBXONA
2-Elektr o'lchashlar
INV 5975

17
KUTUBXONA
INV 9296

TERMINAL
TEKNOLOGIYA
AXBOROTRESURS MARKAZI
INV. № 3822
20 06 2024 yil

Ma'lumotlar belgilanishiga ko'ra o'lchash vositalari quyidagicha klassifikatsiyalanishi mumkin:

- 1) shkalali o'lchash vositalari;
- 2) raqamli o'lchash vositalari;
- 3) o'ziyozar o'lchash vositalari.

O'lchash vositalarining barcha ekspluatatsion xossalari ularning *metrologik xarakteristikalar*i deb ataladi. Bu xarakteristikalar O'zRST 8.009-94 da keltirilgan bo'lib, o'lchash vositalarini tanlashda o'ta zarur omillardan hisoblanadi. Shuning uchun ham quyida amalda keng qo'llanuvchi boshqa metrologik xarakteristikalarni ko'rib chiqamiz.

Xatolik. Xatolik o'lchashning asosiy xarakteristikalaridan hisoblanadi. GOCT (Davlat standarti) 1626-3-70 ga ko'ra *o'lchash xatoligi o'lchash natijalarining o'lchanayotgan kattaliklarining haqiqiy qiymatlaridan og'ishidir*. O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati uchun namunaviy o'lchash vositalari yordamida aniqlash mumkin bo'lgan qiymat qabul qilinadi. Ba'zan o'lchash vositalari xatoliklarini nolga yaqin ekanligini ko'rsatuvchi va ularning sifatini aks ettiruvchi o'lchash vositalarining aniqligi tushunchasi qo'llaniladi.

O'lchash vositalarining xatoligi ifodalanish usuliga ko'ra *absolut, nisbiy va keltirilgan xatolik*larga bo'linadi.

O'lchanayotgan kattalikning o'lchash asbobida o'lchangan qiymati $x_{o'l}$ bilan shu kattalikning namuna asbob yordamida aniqlangan haqiqiy qiymati x_h orasidagi farq *o'lchash asbobining absolut xatoligi* deb ataladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta = x_{o'l} - x_h. \quad (1.2)$$

O'lchash asbobining absolut xatoligi *o'lchanayotgan kattalik birligida ifodalanadi. Absolut xatolikning teskari ishorasi bilan olingan qiymati tuzatma deb ataladi*. Absolut xatolik o'lchash aniqligini yetarli darajada baholay olmaydi. Haqiqatan ham $\Delta = 0,001 A$ absolut xatolikka ega bo'lgan 5 A va 1 A li ampermetrlar har xil aniqliklarga ega. O'lchash aniqligi to'g'risida to'laroq ma'lumotni nisbiy xatolik tushunchasi beradi.

Absolut xatolikni o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati x_h ga nisbati *nisbiy xatolik* deb ataladi va δ harfi bilan belgilanadi:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_h} \cdot 100\% = \frac{x_{o'l} - x_h}{x_h} \cdot 100\%. \quad (1.3)$$

Ammo nisbiy xatolik o'lchash asboblari aniqligini o'lchash diapazonining faqat berilgan nuqtasidagina baholaydi. O'lchash asbobining butun ishchi diapazoni bo'yicha aniqligini baholash uchun esa keltirilgan xatolik tushunchasidan foydalaniladi. *Keltirilgan xatolik γ harfi bilan belgilanadi va absolut xatolikni o'lchanayotgan kattalikning normallashtirilgan qiymati x_n ga nisbati bilan aniqlanadi*:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\% = \frac{x_{o'l} - x_h}{x_n} \cdot 100\%. \quad (1.4)$$

O'lchash asbobining normallashtirilgan qiymati deganda uning ishchi diapazonidagi yoki shkalasidagi eng katta qiymati tushuniladi. Masalan, voltmetrlarning o'lchash chegarasi 0 – 50 V bo'lsa, bunday voltmetr uchun $x_n = 50$ V ga teng, bordiyu boshqa bir voltmetrning o'lchash chegarasi –3 V dan +3 V gacha bo'lsa, bunday voltmetr uchun $x_n = 6$ V ga teng bo'ladi.

Keltirilgan xatolikning ruxsat etilgan qiymati bo'yicha barcha o'lchovlar va o'lchash asboblari aniqlik klassiga bo'linadi. *Aniqlik klassi* esa o'z navbatida son bilan belgilanib, bu son *keltirilgan xatolikning eng katta ruxsat etilgan qiymatini ifodalaydi*. Keltirilgan xatolikning yana bir qulayligi shundan iboratki, u ko'p chegarali o'lchash vositalari uchun ham bir xil qiymatga egadir. Shuning uchun ham bu xatolik o'lchash vositalari xossalari normallashtirishda qulay hisoblanadi.

O'lchash vositalarining xatoligi o'lchanayotgan kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatiga qarab *statik* va *dinamik xatoliklarga* bo'linadi. Vaqt bo'yicha o'zgarmaydigan kattaliklarni o'lchashda yuzaga keladigan xatolik *statik xatolik* deb ataladi. Dinamik rejimdagi xatolik bilan o'lchanayotgan kattalikni berilgan vaqt paytidagi o'lchash statik xatoligi orasidagi farq *dinamik xatolik* deb ataladi.

O'lchash vositalari xatoliklarning o'zgarish xarakteriga ko'ra muntazam va tasodifiy xatoliklarga ajratiladi. O'zgarmaydigan yoki ma'lum qonuniyat bilan o'zgaradigan xatoliklar *muntazam*, tasodifiy qonuniyat bilan o'zgaradigani esa *tasodifiy xatoliklar* deb ataladi.

Yuzaga kelish sharoitlariga ko'ra xatoliklar *asosiy* va *qo'shimcha xatoliklarga* ajratiladi. Normal sharoitlarda foydalanilayotgan o'lchash vositalarining xatoligi *asosiy*, o'lchash vositasi ish faoliyatiga ta'sir ko'rsatadigan omillarning birontasining normal qiymatidan og'ishi natijasida yuzaga keladigan xatoligi esa *qo'shimcha xatolik* deb ataladi.

O'lchash vositalari xatoliklari o'lchanayotgan kattalikka bog'liqligiga qarab *additiv* va *multiplikativ* xatoliklarga bo'linadi. O'lchanayotgan kattalikning o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan o'lchash vositasining xatoligi *additiv* (lotincha *additio* – yig'indi) yoki *nol xatolik*, o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishiga mutanosib o'zgaradigan xatolik *multiplikativ* (lotincha *multiplicatio* – ko'paytma) *xatolik* yoki *sezuvchanlik xatoligi* deb ataladi.

Bundan tashqari xatoliklar *instrumental* – qo'llanilayotgan o'lchash vositasi xatoligiga bog'liq bo'lgan va *metodik* (usul) – qo'llanilayotgan o'lchash usulining takomillashmaganligi tufayli yuzaga keladigan xatoliklarga bo'linadi.

O'lchash vositalarining aniqlik klasslari bitta son yoki kasr ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Additiv xatoligi multiplikativ xatoligidan sezilarli darajada ortiq bo'lgan o'lchash vositalarining aniqlik klasslari $1 \cdot 10^n$, $1,5 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $2,5 \cdot 10^n$, $4 \cdot 10^n$, $5 \cdot 10^n$, $6 \cdot 10^n$ sonlar qatoridan biri ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Bu asboblarda o'lchash diapazonidagi foizlarda ifodalangan asosiy keltirilgan xatolik uning aniqlik klassiga mos keladigan qiymatdan oshmasligi kerak. Bu asboblarga ko'pgina qayd etuvchi va analogli asboblir kiradi.

Additiv va multiplikativ xatoliklari bir-biriga yaqin bo'lgan o'lchash vositalarining aniqlik klasslari egri chiziq bilan ajratilgan ikkita son ko'rinishida ifodalanadi. Bunda o'lchash vositasining asosiy keltirilgan xatoligining chegaraviy qiymati O'zRST 8.401-80 ga ko'ra quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$\delta_{\max} = \pm \left[c + d \left(|x_k / x_y| - 1 \right) \right], \quad (1.5)$$

bu yerda: x_k – o'lchash diapazonining oxirgi qiymati, c va d – nisbiy xatolik qiymatlariga proporsional bo'lgan o'zgarmas musbat sonlar. c/d nisbat o'lchash vositasi aniqlik klassini ifodalaydi.

Bitta kattalikni o'lchayotgan ko'p diapazonli o'lchash vositasi bir nechta aniqlik klassiga, masalan: 0–10, 0–20 va 0–50 A diapazonli ampermetr har bir o'lchash diapazoni uchun alohida aniqlik klassiga ega bo'lishi mumkin.

O'lchash vositasining o'zgartirish funksiyasi yoki statik xarakteristikasi. O'lchash vositasining o'lchash ma'lumotini beruvchi kirish va chiqish kattaliklari orasidagi funksional bog'lanish uning *o'zgartirish funksiyasi* yoki *statik xarakteristikasi* deb ataladi.

O'lchash vositalarining kirish va chiqish to'la qarshiliklari ham uning metrologik xarakteristikasi turkumiga kiradi. Kichik quvvatli zanjirlarda o'lchash vositasi zanjirining ish rejimiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi va qo'shimcha xatoliklarni yuzaga keltiradi. O'lchash vositasining chiqish to'la qarshiligining qiymatiga qarab unga ulanish mumkin bo'lgan yuklama qiymati belgilanadi.

O'lchash vositasi chiqish signali (ko'rsatishi)ning variatsiyasi uning muhim xarakteristikasi hisoblanadi. Tashqi sharoit o'zgarmagan holda o'lchanayotgan kattalikning bitta qiymatini qayta o'lchashda yuzaga keladigan farq o'lchash vositasi ko'rsatishining variatsiyasi deb ataladi. Amalda variatsiya tekshirilayotgan asbob shkalasining bir belgisiga to'g'ri keladigan, o'lchanayotgan kattalikning ortuvchi va kamayuvchi tomonlari bo'yicha o'lchab aniqlangan haqiqiy qiymatlari farqi bilan aniqlanadi.

O'lchash vositalarining dinamik xarakteristikalari ham uning metrologik xarakteristikalari turkumiga kiradi. Dinamik xarakteristika o'lchash vositasi energetik xossalari ifodalaydi va o'lchash vositasi chiqish signalini vaqt

bo'yicha o'zgarayotgan kirish signali parametrlari, tashqi ta'sir kattaligi va yuklama bilan bog'liqligini aniqlaydi. O'lchash vositasining dinamik xarakteristikalarini uning dinamik xatoligini aniqlashga yordam beradi. O'lchash vositasi dinamik xossalarning berilishiga qarab *to'liq* va *qisman* dinamik xarakteristikalariga bo'linadi. To'liq dinamik xarakteristikalariga: *differensial tenglamalar, impuls xarakteristika, o'tkinchi xarakteristika, uzatish funksiyasi, amplituda va faza chastota xarakteristikalar* majmuasi kiradi. Qisman dinamik xarakteristikalariga to'liq dinamik xarakteristikalarining ayrimlari kiradi. Masalan, o'lchash vositasi ko'rsatishining *tinchlanish vaqti*.

O'lchash vositasining sezgirligi. O'lchash vositasining chiqish kattaligi orttirmasi Δy ning shu orttirmani hosil qilgan kirish kattaligining o'zgarishi Δx ga nisbati o'lchash vositasining sezgirligi deb ataladi. Sezgirlik S harfi bilan belgilanadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} \quad (1.6)$$

Statik xarakteristikasi chiziqli bo'lgan o'lchash vositasining sezgirligi o'zgarmas, nohiziq statik xarakteristikasiga ega o'lchash vositasining sezgirligi esa o'zgaruvchan bo'ladi.

O'lchash vositasining doimiysi. Sezgirlikka teskari bo'lgan miqdor – shkala bir bo'lagining qiymati yoki o'lchash vositasining doimiysi deb ataladi:

$$C = 1/S.$$

O'lchash vositasining boshlang'ich sezgirligi. O'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositasi yordamida o'lchash mumkin bo'lgan eng kichik o'zgarishi o'lchash vositasining boshlang'ich sezgirligi deb ataladi.

O'lchash vositasining o'lchash diapazoni. O'lchanayotgan kattalikning yo'l qo'yilgan xatoligi normallashtirilgan qiymatlari sohasi o'lchash vositasining o'lchash diapazoni deyiladi.

O'lchash vositasi metrologik xossalarning vaqt o'tishi bilan o'zgarmaslik xususiyati uning *mo'tadilligidir*.

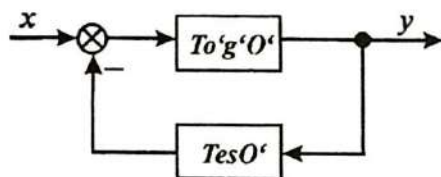
Zanjirga ulangan o'lchash asbobi ma'lum miqdorda quvvat iste'mol qiladi va kichik quvvatli zanjirlarda uning ish holatini o'zgartiradi hamda qo'shimcha xatolikni yuzaga keltiradi. O'lchash asbobi iste'mol qilayotgan quvvat uning kirish qarshiligining qiymati bo'yicha belgilanadi.

O'lchash vositasining ishonchliligi uning asosiy xarakteristikalarini normallashtirilgan qiymatlarining belgilangan vaqt oralig'ida ishlash mobaynida saqlanishi bilan belgilanadi. Ishonchlilik son jihatdan belgilangan tashqi sharoit va vaqt oralig'i mobaynida o'lchash vositasining normal ishlash ehtimoli bilan tavsiflanadi.

1.5. O'LCHASH XATOLIKLARINI KAMAYTIRISH USULLARI

Analog o'lchash vositalari xatoliklarini kamaytirish usullariga asosan quyidagilar kiradi: *real o'zgartirish xarakteristikasini mo'tadillash; xatoliklarni kompensatsiyalash va korreksiyalash; xatoliklarni filtrlash; konstruktiv usullar.*

Real o'zgartirish xarakteristikasini mo'tadillash. Bu usulga muvofiq o'lchash vositasida manfiy teskari bog'lanish qo'llaniladi (1.3- rasm). Bu sxemada ikkita o'zgartkich ishlatiladi – to'g'ri yo'nalishdagi (*To'g'O'*) va



1.3- rasm. O'lchash asbobi
o'zgartirish xarakteristikasini
teskari bog'lanish yordamida
mo'tadillash sxemasi.

teskari yo'nalishdagi (*TesO'*) o'zgartkichlar. Bu universal usul bo'lib, teskari bog'lanish yordamida har xil tashqi omillarning o'lchash vositasi ish rejimiga ta'siri kamayadi. Teskari bog'lanishli o'lchash vositasi chiqishidagi signali quyidagicha aniqlanadi:

$$y = \frac{x}{S_{tes}},$$

bu yerda: S_{tes} – teskari bog'lanish zanjirining sezgirligi.

Xatoliklarni kompensatsiyalash. Elektr o'lchash asboblari xatolikni kompensatsiyalash maqsadida xatoligi o'lchash asbobi xatoligi bilan korrelyatsiyalangan qo'shimcha qism kiritiladi. Natijaviy xatolik quyidagicha topiladi:

$$\Delta_{aH}(\xi) = \Delta_a(\xi) - \Delta_k(\xi),$$

bu yerda: $\Delta_{aH}(\xi)$ – tashqi omillar ta'siridagi natijaviy asosiy xatolik;

$\Delta_a(\xi)$ – o'lchash asbobining asosiy xatoligi; $\Delta_k(\xi)$ – o'lchash asbobi xatoligi bilan korrelyatsiyalangan tashqi omillar xatoligi.

Xatoliklarni kompensatsiyalash usulining kamchiligi xatolikni kompensatsiyalovchi qo'shimcha qism parametrlarini tanlashning murakkabligidir.

Xatoliklarni korreksiyalash. O'lchash vositalari xatoliklarini kamaytirish maqsadida oddiy va avtomatik korreksiyadan keng foydalaniladi. Bular: kalibrovka, tuzatma kiritish, o'z-o'zini rostdash, iteratsiya, adaptatsiya, namuna signallari yordamida kamaytirish va boshqalar.

O'lchash vositasi kalibrovkasining nisbiy xatoligi umumiy holda quyidagi tashkil etuvchilardan iborat:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_0 + \delta_x + \delta_{y0} + \delta_y + \delta_0'$$

bu yerda: δ_0 va δ_x – mos ravishda nolni oʻrnatish va namuna signali manbai chiqish signalining xatoliklari; δ_{y0} va δ_y – mos ravishda nolni oʻrnatish va sezgirlik xatoliklari; δ_0' – additiv xatolikni toʻla yoʻqotilmaganligi tufayli yuzaga kelgan oʻlchash asbobining qoʻshimcha xatoligi.

Oʻlchash vositasining xatoligini tuzatma kiritish usuli bilan korreksiya-lashda uning oʻzgartirish funksiyasini siljitish bilan amalga oshirish mum-kin. Buning uchun koʻpincha teskari oʻzgartkichdan foydalaniladi. Kirish va teskari oʻzgartkich signallarining farqi oʻlchash vositasiga tuzatma kiritish uchun ishlatiladi.

Oʻlchash vositasining xatoligini korreksiyalashda iteratsiya usulini qoʻllash sxemada qoʻshimcha imkoniyatlar yaratadi hamda tezkorlik yuqori boʻlishini taʼminlaydi. Buning uchun oʻlchash vositasida vaqt va fazaviy kanallari ajratiladi. Kanallari vaqt boʻyicha ajratilgan oʻlchash vositasi-ning toʻgʻri yoʻnalishdagi oʻzgartkich chiqishiga hisoblash qurilmasi ula-nadi. Bu qurilmaning kirish qismiga teskari yoʻnalishdagi oʻzgartkich sig-nali ham beriladi. Toʻgʻri va teskari yoʻnalishdagi signallar farqi hisoblan-gandan keyin oʻlchash natijasiga birinchi tuzatma (birinchi korreksiya) kiritiladi. Keyin xuddi shunday usul bilan ikkinchi tuzatma kiritiladi va hokazo.

Tuzatma kiritish (iteratsiya) jarayoni tugagandan keyin, oʻlchash xato-ligi ancha kamayadi. Kanallari fazaviy ajratilgan oʻlchash vositalarida xatolikni korrektilrovka qilish uchun bir xil toʻgʻri va teskari yoʻnalishdagi oʻzgartkichlardan foydalaniladi. Bunda barcha teskari yoʻnalishdagi oʻzgartkichlar namuna oʻzgartkichlar boʻlishi kerak. Bunday hollarda oʻlchash vositasining xatoligi asosan oxirgi oʻzgartkichning additiv xatoli-gi bilan aniqlanadi.

Namuna signallari yordamida xatolikni korreksiyalashda oʻlchash vositasi yuqori tezkorlikka ega boʻlishi kerak. Oʻlchash vositasi struktura sxemasiga namuna elementlar toʻplami va oʻlchanayotgan hamda namu-na signallarini navbatma-navbat ulash uchun tezkor uzgich-ulagich kiri-tiladi. Oʻlchanayotgan va namuna signallar ayirmasi hisoblash qurilmasi yordamida har bir oʻlchash natijasiga koʻra aniqlanadi. Bu additiv va multiplikativ xatoliklarni kamaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, korreksiyalashning bu usuli noxiziq xarakteristikali oʻlchash vositalari xatoliklarini kamaytirish imkonini ham beradi. Shunday hollarda hisob-lash qurilmasi noxiziq tenglamalar tizimini yechishga moʻljallangan boʻlishi kerak.

Dinamik o'lchashlarda xatolikni korrektsiyalash usullaridan biri – o'lchash vositasi chiqish signaliga ko'ra uning kirish signalini tiklashdir.

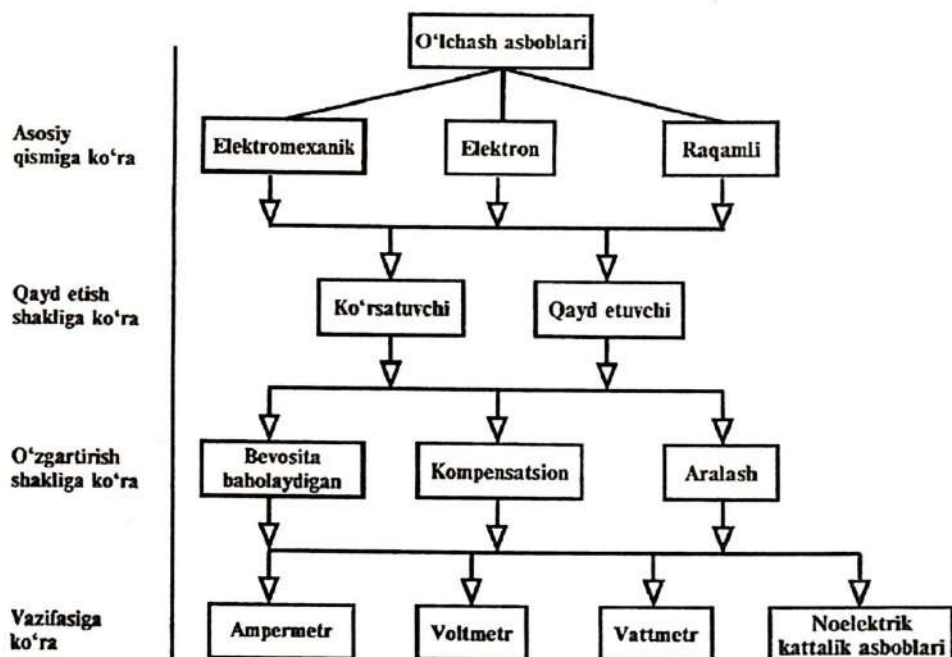
Xatolikni korrektsiyalashning ilg'or usullaridan biri – o'lchash vositasi strukturasi hisoblash qurilmalarini, ya'ni mikroprotsessorlarni kiritishdir. Bunda korrektsiyalash jarayoni avvaldan ko'zda tutilgan dastur asosida bajariladi.

Xatoliklarni korrektsiyalash usullarini qo'llashning murakkabligi, asosan, o'lchash vositasining turg'un ishlashini ta'minlashga bog'liq.

O'lchash amaliyotida xatolikni kamaytirish uchun signalni *filtrlash va konstruktiv* (ekran, yerga ulash, izolyatsiya va hokazo) usullaridan ham keng foydalaniladi.

1.6. O'LCHASH ASBOBLARINING KLASSIFIKATSIYASI

O'lchash asboblari asosiy qismi, qayd etish shakli, o'zgartirish shakli va vazifasiga ko'ra klassifikatsiyalanadi (1.4- rasm).



1.4- rasm. O'lchash asboblari klassifikatsiyasi.

Tarkibida *elektron* (elektrovakuum, ion va yarim o'tkazgichli) qismlar bo'lmagan o'lchash asboblari elektromexanik asboblardir, tarkibida elektron

qismlari bo'lgan o'lchash asboblari esa elektron o'lchash asboblari deb ataladi. Ko'rsatuvchi o'lchash asboblari o'lchash natijasini qayd etadi. Bevosita baholaydigan asboblarda o'lchanayotgan kattalik boshqa kattalikka bir yo'nalishda o'zgartiriladi. Kompensatsion asboblarda o'lchanayotgan kattalik qiymati uning o'lchovi bilan taqqoslanadi. Bu asboblarda o'lchash zanjiri butunlay teskari bog'lanish zanjiri ta'sirida bo'ladi.

Aralash o'zgartirish usuliga asoslangan asboblarning o'lchash zanjirining bir qismi teskari bog'lanish zanjiri ta'sirida bo'ladi. Vazifasiga ko'ra o'lchash asboblari *elektrik* (*tok, kuchlanish, quvvat, chastota va boshqalar*) va *noelektrik* (*mexanik, gidravlik, issiqlik, optik va boshqalar*) kattaliklarni o'lchovchi asboblarga bo'linadi.

Masala. Yuqori o'lchash chegarasi 10 A bo'lgan ampermetr shkalasining 2, 4, 6, 8, 10 A nuqtalariga mos ravishda 2,041; 3,973; 6,015; 8,026; 9,976 A to'g'ri kelsa, asbobning aniqlik klassini toping.

Yechish. O'lchash asbobining asosiy o'lchamlari 2, 4, 6, 8, 10 A lardagi o'lchashning absolut xatoligini $\Delta x_i = x_k - x_x$ hisoblaymiz:

$$\Delta x_2 = 2 - 2,041 = -0,041 A; \quad \Delta x_4 = 4 - 3,973 = 0,027 A;$$

$$\Delta x_6 = 6 - 6,015 = -0,015 A; \quad \Delta x_8 = 8 - 8,026 = -0,026 A;$$

$$\Delta x_{10} = 10 - 9,976 = 0,024 A.$$

Nisbiy xatoliklarni $\delta = (\Delta x_i / x_x) \cdot 100\%$ hisoblaymiz:

$$\delta_2 = \frac{-0,041}{2,041} \cdot 100\% = -2,05\%; \quad \delta_4 = \frac{0,027}{3,973} \cdot 100\% = 0,63\%;$$

$$\delta_6 = \frac{-0,015}{6,015} \cdot 100\% = -0,25\%; \quad \delta_8 = \frac{-0,026}{8,026} \cdot 100\% = -0,326\%;$$

$$\delta_{10} = \frac{0,024}{9,976} \cdot 100\% = 0,24\%.$$

Keltirilgan xatoliklar: $\gamma = (\Delta x_i / x_x) \cdot 100\%$

$$\gamma_2 = \frac{-0,041}{10} \cdot 100\% = -0,41\%; \quad \gamma_4 = \frac{0,027}{10} \cdot 100\% = 0,27\%;$$

$$\gamma_6 = \frac{-0,015}{10} \cdot 100\% = -0,15\%; \quad \gamma_8 = \frac{-0,026}{10} \cdot 100\% = -0,26\%;$$

$$\gamma_{10} = \frac{0,024}{10} \cdot 100\% = 0,24\%.$$

O'lchash asbobining aniqlik klassi keltirilgan xatolikning eng katta qiymatining katta tomonga yaxlitlangan qiymatiga teng, ya'ni 0,5.

1- laboratoriya ishi

Absolut, nisbiy va keltirilgan xatoliklarni aniqlashga doir masala.

Referat mavzulari

1. Metrologiya hamda elektr o'lchashlarning fan va texnikadagi ahamiyati.
2. O'zbekistonda metrologik ta'minot.
3. Elektr o'lchashlarning xususiyatlari va afzalliklari.
4. O'lchash xatoliklari, ularning klassifikatsiyasi va kamaytirish usullari.
5. O'lchash asboblarning asosiy xarakteristikallari va parametrlari.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Elektr o'lchashlar fani nimalarni o'rganadi, uning mazmuni va vazifalari nimalardan iborat?
2. Elektr o'lchashlarning fan va texnikadagi ahamiyatini gapirib bering.
3. O'rta asrlarda Sharqda dastavval o'lchashlarga doir qanday ishlar bajarilgan?
4. O'lchash, o'lchash asbobi, o'lchov, o'lchash o'zgartkichi, o'lchash tizimi deb nimalarga aytiladi?
5. O'lchash umumbirligi qanday bajariladi?
6. SI tizimining asosiy birliklari qaysilar?
7. O'lchash xatoliklari to'g'risida nimalarni bilasiz?
8. O'lchash xatoliklarini qanday kamaytirish usullarini bilasiz?
9. E.yu.k. elektr qarshilik, sig'im va induktivlik o'lchovlari qanday tuzilgan?
10. Aniqlik klassi ta'rifini bering. U qanday aniqlanadi?

II bob. ELEKTR KATTALIKLARNI O'LCHOVCHI ASBOBLAR

2.1. ANALOG ELEKTROMEXANIK ASBOBLAR

Analog o'lchash asboblarning turlari, tuzilishi, xossalari va qismlari. Bevosita o'lchovchi elektromexanik asbob analog asbob bo'lib, undagi qo'zg'aluvchan qismning holati o'lchanayotgan kattalikning qiymatiga bog'liq. Vazifasi va ishlash prinsipidan qat'i nazar *elektromexanik asboblarning o'lchash zanjiri* (*O'Z*), *o'lchash mexanizmi* (*O'M*) va *qayd etish qurilmasi* (*QEQ*) dan tashkil topgan bo'ladi. 2.1-rasmda bevosita o'lchovchi elektromexanik asboblarning umumlashgan blok-sxemasini keltirilgan.

O'lchash zanjiri (*O'Z*) – asbobning bir necha qismidan iborat bo'lib, o'lchanayotgan kattalik x ni o'lchash mexanizmiga bevosita ta'sir etuvchi elektrik kattalik y ga o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

O'lchash mexanizmi (*O'M*) – asbobning bir qismidan iborat bo'lib, u elektr (magnit) energiya qo'zg'aluvchan qismni siljituvchi mexanik energiyasiga o'zgartiradi. Aksariyat o'lchash mexanizmlarida qo'zg'aluvchan qismning siljishi ma'lum o'q atrofida α burchakka burilishdan iborat bo'ladi.

Hisoblash yoki qayd etish qurilmasi (*QEQ*) – asbob konstruksiyasining bir qismi bo'lib, ko'rsatkich va shkaladan tuzilgan. U qo'zg'aluvchan qismning burchak siljishini ko'rsatkich siljishiga o'zgartirib beradi.



2.1- rasmi. Elektromexanik asboblarning umumlashgan blok-sxemasini.

Elektr o'lchash asboblarning sezgirligi

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{d\alpha}{dy} \cdot \frac{dl}{d\alpha} = \frac{dl}{dx}$$

bo'lib, bu yerda: $S_1 = \frac{dy}{dx}$, $S_2 = \frac{d\alpha}{dy}$, $S_3 = \frac{dl}{d\alpha}$ – mos ravishda o'lchash

zanjiri, o'lchash mexanizmi va qayd etish qurilmasining sezgirliklari. Analog o'lchash asboblari bajaradigan funksiyasi bo'yicha ikki guruhga bo'linadi: o'lchash axborotini olish, qayta ishlash va foydalanishda qulay shaklga keltirish hamda o'lchash apparaturasini shahodatlash (attestatsiyalash) va qiyoslash (poverka). Natijalarni taqdim etish bo'yicha o'lchash asboblari ko'rsatuvchilarga va ro'yxatlovchi (qaydlovchi)lar; o'lchash usuli bo'yicha bevosita baholovchi va solishtiruvchi; qo'llash usuli va konstruksiyasi bo'yicha

shitli, ko'chiriladigan va ko'chmaydigan (statsionar); *aniqlik bo'yicha* xatoliklari me'yorlangan asboblarga va indikatorlar (xatoligi me'yorlanmaydi) ga bo'linadi. *Ishlash prinsipiga ko'ra* asboblarni *elektromexanik*, *issiqlik* va *boshqalarga* bo'lish mumkin. *Vazifasi bo'yicha* o'lchash asboblari *elektr*, *magnit*, *issiqlik*, *kimyoviy* va *boshqa (noelektrik)* kattaliklarni o'lchovchi asboblarga bo'linadi. Tashqi sharoit ta'siridan himoyalinishi bo'yicha asboblarga *oddiy* va *namlik*, *gaz* hamda *changdan himoyalanganlarga* bo'linadi.

Barcha elektr o'lchov asboblarning umumiy texnik talablarga javob berishi GOCT 22261-82 bilan me'yorlangan. Elektr o'lchov asboblarga qo'yiladigan shartli belgilar GOCT 23217-78 bilan aniqlangan.

Elektromexanik analog asboblarning umumiy qismlariga *korpus*, *qo'zg'almas* va *qo'zg'aluvchan qismlar*, *teskari ta'sir etuvchi moment hosil qiluvchi qurilma*, *tinchlantirgich*, *qayd etuvchi qurilma* va boshqalar kiradi.

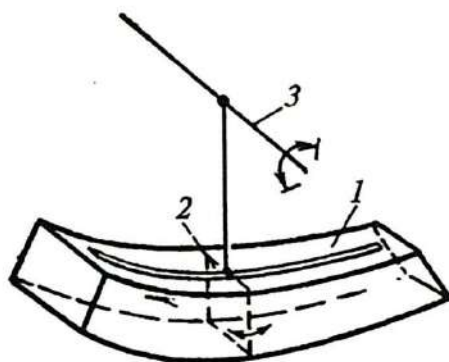
Asbobning korpusi uning barcha qismlarini mahkamlash va tashqi ta'sirdan saqlash uchun xizmat qiladi. Korpus metall yoki plastmassadan har xil shaklda yasaliadi.

Qo'zg'almas qism ko'pgina asboblarda magnit o'zakka o'ralgan yoki o'zaksiz g'altakdan iborat bo'ladi. Ayrim asboblarda qo'zg'almas qism doimiy magnit yoki elektr o'tkazuvchi plastinka ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Asboblarning *qo'zg'aluvchan* qismi doimiy magnit, g'altak, elektr o'tkazuvchi disk, elektromagnit ekran (qisqa tutashtirilgan bir o'ramli g'altak) yoki ferromagnit o'zak ko'rinishida bo'ladi. Qo'zg'aluvchan qism o'z o'qi atrofida burilishi uchun u *tayanch*, *tortqi* yoki *osmalarga* o'rnatiladi.

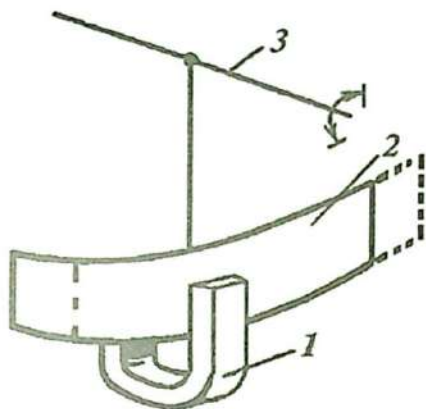
Teskari ta'sir etuvchi moment hosil qilish uchun *spiral* yoki *lentasimon prujinalardan* foydalaniladi.

Tinchlantirgich asbob zanjirga ulanganda yoki o'lchanayotgan kattalikning qiymati o'zgarganda, qo'zg'aluvchan qismni tezroq tinchlantirish uchun xizmat qiladi. Elektromexanik asboblarda *havoli*, *magnitoinduksiya* va *suyuqlikli tinchlantirgichlar* ishlatiladi.

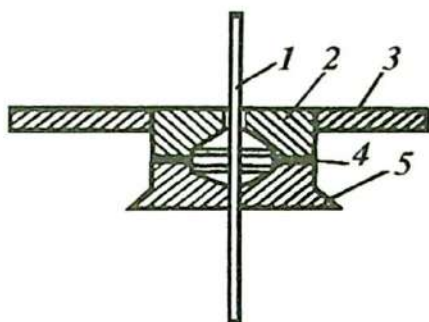


2.2- rasm. Havoli tinchlantirgich.

Havoli tinchlantirgich (2.2- rasm) yopiq kamera (1) shaklida yasalgan bo'lib, uning ichiga aluminiydan yasalgan yengil qanot (2) joylashtirilgan. Bu qanot qo'zg'aluvchan qism o'qi (3) bilan tutashtirilgan. Qo'zg'aluvchan qismning tinchlanish samarasi qanot harakatlanganda hosil bo'luvchi bosimlar farqi hisobiga bo'ladi. **Magnitoinduksiya tinchlantirgich** (2.3- rasm) doimiy magnit (1), uning qutblari orasiga joylashtirilgan, asbob qo'zg'aluvchan qismiga



2.3- rasm. Magnitoinduksiya-
linchlantirgich.



2.4- rasm. Suyuqlikli tinchlantirgich.

mahkamlangan elektr o'tkazuvchi nomagnit plastinka (2) va o'q (3) dan iborat. Bu tinchlantirgichning ishlashi tebranayotgan plastinkada doimiy magnet maydoni hosil qilgan uyurmaviy toklar maydonini o'zini yuzaga keltirgan maydonga tortilishiga asoslangan. Bunday tinchlantirgichlar oddiy va ishonchli, lekin ular doimiy magnet maydoni asbobning asosiy ishchi maydoniga ta'sir ko'rsatmaydigan hollarda qo'llaniladi.

Suyuqlikli tinchlantirgichlarning ishlashi suyuqliklarni qovushqoqlik xususiyatlariga asoslangan (2.4- rasm).

Bunday tinchlantirgichlar ikkita disk (2, 5) dan iborat bo'lib, ulardan biri (5) asbobning qo'zg'aluvchan qismi (1) o'qqa, ikkinchisi (2) esa uning qo'zg'almas qismi panel (3) ga mahkamlanadi. Bu disklar oralig'i millimetrning bir necha ulushiga teng bo'lib, u polimetilsiloksan suyuqlik (4) bilan to'ldirilgan. Suyuqlikli tinchlantirgichlar yengil va o'lchamlari kichik bo'lganligi sababli amaliyotda keng qo'llaniladi.

Elektromexanik asbobning qayd etish qurilmasi bir yoki bir nechta shkala va ko'rsatkich (strelka)dan iborat. O'lchash asbobining *vazifasi, ishlash prinsipi va konstruksiyasiga ko'ra* har xil shkalalar va *ko'rsatkichlar* bo'ladi. Shkalalar *nomlangan*, ya'ni, o'lchanuvchi kattaliklar birliklarida darajalangan yoki shartli nomlangan; shakliga qarab: *to'g'ri chiziqli* – *gorizontal* yoki *vertikal*; *yoysimon* (yoy burchagi 180° gacha bo'lganda) – *gorizontal*, *vertikal* yoki *qiya*; *aylanma* (yoy burchagi 180° dan ko'proq bo'lganda) bo'ladi.

Belgilarning shkalada joylashish xususiyatiga qarab: *tekis* – (aylantiruvchi momentning o'lchanayotgan kattalikka bog'liqligi chiziqli bo'lganda), *notekis* – (yuqoridagi bog'liqlik nochiziqli bo'lganda) bo'ladi. Nolning joyla-

shish o'rniga qarab: *bir tomonli* (nol shkalaning boshlanishida joylashgan), *ikki tomonli* (nol shkalaning o'rtasida joylashgan) shkalalar farqlanadi.

Qayd etish qurilmasiga nisbatan kuzatuvchi kishi ko'zining noto'g'ri holati hisobiga hosil bo'ladigan, ya'ni parallaks xatolikni kamaytirish maqsadida, o'lchash asboblarning shkalasi ko'zguli qilinadi. Bunda qayd etish qurilmasiga shunday qarash kerakki, ko'rsatkich ko'zguda o'z aksini berkitsin.

Ko'rsatkichlar turli shakllarda yasalishi mumkin: *yoysimon*, *nurli* va *raqamli*.

Elektromexanik asboblarning qo'zg'aluvchan qismlariga har xil momentlar ta'sir qiladi. O'lchash asbobida o'lchanayotgan kattalik ta'sirida hosil bo'ladigan va qo'zg'aluvchan qismni ma'lum burchakka buradigan moment *aylantiruvchi moment* deb ataladi. Bu moment umumiy holda o'lchanayotgan kattalik x va qo'zg'aluvchan qism burilish burchagi α ning funksiyasi bo'lib, o'lchash mexanizmida to'plangan elektromagnit energiya α burchak bo'yicha o'zgarishi bilan tavsiflanadi:

$$M_{ayl} = F(x, \alpha) = \frac{dW_{EM}}{d\alpha}, \quad (2.1)$$

bu yerda: M_{ayl} va W_{EM} – aylantiruvchi moment va elektromagnit energiya.

Aylantiruvchi momentni hosil qilish usuliga ko'ra elektromexanik asboblarning *magnitoelektrik*, *elektromagnit*, *elektrodinamik*, *ferrodinamik*, *elektrostatik* va *induksion* guruhlarga bo'linadi.

Agar asbobning qo'zg'aluvchan qismiga faqat aylantiruvchi moment ta'sir qilsa, asbob ko'rsatkichi o'zining maksimal qiymatigacha burilib, u o'lchanayotgan kattalik qiymatiga proporsional bo'lmaydi. Qo'zg'aluvchan qismning burilishi o'lchanayotgan kattalik qiymatiga proporsional bo'lishi uchun teskari ta'sir etuvchi moment mavjud bo'lishi va uning qiymati α burchakka bog'liq ravishda o'zgarishi lozim.

Elektromexanik asboblarda teskari ta'sir etuvchi moment ikki xil usulda hosil qilinadi.

1. Mexanik usul – spiral prujina tortqi yoki osma shaklda bo'lib, uning bir uchi asbob qo'zg'aluvchan qismiga, ikkinchi uchi esa qo'zg'almas qismga mahkamlanadi. Bunda teskari ta'sir etuvchi moment quyidagicha aniqlanadi:

$$M_T = \alpha W, \quad (2.2)$$

bu yerda: W – prujinaning solishtirma teskari ta'sir etuvchi momenti bo'lib, qiymati prujinaning o'lchamlari va materialiga bog'liq.

2. G'altaklar magnit maydonlarining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan moment (logometrlarda).

Asbob ko'rsatkichining turg'un holatida aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi momentlar tenglashadi, ya'ni:

$$M_{ayl} = M_T \quad (2.3)$$

bo'ladi.

O'lchash asbobining dinamik ish rejimida, ya'ni qo'zg'aluvchan qismning harakati paytida unga M_{ayl} va M_T momentlardan tashqari boshqa momentlar ham ta'sir etadi. Bu momentlar qo'zg'aluvchan qismning havoga ishqalanishi, tayanchlardagi ishqalanishlar va inersiya momentlari tufayli yuzaga keladi hamda asbob xatoligini oshiradi.

Magnitoelektrik asboblari. Qo'zg'aluvchan g'altakli magnitoelektrik asboblari yuqori aniqlikka va sezgirlikka ega bo'lganligi sababli juda keng tarqalgan. Bunday asboblarning o'lchash mexanizmi (2.5- rasm) doimiy magnit (1), uning qutb boshmoqlari (2), (3) orasiga ma'lum masofada joylashtirilgan ferromagnit silindrsimon o'zak (4), uni o'rab turuvchi qo'zg'aluvchan g'altak - ramka (5), bir uchi ramkaga mahkamlangan spiral prujina (6) hamda ko'rsatkich (7) dan tashkil topgan.

Asbob zanjirga ulanganda ramkadan tok o'tadi. Uning magnit maydoni bilan doimiy magnit maydoni o'zaro ta'siri natijasida ramka aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi momentlar tenglashguncha ma'lum burchakka buriladi.

Aylantiruvchi moment quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

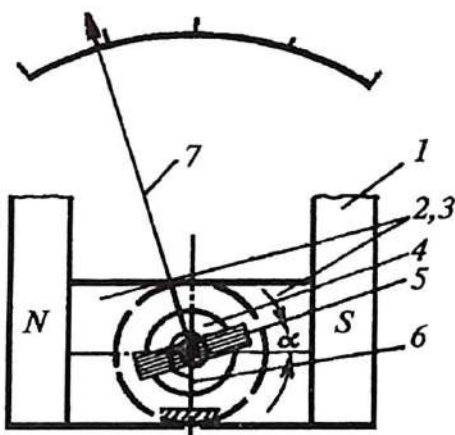
$$M_{ayl} = 2B \cdot r l \omega I = B s \omega I,$$

bu yerda: B - ishchi havo tirqishidagi magnit induksiya; r - aylanish o'qiga nisbatan ramkaning radiusi; l - ramkaning uzunligi; ω - ramkadagi chulg'amning o'ramlar soni; $s = 2 r l$ - ramka chulg'amining aktiv yuzi.

Magnitoelektrik asbobning statik xarakteristikasi

$$\alpha = \frac{B s \omega}{W} I \quad (2.4)$$

bo'lib, bu yerda: α - ramkaning burilish burchagi. Magnitoelektrik asbob-



2.5- rasm. Magnitoelektrik asbob o'lchash mexanizmi.

lar faqat o'zgarmas tokda ishlaydi. Demak, asbob ko'rsatkichi kerakli to-monga burilishi uchun uni zanjirga ulashda o'lchanayotgan kattalik (tok, kuchlanish) ning ishorasi (+ -) ga e'tibor berish kerak.

Asbobning sezgirligi

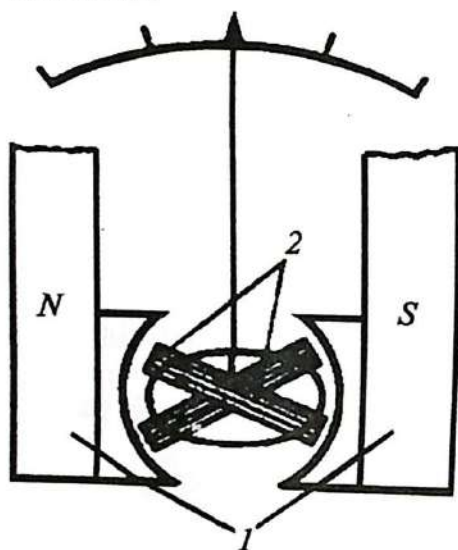
$$S = \frac{Bsw}{W} I = \Sigma I, \quad \text{bunda} \quad \Sigma = \frac{Bsw}{W} \quad (2.5)$$

α burilish burchagiga bog'liq emas, shuning uchun ham bunday asboblar-niing shkalasi tekis.

Magnitoelektrik asboblar o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan asboblar tur-kumiga kiradi. Ular 0,1 aniqlik klassigacha yasalishi mumkin. Ishchi havo tirqishida magnit maydonining bir tekis taqsimlanganligi darajalash (gra-duirovka) xatoligini kamaytiradi. O'zining magnit maydoni kuchli bo'lganidan tashqi maydonlarning ta'siri sezilarsiz. Haroratning o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan xatolik maxsus sxemalar yordamida kompensatsiyalanishi mumkin.

Magnitoelektrik asboblarning afzalliklaridan yana biri ularning yuqori sezgirligidir. Sezgirligi bo'yicha ular boshqa asboblardan ustun tura-di, misol uchun 0,1 mA gacha to'la og'ishli magnitoelektrik mikroamper-metr mavjud (M 95 rusumli, aniqlik klassi 1,0). Quvvat iste'moli juda kam, yuqori o'lchash chegarasi 5 A bo'lgan ampermetr 0,3 Vt ga yaqin quvvat iste'mol qiladi.

Yuqorida qayd etilgan afzalliklarga ko'ra, magnitoelektrik asboblar to'g'rilagich sxemalari bilan birga o'zgaruvchan tok zanjirlarida ham ishlatiladi.



2.6- rasm. Magnitoelektrik logo-metrning tuzilishi.

Magnitoelektrik o'lchash asbob-larining kamchiliklariga:

- konstruktiv tuzilishining nisbatan murakkabligi; narxining qimmatligi;
- o'ta yuklanishga chidamsizligi (odatda tok o'tadigan prujinalar yoki teskari ta'sir etuvchi moment hosil qi-luvchi tortqilar kuyadi);
- qo'shimcha o'zgartkichlarsiz o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llab bo'lmasligi kiradi.

Magnitoelektrik asboblar amper-metrlar, voltmترلar, ommetrlar va lo-gometrlar sifatida ishlatiladi.

Magnitoelektrik logometrlarda qo'zg'aluvchan qismning turg'un - mu-vozanat holati chulg'amlardan o'tuvchi

toklarning nisbatiga bog'liq bo'lib, teskari ta'sir etuvchi moment mexanik usulda emas, balki elektrik usulda hosil qilinadi. Logometrning qo'zg'almas qismi bo'lib, qutb boshmoqlari bo'lgan doimiy magnit (1) va ellipssimon shaklda yasalgan ferromagnit o'zak xizmat qiladi (2.6- rasm).

Qo'zg'aluvchan qism umumiy o'qqa burchak ostida mahkamlab joylashtirilgan ikkita g'altak – (2) ramkadan iborat. Ramkalarining chulg'amlariga tok moment hosil qilmaydigan o'tkazgichlar orqali o'tadi. Ramkalardagi chulg'amlar shunday o'ralganki, ulardan tok o'tishi natijasida hosil bo'ladigan aylantiruvchi momentlar ($M_1 = B_1 s_1 w_1 I_1$ va $M_2 = B_2 s_2 w_2 I_2$) yo'nalishlari o'zaro qarama-qarshi bo'ladi. Doimiy magnit qutblari va ferromagnit o'zak o'rtasidagi ishchi havo tirqishining tekismasligi tufayli aylantiruvchi moment qo'zg'aluvchan qism holatiga bog'liq bo'lib qoladi.

Bu qarama-qarshi yo'nalgan momentlar ta'siridagi qo'zg'aluvchan qism katta moment yo'nalishi bo'yicha $M_1 = M_2$ bo'lguncha buriladi.

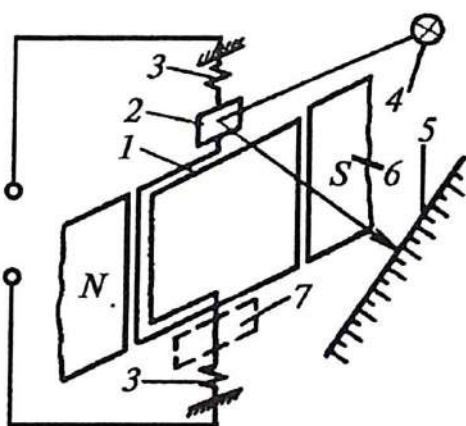
Magnitoelektrik logometrlar ko'pincha qarshiliklarni bevosita o'lchash uchun *ommetr* va *megaommetr* sifatida ishlatiladi. Bundan tashqari ular *harorat*, *namlik*, *suyuqlik bosimi* va *sarfi*, *shuningdek*, *boshqa noelektrik kattaliklarni* o'lchash hamda qayd etishda qo'llaniladi.

