

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**
O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA‘LIMI MARKAZI

R.J. BARATOV, P.M. MAHMUDOV, A.U. DJALILOV

**ELEKTR O‘LCHASH
ASBOBLARI VA ELEKTR
O‘LCHASH**

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

4-nashri

Toshkent — «ILM ZIYO» — 2017

UO'K: 621.3(075)
KBK 31.221
B29

*Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi ilmiy-metodik
birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

Ushbu o'quv qo'llanma qishloq va suv xo'jaligini avtomatlashtirish, elektroenergetika, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va elektromexanika yo'nalishlarida ta'lim olayotgan kollej talabalari uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada asosiy o'lchov birliklari, o'lchash asboblari, o'lchash xatoliklari va o'lchash usullari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bundan tashqari, o'quv qo'llanmada nazorat-o'lchash asboblarining asosiy elementlari, tuzilishi va ishlash prinsiplari, ularni ishonchlash va tekshirish masalalari hamda laboratoriya ishlari keltirilgan bo'lib, bu ma'lumotlar kasb-hunar kollejlari malakali texnik xodimlar tayyorlashda muhim rol o'ynaydi.

Taqriizchilar: **Muzaffarov Sh.M.** – Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti «GTEET va EJJ» kafedrasi mudiri, texnika fanlari nomzodi, dotsent;
Vohidov A. – Toshkent davlat agrar universiteti «Umumiy texnika fanlari» kafedrasi mudiri, texnika fanlari nomzodi, dotsent.

KIRISH

Bizni o‘rab turgan tabiatni va undagi voqea-hodisalarni hamda mavjud fizik qonuniyatlarni anglashning asosiy usuli bu *o‘lchashdir*. Shuning uchun barcha sohalarda fan va texnika taraqqiyoti hamda umuman jamiyatning rivojlanishi o‘lchash texnikasidagi rivojlanish bilan chambarchas bo‘g‘liq. Fizika, kimyo, mexanika va elektrotexnika kabi fanlarda tabiatning obyektiv qonunlarini ifoda etuvchi aniq bog‘lanishlarni yaratishda o‘lchash katta ahamiyatga ega bo‘ldi. Buyuk rus olimi D.I. Mendeleyev o‘lchashlar haqida *«Har qanday fan o‘lchashdan boshlanadi»* degan ta‘rifi bilan o‘lchashning fan va texnika taraqqiyotida qanday ahamiyatga ega ekanligiga bir so‘z bilan ta‘rif berib ketgan.

Bugungi kunda sanoatning barcha tarmoqlari korxonalarida o‘lchash asboblari va texnikasi hamma avtomatik nazorat, rostlash, texnologik uskunalar himoyasi va ularning hamda ishlab chiqarish jarayonlarining boshqaruv tizimlarining ajralmas qismini tashkil etadi. Nazorat-o‘lchash asboblari va texnik vositalar yordamida detallarning o‘lchamlari, ishlanish sifatleri baholanadi, tayyorlanayotgan mahsulotga sarflangan materiallar hisoblanadi, moddalarning fizik-kimyoviy xossalari aniqlanadi va bir qator boshqa amallar bajariladiki, bularsiz ishlab chiqarilayotgan mahsulotning kerakli hajm va miqdorini ta‘minlash mumkin emas.

Qishloq va suv xo‘jaligi sohasida ham o‘lchash asboblari va texnikasining ahamiyati juda katta bo‘lib, ular, ayniqsa, suv va energiya resurslaridan samarali foydalanish, tuproq, suv va havoning sifat parametrlarini uzluksiz nazorat qilish tizimlarini yaratishda, ochiq va quvurli suv bilan ta‘minlash tizimlarida suv sarfi va sathini o‘lchash, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash va yetishtirishning avtomatlashgan boshqaruv tizimlarida keng qo‘llanilmoqda. Respublikamizda suv resurslaridan samarali foydalanishda tarqoq joylashgan iste‘molchilarni suv bilan ta‘minlashning markazlashgan dispetcherlik punktlari orqali boshqarilishini va ularning nazoratini ta‘minlashda, ob-havoning qanday kelishiga bog‘liq holda suv resurslarini diagnostika qilish, qishloq va suv xo‘jaligida ekologik nazorat tizimini joriy etishda zamonaviy tele-

metrik o'lchash – informatsion tizimni joriy etishda ham o'lchash asboblarining roli o'ta muhimdir.

O'lchovshunoslik fani ming yillik tarixga ega bo'lib, ibtidoiy jamoa tuzumida ham odamlar hayot faoliyatida undan foydalanib, yer maydonlari, masofa kabi fizik kattaliklarni ba'zi bir tabiiy o'lchovlar orqali o'lchaganlar. Masalan, o'lchov vositalari sifatida qarichlar, qadamlar va hokazo birliklardan foydalanilgan.

Tabiiy o'lchovlardan qimmatbaho toshlarning o'lchov birliklari sifatida «no'xotcha» ma'nosini anglatuvchi *karat*, ya'ni 0,2 gramm, «bug'doy doni» ma'nosini anglatuvchi *gran* o'lchovlari ishlatilib kelingan. Astronomlarning Quyosh, Yer va Oyni ko'p yillik kuzatishlari natijasida vaqt birliklari – yil, oy, soat, minut va sekundlar vujudga kelgan.

Metrologiya xizmati va metrologik ta'minotning dastlabki shakllari ham asta-sekin vujudga kela boshlagan. Masalan, rus knazi Svyatoslav Yaroslavichning oltin kamaridan uzunliklarni o'lchashning namunasi sifatida foydalanilgan. O'rta asrlarda Italiyada mamlakat cherkov va butxonalarida saqlanadigan marvarid donalaridan sochiluvchan moddalarning hajmi va massa birliklari sifatida foydalanilgan.

O'lchovshunoslik, o'lchov vositalari va usullarini yaratishda, ularning rivojlanishida, ayniqsa, Sharq, xususan, Markaziy Osiyo olimlarining hissasi katta bo'lgan.

Masalan, VIII–XI asrlarda yashab ijod qilgan vatandoshlarimizdan Al-Xorazmiy, Ahmad Al-Farg'oniy, Abu Ali ibn Sino, Abu Rayhon Beruniy va Mirzo Ulug'bek kabi buyuk olimlarimiz o'lchovshunoslik va o'lchov birliklariga oid bir qancha asarlar yozib qoldirganlar. Buyuk allomamiz **Al-Xorazmiy** (783–850)ning «**O'lchashlar haqida**» risolasida uzunlik, yuz, hajmlarni hisoblash va o'lchash usullarini amalda qanday qo'llash haqida ma'lumotlar keltirilgan. Uning «**Quyosh to'g'risida**»gi risolasida vaqtni aniq o'lchashga katta ahamiyat qaratilgan. Vatandoshlarimizdan yana biri **Ahmad al-Farg'oniy** (taxminan 798–865) dunyoda birinchi bo'lib 861-yilda Nil daryosi sathini o'lchaydigan asbobni kashf qilgan. Uning bu kashfiyoti o'sha davrda juda katta ahamiyatga ega bo'lib, daryo suvi sathini olchash natijasida qishloq xo'jaligi ekinlarining u yoki bu turini ekish bo'yicha tavsiyalar berilar, ya'ni suv sathi maxsus belgidan past bo'lganda o'rtacha suv talab qiladigan, o'simliklar va belgidan yuqori bo'lganda esa ko'p suv talab qiladigan ekinlar ekish tavsiya etilgan. O'sha davrda dehqon-

larga soliq miqdorini belgilashda ham ushbu asbob ko'rsatkichlariga amal qilingan. Bu asbob puxtaligi va o'lchash aniqligi jihatidan hozirgi zamon asboblardan kam farq qiladi. Bundan tashqari, Ahmad al-Farg'oniyning «**Quyosh soatini yasash haqida kitob**» asarida ham o'lchovshunoslikka doir muhim ma'lumotlar keltirilgan bo'lib, uning astronomik kuzatishlar uchun mo'ljallangan o'lchash asbobi quyosh tutilishini oldindan bashorat qilishda va boshqa muhim kashfiyotlari o'z davrida o'lchovshunoslik fanini rivojlantirishda katta ahamiyatga ega bo'lgan.

Yana bir buyuk allomalarimizdan biri **Abu Rayhon Beruniy** (973–1048) dunyoda birinchilardan bo'lib tajribalar asosida Yer sharining radiusini o'lchagan.

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

Astronomiya fani taraqqiyotiga katta hissa qo'shgan olimlarimizdan biri **Mirzo Ulug'bek** (1394–1449)ning astronomiyaga tegishli o'lchashlarni takomillashtirishda hissasi nihoyatda katta bo'lgan. Uning astronomiya yordamida o'z rasadxonasida amalga oshirgan astronomik o'lchashlari natijasida tuzgan «**Ziji jadidi Ko'ragoniy**» asaridagi ma'lumotlar hozirgi zamonda qo'llanilayotgan ma'lumotlardan juda kam farq qiladi.

O'lchash asboblari va texnikasini yaratishda g'arb olimlarining ham hissasi kattadir. 1745-yilda akademik **G.R. Rixman** atmosfera elektrlanishini tatbiq qilish uchun birinchi bo'lib potentsiallar farqini o'lchovchi **elektrometr** yaratdi.

XIII asrning oxirida italyan olimlari **A. Volta** (1745–1827) va **L. Galvani** tomonidan elektr toki kashf etilgandan so'ng, tok kuchini o'lchash zaruriyati paydo bo'ldi. So'ngra daniyalik fizik **X. Ersted** (1777–1851) kashf etgan elektr tokining magnit ta'siridan foydalanib, nemis matematigi **G. Om** (1789–1854) 1826-yilda o'tkazgichdan o'tadigan tok kuchi va magnit maydoni ta'sirida turgan strelkaning og'ishi orasidagi bog'lanishni kashf etdi va shu prinsip asosida o'lchash asbobi yaratib, elektrotexnikaning asosiy

qonunlaridan biri – Om qonuniga asos soldi. Nemis fizigi **Vilgelm Veber** (1804–1891) yerning magnit maydonini o‘lchashni taklif etdi.

XIX asrning ikkinchi yarmida elektr mashinalari yaratilgandan so‘ng esa o‘lchash asboblari bo‘lgan ehtiyojlar yanada ortdi, chunki ularsiz elektr mashinalarni amaliyotga tatbiq etish mumkin emas edi. Elektromagnit ampermetrlar va voltmetrlar, vattmetrlar va fazometrlarning yaratilishida rus muhandisi **O.M. Dolivo-Dobrovolskiy**ning hissasi ayniqsa katta bo‘ldi. 1872-yil rus fizigi va olimlaridan biri **A.G. Stoletov** magnit kattaliklarni o‘lchovchi asboblarni yaratdi va takomillashtirdi.

Rus olimi, akademik **B.S. Yakobi** esa elektr zanjirining parametrlarini o‘lchaydigan qator usullar va asboblarni kashf etdi hamda elektr kattaliklarning o‘lchov birligi tizimini yaratish zaruriyati vujudga kelganligini asoslab berdi. 1881-yilga kelib Parijda o‘tkazilgan birinchi Xalqaro Elektrotexnik Kongressda bunday tizim tasdiqlandi. Mashhur rus olimi **D.I. Mendeleyev** tashabbusi bilan 1892-yilda Rossiyada metrik tizimni tatbiq etish g‘oyasi olg‘a surildi.

Hozirgi davrda sanoatning barcha tarmoqlarida o‘lchash asboblari va usullari ichida eng ko‘p tarqalgan va jadal rivojlanayotgan o‘lchashlar bu *elektr o‘lchash usuli* hamda *elektr o‘lchash asboblari*dir.

Elektr o‘lchash usuli boshqa usullarga qaraganda qator afzalliklarga ega bo‘lib, ular yordamida ma‘lumotlarni uzoq masofalarga uzatish, elektr signallarni saqlab qo‘yish, qayta ishlash va boshqalarni amalga oshirish mumkin. Shu sababli sanoatning barcha sohalarida elektr va noelektr kattaliklarni o‘lchashda elektr o‘lchash asboblari keng qo‘llanilmoqda.

So‘nggi yillarda elektronikaning elementlar bazasi hamda hisoblash texnikasiga asoslangan holda qator texnologik masalalarni muvaffaqiyatli yechish zahirida o‘lchash texnikasi tez sur‘atlar bilan rivojlandi va takomillashtirilmoqda. Analog o‘lchash asboblari ham konstruktiv jihatdan jiddiy o‘zgarishlar qilindi, masalan, elektr o‘lchash asboblari ampermetr, voltmetr va boshqalarning harakatlanuvchi qismini kernlarda mahkamlash o‘rniga tortqich (rastyajka) dan foydalanish ularning sezgirliги va aniqligini sezilarli darajada oshirdi.

Mikroelektronikaning so‘nggi yutuqlaridan foydalanish esa analog asboblarning harakatlanuvchi qismi bo‘lmagan elektr o‘lchash asboblarni ishlab chiqarish imkonini berdi.

O‘zbekistonda ham o‘lchash texnikasini rivojlantirishda keng ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Tarqoq parametrli magnit

zanjirlar nazariyasi, texnik ijodiyotning energoinformatsion usuli va turli tabiatli zanjirlar analogiyasining umumlashgan nazariyasi ustida ilmiy faoliyat olib borgan marhum professor **M.F. Zaripov**, kimyo-texnologiya sanoatida o'lchash texnikasi, o'lchash usullari va asbobsozlikni rivojlantirishga katta hissa qo'shayotgan O'zbekiston FA akademigi **N.R. Yusupbekov**, issiqlik, elektromagnit va opto-elektron birlamchi o'lchash o'zgartgichlari nazariyasi hamda ularni takomillashtirish ustida ilmiy faoliyat yuritayotgan professor **R.K. Azimov**larning ilmiy ishlari e'tiborga loyiqdir.

O'zbekiston Respublikasida mustaqillikning dastlabki yillari-dayoq korxonalarining metrologik ta'minoti, ularni standartlashtirish, sertifikatlashtirishga doir huquqiy-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 millionlab o'lchash asboblardan foydalanilmoqda. Ularning har biri bilan har kuni ko'plab o'lchashlar bajariladi. Bunday sharoitda o'lchov birligini ta'minlash katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Bu masalalar bilan O'zbekiston Respublikasi Davlat standartlashtirish qo'mitasi va uning tizimlari shug'ullanadi. Hukumatimiz tomonidan qabul qilingan bir qator qonunlar tufayli 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 asboblarining 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, mamlakatda dunyo ko'lamidagi standartlashtirishni rivojlantiradi.

Ushbu o'quv qo'llanmaning asosiy maqsadi kasb-hunar kollejlari talabalariga metrologiyaning asosiy tushunchalari, davlat metrologik xizmatini tashkil qilish, texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida ishlatiladigan o'lchash usullari, analog va raqamli o'lchash asboblarining tuzilishi va ishlash prin-

siplari, o'lchash asboblarning to'g'ri qo'llanilishi va ularni ekspluatatsiya qilish, sozlash va rostlash kabi muhim masalalar bo'yicha bilim berishdan iborat.

Ushbu o'quv qo'llanma respublikamizning qishloq va suv xo'jaligi sohasi bo'yicha ta'lim beruvchi kasb-hunar kollejlarning texnika yo'nalishlari bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, ularning fan dasturlariga asosan yaratildi.

Elektroenergetika, elektromexanika va avtomatlashtirish yo'nalishidagi kollej o'quvchilariga mo'ljallangan ushbu o'quv qo'llanmada metrologiya asoslari, nazorat-o'lchash asboblari va elektr o'lchash usullari, texnik vositalarning tuzilishi, ishlash prinsiplari, ularning asosiy metrologik xossalari, afzalliklari to'g'risida hamda kamchiliklarini bartaraf etishga qaratilgan ma'lumotlar keltirilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma 4 ta bobdan iborat bo'lib, har bir bobning boshida mavzuga tegishli qisqacha fizik qonunlar va hodisalar bayon etilgan. Alohida mavzularda ideallashgan sodda tasavvurlardan real elektr va magnit zanjirlarga hamda yetarlicha murakkab bo'lgan elektromexanik o'lchash mexanizmlari va usullariga o'tilgan.

Qo'llanmada keltirilgan ma'lumotlar hozirgi zamon nazorat-o'lchash asboblari taalluqli bo'lib, ularning texnik yechimlari esa xalq xo'jaligida keng qo'llanilayotgan axborot-o'lchash tizimlari va majmualaridagi elektr va noelektr kattaliklarni o'lchashda keng qo'llanilayotgan birlamchi o'lchash o'zgartgichlari – datchiklarning xossa va o'ziga xos xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan.

Amaliy va tajriba ishlari mavzulari va hajmi nazariy bilimlarning mazmun-mohiyatini yanada chuqurroq tushunishga hamda mustahkamlashga imkon beradi. O'z-o'zini tekshirish savollari, masalalar talabalarning mustaqil ta'lim olishi va fikrlash qobiliyatini oshirish uchun xizmat qiladi.

O'quv qo'llanma haqidagi taklif va mulohazalaringizni quyidagi manzilga yuborishingizni so'raymiz: *100000, Toshkent shahri, Qori Niyoziy ko'chasi, 39, TIMI «Elektrotexnika va elektr yuritma» kafedrasini. Tel: (99871)237-19-65, e-mail:BRustam 2001@yahoo.com.*

I BOB. ASOSIY METROLOGIK TUSHUNCHALAR. O'LCHASH USULLARI VA XATOLIKLAR

1.1. Metrologiyaning asosiy atamaları va ta'riflari

O'lchashlar, o'lchash usullari va ularning birligini ta'minlash vositalari hamda talab etilgan aniqlikka erishish yo'llari haqidagi fan **metrologiya** fani deb ataladi.

Metrologiya yunonchadan olingan so'z bo'lib, «metron» – o'lchash va «logos» – mantiq, fan ma'nosini anglatadi. Metrologiya fani asosan quyidagi masalalar bilan shug'ullanadi:

- o'lchashlar nazariyasi;
- kattaliklarning o'lchov birliklari;
- o'lchash usullari va vositalari;
- o'lchashlar aniqligini ta'minlash usullari;
- o'lchov birligi va o'lchash vositalarining bir xilligini ta'minlash asoslari;

– etalon yoki namunaviy o'lchash vositalari yordamida ishchi vositalarga o'lchov birliklarining o'lchamlarini uzatish usullari.

O'lchash – bu maxsus texnik vositalardan foydalangan holda tajriba yo'li bilan fizik kattaliklarning qiymatini aniqlashdir.

Fizik kattaliklar esa sifat jihatdan ko'pgina fizikaviy obyekt-larda umumiy bo'lib, miqdor yoki son jihatdan har bir obyekt uchun xususiy bo'lgan xossadir.

Fizik kattalikning asosiy xossasi uning o'lchamidir. **Kattalikning o'lchami** deb, shu kattalikning tizimidagi asosiy kattaliklar bilan bog'liqligini ko'rsatadigan va proporsionallik koeffitsiyenti 1 ga teng bo'lgan ifodaga aytiladi. Umuman, fizik kattalikning birligi deganda son qiymati 1 ga teng qilib olingan kattalik tushuniladi. Ma'lum bir fizik kattalikning birliklari o'zaro o'lchamlari bilan farqlanishi mumkin. Masalan, kuch birligi 1 N massasi 1 kg bo'lgan jismga 1 m/s² tezlanish beradigan o'lcham bo'lib, quyidagi har xil o'lcham

$$1 \text{ N} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ s}^2}$$

ga teng.

O'lchashning texnik vositasi deb, o'lchashda qo'llaniladigan va me'yorlangan xatolikka ega bo'lgan vositaga aytiladi. O'lchash vositalari qo'llanishiga ko'ra har xil bo'lishi mumkin: *namunalar, elektr o'lchash asboblari, o'lchash o'zgartgichlari, o'lchash qurilmalari, o'lchash-axborot tizimlari.*

Namunalar bir qiymatli (normal element, tarozi toshi va h.k.) va ko'p qiymatli (o'zgaruvchan qarshilik, sig'im va h.k.) turlarga bo'linadi.

Fizik kattaliklarni o'lchash uchun o'lchash asboblaridan foydalaniladi. **O'lchash asbobi** deb, o'lchash ma'lumoti signalini kuzatuvchi uchun qulay ko'rinishda ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'lchash vositasiga aytiladi. O'lchash asboblari ularning foydalanishi va ishlash prinsipiga ko'ra turlicha bo'ladi.

O'lchash axboroti signalini uzatish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qulay, lekin kuzatuvchining bevosita qabul qilishiga noqulay bo'lgan ko'rinishda ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'lchash vositasi **o'lchash o'zgartgichi** deb ataladi. Vazifasiga ko'ra, o'lchash o'zgartgichlari *birlamchi, oraliq, uzatish va masshtab o'zgartgichlari*ga bo'linadi.

O'lchashlarda turli yordamchi vositalardan ham foydalaniladi. Ular asosiy o'lchash vositalarining metrologik xossalariga ta'sir etadi. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari taraqqiyoti o'lchash-axborot tizimlari bilan 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'zgartgichlari) ni va yordamchi qurilmalarining bir-biriga kanallar yordamida bog'langan tizimidir.

Turli sohalarida foydalaniladigan barcha o'lchov vositalari belgilangan talablarga javob berishi kerak. Bunda o'lchash vositalarining bir xilligi ta'minlanadi, ya'ni o'lchash vositalari shkalasi tasdiqlangan birliklarda darajalangan va ularning metrologik xossalari me'yorlarga mos keladi.

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

1.2. Asosiy elektr va magnit kattaliklarning o'lchovlari

O'lchash aniqligi va ishlatilish sohalariga ko'ra, o'lchovlar *etalon, namuna va ishchi o'lchovlarga* bo'linadi.

Fizik kattaliklar o'lchov birligini boshqa o'lchash vositalariga yuqori aniqlikda uzatish maqsadida saqlash va qayta ishlash uchun mo'ljallangan o'lchov vositasi **etalon** deyiladi.

Vakolat berilgan davlat tashkilotining qarori bilan u yoki bu davlat hududida o'lchov birliklarini o'lchash sifatida qo'llaniladigan etalon **davlat etaloni** deb ataladi.

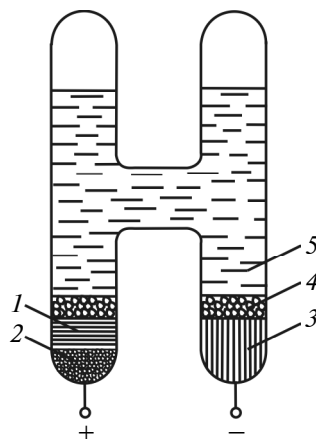
Namuna o'lchovlar esa ishchi o'lchovlarni va o'lchash asboblarni ishonchlash uchun ishlatiladi. Ba'zi bir o'lchash jarayonlarida namuna o'lchovlar bevosita qo'llaniladi.

Ishchi o'lchovlar bir xil kattaliklardagi bir qancha o'lchamlarni takror ko'rsatish uchun ko'p qiymatli qilib tayyorlanadi.

Elektr kattaliklarning o'lchovlari sifatida elektr yurituvchi kuch (EYK), elektr qarshiligi, induktivligi va o'zaro induktivlik hamda sig'im o'lchovlari qo'llaniladi.

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

EYK ning namuna va ishchi o'lchovlari sifatida normal elementlar qo'llanilib, ular juda barqaror qiymatga ega EYK hosil qiluvchi galvanik elementdan iborat. *Normal elementlar* to'yingan va to'yinmagan qilib tayyorlanadi hamda ular bir-biridan konstruksiyasi va hosil qiluvchi EYK ning barqarorligi darajasi bilan farq qiladi. 1.1-rasmda to'yingan normal element keltirilgan bo'lib, u H-simon shisha trubkadan iborat va unda trubkaning bir tomoniga quyilgan simob musbat elektrod 2 vazifasini bajaradi. Ikkinchi trubkaning tagida esa manfiy elektrod 3 vazifasini bajaruvchi kadmiyning simobdagi eritmasi quyilgan. Simob ustiga simob sulfat oksidi va kadmiy sulfat aralashmasidan iborat bo'lgan pasta 4 qatlami joylashtirilgan. Simob sulfat oksidi depolarizator, ya'ni qutblanish hodisasini qaytarish vazifasini o'taydi. Idishning yuqori qismiga kadmiy sulfatining to'yingan eritmasi 5 solinadi. Eritmaning to'yinishini ta'minlash uchun idishning bukilish joyiga (tirsagiga) elek-



1.1-rasm. Normal element.

trodlar ustidan kadmiy sulfatining kristallari joylashtirilgan. Normal element tirsaklarining pastki qismiga o'lchash zanjiriga ulash uchun plastinadan yasalgan elektrodlar kavsharlanadi. Shisha idish yaxshi izolatsiyalangan quti ichiga joylashtirilib, unda termometr uchun teshik bor (rasmda keltirilmagan).

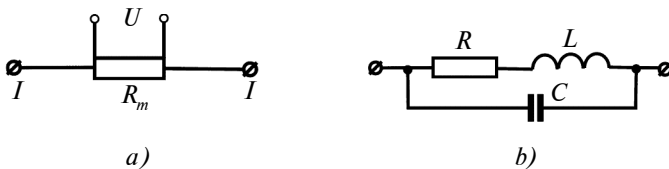
Harorat 20°C bo'lganda to'yingan normal elementning EYK i 1,0185–1,087 V oraliqda bo'lishi va bir yil vaqt ichida 50 mkV dan o'zgarishli lozim. To'yingan normal elementlar 0,001, 0,002 va 0,005 aniqlik klasslari bo'yicha ishlab chiqariladi. To'yingan normal elementlarning ichki qarshiligi 500–1000 Omni tashkil etadi.

To'yinmagan elementlarning aniqlik klassi 0,002 dan oshmaydi va 20°C haroratdagi EYK i qiymati 1,0186–1,0194 V oraliqda bo'ladi hamda ichki qarshiligi 600 Om gacha bo'ladi. Bir yil vaqt mobaynida elementning EYK i 200 mkV gacha o'zgarishi mumkin. To'yinmagan elementlarning aniqlik klassi yuqori bo'lmasada, ularda EYK ning haroratga bog'liqligi juda kam. Bu turdagi normal elementlar ko'chma o'lchash qurilmalarida ishlatiladi.

Bunday elementlarni silkinish, to'ntarilish, quyosh nuri, isituvchi va boshqa ta'sirlardan saqlash lozim. Ulardan o'tayotgan ishchi tok miqdori 1 mA dan oshmasligi kerak. Bu kabi omillar elementning EYK ini o'zgartirishi yoki uni umuman ishdan chiqarishi mumkin.

Keyingi paytlarda EYK ning ishchi o'lchovlari sifatida o'zgarish kuchlanish kompensatsiya mo'tadillagichlari keng ishlatilmoqda. Bu qurilmalarda mo'tadillovchi element sifatida kremniy stabiltron – diod qo'llaniladi. Kompensatsiya mo'tadillagichlar kuchlanishni $0,001\%^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'lgan harorat koeffitsiyenti bilan katta yuklama toklarida ham 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 birbiridan o'zaro 1 metr masofada bo'lgan ikkita ingichka o'tkazgichdan o'tganda ular har metri uzunligi o'rtasida $2 \cdot 10^{-7}$ N kuch hosil bo'ladigan tokdir. Elektr qarshiligining namuna va ishchi o'lchovlari g'altaklar ko'rinishida yasaladi. Ko'p qiymatli o'lchov-



1.2-rasm. Namunaviy rezistiv element:
 a) shartli belgilanishi; b) ekvivalent sxemasi.

larda bir necha g'altaklar birgalikda qarshiliklar magazinini hosil qiladi. G'altaklar, asosan, manganin (mis, marganes, nikel, alu-miniy va teller qarishmasi simi yoki lentasidan o'ralgan) bo'lib, u katta solishtirma qarshilikka ($0,45 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$), kichik harorat koeffitsiyentiga ($10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$) ega va mis bilan birikkanda juda oz miq-dordagi (1°C da 2 mK) termo-EYK yuzaga keladi.

Qarshilikning o'lchovlari standartga ko'ra $R=10^n$ Om ga teng qiymatda yasaladi, bunda n -5 dan $+10$ gacha bo'lgan butun sonlardir. Atrof-muhit havo harorati 20°C bo'lganda, g'altak qarshi-ligining haqiqiy qiymati uning nominal qiymatidan eng ko'p yo'l qo'yiladigan o'zgarishga ko'ra, o'lchash g'altaklari $0,0005$, $0,001$, $0,002$, $0,005$, $0,01$, $0,02$, $0,05$, $0,1$ va $0,2$ aniqlik klasslariga bo'-linadi.

1.2-a va b rasmlarda qarshilikli g'altakning shartli belgilanishi va ekvivalent sxemasi keltirilgan. O'tish qarshiliklarining ta'sirini kamaytirish maqsadida qiymati 104 Om dan kichik bo'lgan o'l-chovlar to'rt qisqichli qilib yasaladi. Ikkita I-I qisqich g'altakni tok zanjiriga ulash uchun xizmat qiladi va *tok qisqichlar* deb ata-ladi, boshqa ikkitasi esa g'altakdagi kuchlanish tushuvini o'lchash uchun xizmat qiladi va *potensial qisqichlar* deb ataladi. O'lchovning ekvivalent sxemasidan (1.2-b rasm) 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 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 $100\text{--}300 \text{ Om}$ gacha bo'lgan o'lchovlarda) va *parallel bifilyar* o'ramli (yuqori Omli o'lchovlarda) usulda yasaladi.