Magnitoelektrik galvanometrlar. Amaliy elektr o'lchashlarda juda kichik tok va kuchlanishlarni o'lchashga to'g'ri keladi. Ko'pincha ko'prik yoki kompensatsiyali sxemalarda tok yoki kuchlanishning nolgacha kamayishini qayd etish kerak bo'ladi. Buning uchun, bevosita baholaydigan shartli shkalaga ega va sezgirligi yuqori bo'lgan galvanometrlar xizmat qiladi. Yuqori sezgirlik galvanometrlarda o'zgaruvchan qismni tortqilar yoki osmalarga o'rnatish va yorug'likni qayd etish qurilmasidan foydalanish hisobiga erishiladi.

Galvanometrning qo'zg'aluvchan qismi ramka (1) va oyna (2) dan tashkil topgan (2.7- rasm). Qo'zg'aluvchan qism tortqilar (yoki osma) (3) ga mahkamlangan. Oynaga yorug'lik manbai (4)

dan yorug'lik yuboriladi va qaytgan nur shkala (5) ga tushadi. Galvanometr o'lchash shartli ravishda millimetrlarda yoki graduslarda darajalashtirilgan. (6) – doimiy magnit, (7) – ballast

– qo'zg'aluvchan qism inersiya momentini oshirish uchun xizmat qiladi. Galvanometrlar asosan kichik tok kuchlanishlarni o'lchash uchun xizmat qiladi hamda nol asboblari deb ataluvchi asboblari sifatida tokning o'zqligini belgilash uchun ishlatiladi. Ularga qo'yiladigan asosiy talab – yuqori sezgirlik hisoblanadi.



2.7- rasm. Galvanometr.

Galvanometrning asosiy parametrlari va xarakteristikallari u zanjirga ulangan yoki uzilganda mexanizmida yuzaga keladigan o'tkinchi jarayonlarni tahlil qilish asosida aniqlanadi.

Shkalasining uzunligi 20 mm bo'lgan M 118 rusumli galvanometr tok bo'yicha $0,18 \text{ mm/mA}$ ga, kuchlanish bo'yicha $0,14 \text{ mm/mV}$ sezgirlikka ega, tinchlanish vaqti 5 s ga teng.

Qo'zg'aluvchan qismining inersiya momenti orttirilgan galvanometrlar ballistik galvanometrlar deb ataladi.

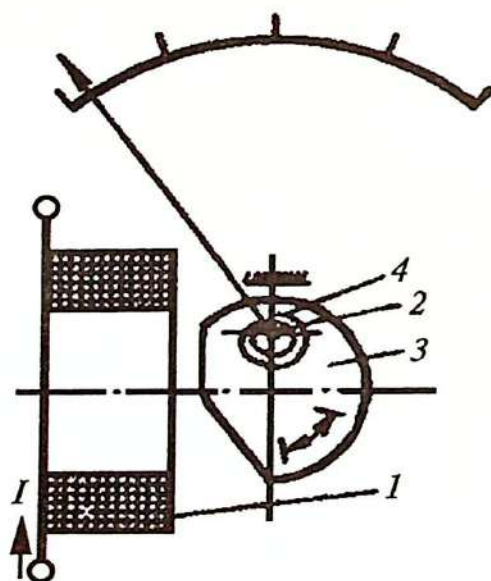
Agar galvanometr ramkasidan juda qisqa vaqt ichida tok o'tkazilsa, u olingan impuls ta'sirida nol holatidan og'adi. Ramkaning birinchi maksimal og'ishi impuls vaqti ichida undan o'tgan elektr miqdoriga proporsionaldir.

Yorug'lik ko'rsatkichli galvanometr shkalasi bo'yicha *surilish miqdori* ning ramkadan o'tayotgan elektr miqdoriga bo'lgan nisbati galvanometrning ballistik sezgirligi deb ataladi va ko'zgu bilan shkala orasidagi masofa bir metr bo'lganda, millimetrni mikrokulonga nisbati bilan ifodalanadi.

Ballistik galvanometrdan elektr miqdorini o'lchashdan tashqari sig'im va magnit oqimini o'lchashda ham foydalaniladi.

O'zgaruvchan tok ko'priklari va kompensatorlarida nol – indikator sifatida vibratsiyali galvanometrlardan foydalaniladi. Bunday asboblarda teskari ta'sir etuvchi moment tortqilar yordamida hosil qilinadi.

Galvanometr yordamida amalga oshiriladigan o'lchashlarni uning xarakteristikallari tekshirilayotgan zanjir parametrlariga va o'lchash vazifalariga mos kelgandagina yuqori aniqlik va tezkorlik bilan bajarish mumkin bo'ladi.



2.8- rasm. Elektromagnit o'lchash mexanizmi.

Elektromagnit asboblari. Elektromagnit asboblarda aylantiruvchi moment o'lchanayotgan tok o'tayotgan g'altak magnit maydonining bir yoki bir nechta ferromagnit o'zak bilan o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi.

2.8- rasmda elektromagnit o'lchash mexanizmining sxematik tuzilishi ko'rsatilgan. Mis simdan o'ralgan yas-si yoki dumaloq g'altak (1) havo tirqishiga o'q (2) qa eksentrik mahkamlangan ferromagnit o'zak (3) kirish imkoniyatiga ega. O'zak magnit singdiruvchanligi juda yuqori (aylantiruvchi momentni oshirish uchun) va koersitiv

kuchi kichik (gisteresis tufayli yuzaga keladigan xatolikni kamaytirish uchun) bo'lgan materiallardan tayyorlanadi. Elektromagnit o'lchash mexanizmlarida ko'pincha havoli yoki suyuqlikli tinchlantirgichlar qo'llaniladi.

O'lchash mexanizmining g'altigidan tok o'tganda, uning atrofiga magnit maydoni hosil bo'ladi. Bu maydonning kuch chiziqlari qo'zg'aluvchan ferromagnit o'zakni kesib o'tadi va uni g'altak ichiga tortadi. Tokli g'altak magnit maydonining energiyasi quyidagiga teng:

$$W_{EM} = \frac{1}{2} LI^2 ,$$

bu yerda: L – g'altak induktivligi; I – g'altakdagi tok.

Qo'zg'aluvchan qism siljiganda g'altak induktivligi o'zgaradi, ya'ni (2.1) ga ko'ra:

$$M_{ayl} = \frac{dW_{EM}}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} . \quad (2.6)$$

Statik muvozanat (2.3) shartiga ko'ra, asbob harakatlanuvchi qismining burchak siljishi aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi momentlarning tenglik shartidan aniqlanadi:

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

yoki

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dL}{d\alpha} I^2 . \quad (2.7)$$

(2.7) ifodadan ko'rinib turibdiki, elektromagnit asbob shkalasi notekis, ya'ni o'lchanayotgan kattalik bilan ko'rsatkich og'ish burchagi o'rtasidagi bog'lanish chiziqli emas. Qo'zg'aluvchan o'zak shaklini tanlab, asbob shkalasini uning yuqori chegara qiymatining 15-20 foizidan boshlab tekisligini ta'minlash mumkin.

Elektromagnit asbob o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llanilganda, asbobning metall qismlarida uyurmaviy toklar hosil bo'ladi va ularning maydoni g'altak magnit maydonini birmuncha kamaytirishi natijasida xatolik yuzaga keladi.

Elektromagnit asboblarning sezgirligi magnitoelektrik asboblarning sezgirligidan ko'p marta past, quvvat iste'moli esa juda katta.

Elektromagnit asboblarda tashqi harorat o'zgarishining ta'siri ham magnitoelektrik asboblarga nisbatan juda katta.

Tashqi maydonning ta'siri astatik usul yordamida keskin kamaytirilishi mumkin. Bu usulga ko'ra bitta o'qqa ikkita ferromagnit o'zak mahkamlangan bo'lib, ularning har biri o'zining g'altagiga maydon ta'sirida tortilish imkoniyatiga ega. G'altaklar bir xil bo'lib, o'zaro ketma-ket va induktiv jihatdan qarama-qarshi ulangan. Buning natijasida bitta g'altakda uning xususiy maydoni bilan tashqi magnit maydon qo'shilsa, ikkinchi g'altakda ular ayriladi. Natijada qo'zg'aluvchan o'qqa ta'sir etayotgan moment qiymatiga tashqi maydon ta'sir ko'rsatmaydi.

Berk magnit o'tkazgichli elektromagnit asboblarning xususiy magnit maydoni kuchli bo'lganligi sababli ularni o'lchashiga tashqi maydonlarning ta'siri uncha sezilmaydi.

Elektromagnit asboblarning **afzalliklari**: o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi, o'ta yuklamaga bardoshliligi, konstruksiyasining soddaligi, ishlashda ishonchliligi, katta tok (bir necha yuz ampergacha), yuqori kuchlanishlarni bevosita o'lchay olishi hamda narxining nisbatan arzonligi.

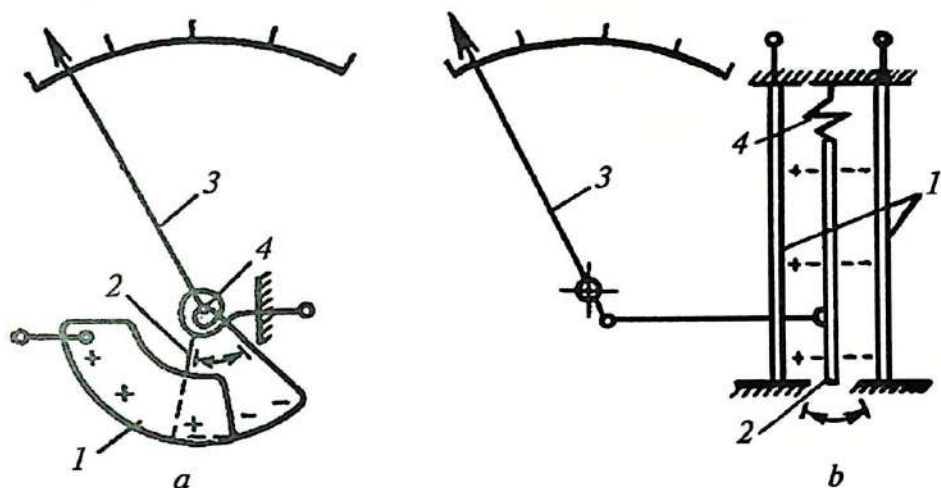
Elektromagnit asboblarning **kamchiliklari**: shkalasining notekisligi, tok chastotasi va haroratni o'zgarishiga, tashqi maydon ta'siriga sezgirliigi, quvvat iste'molining kattaligi, sezgirligining nisbatan pastligi (ayniqsa, o'lchash diapazonining boshlanish qismida) kiradi.

Elektromagnit asboblari asosan o'lchash stendlari uchun ampermetrlar va voltmetrlar sifatida ishlatiladi. Bu asboblari sinusoidal tok zanjirlarida o'lchanayotgan kattalikning ta'sir etuvchi qiymatini ko'rsatadi.

Sanoat va qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida asosan E365 rusumli ampermetr va voltmetrlar qo'llaniladi. O'lchash diapazonlari: ampermetrlarda 0,01...300 A; voltmetrlarda 0,5...600 V, chastota diapazoni 50, 60, 200, 500 va 1000 Gs. Aniqlik klasslari 1,0 va 1,5. Ampermetrlarning gabarit o'lchamlari 120x120x116 mm. Massasi 1 kg.

Elektrostatik asboblari. Elektrostatik o'lchash asboblari qo'zg'aluvchan qismining siljishi bevosita kuchlanish ta'sirida yuzaga keladi. Shuning uchun elektrostatik asboblari, asosan, voltmetrlar sifatida ishlatiladi.

2.9- a, b rasmda elektrostatik asbobning sxematik tuzilishi ko'rsatilgan. Qo'zg'almas qism (elektrod) o'zaro ulangan ikkita metall plastinkadan (1) iborat bo'lib, ularning orasiga sektorsimon qo'zg'aluvchan elektrod (2) joylashtirilgan. Berilgan kuchlanish ta'sirida plastinkalar orasida elektr maydoni hosil bo'ladi. Bu maydon ta'sirida qo'zg'aluvchan elektrodga ta'sir etuvchi kuch maydon energiyasi $W_E = \frac{1}{2} CU^2$, (bu yerda: C qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan elektrodlar orasidagi sig'im)ni oshirishga harakat qiladi va qo'zg'aluvchan elektrod qo'zg'almas elektrodga oralig'i tomon tortiladi. Qo'zg'aluvchan elektrod o'qiga ko'rsatgich (3) mahkamlanadi. Asbobning



2.9- rasm. Elektrostatik asbobning sxematik tuzilishi.

qo'zg'aluvchan qismi tayanch tortqi (4) va posangilarga mahkamlanishi mumkin. Elektrodlar aluminiydan yasaladi.

Elektrostatik o'lchash mexanizmining aylantiruvchi momenti:

$$M_{ayl} = \frac{dW_E}{d\alpha} = \frac{1}{2} U^2 \cdot \frac{dC}{d\alpha} . \quad (2.8)$$

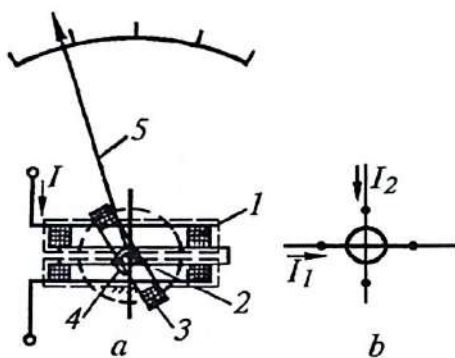
Elektrodlar shakli, ularning o'lchamlari va o'zaro joylashishini tanlash asosida $dC/d\alpha$ bog'lanish shunday tanlanadiki, natijada asbob yuqori o'lchash chegarasining 15 foizidan boshlab shkalaning bir tekis bo'lishi ta'minlanadi.

Elektrostatik asboblarning **afzalliklari**: o'zgarmas va o'zgaruvchan tok (chastota diapazoni 20 Gs dan 35 MGs gacha) zanjirlarida foydalanish mumkinligi, quvvat iste'molining kamligi (o'zgarmas tok zanjirlarida nolga teng), chastota, harorat va kuchlanish shaklining o'zgarishi hamda tashqi maydonga sezgirligining juda pastligi.

Kamchiliklari: sezgirligining pastligi, shkalasining notekisligi va namlikka juda sezgirliigi.

C 75 rusumli elektrostatik voltmeter o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishlarni o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, o'lchash diapazoni (20...3000) V chastota diapazoni 20 Gs dan 3 MGs gacha.

Elektrodinamik va ferrodinamik asboblari. Elektrodinamik o'lchash mexanizmlarida aylantiruvchi moment qo'zg'almas g'altak (1) magnit maydoni bilan o'qqa (2) o'rnatilgan qo'zg'aluvchan g'altakdagi (3) tokning o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi (2.10- rasm). Qo'zg'aluvchan g'altak o'qqa (2) yoki tortqilarga mahkamlangan bo'ladi. O'qqa ko'rsatkich (5) va aks



2.10- rasm. Elektrodinamik asbobning konstruktiv tuzilishi (a) va shartli belgisi (b).

moment hosil qiluvchi spiral prujina-ning (4) bir uchi mahkamlangan.

G'altaklardan mos ravishda I_1 va I_2 toklar o'tganda, ular atrofida B_1 va B_2 induksiya magnit maydonlari hosil bo'ladi. Qo'zg'aluvchan qismda harakatlantiruvchi kuch yuzaga keladi. Bunda natijaviy maydon, asosan, qo'zg'almas g'altak maydoni ulushiga to'g'ri keladi, chunki undagi chulg'am o'ramlar soni qo'zg'aluvchan g'altak chulg'amidagi o'ramlar sonidan 50 martacha ortiq qilib yasaladi. G'altaklarga toklar

spiral prujinalar yoki tortqilar orqali beriladi.

Qo'zg'aluvchan qismni tinchlantirishda havoli yoki magnitoiduksiya tinchlantirgichdan foydalaniladi.

Elektrodinamik o'lchash mexanizmidan hosil bo'ladigan aylantiruvchi momentni aniqlaymiz. Ikkita o'zgarmas tokli g'altaklar elektromagnit energiyasi quyidagiga teng:

$$W_{EM} = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 + I_1 I_2 M_{12},$$

bu yerda: L_1 va L_2 – qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan g'altaklar induktivliklari; M_{12} – g'altaklar o'rtasidagi o'zaro induktivlik.

G'altaklar induktivligi qo'zg'aluvchan qism burilish burchagiga bog'liq emas. Shuning uchun:

$$M_{ayl} = \frac{dW_{EM}}{d\alpha} = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (2.9)$$

Agar teskari ta'sir etuvchi moment elastik materialdan yasalsa, u holda qo'zg'aluvchan qism burilishining turg'un rejimi uchun

$$I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = W\alpha \quad (2.10)$$

bo'ladi va bundan α ni topish mumkin.

Elektrodinamik asbobning statik xarakteristikasi (2.10)dan ko'rinib turibdiki, g'altaklardagi toklar yo'nalishlarining bir paytda o'zgarishi ko'rsatkich og'ish burchagi α ishorasini o'zgartirmaydi. Shuning uchun ham elektrodinamik asboblarda o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlaridagi o'lchashlarda qo'llanishi mumkin.

Elektrodinamik asbob o'zgaruvchan tok zanjiriga ulanganda uning g'altaklaridan o'zgaruvchan toklar o'tadi. G'altaklardan bir-biridan ϕ bur-

chakka siljigan $i_1 = I_{1m} \sin(\omega t - \varphi)$ va $i_2 = I_{2m} \sin(\omega t - \varphi)$ toklar o'tayotgan bo'lsin. Bunda qo'zg'aluvchan qism ma'lum incersiyaga ega bo'lganligi tufayli u momentning oniy qiymati ta'sirida harakat qilishga ulgurmaydi va momentning bir davr mobaynida o'rtacha qiymatiga proporsional bo'lgan burchakka buriladi. Aylantiruvchi momentning o'rtacha qiymati

$$M_{o'r} = I_1 I_2 \cos \varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2.11)$$

ifoda yordamida topiladi.

Elektrodinamik mexanizmlar nafaqat ampermetr va voltmetrlarda, balki aktiv quvvatni o'lchaydigan vattmetrlarda ham foydalaniladi.

Elektrodinamik asboblarning **afzalliklari** – o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarda ko'rsatishining bir xilligi (g'altaklar ketma-ket ulanganda) va ko'rsatishning vaqt bo'yicha mo'tadilligidir.

Elektrodinamik asboblarning **kamchiliklari** – sezgirligining pastligi, quvvat iste'molining kattaligi, asbob ko'rsatishiga tashqi magnit maydon, harorat, chastota o'zgarishlari hamda mexanik zarba va vibratsiyaning ta'sirlari sezilarliligidir.

Yuqorida keltirilgan afzalliklarga ko'ra, elektrodinamik o'lchash mexanizmlari asosida aniqlik klasslari 0,5; 0,2; 0,1 bo'lgan ko'p chegarali ko'chma asboblarda ishlab chiqarilgan.

Ferrodinamik asboblarda. Ferrodinamik asboblarda elektrodinamik asboblarning bir turi bo'lib, ularda magnit maydonini kuchaytirish uchun qo'zg'almas g'altak chulg'amlari elektrotexnik po'lat plastinkalar tarzida yig'ilgan magnit o'tkazgichda joylashtirilgan (2.10- rasm). Magnit o'tkazgich punktir bilan ko'rsatilgan.

Ferrodinamik asboblarning **afzalliklari** – aylantiruvchi momentning kattaligi, tashqi magnit maydoni ta'sirining va quvvat iste'molining kamligidir.

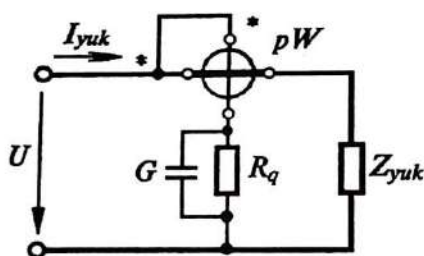
Kamchiliklari – magnit o'tkazgich mavjudligi tufayli aniqlik nisbatan past, chastota va harorat o'zgarishiga sezgirligi nisbatan yuqori.

Ferrodinamik asboblarning aylantiruvchi momenti katta bo'lganligi sababli ular o'ziyozar asboblarda keng qo'llaniladi. Chunki bunday asboblarda yozuvchi peroning qog'ozga ishqalanishini yengish uchun ancha katta moment talab qilinadi.

Ferrodinamik asboblarda o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'zg'almas va ko'chma ampermetr, voltmetr va vattmetrlar sifatida ishlatiladi.

Elektrodinamik va ferrodinamik logometrlar amaliyotda faza siljishi, chastota, sig'im, induktivlik va ko'pgina noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng foydalaniladi.

Elektrodinamik va ferrodinamik vattmetrlar. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun elektrodinamik va ferrodinamik vattmetrlar keng qo'llaniladi. Buning uchun asbobning qo'zg'almas g'altagi zan-



2.11- rasm. Elektrodinamik (ferrodinamik) vattmetrning ulanish sxemasi.

jirga ketma-ket, qo'zg'aluvchan g'altak esa unga ketma-ket ulangan qo'shimcha rezistor (R_q) bilan birga zanjirga parallel ulanadi (2.11- rasm). Asbobning parallel zanjiridagi tok I_{pW} quyidagiga teng:

$$I_{pW} = \frac{U}{R_{pW} + R_q},$$

bu yerda: R_{pW} – asbob parallel zanjirining qarshiligi.

O'zgaras tok zanjiriga ulangan asbobning qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi:

$$\alpha = \frac{1}{W(Z_{pW} + R_q)} I_{yuk} U \frac{dM_{12}}{d\alpha},$$

bu yerda: Z_{pW} – asbob parallel zanjirining to'la qarshiligi; I_{yuk} – yuklama toki.

Asbobning o'zgartirish funksiyasi:

$$\alpha = S_{pW} I_{yuk} U = S_{pW} P,$$

bu yerda: S_{pW} – asbobning sezgirligi.

Vattmetr o'zgaras va o'zgaruvchan tok zanjirlariga ulanganda, tok va kuchlanish g'altaklarining qutblariga e'tibor beriladi. Shu maqsadda g'altaklarning tegishli qismlari yulduzcha (*) bilan belgilanadi. Bu qismlar asbobning generator qismlari deb ataladi va ular zanjir manbaiga ulanadi.

Ferrodinamik vattmetrlar ham zanjirga xuddi elektrodinamik vattmetrlar singari ulanadi. Ularda kuchli magnit maydoni hosil qilinganligi tufayli tashqi maydonning ta'siri deyarli sezilmaydi. Lekin gisterezis hodisalari asbobning metrologik xarakteristikalarining yomonlashishiga olib keladi.

Induksion asboblilar. Induksion o'lchash mexanizmlarining ishlash prinsipi ikki yoki bir necha o'zgaruvchan magnit oqimlari mexanizmining qo'zg'aluvchan qismida hosil qilgan toklari bilan o'zaro ta'siri natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'lishi hodisasiga asoslangan. Ishlash prinsipi-ga ko'ra, induksion o'lchash mexanizmlari faqat o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi mumkin. Xususan, ular elektr energiya hisoblagichlari sifatida ishlatiladi.

Ularda qo'zg'almas ikkita elektromagnit (1) va (2) larning o'zgaruvchan magnit oqimlari o'q (4) qa o'rnatilgan aluminiy disk (3) da tok induksiya-laydi, bu toklarning elektromagnitlar oqimlari bilan o'zaro ta'siri natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi (2.12- rasm). Induksion asbob kichik o'zgaruvchan elektr motori hisoblanadi, unda ikkita o'zgaruvchan oqim ay-

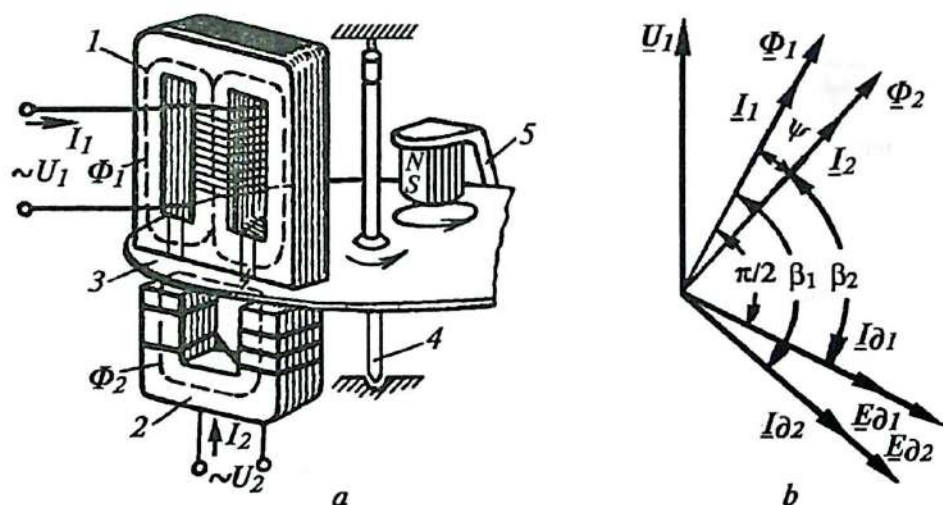
lanuvchi magnet maydoni hosil qiladi. Induksion asbobning elektromagnitlaridan biri ko'p o'ramli chulg'amga ega, unda induksion qarshilik katta bo'ladi va u zanjirga voltmeter kabi ulanadi. Shuning uchun elektromagnitlardan birining magnet oqimi kuchlanishga proporsionaldir. Asbobning ikkinchi elektromagnit chulg'ami kam o'ramlardan iborat. U zanjirga ampermetr kabi ketma-ket ulanadi. Undagi elektromagnitning magnet oqimi o'lchanadigan tokka proporsional. Shunday qilib, *induksion asbobning bitta magnet oqimi kuchlanish U ga, ikkinchisi tok I ga proporsionaldir*. Bu oqimlarning diskka ta'siri natijasida hosil bo'ladigan aylantiruvchi moment M_{ayl} o'zgaruvchan tokning quvvatiga proporsional bo'ladi:

$$M_{ayl} = k_{ayl} UI \cos \varphi,$$

bu yerda: k_{ayl} – proporsionallik koeffitsiyenti.

Induksion asbobning aylanishlar soni uning mexanizmi orqali o'tadigan energiyaga proporsional bo'lishi uchun aylantiruvchi momentga qarshi, uni tormozlovchi, induksion asbobning qo'zg'aluvchan qismi bo'lmish diskning aylanishlar chastotasiga proporsional bo'lgan moment hosil qilish kerak. Bu moment induksion asbob diskiga o'zgarmas magnet (5) maydonini ta'sir ettirib hosil qilinadi (2.12- rasm). Disk aylangan-da o'zgarmas magnet maydonini kesib o'tadi va $e = Blv$ ga teng e.yu.k.

induksiyalanadi. Diskning chiziqli tezligi $v = \frac{2\pi rn}{60}$ ifodalanadi, bu ifodada n – diskning bir daqiqadagi aylanishlari soni, r – diskning radiusi. Demak, o'zgarmas magnet maydoni aylanuvchi diskda induksiyalovchi



2.12- rasm. Induksion asbobning tuzilishi (a) va vektor diagrammasi (b).

e.yu.k. $e_d = k_1 \Phi \frac{2\pi n}{60} = k_2 \Phi n$ ga teng, bu yerda: k_1 va k_2 – o'zgarmas koeffitsiyentlar. E.yu.k. diskda aluminiyning solishtirma o'tkazuvchanligi γ ga proporsional tok hosil qiladi.

Oqim bilan diskdagi tokning o'zaro elektromagnit ta'sir kuchi

$$F = k_3 \Phi i_d = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n$$

bo'ladi.

Bunda hosil bo'luvchi tormozlovchi moment:

$$M_{tor} = FR = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n.$$

Disk aylanishining barqarorlashgan chastotasida aylantiruvchi moment M_{ayl} tormozlovchi moment M_{tor} ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$M_{ayl} = M_{tor}$$

yoki

$$k_{ayl} P = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n = k_{tor} n.$$

Bu ifodada tormozlash koeffitsiyenti $k_{tor} = k_4 \gamma r^2 \Phi^2$. Uning asosida:

$$P = \frac{k_{tor}}{k_{ayl}} n = C_{his} n.$$

Agar t vaqt oralig'ida quvvat P o'zgarmasa,

$$Pt = C_{his} nt$$

o'rinli bo'ladi. Ma'lumki, $Pt = W$ – tekshirilayotgan uskunaning t vaqt mobaynida iste'mol qiladigan elektr energiyasi, $nt = N$ – esa bu vaqt orasida energiya hisoblagich diskining aylanishlari soni. Bular asosida:

$$W = C_{his} N.$$

Demak, diskning aylanishlar sonini hisoblagichning o'zgarmas koeffitsiyenti C_{his} ga ko'paytmasi tekshirilayotgan uskunaning t vaqtda sarflagan energiyasini ifodalaydi. Fizik jihatdan C_{his} kattalik uskunaning disk bir marta aylanganda iste'mol qiladigan elektr energiyasi miqdoriga teng.

Diskning aylanishi chervyakli uzatma va tishli g'ildiraklar tizimi orqali hisob mexanizmiga uzatiladi, bu mexanizmi tayyorlashda uzatish soni shunday tanlanadiki, hisob mexanizmi ko'rsatishiga qarab, iste'mol qilinadigan elektr energiyasini bevosita kilovatt soatda aniqlash mumkin.

Hisoblagichni rostdash uchun C_{his} ning r^2 ga bog'liqligidan foydalaniladi: o'zgarmas magnitning diskka nisbatan holati o'zgartiriladi.

Uch fazali uskunalarda umumiy o'q orqali umumiy hisob mexanizmiga ta'sir etuvchi induksion hisoblagichlarning ikkita yoki uchta harakatlanadi-

gan elementi ko'rinishida bo'lgan hisoblagichlar qo'llaniladi. *Uch simli, uch fazali sistemalarda hisoblagichlar uchun ikkita vattmetr usuliga mos keluvchi sxemadan foydalaniladi.*

Induksion o'lchash mexanizmlarining asosiy afzalliklari – o'z maydonining kuchliligi sababli, tashqi magnit maydonlarining ta'siri sezilmasligi hamda ortiqcha yuklamaga bardosh bera olishining ancha yuqoriligidir.

Bu asboblarning kamchiliklari – faqat o'zgaruvchan tok zanjirlari uchun yaroqliligi, chastotaning o'zgarishiga sezgirligi va aniqligining ancha pastligidir.

O'z-o'zini sinash savollari

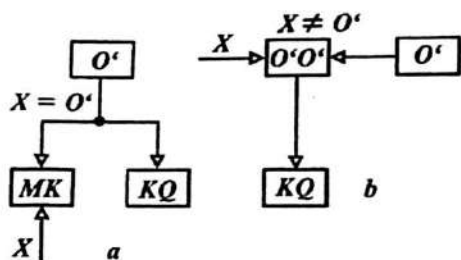
1. Elektromexanik asboblarning konstruksiyalarining asosiy qismlarini aytib bering.
2. Elektromexanik asboblarning qo'zg'aluvchan qismiga qanday momentlar ta'sir etadi va ular nima hisobiga yuzaga keladi?
3. Elektromexanik asboblarning o'zgartirish funksiyasi qanday shart asosida topiladi?
4. Elektromexanik asboblarning asosiy xarakteristikalariga nimalar kiradi? Ularga ta'rif bering.
5. Elektromexanik asboblarning turlarini sanab bering.
6. Magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik va ferrodinamik, elektrostatik hamda induksion asboblarning o'zgartirish funksiyasi ifodalarini keltirib chiqaring.
7. Galvanometrlar qanday parametrlarga ko'ra tanlanadi?
8. Qanday elektromexanik asboblarning faqat o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi va nima uchun?
9. Qanday elektromexanik asboblarning faqat o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi va nima uchun?
10. Elektromexanik asboblarning afzalliklari va kamchiliklariga ko'ra o'zaro taqqoslang.

2.2. TAQQOSLOVCHI O'LCHASH ASBOBLARI

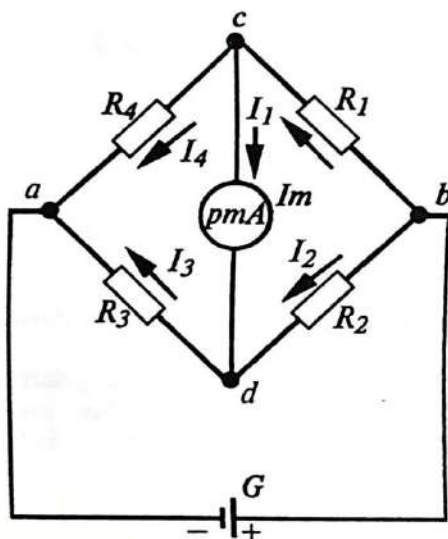
Taqqoslovchi o'lchash asbobi – o'lchanayotgan kattalikning qiymati avvaldan ma'lum bo'lgan kattalik bilan solishtirish uchun mo'ljallangan asbobdir. Bu asboblarning bilan ikki xil usulda o'lchash mumkin: 1) o'lchanayotgan kattalik boshqa bir kattalik bilan tenglashganda asbobning ko'rsatishi bo'yicha; 2) ikkala kattalik farqining asbobga ta'siri bo'yicha.

O'lchash usuliga ko'ra taqqoslovchi asboblarning muvozanatlanmagan va muvozanatlanmagan rejimlarda ishlatiladi (2.13- rasm).

Taqqoslovchi asboblarga ko'priklar va kompensatorlar kiradi. Ular bevosita o'lchash asboblardan yuqori aniqligi, shuningdek, foydalanishda murakkabligi bilan ajralib turadi.



2.13- rasm. Taqqoslash asbobining struktura sxemasi. a – muvozanatlan-gan, b – muvozanatlanmagan rejim. O' – o'lchov, MK – muvozanatlash ko'rsatkichi, KQ – ko'rsatkich qurilma-si, $O'O'$ – o'lchash o'zgartkichi.



2.14- rasm. O'zgarmas tok yakka ko'prik sxemasi.

Misol uchun, R 369 rusumli yakka ko'prik o'zgarmas tok zanjiridagi qarshiliklarni 10^{-4} dan $1,111 \cdot 10^{10} \text{ Om}$ gacha o'lchaydi. Aniqlik klassi – 1,0.

Yakka ko'prik sxemalari bilan kichik qarshiliklar o'lchanganda, qarshiliklarni ulovchi simlar hamda kontaktlarning o'tish qarshiligi ta'sirida xatoliklar yuzaga keladi.

O'zgarmas tok ikkilangan ko'prik sxemasi. Ikkilangan ko'prik sxemasi 2.15- rasmda keltirilgan. Ulangan simlar va kontaktlarning o'tish qarshili-

O'zgarmas tok yakka ko'prik sxemasi. O'zgarmas tok yakka ko'prigi – to'rtta rezistordan tashkil topgan to'rtqutblikdir (2.14- rasm). ab – shoxobcha manba ulanadigan diagonal, cd – shoxobcha esa o'lchash yoki muvozanat ko'rsatkichi pmA ulanadigan diagonal deb ataladi.

Agar $U_{ac} = U_{ad}$ va $U_{bc} = U_{bd}$ yoki $I_4 R_4 = I_3 R_3$ va $I_1 R_1 = I_2 R_2$ shart bajarilsa, Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko'ra o'lchash diagonalida-gi kuchlanish $U_{cd} = 0$ bo'ladi.

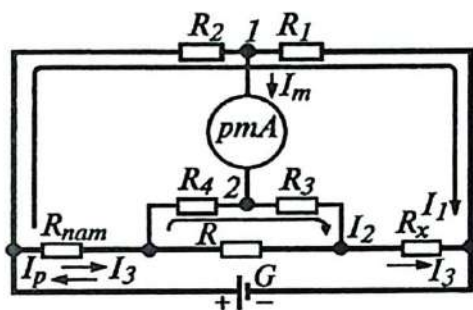
Muvozanat ko'rsatkich pmA dan o'tuvchi tok $I_m = 0$ ga teng bo'lganda Kirxgofning birinchi qonuniga ko'ra: $I_1 = I_4$ va $I_2 = I_3$, bundan $I_2 R_2 = I_1 R_1$, ya'ni ko'prikning muvozanat sharti: $(I_2 R_2) / (I_2 R_3) = (I_1 R_1) / (I_1 R_4)$ yoki $R_2 / R_3 = R_1 / R_4$ bo'ladi. O'lchash yelkasi cd ga ulangan qarshilikning ifodasi:

$$R_{1x} = \frac{R_2}{R_3} R_4.$$

Shunday qilib, yakka ko'prikning muvozanat shartiga ko'prikning har bir qarshiligi bir xil ta'sir etadi. Manba-ni ichki va muvozanat ko'rsatkichi-ni qarshiliklari esa ta'sir etmaydi.

O'zgarmas tok yakka ko'prik sxemalari qarshiliklarini va boshqa no-elektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

gini o'lchash natijalariga ta'sirini kamaytirish maqsadida o'lchanayotgan qarshiliklar R_x to'rt qismali sxema bilan ulanadi. Ikkita tok qismlari bilan ko'priknig manba zanjiriga, potensial qismlari bilan esa o'lchash zanjiriga ulanadi. Shunday qilib, manba zanjiridan deyarli katta tok o'tishi sxemaning sezgirligini oshirishga olib keladi. Shu bilan birga, potensial qismlardan o'lchash zanjiriga nisbatan kichik toklar o'tadi. Bu esa o'lchash xatoligini yetarli darajada kamaytiradi.



2.15- rasm. O'zgarmas tok ikkilangan ko'prik sxemasi.

Ko'prik muvozanatlanganda, muvozanat ko'rsatkichi pmA dagi tok $I_m = 0$, bu holda 1- va 2-tugunlarning potensiallari teng bo'ladi. Bunda quyidagi tenglamalar sistemasini yozish mumkin (2.15- rasm):

$$I_1 R_2 - I_2 R_4 - I_3 R_{nam} = 0;$$

$$I_1 R_1 - I_2 R_3 - I_3 R_x = 0.$$

Tahlilni soddalashtirish maqsadida $R_1 = R_3$ va $R_2 = R_4$ deb qabul qilamiz, bundan

$$R_x = R_{nam} \frac{R_1}{R_2} = R_{nam} \frac{R_3}{R_4},$$

bu yerda: R_x – noma'lum qarshilik; R_{nam} – namunaviy qarshilik, Ω .

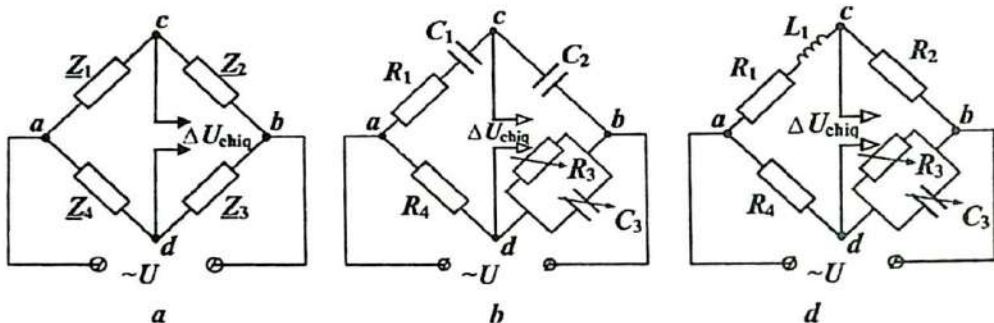
Amalda yakka va ikkilangan o'zgarmas tok ko'priklari bitta kombinatiyali ko'priklar ko'rinishida ishlab chiqarilishi mumkin. Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan R 39, R 329, MOD – 61 rusumli ko'priklar mavjud. Bunday ko'priklar bilan ham kichik, ham katta ($10^{-8} \Omega$ dan $10^8 \Omega$ gacha) qarshiliklarni o'lchash mumkin.

O'zgaruvchan tok ko'priklari. Elektr zanjirining qarshiligi, sig'imi, induktivligi, o'zaro induktivligi va isrof burchagi tangensini o'lchash uchun o'zgaruvchan tok ko'priklaridan foydalaniladi.

O'zgaruvchan tok ko'priklarining juda ko'p turi ma'lum.

Sodda to'rt yelkali ko'prik sxemalaridan tashqari, olti va yetti yelkali ko'priklar hamda induktiv bog'langan elementli ko'prik sxemalari mavjud. Bu ko'priklar ketma-ket ekvivalent o'zgartirishlar yordamida sodda to'rt yelkali sxemaga keltirilishi mumkin (2.16- a rasm).

Yelka qarshiliklari umumiy holda kompleks qarshiliklar bo'lib, muvozanat tenglamasi qarama-qarshi yelkalar kompleks qarshiliklarining ko'paytmasiga teng, ya'ni $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$.



2.16- rasm. O'zgaruvchan tok ko'priklari sxemalari.

Agar bu ifodani haqiqiy va mavhum qismlarga ajratsak, ikki tenglamadan iborat muvozanat tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} R_1 R_3 - X_1 X_3 &= R_2 R_4 - X_2 X_4, \\ R_1 X_4 + R_3 X_1 &= R_2 X_4 + X_2 R_4. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Demak, o'zgaruvchan tok ko'priqi muvozanatlanishi uchun kamida ikkita rostlanadigan element bo'lishi kerak, buning natijasida bir-biriga bog'lanmagan ikkita kattalikni aniqlash mumkin.

(2.12) ifodani ikkita skalyar tenglama ko'rinishida yozishimiz mumkin:

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4; \quad \varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4, \quad (2.13)$$

ya'ni, qarama-qarshi yelkalar kompleks qarshiliklar modullarining ko'paytmasi o'zaro teng va ularning faza siljishlarining argument yig'indilari mos ravishda teng bo'lganda, ko'priklari muvozanatlanadi.

(2.13) shakldagi muvozanat tenglamasi ko'priklari yelkalaridagi qarshiliklar xarakterini ham belgilab beradi: agar yonma-von yelkalardagi qarshiliklar aktiv qarshilik (rezistor)lar bo'lsa, u holda boshqa yon yelkalardagi qarshiliklar, albatta, bir xil xarakterli, ya'ni induktiv g'altaklar yoki kondensatorlar bo'lishi kerak. Agar qarama-qarshi yelkalarga rezistorlar ulansa, u holda boshqa qarama-qarshi yelkalarga turli xarakterdagi qarshiliklar: bir yelkaga induktivlik, boshqasiga sig'im ulanishi kerak.

2.16- b rasmda keltirilgan ko'priklarning muvozanat tenglamalaridan ularning ishchi formulasini mos ravishda keltirib chiqarish mumkin:

$$\operatorname{tg} \delta_x = 1 / \omega C_x, \quad R_x = 1 / \omega R_3 C_3; \quad L_x = C_3 R_2 R_3 / R_x. \quad (2.14)$$

G'altakning aslligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_x = \omega L_x / R_x = \omega R_3 C_3. \quad (2.15)$$

Ko'priklari sxemalarini muvozanatga keltirish uchun, ya'ni c va d tugunlar orasidagi potentsiallar ayirmasini nolga tenglashtirish uchun sxemada (2.16- b rasm) namunaviy qarshiliklar va sig'implarni, 2.16- d rasmdagi sxemada - R_3 va C_3 larni bir tekis rostlash kerak. Bunda o'lchanayotgan parametrlar $\operatorname{tg} \delta_x$, R_x yoki L_x , R_x namunaviy qarshiliklar va kondensatorlar (2.14) hamda (2.15) formulalar yordamida topiladi.

Agar o'lanayotgan sig'im isrof burchagining tangensi $tg\delta_x$ katta bo'lsa, o'zgaruvchan namunaviy R_3 va C_3 lar parallel ulangan Sherring ko'prigidan (2.16- b rasm), aslligi kichik ($Q < 30$) g'altak parametrlari o'lchanganda R_3 va C_3 lari parallel ulangan Maksvell ko'prigidan (2.16- d rasm) foydalaniladi.

Keltirilgan ko'prik yordamida ikkita g'altak orasidagi o'zaro induktivlikni ham o'lchash mumkin. Buning uchun ular ketma-ket ulanib, o'zaro induktivlik ikki marta ulanish usulida o'lchanadi. **Birinchi o'lchashda** g'altaklar ketma-ket va o'zaro mos ulanib, umumiy induktivlik o'lchanadi:

$$L' = L_1 + L_2 + 2M,$$

bu yerda: L_1 va L_2 – g'altaklar induksionligi, M – o'zaro induktivlik.

Ikkinchi o'lchashda g'altaklar ketma-ket, o'zaro qarama-qarshi ulanib, umumiy induktivlik o'lchanadi:

$$L'' = L_1 + L_2 - 2M.$$

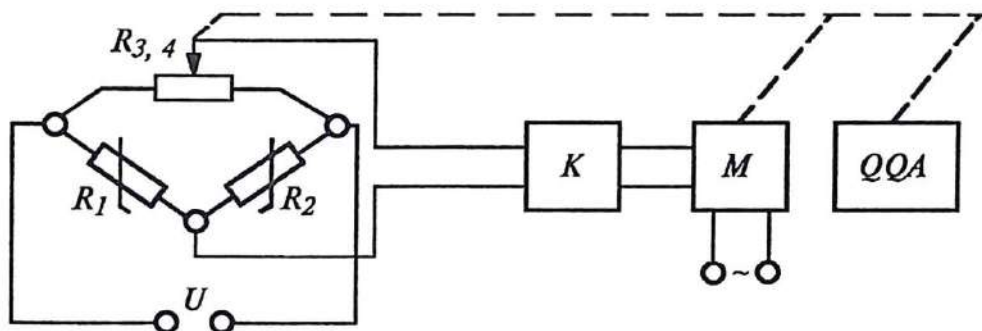
O'zaro induktivlik esa:

$$M = (L' - L'')/4 \quad (2.16)$$

bo'ladi.

Avtomatik o'lchash ko'priklari. Zamonaviy sanoat, qishloq xo'jaligi va kimyoviy texnologiya ishlab chiqarishda avtomatik nazorat, rostlash va boshqarish sistemalarida parametrlarni uzluksiz o'lchaydigan analogli va raqamli avtomatik ko'priklar qo'llaniladi. Bunda ko'prik zanjiri o'zgaruvchan sinusoidal tokka ulanadi.

Uzluksiz o'lchaydigan ko'prikning o'lchash diagonaliga kirish qarshiligi katta bo'lgan kuchlanish kuchaytirgichi (K) qo'llanilgan. Kuchaytirgichning yuklanishi sifatida reversiv motor (M) ning boshqaruvchi chulg'ami olingan. Motorning vali kinematik holda qayd qiluvchi asbobning (QQA) ko'rsatkichi va $R_{3,4}$ rezistorning qo'zg'aluvchan kontaktlariga ulangan (2.17- rasm).



2.17- rasm. Avtomatik o'lchash ko'prik sxemasi.

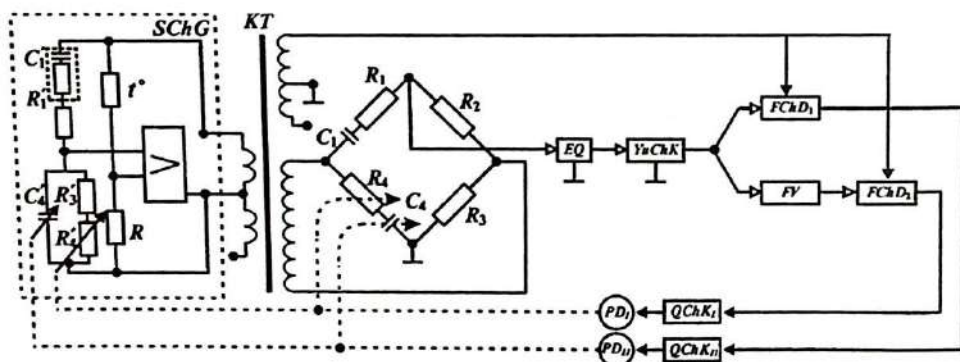
Dastlab ko'prik muvozanat holatda turadi. R_1 yoki R_2 qarshiliklar qiymatlari o'zgarganda, ko'prikning muvozanati buziladi va uning chiqish qismlarida o'lchanayotgan kattalikka proporsional bo'lgan kuchlanish paydo bo'ladi. Bu kuchlanish kuchaytirgichdan keyin motorning boshqa-

ruvchi chulg'amiga beriladi va motor vali o'zgaruvchan rezistorning qo'zg'aluvchan kontaktini to ko'prik muvozanat holatga qaytguncha mos tomonga siljitadi.

O'zgaruvchan tok avtomatik ko'priklaridan R 5010 rusumdagi asbob keng qo'llaniladi. Ular kondensator sig'imi va isrof burchagi tangensini, g'altaklar induktivligini va aslligini, rezistorlar qarshiligini hamda vaqt doimiysini o'lchashda qo'llaniladi. Asbobning ish rejimi qo'l bilan, o'lchash diapazoni esa avtomatik ravishda o'zgartiriladi. Asosiy xatoligi ± 1 foiz.

O'zgaruvchan chastotali ko'priklar. Fizik-kimyoviy texnologik jarayonlarda kompleks qarshiliklar parametrlari (R , L , C , $tg\delta_x$ va Q) ni o'lchashda avtomatik ko'priklar ko'p yillardan beri qo'llanilishiga qaramay, o'lchash va nazorat qilish lozim bo'lgan jarayonlarning kengayishi va murakkablashishi bilan ularning dinamik, statik va funksional imkoniyatlariga bo'lgan talablar ortib bormoqda. Bu talablarga javob beradigan yangi o'lchash ko'prik sxemalarini yaratish, ularni avtomatlashtirish borasida yuzaga keldigan muammolarni bartaraf etish lozim. Bu o'zgaruvchan ko'priklarni barcha turlarida paydo bo'ladigan qiyinchiliklar bir yo'la ikki parametрни o'lchashda tashkil etiladigan ikkita muvozanatlovchi konturning ko'prik zanjiri orqali o'zaro bog'langanligi, asosan, ko'prik zanjiri chiqishidagi hamda sozlanayotgan parametrlar orasidagi bog'lanish murakkabligi bilan tushuntiriladi, natijada bu salbiy hodisalar avtomatik ko'prikning muvozanatlash vaqtining cho'zilishi va aniqlikning kamayishiga olib keladi.