Induktivlik va o‘zaro induktivlikning namuna va 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‘zgarishligi, aktiv qarshiligidir. Shuning uchun ham chulg‘am izolatsion materialdan (odatda, chinnidan) yasalgan karkasga o‘raladi. Induktivlik va o‘zaro induktivlik o‘lchovlarining sifati g‘altakning *aslliligiga* 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 namuna o‘lchovlari bitta umumiy karkasda joylashtirilgan ikkita chulg‘amdan iborat bo‘lib, ikkita juft qismga ega.

O‘zgaruvchan induktivlik va o‘zaro induktivlikning namuna va ishchi o‘lchovlari sifatida variometrlar qo‘llaniladi. *Variometrlar* – har biri o‘zgarish qiyamatli 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 kHz gacha bo‘lgan o‘zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatish uchun mo‘ljallangan.

Sig‘imning namuna va ishchi o‘lchovlari sifatida o‘zgarish va o‘zgaruvchan sig‘imli havo yoki boshqa turdagi dielektrikli (sluda) 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 va izolatsiya qarshiligining kattaligi va bardoshligidir. Bu talablarga ko‘p jihatdan havo dielektrikli kondensatorlar javob bersada, sig‘im qiymatining kichikligi tufayli geometrik o‘lchamlari nisbatan katta bo‘ladi. Sluda dielektrikli kondensatorlarda sig‘im qiymati nisbatan katta (1 mkF gacha) bo‘lishiga qaramasdan, 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 mkF oralig‘idagi sig‘imlarni olish mumkin.

Magnit oqimning ishchi o'lchovlari sifatida aktiv qarshiligi, induktivligi va o'ramlararo sig'imi kichik bo'lgan o'zaro induktivlik g'altaklari ishlatiladi. O'zRST 8.030–82 ga muvofiq, bu o'lchovning qiymati 0,01 Vb qilib belgilangan.

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

Magnit induksiyasining namuna va ishchi o'lchovlari kvars karkasga o'ralgan induktiv g'altak bo'lib, u 1 A li tokka ega bo'lgan zanjirga ulanadi. Bu o'lchovlar 10^{-10} dan $5 \cdot 10^{-2}$ Tl gacha bo'lgan magnit induksiyasini 0,0005%gacha 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 usullari

Biror-bir fizik kattalikning sonli qiymatini o'lchash orqali aniqlash mumkin, ya'ni ushbu kattalikni birga teng deb olingan shunday turdagi kattalikdan necha marta katta yoki kichikligi taqqoslanadi.

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 natijasidan olinadi. Masalan, tokni ampermetr, kuchlanishni voltmetr va quvvatni vattmetr yordamida o'lchash bevosita o'lchash turiga kiradi. *Bilvosita* o'lchashda o'lchanayotgan kattalik u bilan tegishli bog'lanishda bo'lgan boshqa biror kattaliklarning qiymatini bevosita o'lchash orqali aniqlanadi. Masalan, ampermetr va voltmetr yordamida qarshilikni o'lchashdir. Bu o'lchash turida o'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

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

bunda: Y – o‘lchanayotgan kattalikning qiymati; x_1, x_2, \dots, x_n – asboblarning yordamida bevosita o‘lchangan kattaliklar qiymatlari.

O‘lchash jarayonida ishlatiladigan o‘lchash prinsiplari va texnik vositalari *birgalikda o‘lchash usullarini* tashkil qiladi.

O‘lchash usullari. O‘lchash usullari ikki turga bo‘linadi: *bevosita baholash usuli* va *taqqoslash usuli*.

Bevosita baholash usulida o‘lchanayotgan kattalikning qiymati bitta yoki bir nechta asboblarning 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 yoki quvvatni vattmetr 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, o‘z navbatida, *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‘rsatkichiga (nol-indikator) ta’sir etuvchi natijaviy taqqoslanish natijasi nolgacha kamaytiriladi. Bu usulga elektr qarshiligini to‘la muvozanatlanishga asoslangan ko‘prik sxemasi bilan o‘lchash misol bo‘lishi mumkin. Ko‘prik sxemasida o‘lchashning 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 muvozanatlanadi. Qarshilikni muvozanatlanmagan ko‘prik sxemasi yordamida o‘lchash differensial usulga misol bo‘ladi. 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'lchanayotgan kattalikning va o'lchovning qiymatlari ketma-ket bitta asbob bilan o'lchanadi. Ikki o'lchash natijasi hamda o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati topiladi. Qarshilikning qiymati rostlanuvchi o'lchov (qarshiliklar magazini) va o'zgarish tok ko'prigi yordamida o'lchash bu usulga misol bo'lishi mumkin. Bunda avval qiymati o'lchanayotgan qarshilik ko'priki yelkasiga ulanib, muvozanat holatiga keltiriladi. Keyin qarshilik o'rniga rostlanuvchi o'lchov ulanadi va uning qiymati rostlanib ko'priki muvozanatga keltiriladi. Rostlanuvchi o'lchov qiymati noma'lum qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi.

Mos tushish usuliga ko'ra o'lchanayotgan kattalik va o'lchov qiymatlarining farqi asbob shkalasidagi yoki davriy signalidagi belgiga mos kelishi asosida o'lchanadi. Bu usul noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi. Masalan, uzunlikni noniusli shtangen-sirkul, jism aylanish chastotasini stroboskop yordamida o'lchash.

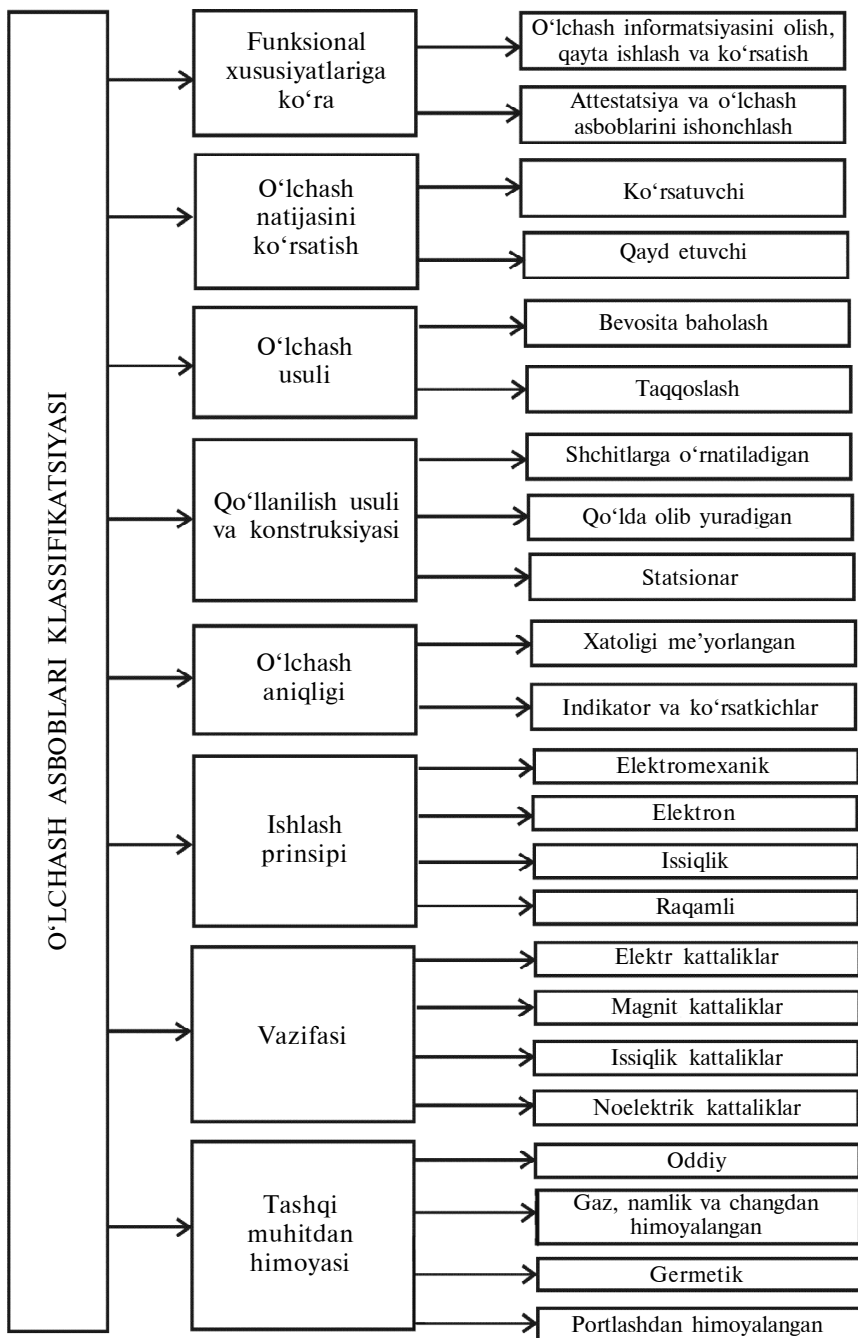
O'lchashlar o'lchanayotgan kattalikning o'lchash jarayonida o'zgarishi xarakteriga ko'ra statik va dinamik o'lchashlarga bo'linadi.

Statik o'lchashlarga qiymati o'lchash jarayoni mobaynida o'zgarib qolmaydigan o'lchashlar kiradi. Bunga o'zgarish kattaliklarni o'lchashdan tashqari, davriy o'zgaruvchan kattaliklarning turg'un rejimida amalga oshirilgan o'lchashlar ham kiradi. Masalan, o'zgaruvchan kattalikning amplituda qiymatini turg'un rejimda 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 misol bo'ladi.

1.4. O'lchash vositalari va ularning turlari. **O'lchash asboblarning klassifikatsiyasi**

O'lchash vositalari va ularning turlarini quyidagi guruhlariga ajratish mumkin: *standartlashirilgan, standartlashirilmagan, avtomatik, avtomatlashirilgan* hamda *intellektual* o'lchash vositalari.



1.3-rasm. O'lchash asboblari klassifikatsiyasi.

Standartlashtirilgan o'lchash vositalarining texnik ko'rsatkichlari davlat standarti talablariga to'la mos kelishi zarur.

Standartlashtirilmagan o'lchash vositalariga metrologik xarakteristikalarini davlat standarti talablariga mos kelmaydigan o'lchash vositalari kiradi. Bunday o'lchash vositalari ishlab chiqarishning ichki ehtiyojlari uchun qo'llanilishi mumkin.

Avtomatik o'lchash vositalari bevosita o'lchash hamda o'lchash natijalarini hisoblash, qayd qilish, ma'lumotlarni uzatish va boshqaruvchi signallarni ishlab chiqarish kabi barcha ishlarni avtomatik tarzda o'zi bajaradigan intellektual o'lchash vositalari bo'lib, ular xotiraga ega hamda o'lchash vaqtida berilgan dastur bo'yicha tanlashni, o'lchash natijalariga ishlov berishni, ularni baholashni va boshqa vazifalarni mustaqil ravishda avtomatik tarzda bajaradi.

O'lchash asboblari ba'zi bir belgilariga qarab klassifikatsiyalarga bo'lish mumkin, masalan, o'lchash asboblari funksional xususiyatlari, o'lchash natijasini ko'rsatish, o'lchash usuli, qo'llanilish usuli va konstruksiyasi, o'lchash aniqligi, ishlash prinsipi, vazifasi, tashqi muhitdan himoyasi va boshqa belgilari bo'yicha klassifikatsiyalanadi. 1.3-rasmda o'lchash asboblarining klassifikatsiyasi keltirilgan.

Barcha elektr o'lchash asboblariga bo'lgan texnik talablar DS 22261–82 da me'yorlangan. Elektr o'lchash asboblarida keltiriladigan asosiy shartli belgilar esa DS 23217–78 da belgilangan (1.2-jadvalga q.)

1.5. O'lchash vositalari va asboblarining asosiy metrologik xarakteristikalarini

O'lchash vositalarining va asboblarining barcha ekspluatatsion ko'rsatkichlari ularning *metrologik xarakteristikalarini* deb ataladi. Bu xarakteristikalar esa DS 8.009–84 da keltirilgan bo'lib, o'lchash vositalarini tanlashda juda muhim hisoblanadi. Shuning uchun quyida o'lchash asboblarining eng ko'p qo'llaniladigan asosiy metrologik xarakteristikalarini keltirilgan.

O'lchash asbobi xatoligi. O'lchash asbobi xatoligi o'lchash asbobi ko'rsatishining o'lchanayotgan kattalikdan qanchaga og'ishi darajasini ko'rsatadi. Xatolik o'lchash asboblarining asosiy xarakteris-

tikalaridan biri hisoblanadi. O'lchanayotgan kattalikning *haqiqiy qiymati* namuna o'lchash vositalari yordamida aniqlanadigan qiymatdir.

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

Absolut xatolik – o'lchanayotgan kattalikning o'lchash asbobida o'lchangan qiymati X_{o1} bilan shu kattalikning namuna asbobi yordamida aniqlangan haqiqiy qiymati X_h orasidagi ayirma bilan aniqlanadigan qiymat bo'lib, u quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta = X_{o1} - X_h. \quad (1.2)$$

O'lchash asbobining absolut xatoligi o'lchanayotgan kattalik birligida ifodalanadi.

Tuzatma – absolut xatolikning teskari ishorasi bilan olingan qiymati bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta_t = X_h - X_{o1}. \quad (1.3)$$

Absolut xatolik o'lchash aniqligini yetarli darajada baholay olmaydi. Masalan, absolut xatoligi $\Delta = 0,01$ A bo'lgan o'lchash diapazoni 10 A va 1 A ga teng ampermetrlar har xil o'lchash aniqliklariga ega.

Nisbiy xatolik – absolut xatolikning o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati bilan aniqlanadigan qiymatdir:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_h} \cdot 100\%. \quad (1.4)$$

Nisbiy xatolik o'lchash asboblarining aniqligini o'lchash diapazonining faqat berilgan nuqtasidagina baholaydi. O'lchash asbobining butun diapazoni bo'yicha aniqligini baholash uchun esa keltirilgan xatolik tushunchasidan foydalaniladi.

Keltirilgan xatolik – asbobning eng yuqori o'lchash chegarasi bo'yicha foizlar bilan ifodalanadigan nisbiy xatolikka teng kattalikdir:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_{\max}} \cdot 100\%. \quad (1.5)$$

Keltirilgan xatolikning ruxsat etilgan qiymati bo'yicha barcha o'lchovlar va o'lchash asboblarining aniqlik klasslari aniqlanadi.

Aniqlik klassi esa son bilan belgilanib, bu son keltirilgan xatolikning eng katta ruxsat etilgan qiymatini ifodalaydi. Masalan, yuqori o'lchash chegarasi 150 V bo'lgan voltmترلarning aniqlik klassi

0,2 ga teng bo'lsa, bu uning asosiy xatoligi shu o'lchash chegarasida 0,2% dan katta bo'lmasligini bildiradi. O'lchash chegarasi -3 V dan $+3\text{ V}$ gacha bo'lgan voltmetrlarda yoki boshqa o'lchash asboblarda $X_{\max} = 6\text{ V}$ deb olinadi.

Keltirilgan xatolikning yana bir qulayligi shundan iboratki, u ko'p chegarali o'lchash vositalari uchun ham bir xil qiymatga ega. Shuning uchun ham bu xatolik o'lchash vositalari xossalari normallashtirishda juda qulay hisoblanadi.

O'lchash vositalari xatoliklari vaqt bo'yicha o'zgarishiga ko'ra *statik* va *dinamik* xatoliklarga bo'linadi. Vaqt bo'yicha o'zgar-maydigan kattaliklarni o'lchashda yuzaga keladigan xatolik **statik xatolik** deb ataladi. Dinamik rejimdagi (vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kattalikni o'lchashda) xatolik bilan vaqtning muayyan bir payti-dagi o'lchanayotgan kattalikni o'lchashga mos keladigan statik xatolik orasidagi farq **dinamik xatolik** deb ataladi.

O'lchash vositalari xatoliklari o'zgarish xarakteriga ko'ra *sistematik* va *tasodifiy* xatoliklarga bo'linadi.

Sistematik xatolik – bir kattalikni bir necha marta o'lchashda o'zgar-maydigan yoki ma'lum qonuniyat bilan o'zgaradigan xatolik.

Tasodifiy xatolik – bir kattalikni bir necha marta o'lchashda tasodifiy qonuniyat bilan o'zgaradigan xatolik.

Yuzaga kelish sharoitlariga ko'ra, xatoliklar *asosiy* va *qo'shimcha* xatoliklarga bo'linadi.

Asosiy xatolik – o'lchash asbobini normal sharoitlarda, ya'ni atrof-muhit harorati $20 \pm 5^\circ\text{C}$ da, tashqi elektr va magnit maydon ta'siri bo'lmagan va boshqa holatlarda foydalanilayotganda yuzaga kelgan o'lchash vositalarining xatoligi.

Qo'shimcha xatolik – tashqi ta'sir ko'rsatadigan omillarning birortasi normal qiymatidan og'ishi natijasida o'lchash vositalaridan foydalanishda yuzaga keladigan xatolik.

O'lchash vositalari xatoliklari o'lchanayotgan kattalikka mu-nosabatiga ko'ra *additiv* va *multiplikativ* xatoliklarga bo'linadi.

Additiv xatolik – o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan o'lchash vositasining xatoligi (lotincha *additio* – yig'indi) yoki nol xatolik. O'lchash vositalarida tayanchga o'rnatilgan qo'zg'aluvchan qismlardagi ishqalanish, hisoblashning noto'g'riligi, vibratsiya va boshqalar additiv xatolik manbayi hisoblanadi.

Multiplikativ xatolik – o‘lchanayotgan kattalikning o‘zgarishiga mos ravishda o‘zgaradigan xatolik multiplikativ (lotincha *multiplificatio* – ko‘paytma) xatolik yoki sezuvchanlik xatoligi. O‘lchash asbobiga tashqi muhit ta‘siri, asbob elementlarining eskirishi multiplikativ xatolik manbasi hisoblanadi.

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, bunda $n = 1; 0; -1; -2$ va h.k. 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 analog ko‘rsatuvchi asboblarga 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 DS 8401-81 ga ko‘ra quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$\delta_{\max} = \pm \left[c + d \left(|x_k / x_y| - 1 \right) \right], \quad (1.6)$$

bunda: 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 ega bo‘lishi mumkin. 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 statik xarakteristikasi deb, o‘lchash vositasining o‘lchash ma‘lumotini beruvchi kirish va chiqish kataliklari orasidagi funksional bog‘lanishga aytiladi.

O‘lchash vositalarining kirish va chiqish to‘la qarshiliklari ham uning metrologik tavsiflari turkumiga kiradi. Kichik quvvatli zanjirlarda o‘lchash vositasi zanjirning ish rejimiga sezilarli ta‘sir ko‘r-

satadi 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 tavsiflaridan biri hisoblanadi. Tashqi sharoit o‘zgar-magan holda o‘lchanayotgan kattalikning bitta qiymatini bir necha marta qayta o‘lchashda yuzaga keladigan farq *o‘lchash vositasi ko‘rsatishining variatsiyasi* deb ataladi. Amalda variatsiya tekshiri-layotgan asbob shkalasining bir belgisiga to‘g‘ri keladigan o‘lcha-nayotgan kattalikning ortuvchi va kamayuvchi tomonlari bo‘yicha o‘lchab aniqlangan haqiqiy qiymatlari farqi bilan aniqlanadi.

O‘lchash vositalarining dinamik xarakteristikasi uning met-rologik xarakteristikalaridan biri bo‘lib, o‘lchash vositasi inersiya xossalarini ifodalaydi va o‘lchash vositasi chiqish signalining vaqt bo‘yicha o‘zgarayotgan kirish signali parametrlari, tashqi ta’sir kattaligi va yuklama bilan bog‘liqligini aniqlaydi. O‘lchash vosi-tasining dinamik xarakteristikasi uning dinamik xatoligini aniq-lashga yordam beradi. O‘lchash vositasining dinamik xossalarining berilishiga ko‘ra *to‘liq va qisman dinamik xarakteristikalar* farq-lanadi. *To‘liq dinamik xarakteristikalar*ga quyidagilar kiradi: diffe-rensial tenglamalar, impuls xarakteristika, o‘tkinchi xarakteristi-ka, uzatish funksiyasi, amplituda va faza-chastota xarakteristika majmuasi. *Qisman dinamik xarakteristikalar*ga to‘liq dinamik xarak-teristikalarning ayrimlari kiradi. Masalan, o‘lchash vositasi ko‘r-satishning tinchlanish vaqti.

O‘lchash vositasining sezgirligi deb, o‘lchash vositasining chi-qish kattaligi orttirmasi shu orttirmani hosil qilgan kirish kattaligi o‘zgarishi nisbatiga aytiladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx}. \quad (1.7)$$

Chiziqli statik xarakteristikaga ega bo‘lgan o‘lchash vositasi-ni sezgirligi o‘zgar-mas, nochiziq statik xarakteristikaga ega o‘l-chash vositasining sezgirligi esa o‘zgaruvchan bo‘ladi.

O‘lchash vositasi bo‘linma qiymati (yoki **shkala bir bo‘lagining qiymati**) deb, sezgirlikka teskari bo‘lgan miqdorga aytiladi va quyi-dagiga teng:

$$C = \frac{1}{S}.$$

O'lchash vositasining boshlang'ich sezgirligi deb, o'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositasi yordamida o'lchash mumkin bo'lgan eng kichik o'zgartishiga aytiladi.

O'lchash vositasining o'lchash diapazoni deb, o'lchanayotgan kattalikning yo'l qo'yilgan xatoligi normallashtirilgan qiymatlari sohasiga aytiladi.

O'lchash vositasining mo'tadilligi deb, o'lchash vositasining metrologik xossalarning vaqt o'tishi bilan o'zgarishlik xususiyatiga aytiladi.

O'lchash asbobining iste'mol quvvati. 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 — o'lchash asbobining asosiy xarakteristikasi 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.

Ortiqcha yuklama (nagruzka) ga bardosh berishi. Odatda, o'lchovlar va o'lchash asboblarining chulg'amlari va boshqa tok o'tkazuvchi qismlari tok va kuchlanishning nominal qiymatlarida uzoq muddatgacha ishlashi ko'zda tutiladi. Ularning harorati ma'lum me'yorlardan oshmasligi zarur. Chunki haroratning me'yordan ortib ketishi elektr izolatsion materiallarni hamda izolatsion laklarni kuydiradi va natijada o'lchash asbobi muddatidan oldin ishdan chiqadi. Yuklamaning ortib ketishi, odatda, uzoq muddatli bo'lmaydi. Shuning uchun qisqa muddatli ortiqcha yuklama asboblari chulg'amlarining qizib ketishi uchun xavfli bo'lmay, balki qo'zg'aluvchan detallar va qismlarning mexanik buzilishiga olib keladigan dinamik zo'riqishning ortib ketishi xavflidir.

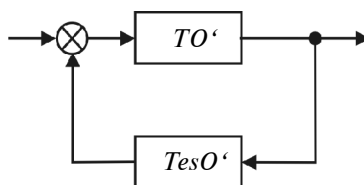
O'lchash vaqti. Raqamli o'lchash asboblarining asosiy xarakteristikalaridan biri — bu o'lchash vaqti bo'lib, o'lchash siklining boshlanishidan to hisoblash qurilmasida me'yorlangan xatolikli yangi o'lchash natijasi olingunga qadar bo'lgan vaqtga aytiladi.

1.6. O'lchash xatoliklarini kamaytirish usullari

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

Real o'zgartirish xarakteristikasini mo'tadillash.

Bu usulga muvofiq, o'lchash vositasida manfiy teskari aloqadan foydalaniladi (1.4-rasm). Bu sxemada ikkita o'zgartgich – to'g'ri yo'nalishdagi TO' va teskari yo'nalishdagi $TesO'$ o'zgartgichlar ishlatiladi. Bu usul universal usul



1.4-rasm. Teskari bog'lanishli o'lchash vositasi.

bo'lib, unda teskari aloqa yordamida turli tashqi ta'sirlarning o'lchash vositasi ish rejimiga ta'siri kamaytiriladi. Teskari aloqali o'lchash vositasi chiqishidagi signal quyidagicha aniqlanadi:

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

bunda S_{tes} – teskari aloqa zanjirining sezgirliigi.

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

$$\Delta_{a.x}(\xi) = \Delta_a(\xi) - \Delta_k(\xi),$$

bunda: $\Delta_{a.x}(\xi)$ – tashqi omillar ta'siridagi natijaviy asosiy xatolik; $\Delta_a(\xi)$ – o'lchash asbobining asosiy xatoligi; $\Delta_k(\xi)$ – o'lchash asbobi xatoligi bilan korreksiyalangan tashqi ta'sirlar xatoligi.

Xatolikni kompensatsiyalash usulining kamchiligi shundan iboratki, unda xatolikni kompensatsiyalovchi qo'shimcha qism parametrlarini tanlash ancha murakkabdir.

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

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

$$\delta_{\Sigma} = \delta_0 + \delta_x + \delta_{y0} + \delta_y + \delta'_0,$$

bunda: δ_0 va δ_x – mos ravishda nolga rostlash va namuna signali manbayi chiqish signalining xatoliklari; δ_{y0} va δ_y – mos ravishda nolga rostlash va sezgirlik xatoliklari; δ'_0 – additiv xatolik to'la yo'qotilmaganligi tufayli hosil bo'ladigan qo'shimcha xatolik.

O'lchash vositasining xatoligiga tuzatish kiritish usuli bilan korreksiyalashni uning o'zgartirish funksiyasini siljitish bilan amalga oshirish mumkin. Buning uchun, ko'pincha, teskari o'zgartgichdan foydalaniladi. Kirish va teskari o'zgartgich signallarining farqi o'lchash vositasiga tuzatma kiritish uchun ishlatiladi.

O'lchash vositasi xatoligini korreksiya qilishda iteratsiya usuli struktura sxemada qo'shimcha imkoniyatlar yaratishini hamda tezkorlik yuqori bo'lishini ta'minlaydi. Masalan, o'lchash vositasida vaqt va fazoviy kanallar ajratiladi. Kanallari vaqt bo'yicha ajratilgan o'lchash vositasining to'g'ri yo'nalishdagi o'zgartgich chiqishiga hisoblash qurilmasi ulanadi. Bu qurilmaning kirish qismiga teskari yo'nalishdagi o'zgartgich signali ham beriladi. To'g'ri va teskari yo'nalishdagi signallar farqi hisoblangandan keyin o'lchash natijasiga birinchi tuzatma (*birinchi korreksiya*) kiritiladi. Keyin xuddi shunday usul bilan ikkinchi tuzatma kiritiladi va h.k.

Tuzatma kiritish (iteratsiya) jarayoni tugagandan keyin o'lchash xatoligi ancha kamayadi. Kanallari fazoviy ajratilgan o'lchash vositalarida xatolikni korrektirovka qilish uchun bir xil to'g'ri va teskari yo'nalishdagi o'zgartgichlardan foydalaniladi. Bunda barcha teskari yo'nalishdagi o'zgartgichlar namuna o'zgartgichlar bo'lishi zarur. Bunday hollarda o'lchash vositasining xatoligi, asosan, oxirgi o'zgartgichning additiv xatoligi bilan aniqlanadi.

Namuna signallar yordamida xatolikni korreksiyalash usulida o'lchash vositasi yuqori tezkorlikka ega bo'lishi kerak. O'lchash vositasi struktura sxemasiga namuna elementlar to'plami hamda o'lchanayotgan signal va namuna signallarini navbatma-navbat ulash uchun tezkor uzgich-ulagich kiritiladi. O'lchanayotgan va namuna signallar farqi hisoblash qurilmasi yordamida har bir o'lchash natijasiga ko'ra aniqlanadi. Bu additiv va multiplikativ xatoliklarni kamaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, kor-

reksiyalashning bu usuli nohiziq xarakteristikali o'lchash vositalari xatoliklarini kamaytirish imkonini beradi. Bunday hollarda hisoblash qurilmasi nohiziq tenglamalar tizimini yechishga mo'ljallangan bo'lishi kerak.

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

Xatolikni korreksiyalashning ilg'or usullaridan biri — o'lchash vositasi strukturasi hisoblash qurilmalarini kiritishdir. Bunda korreksiyalash jarayoni avvaldan ko'zda tutilgan dastur asosida bajariladi.

Xatoliklarni korreksiyalash 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, izolatsiya va h.k.) usullaridan ham keng foydalaniladi.

1.7. I bobga doir amaliy darslar

1-amaliy dars. Birinchi amaliy darsda talabalar asosiy elektr kattaliklar, ularning hosilaviy o'lchov birliklari (1.1-jadval) va o'lchash asboblari ko'rsatiladigan asosiy shartli belgilar (1.2-jadval) bilan tanishishlari va ularni yoddan bilishlari zarur.

2-amaliy dars (masala yechish).