O'zbekiston Fanlar akademiyasi energetika va avtomatika instituti hamda Toshkent Irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash injenerlari institutida Sh.Zohidov va M.Yoqubovlar tomonidan yaratilgan ko'priklar yuqoridagi qiyinchiliklarni bir yo'la bartaraf etadi (2.18- rasm). Ular tomonidan ko'priklarning metrologik va boshqa barcha xarakteristikalarini keskin yaxshilovchi usul va texnik nuqtai nazardan original to'rt yelkali, transformator o'lchash ko'priklari ishlab chiqilgan.



2.18- rasm. O'zgaruvchan chastotali ko'prik sxemasi.

Bunday ko'priklarda muvozanatlash jarayonida unga berilayotgan o'zgaruvchan tok chastotasini avtomatik ravishda o'zgartirib, ko'prikning o'lchash zanjirida rezonans rejim saqlab turiladi.

Almashlash sxemasi ketma-ket bo'lgan sig'imli o'zgartkich parametrlarini uzluksiz o'lchaydigan mazkur avtomatik ko'prikning ishlashini ko'rib chiqamiz.

Sig'imli o'zgartkich C_1 , R_1 ko'pri zanjirining o'lchash yelkasiga ulanadi. O'lchash ko'prikning chiqish kuchlanishini emitter qaytargich (EQ) chastotali kuchaytirgich ($YuChK$) orqali faza sezgir detektorlar ($FChD_1$ va $FChD_2$) ga beriladi. $FV - 90^\circ$ faza burgich zanjiri $FChD$ lardan chiqqan signal quyi chastotali kuchaytirgich $QChK_I$ va $QChK_{II}$ orqali reversiv motorlar (RD_I) va (RD_{II}) ga beriladi. RD lar esa bir yo'la muvozanatlovchi R_4 , C_4 , hamda sinusoidal chastotali generator ($SChG$) chastotasini uning R_4 va C_4 elementlari orqali bir yo'la sozlaydi. Natijada ko'pri zanjirida o'lchashning butun diapazonida rezonans rejimi saqlanadi. Bu esa muvozanatlovchi konturlar orasidagi bog'lanishning butunlay yo'qolishiga hamda o'lchash sezgirligining bir necha baravar oshishiga olib keladi.

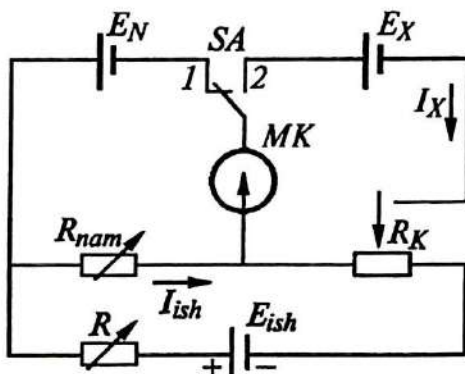
Bunday avtomatik ko'priklar gidroelektrostansiyalarning yuqori va quyi suv sathini, yer osti suvlari sathini, neft mahsulotlari hamda texnik o'simliklar urug'ligining namligini aniq o'lchashda qo'llanilgan.

O'zgarmas tok kompensatorlari. Kompensatorlar taqqoslovchi o'lchash asboblari turiga mansub bo'lib, ishlash prinsipi e.yu.k. yoki kuchlanishni hamda ular bilan bog'liq kattaliklarni kompensatsiyalashga asoslangan.

O'zgarmas tok kompensatorlari kuchlanish, e.yu.k. va ular bilan bog'liq boshqa elektr kattaliklari: tok, qarshilik va quvvatni o'lchashda ishlatiladi. O'zgarmas tok kompensatorining sxemasi 2.19- rasmda keltirilgan.

Bu yerda: E_N , E_{ish} , E_x – namunaviy, ishchi tok va o'lchanayotgan e.yu.k. manbalari; R , R_{nam} , R_K – rostdanuvchi, namuna va kompensatsiyalovchi rezistorlarning qarshiliklari; MK – muvozanat ko'rsatkichi, odatda magnitoelektrik galvanometr; SA – qayta ulagich.

Kompensatorning ishlash prinsipi quyidagicha: SA ulagich 1 – holatda turganda, namunaviy qarshilikdagi kuchlanish pasayishi namuna e.yu.k. manbai kuchlanishi bilan kompensatsiyalanadi, ya'ni $I_{ish} R_{nam} = E_N I_{ish}$ keltiriladi. Keyin SA ulagich 2-holatga o'tkaziladi va R_K qarshilik



2.19- rasm. O'zgarmas tok kompensatori sxemasi.

o'zgartirilib, $I_{ish} R_K = E_X$ ga erishiladi. Namunaviy va kompensatsiyalovchi qarshiliklardagi kuchlanish pasayishlari tenglashtirilib, quyidagilar hosil qilinadi:

$$\frac{E_X}{E_N} = \frac{R_K}{R_{nam}}$$

Bundan:

$$E_X = E_N \cdot \frac{R_K}{R_{nam}}$$

Yuqoridagi formulada I_{ish} mo'tadil bo'lgan hol uchun o'rinli. Shu sababli E_{ish} manba mo'tadilligiga katta talab qo'yiladi.

E_N va R_{nam} elementlar qiymati yuqori aniqlikda ma'lum bo'lganligi sababli, R_K qarshilik kuchlanish birliklarda darajalanadi.

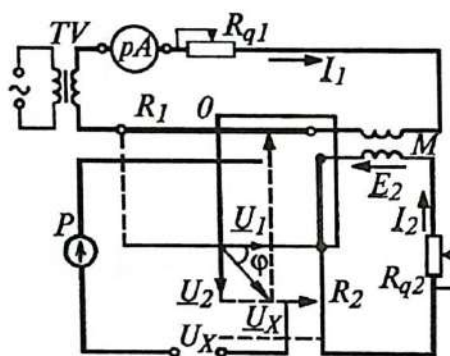
Kompensatorning o'lchash diapazoni 0...2 V oralig'ida bo'lganligi tufayli katta kuchlanishlar kuchlanish bo'lgichlari yordamida o'lchanadi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari. O'zgaruvchan tok kompensatorlari (O'TK) dekad yoki qutb koordinatalari sistemasida ifodalanadigan sinusoidal kuchlanishini o'lchash uchun xizmat qiladi.

Ularning ishlash prinsipi o'lchanayotgan kuchlanish va ma'lum e.yu.k. larning modullari va faza siljishlarining mos ravishda teng bo'lishiga asoslangan. Shu bilan birga, ularning chastotasi va egri shakli ham bir xil bo'lishi kerak.

Noma'lum o'zgaruvchan kattalikni kompensatsiyalash uchun avvalo uning o'zaro perpendikulyar bo'lgan o'qlardagi tashkil etuvchilari topiladi. O'zgaruvchan kuchlanishni bunday shaklga keltirib o'lchaydigan kompensatorlar to'g'ri burchakli koordinatli kompensatorlar deb ataladi.

Kompensatorning birinchi konturi manbaga ulangan transformator (TV) ning ikkilamchi chulg'ami, pA – ampermetr, R_{q1} – o'zgaruvchan qarshilik, o'zaro induktiv bog'langan (M)



2.20- rasm. O'zgaruvchan tok kompensatori.

g'altakning birinchi chulg'ami va reoxord tarzida yasalgan R_1 – rezistordan iborat (2.20- rasm). Ikkinchi kontur esa o'zaro induktiv bog'langan g'altakning ikkinchi chulg'ami, o'zgaruvchan qarshilik va reoxord tarzida yasalgan (R_2) rezistordan iborat. Asbob o'zgaruvchan tok manbaiga ulanib, uning toki ampermetr – pA bilan nazorat qilinadi. Bu holda (R_1) rezistordagi kuchlanish pasayishining fazasi o'tayotgan tok bilan bir xil fazada bo'ladi.

Birinchi g'altakning magnit oqimi

o'zaro bog'langan ikkinchi g'altakda e.yu.k. hosil qiladi. Bu e.yu.k. ning fazasi birinchi kontur reoxordidagi kuchlanishning fazasiga qaraganda orqada qoladi. Shunday qilib, R_2 reoxorddan o'tadigan I_2 tokning fazasi o'lchanadigan U_x kuchlanishning fazasi bilan ustma-ust tushadi, ya'ni bir fazada bo'ladi. Shuning uchun I_2 tokni o'lchash shart emas. Faqat R_2 reoxord qarshiligini I_2 chastotasiga mos bo'lgan proporsiyada o'zgartirish kerak. Buning uchun reoxord qo'zg'aluvchan kontaktining holati chastota qiymatida darajalanadi.

Misol uchun, agar reoxordning qo'zg'aluvchan kontakti o'rtada tursa, undagi kuchlanish tushuvining fazasi 180° ga siljigan bo'ladi. Bu holda kompensatsiyalovchi kuchlanishni $U_x = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ dan va faza siljishini

$\varphi = \arctg U_1 / U_2$ formuladan foydalanib hisoblash mumkin.

Bu turdagi kompensatorni o'lchash diapazoni 0 dan 1,6 mV gacha, chastota diapazoni 40 dan 60 Gs gacha, aniqlik klassi 0,2.

O'zgarmas va o'zgaruvchan tok kompensatorining **asosiy afzalligi** shundaki, o'lchash jarayonida o'lchash zanjirida quvvat isrof bo'lmaydi. Shuning uchun ularning xatoligi foizning mingdan bir ulushi atrofida bo'ladi.

Kamchiligi: o'lchash jarayoni murakkab va ko'p vaqt talab qiladi.

R 355 rusumdagi kompensator 0,05-0,5 aniqlikdagi ampermetr va voltmetrlarni qiyoslash hamda darajalashda ishlatiladi. Asbobdan 0,6 dan 1500 mV gacha bo'lgan kuchlanishlarni o'lchashda foydalaniladi.

2- laboratoriya ishi

1. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok ko'priklari bilan elektr parametrlarini o'lchash.

Referat mavzulari

1. Taqqoslovchi o'lchash asboblarning struktura sxemalari, asosiy vazifalari, turlari va klassifikatsiyasi.
2. O'zgarmas tok yakka va ikkilangan ko'priklarining imkoniyatlari va afzalliklari.
3. O'zgaruvchan tok va transformatorli ko'priklarning tuzilishi, muvozanat shartlari, foydalanish sohalari.
4. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok kompensatorlarining tuzilishi, ishlashi, afzallik va kamchiliklari.

1. Taqqoslash usuli mohiyatini uning struktura sxemasi orqali tushuntirib bering.
2. O'zgaras va o'zgaruvchan tok oddiy ko'priq sxemalarining muvozanat sharti qanday ifodalanadi?
3. Oddiy ko'priq sxemasining sezgirligi qanday aniqlanadi?
4. Ikkilangan o'zgaras tok ko'priq sxemasi qanday hollarda qo'llaniladi?
5. Nima sababdan oddiy va ikkilangan ko'priq sxemalarining o'lchash chegaralari har xil?
6. Avtomatik ko'priq qanday ishlaydi?
7. O'zgaras tok kompensatori ishlashini uning soddalashtirilgan sxemasi orqali tushuntirib bering.
8. O'zgaruvchan tok kompensatori qanday tuzilgan?

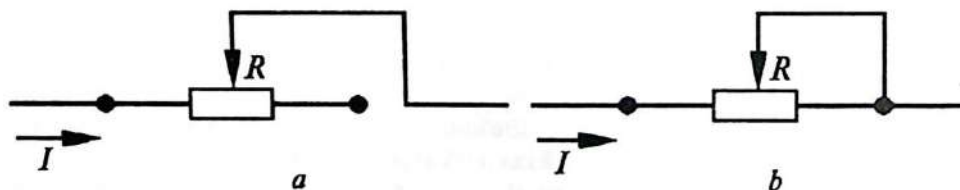
2.3. MASSHTAB O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

O'lchash o'zgartkichlari – o'lchash ma'lumoti signalini ishlab chiqish, uzatish, keyinchalik o'zgartirish, ishlov berishga mo'ljallangan, lekin kuzatuvchining ko'rishi uchun mo'ljallanmagan o'lchash vositasidir.

O'lchash zanjirlari parametrlarini rostlash vositalari. Tok va kuchlanishni talab qilingan martaga o'zgartiradigan o'lchash o'zgartkichlari mashtab o'zgartkichlari (MO') deb ataladi. Bu o'zgartkichlar o'lchash asbobi bo'lmasa-da, o'lchash natijalariga ta'sir ko'rsatadi. MO'ga shuntlovchi va qo'shimcha qarshiliklar, o'lchash transformatorlari, o'lchash generatorlari va kuchaytirgichlar kiradi.

O'lchash zanjirlaridagi tok va kuchlanishni rostlash uchun o'zgaruvchan reostatlar qo'llaniladi.

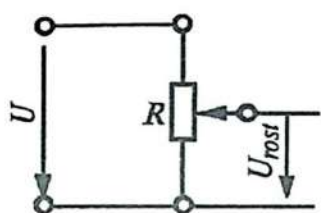
Zanjirdagi tok qiymatini rostlash uchun o'zgaruvchan rezistorlar zanjirga ketma-ket ulanadi (2.21- rasm).



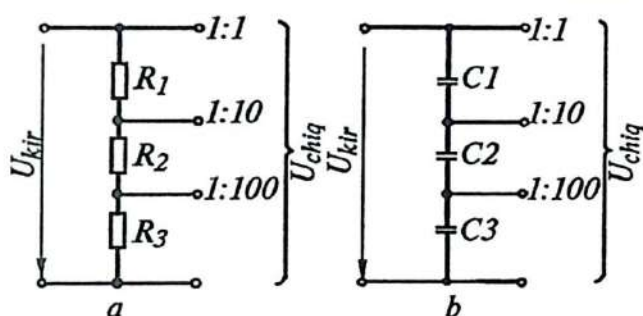
2.21- rasm. O'zgaruvchan rezistorning tok qiymatini rostlash uchun ulash sxemasi.
a – zanjirdan uzilgan holda; b – zanjirni uzmasdan ulash.

Zanjirdagi kuchlanishni rostlash uchun potensimetrik sxemasi qo'llaniladi (2.22- rasm).

Zanjirdagi tok va kuchlanishlarni rostlash uchun qarshiliklar ruxsat etiladigan chegaraviy tok va nominal qarshilik bo'yicha tanlanadi. Tokni rost-



2.22- rasm. Kuchlanish qiy-matini rostlash uchun o'z-garuvchan qarshilikni ulash potensiometrlik sxemasi.



2.23- rasm. Kuchlanish bo'lgich sxemalari: a - o'zgarmas tokda; b - o'zgaruvchan tokda.

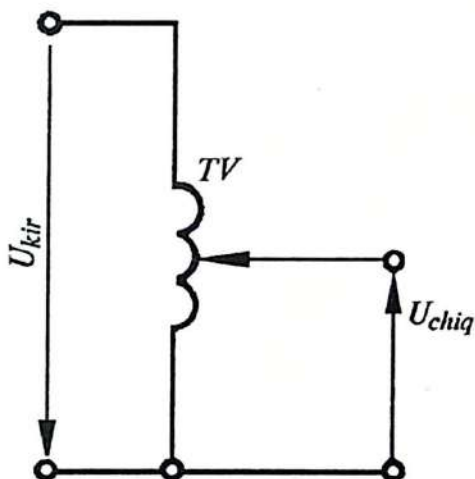
lash uchun rezistorning nominal qarshiligi $R_n \geq U/I_{\min}$, nominal toki $I_n \geq I_{\max}$ shartlarni qanoatlantirish kerak, bu yerda: U - manba kuchlanishi, $I_{\min}$ va $I_{\max}$ - tokni rostlash diapazoni.

Zanjirdagi kuchlanishni karrali rostlash uchun o'zaro ketma-ket ulangan qarshiliklar kuchlanish manbaiga parallel ulanadi (2.23- rasm). Rezistorlarning umumiy qarshiligi $I_p R \geq U$ shartni qanoatlantirishi kerak, bu yerda: I_p - rezistorlar uchun ruxsat etilgan tok qiymati. Bunday kuchlanish bo'lgichlarida kuchlanish sakrab, ya'ni (diskret) o'zgaradi. Kuchlanish bo'lgichni xarakterlovchi asosiy parametrlaridan biri bo'lgich koeffitsiyenti $k_b = U_{kir}/U_{chiq}$ bo'ladi. U 10 ga karrali qilib olinadi.

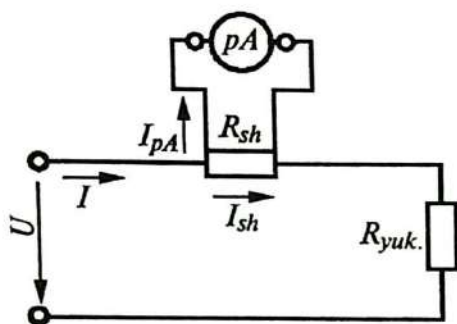
Zanjirdagi o'zgaruvchan kuchlanishni bir tekis o'zgartirish uchun laboratoriya avtotransformatorlari (JIATP) dan foydalaniladi (2.24- rasm). Ularni o'zgartirish diapazoni 0...250 V.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida faza siljish burchagini bir tekis rostlash uchun fazoregulyator (buriluvchi transformator) lardan foydalaniladi. Fazoregulyator tormozlangan faza rotorli uch fazali asinxron mashina bo'lib, rotorni statorga nisbatan holatini o'zgartirib, statordagi kuchlanish bilan rotorning e.y.u.k. vektorlari orasidagi faza siljish burchagini 0° dan 360° gacha rostlash mumkin.

Shuntlar va qo'shimcha rezistorlar. Asboblarning o'lchash diapazoni chegaralangan bo'lgani uchun ularni har doim ham o'lchash zanjirlariga bevosita ulab bo'lmaydi. Ampermetr va voltmetrni



2.24- rasm. Laboratoriya avtotransformatorining sxemasi.



2.25- rasm. Asbobni tok bo'yicha o'lchash diapazonini kengaytirish uchun shuntlovchi rezistordan foydalanish sxemasi.

o'lchash chegarasini kengaytirish uchun tok va kuchlanish o'lchash o'zgartkichlaridan foydalaniladi.

Ampermetr o'lchash diapazonini kengaytirish uchun unga parallel holda shuntlovchi rezistor ulanadi (2.25- rasm). Rezistor qarshiligi $I_{sh} R_{sh} = I_{pa} R_{pa}$ tenglikdan topiladi, bu yerda: I_{sh} , I_{pa} – shunt va ampermetrdan o'tadigan toklar, R_{sh} , R_{pa} – shunt va ampermetr ichki qarshiliklari. Yuqoridagi tenglikdan $I = I_{sh} + I_{pa}$ ni hisobga olib, quyidagini keltirib chiqarish mumkin:

$$R_{sh} = I_{pa} \frac{R_{pa}}{I_{sh}} = \frac{R_{pa}}{(I/I_{pa}) - 1} = \frac{R_{pa}}{n - 1},$$

bu yerda: $n = I/I_{pa}$ – shuntlash ko'effitsiyenti. Ampermetr yordamida o'lchanadigan tok undan o'tadigan tokning shuntlash ko'effitsiyenti ko'paytmasiga teng, ya'ni $I = nI_{pa}$.

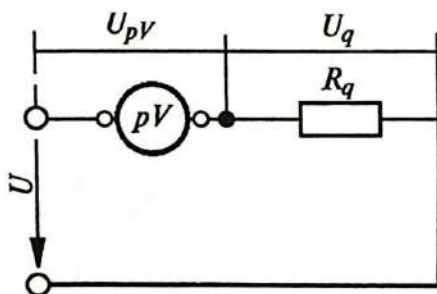
Sanoatda ishlab chiqariladigan ampermetrlar qutisida bir necha o'n amperga mo'ljallangan shuntlar joylashtirilgan bo'ladi.

O'lchash xatoligini kamaytirish maqsadida shuntlar haroratga mo'tadil bo'lgan qotishmadan (masalan, manganindan) yasaladi hamda potensial va tokli kontakt juftlari bilan ta'minlanadi.

Shuntlar, odatda, magnitoelektrik asboblardan birga qo'llaniladi. Boshqa turdagi asboblarda iste'mol qilinadigan quvvat katta bo'lgani uchun shuntlarning qarshiliklarini katta qiymatlarga oshirishga to'g'ri keladi. Shunt-

larning qarshiligi nominal qiymatiga nisbatan o'zgarishiga qarab 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 va 0,5 aniqlik klasslariga bo'linadi.

Voltmetrlar o'lchash diapazonini kengaytirish uchun unga ketma-ket qo'shimcha qarshilik ulanadi (2.26- rasm). Qo'shimcha qarshiliklar qiymati quyidagi ifodadan topiladi:



2.26- rasm. Asbobni kuchlanish bo'yicha o'lchash diapazonini kengaytirish uchun qo'shimcha qarshilikdan foydalanish sxemasi.

$$I = \frac{U}{R_{pV} + R_q} = \frac{mU_{pV}}{R_{pV} + R_q}$$

yoki

$$R_q = \frac{U}{I} - R_{pV} = \frac{mU_{pV}}{I} - R_{pV} = R_{pV}(m-1),$$

bu yerda: U_{pV} – qo'llaniladigan voltmetrning nominal qiymati; R_{pV} – voltmetrning ichki qarshiligi; R_q – qo'shimcha qarshilik, $m = U/U_{pV}$ – bo'lish koeffitsiyenti.

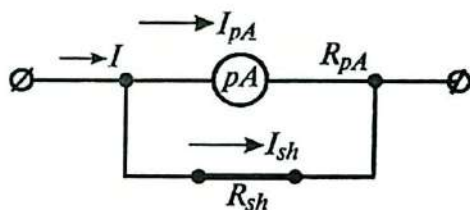
O'zgaras tok zanjirlari uchun qo'shimcha qarshiliklar yakka o'ramli g'altak ko'rinishida, o'zgaruvchan tok zanjirlarida esa bifilyar, ya'ni ikki buklanib o'ralgan bo'ladi. Aniqlik klasslari: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 va 1,0.

Masalalar.

1-masala. Qarshiligi $R_{pA} = 0,08 \text{ Om}$ bo'lgan ampermetrga uzunligi $l = 0,01 \text{ m}$, ko'ndalang kesim yuzi $s = 0,05 \text{ mm}^2$ mis sim parallel, ya'ni shunt ko'rinishida ulangan (2.27- rasm). Agar ampermetr (I_{pA}) $0,05 \text{ A}$ ni ko'rsatsa, zanjirdagi tok (I) qancha bo'ladi? Misning solishtirma qarshiligi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$.

Yechish. O'zaro parallel ulangan ampermetr va shuntlardan o'tayotgan toklarning nisbati R_{pA} va R_{sh} qarshiliklar nisbatiga teskari proporsionaldir, ya'ni:

$$\frac{I_{pA}}{I_{sh}} = \frac{R_{sh}}{R_{pA}},$$



2.27- rasm.

bu yerda: $R_{sh} = \rho \frac{l}{S}$ – shuntning qar-

shiligi; $I_{sh} = (I - I_{pA})$ – shuntidan o'tuvchi tok; I – zanjirdagi tok. Binobarin:

$$\frac{I_{pA}}{I - I_{pA}} = \frac{\rho \frac{l}{S}}{R_{pA}},$$

bu ifodadan zanjirdan o'tuvchi tok (I) ni topamiz:

$$\begin{aligned} I &= I_{pA} \frac{R_{pA} - \rho \frac{l}{S}}{\rho \frac{l}{S}} = I_{pA} \frac{R_{pA} S - \rho l}{\rho l} = \\ &= 0,5 \frac{0,08 \text{ Om} \cdot 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 - 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ m}}{1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ m}} = 6,75 \text{ A}. \end{aligned}$$

2-masala. Ichki qarshiligi $R_{pV} = 2,5 \text{ kOm}$, nominal kuchlanishi 150 V bo'lgan ACTB rusumdagi voltmetrning o'lchash chegarasini 600 V gacha kengaytirish uchun unga qanday kattalikdagi qo'shimcha qarshilik ulash kerak?

Yechish. O'lchash chegarasining kengaytirish koeffitsiyenti $n = \frac{600}{150} = 4$.

Qo'shimcha qarshilik kattaligi:

$$R_q = R_{pV}(n-1) = 2,5 \cdot (4-1) = 7,5 \text{ kOm}.$$

3-masala. Nominal kuchlanishi 150 V, ramkasining qarshiligi $20 \cdot 10^3 \text{ Om}$ li magnitoelektrik voltmetrning o'lchash diapazoni 250 V gacha kengaytirilganda ichki isrof quvvati qanchaga o'zgaradi?

Yechish. Nominal kuchlanish 150 V da magnitoelektrik voltmetrning ichki isrof quvvati:

$$P_{pV_1} = \frac{U_1^2}{R_{pV_2}} = \frac{150^2}{20 \cdot 10^3} = 1,125 \text{ Vt}.$$

Voltmetrning o'lchash chegarasini 250 V gacha kengaytirish uchun qo'shimcha ulanadigan qarshilik:

$$R_q = R_{pV_1}(n-1) = 20 \cdot 10^3 \cdot (1,66-1) = 13333,3 \text{ Om},$$

bu yerda: $n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{250}{150} = 1,66$ bo'lish ko'effitsiyenti.

Hosil bo'lgan umumiy qarshilik:

$$R_{pV_2} = R_{pV_1} + R_q = 20000 + 13333,3 = 33333,3 \text{ Om}.$$

O'lchash chegarasi kengaytirilgandan keyin ichki isrof:

$$P_{pV_2} = U_2^2 / R_{pV_2} = 250^2 / 33333,3 = 1,875 \text{ Vt}$$

bo'ladi.

O'lchash transformatorlari. Shuntlovchi va qo'shimcha qarshiliklardan foydalanib, o'lchash diapazonini kengaytirish imkoniyati chegaralangan: ular yordamida 5 kA gacha tokni va 30 kV gacha kuchlanishni o'lchash mumkin. Bundan katta tok va yuqori kuchlanishlarni o'lchashda ularning massasi va o'lchamlari juda oshib ketadi hamda foydalanish xavfli bo'lib qoladi. Bunday hollarda tok va kuchlanish o'lchash transformatorlaridan foydalaniladi. Tok o'lchash transformatorlari (TA) katta toklarni, odatda, 0 – 5 A gacha diapazonga kamaytirib berib, o'lchash xavfsizligini bimalol ta'minlaydi (2.28-rasm). TA birlamchi chulg'amning o'ramlari soni ikkilamchi chulg'amnikiga qaraganda ancha kam bo'ladi. Simlarning qarshiliklari ancha kichik bo'lgani sababli TA qisqa tutashish rejimiga yaqin rejimda ishlaydi. Transformator o'zagidagi (Φ) magnit oqimi umumiy magnitlovchi kuch (Iw_1) hisobidan hosil bo'lib, transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi zanjirlarining magnitlovchi kuchlarining vektor yig'indisiga proporsionaldir. Umumiy magnitlovchi kuch quyidagicha topiladi:

$$Iw_1 = I_1w_1 + I_2w_2.$$

I_1w_1 va I_2w_2 magnit yurituvchi kuch (m.yu.k.) lar o'zaro teng bo'lmaganligi sababli, transformatorning haqiqiy transformatsiya koef-

fitsiyentini o'ramlar sonining nisbati ifodasidan topib bo'lmaydi, ya'ni:

$$k_I = I_1 / I_2 \neq w_2 / w_1.$$

Nominal transformatsiya koef-fitsiyenti:

$$k_{In} = I_{1n} / I_{2n} = w_2 / w_1.$$

TA xatoligi:

$$\delta_I = \frac{k_{In} - k_I}{k_I} \cdot 100\%.$$

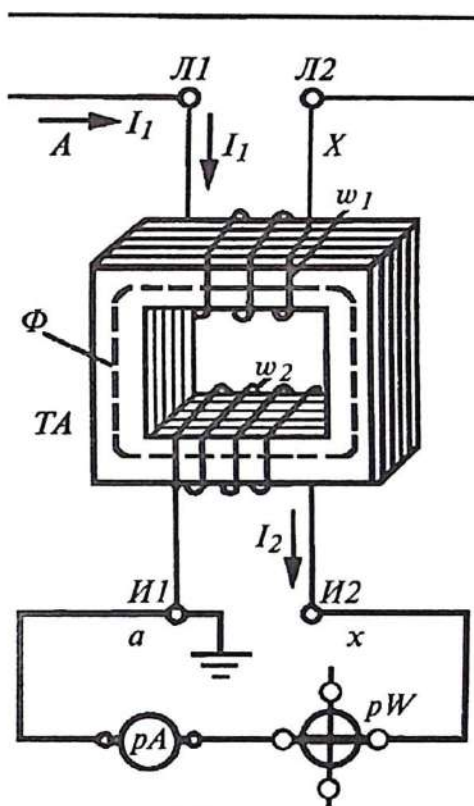
Bu xatolikni kamaytirish maqsadida ferromagnit o'zak magnit singdiruvchanligi maksimal qiymatiga erishguncha qo'shimcha magnitlanadi. Bunday TA lar kompensatsiyalangan TA lar deb ataladi.

TA o'ta yuklanib ishlaganda, $I \cdot w_1$ m.yu.k. oshib, $I_1 \cdot w_1$ ga teng bo'lib qoladi va magnit oqimning yuz martalab oshishiga olib keladi. Shuning uchun ham TA ishlab turganda uning ikkilamchi chulg'amini ajratish qat'iyan man qilinadi. Aks holda chiqish chulg'amidagi o'ta kuchlanish uning izolyatsiyasini ishdan chiqaradi.

O'lchanayotgan tok 50 A dan oshmasa, universal TA lar, 10 kV kuchlanishli zanjirlarda TOPIOB 10 rusumli TA lari qo'llaniladi.

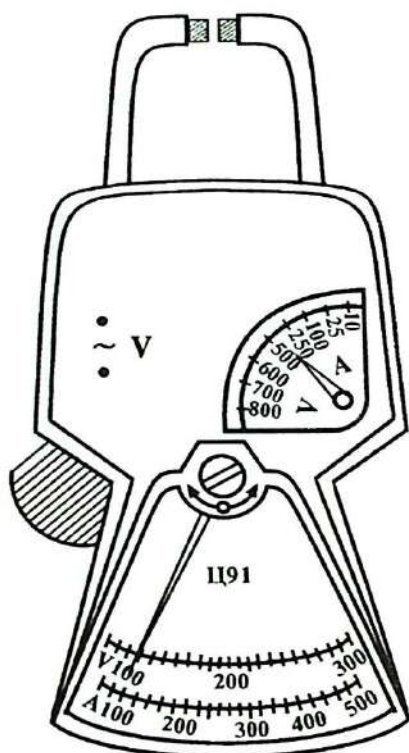
Katta toklarni o'lchash texnikasida magnit o'tkazgichi ombursimon ajraladigan va ikkilamchi zanjiri ampermetrga ulanadigan tok transformatori – o'lchash omburidan foydalaniladi (2.29- rasm).

Ko'p funksiyali elektroenergiya sifatini operativ nazorat qiluvchi tok omburlari. Rossiya Federatsiyasining «Diagnost» kichik korxonasida ishlab chiqilgan zamonaviy tok omburlarining F23 va F27 modellari tezkor tashxis va elektr kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan (2.30- rasm). Ular tok, kuchlanish, chastota, aktiv, reaktiv va to'la quvvat; mavjud quvvat ko'effitsiyenti $\cos \varphi$; elektr kuchlanish sifatini belgilovchi amplituda ko'effitsiyenti va garmonik buzilishlarni o'lchaydi. Misol uchun, tok omburining F27 modeli o'zgarmas tokni va o'zgaruvchan tokni 25-garmonikasigacha alohida o'lchaydi. O'lchangan kattaliklar display ekraniga o'rta kvadratik qiymatlarda chiqariladi. Bundan tashqari bu model RS – 232 standartidagi interfeysga ega bo'lib, shaxsiy kompyuterga yoki printeriga ulanishi mumkin. Modelning das-



2.28- rasm.

Izoh. Ba'zi rasmlardagi JI1 va JI2 liniya simi ulanadigan qismalarni; H1 va H2 esa o'lchash asbobi ulanadigan qismalarni bildiradi.

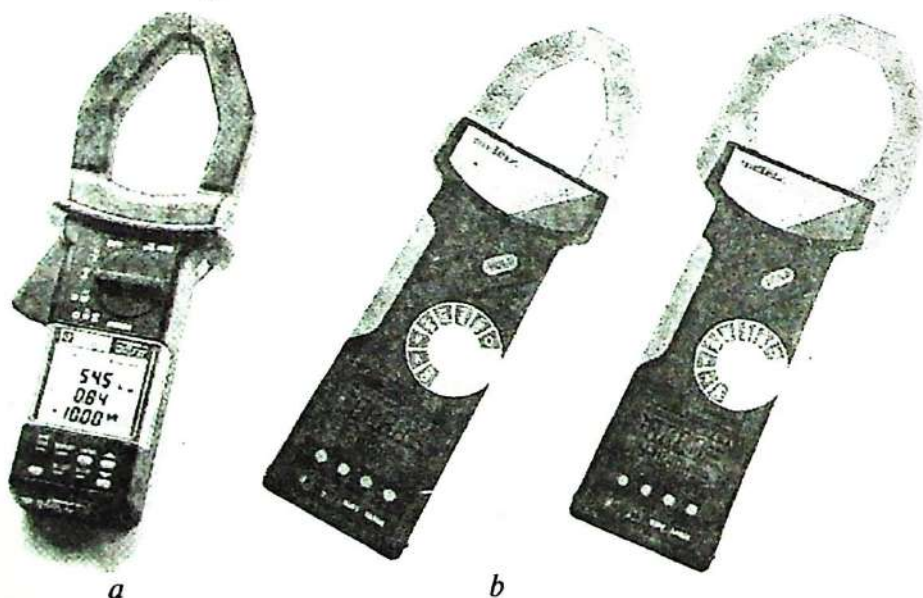


2.29- rasm. Ombursimon tok o'lchagich.

turiy ta'minoti WINDOWS operatsion sistemada ishlaydi va kattaliklarni yozish hamda xotirlashni ta'minlaydi. Tok omburining qo'l dastagiga o'lchash sxemasi, boshqarish organlari va displey joylashtirilgan. Manba sifatida 4x1,5 V ishqoriy elementlar yoki akkumulyatordan foydalaniladi. Elektr batareyalari 40 soat ishlashi mumkin va uning ish holati to'g'risida axborot ekranga chiqariladi.

Tok omburlari simmetrik uch fazali tarmoq uchun uchta faza mavjudligini avtomatik ravishda aniqlaydi va natijani displeyga beradi. Nosimmetrik uch fazali tarmoqda o'lchashlar har bir faza uchun alohida bajariladi. Barcha holatlarda faza ketma-ketligi ko'rsatiladi, bu montaj jarayonida xato o'lchashlarning oldini oladi.

Ichida raqamli soat borligi va quvvatni o'lchash imkonini bo'lgani uchun tok omburlari bilan energiya sarfini ham o'lchash mumkin.



2.30- rasm. Tok omburlarining F23 (a) va F27 (b) modellari.

Ko'p funksiyali F27 tok omburining asosiy texnik xarakteristikalar:

Tok o'lchash diapazoni, A	0,2 - 1000.
Kuchlanishni o'lchash diapazoni, V	0,05 - 600.
Amplituda ko'effitsiyenti	1 - 10.
O'zgarmas tok kuchlanishining pulsatsiyasi	2 - 1000.
Chastota, Gs	0,5 - 30.000.
Aktiv quvvat, Vt	10 - 600.000.
Reaktiv quvvat, var	10 - 600.000.
To'la quvvat, $V\Lambda$	10 - 600.000.
Quvvat ko'effitsiyenti, $\cos \varphi$	0 - 1.
Tok va kuchlanish fazalarining siljish burchagi ishorasi	-1 — +1.
Ko'effitsiyent, $K(KF)$	1 - 30.
Ayrim garmoniklarning 25-tartibgacha bo'lgan qiymatlari	Absolut (A yoki B) yoki nisbiylar (%) da.
Buzilish ko'effitsiyenti, %	0,2 - 100.
Axborotlarni kompyuterga avtomatik ravishda uzatish, vaqti, min.	1 - 60.
Dasturlangan optik RS - 232 standartdagi interfeys mavjud.	
O'lchash omburi yuklama tokini simni uzmasdan o'lchashga imkon beradi.	

Kuchlanish 220 kV bo'lgan zanjirlarda bir necha kaskadlarning har biri ishchi kuchlanishining yarmiga mo'ljallanadi va butun transformatorni puxta izolyatsiyalaydi. Sanoatda ommaviy ishlab chiqariladigan tok transformatorlarining aniqlik klassi: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 va 10,0.

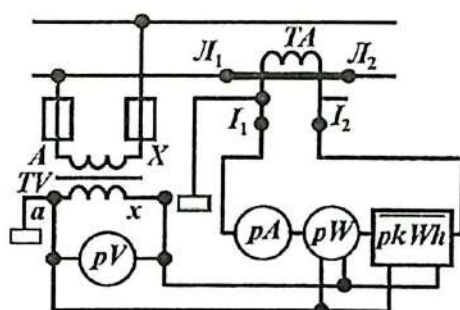
O'lchash transformatorlarini o'lchash asboblari to'g'ri ulash uchun transformator qismlarini mos holda belgilab qo'yish lozim bo'ladi.

Kuchlanish transformatorlarining qismlari elektr ta'minot transformatorlaridagiga o'xshash $A-X$, $a-x$ va hokazo deb belgilanadi.

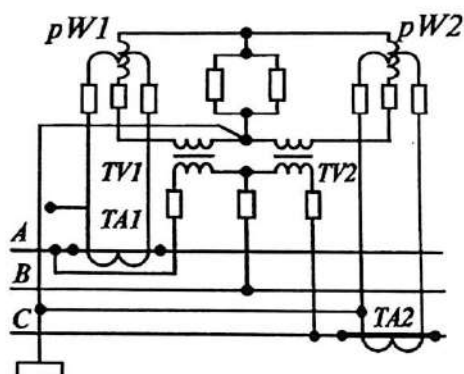
Tok transformatori (TA) ning birlamchi chulg'amining boshlanishi va oxiri mos ravishda $II1$ va $II2$ liniya bilan, ikkilamchi chulg'amning boshlanishi va oxiri $II1$ va $II2$ (o'lchash asbobi) bilan belgilanadi.

Bir fazali zanjirga o'lchash asboblari komplektini kuchlanish va tok transformator orqali ulash sxemasi 2.31-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda ampermetr (pA), vattmetr (pW) va energiya hisoblagich ($pkWh$) kuchlanish zanjiriga kuchlanish transformatori TV va TA orqali ulangan.

Neytral simsiz uch fazali qurilmalarda ishlatiladigan o'lchash asboblari uchun ikkitadan tok ($TA1$, $TA2$) va kuchlanish transformatorlari ($TV1$ va $TV2$) zarur (2.32-rasm).



2.31- rasm. Tok va kuchlanish transformatorlarining ulanish sxemasi.



2.32- rasm.

Kuchlanish o'lchash transformatorlari (TV1 va TV2) ning tuzilishi va ishlash prinsipi kuch transformatorlari bilan bir xil. Binobarin:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k_U$$

Bundan $U_1 = k_U U_2$, ya'ni ikkilamchi kuchlanish birlamchi kuchlanish bilan transformatsiya koeffitsiyenti orqali bog'langan. O'lchash asbobiga nisbatan ikkilamchi kuchlanish fazasi bo'yicha birlamchi kuchlanishga mos

tushadi. Bunga ikkilamchi chulg'am va asbob qismlarini kerakli tutashtirib erishiladi. Demak, TV1 va TV2 larning chulg'amlari ulanishning 0 guruhiga muvofiq tutashtiriladi. Shunday qilib, kuchlanish transformatorlari ikkilamchi zanjirga birlamchi yuqori kuchlanishning proporsional tarzda o'zgargan qiymatini va uning fazasini uzatadi. Bu esa past kuchlanish (U_2) ni o'lchab, birlamchi yuqori kuchlanish (U_1) ni aniqlash imkonini beradi. Fazasini to'g'ri uzatish voltmeter yoki chastotalar uchun emas, balki vattmeter va energiya hisoblagich (schetchik) uchun muhim.

O'lchash transformatorlarining ma'lum transformatsiya koeffitsiyentlarida muntazam ishlashi uchun mo'ljallangan vattmeter va schetchiklar mos ravishda koeffitsiyentlarni hisobga olgan holda darajalanadi. Ko'p transformatorlarda ikkilamchi nominal kuchlanish bir xil standart qiymat – 100 V ga teng bo'ladi.

O'lchash transformatorlari bilan ishlashda texnika xavfsizligi. O'lchash transformatorlari elektr qurilmalarining o'lchash asboblari va releli himoyalash zanjirlarida qo'llaniladi. Ma'lumki, kuchlanish transformatorlari yuqori kuchlanishning o'lchash zanjiriga ulangan bo'ladi, ishlab turgan tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari uzilganda, ularning uchlarida o'ta kuchlanish paydo bo'ladi.

Shuning uchun iste'molchilar elektr qurilmalarining texnik ekspluatatsiyasi qoidalar va ulardan foydalanish texnika xavfsizligi qoidalar bo'yicha quyidagilarga rioya qilishlari shart:

1. O'lchash asboblari va releli himoyalash zanjirlarida bajariladigan ishlarining xavfsizligini ta'minlash uchun barcha tok va kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari doim yerga ulangan bo'lishi shart.

2. O'lchash asboblari va relelarning tok zanjirlarini uzish zarurati tug'lsa, o'lchash tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari avval bunga maxsus mo'ljallangan qisqichlar bilan qisqa tutashtirilgan bo'lishi shart.

3. Tok transformatorlari va ularning maxsus qisqa tutashtiruvchilarini uzilishiga olib keluvchi ishlarni bajarish taqiqlanadi.

4. Kuchlanish transformatorlarining zanjirlariga qo'shimcha manbadan kuchlanish berilayotganda, kuchlanishi yuqori va quyi tomonlaridagi uchta saqlagich olib tashlangan hamda *ikkilamchi chulg'amlardan avtomatlar ajratilgan bo'lishi shart*.

5. Ko'chma asboblari va tok o'lchovchi ombur (kleshchi)lar bilan o'lchash ishlari ikki kishi tomonidan bajarilishi kerak bo'lib, ulardan bittasining *kvalifikatsiyasi IV guruhdan kichik bo'lmasligi* lozim. Qo'llaniladigan o'lchash omburlarining ampermetrlari ishchi joyiga o'rnatilgan bo'lishi kerak, boshqa ampermetrlarni qo'llash taqiqlanadi. O'lchash tik oyoqda, egilmasdan, omburni ushlab turgan holda olib boriladi, bunda dielektrik qo'lqoplar, ko'zoynak va rezina poyandozdan foydalaniladi. O'lchayotganda asbob qarshiliklari va ularning *simlariga tegish taqiqlanadi*.

6. Kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan shinalar toki maxsus belgilangan joylarda turib, *tok omburlari bilan o'lchanadi*.

7. Yer tutashtirgichlari bo'lgan *havo liniyalarining* tayanchlarida turib har qanday o'lchash ishtarini bajarish qat'iyman qilinadi.

Masala. 220 V kuchlanishga va 5 A tokka mo'ljallangan aktiv energiya hisoblagichi tok transformatori 50/5 va kuchlanish transformatori 3000/100 orqali tarmoqqa ulangan (2.31- rasmga qarang). Hisoblagich oyning boshida 1234,2 kVt · soatni, oxirida esa 1478,5 kVt · soatni ko'rsatdi. Bir oy ichida sarf qilingan energiyani aniqlang?

Yechish. Tok va kuchlanish transformatorlarining transformatsiya koeffitsiyentlari:

$$k_1 = \frac{50}{5} = 10, \quad k_n = \frac{3000}{100} = 30.$$

Bir oy ichida hisoblagich ko'rsatgan aktiv energiyani aniqlaymiz:

$$W_h = 1478,5 - 1234,2 = 244,3 \text{ kVt} \cdot \text{soat}.$$

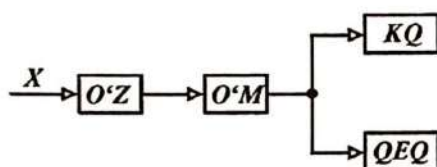
Tarmoqdan qabul qilingan elektr energiya:

$$W_E = W_h \cdot k_1 \cdot k_n = 244,3 \text{ kVt} \cdot \text{soat} \cdot 10 \cdot 30 = 73290 \text{ kVt} \cdot \text{soat} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

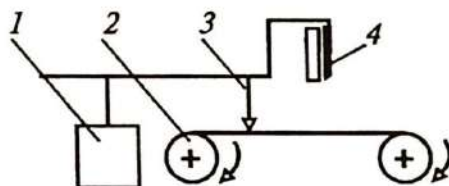
2.4. QAYD ETUVCHI ASBOBLAR

Qayd etuvchi asboblarning umumiy xossalari va qismlari. Ishlab chiqarishda texnologik jarayonlarni kuzatishda ko'pincha fizik kattaliklar qiymatlarini nafaqat o'lchash, balki avtomatik qayd etish ham talab qilinadi. Buning uchun qayd etuvchi asboblari (QEA) qo'llaniladi.

O'lchanayotgan kattaliklarni o'zgartirish usuliga ko'ra QEA bevosita o'lchovchi va taqqoslovchi QEA ga bo'linadi. Sanoatda, kimyoviy texnologiya jarayonlarida, asosan, bevosita o'lchovchi QEA qo'llanilganligi sabab-



2.33- rasm. Qayd etuvchi asbobning blok sxemasi.



2.34- rasm. O'ziyozar asbobning sxematik tuzilishi. 1-o'lchash mexanizmi; 2-axborot tashuvchi; 3-qayd etuvchi qurilma; 4-ko'rsatkich.

li, shu xil asboblarni batafsil o'rganamiz. QEA ning umumlashgan struktura sxemasi 2.33- rasmda keltirilgan. O'lchash zanjiri (O'Z) da o'lchanayotgan kattalikning masshtabi tanlanadi va u proporsional ravishda elektr tokiga o'zgartiriladi. O'lchash mexanizmi (O'M) ga ta'sir etadigan tok ko'rsatkich qurilma (KQ) ni va u bilan mexanik ravishda bog'langan qayd etish qurilmasi (QEQ) ni proporsional ravishda ma'lum birlikka siljitadi.

QEQ va axborot tashuvchi qism turi va chastota diapazoniga ko'ra QEA o'ziyozar asboblari, yorug' nurli ossillograflar va magnitograflarga bo'linadi.

O'ziyozar asboblari. O'ziyozar asboblari (O'YoA) da o'lchanayotgan kattaliklarni yozish shakli har xil bo'lgan axborot tashuvchi diagramma

ko'rinishida yoziladi, axborot tashuvchi diagrammalar har xil bo'lishiga qaramay, tuzilishi va ishlash asoslari bir xil (2.34- rasm). O'YoA ning asosiy qismi katta aylantirish momentiga ega bo'lgan o'lchash mexanizmidir. Informatsiya tashuvchi (diagrammali qog'oz)ni siljitib turish uchun lenta tortuvchi mexanizmdan foydalaniladi. Informatsiya maxsus uskuna yordamida qayd etiladi. U mexanik ravishda hisoblash qurilmasi bilan bog'lanadi.

O'lchash mexanizmi o'lchanayotgan kattalikni mexanik siljishga o'zgartiradi va yozuvchi organ – lentada iz qoldiradi. Katta aylantiruvchi moment hosil qilinishi kerak bo'lganligi sababli magnitoelektrik va ferrodinamik O'M lari ishlatiladi. O'YoA chastota diapazonini kengaytirish uchun xususiy tebranish chastotasi kattaroq O'M larni tanlash kerak bo'ladi. Bu talabga ikkita magnitli magnitoelektrik O'M javob beradi (2.35- rasm).

Zamonaviy O'YoA da QEQ ikki xil guruhga bo'linadi: 1. O'M qo'zg'aluvchan qismiga bevosita ulangan. 2. Xarakteristikani tekislovchi qurilma orqali ulanadigan QEQ.

Axborotni qayd etish usullari turlicha: axborot tashuvchi yuzasidan material qatlamini ko'chirish, axborot tashuvchining yuzasiga material qatlamini qoplash va yuzadagi modda holatini o'zgartirish. Yuzaga material qatlamini qoplash uchun qalamlar, maxsus siyohlar, nusxa ko'chiruvchi qog'ozlar va boshqalar ishlatiladi. Yuzadan material qatlamini ko'chirishda

ko'pincha igna ishlatiladi. Ba'zi bir O'YoA da yorug' nurli ossillograflar ishlatiladi.