Masala. 377 turidagi ko'p o'lchov chegarasiga ega bo'lgan elektromagnit ampermetrning 300, 750, 1500 mA chegaralarida o'lchovlar o'tkazildi. Agar ampermetrning to'liq shkala bo'linmalari soni $\alpha_{\max} = 75$ bo'lsa, yuqorida keltirilgan 3 ta o'lchash chegaralarida shkala bo'linmalari sonini toping.

Yechish. Bizga ma'lumki, bo'linma qiymati deganda, o'lchash asbobi to'la o'lchash chegarasining I_n to'liq bo'linmalar soni α_{\max} ga nisbatiga aytiladi. Bu holda milliampermetrning shkala bo'linma qiymati har bir o'lchash chegarasida quyidagiga teng:
















$$C_{I(300)} = \frac{I_n}{\alpha_{\max}} = \frac{300}{75} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{bo'l}},$$

$$C_{I(750)} = \frac{I_n}{\alpha_{\max}} = \frac{750}{75} = 10 \frac{\text{mA}}{\text{bo'l}}, \quad C_{I(1500)} = \frac{I_n}{\alpha_{\max}} = \frac{1500}{75} = 20 \frac{\text{mA}}{\text{bo'l}}.$$

Asosiy elektr kattaliklar va ularning hosilaviy o'lchov birliklari

Kattaliklar	Shartli belgilar	O'lchov birliklari			SI ning boshqa birliklari orqali ifodalanishi
		Nomlanishi	O'zbekcha belgilanishi	Xalqaro belgilanishi	
Elektr tok kuchi	I	amper	A	A	
Elektr kuchlanish	U	volt	V	V	$m^2 \cdot kg/A \cdot s^3$
Elektr yurituvchi kuch	E	volt	V	V	W/A
Aktiv quvvat	P	vatt	W	W	$m^2 \cdot kg/s^3$
Reaktiv quvvat	Q	volt-amper reaktiv	VAR	VAR	
To'la quvvat	S	volt-amper	VA	VA	
Elektr energiyasi	W	vatt-soat	W · soat	W · h	$m^2 \cdot kg/s^2$
Elektr sig'imi	S	farada	F	F	KI/V
Elektr qarshiligi	R, r	Om	Om	Ω	$m^2 \cdot kg/A^2 \cdot s^3$
Elektr o'tkazuvchanlik	G	simens	Sm	S	$A^2 \cdot s^3/m^2 \cdot kg$
Induktivlik va o'zaro induktivlik	L, M	genri	G	H	$m^2 \cdot kg/A^2 \cdot s^3$
Chastota	f	gers	Hz	Hz	s^{-1}
Burchak tezlik	ω	radian/s	rad/s	rad/s	
Elektr zaryad miqdori	Q, q	kulon	Kl	C	A · s
Elektr maydon kuchlanganligi	E	volt/metr	V/m	V/m	$m \cdot kg/A \cdot s^3$
Elektr doymiyisi	ϵ_0	farada/metr	F/m	F/m	$A^2 \cdot s^4/m^3 \cdot kg$
Magnit oqimi	Φ	veber	Vb	Wb	$m^2 \cdot kg/A \cdot s^2$
Magnit induksiya	B	tesla	T	T	$kg/A \cdot s^2$
Magnit doimiysi	μ_0	genri/metr	G/m	H/m	$m \cdot kg/A^2 \cdot s^2$
Magnit maydon kuchlanganligi	H	amper/metr	A/m	A/m	
Magnit yurituvchi kuch	F	amper-o'ram	A	A	
Magnit qarshilik	R_μ	amper/veber	A/Vb	A/Wb	$A^2 \cdot s^2/m^2 \cdot kg$
Magnit momenti	p_m	amper · m ²	A · m ²	A · m ²	

O'lchash asboblari ko'rsatiladigan asosiy shartli belgilar

O'lchash mexanizmlari nomi	Shartli belgilar
Magnitoelektrik o'lchash mexanizmi	
Elektromagnit o'lchash mexanizmi	
Elektrodinamik o'lchash mexanizmi	
Elektrostatik o'lchash mexanizmi	
Induksion o'lchash mexanizmi	
Ferrodinamik o'lchash mexanizmi	
To'g'rilagich sxemasi bor bo'lgan magnitoelektrik o'lchash mexanizmi	
Izolatsiyani sinash kuchlanishi (2 kV)	
Asbobni vertikal joylashtirish	
Asbobni gorizontal joylashtirish	
O'zgarmas tok	
O'zgaruvchan tok	
Uch fazali o'zgaruvchan tok	
Aniqlik klassi	1,5  

Talabalar mustaqil bajarishlari uchun masala. Д5016/2 rusumli elektrodinamik vattmetr tok bo'yicha ikkita: $I_n=2,5; 5$ A o'lchash chegarasiga, kuchlanish bo'yicha esa oltita: $U_n=3; 75; 150; 300; 450; 600$ V o'lchash chegarasiga ega. Agar vattmetr bir tomonloma shkalaga ega bo'lib, bo'linmalar soni $\alpha_{\max} = 150$ ga teng bo'lsa, vattmetrning barcha o'lchash chegaralarida bo'linma qiymati C_w ni toping.

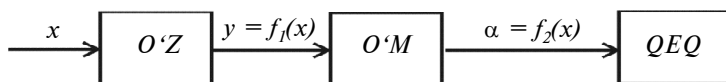
Nazorat savollari

1. Metrologiya fani nimalarni o'rganadi?
2. Metrologik ta'minotning asosiy vazifasi nimadan iborat?
3. O'lchash, o'lchash asbobi, o'lchov, o'lchash o'zgartgichi, o'lchash tizimi deganda nimani tushunasiz?
4. O'lchash umumbirligi qanday bajariladi?
5. SI tizimining asosiy o'lchov birliklari qaysilar?
6. O'lchash xatoliklarini sanab bering.
7. O'lchash xatoliklarini qanday kamaytirish mumkin?
8. EYK, elektr qarshilik, sig'im va induktivlik o'lchovlari qanday tuzilgan?
9. O'lchovlar qanday xatolikda attestatsiyalanadi?
10. Aniqlik klassi deganda nimani tushunasiz?

II BOB. ELEKTROMEXANIK O'LGHASH ASBOBLARI

2.1. Elektromexanik analog asboblarning tuzilishi va asosiy qismlari

Elektromexanik analog o'lgash asboblari deb, o'lganayotgan fizik kattalikning uzluksiz funksiyasi bo'lgan kuzatuvchi uchun qulay shakldagi informatsion o'lgash signalini hosil qiluvchi elektr o'lgash vositasiga aytiladi. Bunday o'lgash asboblarida qo'zg'aluvchan qismning holati o'lganayotgan kattalikning qiymatiga bog'liq. Ularning vazifasi va ishlash prinsipidan qat'i nazar elektromexanik asboblar o'lgash zanjiri (O'Z), o'lgash mexanizmi (O'M) va qayd etish qurilmasi (QEQ) dan tashkil topadi. 2.1-rasmda elektromexanik o'lgash asboblarining umumlashgan struktura sxemasi keltirilgan.



2.1-rasm. Elektromexanik analog asboblarning struktura sxemasi.

O'lgash zanjiri asbobning bir necha qismidan iborat bo'lib, o'lganayotgan kattalik x ni o'lgash mexanizmiga bevosita ta'sir etuvchi elektr kattalik y ga o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

O'lgash mexanizmi asbobning asosiy qismlaridan biri bo'lib, unda elektr yoki magnit energiya qo'zg'aluvchan qismni siljituvchi mexanik energiyaga o'zgartiriladi. Aksariyat o'lgash mexanizmlarida qo'zg'aluvchan qismning siljishi ma'lum o'q atrofida α burchakka burilishdan iborat bo'ladi.

Qayd etish qurilmasi asbob konstruksiyasining bir qismi bo'lib, ko'rsatgich va shkaladan tuzilgan. U qo'zg'aluvchan qismning burchak siljishini ko'rsatgich siljishiga o'zgartirib beradi.

O'lgash asboblarining sezgirligi quyidagicha hisoblanadi:

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

bunda: $S_1 = \frac{dy}{dx}$, $S_2 = \frac{d\alpha}{dy}$, $S_3 = \frac{dl}{d\alpha}$ – mos ravishda o‘lchash zanjiri, o‘lchash mexanizmi va qayd etish qurilmasining sezgirliklari. Analog o‘lchash asboblarning qator alomatlariga ko‘ra klassifikatsiyasi 1.3-rasmda keltirilgan.

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*, *korrektor* va *arretirlar* kiradi.

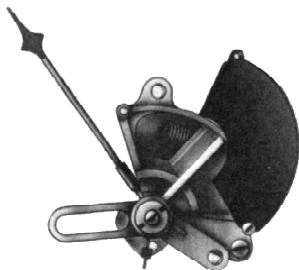
Asbobning **korpusi** uning barcha qismlarini mahkamlash va tashqi ta‘sirdan himoyalash uchun xizmat qiladi. Korpus metall yoki plastmassadan turli shakllarda tayyorlanadi.

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.

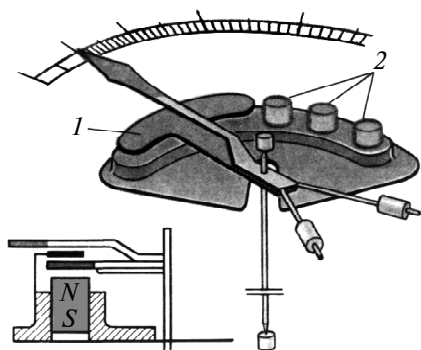
Teskari ta‘sir etuvchi moment hosil qilish uchun **spiral** yoki **lentasimon prujinalar** (rastyajka) dan foydalaniladi.

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

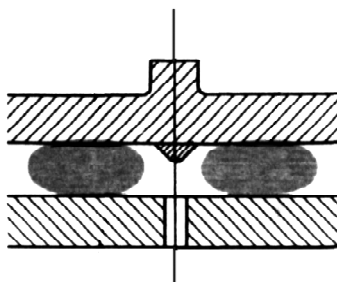


2.2-rasm. Havoli tinchlantirgich.

Havoli tinchlantirgich (2.2-rasm) yopiq kamera shaklida yasalgan bo‘lib, uning ichida aluminiydan yasalgan yengil qanot joylashtirilgan. Bu qanot qo‘zg‘aluvchan qism o‘qi bilan tutashtirilgan. Qo‘zg‘aluvchan qismning tinchlanish samarasi qanot harakatlanganda hosil bo‘lgan bosimlar farqi hisobiga hosil bo‘ladi.



2.3-rasm. Magnitoinduksiyali tinchlantirgich.

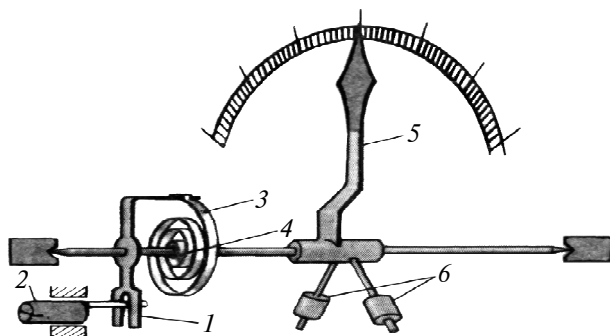


2.4-rasm. Suyuqlikli tinchlantirgich.

Magnitoinduksiyali tinchlantirgich (2.3-rasm) doimiy magnitlar 2 va qo'zg'aluvchan plastinalar 1 (sektor, disk, silindr) dan tashkil topgan. Bu tinchlantirgichning ishlashi tebranayotgan plastinkada doimiy magnet maydoni hosil qilgan uyurmaviy toklar maydonining o'zini yuzaga keltirgan maydonga tortilishiga asoslangan. Bunday tinchlantirgichlar oddiy va ishonchli, lekin ular doimiy magnetning maydoni asbobning asosiy ishchi maydoniga ta'sir ko'rsatmaydigan hollarda qo'llaniladi.

Suyuqlikli tinchlantirgichlar (2.4-rasm) ikkita metall disklardan tashkil topgan bo'lib, ulardan biri asbobning qo'zg'aluvchan qismiga mahkamlanadi, ikkinchisi esa qo'zg'almas bo'ladi. Ular bir-biri bilan qarama-qarshi holda oralig'i 0,1 mm lik tirqishda joylashtiriladi. Bu tirqish esa yopishqoq suyuqlik (polimetilsiloksan) bilan to'ldiriladi. Yopishqoq suyuqlik plastinalar yuziga ilashishi tufayli asbobning har qanday holatida ham oqib ketmaydi.

Elektromexanik asbobning **qayd etish qurilmasi** bir yoki bir nechta shkalalar va ko'rsatgich (strelka)dan iborat (2.5-rasm). O'lchash asbobining vazifasi, ishlash prinsipi va konstruksiyasiga ko'ra shkalalar va ko'rsatgichlar bir necha xillarga bo'linadi. Shkalalar *nomlangan*, ya'ni o'lchanuvchi kattaliklar birliklarida darajalangan yoki *shartli nomlangan* bo'ladi. Shkalalar shakliga ko'ra, *to'g'ri chiziqli* – *gorizontal* yoki *vertikal*, *yoyimon* (yoy burchagi 180° gacha bo'lganda) – *gorizontal*, *vertikal* yoki *qiya*; *aylanma* (yoy burchagi 180° dan ko'proq bo'lganda) larga; belgilarning shkalada joylashish xususiyatiga ko'ra, *tekis* (aylantiruvchi momentning



2.5-rasm. Qayd etish qurilmasi:
 1 – povodok; 2 – vint; 3, 4 – prujina uchlari;
 5 – strelka; 6 – posongilar.

oʻlchanayotgan kattalikka bogʻliqligi chiziqli boʻlganda), *notekis* (yuqoridagi bogʻliqlik nochiziq boʻlganda) larga; nolning joylashish oʻrniga koʻra, *bir tomonli* (nol shkalaning boshlanishida joylashgan), *ikki tomonli* (nol shkalaning oʻrtasida joylashgan) shakllarga farqlanadi.

Qayd etish qurilmasiga nisbatan kuzatuvchi kishi koʻzining notoʻgʻri holati hisobiga hosil boʻlgan, yaʼni *parallaks* xatolikni kamaytirish maqsadida oʻlchash asboblarning shkalasi koʻzguli qilinadi. Bunda qayd etish qurilmasiga shunday qarash kerakki, koʻrsatgich koʻzguda oʻz aksini berkitsin. Koʻrsatgichlar har xil shakllarda yasalishi mumkin: *yoysimon, nurli va raqamli*.

Turli sabablarga koʻra, asbob zanjiriga ulanmagan paytda ham koʻrsatgich noldan biroz siljishi mumkin. Bu siljishni yoʻqotish uchun korrektor 2 dan foydalaniladi. Korrektorning yurgizuvchisi (povodogi) 1 spiral prujinaning erkin uchi 3 ga mahkamlanadi, ikkinchi uchi 4 esa asbobning qoʻzgʻaluvchan qismiga ulanadi.

Arretir transportirovka paytida elektromexanik asbob qoʻzgʻaluvchan qismini mahkamlash yoki uning zanjirini tutashtirish uchun xizmat qiladi. Elektromexanik asboblarning qoʻzgʻaluvchan qismlariga turli momentlar taʼsir qiladi. Oʻlchash asbobida oʻlchanayotgan kattalik taʼsirida yuzaga keladigan va qoʻzgʻaluvchan qismini maʼlum burchakka buradigan moment *aylantiruvchi moment* deb ataladi. Bu moment umumiy holda oʻlchanayotgan kat-

talik x va qo'zg'aluvchan qism burilish burchagi α ning funksiyasi bo'lib, o'lchash mexanizmda to'plangan elektromagnit energiya-ning α burchak bo'yicha o'zgarishi bilan tavsiflanadi:

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

bunda M_{ayl} , W_{em} – aylantiruvchi moment va elektromagnit energiya.

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

Agar asbobning qo'zg'aluvchan qismiga faqat aylantiruvchi moment ta'sir qilsa, u holda asbobning qo'zg'aluvchan qismi o'zining maksimal qiymatigacha buriladi va 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 quyidagi ikki xil usulda hosil qilinadi:

1) *mexanik usul* – spiral prujina, tortqi yoki osma shaklda bo'lib, ularning bir uchi asbob qo'zg'aluvchan qismiga, ikkinchi uchi esa qo'zg'almas qismiga mahkamlanadi. Bunda teskari ta'sir etuvchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

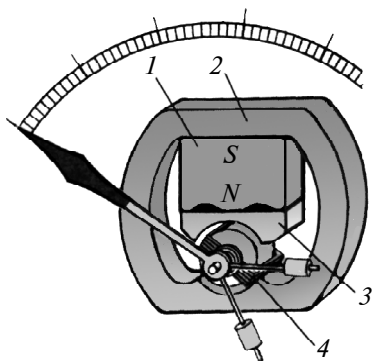
$$M_{\text{tes}} = \alpha \cdot W, \quad (2.2)$$

bunda W – prujinaning solishtirma teskari ta'sir etuvchi momenti bo'lib, qiymati prujinaning o'lchamlari va materiallariga bog'liq;

2) *g'altaklar maydonlarining o'zaro ta'siri* natijasida hosil bo'ladigan moment (logometrlarda). Asbob ko'rsatgichining turg'un holatiga aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi momentlar tenglashadi, ya'ni

$$M_{\text{ayl}} = M_{\text{tes}}. \quad (2.3)$$

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



2.6-rasm. Magnitoelektrik asbob o'lchash mexanizmi:

I – doimiy magnit; 2 – magnit o'zak; 3 – magnit qutb uchi, 4 – qo'zg'aluvchan ramka.

Magnitoelektrik o'lchash asboblari. Magnitoelektrik o'lchash mexanizmlarining ishlash prinsipi doimiy magnitning magnit maydoni bilan qo'zg'aluvchan tokli ramkadan o'tadigan tokning magnit maydoni ta'sirlashishiga asoslangan. Magnitoelektrik o'lchash mexanizmi (2.6-rasm) doimiy magnit *I*, berk magnit o'zak 2, magnit qutb uchi 3 va qo'zg'aluvchan ramka 4 dan tashkil topgan.

Asbob zanjiriga ulanganda ramka 4 dan tok o'tadi va uning magnit maydoni bilan doimiy magnit

I ning magnit maydoni o'zaro ta'sirlashishi natijasida ramka aylantiruvchi moment va teskari ta'sir etuvchi momentlar tenglashguncha ma'lum burchakka buriladi. Ramkadan tok *I* o'tganda, uning faol qismi uzunligi *l* chulg'amlariga Amper qonuniga asosan *F* kuch ta'sir qiladi:

$$F = BlwI, \quad (2.4)$$

bunda: *B* – ishchi havo tirqishidagi magnit induksiyasi; *l* – ramka chulg'amining aktiv qismi uzunligi; *w* – ramkadagi chulg'amning o'ramlari soni.

Bunday chulg'amning aktiv qismiga ta'sir qiladigan kuch tufayli quyidagicha aylantiruvchi moment hosil bo'ladi:

$$M_{\text{ayl}} = 2F \frac{b}{2} = BlbwI = BS wI = \Phi wI = \psi_0 I, \quad (2.5)$$

bunda: *b* va *S* – mos ravishda ramkaning kengligi va yuzasi ($S = b \cdot l$); Φ – magnit oqimi; ψ_0 – magnit ilashimlilik.

Qo'zg'aluvchan g'altakning turg'un holati aylantiruvchi va teskari momentlarining teng bo'lgan holidan, ya'ni tengligidan foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$\alpha = \frac{BSw}{W} I. \quad (2.6)$$

Bu ifoda esa qo'zg'aluvchan ramkaning yoki ko'rsatgichning *burilish burchagi ifodasi* deyiladi.

Magnitoelektrik asboblarning faqat o'zgarish tokda ishlaydi. Shuning uchun asbob ko'rsatgichi kerakli tomonga burilishi uchun uni zanjirga ulashda o'lchanayotgan kattalik (U yoki I) ning ishorasiga e'tibor berish zarur. Magnitoelektrik asbobning sezgirligi quyidagiga teng:

$$S = \frac{B_{sw}}{W}. \quad (2.7)$$

(2.7) ifodadan ko'rinib turibdiki, magnitoelektrik asbobning sezgirligi burilish burchagi α ga bog'liq emas, shuning uchun ham bunday asboblarning shkalasi bir tekis shkalalanadi.

Magnitoelektrik asboblarning o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan asboblarning turkumiga kiradi. Ular 0,1 aniqlik sinfigacha yasalishi mumkin. Ishchi havo oralig'ida magnit maydonning bir tekis taqsimlanganligi darajalash (graduировка) xatoligini kamaytiradi. O'zining magnit maydoni kuchli bo'lganidan tashqi maydonlarning ta'siri sezilsizdir. Haroratning o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan xatolik maxsus sxemalar yordamida kompensatsiyalanadi.

Magnitoelektrik asboblarning afzalliklaridan biri ularning yuqori sezgirligidir. Sezgirligi bo'yicha ular boshqa asboblardan ustun turadi. Masalan, 0,1 mA gacha to'la og'ishli magnitoelektrik mikroampermetr mavjud (M 95 rusumli, aniqlik sinfi 1,0). Bunday asboblarning quvvat iste'moli ham juda kam, yuqori o'lchash chegarasi 5 A bo'lgan ampermetr 0,3 W ga yaqin quvvat iste'mol qiladi.

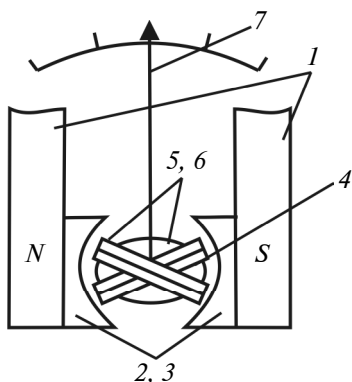
Yuqorida qayd etilgan afzalliklariga ko'ra, magnitoelektrik asboblarning to'g'rilagich sxemalari bilan birga o'zgaruvchan tok zanjirlarida ham ishlatiladi.

Magnitoelektrik o'lchash asboblarning kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

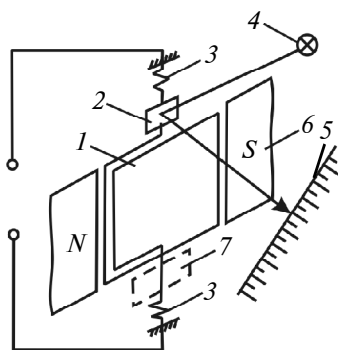
– konstruktiv tuzilishining nisbatan murakkabligi, bahosining qimmatligi;

– o'ta yuklanishga chidamsizligi (odatda, tok o'tadigan prujinalar yoki teskari ta'sir etuvchi moment hosil qiluvchi tortqilar kuyadi); qo'shimcha o'zgartirgichsiz o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llab bo'lmasligi.

Magnitoelektrik asboblarning ampermetrlar, voltmetrlar, ommetrlar va logometrlar sifatida ishlatiladi.



2.7-rasm. Magnitoelektrik logometrning tuzilishi:
 1 – doimiy magnit; 2, 3 – qutb boshmoqlari; 4 – ellipsimon ferromagnit o‘zak; 5, 6 – g‘altaklar; 7 – ko‘rsatgich.



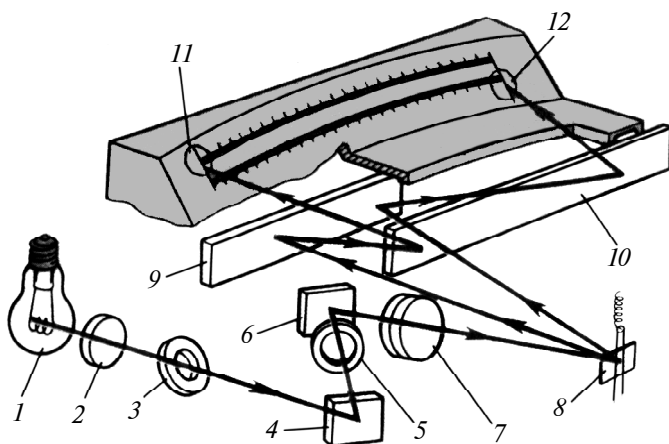
2.8-rasm. Yuqori sezgirlikli galvanometr:
 1 – ramka; 2 – oyna; 3 – tort-qilar yoki osma; 4 – yorug‘lik manbai; 5 – shkala; 6 – doimiy magnit; 7 – ballast.

Magnitoelektrik logometrlarda qo‘zg‘aluvchan qismning turg‘un – muvozanat holati chulg‘amlaridan o‘tuvchi toklarning nisbatiga bog‘liq bo‘lib, teskari ta‘sir etuvchi moment mexanik usulda emas, balki elektr usulda hosil qilinadi. Logometrning qo‘zg‘almas qismi bo‘lib qutb boshmoqlari bo‘lgan doimiy magnit va ellipsimon shaklda yasalgan ferromagnit o‘zak xizmat qiladi (2.7-rasm).

Qo‘zg‘aluvchan qism umumiy o‘qqa burchak ostida mahkamlab joylashtirilgan ikkita g‘altak – ramkalardan 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 momentlarning ($M_1 = B_1 S_1 w_1 I_1$ 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 tirqishi tekis bo‘lmasligi tufayli aylantiruvchi moment qo‘zg‘aluvchan qismning holatiga bog‘liq bo‘lib qoladi.

Bu qarama-qarshi yo‘nalgan momentlar ta‘sirida qo‘zg‘aluvchan qism katta moment tomoniga $M_1 = M_2$ bo‘lgunga qadar buriladi.

Magnitoelektrik logometrlar, ko‘pincha, qarshiliklarni bevosita o‘lchash uchun ommetr va megaommetr sifatida ishlatiladi. Bundan tashqari, ular harorat, namlik, suyuqlik bosimi, sarfi va boshqa noelektr kattaliklarni o‘lchash va qayd etishda ham keng qo‘llaniladi.



2.9-rasm. Galvanometrning ishlash sxemasi:

1 – lampa; 2, 5, 7 – linzalar; 3 – diafragma; 4, 6, 9, 10 – qo‘zg‘almas oyna; 8 – qo‘zg‘aluvchan oyna; 11, 12 – shkala.

Magnitoelektr galvanometrlar. Amaliy elektr o‘lchashlarda juda kichik tok va kuchlanishlarni o‘lchashga to‘g‘ri keladi. Ko‘pincha, ko‘prik yoki kompensatsion sxemalarda tok yoki kuchlanishning nolgacha kamayishini ta‘minlash kerak bo‘ladi. Bunday maqsad uchun shartli shkalaga ega bo‘lgan, bevosita baholaydigan va yuqori sezgirlikka ega galvanometrlar xizmat qiladi. **Yuqori sezgirlikli galvanometrlarda** o‘zgaruvchan qismni tortqilar yoki osmalarga (2.8-rasm) o‘rnatish va yorug‘likni qayd etish qurilmasidan foydalanish hisobiga erishiladi.

Galvanometrlarda (2.9-rasm) lampa 1 dan tushayotgan yorug‘lik linza 2 va diafragma 3 orqali qo‘zg‘almas oynalar 4 va 6 ga yo‘naltiriladi hamda fokuslashtiradigan linzalar 5 va 7 orqali asbobning qo‘zg‘aluvchan qismiga mahkamlangan oyna 8 ga tushadi. Keyin esa bu oynadan hamda qo‘zg‘almas oynalar 9 va 10 dan qaytgan nur shkalalar 11 va 12 da dumaloq yorug‘ dog‘ hosil qiladi. Asbobning shkalasi ikkita qatordan tashkil topgan. Bu shkalaning boshlang‘ich belgisi yuqorigi qatorda (chapda), oxiri esa pastki qatorda (o‘ngda) joylashgan. Asbob qo‘zg‘aluvchan qismi og‘ishining bir tekisda ortib borishida yorug‘likli ko‘rsatgich birinchi yuqoridagi shkalalarni yurib o‘tadi, keyin esa pastki shkalalar bo‘ylab harakatlanadi. Bu esa asbobning shkalasini ikki marta uzayti-

rish yoki sezgirlikni oshirish imkonini yaratadi. Ko'rsatgichning bunday ketma-ket harakatini ta'minlash maqsadida qo'zg'aluvchan oyna ikkita tekis oynadan iborat bo'lib, ular o'zaro ma'lum bir burchak ostida mahkamlanadi. Qo'zg'aluvchan qismning kichik burchakka og'ishida lampa nuri oynaning bittasidan qaytadi va shkalaning yuqori qismiga tushadi, katta burchakka og'ganda esa lampa nuri ikkinchi oyna δ dan qaytadi va shkalaning pastki qismiga tushadi.

Galvanometr shkalasi, ko'pincha, shartli ravishda millimetrlarda yoki graduslarda darajalanadi. Galvanometrlar, asosan, kichik tok va kuchlanishlarni o'lchash uchun xizmat qiladi hamda nol asboblari deb ataluvchi asboblari sifatida tokning yo'qligini belgilash uchun ishlatiladi, bunda ularga qo'yiladigan asosiy talab – yuqori sezgirlik hisoblanadi. Galvanometrning asosiy parametrlari va xarakteristikalarini u zanjirga ulangan yoki uzilganda mexanizmga yuzaga keladigan o'tkinchi jarayonlarni tahlil qilish asosida aniqlanadi. M118 rusumli, shkalasining uzunligi 20 mm bo'lgan galvanometr tok bo'yicha 0,18 mA, kuchlanish bo'yicha 0,14 mV sezgirlikka ega, tinchlanish vaqti 5 s ga teng.