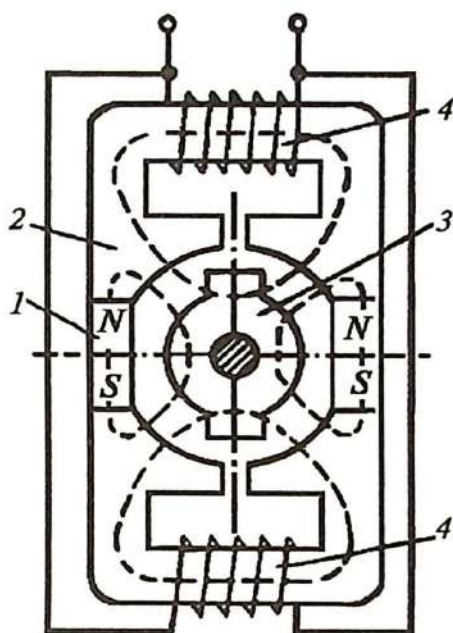
O'YoA da axborot tashuvchilar diagrammali lenta va disklar ko'rinishida tayyorlanadi. Axborot tashuvchilar uch turga bo'linadi: *nochi-ziq masshtab setkali lentalar* (xarakteristikani tekislovchi qurilmasiz O'YoA da), *to'g'ri burchakli koordinatalar sistemali lentalar* (xarakteristikani tekislovchi qurilmasi O'YoA da) va *axborot tashuvchi O'YoA aylana-digan diagrammali disklar*. Diagrammali lentalarining kengligi 40 mm. dan 400 mm. gacha bo'lishi mumkin.

O'YoA ning aniqlik klassi axborot tashuvchi lenta kengligini hisobga olgan holda belgilanadi.

Zamonaviy O'YoA bir va ko'p kanalli (8 ta kanalga) ko'rinishda ishlab chiqilmoqda.

Diagramma shaklida keng ishlatilayotgan H338 rusumli O'YoA chastotasi 150 Gs gacha o'zgaradigan jarayonlarni qayd etish uchun ishlatiladi. Asbobning diagrammaga ko'rsatishi siyoh bilan yoziladi. Kanallar soni konstruksiya jihatdan 8 tagacha, lentaning eni 380 mm bo'ladi.

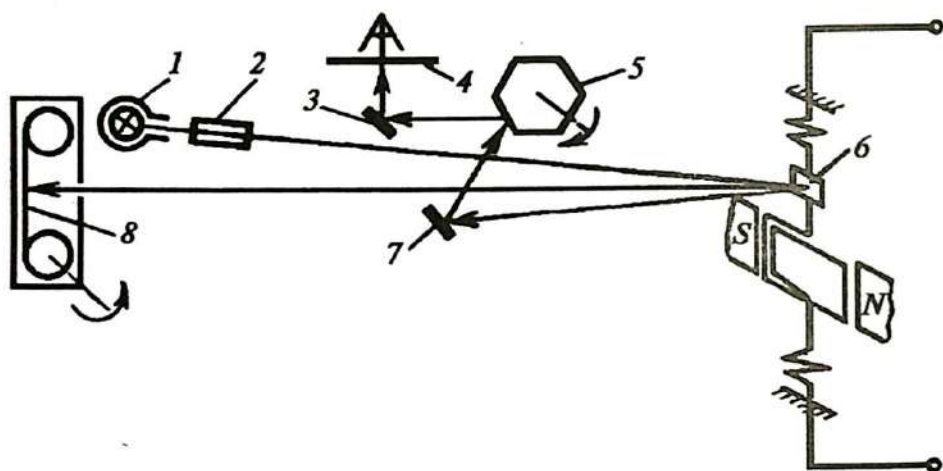
Yorug' nurli ossillograflar. Yorug' nurli ossillograflar (YoNO) konstruksiya jihatidan turlicha bo'lishiga qaramay, o'lchash mexanizmi (O'M), optik va yoyuvchi qurilmalar, vaqtni belgilovchi hamda yordamchi qismlardan iborat bo'ladi. YoNO ning O'M magnitoelektrik ossillografik galvanometrardan iborat bo'lib, uning qo'zg'aluvchan qismi ramka yoki simli sirtmoqdan tashkil topgan. Ramka yoki simli sirtmoq ossillografning doimiy magnit maydoni ichiga joylashtiriladi. Galvanometrning konstruktiv tuzilishi qo'llanilayotgan tinchlantirgich turiga bog'liq. Ko'pincha magnitoiduksion va gidravlik tinchlantirgichlar ishlatiladi. Galvanometrlarga qo'yiladigan asosiy talablar: qo'zg'aluvchan qismning xususiy chastotasi (ω_0) imkonli boricha katta, sezgirligi yuqori va tashqi o'lchamlari minimal bo'lishi kerak. Galvanometrlarning dinamik xarakteristikalarini uning xususiy chastotasi va sezgirligi bilan aniqlanadi. Bu ikkala parametrlarning ko'paytmasi doimiy bo'lib, u galvanometr aslligini belgilaydi. Agar $\omega_0 \leq \omega_x$ bo'lsa, dinamik xatolar yuzaga keladi,



2.35- rasmi. Elektromagnit qutblangan mexanizmning tuzilishi: 1-doimiy magnitlar; 2-magnit o'tkazgich; 3-qo'zg'aluvchan silindr; 4-boshqarish chulg'amlari.

bu yerda: ω_x – qayd etilayotgan kattalik chastotasi. Shuning uchun $\omega_x = (5 - 10) \cdot \omega_0$ bo'lishi kerak.

YoNO ning optik yoki yoyuvchi qurilmasining sxematik tuzilishi 2.36-rasmda keltirilgan. Yorug'lik manba (1) dan linzalar tizimi (2) orqali galvanometr oynasi (6) ga tushadi. Oynadan qaytgan nurning asosiy qismi yorug'likni sezuvchi axborot tashuvchi kasseta (8) tomonga yo'naladi. Nurning qolgan qismi oynali prizma (7) orqali qo'zg'aluvchan oynali baraban (5) ga, undan prizma (3) orqali ekran (4) ga tushadi. Optik qurilmaning bu qismi qayd etilayotgan jarayonni vaqt bo'yicha yoyilgan tasvirini hosil qilish va kuzatish vazifasini bajaradi. Agar qayd etilayotgan jarayonning chastotasi o'zaro teng yoki karrali bo'lsa, u holda ekranda tasvir harakatsiz ko'rinadi.



2.36- rasm. Yorug' nurli ossillografning tuzilishi.

Zamonaviy *YoNO* da ikki xil axborot tashuvchi fotoqog'ozlar: kunduzgi yorug'lik va ultrabinafsha nurlarni sezuvchi fotoqog'ozlar ishlatiladi. Ular yordamida chastotasi 3 kGs gacha bo'lgan jarayonlarni qayd etish mumkin.

YoNO mexanizmlarni tadqiq qilish, sinash va noelektrik kattaliklarni qayd etishda keng qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda H145 rusumli *YoNO* ishlatiladi. U bir vaqtning o'zida chastotasi 30 kGs bo'lgan 24 ta jarayonni qayd etishi mumkin. Axborot eni – 120 yoki 200 mm bo'lgan fotoqog'ozga yoziladi.

Magnitograflar. Zamonaviy o'lchashlarda nazorat qilinayotgan parametrlar magnit axborot tashuvchilar yordamida qayd etilmoqda. Bunday asboblarni magnitograflar deb atalib, o'lchanayotgan kattalik kuchaytiriladi va

kerakli shaklga aylantirilib, keyin yozuvchi qurilma yordamida *magnit lentasiga* yoziladi.

Magnitograflarning qo'llanilishi axborotlarni bitta lentaga qayta-qayta yozish imkonini beradi. Shu bilan birga, masalan, H048 rusumli magnitograflar (lentasining eni 25,4 mm) bir paytning o'zida 14 ta jarayonni qayd etish imkoniga ega. Chastota kengligi 0,3 – 16 kGs, sezgirligi ± 1 V, kirish qarshiligi 50 Om, chiqish kuchlanishi ± 1 V dan kam emas. Gabaritlari 630x340x465 mm, og'irligi 80 kg.

Magnitograflar elektr mashinalari va qishloq xo'jalik texnikalarini tadqiq etish hamda sinashda keng qo'llaniladi.

O'z-o'zini sinash savollari

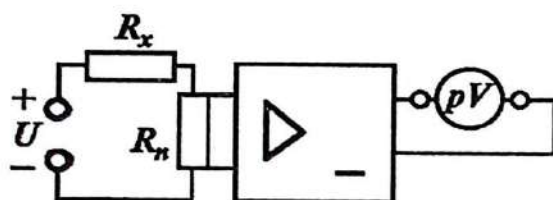
1. Qayd etuvchi asboblari qanday vazifalarni bajaradi?
2. Qayd etuvchi asboblarda axborot tashuvchilarning turlarini ayting va qisqacha xarakteristika bering.
3. Qanday qayd etish usullarini bilasiz?
4. O'ziyozar asboblarning tuzilishini va ishlatilishini tushuntirib bering.
5. Yorug' nurli ossillografning tuzilish sxemasini, uning ishlashini bayon qiling.
6. Nima sababdan o'ziyozar asboblari va yorug' nurli ossillograflarda o'lchash mexanizmi sifatida asosan magnitoelektrik mexanizmlar ishlatiladi?
7. Magnitograf qanday o'lchashlarni bajarish uchun mo'ljallangan?

2.5. ELEKTRON O'LCHASH ASBOBLARI

Elektron o'lchash asboblarning umumiy xususiyatlari va qismlari. O'lchash texnikasini mukammallashtirish istiqboli – asboblarni hozirgi zamon elektronikasi va mikroprotsessorlar asosida yaratilishidir. *Elektron o'zgartkichlar asosida tuzilgan o'lchash asboblari elektron o'lchash asboblari (EO'A) deb ataladi.* Chiqish o'zgartkichi sifatida ko'pincha magnitoelektrik asboblari, ossillograflarda elektron nurli trubkalar ishlatiladi. EO'A elektromexanik asboblari singari analog asboblari turkumiga kiradi. Ular tezkorligi, o'lchash diapazonining kengligi, aniqligining yuqoriligi bilan elektromexanik asboblardan ustun turadi.

EO'A elektr kattaliklar (voltmetrlari, chastota o'lchagichlari va boshqalar) ni o'lchovchi; elektr zanjir parametrlari (qarshilik, sig'im, induktivlik va boshqalar) ni o'lchovchi; shuningdek, har xil elektr signallar manbalarini o'lchovchi (o'lchash generatori) guruhlariga bo'linadi.

O'lchanayotgan kattalik turiga qarab EO'A asbobning nom belgisidagi harflariga ko'ra klasslarga bo'linadi: B – kuchlanishni o'lchovchi EO'A; G – o'lchash generatorlari va kuchaytirgichlari; E – elektr zanjirining taqsimlangan parametrlarini o'lchovchi EO'A; S – signallar shaklini kuzatuvchi va tadqiq etuvchi EO'A; Ch – chastota o'lchagichlari va hokazo.



2.37- rasm.

Elektron ommetrilar. Qarshiliklarni bevosita o'lchashda qo'llaniladigan elektron asboblardan elektron ommetrilar deyiladi.

Elektron ommetrlarning ishlashi mo'tadil (stabillashtirilgan) kuchlanish manbaining namunaviy va o'lchanayotgan qarshiliklarda hosil qilingan kuchlanish pasayishlarini taqqoslashga asoslangan (2.37- rasm). Kuchlanish manbaiga R_n va R_x qarshiliklardan iborat bo'lgan kuchlanish bo'lgich ulangan. Qarshilikdagi kuchlanish pasayishi voltmeter bilan o'lchanadi. R_x dagi kuchlanish pasayishi R_n ga to'g'ri proporsional bo'lganligi uchun voltmetrning shkalasi Ωm larda darajalanadi. Elektron ommetrning xatoligi namuna qarshiligi-ning metrologik xarakteristikalariga, manba kuchlanishining mo'tadilligiga va elektron voltmeter xatoligiga bog'liq bo'ladi. Elektron ommetrilar 10^{-4} dan $10^{12} \Omega m$ gacha bo'lgan qarshiliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan. Keltirilgan xatoligi 1,5 foizdan oshmaydi. Ishlab chiqarishda elektron ommetrilar, asosan, elektr qurilmalar izolyatsiya qarshiliklarini o'lchashda va liniya-dagi shikastlangan joylarni aniqlashda ishlatiladi.

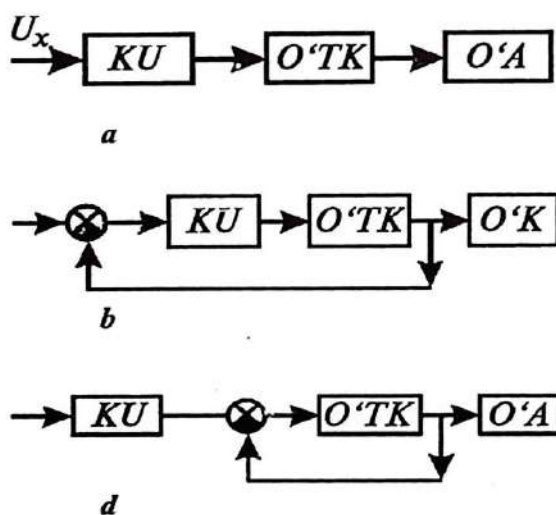
Keng qo'llaniladigan M 419 rusumli elektron ommetrda manba kuchlanishi 220 V, chastotasi 45...500 Gs, diapazoni 0...5 M Ωm , aniqlik klassi 2,5, gabaritlari 80×80×100 mm, og'irligi 0,2 kg.

Elektron voltmetrilar. Elektron voltmetrilar (EV) o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida keng qo'llaniladigan EO'A bo'lib, vazifasiga ko'ra o'zgarmas, o'zgaruvchan va universal voltmetrlarga bo'linadi. O'lchanayotgan kuchlanishni o'zgartirish usuliga ko'ra EV to'g'ridan-to'g'ri, muvozanatlanuvchi va aralash o'zgartiruvchilarga bo'linadi (2.38- a, b, d rasm).

Elektron voltmetrilar. Elektron voltmetrilar (EV) o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida keng qo'llaniladigan EO'A bo'lib, vazifasiga ko'ra o'zgarmas, o'zgaruvchan va universal voltmetrlarga bo'linadi. O'lchanayotgan kuchlanishni o'zgartirish usuliga ko'ra EV to'g'ridan-to'g'ri, muvozanatlanuvchi va aralash o'zgartiruvchilarga bo'linadi (2.38- a, b, d rasm).

To'g'ridan-to'g'ri (bevosita)

o'zgartirishga asoslangan voltmetr-larda o'lchanayotgan kuchlanish (U_x) bir yo'nalishda, kirishdan chiqishga tomon, o'zgartiruvchilar yordamida o'zgartiriladi (2.38- a rasm). Bu struk-tura bo'yicha qurilma voltmetrning asosiy qismi kirish uskunasi (KU), o'zgarmas tok kuchaytirgichi (O'TK) va magnitoelektrik sistemali o'lchash asbobidan (O'A) iboratdir. Muvo-zanatlanuvchi usuliga asoslangan EV ikkita – to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish va teskari bog'lanuvchi zanjirlardan iborat bo'ladi.



2.38- rasm.

Agar teskari bog'lanuvchi zanjir to'g'ri zanjirning bir qismini o'rab olsa, u holda *aralash o'zgartirishga asoslangan voltmetr* hosil bo'ladi (2.38- d rasm).

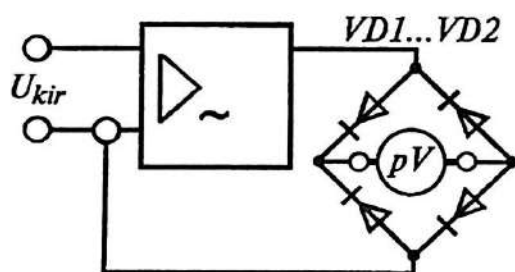
Umuniy holda *EV* ning struktura sxemasi ketma-ket ulangan masshtab o'zgartkichi yoki kuchlanish bo'lgichi, kuchaytirgich va ko'rsatish asbobi qurilmalaridan tashkil topgan.

Masshtab o'zgartkichlari o'lchanayotgan kuchlanish kattaligini o'zgartirish uchun xizmat qiladi va *aktiv* (kuchaytirgich) hamda *passiv* (bo'lgich) turlariga bo'linadi.

EV da kuchaytirgichlar kuchlanishni oshirish va voltmetr kirish qismini uning boshqa qismlari bilan moslash uchun xizmat qiladi.

O'zgaruvchan tok *EV* da o'lchanayotgan kuchlanish passiv masshtab o'zgartkichi orqali o'zgaruvchan tok kuchaytirgichiga beriladi va undan kuchlanishning o'rtacha ta'sir etuvchi yoki amplituda, qiymat o'zgartkichiga uzatiladi. Bunday *EV* da kuchlanish bo'lgichlari sifatida ketma-ket ulangan bir necha *R* va *C* dan iborat zanjir xizmat qiladi.

EV da o'rtacha qiymatni o'zgartkich vazifasini ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemasi bajaradi (2.39- rasm).



2.39- rasm. O'rtacha qiymatni o'lchovchi voltmetr blok-sxemasi.

Amplituda qiymat o'zgartkichlar diod va kondensatordan iborat bo'lib, u *EV* o'lchash qurilmasining kirish qismasiga ulanadi.

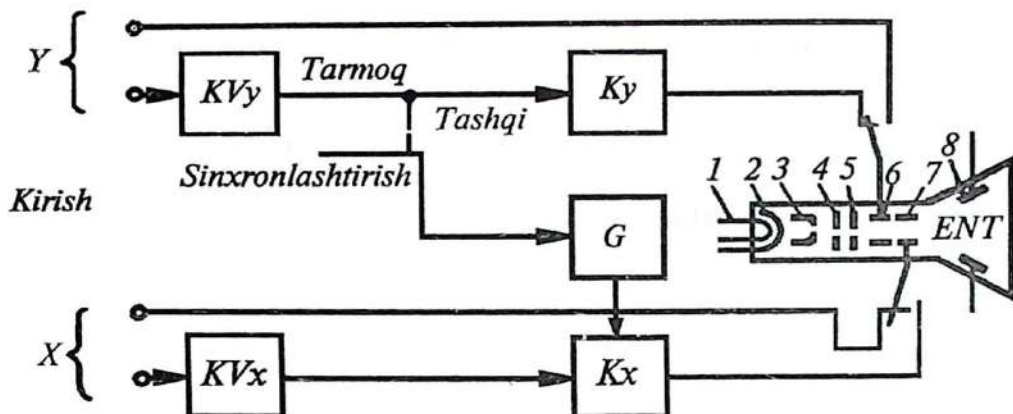
Umuman olganda, *EV* yuqori aniqlikka ega, kam quvvat iste'mol qiladi, chastota diapazoni juda keng – o'zgarmas tokdan to 1 GGs gacha. *EV* o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llanilishi mumkin.

Elektron nurli ossilloqraflar. Elektron nurli ossilloqraflar (*ENO*) dan elektr signallari shakllarini kuzatish va qayd etish, parametrlarini o'lchash, vaqt va fazaviy parametrlarni aniqlash uchun foydalaniladi.

ENO ning asosiy metrologik va texnik xarakteristikalariga: signalni o'tkazish kengligi; amplituda – chastota xarakteristikasining notekisligi; impuls signalni tasvirlash sifati, sezgirligi kiradi.

ENO ning struktura sxemasi 2.40- rasmda keltirilgan. Juda tez o'zgaradigan jarayonlarni o'rganish uchun signal ossilloqrafning kirishi (*Y*) ga beriladi va kuchaytirilib, vertikal og'uvchi elektrodlarga uzatiladi. Yoyuvchi generatordan arrasimon signallar maxsus kuchaytirgich orqali gorizont tal og'uvchi elektrodlarga beriladi. Kuchaytirgich yordamida tasvirning masshtabi tanlanadi.

Elektron nurli trubka (*ENT*) – ossilloqraflarning o'lchash qismi bo'lib, unda o'rganilayotgan signal ko'zga ko'rinadigan tasvirga aylantiriladi.



2.40- rasm. Elektron nurli ossillograflarning struktura sxemasi. KV_y – Y kirish kuchlanish bo'lgichi; KV_x – X kirish kuchlanish bo'lgichi; G – generator; K_y – Y kirish kuchaytirgichi; K_x – X kirish kuchaytirgichi; ENT – elektron nurli trubka. 1–cho'g'lanish tolasi; 2–katod; 3–modulyator; 4–fokuslovchi elektrod; 5–anod; 6–gorizontal elektrodlar; 7–vertikal elektrodlar; 8–ikkinchi anod.

ENT konussimon yoki to'g'ri burchakli ballon bo'lib, ichidagi havo butunlay so'rib olinadi. Ekran qismi lyuminozor qatlami bilan qoplangan bo'lib, elektron oqimi ta'sirida yorishadi.

Elektron nurlari ikki juft plastinalar (elektrodlar 6 va 7) yordamida boshqariladi (2.40- rasm).

Ekrandagi nur holatini o'zgarishining shu o'zgarishni yuzaga keltirgan elektrodlardagi kuchlanish o'zgarishiga nisbati ENT ning sezgirligi deb ataladi $S = h/U$. Zamonaviy ENO da sezgirlik 0,1 mm/V gacha yetadi. ENT ning muhim parametrlaridan biri – elektron nurlarga ta'sir to'xtagandan keyin ekrandagi tasvir yoritilganligining 1 foiz kamayishiga ketgan vaqt oralig'idir. ENO da bu vaqt 0,01 sekunddan 0,1 sekundgacha bo'lishi mumkin.

Vertikal og'ish kanali ekranda tasvirlangan axborotga har xil ishlov berish vazifasini bajaradi.

Gorizontall kanal nurni ekran bo'ylab bir tekis siljishini ta'minlaydi.

Mikroprotsessor bilan boshqariladigan o'ziyozar asboblari. O'YoA ning istiqbollari mikroprotsessorlardan foydalanish bilan bog'liq. So'nggi yillarda mikroprotsessorlar elektron nurli ossillograflarning texnik imkoniyatlarini kengaytirishda qo'llanib kelinyapti. Ossillograflarning ba'zi konstruksiyalari mikroprotsessorlar o'lchash jarayonini boshqarish uchun qo'llanilgan bo'lsa, boshqalaridan o'lchash va natijalarga avvaldan belgilangan dastur bo'yicha ishlov berish uchun qo'llaniladi. Mikroprotsessorlar asosida raqamli xotiraga ega bo'lgan ossillograflar yaratilgan.

Mikroprotessorli elektron nurli ossillograflarning barcha operatsiyalari *dasturlangan mikroprotessor* sistemasidan boshqarilib turiladi, shuning uchun ulardan *raqamli xotiraga* ega bo'lgan asbob sifatida foydalanish mumkin. Bir necha jarayonlarni tadqiq etish uchun ko'p nurli ossillograflar ishlatiladi.

Ossillografda turli qiymatdagi *kuchlanish* va *vaqt intervallarini* o'lchash uchun vertikal yoki gorizontaal yoyish ko'effitsiyentlari qayta ulagichlar yordamida tanlab olinadi.

3- laboratoriya ishi

Elektron ossillograf yordamida elektrik kattaliklarning o'zgarishini kuzatish va ularni o'lchash.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Elektr ommetr sxemasidan foydalanib, uning ishlashini tushuntirib bering.
2. O'zgarma va o'zgaruvchan tok elektron voltmeter blok-sxemasidan foydalanib, uning ishlashini izohlang.
3. Elektron chastotomerni sxemasi bo'yicha ishlashini bayon eting.
4. Elektron nurli ossillografning struktura sxemasini bayon eting va ishlashini tushuntirib bering.
5. Mikroprotessor bilan boshqariladigan o'ziyozar asboblarda qanday tarkibiy qismlardan iborat? Uning ishlashini bayon eting.

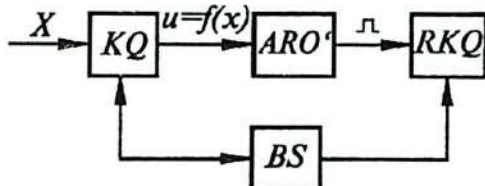
2.6. RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARI

Raqamli o'lchash asboblari haqida umumiy ma'lumot. *Raqamli o'lchash asboblari (RO'A)* – bu o'lchash signali avtomatik ravishda hosil qilinadigan va ko'rsatish raqam shaklida bo'lgan o'lchash asbobidir. RO'A ning ishlashi o'lchanayotgan uzluksiz, ya'ni analog kattalikni unga proporsional bo'lgan diskret kattalikka o'zgartirishga asoslangan.

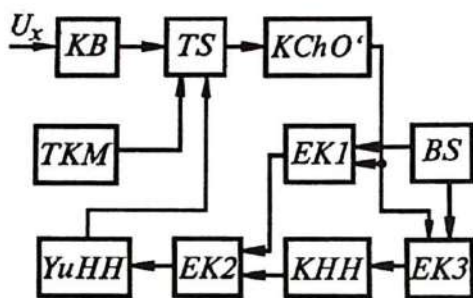
Ishlash asosiga va konstruktiv tuzilishiga ko'ra RO'A elektromexanik va elektron RO'A ga bo'linadi.

RO'A ning ishlash asosini uning umumlashgan struktura sxemasidan ko'rish mumkin (2.41- rasm).

O'lchanayotgan kattalik (X) kirish qurilmasi (KQ) da masshtablanaadi va analog raqamli o'zgartkich (ARO') da kodga aylantiriladi. Bu



2.41- rasm. Raqamli o'lchash asbobi-ning tuzilish sxemasi.



2.42- rasm. Raqamli voltmetr sxemasi.

kodlar raqamli ko'rsatish qurilmasi (RKQ) da o'nli sonlar ko'rinishida ifodalanadi. Boshqarish sxemasi (BS) barcha bloklarni boshqaruv signallari bilan ta'minlab turadi.

ARO' quyidagi asoslarda quriladi:

- **ketma-ket hisoblash usuli.** Bu usulga ko'ra o'lchanayotgan kattalik ma'lum bir vaqt oralig'ida qiymati oldindan ma'lum kattalik bilan taqqoslanadi;
- **razryad bo'yicha muvozanatlash usuli.** Bu usulga muvofiq o'lchanayotgan kattalik qiymati berilgan qonuniyat (ikki-o'n kod) asosida o'zgaruvchi kattalik bilan ketma-ket taqqoslanadi;
- **integrallash usuli.** O'lchanayotgan kattalik qiymatlarini ma'lum bir vaqt oralig'ida qo'shishga asoslangan;
- **bir vaqtda hisoblash usuli.** Bu usulda o'lchanayotgan kattalik bir vaqtning o'zida ma'lum kattalikning bir necha qiymatlari bilan taqqoslanadi. Bunda ma'lum kattalik qiymatlari orasidagi munosabat ma'lum algoritim asosida tanlanadi.

O'lchanayotgan kattaliklarga ko'ra RO'A voltmetrlar, chastotomerlar, fazometrlar, omnetrlar, vattmetrlar va boshqalarga bo'linadi.

O'lchanayotgan kattalikning qanday qiymatini ko'rsatishiga qarab RO'A oniy qiymatni va o'rtacha qiymatni o'lchovchi RO'A ga bo'linadi. Bundan tashqari RO'A aniqligi, tezkorligi, ishonchliligiga qarab guruhlarga ajratiladi.

RO'A ning asosiy xarakteristikalariga statik va dinamik xatoliklari, o'lchash diapazoni, sezgirligi, ma'lumotni qabul qilish qobiliyati, tezkorligi, ishonchliligi kabilari kiradi.

Raqamli voltmetrlar. O'zgarmas tokli raqamli voltmetrlar RO'A ning eng ko'p tarqalgan turiga kiradi. Ular o'z navbatida ikki turga: hadma-had taqqoslovchi va ikki marta integrallovchi o'zgartkichli RO'A ga bo'linadi.

2.42- rasmda hadma-had taqqoslovchi o'zgartkich asosida ishlaydigan raqamli voltmetrning sxemasi keltirilgan.

O'lchanayotgan kuchlanish (U_x) o'lchash diapazonini belgilovchi kuchlanish bo'lgichi (KB) orqali taqqoslash sxemasi (TS) ga beriladi. Tayanch kuchlanish manbai (TKM) chiqishida tegishli kuchlanish paydo bo'lguncha va yuqori hadli hisoblagich (YuHH) holatiga ko'ra, boshqarish sxemasi kuchlanishni chastotaga o'zgartiradi (KChO'). Agar boshqaruvchi sxema (BS) elektron kalit (EK1) va (EK2) ni ochsa, YuHH chiqishida kirish kuchlanishga yaqin bo'lgan son paydo bo'ladi. Ya'ni, kuchlanish chastotaga o'zgartirilgandan so'ng boshqarish sxemasi impulsni hisob-

lagich orqali (*YuHH*) raqamli indikator (*RI*) ga uzatadi va u tegishli raqamni ko'rsatadi. Asbobning nol ko'rsatkichini korreksiya qilish uchun o'zgaruvchan rezistor yordamida taqqoslash sxemasining chiqishidagi kuchlanish sozlanadi. Buning uchun normal elementga ega bo'lgan chiquvchi signali (*TKM*) dan foydalaniladi.

TS da mazkur son (kuchlanish) o'lchanayotgan kuchlanishdan ayiriladi va hosil bo'lgan ayirma ikkilamchi ishlovga beriladi. Bunda elektron kalit (*EK3*) ochiladi va kichik hadli hisoblagich (*KHH*) ishga tushadi, uning natijasi *YuHH* dagi son bilan qo'shiladi.

Raqamli voltmetrlar (o'zgarmas tokda) 1 mkV dan 1000 V gacha kuchlanishlarni 0,1 foiz xatolik bilan o'lchash imkoniga ega.

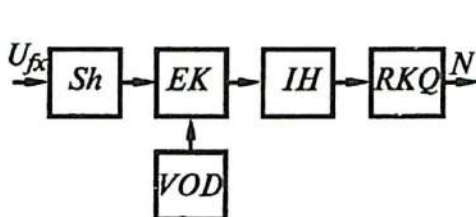
Yuqori aniqlikka ega o'zgarmas tok raqamli voltmetrlarning V7–28 rusumi va boshqa turlari ma'lum.

Raqamli chastotomerlar. Raqamli chastotomerlar (*RCh*) ning ishlashi t_u vaqt oralig'ida f_x chastotali impulsar sonini sanashga asoslangan (2.43-rasm).

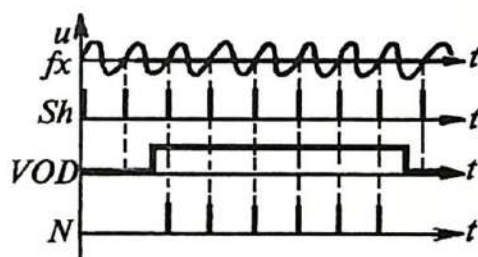
Chastotasi noma'lum bo'lgan kuchlanish (U_{fx}) shakllantirgich (*Sh*) da davomiyligi t_u bo'lgan to'g'riburchakli impulsarga aylantiriladi. Bu impulsar elektron kalit (*EK*) kirishiga beriladi va vaqt oralig'i datchigi (*VOD*) ishlab chiqarayotgan impulsar bilan taqqoslanadi. *EK* dan t_u vaqt oralig'ida chiqadigan impulsar impuls hisoblagich (*IH*) yordamida sanalib, raqamli ko'rsatish qurilmasi (*RKQ*) ga beriladi. t_u vaqt oralig'ida f_x chastotali impulsar soni N quyidagi formula yordamida topiladi:

$$N = \frac{t_u}{T_x} = t_u \cdot f_x.$$

2.44- rasmda keltirilgan chastotomerning vaqt diagrammasidan ko'rinib turibdiki, chastotomerda paydo bo'ladigan xatoning birdan-bir sababi diskretlash jarayonida yuzaga keladigan xatolikdir. Datchiklar ishlab chiqaradigan davomiyligi o'zgarmas bo'lgan vaqt intervallariga shakllantirgichdan keladigan impulsarlarning barchasi kirmaydi. Shuning uchun diskretlash xato-



2.43- rasm. Raqamli chastotomer sxemasi.



2.44- rasm. Chastotomerning vaqt diagrammalari.

ligi ± 1 impulsiga teng bo'lishi mumkin. *Raqamli chastotomerlar xatoligining boshqa tashkil etuvchilariga vaqt intervallari manbasining nomotadilligi kiradi.* Bu kamchilikni bartaraf etish uchun vaqt intervallarini motadillash maqsadida manba sxemasida kvarsdan foydalaniladi.

RCh xatoligi vaqt oralig'ini diskretlash xatoligidan va t_i vaqt oralig'ini noaniq tanlash xatoligidan iborat bo'ladi.

O'lchash vaqtini qisqartirish maqsadida signal chastotasi emas, balki uning davri o'lchanadi. Bunda vaqt oralig'i datchigi *VOD* o'rniga katta chastota generatori qo'llaniladi. Raqamli ommetr va vattmetrlar ham shu prinsipda ishlaydi.

Kombinatsiyalangan raqamli asboblari. Hozirgi zamon elektronikasi-ning elementlar bazasi keng imkoniyatlarga ega bo'lgan raqamli o'lchov asboblari yaratishga imkon beradi.

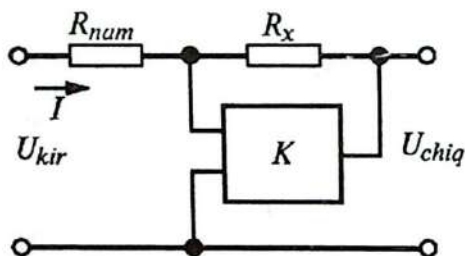
Kombinatsiyalangan raqamli asboblari (*KRA*) ning asosiy qismi – *integrallovchi* xossaga ega o'zgarmas tok kuchaytirgichidan iborat. *KRA* ning kirish qismiga o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantiruvchi, o'rtacha, ta'sir etuvchi yoki *amplituda* qiymatlarini o'zgartiruvchi, qarshilik, induktivlik va sig'imni kuchlanishga o'zgartiruvchi o'zgartkichlar ulanadi.

KRA yordamida rezistor qarshiligini o'lchashni misol tariqasida ko'rib chiqamiz (2.45- rasm). R_x kuchaytirgich *K* ning manfiy teskari bog'lanish zanjiriga ulanadi. Qo'llanilayotgan kuchaytirgichlarda kuchlanish bo'yicha kuchaytirgich ko'effitsiyenti juda katta bo'lgani uchun rezistor R_x kuchaytirgichga ulanganda kuchaytirgichning chiqish qismida kuchlanish hosil bo'ladi. *K* ning kirish qismidan o'tuvchi tok kichik bo'lganligi sababli asosiy tok R_x rezistor qarshilik orqali o'tadi. Shuning uchun *K* ning chiqish kuchlanishi:

$$U_{chiq} = IR_x$$

bo'ladi.

KRA turkumiga raqamli *ШЧ-4313* rusumli asboblari misol qilib keltirish mumkin. Bu asboblari 5 mV dan 500 V o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishni, 5 mA dan 500 mA o'zgarmas va o'zgaruvchan tokni, 50 Ohm dan 5000 kOhm li qarshilikni o'lchashga mo'ljallangan. Qayd etilgan parametrlari $45 - 20000\text{ Gs}$ diapazonda o'lchashi mumkin. Asbob 220 V o'zgaruvchan kuchlanishli tarmoqdan yoki $17,5\text{ V}$ li avtonom manbadan ta'minlanadi. Og'irligi 3 kg , gabarit o'lchamlari $300 \times 70 \times 300\text{ mm}$.



2.45- rasm. Kombinatsiyalangan raqamli asbob sxemasi.

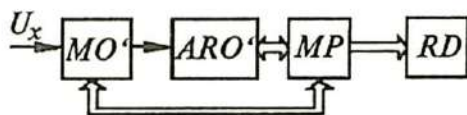
Mikroprotsessor bilan boshqariladigan raqamli o'lchash asboblari. O'lchash asboblari tarkibida mikroprotsessorlarni qo'llash o'lchash jarayonini soddalashtiradi, ularni qiyoslashni va kalibrlashni avtomatlashtiradi, o'lchash axborotiga statistik ishlov beradi va asboblarning metrologik xarakteristikalarini yaxshilaydi. Quyida voltmetr va chastotomerlarda mikroprotsessorlardan foydalanish misollari keltirilgan.

Raqamli mikroprotsessorli voltmetrning (2.46- rasm) kirish bloki *mashtab o'zgartkichi* (*MO'*) dan iborat bo'lib, u bir yo'la o'zgaruvchan (U_x) kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantiradi. So'ng o'zgarmas tok kuchlanishi *analog - raqamli o'zgartkich* (*ARO'*) ga beriladi va u yerda raqam shakliga keltiriladi. Hozirgi zamon mikroprotsessorli asboblarda ikki bosqichda integrallaydigan *ARO'* lar keng tarqalgan.

Kirish kuchlanishiga proporsional bo'lgan ma'lum ketma-ketlikdagi impuls soni *ARO'* dan *mikroprotsessorning* (*MP*) interfeysiga uzatiladi. *MO'* va *MP* o'zaro taktli impuls orqali bog'langan. Mikroprotsessor integrallash jarayonini boshqaradi va raqamli axborotni *raqamli displeyga* (*RD*) chiqarib beradi. *RD* nafaqat o'lchangan kattalikni, balki unga tegishli matnli axborotni ham yozib chiqaradi.

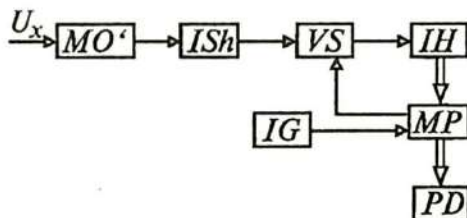
Zamonaviy mikroprotsessorli voltmetrlar ko'p dasturli asboblardan bo'lib, o'lchangan kattaliklar ustida barcha *arifmetik* va *algebraik amallarni*, *o'rtacha kvadratik og'ish*, *dispersiya*, *matematik kutishlarni* hisoblash hamda xotirlash amallarini bajarishi mumkin.

Mikroprotsessorli voltmetrlarga Rossiya Federatsiyasida III1531, III1612, B7-39, B7-40 rusumli hamda Germaniyada ishlab chiqariladigan 7055, 7065 turdagi voltmetrlarni misol qilib keltirish mumkin.



2.46- rasm. Raqamli mikroprotsessorli voltmetr sxemasi.

Mikroprotsessorli chastotomerda (2.47- rasm) o'lchash ketma-ket hisoblash usulida bajariladi. Chastotasi o'lchanayotgan kuchlanish *masshtab o'zgartgichi* (*MO'*) orqali *impuls shakllantirgich* (*ISH*) ga uzatiladi. Bu yerda kuchlanish impulsning davriy ketma-ketligiga aylantirilib, *vaqt selektori* (*VS*) ga beriladi. *Mikroprotsessor* (*MP*) ma'lum davomiyli (misol uchun 1 s bo'lgan) impuls ishlab chiqaradi



2.47- rasm. Mikroprotsessorli chastotomer sxemasi.

va ularni V_S ning ikkinchi kirish qismlariga uzatadi. Bu impulsning davomiyligi *impulsli generator (IG)* bilan belgilanadi. V_S ning ikkala kirishiga ta'sir qilayotgan signalga ko'ra, uning mikroprotessor belgilaydigan vaqt davomiyligi bilan chegaralangan impuls soni hosil bo'ladi.

Bu vaqt davomida ishlab chiqarilgan impuls *impuls hisoblagich (IH)* bilan sanaladi hamda mikroprotessor xotirasidagi chastota konstantasi bilan solishtiriladi. Solishtirish natijasi *raqami display (RD)* ga beriladi.

Raqamli o'lchash asboblari turli parametrlarni o'lchashning istiqbolli o'lchash vositasidir. Bu asboblarning narxi analogli asboblarga qaraganda qimmat bo'lishiga qaramay, ularga bo'lgan talab yuqori.

4- laboratoriya ishi

Raqamli asboblarning yordamida elektr kattaliklarni o'lchash.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Raqamli va analogli o'lchash asboblari nima bilan farqlanadi?
2. Raqamli o'lchash asbobining struktura sxemasini chizing va uning ishlashini tushuntiring.
3. Raqamli o'lchash asboblari qanday analog – raqamli o'zgartkichlar qo'llaniladi?
4. Raqamli voltmetrlar va chastotomerlarning ishlashini, ularning struktura sxemasini tushuntiring.
5. Raqamli asboblarda xatoliklarning sabablari nimalardan iborat?
6. Mikroprotessorli raqamli voltmetrlar chastotomerlarga qaraganda qanday afzalliklarga ega?

III bob. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLARNI O'LGHASH

3.1. TOK VA KUHLANISHNI O'LGHASH

O'zgaras tok zanjirida o'lgashlar. *O'zgaras tok zanjirida 10^{-7} dan 10^6 A gacha tok, 10^{-7} dan 10^8 V gacha kuchlanish sezgirligi juda yuqori bo'lgan magnitoelektrik asboblarda yordamida bevosita o'lganadi.*

Galvanometr yordamida qayd etilishi mumkin bo'lgan eng kichik tok 10^{-11} A bo'lib, undan kichigi esa bilvosita usullar yordamida (namuna qarshilikdagi kuchlanish pasayishi yoki kondensator zaryadi bo'yicha) o'lganadi.

0,1 A dan 10 A gacha o'zgaras tokni o'lgashda elektrodinamik ampermetrlarni qo'llash mumkin. Quvvat iste'molining kattaligi va sezgirligining pastligi bu asboblarning imkoniyatlarini chegaralaydi.

O'zgaras kuchlanishni bevosita o'lgashda magnitoelektrik voltmترلar keng qo'llaniladi. Ular yordamida 600 V gacha bo'lgan kuchlanishni o'lgash mumkin. O'lgash diapazonini kengaytirish maqsadida qarshiliklar ishlatiladi. 300 V gacha o'zgaras kuchlanishni o'lgashda ayrim hollarda elektrodinamik voltmترلar qo'llaniladi. Ammo bu asboblarning aniqligi yuqori bo'lsa ham, sezgirligi past va quvvat iste'moli ko'p.

O'zgaras tok zanjirida tokni bilvosita o'lgashda kompensatorlar ishlatiladi.

O'zgaras kuchlanishni aniq o'lgash talab qilinganda, kompensator va raqamli voltmترلardan foydalaniladi.

Bir necha volt dan yuzlab kilovolt gacha kuchlanishni o'lgashda elektrostatik voltmترلar qo'llaniladi. Bu asboblarning sezgirligi past, quvvat iste'moli kam. 0,05; 0,1; 0,2 aniqlik klassiga ega bo'lgan asboblarning narxi balandligi tufayli ular kam ishlab chiqariladi.

O'zgaruvchan tok zanjirida o'lgashlar. *O'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanish va tokning o'rtacha, maksimal va ta'sir etuvchi qiymatlari o'lganadi.*

Bu uchala qiymat o'zaro shakl $\left(k_{sh} = \frac{U}{U_{o'r}}\right)$ va amplituda $\left(k_A = \frac{U_m}{U}\right)$ ko-

effitsiyentlari orqali bog'langanligi sababli, ulardan faqat bittasini o'lgash kifoya. *O'rtacha qiymatni o'lgashda to'g'rilagichli, elektron va raqamli asboblarda qo'llaniladi.*

Sinusoidal tok zanjirlarida tok va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarini o'lgashda elektromagnit, elektro va ferrodinamik, elektrostatik (faqat voltmترلarda) va termoelektrik asboblarda qo'llaniladi.

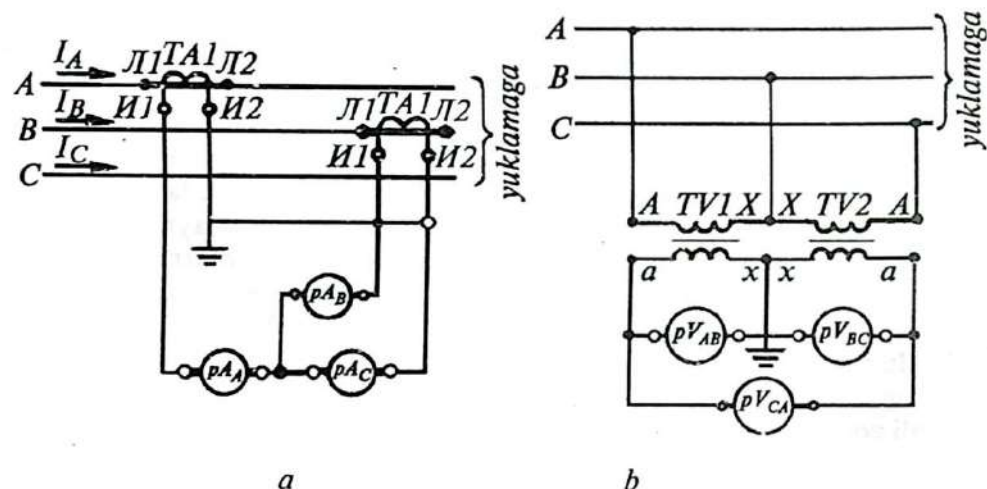
O'lgash diapazonini kengaytirish uchun o'lgash transformatorlari qo'llaniladi.

Elektrostatik asboblarga esa shu maqsadda kondensator ulanadi. Bunda transformatorlarning aniqlik klassi va asbobning ikkilamchi chulg'aminging maksimal qarshiligi asbob chulg'aminging qarshiligidan kichik bo'lmasligi kerak.

Yuqori aniqlikda o'lchashlarni bajarish uchun kompensatordan foydalaniladi. Ma'lumki, kompensatorning ishlash prinsipi o'lchanayotgan kattalikni avvaldan ma'lum bo'lgan kattalik bilan taqqoslashga asoslangan. Aniqligi 0,01.

Yuqori chastotali sinusoidal tok va kuchlanishlarni o'lchashda to'g'rilagich sxemali, issiqlik, elektron va raqamli asboblardan foydalaniladi.

Tok va kuchlanishning oniy qiymatlari qayd qiluvchi o'ziyozar asboblardan, yorug' nurli yoki elektron nurli ossilloqraflar yordamida o'lchanadi.



3.1- rasm. Uch simli uch fazali zanjirda liniya toklarini (a) va liniya kuchlanishlarini (b) o'lchash sxemalari.

Simmetrik uch fazali zanjirlarda tok va kuchlanishlarni o'lchash uchun mos ravishda bitta ampermetr yoki voltmeter kifoya.

Nosimmetrik zanjirlarda liniya kuchlanishini o'lchash uchun uzgich – ulagich bilan voltmetrdan foydalaniladi.

O'lchash diapazonini kengaytirish maqsadida o'lchash transformatorlari ishlatiladi. Bunda 2 ta transformatoridan, 3 ta o'lchash asbobidan va $I_c = -(I_A + I_B)$, $U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$ tenglamadan foydalaniladi. (3.1- a va b rasmlar).

O'lchanayotgan kattalik (tok yoki kuchlanish) ning haqiqiy qiymati asbob ko'rsatkichiga o'lchash transformatorining transformatsiya koef-fitsiyenti ko'paytirib topiladi.

Ampermetr yoki voltmetr o'lchash zanjiriga ulanganda qo'shimcha xatoliklar yuzaga keladi. Tok bo'yicha xatolik:

$$\delta_I = \left(\frac{I - I_x}{I_x} \right) \cdot 100\% = - \left(\frac{R_{pA} / R_{yuk}}{1 + R_{pA} / R_{yuk}} \right) \cdot 100\% . \quad (3.1)$$

Bu ifodada: R_{pA} va P_{pA} – ampermetrning ichki qarshiligi va iste'mol quvvati; R_{yuk} – yuklama qarshiligi bu yerda $R_{pA} \ll R$ deb olinadi.

Kuchlanish bo'yicha xatolik:

$$\delta_U = \left(\frac{U - U_x}{U_x} \right) \cdot 100\% = - \left(\frac{R_{yuk} / R_{pV}}{1 + R_{yuk} / R_{pV} + R_{yuk} / R_{ich}} \right) \cdot 100\% . \quad (3.2)$$

Bu yerda: R_{ich} – manbaning ichki qarshiligi; R_{pV} – voltmrning ichki qarshiligi.

Yuqorida keltirilgan ifodalardan ko'rinib turibdiki, ampermetrning ichki qarshiligi mumkin qadar kichik bo'lishi, voltmrning esa katta bo'lishi kerak.

1-masala. Aktiv quvvati $P = 100 \text{ Vt}$, nominal kuchlanishi 220 V bo'lgan yuklamaning qabul qiladigan tokini o'lchash uchun E 59 rusumdagi ichki qarshiligi $R_{pA} = 0,06 \text{ Om}$ bo'lgan ampermetrdan foydalaniladi. Tok o'lchashda yuzaga keladigan xatolikni hisoblang.

Yechish. Yuklama qarshiligini hisoblaymiz:

$$R_{yuk} = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484 \text{ Om} .$$

Ampermetr ulanishdan paydo bo'ladigan xatolik:

$$\delta_I = \frac{R_{pA} / R_{yuk}}{1 + R_{pA} / R_{yuk}} \cdot 100\% = \frac{0,06 / 484}{1 + 0,06 / 484} \cdot 100\% = 0,12\% .$$

2-masala. Ichki qarshiligi $R_{ich} = 5 \text{ Om}$ va e.y.u.k. $E = 12 \text{ V}$ ga teng bo'lgan manbaga aktiv qarshiligi $R_{yuk} = 50 \text{ Om}$ bo'lgan yuklama ulangan. Yuklamadagi kuchlanishni o'lchash uchun ichki qarshiligi $R_{pV} = 32 \text{ Om}$ bo'lgan voltmrtdan foydalanilganda, yuzaga keladigan xatolikni hisoblang.

Yechish. (3.2) ifodadan foydalanib, xatolikni topamiz:

$$\begin{aligned} \delta_U &= - \left(\frac{R_{yuk} / R_{pV}}{1 + R_{yuk} / R_{pV} + R_{yuk} / R_{ich}} \right) \cdot 100\% = \\ &= - \left(\frac{50 / 32}{1 + 50 / 32 + 50 / 5} \right) \cdot 100\% = - \left(\frac{1,56}{1 + 1,56 + 10} \right) \cdot 100\% = 12,42\% . \end{aligned}$$

Amaliy ish

O'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish zanjiriga ulangan yuklamaning tok va kuchlanishni ampermetr va voltmeter bilan ulanganda yuzaga keladigan xatolikni o'lchash.