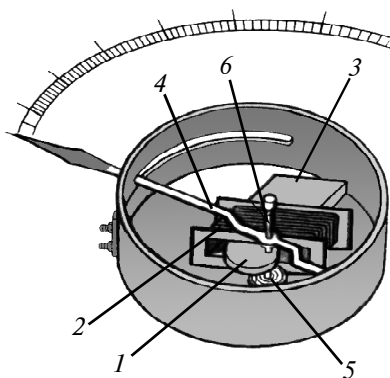
Qo'zg'aluvchan qismining inersiya momenti orttirilgan galvanometrlar **ballistik galvanometrlar** deb ataladi.

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

Yorug'lik ko'rsatgichli galvanometr shkalasi bo'yicha surilish miqdorining ramkadan o'tayotgan elektr miqdoriga bo'lgan nisbati galvanometrning *ballistik sezgirligi* deb ataladi va ko'zgu bilan shkala orasidagi masofa bir metr bo'lganda millimetrning mikroku-longa nisbati bilan ifodalanadi.

Ballistik galvanometrlardan elektr miqdorini o'lchashdan tashqari, sig'im va magnit oqimini o'lchashda ham foydalaniladi. O'zgaruvchan tok ko'priklari va kompensatorlarida nol-indikator sifatida **vibratsiya galvanometrlaridan** foydalaniladi. Bunday asboblarda teskari ta'sir etuvchi moment tortqilar yordamida hosil qilinadi. Galvanometr yordamida amalga oshiriladigan o'lchashlarni uning xarakteristikalarini tekshirilayotgan zanjir parametrlariga va o'lchash vazifalariga mos kelgandagina yuqori aniqlik va tezkorlik bilan bajarish mumkin bo'ladi.

Elektromagnit o'lchash 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. Hozirgi vaqtda elektromagnit o'lchash mexanizmlarining, asosan, uchta turi keng qo'llaniladi. Bular yassi g'altakli, aylanasimon g'altakli va magnit o'tkazgichli elektromagnit o'lchash mexanizmlari. 2.10-rasm-da yassi g'altakli elektromagnit o'lchash mexanizmining sxematik tuzilishi ko'rsatilgan. G'altak 2 dan



2.10-rasm. Elektromagnit o'lchash mexanizmi:

1 – qo'zg'aluvchan o'zak; 2 – qo'z-g'almas g'altak; 3 – qo'zg'almas o'zak; 4 – ko'rsatgich; 5 – spiral; 6 – o'q.

o'lchash zarur bo'lgan tok o'tganda uning magnit maydoni ta'sirida magnit yumshoq materialdan tayyorlangan o'zak 1 g'altakning tor tirqishiga tortiladi va tegishli burchakka buriladi.

Magnit oqimini kuchaytirish va aylantiruvchi momentni rostlash maqsadida qo'zg'almas o'zak 3 ko'zda tutilgan. O'zakning magnit singdiruvchanligi juda yuqori (aylantiruvchi momentni oshirish uchun) va koersitiv kuchi kichik (gisterezis tufayli yuzaga keladigan xatolikni kamaytirish uchun) bo'lgan materiallardan tayyorlanadi. Elektromagnit o'lchash mexanizmlarida, ko'pincha, havoli yoki suyuqlikli tinchlantirgichlar qo'llaniladi. Aks ta'sir momentni spiral 5 hosil qiladi. Ko'rsatgich o'q 6 ga mahkamlangan.

O'lchash mexanizmining g'altagidan o'zgarmas tok o'tganda uning atrofida doimiy magnit maydoni hosil bo'ladi. Tokli g'altak magnit maydonining energiyasi quyidagiga teng:

$$W_{em} = \frac{1}{2} LI^2, \quad (2.8)$$

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

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

$$M_{ayl} = \frac{dW_{em}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} I^2. \quad (2.9)$$

(2.3) ifodaga muvofiq qo‘zg‘aluvchan qism muvozanati asbobning harakatlanuvchi qismining burchak siljishi aylantiruvchi va aks ta‘sir etuvchi momentlarning tenglik shartidan aniqlanadi:

$$\alpha W = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} I^2 \text{ yoki } \alpha = \frac{1}{2W} \cdot \frac{dL}{d\alpha} I^2. \quad (2.10)$$

(2.10) ifodadan ko‘rinib turibdiki, o‘lchanayotgan kattalik bilan ko‘rsatgich og‘ish burchagi o‘rtasidagi bog‘lanish chiziqli emas. Shuning uchun elektromagnit asboblarning shkalasi notekisdir. Qo‘zg‘aluvchan o‘zak shaklini tanlagan holda asbob shkalasini uning yuqorigi chegara qiymatining 15–20% idan boshlab tekisligini ta‘minlash mumkin. Elektromagnit asbob o‘zgaruvchan tok zanjirlarida qo‘llanilganda asbobning metall qismlarida *uyurma toklar* hosil bo‘ladi va ularning maydoni g‘altak magnit maydonini birmuncha kamaytirishi natijasida xatolik yuzaga keladi.

Elektromagnit asboblarning sezgirligi magnitoelektrik asboblarning sezgirligidan ancha 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 ularning o‘lchashiga tashqi maydonlarning ta‘siri uncha sezilmaydi.

Elektromagnit asboblarning afzalliklari: o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi; o‘ta yuklamaga bardoshlilik; konstruksiyasining soddaligi; ishlashda ishonchlilik; katta tok (bir necha yuz ampergacha) va yuqori kuchlanishlarni bevosita o‘lchay olishi va narxining nisbatan arzonligidir.

Elektromagnit asboblarning kamchiliklari: shkalasining notekisligi; tok chastotasi va harorat o‘zgarishi, tashqi maydon ta‘siriga

sezuvchanligi; quvvat iste'molining kattaligi; sezgirligining nisbatan pastligi (ayniqsa, o'lchash diapazonining boshlanish qismida).

Elektromagnit asboblari, asosan, o'lchash stendlari uchun ampermetrlar va voltmetrlar sifatida ishlatiladi. Bu asboblarning 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. Bunday ampermetrlar va voltmetrlarning o'lchash diapazonlari: ampermetrlarda 0,01 ... 300 A, voltmetrlarda 0,5 ... 600 V, chastota diapazoni 50, 60, 200, 500 va 1000 Hz. Aniqlik klassi 1,0 va 1,5. Ampermetrlarning gabarit o'lchamlari 120×120×116 mm, massasi 1 kg.

Elektrostatik o'lchash asboblari.

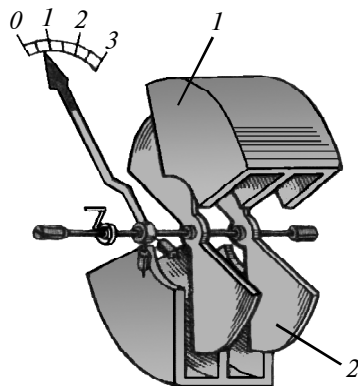
Elektrostatik o'lchash asboblarning siljishi bevosita kuchlanish ta'sirida yuzaga keladi. Shuning uchun elektrostatik asboblari, asosan, voltmetrlar sifatida ishlatiladi. 2.11-rasmda elektrostatik o'lchash asbobining sxematik tuzilishi ko'rsatilgan.

Qo'zg'almas qism (elektrod) o'zaro ulangan ikkita metall plastinkalar 1 dan 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:

$$W_e = \frac{1}{2} \cdot CU^2, \quad (2.11)$$

bunda C — qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan elektrodlar orasidagi sig'im.

Plastinkalarga berilayotgan kuchlanish ortishi bilan qo'zg'aluvchan elektrod qo'zg'almas elektrodga oralig'i tomon tortiladi. Asbobning qo'zg'aluvchan qismiga ko'rsatgich tayanch tortqi yoki aks ta'sir etuvchi hamda posongilarga mahkamlanishi mumkin. Elektrodlar aluminiydan yasaladi. Elektrostatik o'lchash mexanizmining aylantiruvchi momenti:



2.11-rasm. Elektrostatik o'lchash asbobining sxematik tuzilishi.

$$M_{\text{ayl}} = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dC}{d\alpha} U^2. \quad (2.12)$$

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% idan boshlab shaklaning bir tekis bo'lishi ta'minlanadi.

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

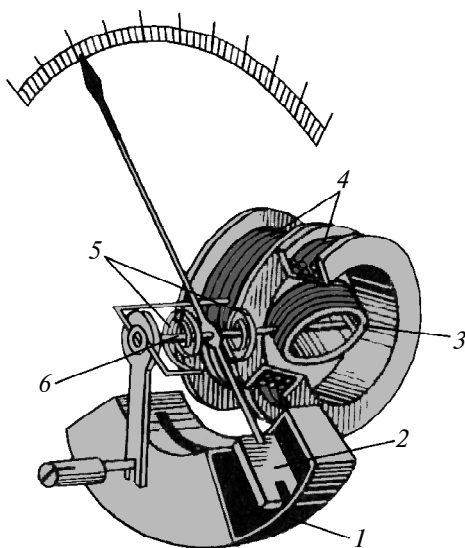
Elektrostatik asboblarning kamchiliklari: sezgirligining pastligi; shkalasining notekisligi va namlikka juda sezgirligi.

C75 rusumli elektrostatik voltmetr o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishlarni o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, o'lchash diapazoni 20...3000 V, chastota diapazoni 20 Hz dan 3 MHz gacha.

Elektrodinamik o'lchash asboblari. Elektrodinamik o'lchash mexanizmi (2.12-rasm) qo'zg'almas g'altak 4 va qo'zg'aluvchan g'altak 3, porshen 2 va kamera 1 dan tashkil topgan. Bu asbobda aks ta'sir etuvchi moment tok o'tkazuvchi spiral prujinalar 5 yordamida hosil qilinadi. Ko'rsatgich esa o'q 2 ga o'rnatiladi. Elektrodinamik o'lchash mexanizmlarida aylantiruvchi moment qo'zg'almas g'altak magnit maydoni bilan qo'zg'aluvchan g'altakdagi tokning o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi. Qo'zg'aluvchan g'altak o'qqa yoki tortqilarga mahkamlangan bo'ladi.

G'altaklardan mos ravishda I_1 va I_2 toklar o'tganda ular atrofida B_1 va B_2 induksiyali magnit maydonlari hosil bo'ladi va qo'zg'aluvchan qismga ikkita maydonlar yo'nalishlarining moslashishiga harakat qiluvchi kuch yuzaga keladi. Bu holda natijaviy maydon, asosan, qo'zg'almas g'altak maydoni ulushiga to'g'ri keladi, chunki undagi chulg'am o'ramlari soni qo'zg'aluvchan g'altak chulg'amining o'ramlar sonidan 50 martacha ortiq qilib tayyorlanadi. G'altaklarga toklar spiral prujinalar yoki tortqilar orqali beriladi. Qo'zg'aluvchan qismni tinchlantirishda havoli yoki magnitoinduksion tinchlantirgichdan foydalaniladi.

Elektrodinamik o'lchash mexanizmida hosil bo'ladigan aylantiruvchi momentni ikkita o'zgarmas tokli g'altaklar elektromagnit energiyasi orqali quyidagicha topiladi:



2.12-rasm. Elektrodinamik o'lash mexanizmi.

$$W_{em} = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 + I_1 I_2 M_{12}, \quad (2.13)$$

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

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

$$M_{ayl} = \frac{dW_e}{d\alpha} = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (2.14)$$

Agar teskari ta'sir etuvchi moment elastik materialdan yasalsa, u holda qo'zg'aluvchan qism burilishining turg'un rejimidan foydalanib ($M_{ayl} = M_{tes}$) quyidagini yozamiz:

$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (2.15)$$

Elektrodinamik asbobning statik xarakteristikasi (2.15) dan ko'rinib turibdiki, g'altaklardagi toklar yo'nalishlarining bir paytda o'zgarishi ko'rsatgich og'ish burchagi ishorasini o'zgartirmaydi. Shuning uchun ham elektrodinamik asboblarda o'zgarish va o'zgaruvchan tok zanjirlari o'lashlarida qo'llaniladi.

Elektrodinamik asbob o'zgaruvchan tok manbayiga ulanganda uning g'altaklaridan o'zgaruvchan toklar o'tadi. G'altaklar bir-biri-

dan φ burchakka siljigan $i_1 = I_{1m} \sin(\omega t - \varphi)$ va $i_2 = I_{2m} \sin(\omega t - \varphi)$ toklar o'tayotgan bo'lsin. Qo'zg'aluvchan qism ma'lum inersiyaga 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 esa:

$$M_{o'r} = I_1 I_2 \cos \varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2.16)$$

ga teng.

Elektrodinamik mexanizmlar asosida nafaqat ampermetr va voltmetrlar, balki boshqa kattaliklarni, masalan, aktiv quvvatni o'lchashda 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.

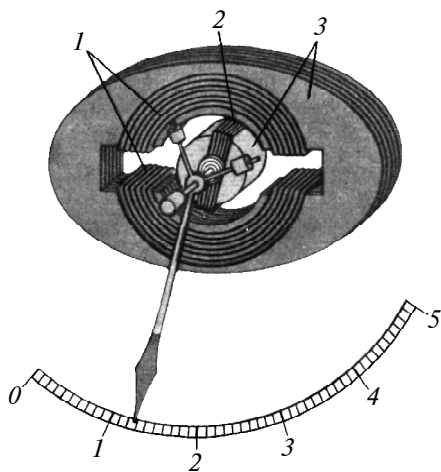
Elektrodinamik asboblarning kamchiliklari: sezgirligining pastligi; quvvat iste'molining kattaligi; asbob ko'rsatishiga tashqi magnit maydon, harorat, chastota o'zgarishlari hamda mexanik zarba va vibratsiyaning ta'siri sezilarliligidir. Yuqorida keltirilgan afzalliklariga ko'ra elektrodinamik o'lchash mexanizmlari asosida aniqlik klassi 0,5, 0,2, 0,1 bo'lgan ko'p chegarali ko'chma asboblarni ishlab chiqarilgan.

Ferrodinamik o'lchash asboblari. Ferrodinamik asboblarni elektrodinamik asboblarning bir turi bo'lib, ularda magnit maydonni kuchaytirish uchun qo'zg'almas g'altak chulg'amlari elektrotexnik po'lat plastinkalar tarzida yig'ilgan magnit o'tkazgichda joylashtiriladi. 2.13-rasmda ferrodinamik o'lchash mexanizmining konstruktiv sxemasi ko'rsatilgan.

Ferrodinamik asboblarning afzalliklari: aylantiruvchi momentning kattaligi; tashqi magnit maydoni ta'sirining va quvvat iste'molining kamligidir.