5- laboratoriya ishi

Analog elektromexanik hamda raqamli asboblarda tok va kuchlanishni o'lchash.

6- laboratoriya ishi

O'zgarmas tokni shunt yordamida o'lchash. O'zgaruvchan tokni o'lchash chegaralarini transformator yordamida kengaytirish.

Referat mavzulari

1. O'zgarmas tok zanjirida kichik va katta tok hamda kuchlanishlarni o'lchash.
2. O'zgaruvchan tok zanjirlarida tok va kuchlanishlarni o'lchash.
3. Tok va kuchlanishni o'lchashda yuzaga keladigan xatoliklar.

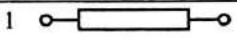
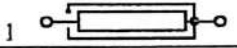
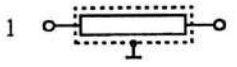
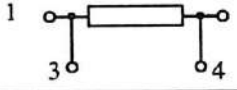
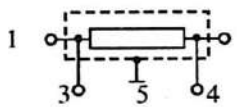
O'z-o'zini sinash savollari

1. Kichik toklar va kuchlanishlar qanday turdagi o'lchash asboblari bilan o'lchanadi?
2. Galvanometrlar bilan o'lchashlar qanday bajariladi?
3. O'zgaruvchan tok zanjirlarida kuchlanish va tokning qanday qiymatlari o'lchanadi?
4. Tok va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari qanday turdagi o'lchash asboblari bilan o'lchanadi?
5. Tok va kuchlanishni yuqori aniqlikda o'lchash uchun qanday asboblardan foydalanish zarur?
6. Ampermetr va voltmeter bilan o'lchashda qo'shimcha xatoliklar qanday yuzaga keladi va ularni kamaytirish yo'llari qanday?

3.2. ELEKTR ZANJIR PARAMETRLARINI O'LCHASH

Parametrlari o'lchanadigan obyektни o'lchash zanjiriga ulash usullari. Elektr va noelektr komponentlar parametrlarini aniq o'lchash, o'lchanayotgan obyektни o'lchash zanjiriga ulash usuliga bog'liq. Chunki ulanadigan zanjirning xalaqit parametrlari bo'lgan montaj sig'imi, simlarning qarshiligi va induktivligi o'lchash natijasiga noaniqliklar kiritadi. Shuning uchun tok sirqib chiqadi (utechka). Elektromagnit maydondan himoyalash uchun turli sxematik va konstruktiv choralar ko'rish lozim bo'ladi.

O'lchanadigan obyektни asbobning o'lchash zanjiriga ulashlarning mumkin bo'lgan asosiy usullari 3.1-jadvalda keltirilgan.

O'lchanayotgan obyektning ulash sxemasining nomi	O'lchanayotgan obyektning ulashning elektr sxemasi	Ulash sxemasining asbob yoki namunaviy o'lchov turlarida ishlatilganligi
Ikki qismali	 yoki 	E7 - 5A; E7 - 9; E4 - 7; E4 - 10, P - 544; E4 - 7A.
Uch qismali		E8 - 1; E8 - 2; P - 596, P - 597, KME - 11 KME - 101.
To'rt qismali		E6 - 12; E6 - 15; E6 - 18, P - 310; P-321; ДМО 310.
Besh qismali		E7 - 8; E7 - 10; E7 - 11; P 5016; P 5079, E8 - 5; 1683 GR BM - 484.

Ulashning eng sodda usuli ikki qismali (1 va 2 qismali) sxema bo'lib, u tashqi xalaqit omillarga ta'sirchandır.

Obyekt bunday usulda ulanganda, ulanish zanjiri nihoyatda kalta bo'lishi kerak.

Elektr va magnit maydonlar ta'sirini o'lchanadigan obyektning bir qismasiga ulangan metall ekran yordamida kamaytirish mumkin. Bunda atrof-dagi predmetlarning sig'imli bog'lanishi ma'lum darajada kamayadi.

O'lchanadigan obyektning ikki qismali ulanishi rezonans prinsipida ishlaydigan E7 - 5A; E7 - 9 (Rossiya Federatsiyasi) induktiv va sig'im o'lchagichlarda hamda g'altak aslligini o'lchaydigan E4 - 7; E4 - 7A; E4 - 10; E4 - 11; E4 - 12 turdagi asboblarda qo'llanilgan.

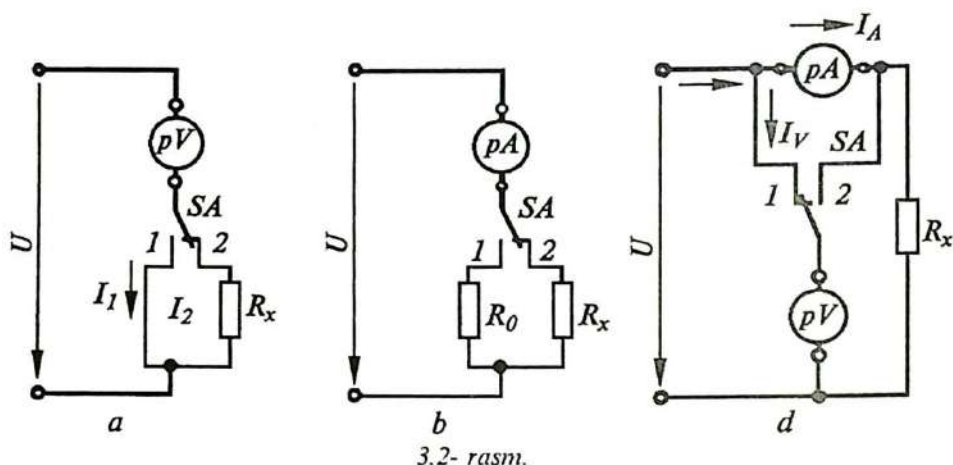
Qarshilikni o'lchash. Qarshilik elektrotexnik qurilmalarning eng ko'p o'lchanadigan parametrlaridan biri bo'lib, 10^{-8} dan 10^{18} Om gacha o'lchanadi. Bu diapazon shartli ravishda uchta oraliqqa ajratiladi: *kichik* (1 Om gacha), *o'rta* (1 Om dan 10^6 Om gacha) va *katta* (10^6 Om dan katta) qarshiliklar.

O'zgarmas tok zanjirida qarshilikni o'lchash. O'zgarmas tok qarshiligini bevosita va bilvosita usullar bilan o'lchash mumkin.

Bilvosita usulda qarshiliklar ampermetr va voltmeter yordamida o'lchanadi (3.2- rasm a, b, d sxemalar).

«a» sxemaga ko'ra SA qayta ulagich «1» - holatda bo'lganda voltmeter $U_1 = I_1 R_{pV} = (U/R_{pV}) R_{pV} = U$ kuchlanishni ko'rsatadi, bunda: R_{pV} - voltmeterning ichki qarshiligi, «2» - holatda bo'lganda esa:

$$U_2 = I_2 R_{pV} = \frac{U}{R_{pV} + R_x} R_{pV} . \quad (3.3)$$



3.2- rasm.

Bunda qarshilikni asbobning ikkita holatidagi ko'rsatishidan va uning ichki qarshiligidan foydalanib hisoblash mumkin:

$$R_x = \frac{U_1 R_{pV} - U_2 R_{pV}}{U_2} = R_{pV} \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right). \quad (3.4)$$

Qarshilikni 3.2- b rasmga ko'ra SA qayta ulagichni ikkita, ya'ni 1- va 2- holatida ampermetr ko'rsatishiga ko'ra aniqlash mumkin. SA ning 1- holatdagi ampermetrning ko'rsatishi:

$$I_1 = \frac{U}{R_0 + R_{pA}}. \quad (3.5)$$

Bu yerda: R_0 – namunaviy qarshilik; R_{pA} – ampermetrning ichki qarshiligi. 2- holatdagi ko'rsatishi:

$$I_2 = \frac{U}{R_x + R_{pA}}. \quad (3.6)$$

Qarshilik R_x ni quyidagi formuladan aniqlashimiz mumkin:

$$R_x = \frac{I_1}{I_2} (R_0 + R_{pA}) - R_{pA}. \quad (3.7)$$

Qarshilikni ampermetr va voltmeter yordamida bilvosita o'lchash ham mumkin (3.2- d rasm).

Asboblarning kirish qarshiliklari R_{pA} , R_{pV} ma'lum bo'lsa, u holda qayta ulagich SA ning 1- holatida:

$$R'_x = \frac{U_{pV} - I_{pA} R_{pA}}{I_{pA}}, \quad \delta' = \frac{R_{pA}}{R_x} \cdot 100\% \quad (3.8)$$

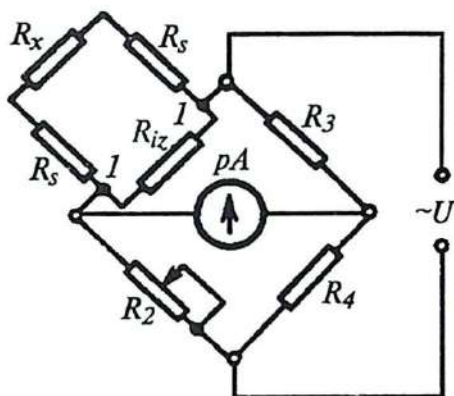
va qayta ulagich SA ning 2- holatida:

$$R_X'' = \frac{U}{I_A - \frac{U_{pV}}{R_{pV}}}, \quad \delta'' = \frac{R_x}{R_x - R_{pV}} \cdot 100\%. \quad (3.9)$$

Shunday qilib, asboblarning kirish qarshiligi ma'lum bo'lganda, yuqorida keltirilgan uchala sxemaning bittasidan foydalanish mumkin. Agar asboblarning kirish qarshiliklari noma'lum bo'lsa, u holda kichik qarshiliklarni o'lchashda ampermetrni voltmeterdan oldin ulash sxemasi, katta qarshiliklarni o'lchashda esa voltmetrni ampermetrtdan oldin ulash sxemasi ishlatiladi. Bilvosita ulash usullari qulay bo'lsa-da, ishlatilayotgan asboblarning aniqligiga bog'liq bo'ladi.

Ishlab chiqarish sharoitlarida qarshilikni o'lchashda o'zgarmas tok ko'priklaridan keng foydalaniladi (3.3- rasm).

Qarshiligi R_x ga teng bo'lgan rezistor ko'prikning 1-1 qismalariga qarshiligi R_s bo'lgan sim orqali ulangan bo'lsin. Agar 1-1 qismaga nisbatan asbob izolyatsiyasining qarshiligi R_{iz} bo'lsa, ko'prikning umumiy R_1 yelka qarshiligi:



3.3- rasm.

$$R_1 = \frac{(R_x + 2R_s) \cdot R_{iz}}{R_x + 2R_s + R_{iz}} = \frac{R_x + 2R_s}{1 + 2R_s / R_{iz} + R_x / R_{iz}}. \quad (3.10)$$

$R_s \ll R_{iz}$ bo'lgani uchun $R_1 = R_x + 2R_s$, bunda o'lchashning nisbiy xatoligi:

$$\delta_1 = \frac{R_1 - R_x}{R_x} = 2 \frac{R_s}{R_x} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

agar R_x va R_{iz} bir tartibdagi kattalik bo'lsa, u holda:

$$R_1 = \frac{R_x}{1 + R_x / R_s},$$

nisbiy xatolik:

$$\delta_1 = \frac{R_1 - R_x}{R_x} \approx -\frac{R_x}{R_{iz}} \cdot 100\%. \quad (3.12)$$

Tadqiqotlarga ko'ra, o'lchash diapazonining past chegarasini ulovchi simlar va kontakt qarshiliklari, yuqori chegarasini esa sxema izolyatsiyasi qarshiligi belgilaydi.

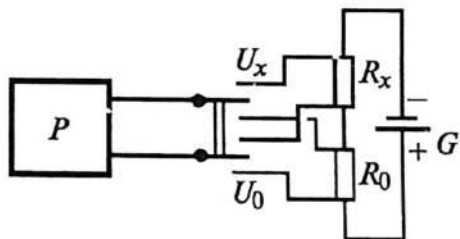
O'lchash xatoligini hisoblashda ko'priknin muvozanat shartidan foydalanish

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (3.13)$$

(3.13) ni logarifmlab, $\ln R_x = \ln R_2 + \ln R_3 - \ln R_4$ undan hosila olingandan so'ng $\Delta R_x / R_x = \Delta R_2 / R_2 + \Delta R_3 / R_3 - \Delta R_4 / R_4$ ko'rinishga ega bo'ladi. Agar $\Delta R_x / R_x$ nisbiy xatolik δ_x bo'lsa, unda $\delta_x = \delta_2 + \delta_3 - \delta_4$. Ko'priklar yordamida qarshilikni o'lchash asosan ikkita operatsiyadan iborat: avval o'lchash diapazoni tanlanadi, keyin muvozanatga keltiriladi.

Qo'sh ko'priklar sxemalaridan foydalanilganda, noma'lum qarshilik $R_x = R_0 (R_3 / R_4)$ formuladan topiladi. Bunda namunaviy qarshilik R_0 va R_x bilan bir tartibda bo'lsa, ko'priknin sezgirliigi hamda aniqligi yuqori bo'ladi.

Qarshiliklar kompensatorlar yordamida o'lchansa, natija aniqligi yuqori bo'ladi (3.4- rasm).



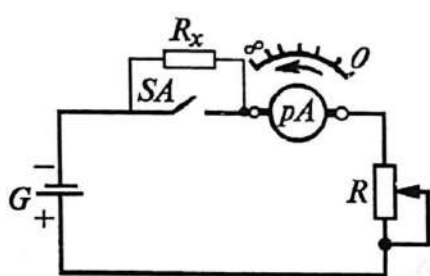
3.4- rasm.

$$R_x = R_0 \frac{U_0}{U_x} \quad (3.14)$$

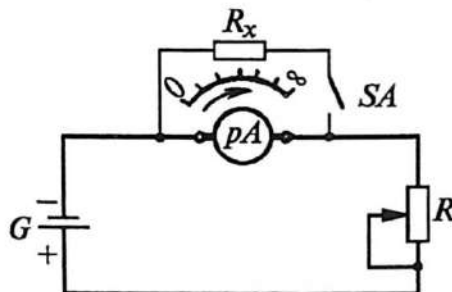
bu yerda: U_0 – namunaviy kuchlanish.

Qarshiliklar bevosita usulda ommetrlar yordamida o'lchanadi (3.5- rasm). Rasmdagi sxemalardan ko'rinib turibdiki, magnitoelektrik ampermetr

pA qarshilik R_x bilan ketma-ket (a) yoki parallel (b sxemada) ulanishi mumkin. O'lchash diapazoni keng bo'lganligi uchun a sxema ko'proq qo'llaniladi.



a



b

3.5- rasm.

Ikkala sxemaning **umumiy kamchiligi** – o‘lchash natijasining manba kuchlanishiga bog‘liqligidir. Bu narsa har doim o‘lchashdan oldin SA kontaktini ulab, ko‘rsatkichni o‘zgaruvchan rezistor (R) yordamida nolga keltirib turishni taqozo etadi.

Logometrik mexanizmli ommetrlar yuqorida ko‘rsatilgan kamchilikdan ancha holi (3.6- rasm). Bunday asbobjda o‘zgarmas tok manbai yoki qo‘l bilan harakatga keltiriladigan o‘zgarmas tok generatori ishlatiladi. Manba kuchlanishining nomotadilligi ma‘lum o‘lchash doirasida aniqlikka ta‘sir etmaydi.

Bunday generatorning kuchlanishi 500 V gacha yetishi mumkin.

Masala. Elektr mashina yakor chulg‘amiga ichki qarshiligi $R_{pA} = 0,01 \text{ Om}$ bo‘lgan ampermetr va ichki qarshiligi $R_{pV} = 250 \text{ Om}$ bo‘lgan voltmeter ulangan. Asboblarning ko‘rsatishi 8,5 A va 1,25 V. Minimal xatolikka ega bo‘lgan o‘lchash sxemasini tanlang. Yakor chulg‘amining qarshiligi va nisbiy xatolikni aniqlang.

Yechish. Yakor chulg‘ami qarshiligini o‘lchashda ampermetr va voltmeter usulidan foydalanish mumkin. Bizga ma‘lumki, yakor chulg‘amining qarshiligi R_{ya} kichik bo‘lgani uchun voltmeter ampermetrdan keyin ulanadi. Om qonuniga ko‘ra $R_{ya} = U_{ya} / I_{ya}$ bo‘lib, ampermetr umumiy tok (I) ni o‘lchaydi.

Ma‘lumki, $U = 1,25 \text{ V}$, $R_{pV} = 250 \text{ Om}$, voltmeter toki $I_{pV} = U / R_{pV} = 1,25 / 250 = 0,005 \text{ A}$.

Unda yakor chulg‘amidagi tok: $I_{ya} = I - I_{pV} = 8,5 - 0,005 = 8,495 \text{ A}$.

Yakorning haqiqiy qarshiligi: $R_{ya} = U / I_{ya} = 1,25 / 8,495 = 0,1471 \text{ Om}$.

Asboblarning ko‘rsatilgan sxema bo‘yicha ulangan uchun yakor qarshiligi:

$$R'_{ya} = U_V / I_A = 0,14905 \text{ Om}.$$

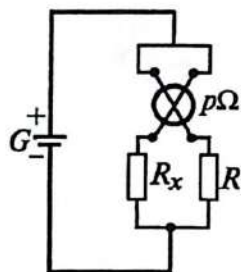
Qarshilikni o‘lchashdagi nisbiy xatolik:

$$\delta_R = \frac{(R'_{ya} - R_{ya})}{R_{ya}} \cdot 100\% = 1,63\%.$$

O‘zgaruvchan tok zanjirida qarshilikni o‘lchash. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi qarshilik bilvosita usul (ampermetr, voltmeter va vattmetr), taqqoslash (ko‘prik va kompensatorlar) asboblari hamda rezonans hodisasi asosida ishlovchi maxsus asboblarning yordamida o‘lchanadi.

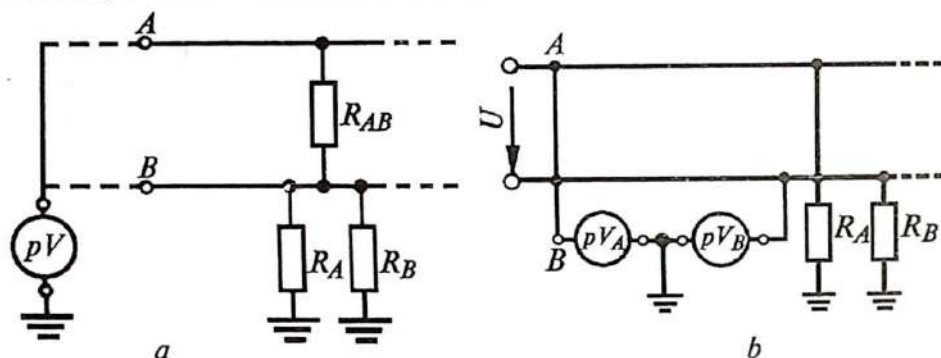
Kompleks qarshilikning modulini bilvosita o‘lchash – ampermetr va voltmeter yoki ampermetr, voltmeter hamda vattmetr ko‘rsatishlari asosida kompleks qarshilikni hisoblashni ko‘zda tutadi.

O‘zgaruvchan tok zanjirlari kompleks qarshilikning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari universal ko‘priklarning yordamida alohida o‘lchanadi.



3.6- rasm.

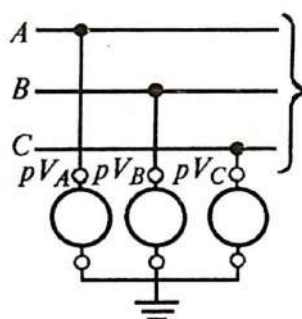
Izolyatsiya qarshiligini o'lchash. Ikki simli liniyaning izolyatsiyasini quyidagi ikki sxema yordamida o'lchash mumkin (3.7- rasm), *a* sxema – manba kuchlanishi ta'sirida bo'lmagan liniya simlarining izolyatsiyasini o'lchash, *b* sxema – kuchlanishli sxema uchun ishlatiladi.



3.7- rasm.

Liniyaning *A* simi uchun: $R_A = R_{pV}(U/U_B - 1)$; *B* simi uchun: $R_B = R_{pV}(U/U_A - 1)$; bunda U_A , U_B – voltmترلar ko'rsatishlari.

Uch fazali zanjirlarda izolyatsiya qarshiligi uchta voltmeter yordamida o'lchanadi (3.8- rasm).



3.8- rasm.

Agar biron liniya simida izolyatsiya qarshiligi o'zgarsa, voltmترلar ko'rsatishlari o'zgaradi. Izolyatsiya normal bo'lganda, voltmترلar faza kuchlanishlarini ko'rsatadi. Bitta liniya simi uzilib qolsa, shu simdagi voltmeter nolni, qolgan ikkisi esa liniya kuchlanishini ko'rsatadi.

Kabel liniyalaridagi shikastlangan joyni aniqlash. Kabel liniyalarining shikastlanishiga simlar, jihozlar orasida qisqa tutashishlar, simning uzilishi va yerga qisqa tutashishi kiradi. Shikastlangan joygacha bo'lgan masofa turli usullar bilan aniqlanadi.

Eng ko'p tarqalgan usullardan solishtirish yoki sirtmoq usullari ma'lum. Bu usullar kabel izolyatsiyasi ishdan chiqqanda yoki simlar bir-biri bilan qisqa tutashgan joyning qarshiligi 1000 *Om* dan oshmaganda qo'llaniladi. Agar tutashgan joyning qarshiligi bundan katta bo'lsa, u katta tok bilan kuydiriladi. Kabelning shikastlangan joyigacha bo'lgan masofani o'lchashda maxsus ko'prik (KM – 61 C yoki P 333 turdagi ko'prik) lardan foydalaniladi. Bunda Varley va Murrey sxemalari qo'llaniladi.

Varley sxemasi (3.9- *a* rasm) da shikastlangan kabel liniyasi o'lchash ko'prigining bitta yelkasiga ulanadi. Ko'prik muvozanatlangandan so'ng noma'lum qarshilik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$R_x = \frac{R_2(R_3 + 2R_{lin})}{R_1 + R_2}, \quad (3.15)$$

bu yerda: R_{lin} – liniyaning qarshiligi.
Shikastlangan joygacha bo'lgan

masofa $l_x = \frac{R_x S}{\rho}$, bu yerda: ρ , S – mos ravishda kabel simlari materiallarining solishtirma qarshiligi va kesimining yuzasi.

Murrey sxemasi bo'yicha (3.9- b rasm) ko'priknin muvozanat sharti:

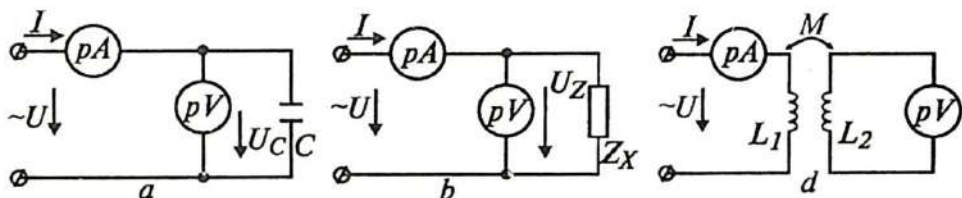
$$R_1 \cdot R_x = R_2(2R_{lin} - R_x). \quad (3.16)$$

Binobarin, $R_x = 2 \frac{R_{lin} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$, masofa esa $l_x = R_x \cdot S / \rho$.

Yuqorida keltirilgan ikki sxemadan birini tanlash liniya qarshiligiga bog'liq. Uzun liniyalar uchun Murrey sxemasidan foydalaniladi.

Sig'im, induktivlik va o'zaro induktivlikni o'lchash. Sig'im (C), induktivlik (L) va o'zaro induktivlik (M) ni o'lchashda ushbu parametrlarni harorat, tashqi elektr va magnit maydonlar, namlik va boshqa omillarga bog'liqligini hisobga olish kerak bo'ladi.

Kondensator yoki obyekt sig'imini bevosita o'lchashda 3.10- a rasmdagi zanjirdan foydalaniladi.



3.10- rasm.

Kondensatorning sig'im qarshiligi $X_c = 1/(\omega C_x) = U_C / I$, binobarin $C = I/(\omega U_C)$, bu yerda: $\omega = 2\pi f$ – kuchlanish manbaining burchak chastotasi.

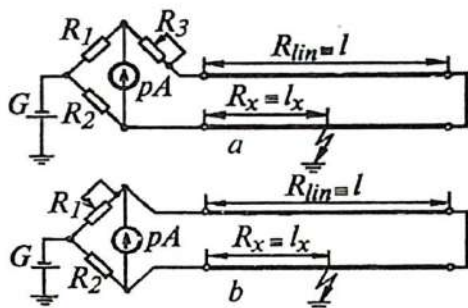
G'altak induktivligini voltmeter – ampermetr bilan o'lchashda (3.10- b rasm), uning R_L aktiv qarshiligi X_L induktiv qarshiligidan ancha kichik bo'lishi kerak. Bunda Om qonunidan:

$$I = U_L / (\omega L), \text{ binobarin, } L = U_L / (\omega I). \quad (3.17)$$

Aniqroq natija kerak bo'lsa, g'altakning aktiv qarshiligini hisobga olish lozim, chunki

$$Z = U_L / I = \sqrt{R_L^2 + \omega^2 L^2}, \text{ binobarin, } L = (\sqrt{Z^2 - R_L^2}) / \omega, \quad (3.18)$$

bu yerda: R_L – g'altakning o'zgarmas tokda o'lchangan aktiv qarshiligi.



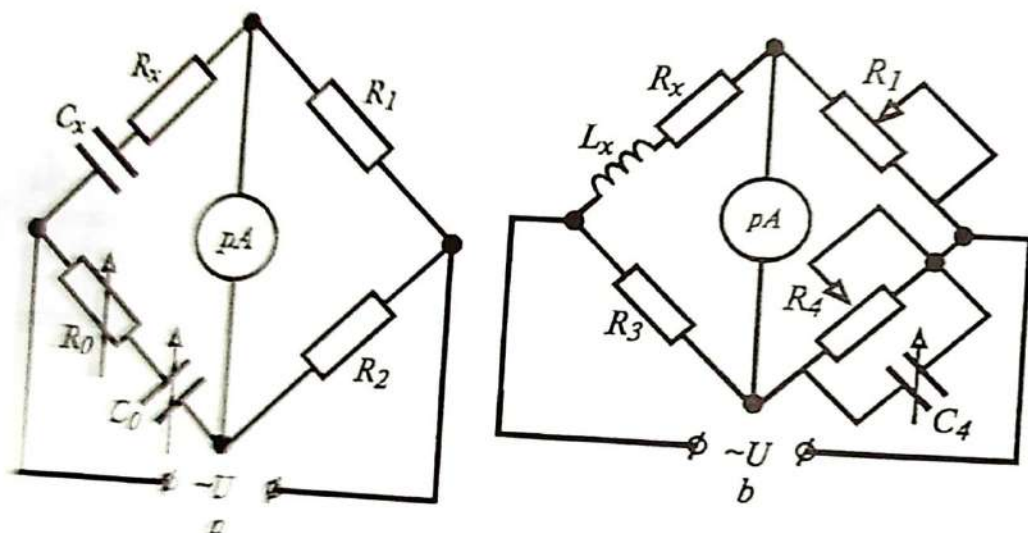
3.9- rasm. a – Varley va b – Murrey ko'priknin sxemalari.

Ikki g'altak o'zaro o'zaro induktivlik (M) ni o'lchash uchun 3.10- d rasmdagi sxemadan foydalaniladi. Bunda ampermetr bilan o'lchanadigan tok va birinchi g'altakdan o'tadigan I tok, ikkinchi g'altakda e.y.u.k. $E = I\omega L_2$ hosil qiladi. Bu e.y.u.k. qat'ili katta bo'lgan voltmetr bilan o'lchanadi, shuning uchun voltmetr ko'rsatgan kuchlanish U_V o'zaro induktivlikdagi e.y.u.k. ga teng desa bo'ladi. Shuning uchun:

$$M = E / \omega I = U_V / \omega I. \quad (3.19)$$

Elektr zanjirlar parametrlarini voltmetr - ampermetr usuli bilan o'lchashning aniqligi 0,5 foizdan 10 foizgacha.

Sig'imni o'lchash. Sig'imni bilvosita o'lchash usulining aniqligi pastligi sababli juda kam qo'llaniladi. Kondensator sig'imini va isrof burchagining tangensini o'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida o'lchash keng qo'llaniladi. 3.11- a rasmdagi sxemaning muvozanat shartidan



3.11- rasm.

$$\left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \right) R_2 = \left(R_0 + \frac{1}{j\omega C_0} \right) R_1,$$

$$C_x = C_0 \frac{R_2}{R_1}, \quad R_x = R_0 \frac{R_2}{R_1}, \quad (3.20)$$

bu yerda C_0 va R_0 - namunaviy kondensator sig'imini va rezistor tangensini o'lchash uchun tanlangan standart burchagining tangensi quyidagicha aniqlanadi:

$$\tan \delta_x = \omega R_0 C_0. \quad (3.21)$$

3.11- b rasmdagi universal o'lchash ko'priгинing sxemasi keltirilgan. Bu ko'priklar induktiv va induktiv g'altaklar parametrlarini o'lchash uchun

qo'llaniladi. Kondensator sig'imini o'lchash uchun u $R_4 - C_4$ yelkaga ulanadi. Bu yerda: $C_4 = C_x = L_1 / (R_2 R_3)$; $R_4 = R_x = R_2 R_3 / R_1$ va $\operatorname{tg} \delta_X = \omega R_4 L_1 / (R_2 R_3)$. G'altak induktivligini o'lchash uchun u $R_1 - L_1$ yelkaga ulanadi, bu yerda:

$$L_1 = L_x = R_2 R_3 C_4; \quad R_1 = R_x = R_2 R_3 / R_4$$

Shu bilan birga bu sxema g'altak aslligini aniqlashga imkon beradi:

$$Q = \omega L_x / R_x = \omega C_4 R_4.$$

Ikkita g'altakning o'zaro induktivligi ularni ketma-ket mos (L_{mos}) va ketma-ket qarama-qarshi ($L_{q.q.}$) ravishda ulangan holatlarda o'lchangan induktivliklari asosida quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{1,2} = (L_{mos} - L_{q.q.}) / 4.$$

Amaliyotda kondensator sig'imini bevosita o'lchash uchun elektromagnet yoki elektrodinamik faradometrilar ishlatiladi. O'lchash mexanizmi sifatida logometrlardan foydalaniladi.

Induktivlik va o'zaro induktivlikni bilvosita o'lchash uchun ularning zanjirlaridan o'tayotgan tokni, kuchlanish pasayishini va aktiv quvvatni o'lchash uchun mos ravishda ampermetr, voltmeter va vattmetrlar qo'llaniladi. Keyin esa g'altakning induktivligi va o'zaro induktivligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{U_{pV}^2}{I_{pA}^2} - \left[\frac{P_{pW}}{I_{pA}^2} \right]^2} = \frac{1}{\omega I_A^2} \cdot \sqrt{U_{pV}^2 I_{pA}^2 - P_{pW}^2}, \quad (3.22)$$

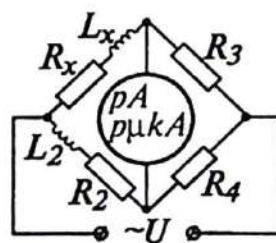
$$M_{1,2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U}{I} \right)_{mos}^2 - \left(\frac{P_{pW}}{I_{pA}^2} \right)_{mos}^2} - \sqrt{\left(\frac{U}{I_{q.q.}} \right)^2 - \left(\frac{P_{pW}}{I_{q.q.}^2} \right)^2}}{4\omega}, \quad (3.23)$$

bu yerda: indeksdagi *mos* g'altaklarning mos ulanishi, *q.q.* – qarama-qarshi ulanishi.

Masala. Induktiv o'zgartkich g'altakka manba chastotasi $f = 1 \text{ kGs}$ bo'lgan to'rt yelkali ko'prik sxemasi orqali ulangan. Agar ko'prik $L_2 = 0,1 \text{ Gn}$, $R_2 = 10 \text{ Om}$ va $R_3 = R_4$ holatda muvozanatlangan bo'lsa, g'altak aslligini aniqlang. Ko'prik sxemasini chizing.

Yechish. Ko'prik sxemasi 3.12- rasmda keltirilgan. Ko'prikning muvozanat sharti:

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4}; \quad L_x = L_2 \frac{R_3}{R_4}; \quad \omega = 2\pi f.$$



3.12- rasm.

Masala shartiga ko'ra: $R_3 = R_4$; binobarin, $R_x = R_2 = 10 \text{ Om}$;
 $L_x = L_2 = 0,1 \text{ Gn}$.
 G'altakning aslligi:

$$Q_L = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,1}{10} = 62,8$$

Amaliy ish

1. O'zgarmas tok ko'prik sxemasi yordamida rezistor qarshiligini aniqlashga doir masala.
2. O'zgaruvchan tok ko'prik sxemasi yordamida kondensator va induktiv g'altak parametrini aniqlashga doir masala.

7- laboratoriya ishi

Ko'prik sxemasi yordamida o'zgarmas tok elektr zanjiri qarshiligini o'lchash.

8- laboratoriya ishi

O'zgaruvchan tok ko'prik sxemasi yordamida kondensator va induktiv g'altak parametrlarini o'lchash.

Referat mavzulari

1. Rezistorning qarshiligini o'lchash usullari va ularning qiyosiy xarakteristikasi.
2. Kabel liniyalaridagi shikastlangan joyni aniqlash.
3. Sig'im, induktivlik va o'zaro induktivlikni o'lchash usullari.

O'z-o'zini sinash savollari

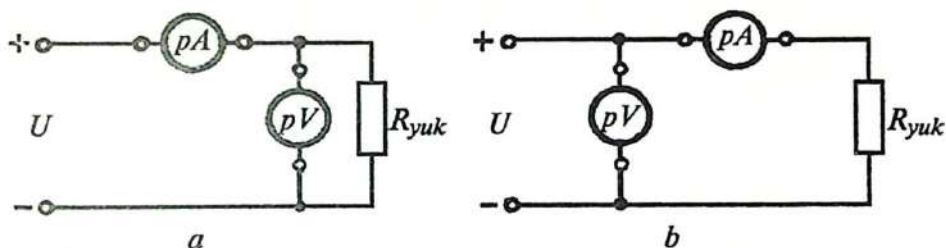
1. Rezistorlar qarshiligini qanday usullar bilan o'lchash mumkin?
2. Kondensator va induktiv g'altak parametrlarini o'lchash uchun qanday o'zgaruvchan ko'prik sxemalari qo'llaniladi?
3. O'zaro induktivlikni o'lchash usullarini bayon eting.

3.3. QUUVVATNI O'LCHASH

Ishlab chiqarish sharoitlarida o'zgarmas tok zanjiridagi quvvatni, o'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv va reaktiv quvvatni o'lchashda elektrodinamik yoki ferrodinamik asboblardan, yuqori chastotali zanjirlarda esa elektron vattmetrlar qo'llaniladi.

O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni o'lchash. O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun zanjirdagi tok va kuchlanish o'lchanadi, $P = U \cdot I$ ifodadan foydalanib quvvat topiladi. Bunda ikki xil sxema bo'lishi

mumkin. Iste'molchining qarshiligi (quvvati o'lchanayotgan qismida) voltmetrning ichki qarshiligidan juda kichik bo'lsa, 3.13- *a* rasmdagi sxema, iste'molchining qarshiligi (R_{yuk}) voltmetr qarshiligi bilan solishtiradigan darajada bo'lsa, 3.13- *b* rasmdagi sxema qo'llaniladi.



3.13- rasm.

Bu usul sodda bo'lsa-da, ikkita o'lchash asbobini talab qiladi. Shuning uchun, ko'pincha, quvvatni bevosita o'lchashda elektrodinamik vattmetr qo'llaniladi.

Tok chulg'amining qarshiligi qancha kichik, kuchlanish chulg'amining qarshiligi esa qancha katta bo'lsa, o'lchash xatoligi shuncha kichik bo'ladi. Vattmetrning o'lchash diapazonini kengaytirish uchun R_q qarshilik ulanadi (3.14- rasm).

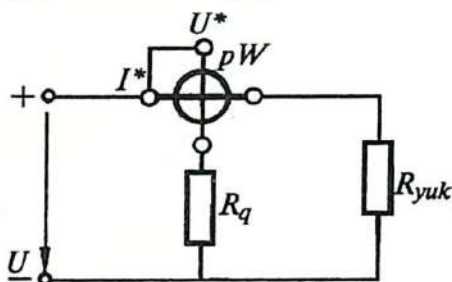
Vattmetr doimiysi:

$$S_n = (U_n I_n) / N,$$

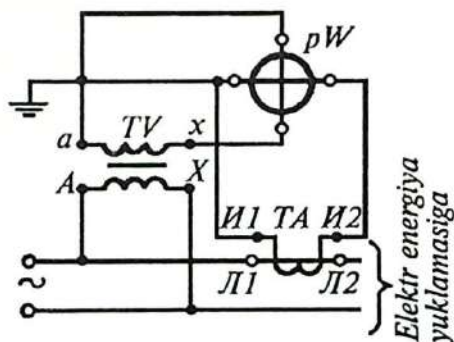
bu yerda: N – asbob daraja bo'laklarining soni.

Bir fazali sinusoidal tok zanjirlarida aktiv quvvatni o'lchash. Qayd etib o'tilganidek, aktiv quvvat elektrodinamik yoki ferrodinamik vattmetrlar yordamida o'lchanadi. O'lchash xatoligi asosan asbob parallel zanjirining qarshiligi bilan belgilanadi. Agar zanjirning quvvat koeffitsiyenti noma'lum bo'lsa, u holda asbob zanjirga bevosita ulanganda, tok chulg'ami zanjirning o'ta yuklanishiga olib kelishi mumkin.

Ma'lumki, o'lchash diapazonini kengaytirish uchun tok va kuchlanish o'lchash transformatorlaridan foydalaniladi (3.15- rasm). Bunda quvvat $P = P_{pW} \cdot k_I \cdot k_U$ ifodadan topiladi.



3.14- rasm.



3.15- rasm.

Masala. 1,5 aniqlik klassiga ega bo'lgan elektrodinamik vattmetr 300 V va 5 A ga mo'ljallangan. Vattmetrning eng katta absolut xatoligini aniqlang.

Yechish. Vattmetrning nominal quvvati: $P = 300 \cdot 5 = 1500 \text{ Vt}$.

Absolut xatolik:

$$\Delta P = \frac{1500}{100} \cdot 1,5 = 22,5 \text{ Vt}.$$

Masala. Qarshiligi $R_{yuk} = 400 \text{ Om}$ li rezistor kuchlanishi 9 V, ichki qarshiligi $r_{ich} = 220 \text{ Om}$ bo'lgan e.y.u.k. manbaiga ulansa, unda qanday quvvat ajraladi? Zanjirdan o'tadigan tokni o'lchash uchun ichki qarshiligi 100 Om bo'lgan ampermetr va rezistordagi kuchlanishni o'lchash uchun ichki qarshiligi 1,20 kOm bo'lgan voltmetrdan foydalanilsa, o'lchash xatoligini kamaytirish uchun asboblarni qaysi sxema bilan ulash lozim?

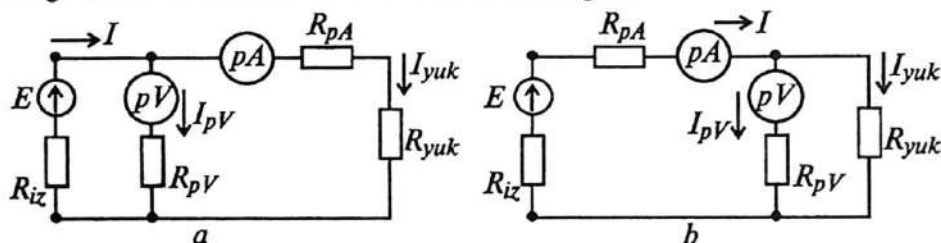
Yechish. Zanjirdan o'tadigan tok:

$$I = \frac{E}{R_{yuk} + r_{ich}} = \frac{9,0}{400 + 220} = 0,0145 \text{ A}.$$

Rezistorda ajraladigan quvvat:

$$P = I^2 R = 0,01451^2 \cdot 400 = 0,0842 \text{ Vt}.$$

Voltmetrning ichki qarshiligi yuklamaning qarshiligi bilan solishtiriladigan darajada bo'lgani uchun 3.13- a rasmdagi sxema qo'llaniladi. Zanjirning ekvivalent sxemasi 3.16- a rasmda keltirilgan.



3.16- rasm.

O'lchash asboblari ulangandan so'ng toklarni aniqlaymiz:

$$I = \frac{E}{\frac{(R_{pA} + R_{yuk})R_{pV}}{(R_{pA} + R_{yuk} + R_{pV})} + r_{ich}} = \frac{9}{\frac{(100 + 400) \cdot 1200}{100 + 400 + 1200} + 220} = 0,0157 \text{ A},$$

$$I_{yuk} = I \frac{R_{pV}}{R_{pV} + R_{pA} + R_{yuk}} = 0,0157 \cdot \frac{1200}{1200 + 100 + 400} = 0,011 \text{ A},$$

$$I_{pV} = I \frac{R_{pA} + R_{yuk}}{R_{pV} + R_{pA} + R_{yuk}} = 0,0157 \cdot \frac{100 + 400}{1200 + 100 + 400} = 0,00462 \text{ A}.$$

Voltmetrning ko'rsatishi:

$$U_{pV} = I_{pV} R_{pV} = 0,00506 \cdot 1200 = 5,544 \text{ V}.$$

O'lchash asbobi ulangandan so'ng rezistordagi quvvat:

$$P = U_{pV} I_{yuk} = 5,544 \cdot 0,011 = 0,061 \text{ Vt}.$$

3.16- a rasm bo'yicha o'lchashning nisbiy xatoligi:

$$\delta_I = \left| \frac{0,061 - 0,0842}{0,0842} \right| \cdot 100\% = 27,6\%.$$

Ampermetr voltmetrdan oldin ulangan sxemaning nisbiy xatoligini hisoblaymiz. Bu holda ekvivalent sxemaning (3.16- b rasm) toklarini aniqlaymiz:

$$I = \frac{E}{\frac{R_{yuk} R_{pV}}{R_{yuk} + R_{pV}} + R_{pA} + r_{ich}} = \frac{9}{\frac{400 \cdot 1200}{400 + 1200} + 100 + 220} = 0,0145 \text{ A}.$$

Yuklama toki:

$$I_{yuk} = I \frac{R_{pV}}{R_{pV} + R_{yuk}} = 0,0145 \cdot \frac{1200}{1200 + 400} = 0,0109 \text{ A}.$$

Yuklamadagi kuchlanish pasayishi:

$$U_{yuk} = I_{yuk} R_{yuk} = 0,0109 \cdot 400 = 4,360 \text{ V}.$$

Yuklamadagi bilvosita hisoblangan quvvat:

$$P = I_{yuk}^2 R_{yuk} = 0,0109^2 \cdot 400 = 0,0475 \text{ Vt}.$$

Nisbiy xatolik:

$$\delta_{II} = \left| \frac{0,0476 - 0,0842}{0,0842} \right| \cdot 100\% = 43,6\%.$$

Binobarin, birinchi variantda tanlangan o'lchash sxemasi kichik xatolik beradi.

Amaliy ish

1. O'zgarmas tok zanjirida quvvatni bevosita va bilvosita o'lchash usullari hamda natijalarini solishtirish.

2. O'zgaruvchan tok zanjirlarida aktiv quvvatni o'lchash.

9- laboratoriya ishi

Kuchlanishi katta bo'lgan bir fazali zanjirda quvvatni o'lchash.

Referat mavzulari

1. O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni bevosita va bilvosita o'lchash.
2. Sinusoidal tok zanjirlarida quvvatni o'lchash.
3. Kuchlanishi katta bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash.

O'z-o'zini sinash savollari

1. O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni qanday usullarda o'lchash mumkin?
2. Sinusoidal tok zanjirlarida aktiv quvvat qanday o'lchanadi?
3. Ishlab chiqarish sharoitlarida quvvatni o'lchash uchun nega ferrodinamik asboblarni qo'llaniladi?
4. Katta qarshilikka ega bo'lgan yuklamalarda bilvosita usulda quvvat qanday sxemada o'lchanadi?

Uch fazali zanjirlarda aktiv va reaktiv quvvat. *Uch fazali sistemaning aktiv quvvati har bir fazaning aktiv quvvati bilan neytral simdagi aktiv quvvat yig'indisiga tengdir:*

$$P = P_A + P_B + P_C + P_N. \quad (3.24)$$

Uch fazali sistemaning reaktiv quvvati har bir faza hamda neytral sim qarshiliklaridagi reaktiv quvvatlarning algebratik yig'indisiga tengdir:

$$Q = Q_A \pm Q_B \pm Q_C \pm Q_N. \quad (3.25)$$

To'la quvvat:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (3.26)$$

Agar fazalardagi yuklamalar simmetrik bo'lsa, unda $P_N = Q_N = 0$, va

$$\begin{aligned} P_A &= P_B = P_C = U_f I_f \cos \varphi, \\ Q_A &= Q_B = Q_C = U_f I_f \sin \varphi. \end{aligned} \quad (3.27)$$

φ – yuklamaning faza kuchlanish vektori $\underline{U}_f$ bilan shu faza toki vektori $\underline{I}_f$ orasidagi burchak.

Demak, simmetrik yuklama uchun:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi \text{ yoki } P = 3 U_f I_f \cos \varphi, \\ Q &= \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi \text{ yoki } Q = 3 U_f I_f \sin \varphi, \end{aligned} \quad (3.28)$$

$$S = \sqrt{3} U_l I_l \text{ yoki } S = 3 U_f I_f.$$

Uch fazali generatorning har bir fazasi ishlab chiqarayotgan energiyani W_A, W_B, W_C deb belgilasak, unda generatorning oniy quvvati:

$$p = \frac{d}{dt} (W_A + W_B + W_C) = p_a + p_b + p_c.$$

Har bir davr uchun quvvatning o'rtacha qiymati, ya'ni generatorning aktiv quvvati har bir faza aktiv quvvatining yig'indisiga teng:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = P_A + P_B + P_C = \\ = U_a I_a \cos \varphi_a + U_b I_b \cos \varphi_b + U_c I_c \cos \varphi_c.$$

To'la quvvatni kuchlanish va tok komplekslari orqali ham ifodalash mumkin:

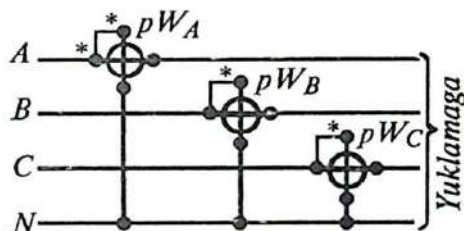
$$\underline{S} = \underline{U}_A \underline{I}_A^* + \underline{U}_B \underline{I}_B^* + \underline{U}_C \underline{I}_C^* = \sqrt{P^2 + Q^2} e^{j \arctg \frac{Q}{P}}, \quad (3.29)$$

bu ifodada $\underline{I}_A^*, \underline{I}_B^*, \underline{I}_C^*$ – toklarning qo'shma kompleks qiymatlari.

Uch fazali zanjirlarda aktiv quvvatni o'lchash. To'rt simli uch fazali sistemada har bir fazadagi aktiv quvvatni o'lchash uchun vattmetrni quyidagi sxemada ulash kerak (3.17- rasm).

Bu sxemada har bir vattmetr bitta fazaning aktiv quvvatini o'lchaydi.

Uch fazali simmetrik yuklamada bitta fazaning aktiv quvvati (P_f) ni o'lchash yetarlidir. Unda uch fazali sistemaning aktiv quvvati bir faza quvvatini uchga ko'paytirilganiga teng bo'ladi:



$$P = 3P_f.$$

3.17- rasm.

Uch simli neytral simsiz yuklamalarning ulanishi va xarakteri ixtiyoriy bo'lgan zanjirda liniya toklarining vektor yig'indisi:

$$\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0.$$

Demak:

$$\underline{I}_B = -\underline{I}_A - \underline{I}_C.$$

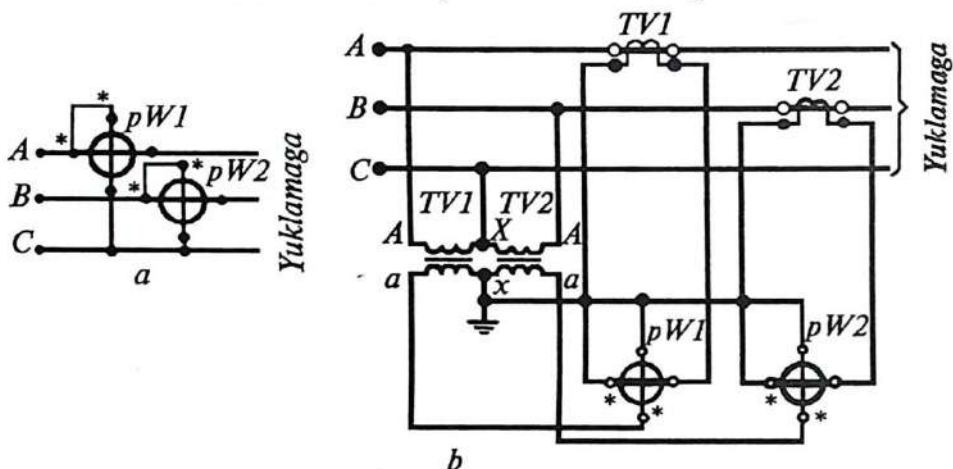
$\underline{S}$ ifodasini (3.29) formuladan foydalanib aniqlaymiz:

$$\underline{S} = \underline{U}_A \underline{I}_A + \underline{U}_B (-\underline{I}_A - \underline{I}_C) + \underline{U}_C \underline{I}_C = \\ = (\underline{U}_A - \underline{U}_B) \underline{I}_A + (\underline{U}_C - \underline{U}_B) \underline{I}_C = \underline{U}_{AB} \underline{I}_A + \underline{U}_{CB} \underline{I}_C.$$

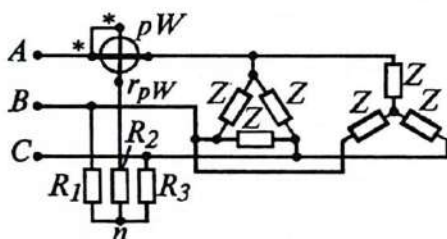
Binobarin, sistemaning aktiv quvvati:

$$P = U_{AB} I_A \cos(\underline{U}_{AB} \wedge \underline{I}_A) + U_{CB} I_C \cos(\underline{U}_{CB} \wedge \underline{I}_C) = P_{W1} + P_{W2}.$$

Uch simli uch fazali sistemaning aktiv quvvatini o'lchash uchun faqat ikkita vattmetr ulash bilan kifoyalansa ham bo'ladi (3.18- a rasm). Bu sxemani nemis olimi Aron birinchi marta qo'llagani uchun o'lchash texnikasida Aron sxemasi deyiladi. Sxemaning afzalligi shundaki, uni simmetrik va nosimmetrik sistemalar uchun ham qo'llash mumkin. 3.18- b rasmda shu vattmetrlarning tok va kuchlanish transformatorlari orqali ulanishi ko'rsatilgan.

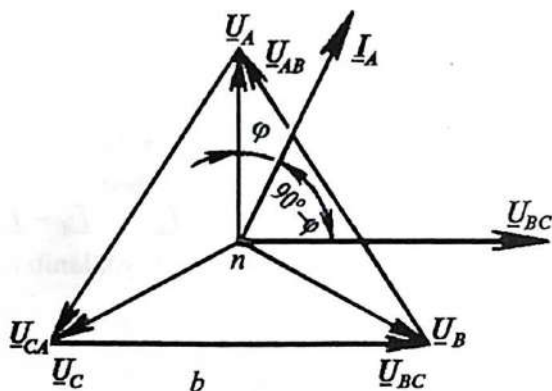
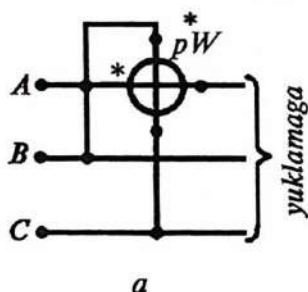


3.18- rasm.



3.19- rasm.

Uch simli simmetrik uch fazali zanjirlarda sun'iy neytral hosil qilish bilan bitta vattmetr yordamida uch fazali sistemaning quvvatini o'lchash usuli 3.19- rasmda ko'rsatilgan.



3.20- rasm.

Sun'iy neytral nuqta (n), uchta bir xil rezistor ($R_1 = R_2 = R_3$) ni yulduz usulida ulash bilan hosil qilinadi. Yordamchi (r_{yor}) qarshiligi, vattmetrning kuchlanish chulg'aminin qarshiligi r_{pW} bilan ketma-ket ulangan holda umumiy faza qarshiligi (R_2) ni hosil qiladi: $R_2 = r_{pW} + r_{yor}$. Natijada, faza kuchlanishlarning simmetrikligi ta'minlanadi.

Uch fazali sistema aktiv quvvatining yig'indisi vattmetr ko'rsatishining uchga ko'paytirilganiga teng.

Uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash. Simmetrik uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash sxemasi 3.20- *a* rasmda va unga tegishli vektor diagramma 3.20- *b* rasmda ko'rsatilgan.

Keltirilgan sxemadan ko'rinib turibdiki:

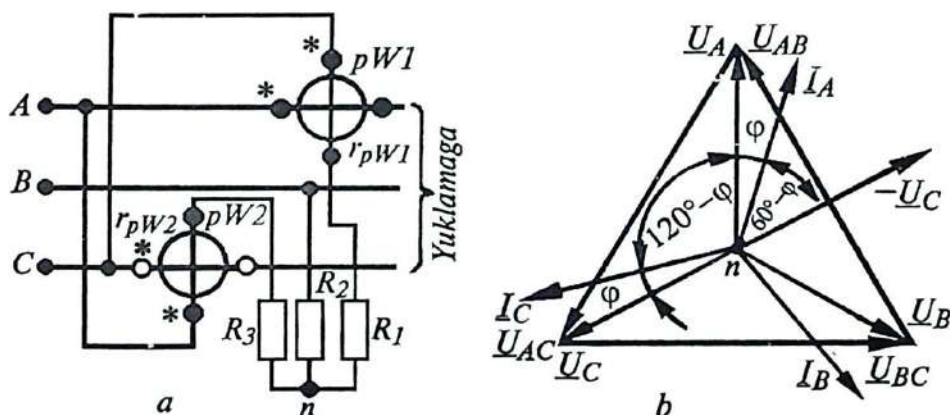
$P_W = U_{BC} I_B \cos(\underline{U}_{BC} \underline{I}_B) = U_{BC} I_B \cos(90^\circ - \varphi) = U_I I_I \sin \varphi = Q$.
va uni 3 ga ko'paytirib, simmetrik uch fazali zanjirning reaktiv quvvatini aniqlaymiz:

$$Q = \sqrt{3} U_I I_I \sin \varphi.$$

Uch simli simmetrik uch fazali zanjirda umumiy reaktiv quvvat ikki vattmetr usulida aktiv quvvatni o'lchash sxemasidan vattmetrlar ko'rsatishi orqali aniqlash mumkin. Uncha murakkab bo'lmagan trigonometrik o'zgarishlardan keyin $Q = \sqrt{3}(P_{W1} - P_{W2})$ ekanligini isbot qilish mumkin. Bu yerda: P_{W1} – fazasi oldinda bo'lgan fazaga ulangan vattmetrning, P_{W2} – esa fazasi orqada qolgan fazaga ulangan vattmetrning ko'rsatishi.

Uch fazali zanjirda reaktiv quvvatni ikki vattmetr yordamida o'lchash. Uch fazali uch simli zanjirning umumiy reaktiv quvvatini simmetrik va nosimmetrik rejimlarda o'lchashda ikki vattmetr usulidan foydalanishimiz mumkin. Bu usulda nosimmetrik yuklama bo'lishi $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$ va $\varphi_A \neq \varphi_B \neq \varphi_C$ mumkin, ammo liniya kuchlanishlari simmetrik bo'lishi kerak, ya'ni $\underline{U}_{AB} = \underline{U}_{BC} = \underline{U}_L$.

Ikkita pW_1 va pW_2 bir fazali vattmetrlarni uch fazali uchta simli zanjirlarga ulanishini ko'rib chiqamiz (3.21- *a* rasm).



3.21- rasm.

Sun'iy neytral nuqtasi (n) ni hosil qilish uchun yordamchi r_{yor1} va r_{yor2} qarshiliklardan foydalanib:

$$R_1 = r_{pW1} + r_{yor1} \text{ va } R_3 = r_{pW2} + r_{yor2}$$

yulduz sxemasini hosil qilamiz. Masalani soddalashtirish uchun liniya tok-lari simmetrik bo'lgan holatni ko'ramiz.

Agar $\underline{U}_{AB}$ ga perpendikulyar bo'lgan $\underline{U}_C$ faza kuchlanishini hamda $\underline{U}_{BC}$ kuchlanishga perpendikulyar $\underline{U}_A$ kuchlanishni olib (3.21- b rasm), bir fazali vattmetrning kuchlanish chulg'amlariga ulasak, u holda uch fazali uchta simli zanjirning reaktiv quvvatini aniqlash mumkin bo'ladi.

Buning uchun sun'iy hosil qilingan faza kuchlanish U_{An} va U_{Cn} lardan foydalanamiz. Unda birinchi vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_{W1} = U_{Cn} I_A \cos(60^\circ - \varphi),$$

ikkinchi vattmetr ko'rsatishi:

$$P_{W2} = U_{An} I_C \cos \beta = U_{An} I_C \cos(120^\circ - \varphi),$$

ikkala vattmetr ko'rsatishlarining yig'indisi:

$$\begin{aligned} P_{W1} + P_{W2} &= U_f I_f \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) = \\ &= \sqrt{3} U_f I_f \sin \varphi = \sqrt{3} Q_f. \end{aligned}$$

Demak, umumiy reaktiv quvvatni topish uchun oxirgi ifodani $\sqrt{3}$ ga ko'paytirish kerak:

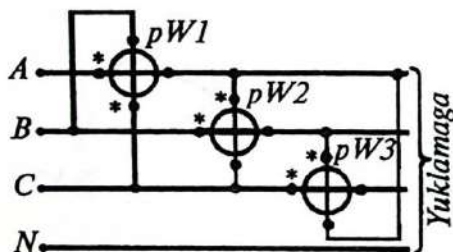
$$Q = \sqrt{3} (P_{W1} - P_{W2}) = 3 U_f I_f \sin \varphi,$$

ya'ni, reaktiv quvvat har bir faza reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng.

Agar $\varphi = 30^\circ$ bo'lsa ($\cos \varphi = 0,86$), keltirilgan misolda ikkinchi vattmetrning ko'rsatishi nolga teng bo'ladi.

$\varphi < 30^\circ$ da ($\cos \varphi > 0,86$) ikkinchi vattmetrning ko'rsatishi manfiy bo'ladi.

Reaktiv quvvatni uchta vattmetr yordamida o'lchash. Simmetrik va nosimmetrik to'rt simli uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni uchta vattmetr usuli bilan o'lchash mumkin. 3.22- rasmda uchta vattmetr usulida uch faza uch simli



3.22- rasm.

zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash sxemasi keltirilgan.

Reaktiv quvvatni o'lchash uchun vattmetr kuchlanish chulg'amlariga 90° ga burilgan kuchlanishni ulash kerak. Kuchlanishlar sifatida simmetrik uch fazali zanjirning liniya (fazalararo) kuchlanishlari U_{BC} , U_{CA} , U_{AB} larni ishlatishimiz mumkin.

Masalani oddiy tushuntirish uchun simmetrik sistemaning vektor diagrammasidan foydalanamiz. Birinchi vattmetr ko'rsatishini aniqlaymiz.

$$P_{W1} = U_{BC} I_A \cos(\widehat{U_{BC} I_A}) = U_l I_l \cos(90^\circ - \varphi) = U_l I_l \sin \varphi;$$

ikkinchi vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_{W2} = U_{CA} I_B \cos(\widehat{U_{CA} I_C}) = U_l I_l \sin \varphi;$$

uchinchi vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_{W3} = U_{AB} I_C \cos(\widehat{U_{AB} I_C}) = U_l I_l \sin \varphi.$$

Vattmetrlar ko'rsatishining algebraik yigindisi:

$$P = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3} = 3 U_l I_l \sin \varphi.$$

Bu ifodani $\sqrt{3}$ ga bo'lib, uch fazali zanjirning reaktiv quvvati aniqlanadi:

$$Q = \frac{P}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} U_l I_l \sin \varphi = 3 U_f I_f \sin \varphi.$$

Shuni e'tiborga olish kerakki, sanoatda ishlab chiqariladigan uch elementli ferrodinamik vattmetrlarda $\sqrt{3}$ ga bo'lish amali asbob ish shkalasining darajalanishida hisobga olingan.

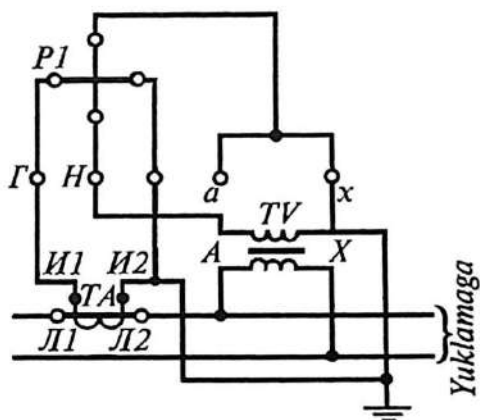
Elektr energiyani hisobga olish. O'zgarmas tok zanjirlarida sarflangan elektr energiyani hisobga olish aks ta'sir etadigan qurilmasi bo'lmagan elektrodinamik hisoblagich (schyotchik)lar yordamida olib boriladi.

Bunday hisoblagichning harakatlanuvchi mexanizmi raqamli hisoblash mexanizmi bilan chervyak uzatma orqali bog'langan.

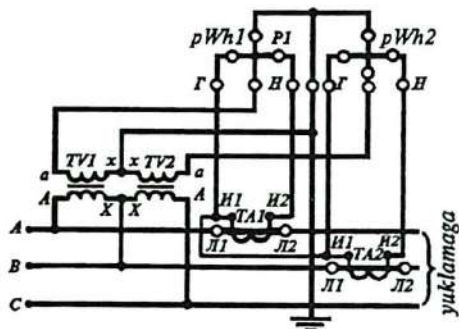
Bir fazali hamda uch fazali uch simli va to'rt simli sistemalarda aktiv va reaktiv energiyani integrallovchi induksion asboblarda – bir fazali va uch fazali elektr energiya hisoblagichi yordamida hisobga olinadi.

Hisoblagichlar tok g'altagining qismlari yordamida yuklamaga ketma-ket ulanadi, kuchlanish g'altagi esa yuklamaga parallel ulanadi. Uch fazali hisoblagich kuchlanish g'altaklarining uchlari mos ravishda 1, 2, 3 va 0 bilan belgilanadi. Elektr hisoblagichlarning o'lchash diapazonini kengaytirish uchun ular tok va kuchlanish o'lchash transformatorlari orqali ulanadi. Bu holda asbob ko'rsatishi tok va kuchlanish transformatorlarining koeffitsiyentlariga ko'paytiriladi.

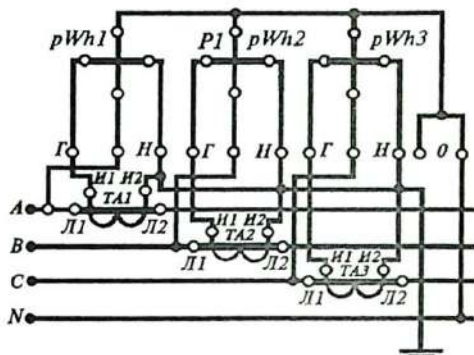
Bir fazali zanjirlarda aktiv elektr energiya bir fazali CO rusumdagi hisoblagichlar yordamida hisobga olinadi. Kerak bo'lgan holda ular tok va kuchlanish o'lchash transformatorlari orqali ulanadi (3.23- rasm).



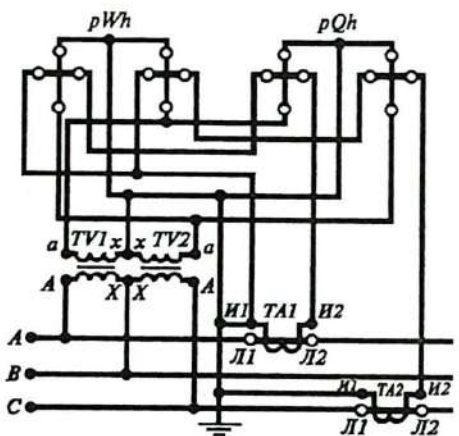
3.23- rasm.



3.24- rasm.



3.25- rasm.



3.26- rasm.

Uch simli uch fazali zanjirda aktiv elektr energiya $CA3$ rusumdagi uch fazali ikki elementli hisoblagichlar yordamida hisobga olinadi. 3.24- rasmda bunday hisoblagichning ikkitadan tok va kuchlanish transformatorlari orqali ulanishi keltirilgan.

Uch fazali to'rt simli zanjirlarda aktiv energiya $CP4$ rusumdagi uch fazali uch elementli hisoblagich ($pWh1$, $pWh2$ va $pWh3$) lar yordamida hisobga olinadi (3.25- rasm).

Elektr tarmoqdagi transformatorli nimstansiya (podstansiya) lar o'lchash transformatorlari orqali ulangan aktiv va reaktiv energiya hisoblagichlar bi-

lan jihozlanadi. Bunday hisoblagichlar va o'lchash transformatorlari nimstansiyaning umumiy yacheykasida montaj qilinadi. Uch simli zanjirga aktiv pWh va reaktiv pQh hisoblagichlarning o'lchash transformatorlari orqali ulanishi 3.26- rasmda keltirilgan.

Hozirgi zamonda bir va uch fazali tarmoqlarda elektr energiya hisoblagichning yangi yuqori aniqlikdagi elektron avlodi yaratilgan.

Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan $CO\Xi - 5$ rusumli elektrohisoblagich bir fazali o'zgaruvchan tokda ishlaydigan yuklamalar uchun foydalaniladi. Bunday hisoblagichlar elektr energiya yuklamalarining nazorat va ko'p tarifli hisoblash avtomatlashtirilgan sistemalarida ishlatilishi mumkin.

Informatsiyani aks ettirish qurilmasi sifatida xalaqitlarga bardosh bera oladigan suyuq kristalli displeydan foydalanilgan.

Hisoblagichning integral sxemasida korrektor bloki mavjudligi chiqish parametrlarining mo'tadilligini kafolatlaydi.

Shu bilan birga, zamonaviy raqamli hisoblagichlarda qo'llanilgan sxematik yechimlar elektr energiyani turli yo'llar bilan o'g'irlashga imkon ber-

maydi. Raqamli o'lhagichlarni teskariga aylantirib bo'lmaydi, u o'zidan o'tgan energiyani hisobga olaveradi.

«Faza» va «neytral» o'tkazgichlarning joyi o'zaro almashtirilsa, o'tayotgan energiyani hisobga olmaydi, lekin ulardagi toklarning farqiga ko'ra, yuklamani tarmoqdan shu onda ajratib tashlaydi va avariya axborotini beradi.

Bundan tashqari, Rossiya Federatsiyasi АББ «ВЭИ Метроника» korxonasida ko'p funksiyali mikroprotssessorli «ЕВРО Альфа» rusumli 0,2 S va 0,5 S klassli elektroenergiya hisoblagichlari ishlab chiqariladi. Bu hisoblagichlar elektroenergiyadan tashqari aktiv va reaktiv quvvatlarni har bir fazaning kuchlanish va tokini, tarmoq chastotasini, quvvat koeffitsiyentini, kuchlanishlar va toklarning orasidagi faza burchaklarini o'lchashga imkon beradi.

СОЭ – 5 rusumli elektrohisoblagichning texnik xarakteristikalar:

Aniqlik klassi –	0,2	Sezgirlik ostonasi mA –	25
Ishchi kuchlanish, V –	220	Hisoblagich doimiysi, $kVt \cdot soat$ –	1000
Nominal tok, A –	5	Gabarit o'lchamlari, mm –	208×135
Maksimal tok, A –	40	Og'irligi kg –	1
Ishonchlash davri, yil –	16		

Masala. O'zgarmas nominal doimiysi $C_n = 2500 \text{ } kVt \cdot soat$ aylanaga teng, aniqlik klassi 2,5, nominal kuchlanishi 127 V, toki 5 A bo'lgan bir fazali hisoblagichni qiyoslash (ishonchlash) uchun nominal kuchlanishi $U_n = 300 \text{ } V$, toki $I_n = 5 \text{ } A$ shkala, bo'linmalari soni 150 bo'lgan vattmetr qo'llanilgan. Agar hisoblagichning diski 3 minut vaqt davomida 57 marta aylansa, vattmetr 92 bo'linma ko'rsatgan bo'lsa, hisoblagichning nisbiy xatoligi qancha bo'ladi?

Yechish. Hisoblagichning nominal doimiysini aniqlaymiz:

$$C_n = \frac{1kVt \text{ soat}}{N} = \frac{1000 \cdot 60}{2500} = 24 \frac{Vt \text{ min}}{ayl},$$

bu yerda: N – hisoblagichning uzatuvchi soni. Vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_W = C_p \alpha = 5 \cdot 92 = 460 \text{ } Vt.$$

Yuklamaning energiyasini va hisoblagichning haqiqiy doimiysini aniqlaymiz:

$$W = P_W t = 460 \cdot 3 = 1380 \text{ } Vt \text{ min}.$$

$$C_x = \frac{W}{N} = \frac{1380}{57} = 24,21.$$

Hisoblagichning nisbiy xatoligi:

$$\delta_W = \left(\frac{C_x - C_n}{C_n} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{24,21 - 24}{24} \right) \cdot 100\% = 0,88\%.$$

Amaliy ishlar

1. Simmetrik uch fazali zanjirlarda quvvatni hisoblash.
2. Nosimmetrik uch fazali zanjirlarda quvvatni hisoblash.
3. Quvvat koeffitsiyentini aniqlashga doir hisoblashlar.
4. Elektr energiya hisoblagichlarga doir masala yechish.

10- laboratoriya ishi

Ikki elementli vattmetr yordamida uch fazali zanjirda aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash.

Mustaqil tayyorlanishga doir referat mavzulari

1. Simmetrik uch fazali zanjirlarda aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash.
2. Nosimmetrik uch fazali zanjirlarda aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash.
3. Tok va kuchlanish transformatorlarini quvvatlarni o'lchashda qo'llash.
4. Uch fazali zanjirlarda uskunalarning quvvat koeffitsiyentini o'lchash.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Simmetrik uch fazali zanjirlarning aktiv va reaktiv quvvati qanday o'lchanadi?
2. Nosimmetrik uch fazali zanjirlarning quvvatini o'lchash usullarini bayon eting.
3. Quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi$ ni o'lchash va aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
4. Elektr energiya hisoblagichlarning turlari va ularning xarakteristikalarini qisqacha aytib bering.
5. CO rusumdagi elektr energiya hisoblagichi tok va kuchlanish transformatorlari orqali qanday ulanadi? Sxemasini chizing.
6. CA3 va CA4 rusumdagi elektr energiya hisoblagichlari, CA3 va CA4 larning zanjirga ulash sxemalarini chizing.
7. Elektr energiya hisoblagichlari qanday qiyoslanadi? Qiyoslash sxemasini chizing.

3.4. CHASTOTA, FAZA SILJISH BURCHAGI VA QUVVAT KOEFFITSIYENTINI O'LCHASH

Chastotani o'lchash. Elektroenergetika, radiotexnika, televideniye, aloqa teleo'lchash tizimida chastotani o'lchash katta ahamiyatga ega. *Chastotani o'lchash usuli va asbobni tanlash talab qilinayotgan o'lchash aniqligiga, signal manbaining quvvatiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi.*

Chastotani o'lchashda taqqoslash usulidan foydalanilganda, katta diapazonda yuqori aniqlikka erishish mumkin. Chastotani elektron nurli ossillograf yordamida o'lchash usuli amaliyotda keng qo'llaniladi. Bunda chi-

ziqli, aylanalı yoyısh usulları hamda Lissaju shakllaridan foydalaniladi. Biroq, Lissaju shaklları yordamida faqat sinusoidal kuchlanishlar chastotasini o'lash mumkin. Ossillograf gorizontāl kanalining kuchaytirgichiga chastotasi noma'lum bo'lgan kuchlanish beriladi. Vertikal kanal qismalariga esa chastotasi ma'lum kuchlanish beriladi. Natijada ossillograf ekranida Lissaju shakllaridan biri hosil bo'ladi. Chastota quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$f_x = f_0 (N_x/N_y),$$

bu yerda: N_x , N_y – mos ravishda Lissaju shaklini x va y o'qlari bilan kesishgan nuqtalar soni (3.27- rasm-da $N_x = 2$; $N_y = 3$); f_0 – ma'lum bo'lgan chastota.

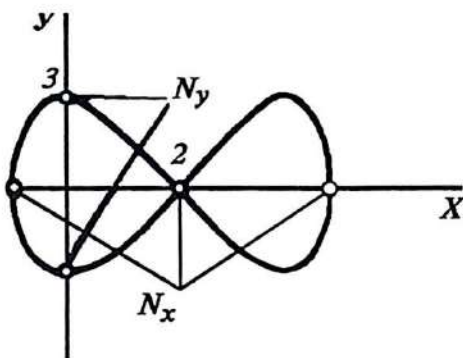
O'lash xatoligi f_0 xatoligi bilan aniqlanadi. Chastotani ossillograf usulida o'lash sodda bo'lsa-da, chastotasi aniq ma'lum bo'lgan kuchlanish generatori kerak bo'ladi.

Eng oddiy elektromexanik chastota o'lachigich elektromagnit rezonansli o'lachigichdir. Chastotasi noma'lum kuchlanish elektromagnit chulg'amga beriladi. Elektromagnit maydonida bir tomoni mahkamlangan po'lat plastinalar joylashtirilgan. Plastinalarning bo'sh uchi egilgan va bo'yalgan. O'zgaruvchan maydon ta'sirida plastinalar tebranma harakat qiladi. Xususiylar tebranish chastotasi kuchlanish chastotasining ikkilanganiga teng bo'lgan plastina rezonans hodisasi tufayli katta amplituda bilan tebranadi. Bu chastota o'lachigichlarning diapazoni tor (45-55 yoki 450-550 Gs), nisbiy xatoligi 1,0-2,5%.

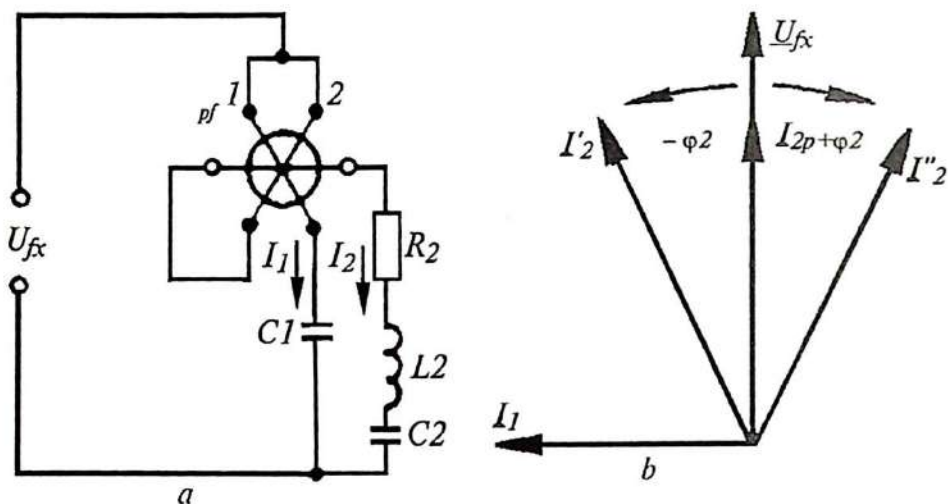
Chastotani logometr bilan o'lashda elektrodinamik o'lachigichning parallel shoxobchalaridan biriga kondensator (C_1) ulanadi. Bu kondensator chastotasi o'chanayotgan kuchlanish va faza siljish burchagi $\frac{\pi}{2}$ bo'lgan tok orasidagi burchakni hosil qiladi. Ikkinchi shoxobchani ketma-ket ulangan zanjiriga rezonans kontur hosil qiladigan g'altak (L_2), kondensator (C_2) va rezistor (R_2) ulangan (3.28- a rasm).

Uning rezonans chastotasi asbob o'lachaydigan chastotasining o'rtacha qiymatiga teng qilib tanlangan. Shu sababdan rezonans holatida asbobning harakatlanuvchi qismi shkalani o'rtasida turadi. O'rtacha f_{or} chastota quyidagi ifodadan topiladi: $f_{or} = (f_\delta + f_{ox})/2$, bu yerda: f_δ , f_{ox} asbob shkalasidagi boshlang'ich va oxirgi chastotalar.

O'chanayotgan chastota rezonans qiymatidan og'sa, tok I_2 vektori ham o'zgaradi (3.28- b rasm).



3.27- rasm.



3.28- rasm.

Bu holat aylanuvchi moment hosil bo'lishiga va logometrning harakatlanuvchi qismini tok I_2 qiymatiga proporsional bo'lgan α burchak og'ishiga olib keladi:

$$\alpha = F_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \cos \psi_1 \right) = F_2 \left(\frac{x_2}{x_1} \right),$$

bunda

$$x_1 = \frac{1}{\omega_x C_1} ; \quad x_2 = \omega_x L_2 - \frac{1}{\omega_x C_2} \quad \text{bo'lgani uchun,}$$

$$\alpha = F_2 \left(\frac{\omega_x L_2 - 1/\omega_x C_2}{1/\omega_x C_1} \right) - F_3(f_x)$$

bo'ladi.

Elektromagnit va elektrodinamik chastotomerlardan asosan sanoat chastotalarini o'lchashda foydalaniladi. Ular juda tor o'lchash diapazoniga ega: ± 10 foiz f_{ov} , nisbiy xatoligi 0,5 foizdan 2,5 foizgacha, quvvat iste'moli 10 Vt gacha.

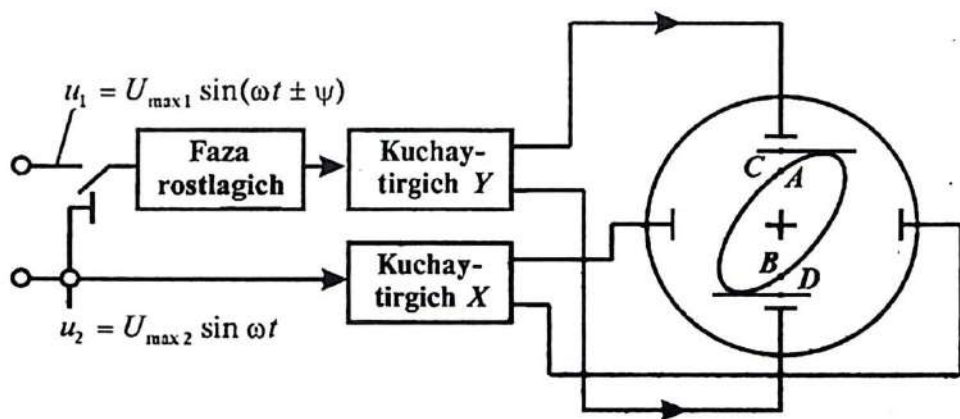
Faza siljish burchagini o'lchash. Belgilangan vaqtga nisbatan elektromagnit jarayonining asosiy parametrlaridan biri fazadir. Garmonik tebranish $u = U_m \sin(\omega t + \psi)$ uchun faza sinusoidal funksiyaning argumenti $\omega t + \psi$ bilan aniqlanadi, bunda ψ – boshlang'ich faza. Agar chastotalari ω bo'lgan ikkita sinusoidal tebranishlarning boshlang'ich fazalarini ψ_1 va ψ_2 bilan belgilasak, ular orasidagi fazalarning siljish burchagi $\psi_1 - \psi_2$ ga teng bo'ladi. Binobarin, bir xil chastotalarda fazalar siljishi vaqtga bog'liq bo'lmaydi. Faza siljishi radian yoki gradusda o'lchanadi.

Ba'zi hollarda sinusoidal signal zanjirlardan yoki muhit orqali o'tganda uning kechikish vaqtini aniqlash lozim bo'ladi. Kechikish chiqish signalining kirish signaliga nisbatan siljishiga olib keladi. Elektrotexnik qurilmalarda, radiotexnika va televideniya faza siljishlarini katta aniqlikda o'lchash zarur.

Faza siljishini laboratoriya sharoitida o'lchashning eng sodda usuli – elektron ossillografdan foydalanishdir. Bu usulda faza ossillogrammalar xarakteri va shakliga ko'ra aniqlanadi. O'lchash natijalariga ossillografning vertikal va gorizontal plastinalariga kuchlanish beruvchi kuchaytirgichlarning fazaviy va amplitudaviy xarakteristikalarini ta'sir etadi. Nochiziq buzilishlari va yoyish generatorining sifati chiziqli yoyish usuli bo'yicha ossillograf ekranida faza siljishi o'lchanayotgan ikkala kuchlanish kuzatiladi. Ikki nurli ossillografda ikkala kuchlanishni bir yo'la kuzatish mumkin, har bir kuchlanish nurli ossillografning vertikal plastinalar kuchaytirgichiga elektron kommutator yordamida navbatma-navbat o'lchanayotgan kuchlanishlar beriladi. Ossillografning yoyish tezligi o'lchanayotgan signalning butun davri sig'adigan qilib tanlanadi hamda o'lchanayotgan signal yordamida yoyish generatori sinxronizatsiyalanadi.

Ossillograf yordamida faza siljishi o'lchanishining yana bir keng tarqalgan usuli ellips usulidir. Bu usulning mohiyatini 3.29- rasmda keltirilgan struktura sxema ko'rsatib turibdi. Fazani o'lchash uchun vertikal og'ish plastinalarga birinchi kuchlanish, gorizontal og'ish plastinalariga esa ikkinchi kuchlanish beriladi. Vertikal og'ish kuchaytirgich kirishiga fazaviy rostdlagich ulangan. U kanallarni faza jihatidan simmetriyalash uchun xizmat qiladi. Kanallarning amplituda jihatidan simmetriyalash kuchaytirgich ko'effitsiyentlarini rostlash orqali bajariladi.

O'lchanadigan faza siljishi ekrandagi AB va CD kesmalar nisbati orqali aniqlanadi (3.29- rasm):



3.29- rasm.

$$\sin \varphi = AB/CD.$$

Ossillografik usullardan tashqari faza siljishini amaliy hollarda bevosita o'lchash uchun elektron usullar va vositalar mavjud. Bularga kuchlanishning yig'indi va ayirmasini o'lchash, faza siljishining vaqt intervaliga aylantirish, solishtirish va kompensatsiyalash hamda chastotani o'zgartirish usullari kiradi. Shu usullar asosida $\Phi 2-16$, $\Phi K 2-12$, $\Phi K 2-14$ rusumli fazometrlar ishlab chiqilgan. Ular mos ravishda 20 Gs–20 MGs; 1–1000 MGs; 110–7000 MGs chastota oralig'ida kuchlanishi 0,001...100 Volt, $0 \pm 180^\circ$ burchak siljishini o'lchaydi. Aniqligi 0,2 – 2,5. Massasi 17,5 kg.

Quvvat ko'effitsiyentini o'lchash. Quvvat ko'effitsiyenti $\cos \varphi$ turli xil asboblardan yordamida bilvosita yoki fazometr bilan bevosita o'lchanadi.

Bir fazali sinusoidal tok zanjirlarida $\cos \varphi$ bilvosita vattmetr, ampermetr va voltmetr ko'rsatkichlari yordamida quyidagicha hisoblanadi:

$$\cos \varphi = \frac{P_{pW}}{U_{pV} I_{pA}}.$$

Simmetrik uch fazali zanjirlarda $\cos \varphi$ bilvosita o'lchash usuli bo'yicha aktiv quvvat, liniya toki va kuchlanishlarni o'lchash orqali topiladi:

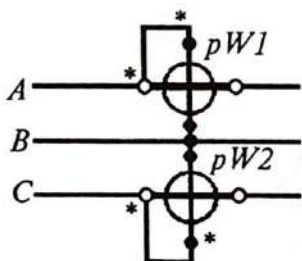
$$\cos \varphi = \frac{P_{pW}}{\sqrt{3} U_l \cdot I_l}.$$

3.30- rasmda keltirilgan sxema bo'yicha ikkita vattmetr usulida o'lchangan quvvatlar ma'lum bo'lsa:

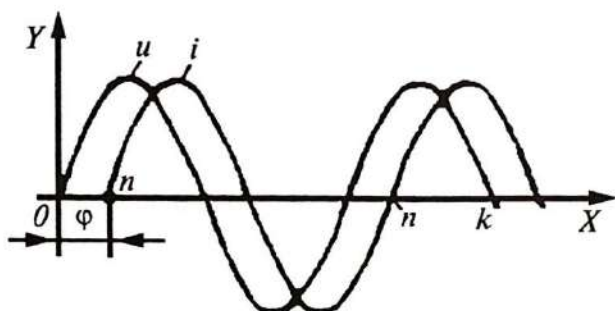
$$\cos \varphi = \frac{P_{pW_1} + P_{pW_2}}{2\sqrt{P_{pW_1}^2 - P_{pW_1} \cdot P_{pW_2} + P_{pW_2}^2}}$$

bo'ladi.

Quvvat ko'effitsiyenti ossillograf yordamida ham aniqlanishi mumkin. Elektron nurli ossillografdan yoki elektron kommutatordan foydalanilganda, ossillograf ekranidagi kuchlanish va tok sinusoidalaridan (3.31- rasm) φ quyidagicha topiladi:



3.30- rasm.



3.31- rasm.

$$\varphi = 2\pi \frac{on}{ok}.$$

$\cos \varphi$ ni bilvosita usullar bilan hisoblashda aniqlik ancha past bo'ladi. Bevosita $\cos \varphi$ **elektrodinamik**, **ferrodinamik** yoki **elektron fazometrlar** yordamida o'lchanadi (3.32- *a* rasm). Uning vektor diagrammasi 3.32- *b* rasmda tasvirlangan.

Elektrodinamik yoki **ferrodinamik** fazometr logometrdan iborat bo'lib, uning qo'zg'aluvchan qismiga reaktiv qarshiliklari qarama-qarshi bo'lgan elementlar ulanadi. Bunda qo'zg'aluvchan qismning burchak siljishi:

$$\alpha = F \left(\frac{I_2}{I_1} \operatorname{tg} \varphi \right).$$

Logometrlar xossaligidan kelib chiqqan holda uch fazali zanjirda $\cos \varphi$ ni o'lchash sxemasi 3.33- rasmda keltirilgan.

1-masala. Uch fazali zanjirning aktiv quvvati 40 kVt, reaktiv quvvati esa 30 kvar. Quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi$ ni aniqlang.

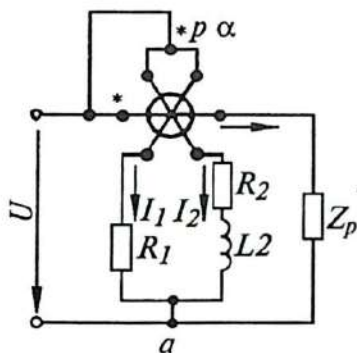
Yechish. To'la quvvat (S) ni hisoblaymiz:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ kVA}.$$

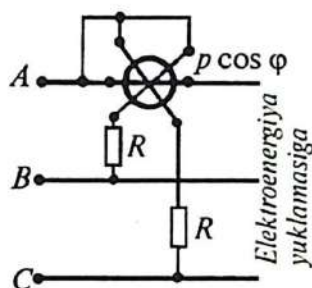
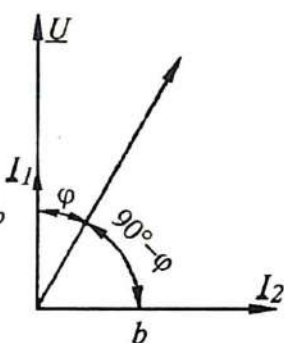
Quvvat koeffitsiyenti esa:

$$\cos \varphi = P/S = 40/50 = 0,8.$$

2-masala. Po'lat eritadigan induksion pech liniya kuchlanishi 380 V bo'lgan uch fazali tarmoqqa ulangan. Liniya toklari 300 A va Aron sxemasi bo'yicha ulangan vattmetrlar 41 kVt va 80 kVt ko'rsatsa, pechning $\cos \varphi$ si qanday?



3.32- rasm.



3.33- rasm.

Yechish. Induksion pechning to'la quvvati:

$$S_{pech} = \sqrt{3} U_l I_l = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 300 = 197 \text{ kVA}.$$

Pechning aktiv quvvati:

$$P_{pech} = P_1 + P_2 = 41 + 80 = 121 \text{ kVt}.$$

Quvvat ko'effitsiyenti:

$$\cos \varphi = \frac{P_{pech}}{S_{pech}} = \frac{121,0}{197,2} = 0,614.$$

3-masala. Uch fazali tok zanjiriga ampermetr, voltmeter va ikkita vattmetr kuchlanish transformatori 6000/100 V va tok transformatori 50/5 V orqali ulangan. Asboblari 5 A; 166,6 V va 240 Vt hamda 120 Vt ni ko'rsatganda, to'la, aktiv, reaktiv quvvatlar hamda quvvat ko'effitsiyentini aniqlang.

Yechish. Uch fazali zanjirning liniya toki:

$$I_l = 5 \cdot \frac{50}{5} = 50 \text{ A}.$$

Liniya kuchlanishi: $U_l = 166,6 \cdot \frac{6000}{100} \approx 10000 \text{ V}.$

To'la quvvat: $S = \sqrt{3} U_l I_l = \sqrt{3} 10000 \cdot 50 \approx 867000 \text{ VA}.$

Birinchi vattmetr ko'rsatayotgan aktiv quvvat:

$$P_1 = k_U k_I P_{pw_1} = \frac{6000}{100} \cdot \frac{50}{5} \cdot 240 = 144000 \text{ Vt}.$$

Ikkinchi vattmetr ko'rsatayotgan aktiv quvvat:

$$P_2 = k_U k_I P_{pw_2} = \frac{6000}{100} \cdot \frac{50}{5} \cdot 120 = 72000 \text{ Vt}.$$

Zanjirdagi umumiy aktiv quvvat:

$$P_{um} = P_1 + P_2 = 144000 + 72000 = 216000 \text{ Vt}.$$

Zanjirdagi umumiy reaktiv quvvat:

$$Q = \sqrt{S^2 - P_{um}^2} = \sqrt{(867 \cdot 10^3)^2 - (216 \cdot 10^3)^2} = 850000 \text{ var}.$$

Quvvat ko'effitsiyenti:

$$\cos \varphi = \frac{P_{um}}{S} = \frac{216000}{867000} = 0,248.$$

3.5. MAGNIT KATTALIKLARNI O'LCHASHNING UMUMIY MASALALARI

Elektr mashinalar, apparatlar va asboblardagi elektr va magnit hodisalari o'zaro bog'liq bo'lib, ularni o'rganishda magnit maydon va materiallarning parametrlarini aniqlash lozim bo'ladi. Fizika va elektrotexnika kurs-

laridan ma'lumki, magnit maydonini bir-biri bilan o'zaro bog'liq bo'lgan uchta kattalik tavsiflaydi:

$B = \mu_0 (H + J)$, bu yerda: B – magnit induksiya; Tl ; H – magnit kuchlanganlik; A/m ; J – magnitlanish; A/m ; μ_0 – magnit doimiysi; Gn/m .

Magnit oqimi $\Phi = BS$ ifoda bilan aniqlanadi.

Magnit materiallarining xususiyatlari, asosan, *magnitlanish egri chizig'i va gisterezis sirtmog'i* bilan tavsiflanadi. Bu ikki tavsif *statik* va *dinamik xarakteristikalar*ga bo'linadi. Statik xarakteristikalar o'zgarmas magnit maydonini tahlil qilishda, *dinamik xarakteristikalardan* esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchan magnit maydonlarni tahlil qilishda foydalaniladi.

Magnit kattaliklarni o'lchash uchun yaratilgan vositalar asosida magnit kattalik yoki parametrni unga proporsional bo'lgan elektr kattalikka o'zgartirish prinsipi yotadi. Magnit kattaliklarini o'lchash vositalarining ishlashi, o'lchash usuli, qo'llanish shartlari xilma-xildir.

Magnit oqimini o'lchash. O'zgarmas magnit maydonida magnit oqimini o'lchash elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan. Unga ko'ra:

$$e = -w \frac{d\Phi_x}{dt}$$

bo'ladi.

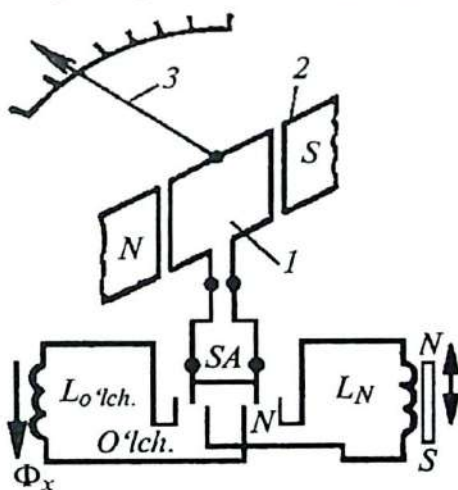
$$\text{Binobarin, magnit oqimi } \Phi_x = \frac{1}{w} \int e dt$$

ifodadan topiladi. Bu yerda: w – o'ramlar soni; Φ_x – magnit oqimi.

Oxirgi ifodadan ko'rinib turibdiki, magnit oqimni o'lchaydigan asbob integrallovchi bo'lishi kerak. Ushbu maqsadda *ballistik galvanometrlardan* foydalanilganda, har bir o'lchash oldidan o'lchash zanjirlarining parametrlarini aniqlash lozim bo'ladi. Shuning uchun ko'pincha **vebermetr** deb ataluvchi magnitoelektrik qurilmadan foydalaniladi (3.34- rasm).

Bu asbob ballistik galvanometrdan teskari ta'sir etuvchi moment hosil qiluvchi momentsiz simlari mavjudligi bilan farq qiladi.

Asbobning o'lchash ramkasi zanjirga *uzgich-ulagich (SA)* orqali ulanadi. Noma'lum magnit oqim (Φ_x) ni



3.34- rasm. Magnit oqimini o'lchovchi vebermetrning tuzilishi.

o'lchash uchun *SA* o'lchash (*o'lch.*) holatiga o'tkaziladi. Agar shu vaqtda o'lchash g'altakdagi magnit oqimining ilashishi o'zgarsa, masalan, g'altakning *doimiy magnit* (2) maydonida siljish natijasida, u holda ramkadan o'tayotgan tok o'zgaradi va aylantiruvchi moment ta'sirida magnit oqim $\Delta\Phi_x$ ga proporsional ravishda ramka *I* ma'lum burchakka buriladi. Agar o'lchashdagi magnit oqimining ilashishi o'zgarmasa, u holda ramka ixtiyoriy bir holatda bo'ladi. Ramka *ko'rsatkich* (3) ni nolga keltirib turishi uchun *SA* nazorat (*N*) holatiga o'tkaziladi. Demak, *N* doimiy magnit holatini o'zgartirish hisobiga ramkada e.yu.k. ta'sirida tok hosil bo'ladi va natijada ramka ko'rsatkichi kerakli holatga buriladi.

Ushbu vebermetrning **kamchiligi** uning sezgirligining pastligidir. Sezgirlikni oshirish uchun *optoelektron kuchaytirgichlar* qo'llaniladi. Ishlab chiqarilayotgan vebermetrlarning *asosiy xatoligi* $\pm 1,5\%$ gacha.

O'zgaruvchan magnit oqimini o'lchash. O'zgaruvchan magnit oqimi, odatda, voltmetr yordamida o'lchanadi. Agar o'lchash g'altagi o'zgaruvchan magnit maydoniga joylashtirilsa, unda $E = 4,44 f k_{sh} \omega \Phi_m$ e.yu.k. hosil bo'ladi, bu yerda: k_{sh} – magnit oqim egri chizig'ining shakl koeffitsiyenti; f – oqim chastotasi; ω – o'lchash g'altagining o'ramlari soni. Shunday qilib, o'lchangan e.yu.k. va ma'lum chastota orqali magnit oqimining qiymatini hisoblash mumkin:

$$\Phi_m = E / (4,44 k_{sh} f \omega) .$$

O'lchash g'altagi yordamida magnit oqimini o'lchash usuli sodda bo'lsa-da, aniqligi past. Aniqlikni oshirish hamda oqimning ma'lum vaqt oralig'ida o'zgarish qonuniyatini o'rganishda elektron nurli ossillograflar qo'llaniladi.

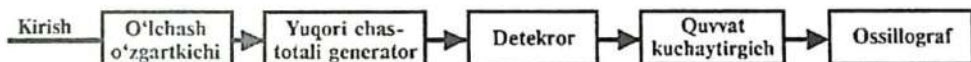
Magnit kuchlanganligi va magnit induksiyasini o'lchash. *Bir jinsli magnit maydon kuchlanganligi va maydon induksiyasini ballistik galvanometr yoki vebermetr yordamida o'lchash mumkin.*

Zamonaviy teslametrlar *Xoll o'zgartkichi* yordamida maydon kattaligini unga proporsional bo'lgan elektr kattalikka aylantiradi va u *kompensator yordamida o'lchanadi*. Kompensator o'lchashning yuqori aniqligini ta'minlaydi.

O'zgarmas magnit maydon kattaliklarini o'lchashda kompensator o'rniga har xil tashqi ta'sirlarni kamaytirish maqsadida magnitoelektrik asbob ishlatiladi. Yuqori aniqlikni ta'minlash maqsadida sezgir qismi (*Xoll o'zgartkichi*) harorati bo'yicha mo'tadil yarim o'tkazgichli materiallardan tayyorlanadi.

O'zgarmas magnit maydoni induksiyasini o'lchash uchun yadro magnit rezonansli (YaMR) asboblari ishlab chiqarilgan. Yadro magnit rezonans

hodisasiga ko'ra, o'zgaras magnit maydoniga modda kiritilsa, uning magnit M_m va harakat M_h miqdori momentlariga ega bo'lgan yadrolari maydon kuchlanganligi vektori atrofida $f = (M_m / M_h) N$ chastota bilan tebrana boshlaydi. Agar bu sistemaga chastotasi o'zgaradigan maydon ta'sir ettirilsa va yadroning tebranish chastotasi maydon chastotasi bilan mos tushsa, u holda yadroning tebranish amplitudasi keskin oshadi. Bu hodisadan chastotani, u orqali maydon kuchlanganligini o'lchashda foydalanish mumkin. YaMR li teslametrning funksional sxemasi 3.35- rasmda keltirilgan.



3.35- rasm. Yadro magnit rezonansli teslametrning funksional sxemasi.

O'lchash o'zgartkichi induktiv g'altakdan tashkil topgan bo'lib, ichiga tekshiriladigan material namunasi joylashtiriladi. Bu namuna bir vaqtning o'zida yuqori chastotali generator konturining qismi hisoblanadi. Detektor yordamida generatordan chiqayotgan signaldan uning quyi chastotali tashkil etuvchisi ajratiladi. Quyi chastotali signal kuchaytirgich yordamida kuchaytiriladi va ossillografning vertikal og'ish elektrodlariga uzatiladi. Generator signal chastotasini o'zgartirib, YaMR sig'a erishiladi va tadqiq qilinayotgan maydonning induksiyasi quyidagicha topiladi:

$$B_x = C_n f ,$$

bu yerda: C_n – o'zgartkich doimiysi; f – generator chastotasi.

YaMR li asboblari materiallarni magnit xususiyatlarini o'rganish va magnit maydon induksiyasi hamda kuchlanganligini o'lchash uchun ishlatiladi. 0,1% xatolikka hamda 0,03 Tl dan 8,5 Tl gacha o'lchash diapazoniga ega.

Ferromagnit materiallarni asosiy xarakteristikalarini aniqlash. Turli materiallarni o'zaro taqqoslash va ularning xususiyatlarini o'rganish uchun statik va dinamik xarakteristikalaridan foydalaniladi. Asosiy statik xarakteristikalariga magnitlanish egri chizig'i va chegaraviy gisterezis sirtmogi kiradi. Magnitlanish egri chizig'i turli qiymatlardagi toklaridan xususiy gisterezis sirtmoqlari uchlarining to'plami bo'lib, undan materiallarning magnit singdiruvchanligini aniqlash mumkin.

Magnit materiallarni sinusoidal qonun bilan o'zgarayotgan tok hosil qilgan magnit maydoniga joylashtirilsa, materialdagi maydon induksiyasi va kuchlanganligining vaqt bo'yicha o'zgarishi sinusoidal bo'lmaydi. Bunga

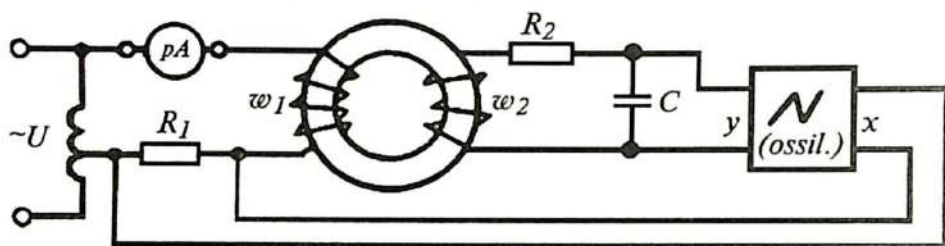
materialning magnit induksiyasi va kuchlanganlik orasidagi noxiziq bog'lanish sabab bo'ladi hamda maydon induksiya va kuchlanganlikning amplituda qiymatlari bilan xarakterlanadi. Shuning uchun bunday hollarda

$B_m = f_1(H_m)$ bog'lanish dinamik magnitlanish egri chizig'i deb ataladi. Induksiya va kuchlanganlikning oniy qiymatlari orasidagi bog'lanish, ya'ni $B_t = f_2(H_t)$, dinamik gisterezis sirtmog'i deb ataladi.

Materiallarning statik magnit xarakteristikalarini Xoll effekti va yadro magnit rezonans hodisasiga asoslangan asboblarda yordamida olish mumkin.

Dinamik gisterezis sirtmog'ini elektron nurli ossillograf yordamida kuzatish mumkin.

Ossillografning vertikal og'ish kirish qismlariga integrallovchi (R_2C) zanjirdan kuchlanish beriladi, gorizonta og'ish qismasiga esa magnitlovchi tokka proporsional bo'lgan rezistor (R_1) dagi kuchlanish beriladi (3.36- rasm).



3.36- rasm.

$R_2 \gg \omega L_2$ bo'lganligi uchun

$$i_2 = \frac{e_2}{R_2}$$

deyish mumkin. Agar o'lchash g'altagidagi kuchlanish

$$e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -ws \frac{dB_t}{dt} \text{ bo'lsa,}$$

unda tok:

$$i_2 = \frac{w_2 s}{R_2} \frac{dB_t}{dt}$$

$R_2 \gg x_C$ shart bajarilganda, U_C kuchlanish materialdagi induksiyaning oniy qiymatiga proporsional bo'ladi:

$$U_C = \frac{1}{C} \int i_2 dt = \frac{w_2 s}{CR_2} \int \frac{dB_t}{dt} = \frac{w_2 s}{CR_2} B_t$$

Shunday qilib, ossillograf (*ossil.*) ekranidagi egri chiziqli materialdagi magnit kuchlanganlik va induksiyaning kuchlanishning bir davr mobaynidagi o'zgarishini aks ettiradi. Ekrandan induksiya va kuchlanganlik qiymatlarini aniqlash uchun ossillograf avval darajalanadi, ya'ni graduirovkalanadi. Buning uchun uning kirish qismalariga qiymati ma'lum bo'lgan kuchlanishlar beriladi. Bu kuchlanishlar asosida ossillograf gorizontali va vertikal kanallarining masshtablari aniqlanadi:

$$m_{gor} = \frac{2\sqrt{2}U}{A_{gor}}; \quad m_{ver} = \frac{2\sqrt{2}U}{A_{ver}},$$

bu yerda: A_{gor} va A_{ver} – gorizontali va vertikal kanal uchun kirish kuchlanish amplitudasining ikkilangan qiymati; m_{gor} va m_{ver} – gorizontali hamda vertikal kanallar masshtablari.

Ferromagnit materiallardagi quvvat isrofini aniqlash. Elektrotexnik qurilmalarning g'altak o'ralgan magnit materiallari qayta magnitlanganda, ulardagi quvvat isroflari uyurmaviy toklar va gisterezis sirtmog'i isroflaridan tashkil topadi.

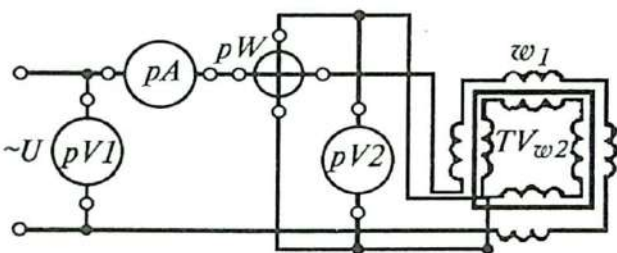
Ularni aniqlash uchun quyidagi tajriba o'tkaziladi. Isroflarni o'lchash kerak bo'lgan elektrotexnik po'lat varaqlaridan berk kvadratsimon magnit o'tkazgich yasiladi. O'tkazgichga to'rtta bir xil g'altakdan iborat ikkita chulg'am w_1 va w_2 o'rnatiladi.

Hosil bo'lgan transformator (*TV*) chulg'amlarining ulanishi 3.37- rasm- da ko'rsatilgan. Sinusoidal tok zanjiriga ulanganda vattmetrning ko'rsatishi

$$P_{pW} = U_2 I_1 \cos \varphi,$$

bu yerda: I_1 – w_1 g'altakdagi tok; U_2 – g'altakdagi kuchlanish; φ – kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagi.

Uyurmaviy toklar va gisterezisga ketgan isroflar w_2 g'altak uzilgandagi salt ishlash isroflariga teng bo'ladi. Binobarin:



3.37- rasm. Ferromagnit materiallardagi quvvat isrofini aniqlash sxemasi.

$$P_{s.ish} = E_{s.ish} I_{s.ish} \cos \varphi_{s.ish}.$$

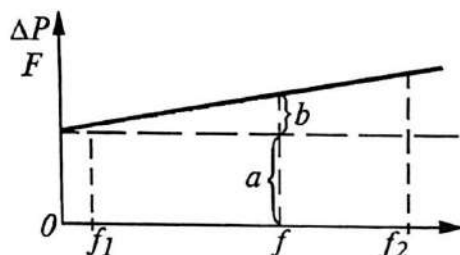
Bu yerda: $E_{s.ish}$ – w_1 g'altakdagi e.yu.k; $I_{s.ish}$ – salt ishlashdagi tok; $\varphi_{s.ish}$ – $\underline{E}_{s.ish}$ va $\underline{I}_{s.ish}$ vektorlar orasidagi faza siljish burchagi.

Vattmetr materialdagi uyurmaviy toklar va gisterezis isroflariga hamda g'altakdagi va o'lchov asboblardagi isroflarga teng bo'lgan quvvatni ko'rsatadi.

Agar o'ramlari teng bo'lgan ($w_1 = w_2$) g'altaklardan foydalanilsa, u holda materialdagi isroflar quyidagicha hisoblanadi:

$$P_M = P_{pW} - U^2 \left(\frac{1}{R_{pV}} + \frac{1}{R_{pW}} \right),$$

bu yerda: U – voltmetrning ko'rsatishi; R_{pV} va R_{pW} – voltmetr hamda vattmetrning ichki qarshiligi.



3.38- rasm.

Agar quvvat isroflarini alohida-alohida aniqlash lozim bo'lsa, ularning chastotaga bog'liqligidan foydalaniladi: *gisterezis isroflari chastotaning birinchi darajasiga, uyurmaviy toklar esa chastotaning kvadratiga proporsional bo'ladi, ya'ni:*

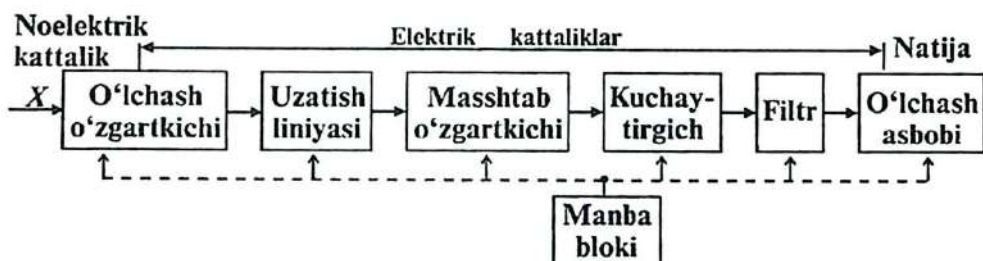
$$P_M = af + bf^2.$$

Quvvat isroflarini ajratish uchun ikkita turli f_1 va f_2 chastotalarda o'lchashlar bajariladi, keyin esa 3.38- rasmdagi grafik quriladi, a va b koefitsiyentlar grafikdan olinib, ular asosida gisterezis va uyurmaviy toklar isroflari aniqlanadi.

IV bob. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI O'LCHASH

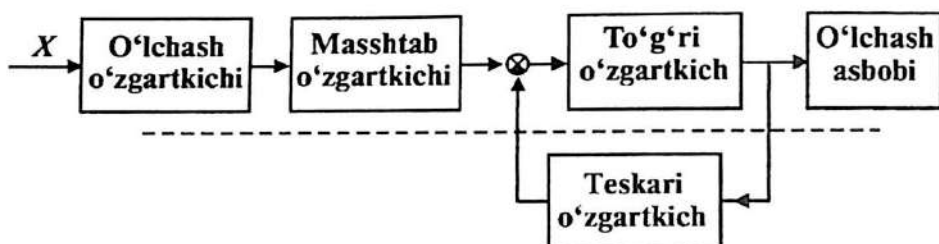
Texnologik jarayonlarni nazorat qilish, ularni sozlash va boshqarish, shuningdek, mashina va agregatlarning parametrlarini tadqiq qilish, ayniqsa, qishloq xo'jaligi, chorvachilik va parrandachilik mahsulotlarini yetishtirish, saqlash, qayta ishlash texnologik jarayonlarida, gidromeliyorativ tizimlarni avtomatlashtirishda ko'pgina noelektrik kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchash talab qilinadi. Bu kattaliklarga *mexanik siljish, tezlik, kuch, tezlanish, deformatsiya, suv va suyuqliklar sathi hamda sarfi, bosim, harorat, namlik, mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari* va boshqa yuzdan ortiq parametrlar kiradi. Bu kattaliklarni uzoq masofadan turib kam xatoliklar bilan o'lchash va uzatish katta afzalliklarga ega bo'lgan elektr usullar hamda elektr o'lchash vositalari yordamida bajariladi.

Noelektrik kattaliklarni o'lchashda qo'llaniladigan vositalar xilma-xil bo'lishiga qaramay, o'lchash usuli va vositalarining umumiy xususiyatlari ham mavjud. Umumiylik shundan iboratki, o'lchanayotgan har qanday noelektrik kattalik avval unga proporsional bo'lgan elektr (tok, kuchlanish, qarshilik, chastota va boshqalar) kattaligiga aylantiriladi, keyin esa elektr o'lchash asbobi yordamida o'lchanadi (4.1- va 4.2- rasmlar).



4.1- rasm. Noelektrik kattaliklarni o'lchash zanjirining umumlashgan struktura sxemasi.

Noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatiladigan o'zgartkichlarga qo'yiladigan asosiy talab o'lchash ma'lumotining aniqligi va jarayonni to'g'ri aks ettirishdir. O'lchanayotgan kattalikni o'zgartirish usuli (*bevosita, bilvosita yoki muvozanatlash*) ga ko'ra u yoki bu turdagi xatoliklar yuzaga keladi.



4.2- rasm. Muvozanatlashgan usulga asoslangan noelektrik kattalikni o'lchashning umumlashgan struktura sxemasi.

4.1. O'LCHASH O'ZGARTKICHLARINING ASOSIY METROLOGIK XARAKTERISTIKALARI

Ma'lum fizik qonunlar asosida ishlovchi va birorta o'lchash o'zgartirishini bajaruvchi texnik qurilma o'lchash o'zgartkichi deb ataladi.

Demak, o'lchash o'zgartkichi bir fizik kattalikni u bilan funksional bog'langan boshqa bir fizik kattalik orqali aks ettiradi.

Tuzilishi va ishlash asosiga ko'ra, o'lchash o'zgartkichi (*O'O'*) lari xilma-xil bo'lsa-da, ular *o'zgartirish funksiyasi, graduировка xarakteristikasi, xatoligi, o'lchash diapazoni* kabi umumiy xarakteristikalar bilan xarakterlanadi.

ГОСТ 8009-84 ga ko'ra, o'zgartirish funksiyasi – *O'O'* chiqish signali informativ parametrlarining kirish signali informativ parametri bilan funksional bog'liqligi *analitik, jadval va grafik ko'rinishida ifodalanadi.*

Darajalash natijasida olingan chiqish va kirish qiymatlarining o'zaro bog'liqligi O'O'ning graduировка xarakteristikasi deyiladi. U formula, jadval va grafik ko'rinishlarida berilishi mumkin.

O'O'ning xatoligi haqiqiy va nominal (o'lchangan) o'zgartirish funksiyalari orasidagi farq bo'lib, o'lchash vositalari xatoliklari singari topiladi.

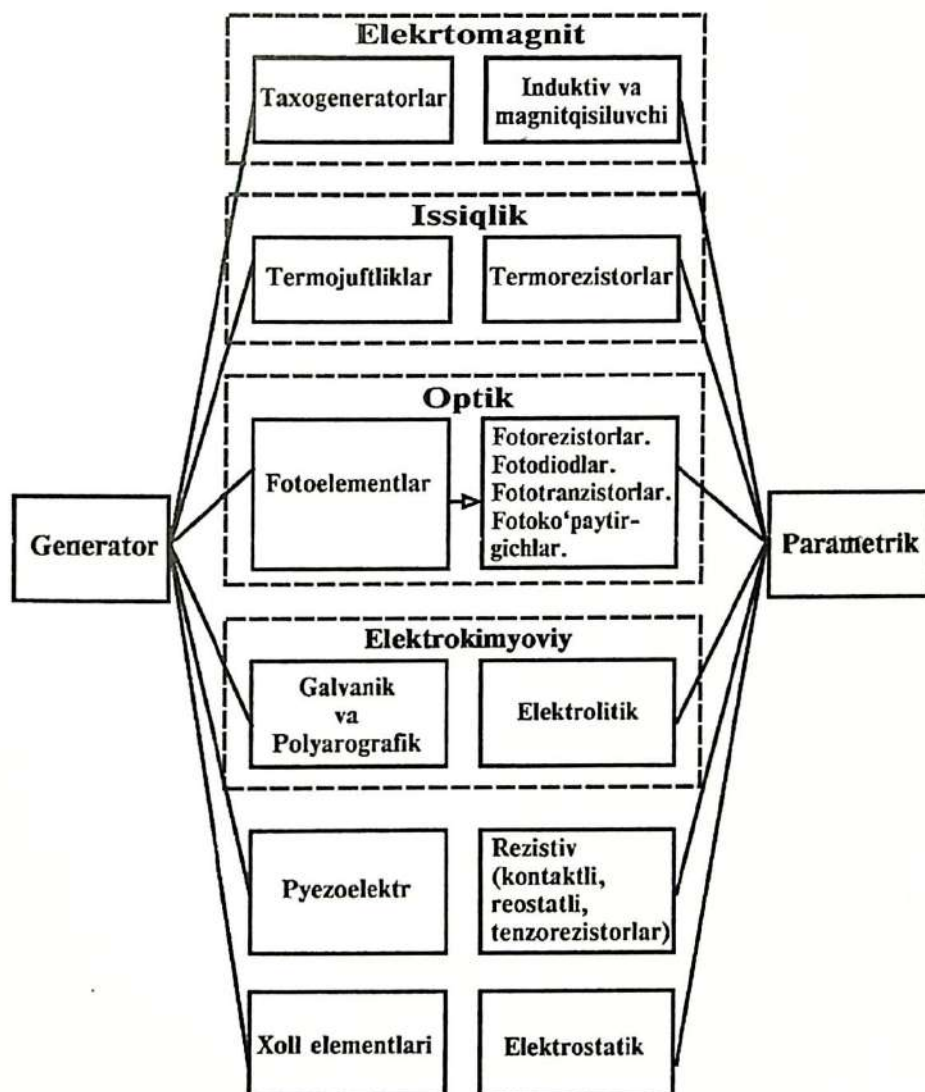
O'O'ning o'lchash diapazoni deb, o'lchash xatoligi normallashtirilgan o'lchash kattaligining qiymatlar sohasiga aytiladi.

O'O'ning yuqorida keltirilgan xarakteristikalaridan tashqari parametrlarining mo'tadilligi, ishonchliligi, massasi, narxi, gabarit o'lchamlari va boshqa parametrlari ham o'rganiladi.

4.2. O'LCHASH O'ZGARTKICHLARINING KLASSIFIKATSIYASI

O'O' vazifasi va ishlash prinsipiga ko'ra klassifikatsiyalanadi. Ular vazifasiga ko'ra *mexanik, gidravlik, issiqlik, kimyoviy, biologik, pnevmatik va boshqa kattaliklar O'O'ga bo'linadi.* Generator *O'O'* da o'lchanayotgan noelektrik kattalik unga proporsional bo'lgan e.yu.k. yoki tokka o'zgartiriladi.

Ularga *elektromagnit, induksion, termoelektrik (termojuftliklar) pyezoelektrik va galvanomagnit O'O'* kiradi. Parametrik *O'O'*da o'lganayotgan katalik qarshilik, induktivlik, o'zaro induktivlik va sig'im kabi elektr zanjirining parametrlariga o'zgartiriladi. Ularga *elektromagnit (induksion, transformator va magnit qisiluvchi), termorezistor, optoelektrik (fotorezistorlar, fotodiodlar va fototranzistorlar), elektrokimyoviy (elektrolitik), rezistiv va elektrostatik O'O'* kiradi (4.3- rasm).



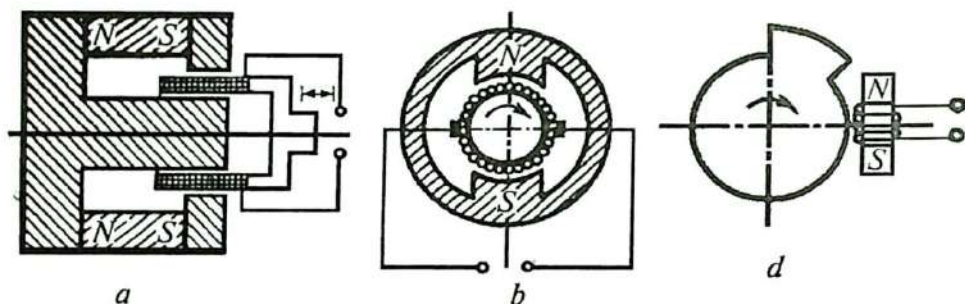
4.3- rasm.

4.3. ELEKTROMAGNIT O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

Elektromagnit o'lchash o'zgartkichlarida o'lchanayotgan noelektrik kattaliklar materialning magnit xossalari hisobiga unga proporsional bo'lgan elektrik kattalik (e.yu.k. yoki tok) k va R , L , C , M parametrlariga aylantiriladi. Qo'llaniladigan elektromagnit o'lchash o'zgartkichlaridan induksion, induktiv, transformator va magnit qisiluvchi O'O' keng tarqalgan.

Induksion o'zgartkichlar elektromagnit induksiya hodisasiga asoslanib, chiziqli yoki burchak tezligi ularga proporsional bo'lgan e.yu.k. yoki tokka aylantiriladi.

Induksion o'zgartkichlar qo'zg'almas magnit va qo'zg'aluvchan g'altak (4.4- *a*, *b* rasmlar) yoki qo'zg'aluvchan magnit va qo'zg'almas g'altakli ko'rinishida (4.4- *d* rasm) yasalishi mumkin. Bu qurilmalar ko'pincha *taxo-*



4.4- rasm. Induksion o'zgartkichlar konstruksiyalari.

generatorlar deb ataladi. Ularning o'zgartirish funksiyasi (statik xarakteristikasi) deb, chiqish kuchlanishi (U) yakorning aylanish tezligi (ω) ga bog'liqligiga aytiladi: $U = k\omega$, bu yerda: k – taxogenerator doimiysi. Real ish sharoitlarida chiqish kuchlanishi qiymatiga yakor reaksiyasi va kontakt qarshiligi o'z ta'sirini ko'rsatadi. Shuning uchun ham taxogeneratorlarning statik xarakteristikasi noxiziq bo'ladi. O'zgaruvchan tok taxogeneratorlarida:

$$E = k\Phi \frac{pn}{60},$$

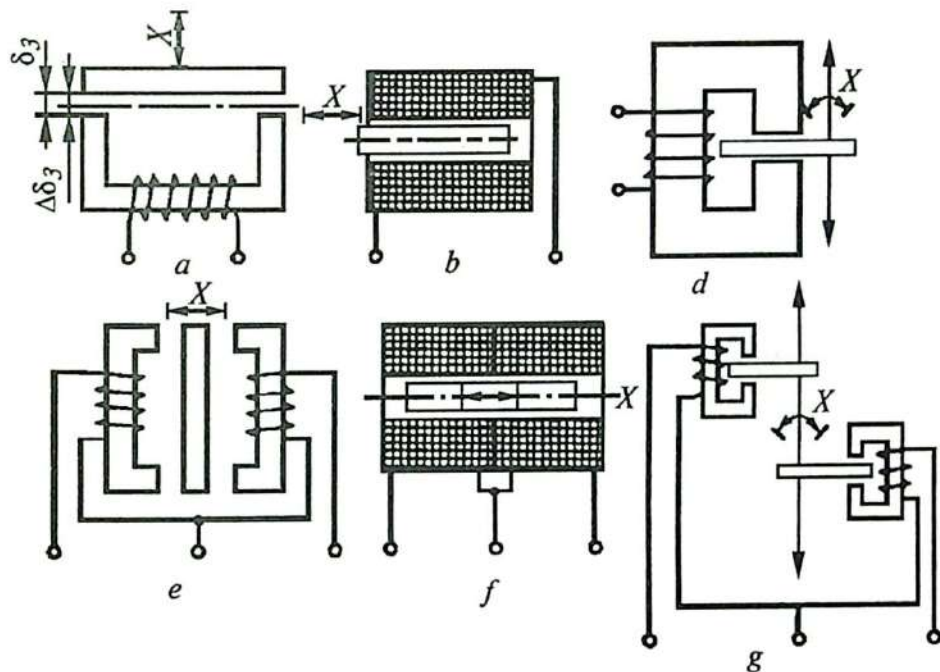
bu yerda: k – elektromagnit koeffitsiyenti; Φ – magnit oqimi; p – statorning juft qutblar soni; n – rotorning aylanish chastotasi, ya'ni o'zgartkichning kirish kattaligidir.

Kamchiligi: xarakteristikaning noxiziqililigi, zamonaviy taxogeneratorlarda xatoliklari 0,2 – 0,5 foizgacha.

Induktiv o'zgartkichlarning ishlashi o'lchanayotgan noelektrik kattalikni unga proporsional bo'lgan induktivlikka aylantirishga asoslangan. Bunda o'zgartkichning chiqish induktivligi:

$$L = w^2 \mu_0 \frac{S_\mu}{l_\mu}.$$

Ifodaga muvofiq o'ramlar soni, havo oralig'ining aktiv yuzi (S_μ) yoki uzunligi (l_μ) o'zgarishi mumkin. $w=f(x)$ va $l_\mu=f(x)$ o'zgarganda statik xarakteristika asosan nochiqliq, $S_\mu=f(x)$ da chiziqli ko'rinishda bo'ladi. Induktiv o'zgartkichlar qo'zg'aluvchan qismining turiga ko'ra qo'zg'aluvchan magnit o'tkazgichli (4.5- *a* va *e* rasm qo'zg'aluvchan ferromagnit o'zakli), qo'zg'aluvchan chulg'amli (4.5- *b*, *f* rasm) va ekranlilarga (4.5- *d* hamda *g* rasm) bo'linadi. Statik xarakteristika nochiqliqligini kamaytirish maqsadida differensial sxemali induktiv o'zgartkichlar yaratilgan (4.5- *e*, *f*, *g* rasm).



4.5- rasm. Induktiv o'zgartkichlar konstruksiyalari.

Induktiv O'O' mashinasozlik va agrosanoat ishlab chiqarishida chiziqli va burchak siljish, tezlik va tezlanishlarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

Magnit qisiluvchi O'O'. Bunday o'zgartkichlarda mexanik ta'sir natijasida magnit o'tkazuvchi materialning magnit singdiruvchanligi (μ) o'z qiy-

matini o'zgartiradi va zanjir induksionligi $L = \omega^2 \mu \mu_0 \frac{S_\mu}{l_\mu}$ ifodaga ko'ra

o'zgaradi. Magnit qisiluvchi o'zgartkichlarning aniqliligiga materialning magnit gisterezisi, $\mu = f(U_m)$ funksiyaning nohiziqligi, materialning eskirishi va harorat ta'sir qiladi. Shuning uchun ham natijaviy xatolik 2% dan kam bo'lmaydi. Bu o'zgartkichlar *bosimni, vibratsiyani, mexanik kuchlanishni* va boshqa *noelektrik kattaliklarni* o'lchashda qo'llaniladi.

Masala. Sanoat chastotasi 50 Gs, kuchlanishi 220 V li manbaga ulangan induktiv o'zgartkichning induktiv, aktiv va to'la qarshiliklarini aniqlang. Bunda tok 0,1 A, quvvat 40 Vt.

Yechish. Induktiv o'zgartkichning to'la qarshiligi:

$$Z = \frac{U}{I} = 220 / 0,1 = 2200 \text{ Om}.$$

G'altakning aktiv qarshiligi:

$$r = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{40} = 1210 \text{ Om}.$$

Induktiv qarshilik:

$$x_L = \sqrt{Z^2 - r^2} = \sqrt{2200^2 - 1210^2} = 1837,36 \text{ Om}.$$

Issiqlik o'lchash o'zgartkichlari. Issiqlik O'O' ning ishlashi *metall* va *yarim o'tkazgichlar xossalari*ni haroratga bog'liqligiga asoslangan. Bu o'zgartkichlarda kirish kattaligining o'zgarishi issiqlik balansi tenglamasi $Q_1 = Q_2 + Q_3$ ni o'zgarishiga olib keladi, bu yerda: Q_1 – o'zgartkichlardagi issiqlik miqdori; Q_2 – atrof-muhit bilan almashadigan issiqlik miqdori; Q_3 – o'zgartkichda n tok ta'sirida ajraladigan issiqlik miqdori.

Atrof-muhit bilan almashadigan issiqlik miqdori o'zgarimas bo'lsa, o'zgartkichlardagi issiqlik miqdori faqat chiqish parametri bo'lgan tokka bog'langan bo'ladi.

Termojuftliklar. Bu o'zgartkichlarda ikkita har xil metall yoki yarim o'tkazgichlar birlashgan joyida harorat o'zgarishi natijasida e.yu.k. hosil bo'ladi.

E.yu.k. termojuftliklarning ulangan uchlari harorati T_1 va ulanmagan chklarining haroratlari T_2 ayirmasiga bog'liq bo'ladi:

$$E = \alpha_r (T_1 - T_2),$$

bu yerda: α_r – materiallarning harorat koeffitsiyenti.

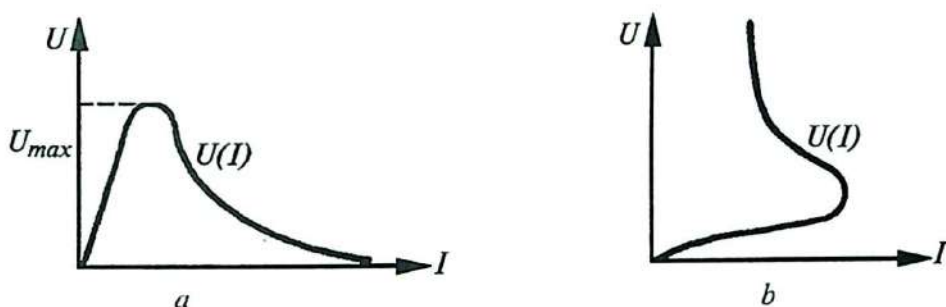
Haroratning o'zgarish diapazoniga ko'ra termojuftliklar mis va konstantan (270°C gacha), platinarodiy va platinadan (1300°C gacha) hamda volfram va reniydan (2500°C gacha) yasaladi.

Termojuftliklarda xatoliklar asosan o'zgartirish funksiyasi noqiziqi, bo'sh qismalari haroratining o'zgarishi hamda xalaqit termo e.yu.k. hosil bo'lishi hisobiga yuzaga keladi. Termojuftliklarning inersiyasi bir necha daqiqaga yetadi.

Termorezistorlar. Ularning qarshiliklari haroratga bog'liq bo'ladi. Termorezistorlarda qarshiligining harorat koeffitsiyenti mo'tadil bo'lgan toza metallar – mis, nikel, platina va yarim o'tkazgichlar ishlatiladi.

Misdan yasalgan termorezistorlarning nominal qarshiligi 10000 Ω dan oshmaydi. Ulardan o'tadigan tok esa 10–15 mA bo'ladi.

Radioelektronika sanoatida manfiy va musbat harorat koeffitsiyenti – 100°C dan 300°C gacha harorat diapazonida foydalaniladigan termorezistorlar ishlab chiqariladi. Ularning volt-amper xarakteristikasi 4.6- rasmda keltirilgan. Musbat harorat koeffitsiyentli termorezistorlar *pozistorlar* deb ataladi (4.6- b rasm).



4.6- rasm. Termorezistor (a) va pozistor (b) larning volt-amper xarakteristikalari.

Pozistorlar nazorat va avtomatik rostlash sistemalarida harorat o'zgartirgichlari (datchiklari) sifatida qo'llaniladi. Bunda termorezistorlardan iborat zanjirga harorat mo'tadilligini saqlab turuvchi (korreksiyalovchi) qo'shimcha elementlar ulanadi.

Masala. Platina-platinarodiyli termojuftlik orqali 1000°C harorat o'lchanganda, ichki qarshiligi 100 Ω li millivoltmetr ishlatilgan. Termojuftlik qarshiligi 20°C dan 1000°C gacha 3 Ω dan 6 Ω gacha o'zgargan. 1000°C haroratni o'lchashda hosil bo'lgan qo'shimcha nisbiy xatolikni aniqlang.

Yechish. Haroratni o'lchashning ekvivalent sxemasi bo'yicha 1000°C o'lchanganda, haqiqiy qarshilik $100+3=103 \Omega$ ga teng. Harorat

o'zgargandan keyin zanjirning umumiy qarshiligi $103+3=106\text{ Om}$ ga teng bo'ldi.

Binobarin, haroratni o'lchashda hosil bo'lgan qo'shimcha nisbiy xatolik:

$$\delta_t = \frac{106 - 103}{103} \cdot 100\% = 2,91\%.$$

4.4. OPTIK O'ZGARTKICHLAR

Optik O'O' larning ishlash prinsipi fotoeffekt hodisasiga asoslangan. Bu hodisaga ko'ra elektromagnit nurlanish ta'sirida qattiq jismda yoki suyuqlikda erkin elektronlar hosil bo'ladi. Tashqi va ichki fotoeffekt mavjud. Ichki fotoeffektda nur oqimi ta'sirida kristall ichida zaryad tashuvchilarning qayta taqsimlanishi yuz beradi va ularning konsentratsiyasi o'zgaradi.

Tashqi fotoeffektda esa nur oqimi ta'sirida jism sirtida elektronlar emissiyasi hodisasi ro'y beradi.

Optik o'zgartkichlar quyidagi xarakteristikalariga ega:

1. Yorug'lik xarakteristikasi: o'zgartkich fototoki (I_f) ning unga tushayotgan yorug'lik oqimi (Φ_{yo}) ga bog'liqligi, ya'ni $I_f = f(\Phi_{yo})$. Bu xarakteristika nohizi ko'rinishiga ega.

2. Spektral xarakteristika: o'zgartkich nisbiy sezgirligi (S) ni unga tushayotgan nurning to'lqin uzunligi (λ) ga bog'liqligi, ya'ni $S = f(\lambda)$.

3. Volt-ampere xarakteristikasi: fototokning o'zgartkichga berilgan kuchlanishiga bog'liqligi, ya'ni $I_f = f(U)$, bunda ($\Phi_{yo} = const$).

4. Harorat xarakteristikasi: o'zgartkich qarshiligining atrof-muhit haroratiga bog'liqligi.

Optik o'zgartkichlar quyidagi asosiy parametrlar bilan xarakterlanadi:

1. Sezgirlik. 2. O'zgartkichning nur tushmagan paytdagi qarshiligi. 3. Vaqt doimiysi. 4. Ishchi kuchlanish.

Fotoelementlarda tushayotgan yorug'lik ta'sirida foto e.yu.k. hosil bo'ladi. Foto e.yu.k. qiymati tushayotgan yorug'likning nafaqat miqdoriga, balki uning spektriga ham bog'liq. Konstruktiv jihatdan fotoelementlar vakuumli yoki yarim o'tkazgichli qurilma shaklida yasaladi. Katod yorug'likka sezgir materiallardan tayyorlanadi.

Kamchiliklari: sezgirligi past, chiqish quvvati kam.

Fotoko'paytirgichlar. Fotoelementdan olingan signalni kuchaytirish uchun fotoko'paytirgichdan foydalaniladi. Unda asosiy katoddan tashqari elektronning harakat yo'li bo'ylab qo'shimcha katodlar joylashtiriladi va

elektronlar ularning yuzasidan ham elektronlarni urib chiqaradi va signal miqdori keskin oshadi.

Fotorezistorlarda qarshilik yorug'lik nuri ta'sirida qiymatini o'zgartiradi. Konstruktiv jihatdan fotorezistor shisha plastinka yuzasiga yupqa qatlam ko'rinishida joylashtirilgan yarim o'tkazgichli materialdan iborat.

Afzalliklari: yuqori sezgirliги va uzoq muddat ishlashi.

Kamchiliklari: inersiya nisbatan katta (10^{-2} C gacha). Uning parametrlariga tashqi muhit harorati ta'sir etadi.

Fotodiodlarda teskari tokning kattaligi yorug'lik oqimining energiyasiga bog'liq, ya'ni yorug'lik ta'sirida diodning teskari qarshiligi kamayadi.

Afzalliklari: katta integral sezgirliги (10 mA/lm gacha), vaqt doimiysi kichik (10^{-3} C gacha), ishlash muddati uzoq (5000 soatgacha), gabarit o'lchamlari kichik.

Kamchiligi: fotodiod qarshiligi atrof-muhit haroratiga bog'liq.

Fototranzistorlarda teskari yo'nalishda ulangan *p-n-p* yoki *n-p-n* o'tishning kuchaytirish xossasidan foydalaniladi. Bunda fototranzistorlarning kollektor toki yoritilganlikka bog'liq bo'ladi. Fototranzistorlarning kuchaytirish koeffitsiyenti 20 va undan ortiq, sezgirliги esa fotodiod sezgirliгidan taxminan baza toki emitter tokiga nisbaticha ortiq bo'ladi.

Fotoelektr o'zgartkichlar ishlab chiqarishida, asosan, avtomatika qurilmalarida yorug'lik kattaliklarini ulash va nazorat qilish maqsadida ishlatiladi.

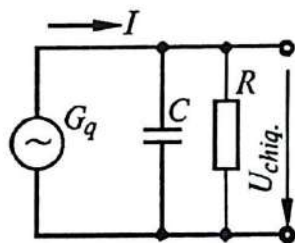
4.5. PYEZOELEKTRIK O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

Bu o'zgartkichlarning ishlash prinsipi ayrim kristallarning mexanik kuchlanish ta'sirida qutblanish hodisasiga asoslangan (to'g'ri pyzeoeffekt). *Kristallning elektr polyarizatsiyalanishi natijasida mexanik deformatsiyalanish hodisasiga teskari pyzeoeffekt deb ataladi. Ko'pincha bu maqsadda tabiiy kvars ishlatiladi.*

Pyzeoelektrik O'O'ning elementar ekvivalent sxemasidan:

$$U_{chiq} = I \left(\frac{R/\omega C}{R + 1/\omega C} \right).$$

Agar pyzeoelementga $F = F_m \sin \omega t$ kuch ta'sir qilayotgan bo'lsa, u holda o'lchash zanjiridagi tok



4.7-rasm. Pyzeoelektrik O'O'ning elementar ekvivalent sxemasi.

$$i = \frac{dQ_c}{dt} = \frac{d(d_1 \cdot F_m \sin \omega t)}{dt},$$

bu yerda: Q_c – o'zgartkich hosil qilayotgan zaryad; d_1 – pyezomodul ko'effitsiyenti.

Shunday qilib,

$$U_{chiq} = d_1 \cdot F \frac{j\omega R}{1 + j\omega RC}.$$

Pyezoelektrik $O'O'$ ning massasi va gabarit o'lchamlari kichik bo'lib, katta mexanik mustahkamlik va yuqori xususiy tebranishlar chastotasiga ega. Shuning uchun ham ular yuqori chastotali noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

Asosiy kamchiliklari: statik jarayonlarni o'lchashda foydalana olmasligi, katta chiqish qarshiligi va harorat bo'yicha diapazonining torligi.

Pyezoelektrik $O'O'$ tez o'zgaradigan bosim, kuch, tezlanishlarni o'lchovchi asboblarda, ultratovush tebranishlar va radiotexnik qurilmalarda qo'llaniladi.

Masala. Mexanik tebranishli pyezoelektrik o'lchash o'zgartkichining qarshiligi $50 \text{ M}\Omega$, sig'imi esa $0,004 \text{ mkF}$. O'zgartkichning vaqt doimiysi va tebranishning minimal o'lchash chastotasini aniqlang.

Yechish. Pyezoelektrik zanjirning vaqt doimiysi:

$$\tau = C_n R_n = 0,004 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^6 = 0,2 \text{ s}.$$

O'zgartkichning mexanik chastotasi:

$$f_{\min} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ Gs}.$$

Demak, pyezoelektrik o'zgartkich 5 Gs dan kichik bo'lgan mexanik tebranishlarni elektr parametrga yaxshi o'zgartiradi.

4.6. GALVANOMAGNIT O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

Bu turdagi o'zgartkichlarning ishlash prinsipi Xoll, magnitorezistiv va magnitodiod effektlariga asoslangan.

Xoll effektiga ko'ra tokli metall plastina magnit maydoniga kiritilsa, harakatlanayotgan elektron yoki kavakka magnit maydonining ta'siri natijasida plastinada e.yu.k. hosil qilinadi (4.8- rasm).

$$E_x = R_x IB / d.$$

Bu yerda: R_x – Xoll doimiysi; d – plastinaning qalinligi.

Xoll elementi sifatida ko'pincha germaniy, kremniy, indiy birikmalari olinadi.

Xoll o'zgartkichining afzalliklari: yuqori sezgirliigi, e.yu.k.ning magnit induksiyasiga bog'liqligi, xususiy chastotaning yuqoriligi, massa va gabaritning kichikligi.

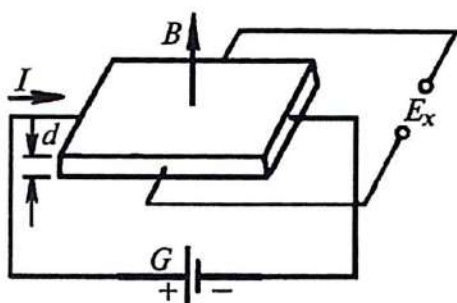
Kamchiligi: Xoll doimiysining haroratga bog'liqligi.

Xoll o'zgartkichlari $0,001 - 2 \text{ Tl}$ diapazonda induksiyani (o'zgarma va chastotasi 10^{10} Gs gacha bo'lgan o'zgaruvchan maydon induksiyasini o'lchashda qo'llaniladi).

Magnitorezistorlarda magnit maydoni ta'sirida uning qarshiligi o'zgaradi. Agar maydon ta'sirida qarshilik oshsa, *musbat magnitorezistiv effekt*, aks holda esa *manfiy magnitorezistiv effekt* deb ataladi.

Magnitodiodlarda $p-n$ o'tishining qarshiligi maydon ta'sirida keskin oshadi.

Magnitorezistorlar va magnitodiodlar avtomatik qurilmalarda magnit kattaliklarni o'zgartirish uchun qo'llaniladi.



4.8- rasm. Xoll o'zgartkichining ulanish sxemasi.

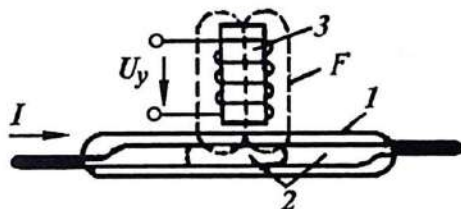
4.7. REZISTIV O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

Rezistiv o'zgartkichlarda qarshilik o'lchanayotgan noelektrik kattalikka proporsional ravishda o'zgaradi. Bularga *kontaktli*, *reostatli* va *tenzo-rezistorli* o'zgartkichlar kiradi.

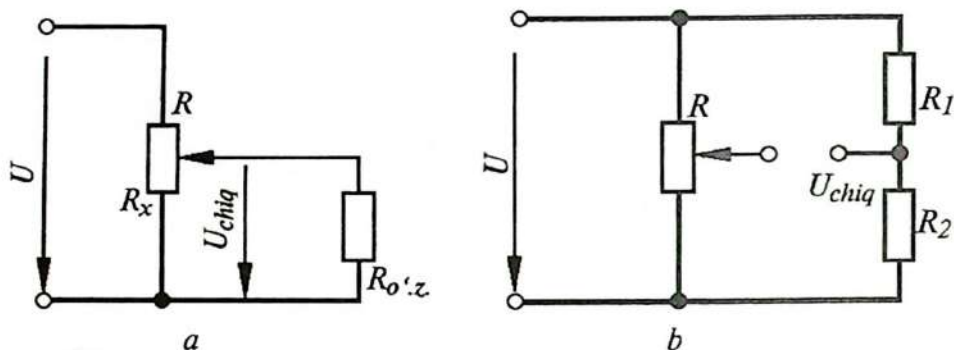
1. Kontaktli O'O'. Bu o'zgartkichlarda o'lchanayotgan kattalik ta'sirida kontaktlar asbobning butun o'lchash zanjirini yoki uning bir qismini ulaydi yoki uzadi. Hozirgi paytda ko'proq magnit maydoni bilan boshqariladigan germetizatsiyalangan kontaktlar – *gerkonlar* ishlatilmoqda (4.9- rasm).

2. Reostatli O'O'. Bu o'zgartkichlar o'zgaruvchan rezistordan iborat bo'lib, uning qo'zg'aluvchan kontakti noelektrik kattalik ta'sirida siljiydi (4.10- rasm).

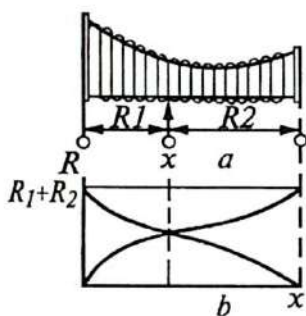
3. Tenzorezistorlar. Bu rezistorlarning ishlash prinsipi *tenzo-effektga* – mexanik deformatsiya ta'sirida metall yoki yarim o'tkaz-



4.9- rasm. Gerkon: 1 – shisha kolba; 2 – kontaktlar; 3 – elektromagnit.



4.10- rasm. Potensiometrik (a) va ko'prik (b) sxemali reostat o'zgartkichlar.



4.11- rasm. Reostat o'zgartkich karkasining shakli (a) va $R = f(x)$ grafi (b).

gich elektr qarshiligining o'zgarishiga asoslangan. Tenzosezgirlik $S_T = (\Delta R / R) / (\Delta l / l)$ ifoda bilan aniqlanadi. Asosiy xatoligi – graduировка xatoligi 5% va undan ortiq bo'lishi mumkin. Rezistiv o'zgartkichlarda no-chiziqli xarakteristika olish uchun moslashtirilgan egri chiziqli karkasdan foydalaniladi (4.11- rasm).

4.8. ELEKTROSTATIK O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

Elektrostatik o'lchash o'zgartkichlarining ishlash prinsipi *noelektrik kattalik* ta'sirida elektr maydoni parametrlari *proporsional o'zgarishiga* asoslangan. O'zgartkichning eng sodda ko'rinishi oddiy kondensator bo'lib, uning sig'imi:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}.$$

Ifodaga ko'ra nisbiy dielektrik singdiruvchanlik ϵ_r , $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ – elektr doimiysi, plastinalarning aktiv yuzi (S) va ular orasidagi masofa (d) o'lchanayotgan noelektrik kattalik ta'sirida o'zgaradi. Silindrsimon kondensatorlarda sig'im ushbu ifoda bilan aniqlanadi:

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln(d_{\text{tash}} / d_{\text{ich}})},$$

bu yerda: l – kondensatorning balandligi; d_{tash} , d_{ich} – mos ravishda qoplamalarning tashqi va ichki diametri. Sig‘im o‘zgartkichlar ko‘prik sxema va rezonans sxemalar tarkibida siljish, suv sathi, bosim, namlik va boshqa noelektrik kattaliklarni o‘lchashda ishlatiladi.

Afzalliklari: yuqori sezgirliigi, massa va gabarit o‘lchamlarining kichikligi.

Kamchiligi: o‘zgartkich parametrlariga tashqi elektr maydoni, harorat va namlikning ta‘siri katta.

4.9. DEFORMATSIYA, MEXANIK KUCHLANISH VA BOSIMNI O‘LCHASH

Bu kattaliklar asosan *tenzorezistorlar* va *pyezoo‘zgartkichlar* yordamida o‘lchanadi. *Simli* va *folgasimon* tenzorezistorlar $\Delta l / l = 1,5$ foizgacha, yarim o‘tkazgichlar esa 0,1 foizgacha bo‘lgan deformatsiyani o‘lchaydi. Materialning mexanik kuchlanishini o‘lchash uchun shu kuch o‘qi yo‘nalishida tenzorezistor ulanadi. O‘zgartirish funksiyasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\delta = E_m \frac{\Delta R}{S_T R},$$

bu yerda: E_m – materialning qisiluvchanlik moduli; S_T – tenzorezistorning sezgirliigi; R – tenzorezistorning qarshiligi; ΔR – qarshilikning o‘zgarishi.

Tenzorezistorlar suyuqlik va gazlarning bosimini o‘lchashda ham keng qo‘llaniladi.

4.10. AYLANISH MOMENTI VA AYLANISH CHASTOTASINI O‘LCHASH

Aylanish momenti *tenzorezistorlar*, *elektromagnit*, *optoelektrik*, *elektrostatik* va boshqa o‘zgartkichlar yordamida o‘lchanadi. Bu guruhdagi mavjud o‘lchash vositalarini ikki turkumga ajratish mumkin: *buralish kuchlanishini* o‘zgartiruvchi asboblardan va *buralish burchagini* o‘zgartiruvchi asboblardan.

Ko‘p hollarda mexanizmlarning o‘qidagi momentni o‘lchashda tenzorezistorlar keng qo‘llaniladi. Ular o‘qning moment ta‘sir etayotgan yo‘nalishi bo‘ylab yelimlanadi. Moment quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$M_{\text{ayl}} = \tau M_q,$$

bu yerda: τ – buralish kuchlanishi; M_q – valning qarshilik momenti. Tenzo-rezistorlarning o'lchash zanjiri bilan ulangan kontaktlar qarshiliklari hisobiga katta xatoliklar yuzaga keladi. Bunday hollarda kontaktsez o'lchash asboblari qo'llaniladi. Bularga *elektrostatik* va *optoelektrik* asosda ishlaydigan O'O' kiradi.

Bundan tashqari momentni o'lchash uchun magnit yozuvdan ham foydalanish mumkin.

Mashina va mexanizmlarning aylanuvchi qismlarining *aylanish tezliklarini o'lchaydigan o'zgartkichlar* ikki xil: aylanish chastotasini bevosita o'lchash va taqqoslash usulida bo'lishi mumkin.

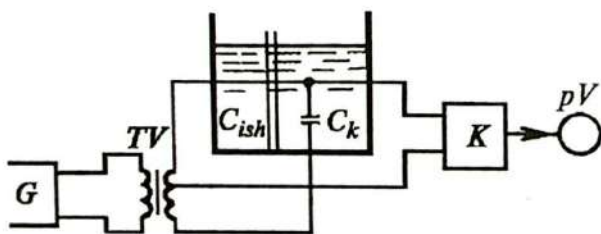
Aylanish chastotasini o'lchashda *kontaktli optoelektrik, elektromagnit, elektrostatik* o'zgartkichlardan foydalaniladi. Shuningdek, o'lchash sharoitiga qarab boshqa turdagi o'zgartkichlardan ham foydalanish mumkin.

Elektromagnit, xususan, induksion o'zgartkichlar qo'llanilganda, o'qqa ferromagnit o'zak yoki elektr o'tkazuvchi disk mahkamlanadi. Bu o'zak yoki disk qo'zg'almas g'altak o'ralgan doimiy magnit maydonini kesib o'tadi va g'altakda aylanish tezligiga proporsional bo'lgan e.y.u.k. hosil qiladi.

Optoelektrik o'zgartkichlarda qo'zg'almas *fotoelement* yoki *fotorezistorlardan* foydalaniladi. O'qqa teshikli disk o'rnatilgan bo'lib, aylanish davrida yorug'lik manbaidan tushayotgan aylanish chastotasiga proporsional bo'lgan nurlarni fotorezistorlarga o'tkazib turadi.

4.11. SUYUQLIKLARNING SATHI VA SARFINI O'LCHASH

Suyuqliklarning sathi, asosan, *elektr sig'im, ultratovush, elektromagnit* va *reostat o'zgartkichlar* yordamida o'lchanadi. Oddiy suv sathini o'lchash uchun ishchi (C_{ish}) va kompensatsion (C_k) kondensatorlardan foydalaniladi (4.12-



rasm). Sig'im o'zgartkich sinusoidal kuchlanish manbaiga ulanadi. Suv sathi o'zgarganda, ishchi kondensatorning sig'imi ham o'zgaradi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'amlari va C_{ish} , C_k sig'imlar ko'priksxema ko'rinishida ulangan. Ko'priksxemasining

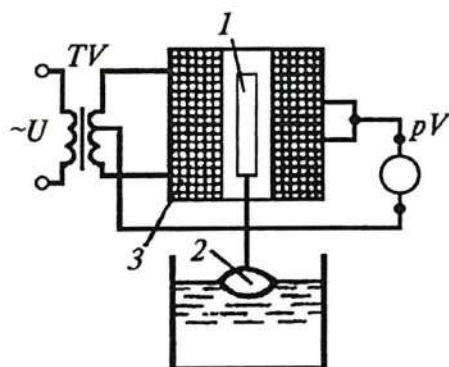
4.12- rasm. Elektrostatik o'zgartkichli sath o'lchagichning konstruksiyasi va o'lchash zanjirining struktura sxemasi.

o'lchash diagonalidan olingan kuchlanish kuchaytirgich (K) orqali sath bo'yicha darajalangan o'lchash asbobi (pV) ga beriladi (4.13- rasm).

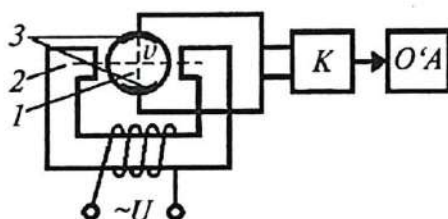
Induktiv sath o'lchagichlarda suyuqlik sathi po'kak yordamida o'zakning holatini o'zgartiradi. Induktiv o'zgartkichlarda signal ancha katta bo'lganligi sababli kuchaytirgich talab qilinmaydi. Lekin o'lchash diapazoni kattalashgan sari statik xarakteristikaning noxizirligi natijasida o'lchash xatoligi kelib chiqadi.

Bosimlar farqi asosida suyuqlik sarfini o'lchashda taxometrik, issiqlik, ultratovush, lazer, elektromagnit va boshqa turdagi o'zgartkichlardan foydalaniladi.

Elektromagnit (induksion) suv sarfi o'zgartkichlarining (4.14-rasm) ishlash prinsipi elektromagnit induksiya qonuniga asoslangan bo'lib, unga muvofiq magnit maydonidan o'tayotgan suyuqlik sarfiga proporsional e.yu.k. elektrodlar yordamida kuchaytirgich orqali o'lchash asbobi zanjiriga beriladi.



4.13- rasm. Induksion o'zgartkichli po'kakli sath o'lchagichning sxemasi.
1-o'zak; 2-po'kak; 3-g'altak.



4.14- rasm. Induksion suyuqlik sarfi o'lchagichning konstruksiyasi va o'lchash zanjirining struktura sxemasi.
1-yopiq quvur; 2-magnit tizimi; 3-elektrodlar; K-kuchaytirgich; O'A-o'lchash asbobi.

Bu e.yu.k. $E = Bdv = Bd \frac{Q}{S}$ ifoda bilan aniqlanadi, bu yerda: B – maydon induksiyasi; d – elektrodlar orasidagi masofa; v – suyuqlikning o'rtacha tezligi; S – quvurning ko'ndalang kesim yuzi; Q – suv sarfi.

Afzalliklari: bunday o'zgartkichlarda qo'shimcha gidravlik qarshilik yo'q, tezkor, ko'rsatishi suyuqlikning fizik xossalariga deyarli bog'liq emas.

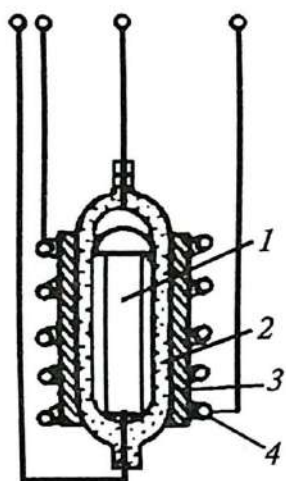
Kamchiligi: qutblanish va transformatsiya e.yu.k.lari hisobiga aniqlik yuqori emas.

4.12. NAMLIKNI O'LGHASH

Kimyoviy texnologiya, qishloq xo'jalik va chorvachilik mahsulotlari hamda sanoat mahsulotlari ishlab chiqarilayotgan xonalarning namligini aniqlash (misol uchun, to'qimachilik kombinatlarida) muhim ahamiyatga ega.

Materialning namligi uning massa birligidagi *absolut* yoki *nisbiy namligi* bilan belgilanadi. Jismning *absolut namligi* deb, uning birlik massasidagi suv bug'lari massasiga, *nisbiy namlik* deb, absolut namlikning bo'lishi mumkin bo'lgan *eng katta namlikka* nisbatiga aytiladi.

Namlikni o'lchovchi asboblarning funksiyasiga elektr *o'tkazuvchanlik* (konduktometrik), *elektrik singdiruvchanlik* (dielektrik) va *yordamchi* moddalarining *elektr* va *mechanik parametrlarini* o'lchashlar kiradi.



4.15- rasm.

Havoning absolut va nisbiy namligini o'lchashda ko'p hollarda yarim o'tkazgichli litiy xlorid o'zgartkichdan (4.15- rasm) foydalaniladi. U himoyalovchi plyonka (2) bilan qoplangan termorezistor (1) dan iborat.

Termorezistor ustiga litiy xloridning to'yingan eritmasi shimdirilgan shisha tolali vtulka (3) o'rnatilgan. Vtulkaning ustiga kumush yoki platina o'tkazgich (4) o'rnatilgan. O'zgartkich havo kirishi mumkin bo'lgan korpusga joylashtirilgan bo'ladi.

O'zgartkichning ishlash prinsipi: Ma'lum haroratda litiy eritmasi atrof-muhitning namligini so'radi. O'tkazgichdan elektr toki o'tganda, litiy xloridning harorati oshadi va u kristallanib, o'tkazuvchanligi kamayadi.

Binobarin, litiy xlorid va uning ichidagi termorezistorning harorati atrof-muhit haroratiga hamda namligiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. Termorezistorlar qarshiligini o'lchash uchun o'zgarmas tok kompensatorlaridan foydalaniladi.

Sochiluvchan massalar, misol uchun, *bug'doy*, *sholi*, *dorivorlar*, *kimyoviy moddalar* namligini o'lchash uchun elektrostatik o'zgartkichlar asosida namlik o'lchagichlar ishlab chiqarilgan. Sochiluvchan material namunasi silindrsimon elektrodlar orasiga solinadi. Elektrodlar orasidagi dielektrik singdiruvchanlik o'zgaradi va o'zgaruvchan tok ko'priki muvozanatini buzadi. Ko'priki chiqishidagi kuchlanish dielektrik singdiruvchanlikka, ya'ni namuna namligiga proporsional bo'ladi. Shuning uchun asbob o'lchanayotgan har bir sochiluvchan massa turiga qarab darajalanadi.

Hozirgi vaqtda *tuproq* va boshqa sochiluvchan materiallar *namligini uzluksiz* o'lchash uchun radioizotop namo'lchagichlar qo'llaniladi. Radioizotop manbai sifatida plutoniy-berilliy birikmalar, qabul qiluvchi uskuna sifatida sekinlashgan neytron hisoblagichlar qo'llaniladi.

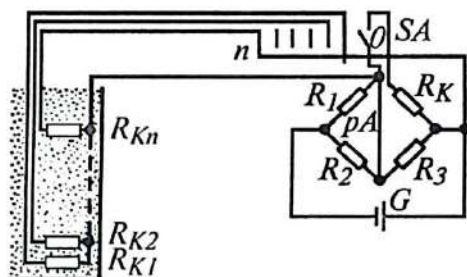
Radioizotop namo'lchagichlar bilan tuproq, havo va turli sochiluvchan materiallar namligini 1 dan 100 foiz diapazongacha, 0,5 foiz xatolik bilan o'lchash mumkin.

So'nggi paytlarda o'ta yuqori chastotali namo'lchagichlardan ham foydalanilmoqda.

4.13. HARORATNI O'LCHASH

Sanoat, elektroenergetika, kimyoviy texnologiya, qishloq xo'jalik mahsulotlari ishlab chiqarishlarda va boshqa sohalarida *haroratni o'lchash, nazorat qilish* va *rostlash* muhim masalalardan hisoblanadi.

Harorat *termorezistorlar* va *termojuft* (termopara)lar yordamida o'lchanadi. Ular *muvozanatlangan* va *muvozanatlanmagan* ko'prik sxemalarga ulanadi (4.16- rasm). Bunda ko'prikning o'lchash diagonaliga yuqori sezgir *magnitoelektrik asbob* va *logometr* ulanadi. Asbobning shkalasi harorat bo'yicha darajalanadi.



4.16- rasm.

Energobloklar va boshqa yuqori haroratda ishlaydigan *qurilmalarda termojuft (termopara)* lardan keng foydalaniladi. Asbobsozlik korxonalari termoparalar bilan birga, *magnitoelektrik millivoltmetrlar, logometrlar, o'zgarmas tokli ko'priksimon sxemali asboblari* va *kompensatorlar* ham ishlab chiqaradi. Ayniqsa, harorat o'lchash natijalarini diagrammali qog'ozga *qayd etuvchi* asboblari ham ko'p tarqalgan.

Termoparali o'lchov asboblari *xatoligining asosiy sabablaridan biri – termopara erkin uchlari haroratining o'zgarishidir*. O'lchash zanjiriga atrof-muhitning harorati ta'sirini kamaytirish, *sezgirliги* va *aniqligini* oshirish uchun kompensatsion zanjirlardan foydalaniladi.

Amaliy ish

1. Induksion o'zgartkichning asosiy parametrlari va xarakteristikalarini aniqlash.

2. Yuklamaga ulangan va ulanmagan potensiometrik va ko'prik sxemali reostat o'zgartkichning statik xarakteristikasini aniqlash.
3. Maksimal va qoplamali sig'im o'zgartkichni hisoblash.

11- laboratoriya ishi

Termorezistiv o'lchash o'zgartkichini darajalash.

12- laboratoriya ishi

Haroratni avtomatik ko'prik yordamida o'lchash va uning aniqlik klassini topish.

Referat mavzulari

1. Noelektrik kattaliklarni elektrik usullar bilan o'lchashning afzalliklari.
2. O'lchash o'zgartkichlarining klassifikatsiyasi.
3. Elektroenergetikadagi zamonaviy o'lchash o'zgartkichlari.
4. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishidagi o'lchash o'zgartkichlari.
5. Mikroprotsessori o'lchash o'zgartkichlarining afzalliklari.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatiladigan o'zgartkichlarga qanday talablar qo'yiladi?
2. O'lchash o'zgartkichlari qanday prinsipga ko'ra klassifikatsiyalanadi?
3. Issiqlikni o'lchovchi qanday o'lchash o'zgartkichlarini bilasiz?
4. Fotoelementlarning turlari va ishlatish sohalarini sanab o'ting.
5. Suyuqliklarning sathi va sarfi qanday usullar bilan o'lchanishi mumkin?
6. Namlikni o'lchash qaysi sohalarda qo'llaniladi?
7. Namlikni o'lchashning qaysi usullarini bilasiz?

5.1. AXBOROT-O'LCHASH TIZIMLARI TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOT

Sanoat, elektrtoenergetika, irrigatsiya, kimyoviy texnologiya ishlab chiqarishida nazorat qilinadigan parametrlarning ko'pligi va o'zaro bog'liqligi, jarayonlar sharoitlarining o'zgarib turishi sababli ularni maxsus texnik o'lchash vositalarisiz o'lchash va boshqarish mumkin emas. Shuning uchun ham ishlab chiqarish sharoitida ma'lumotlarni *olish, ularni qayta ishlash, saqlash va qulay shaklda uzatish uchun maxsus texnik o'lchash vositalari talab qilinadi*. Bu vositalar axborot-o'lchash tizimlari (AO'T) deb yuritiladi.

AO'T – o'zaro funksional bog'langan bir necha fizik kattaliklarni o'lchovchi o'lchash vositalari va yordamchi qurilmalarning majmuasi bo'lib, axborotni olish va saqlash kabi vazifalarni bajaradi.

AO'T vazifasiga ko'ra, o'lchash axborotini to'plovchi tizimlar, texnologik jarayonlarni nazorat qiluvchi tizimlar, diagnostik va teleo'lchash tizimlariga bo'linadi.

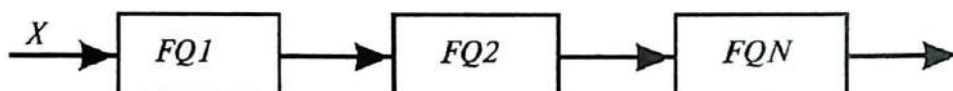
O'lchash axborotini yig'ish uchun mo'ljallangan sistemalar o'lchash sistemalari deb ataladi. Ishlab chiqarish mashinalari va agregatlarining parametrlari avtomatik nazorat qilish uchun xizmat qiladi. AO'T diagnostik sistema, mashina va jihozlarni ishga yaroqliligini tekshirishda, shuningdek, tele o'lchash tizimlarida, ya'ni uzoq masofadagi obyektlardan o'lchash axborotini olishda ham qo'llaniladi.

AO'T ning tarkibidagi elektron hisoblash mashinasi (EHM) o'lchash jarayonini boshqarib, o'lchangan ma'lumotlarga ishlov berish, kompleks ishlashini yagona algoritmgaga birlashtirish vazifasini bajaradi.

Shuning uchun AO'T tarkibiga kiruvchi funksional qismlar *energetik, axborot, metrologik, konstruktiv* va *ishlatilishi* bo'yicha moslangan bo'lishi kerak. Bundan tashqari, AO'T funksional qismlarini birlashtirish uchun ularning *elektrik, magnit, mexanik va metrologik xususiyatlari ham unifikatsiyalangan* bo'lishi lozim. Bu masalalar standart interfeyslar (inglizcha muvofiqlashtirish so'zidan olingan) yordamida bajariladi. AO'T uchun mo'ljallangan interfeyslar *o'lchash interfeyslari* deb ataladi. *Bunday interfeyslar mikroprotessorlar asosida ishlaydi*.

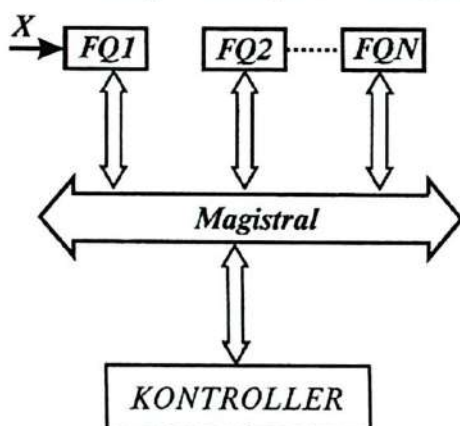
5.2. AXBOROT-O'LCHASH TIZIMLARINING ASOSIY STRUKTURALARI

Zamonaviy AO'T, ularning funksional qismlari (FQ) orasida axborot signallari almashish usullariga qarab *markazlashtirilmagan* va *markazlashtirilgan* AO'T ga bo'linadi. *Markazlashtirilmagan boshqarishga* ega bo'lgan AO'T da axborot har bir FQ yordamida ketma-ket o'zgartiriladi. (5.1- rasm). Bunday AO'T sodda va arzon bo'lsa-da, imkoniyatlari chegaralangan.



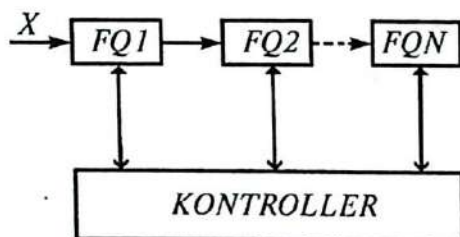
5.1- rasm. Markazlashtirilmagan AO'T struktura sxemasi.

Markazlashtirilgan AO'T da bitta alohida boshqarish qurilmasi – kontroller mavjud bo'lib, ma'lum dastur bo'yicha barcha FQ ish faoliyati vaqt bo'yicha moslashtirilib turiladi. Bu turdagi AO'T *magistral* va *radial* tizimlarga bo'linadi.



5.2- rasm. Magistral AO'T struktura sxemasi.

Magistral strukturali AO'T da (5.2- rasm) FQ ish faoliyati bir vaqtda boshqariladi. Magistral sxema yordamida kontrollerdan nafaqat boshqaruvchi signal, balki uning manzili (adresi) ham uzatiladi.



5.3- rasm. Radial AO'T struktura sxemasi.

Radial AO'T da (5.3- rasm) FQ ning o'zaro aloqasi kontroller ishlab chiqaradigan boshqaruvchi signal yordamida amalga oshiriladi. Bu turdagi AO'T da ehtiyojga qarab FQ soni oshirilishi mumkin. Biroq, bu butun tizimni ishlash jara-yoniga salbiy ta'sir etadi.

Radial-magistral strukturali sxemalar axborotni o'zgartirish tezligi AO'T ning axborot hajmlari va o'zgartirish tezligini oshirishga imkoniyat beradi.

$AO'T$ ni kelajakda takomillashtirish mikroprotssessor va mikro EHM lar-ni qo'llash, ya'ni o'lchash-hisoblash majmualarini yaratishni taqozo etadi. Energetik sistemalarda murakkab hisoblash va mantiqiy masalalarni yechish lozim bo'lgani uchun axborot hisoblash kompleksi tarkibida murakkab mikro-protssessor sistemalari qo'llaniladi.

Teleo'lchash tizimlari. Ko'p hollarda elektr o'lchash vositalari o'lcha-nadigan obyekt yaqiniga joylashtirilgan. *Teleo'lchash tizimlari* ($TO'T$) esa ancha uzoq masofada turgan obyektlardan o'lchash axborotini uzatish-ga imkon beradi. Buning uchun o'lchanayotgan kattalik avval o'lchash o'zgartkichi ($O'O'$) yordamida uzatish uchun qulay bo'lgan elektrik kat-talikka aylantiriladi va aloqa uzatish qurilmasi (UQ) hamda aloqa liniyasi (AL) orqali qabul qilish qurilmasi (QQQ) ga uzatiladi. QQQ esa signalni o'lchash asbobi ($O'A$) ga beradi (5.4- rasm).



5.4- rasm. *Teleo'lchash tizimlarining struktura sxemasi.*

$TO'T$ har xil belgilarga ko'ra farqlanadi. Uzatiladigan kattalik *turi-ga ko'ra tok, chastota, vaqt va raqamli* $TO'T$, *ishlash asoslariga ko'ra esa analogli, impulsli va raqamli* $TO'T$ ga bo'linadi. $TO'T$, shuningdek, aloqa kanalini ajratish usuli, *aniqlik* klassiga ko'ra ham farqlanadi.

$TO'T$ *absolut, nisbiy va keltirilgan* xatoliklari bilan baholanadi. *Asosiy keltirilgan xatolikning qiymatlariga qarab* $TO'T$ 0,25;0,6;1,0;2,5 va 4,0 *aniqlik klassiga bo'linadi.*

O'lchash vositalaridan farqli o'laroq, $TO'T$ ning aloqa kanallariga tashqi omillar ta'siri ko'proq bo'ladi. Tashqi omillar asosan uch xil bo'lib, ular:

- 1) **fluktatsion** – amplitudasi va vaqt intervali har xil bo'ladigan impuls-lar;
- 2) **sinusoidal** – sanoat qurilmalari va tarmoqlaridan induksiyalangan signallar;
- 3) **impulsli** – atmosferada sodir bo'ladigan hodisalar, har xil elektr qurilmalardan hosil bo'ladigan amplitudasi va vaqt oralig'i turlicha bo'lgan impuls signallar. Bu omillar ta'sirida qo'shimcha xatoliklar yuza-ga keladi.

Analog $TO'T$ ($ATO'T$). $ATO'T$ da o'lchanayotgan kattalik uzluksiz elektr signalga aylantirilib, aloqa kanali orqali o'lchash vositalari ($O'V$) ga uzatiladi. $ATO'T$ da axborot *tok, kuchlanish, chastota va faza o'zgarishi orqali* uzatiladi.

Tokli ATO'T da axborot o'zgaras yoki o'zgaruvchan tok ko'rinishida uzatiladi.

Kuchlanishli ATO'T da aloqa kanalida tok kamayishi tufayli signalni uzoq masofaga uzatish birmuncha qiyin.

Tokli *ATO'T* kompensatsiyali va nokompensatsiyali turlarga bo'linadi.

Impulsli TO'T. Bunday *TO'T* da *ATO'T* dan farqli o'laroq, o'lchanayotgan kattalik avval proporsional vaqt oralig'iga o'zgartiriladi. Impulsli *TO'T* da oralig'i turlicha bo'lgan har xil o'lchash kattaliklarini uzatish imkoniyati mavjud. Ko'p kanalli *TO'T* shu prinsipda ishlaydi. O'lchanayotgan kattalik impulsning qaysi parametriga o'zgartirilishiga qarab, impulsli *TO'T* vaqt-impulsli, amplituda-impulsli va axborot uzatish qobiliyati yuqori bo'lgan impuls-chastotali *TO'T* ga bo'linadi.

Raqamli TO'T. Bunday *TO'T* da signal aloqa liniyasi orqali impulslarning ma'lum kombinatsiyasi uzatiladi. Raqamli impulsli *TO'T* dan farqi shundaki, o'lchanayotgan kattalik raqamli kodga almashtiriladi. Bunda ko'pincha ikki-o'nlik sanoq tizimi qo'llaniladi.

Raqamli o'lchash axborotini uzatishda tashqi muhit ta'sirini kamaytirish uchun xatolarni izlaydigan va to'g'rilaydigan raqamli kodlardan foydalaniladi. Lekin bunday usulni qo'llash apparaturaning murakkablashib narxining qimmatlashishiga olib keladi. Hozirgi vaqtda xatolarni izlaydigan va ularni mikroprotessorli vositalar yordamida to'g'rilaydigan maxsus dasturlar mavjud.

5.3. MIKROPROTSESSOR VA MIKRO EHMLI AXBOROT-O'LCHASH TIZIMLARINING ELEKTROENERGETIKANING DISPETCHERLIK BOSHQARILISHIDA QO'LLANISHI

Ma'lumki, birlashgan elektroenergetik tizimlarda turli rejimlarni ta'minlashda elektrostansiyalar va elektr tarmoqlari hamda *remont sxemalarini* normal tanlash, parallel qo'shilgan *elektrostansiyalarning barqaror ishlashini ta'minlash, nominal chastotani ushlab turish, aktiv va reaktiv quvvatni samarali taqsimlash, kuchlanishni sozlash* va hokazo masalalar nihoyatda muhim. Elektroenergetik tizimlarning rivojlanishi, ya'ni parallel ishlaydigan stansiyalarning ko'payishi, elektr tarmoqlar sxemasining murakkablashishi tezkor (operativ) boshqarish tizimini barpo etish masalasini qo'yadi.

Har qanday boshqarish tizimi, shu jumladan, dispetcherlik boshqarish asosida informatsion jarayonlar, ya'ni obyekt holati to'g'risidagi axborotning birlamchi o'zgartirilishi, yig'ish, axborotga dastlabki ishlov berish, uni uzatish, xotirlash, hisoblash ishlarini bajarish, taqsimlash, tasvirlash, ro'yxatlash va boshqarish komandalarini ijro etish yotadi. Elektroenergetik tizimlarda o'lchash texnikasining rivojlanishi asosida axborotni yig'adigan va boshqarish komandalarini ijro etadigan telemexanik tizimlar (*TMT*) yaratilgan.

Misol uchun, O'zbekiston elektroenergetika tizimida bunday *TMT* o'tgan asrning 40- yillarida vujudga kelgan. *TMT* energetik obyektlardan, odatda, *kommutatsiyali apparatlar* holati (uzilgan, qo'shilgan) to'g'risida *telesignalizatsiya (TS)*, *avariyaning oldini olish (AOO)*, *tok – kuchlanish, quvvat va hokazolar teleo'lchovi (TO')* to'g'risida axborotni uzatadi.

TMT uskunalari energoobyektlarning kommutatsion apparatlarini ajratish va qo'shishi to'g'risida teleboshqarish (*TB*) komandalarini uzatadi. *TS* va *AOO* signallari *releli himoya va avtomatika (RHA)* sxemalari yordamida shakllanadi. *TO'* signallari tok va kuchlanish transformatorlaridan qabul qilinadi.

5.5- rasmda turli uskunalar, shu jumladan, *TO'* datchiklarini elektr uzatish liniyalariga ulash sxemasi keltirilgan.

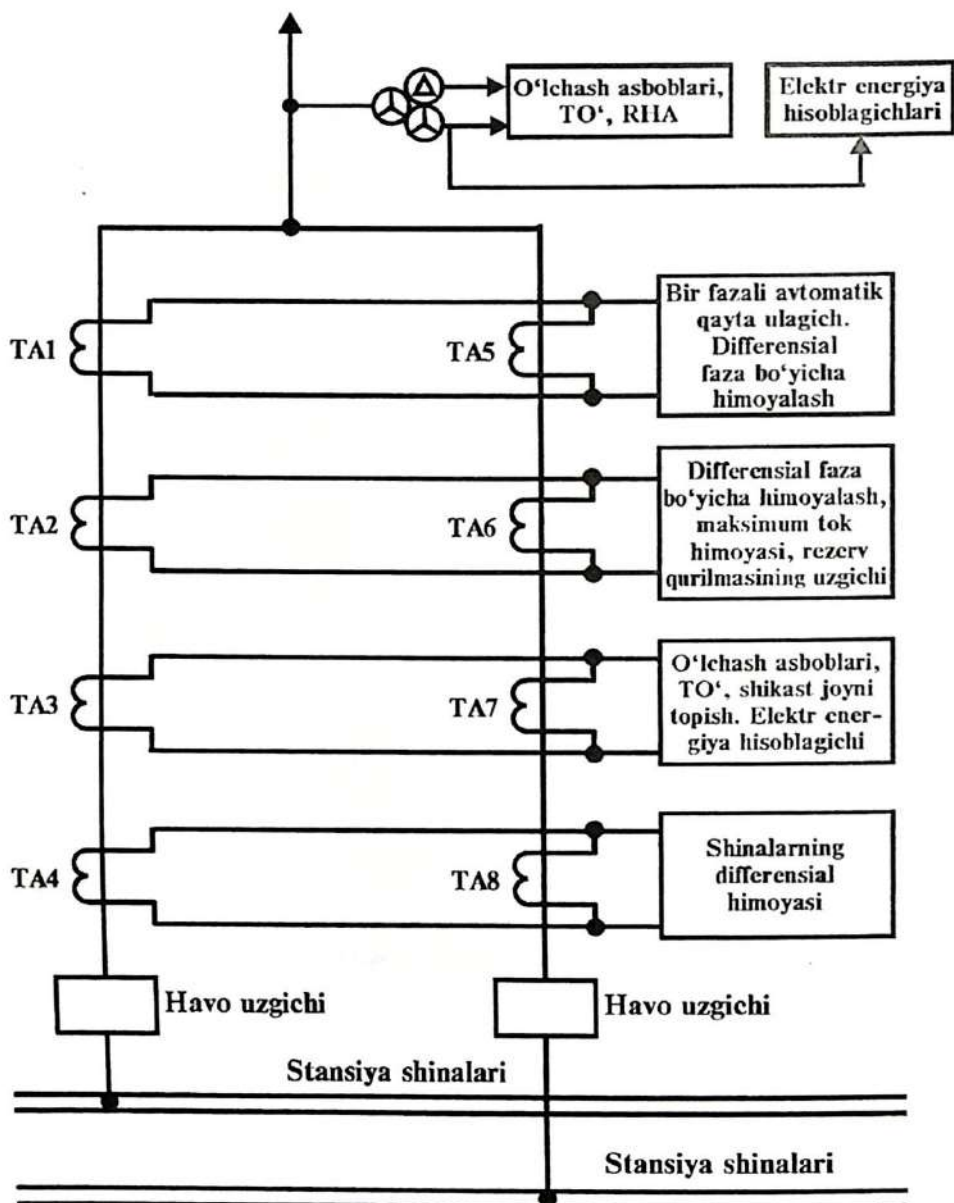
RHA sxemalari elektromexanik yoki mikroelektron bazasida hamda ko'rsatgichli asboblardan va elektr energiya hisoblagichlar qo'llanilganda, ularning axborotini to'g'ridan-to'g'ri *TMT* orqali uzatish ma'lum qiyinchiliklar tug'diradi.

Energoobyektlar to'g'risidagi axborotlarni dispetcher boshqarishning yuqori bosqichlariga faqat *TMT* yordamida uzatish mumkin.

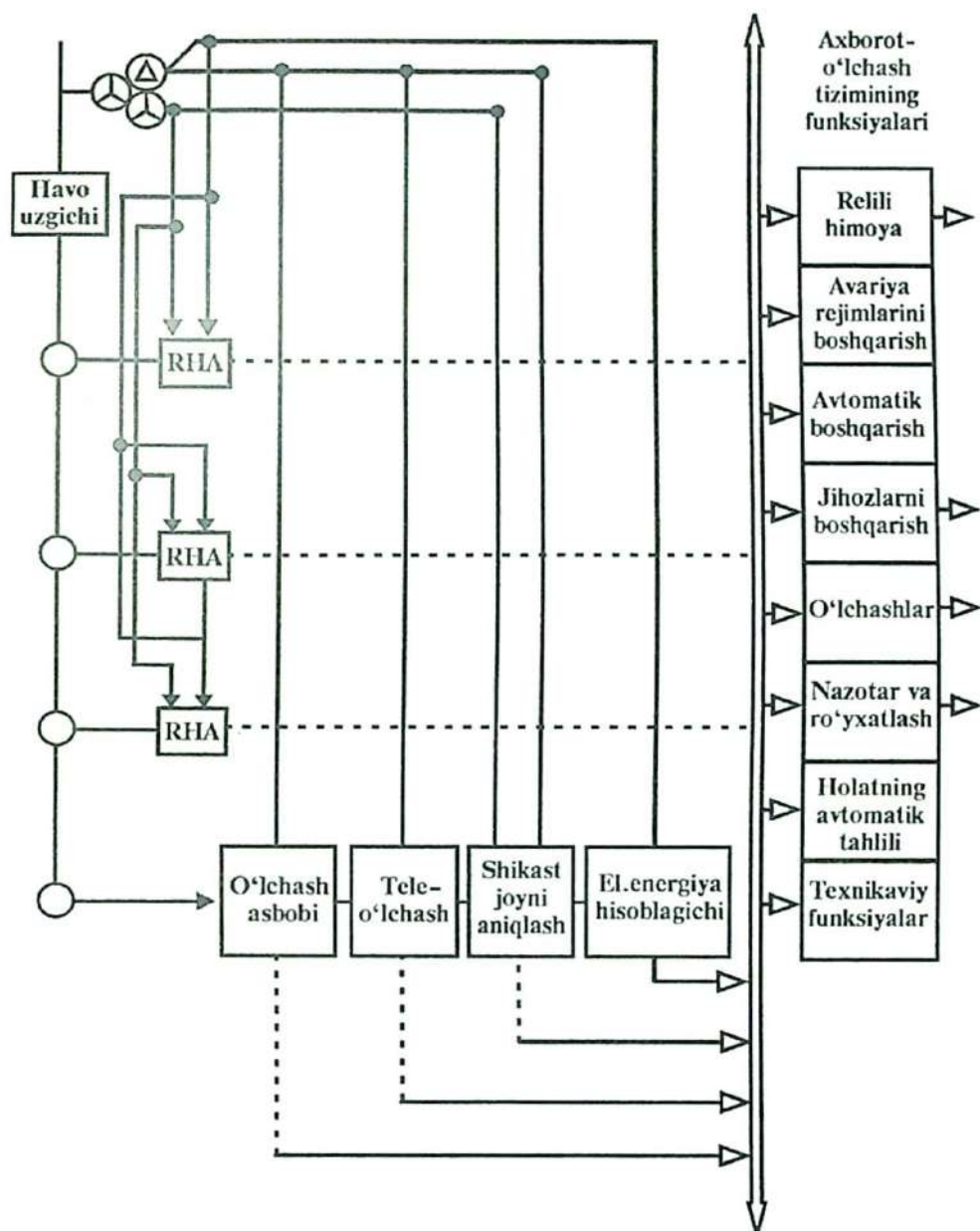
Zamonaviy axborot-o'lchash tizimlarida mikroprotessorlar (*MP*) va elektron hisoblash mashinalaridan (*EHM*) foydalanish *RHA*, nazorat etish va telekommunikatsiyali texnologik sxemalariga keskin o'zgarishlar kiritadi. *MP* va *EHM* dan foydalanish, turli uskunalar bajaradigan funksiyalarni yagona uskunada bajarish imkoniyatini yaratadi. Shuning uchun *MP* va *EHM* ni qo'llash uskunalarining ishonchliligini, tezkor va avtomatik boshqarishning iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshiradi.

Hozirgi zamon axborot-o'lchash tizimlari energoobyektlarining texnik tashxis (*diagnostika*) ishlarini, o'lchash, nazorat, tezkor va avtomatik boshqarish, axborotlarni yig'ish va ularga ishlov berish, tezkor axborotni ro'yxatlash va hujjatlashtirish, kattaliklarni belgilangan qiymatlardan og'ishi, chiqib ketishi va normal avariya holatlari to'g'risida axborotni

boshqarishning yuqori bosqichlariga uzatishda murakkab bo'lmagan hisoblashlarni bajaradi (5.6- rasm.).



5.5- rasm. TO'T datchiklarini elektr uzatish liniyalariga ulash sxemasi.



5.6- rasm. Axborotni boshqarishning yuqori bosqichlariga uzatishda murakkab bo'lmagan hisoblashlarni bajarish sxemasi.

5.4. AXBOROT-O'LCHASH TIZIMLARI BAJARADIGAN FUNKSIYALAR

– *Releli himoya* – asosiysi va zaxiradagi, teleulab-uzish, elektr shignallarining himoyasi va boshqalarni nazorat etish;

– *normal rejimlardan* farq qiladigan rejimlarni boshqarish – kuchlanishni avtomatik boshqarish, reaktiv quvvatlarni avtomatik boshqarish, o'ta yuklanishdan va anormal rejimlardan himoyalash, zaxirani, ya'ni rezervni avtomatik qo'shish;

– *avtomatik boshqarish* – tezkor avtomatik qayta ulash, sekin avtomatik qayta ulash, kommutatsiyali apparatlarni dasturiy ulash;

– *jihozlarni boshqarish* – energoobyektning birlamchi sxemasini displeyda tasvirlash, tezkor qayta ulashlar, elementlarni tanlash, avariya va avariyaoldi signallariga ishlov berish, generatorlarini sinxronlash;

– *o'lchashlar* – sarflanayotgan elektr energiyani o'lchash, boshqa elektr o'lchashlarni olib borish va hokazo;

– *nazorat etish* va *ro'yxatlash* – shikastlangan joyni topish, o'tkinchi va avariya jarayonlarini yozib olish, sxemani nazorat etish, rejimlarni tahlil etish, parametrlarni ro'yxatlash va hokazo;

– *texnikaviy funksiyalar* – qabul qilish sinovlari, texnikaviy tashxis va hokazolar.

Informatsiyani uzatish struktura sxemasidan ko'rinib turibdiki, har qanday masalani hal qilish uchun kerak bo'lgan barcha ma'lumotlarni olish mumkin. Nimstansiyalarni aniq boshqarish uchun barcha bajariladigan funksiyalarning ishonchiligi 98-99 foizdan kam bo'lmasligi zarur. Turli sistemali o'lchov asboblarning natijaviy xatoligi 1 foizdan ko'p bo'lmasligi lozim.

Amaliy ish

Teleo'lchash tizimlaridagi xatolarni o'rganish.

Referat mavzulari

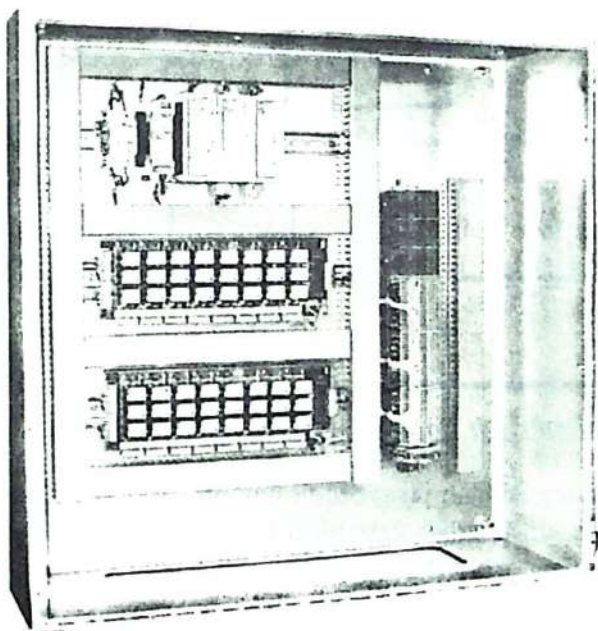
1. Axborot-o'lchash tizimlarining asosiy strukturalari va ularni qiyoslash.
2. Teleo'lchash tizimlari.
3. Mikroprotessor va mikro EHM ni axborot-o'lchash tizimlarida qo'llash istiqbollari.

O'z-o'zini sinash savollari

1. Axborot-o'lchash tizimlari haqida nimalarni bilasiz?
2. Axborot-o'lchash tizimlari deb nimaga aytiladi va ularning vazifasi nimalardan iborat?
3. Axborot-o'lchash tizimlarining asosiy strukturalari va xususiyatlari qanday?
4. Elektroenergetik va boshqa ko'p o'lchamli murakkab obyektlarda qanday axborot o'lchash tizimlari qo'llaniladi?

5.5. «SMART-KII ELEKTRA»: TELEMEXANIKA QURILMASI

Hozirgi vaqtda Rossiya Federatsiyasida (Chernogolovka sh.) energo-obyektlarni dispatcherlik va texnologik boshqarish uchun dasturiy-texnik ko'p funktsiyali telemexanik kompleks «SMART – KII Elektra» yaratilgan. SMART telekompleksi eng mas'uliyatli energetik obyektlarda – GES, GRES, TES, 500 – 220 – 110 kV nimstansiyalarda qo'llaniladi. Boshqa nimstansiyalar bilan yuqori sifatli sodda va egiluvchan bog'lanishni ta'minlaydi. «SMART» kompleksi zamonaviy telemexanik komplekslari kabi modul prinsipida qurilgan bo'lib, birlamchi axborotlarga o'z joyida ishlov beradi. Sistema informatsion xalaqitlarga qarshi yuqori himoyaga ega.

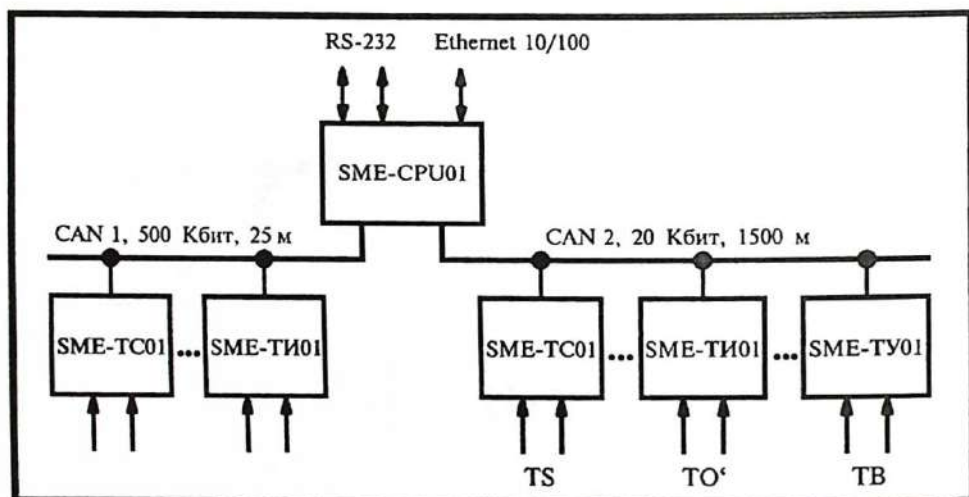


5.7- rasm. «SMART-KII Elektra»: telemexanika qurilmasi.

Sistemaning asosiy elementi mikroprotessorli modul bo'lib, u ma'lum bir funksiyalarni, misol uchun, telesignallash yoki teleo'lchash axborotlarini kirish-chiqish mikroprotessorli modullari yordamida yig'uvchi tarmoq bilan bog'laydi.

«SMART» telemexanik sistemasi quyidagi funksiyalarga ega:

- bir-biriga bog'lanmagan ikkita telemexanik kanallar bilan ishlash;
- telemexanikaning zamonaviy MEK 870 – 5 – 101 standarti bo'yicha protokollash avtomatik dispetcherlik boshqarishning bosqichlarini modernizatsiyalash;
- telemexanik kanallar yordamida distansion texnik tashxis etish;
- elektroenergiyaning elektron impulsli hisoblagichlar ko'rsatishlarini yig'ish va saqlash;
- raqamli o'lchash (TO') o'zgartkichlar va raqamli elektroenergiya hisoblagichlar ko'rsatishini yig'ish va saqlash;
- telesignalizatsiya (TS) holatlarini ro'yxatlash;
- teleboshqarish (TB);
- harorat parametrlarini o'lchash (ob-havo harorati, transformatorlar, elektroyuritmalar va boshqa).



5.8- rasmi. «SMART-KII Elektra»: telemexanika qurilmasining tuzilish sxemasi.

Kompleksning ishlash jarayonida har bir kirish-chiqish moduli normal ishlashi tekshiriladi, buzilish sabablari fayl ko'rinishda ro'yxatlanadi. Telemexanika kanallari orqali keyingi ishlov berish va kuzatish uchun qurilma tashxisini svetodiod indikatorlari yordamida maxsus vositalarsiz bevosita obyektni o'zida qo'yish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. «Metrologiya to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. O'zbekiston Respublikasi Oliy Kengashining Axborotnomasi. T., – 1994-yil, 2-son.
2. O'lchashlar birligini ta'minlash davlat tizimi. Metrologiya. Atamalar va ta'riflar. O'z RSt 8.0.10-93.
3. *P.R.Ismatullayev, A.N.Maqsudov, A.X.Abdullayev, B.M.Axmedov, A.A.A'zamov.* Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. T., «O'zbekiston», 2001.
4. *A.B.Кравцов.* Метрология и электрические измерения. М., «Колос». 1999.
5. *M.S.Yoqubov, N.G.Jabborov, S.F.Amirov.* Elektrotexnikaning nazariy asoslari va elektr o'lchashlar. T., «O'qituvchi», 2002.
6. *B.E.Muxamedov.* Metrologiya, texnologik parametrlarni o'lchash usullari va asboblari. T., «O'qituvchi», 1991.
7. *P.R.Ismatullayev, E.A.Ma'rupov, A.X.Abdullayev.* Metrologiya bo'yicha izohli lug'at. T., 1993.
8. *N.Axrоров.* Metrologiya asoslari va elektr o'lchashlaridan amaliy ishlar. T., «O'zbekiston», 1994.

MUNDARIJA

SO'ZBOSHI	3
Elektr o'lchashlar fanining maqsad va vazifalari	4
Elektr o'lchashlarning fan va texnikadagi ahamiyati	5
O'lchashlar fanining rivojlanish tarixi	6

I bob. METROLOGIYA ASOSLARI

1.1. Metrologiyadagi asosiy ta'riflar va atamalar	10
1.2. Elektr va magnit kattaliklar birliklarining o'lchovlari	11
1.3. O'lchash turlari va usullari	15
1.4. O'lchash vositalari, ularning turlari va asosiy metrologik xarakteristikallari	17
1.5. O'lchash xatoliklarini kamaytirish usullari	22
1.6. O'lchash asboblarning klassifikatsiyasi	24

II bob. ELEKTR KATTALIKLARNI O'LCHOVCHI ASBOBLAR

2.1. Analog elektromexanik asboblari	27
2.2. Taqqoslovchi o'lchash asboblari	43
2.3. Masshtab o'lchash o'zgartkichlari	52
2.4. Qayd etuvchi asboblari	61
2.5. Elektron o'lchash asboblari	65
2.6. Raqamli o'lchash asboblari	69

III bob. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLARNI O'LCHASH

3.1. Tok va kuchlanishni o'lchash	75
3.2. Elektr zanjir parametrlarini o'lchash	78
3.3. Quvvatni o'lchash	88
3.4. Chastota, faza siljish burchagi va quvvat koeffitsiyentini o'lchash	100
3.5. Magnit kattaliklarni o'lchashning umumiy masalalari	106

IV bob. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI O'LCHASH

4.1. O'lchash o'zgartkichlarining asosiy metrologik xarakteristikallari	114
4.2. O'lchash o'zgartkichlarining klassifikatsiyasi	114
4.3. Elektromagnit o'lchash o'zgartkichlari	116
4.4. Optik o'zgartkichlar	120

4.5. Pyezoelektrik o'lchash o'zgartkichlari	121
4.6. Galvanomagnit o'lchash o'zgartkichlari	122
4.7. Rezistiv o'lchash o'zgartkichlari	123
4.8. Elektrostatik o'lchash o'zgartkichlari	124
4.9. Deformatsiya, mexanik kuchlanish va bosimni o'lchash	125
4.10. Aylanish momenti va aylanish chastotasini o'lchash	125
4.11. Suyuqliklarning sathi va sarfini o'lchash	126
4.12. Namlikni o'lchash	128
4.13. Haroratni o'lchash	129

V bob. AXBOROT-O'LCHASH TIZIMLARI

5.1. Axborot-o'lchash tizimlari to'g'risida umumiy ma'lumot	131
5.2. Axborot-o'lchash tizimlarining asosiy strukturalari	132
5.3. Mikroprotsessor va mikro EHM li axborot-o'lchash tizimlarining elektroenergetikaning dispetcherlik boshqarilishida qo'llanishi	134
5.4. Axborot-o'lchash tizimlari bajaradigan funksiyalar	138
5.5. «SMART-KП Elektra»: telemexanika qurulmasi	139
Foydalanilgan adabiyotlar	141

**Sulton Fayzullayevich Amirov, Mirjalil Soatovich Yoqubov,
Nasim G'afforovich Jabborov**

ELEKTR O'LGHASHLAR

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent – Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi – 2004

Muharrir *Abdurahmon Akbarov*
Muqova musavviri *Shuhrat Odilov*
Texnik muharrir *Yelena Tolochko*
Sahifalovchi dizayner *Azizxo'ja Tillaxo'jayev*
Musahhiha *Mahmuda Usmonova*

Bosishga 01.12.2004 yilda ruxsat etildi. Bichimi 60x90^{1/16}. Kegli 10, 9 shponli. Times garniturasini. Ofset bosma usulida bosildi. Shartli b. t. 9,0. Nashr. b. t.8,85. Adadi 3050 nusxa. Buyurtma № 281. Shartnoma № 13 –2004. Bahosi shartnoma asosida.

Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent, 129. Navoiy ko'chasi, 30 uy.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining G'afur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi bosmaxonasida chop etildi. 700128, Toshkent, U.Yusupov ko'chasi, 86.

31. 221 **S.F.Amirov, M.S.Yoqubov, N.G'.Jabborov**
A 60 **Elektr o'lgashlar. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma.**
– T.: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2004, 144 b.

BBK 31.221 ya 721





CHO'LPON
 nomidagi nashriyot-matbaa
 ijodiy uyi