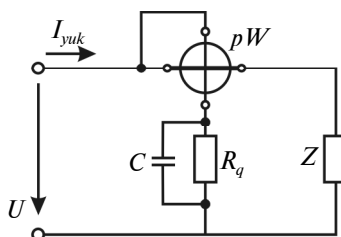
Ferrodinamik asboblarning kamchiliklari: magnit o'tkazgich mavjudligi tufayli aniqligi nisbatan past; chastota va harorat o'zgarishiga sezgirligi nisbatan yuqori.

Ferrodinamik asboblarni 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 asboblarni



2.13-rasm. Ferrodinamik o'lchash mexanizmi:

1 – qo'zg'almas g'altaklar; 2 – qo'zg'aluvchan g'altak; 3 – magnit o'tkazgich.



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

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'zgarimas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun elektrodinamik va ferrodinamik vattmetrlar keng qo'llaniladi. Buning uchun asbobning qo'zg'almas g'altagi zanjirga ketma-ket, qo'zg'aluvchan g'altak esa unga ketma-ket ulangan qo'shimcha qarshilik R_q bilan birga zanjirga parallel ulanadi (2.14-rasm). Asbobning parallel zanjiridagi tok quyidagiga teng:

$$I_p = \frac{U}{R_p + R_q}, \quad (2.17)$$

bunda R_p – asbob parallel zanjirining qarshiligi. O'zgarimas tok zanjiriga ulangan asbobning qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi:

$$\alpha = \frac{1}{W(Z_p + R_q)} \cdot I_{yuk} U \frac{dM_{12}}{d\alpha}, \quad (2.18)$$

bunda: Z_p – asbob parallel zanjirining to'la qarshiligi; I_{yuk} – yuklama toki. Asbobning o'zgartirish funksiyasi:

$$\alpha = S_p I_{\text{yuk}} U = S_p \cdot P, \quad (2.19)$$

bunda S_p – asbobning sezgirligi.

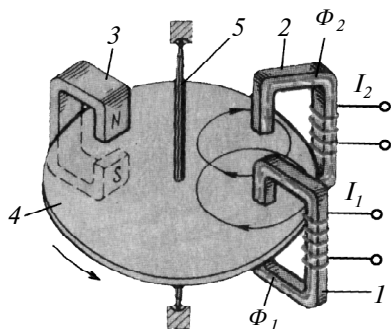
Vattmetr o'zgaras va o'zgaruvchan tok zanjirlariga ulangan-da tok va kuchlanish g'altaklarining qutblariga e'tibor beriladi.

Shu maqsadda g'altaklarning tegishli qismlari yulduzcha bilan belgilanadi. Bu qismlar asbobning **generator qismlari** deb ataladi va ular zanjirning manbasiga 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 o'lchash asboblari. Induksion o'lchash mexanizmlarining ishlash prinsipi bitta yoki bir nechta 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 prinsipiga ko'ra induksion o'lchash mexanizmlari faqat o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi mumkin. Xususan, ular elektr energiya hisoblagichlari (schotchiklari) sifatida ishlatiladi.

Induksion o'lchash asboblarida (2.15-rasm) qo'zg'almas ikkita elektromagnit 1 va 2 larning o'zgaruvchan oqimlari o'q 5 ga o'rnatilgan aluminiy disk 4 da tok induksiyalanadi, bu toklar elektromagnitlarning magnit oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi. Schotchik kichik o'zga-



2.15-rasm. Induksion o'lchash mexanizmining tuzilishi.

ruvchan tok dvigateli hisoblanadi, unda ikkita o'zgaruvchan oqim aylanuvchi magnit maydoni hosil qiladi. Schotchikning elektromagnitlaridan biri ko'p o'ramli chulg'am 2 ga ega, unda induktiv qarshilik katta bo'ladi va u yuklama qismlariga voltmetr kabi parallel ulanadi.

Shuning uchun elektromagnitlardan birining magnit oqimi kuchlanishga proporsionaldir.

Schotchikning ikkinchi elektromagnit chulgʻami I kam oʻramlardan iborat. U zanjirga ampermetr kabi ulanadi, yaʼni yuklama qurilmasi bilan ketma-ket ulanadi. Undagi elektromagnitning magnit oqimi oʻlchanadigan tokka proporsional. Shunday qilib, schotchikning bitta magnit oqimi kuchlanish U ga, ikkinchisi esa tok I ga proporsionaldir. Bu oqimlarning diskka taʼsiri natijasida hosil boʻladigan aylantiruvchi moment oʻzgaruvchan tokning quvvatiga proporsional boʻladi:

$$M_{\text{ayl}} = KUI \cos \varphi. \quad (2.20)$$

Schotchikning aylanishlar soni uning mexanizmi orqali oʻtadigan energiyaga proporsional boʻlishi uchun aylantiruvchi momentga qarshi uni tormozlovchi, schotchikning qoʻzgʻaluvchan qismi boʻlgan diskning aylanishlar chastotasiga proporsional boʻlgan moment hosil qilish kerak boʻladi. Bu moment schotchik diskiga doimiy magnit β maydonini taʼsir ettirib hosil qilinadi (2.15-rasm). Disk aylanganda oʻzgarmas magnit maydonni kesib oʻtadi va $e = Blv$ ga teng EYK induksiyalanadi. Diskning chiziqli tezligi $v = 2\pi rn/60$ ifoda bilan yoziladi, bunda n – diskning bir minutda aylanishlar soni, r – diskning radiusi. Demak, oʻzgarmas magnit maydonining aylanuvchi diskda induksiyalanuvchi EYK iga $e_d = k_1 \Phi \frac{2\pi rn}{60} = k_2 \Phi rn$ teng boʻlib, bunda k_1 va k_2 – oʻzgarmas koeffitsiyentlar. EYK diskda aluminiyning solishtirma oʻtkazuvchanligi γ ga proporsional tok hosil qiladi.

Oqim bilan diskdagi tokning oʻzaro elektromagnit taʼsir kuchi quyidagicha:

$$F = k_3 \Phi i_d = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n. \quad (2.21)$$

Bunda hosil boʻluvchi tormozlovchi moment esa quyidagiga teng:

$$M_{\text{tor}} = FR = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n. \quad (2.22)$$

Disk aylanishining barqarorlashgan chastotasida aylantiruvchi moment M_{ayl} tormozlovchi moment M_{tor} ga teng boʻladi:

$$M_{\text{tor}} = M_{\text{ayl}} \text{ yoki } k_{\text{ayl}} P = k_4 \gamma r^2 \Phi^2 n = k_{\text{tor}} n, \quad (2.23)$$

bunda $k_{\text{tor}} = k_4 \gamma r^2 \Phi^2$ – tormozlash koeffitsiyenti. Uning asosida:

$$P = \frac{k_{\text{tor}}}{k_{\text{ayl}}} \cdot n = C_{\text{his}} n. \quad (2.24)$$

Agar t vaqt oralig'ida quvvat P o'zgarماسa, u holda:

$$Pt = C_{\text{his}} nt \quad (2.25)$$

o'rinli bo'ladi. Lekin ma'lumki, $Pt = W$ – tekshirilayotgan uskunaning t vaqt mobaynida iste'mol qiladigan elektr energiyasi, $nt = N$ esa bu vaqt mobaynida energiya hisoblagich diskining aylanishlar soni. Hisoblagichning haqiqiy doimiysi: $C_{\text{his}} = W/n$.

Demak, diskning aylanishlar sonini hisoblagichning o'zgarماس 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 mexanizmni 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'zgarماس magnitning holati diskka nisbatan o'zgartiriladi.

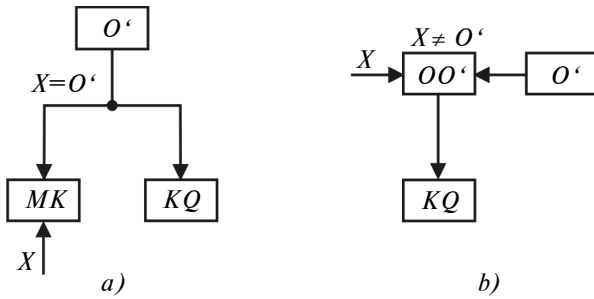
Uch fazali uskunalarda umumiy o'q orqali umumiy hisob mexanizmiga ta'sir etuvchi induksion schotchiklarning ikkita yoki uchta harakatlanadigan elementi ko'rinishida bo'lgan schotchiklar qo'llaniladi. Uch simli, uch fazali tizimlarda schotchiklar uchun ikkita vattmetr usuliga mos keluvchi sxemadan foydalaniladi.

Induksion o'lchash mexanizmlarining asosiy afzalliklari: o'z maydonining kuchliligi va buning natijasida tashqi magnit maydonlarning 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.

2.2. Elektr o'lchash o'zgartgichlari

Elektr o'lchash o'zgartgichlari to'g'risida umumiy ma'lumotlar. Elektr o'lchash o'zgartgichlari deb, elektr va noelektr kattaliklarni boshqa qulay shaklga o'zgartirish, o'lchash natijalarini uzatish



2.16-rasm. Taqqoslash asbobining struktura sxemasi:
 a) muvozanatlash rejimi; b) muvozanati buzilgan rejim.

va qayta ishlash, murakkab texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan elektr uskunalariga aytiladi.

Elektr o'lchash o'zgartgichlarini tuzilishi bo'yicha bevosita o'zgartiruvchilarga va taqqoslab o'zgartiruvchilarga bo'lish mumkin.

Taqqoslovchi o'lchash asbobi o'lchanayotgan kattalikni avvaldan ma'lum bo'lgan kattalik bilan solishtirish uchun mo'ljallangan asbobdir. Bu asboblar 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.

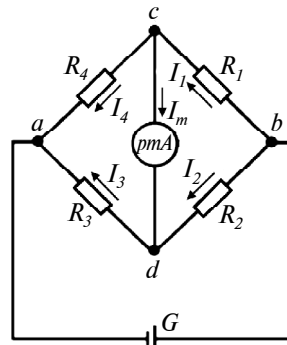
O'lchash usuliga ko'ra taqqoslovchi asboblar muvozanatlangan va muvozanatlanmagan rejimlarda ishlatiladi (2.16-rasm).

Taqqoslovchi asboblar bevosita o'lchash asboblaridan yuqori aniqligi va shu bilan birga foydalanishda murakkabligi bilan ajralib turadi.

O'zgarmas tok yakka ko'priklari.

O'zgarmas tok yakka ko'priqi — to'rtta rezistordan tashkil topgan to'rt qutblikdir (2.17-rasm). *ab* tugunlar manba ulanadigan diagonal, *cd* tugunlar esa o'lchash yoki muvozanat ko'rsatgichi ulanadigan diagonal deb ataladi.

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



2.17-rasm. O'zgarmas tok yakka ko'priqi.

$I_m = 0$; $I_1 = I_4$ va $I_2 = I_3$ bo'lgan holatda Kirxgofning birinchi qonuniga ko'ra, $I_1 = I_2$ va $I_3 = I_4$, bundan $I_2 R_2 = I_3 R_3$, ya'ni ko'priknining muvozanat sharti: $(I_2 R_2)/(I_2 R_1) = (I_3 R_3)/(I_3 R_4)$ yoki $R_2/R_1 = R_3/R_4$ o'lchash yelkasiga ulangan qarshilikning ifodasi:

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

Shunday qilib, yakka ko'priknining muvozanat shartiga ko'priknining har bir qarshiligi bir xil ta'sir etadi. Manbaning ichki va muvozanat ko'rsatgichining qarshiliklari esa ta'sir etmaydi.

O'zgarmas tok yakka ko'priknining sxemalari qarshiliklarni va boshqa noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

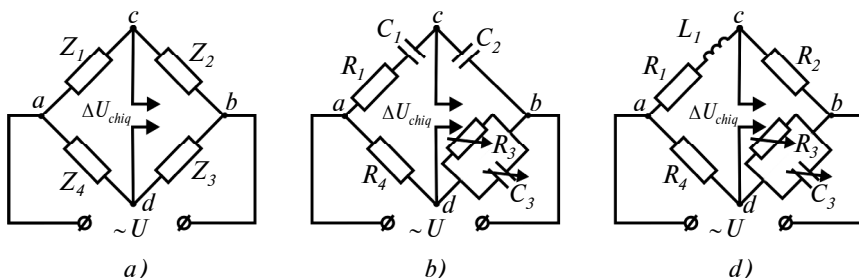
Misol uchun, R369 rusumli yakka ko'priknining 10^{-4} dan $1,1111 \cdot 10^{10}$ Om gacha bo'lgan o'zgarmas tok qarshiliklarini o'lchaydi. Aniqlik klassi $-1,0$.

Yakkalangan ko'priknining sxemalari bilan kichik qarshiliklar o'lchanganda, ulanayotgan simlar hamda kontaktlarning o'tish qarshiligi ta'sirida xatoliklar yuzaga keladi.

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'priknining sxemalaridan tashqari, olti va yetti yelkali ko'priklar hamda induktiv bog'langan elementli ko'priknining sxemalari mavjud. Bu ko'priklar ketma-ket ekvivalent o'zgartirishlar yordamida sodda to'rt yelkali sxemaga keltirilishi mumkin (2.18-a rasm).

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



2.18-rasm. O'zgaruvchan tok ko'priklari.

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

$$\begin{aligned} R_1 R_4 - X_1 X_4 &= R_2 R_3 - X_2 X_4, \\ X_1 X_4 + R_4 R_1 &= X_2 R_3 + X_3 R_4. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Demak, o'zgaruvchan tok ko'prigi muvozanatlanishi uchun kamida ikkita rostlanadigan element bo'lishi kerak va natijada birbiriga bog'lanmagan ikkita kattalikni aniqlash mumkin.

(2.26) ifodani ikkita skalyar tenglama ko'rinishida yozish mumkin:

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4, \quad \varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4, \quad (2.27)$$

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'prik muvozanatlanadi. (2.27) shakldagi muvozanat tenglamasi ko'prik yelkalaridagi qarshiliklar xarakterini ham belgilab beradi: agar yonma-yon yelkalardagi qarshiliklar aktiv rezistorlar bo'lsa, misol uchun $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = 0$, boshqa yon yelkalardagi qarshiliklar, albatta, bir xil xarakterda, ya'ni induktiv g'altaklar yoki kondensatorlar bo'lishi kerak. Agar qarama-qarshi yelkalarga rezistor ulansa (misol uchun, $\varphi_1 = 0$, $\varphi_3 = 0$), boshqa qarama-qarshi yelkalarga turli xarakterdagi qarshiliklar: bir yelkaga induktivlik, boshqasiga sig'im ulanishi kerak. 2.18-b, d rasmlarda keltirilgan ko'priklarning muvozanat tenglamalaridan ularning ishchi formulasini, mos ravishda, keltirib chiqarish mumkin:

$$\operatorname{tg} \delta_x = 1/\omega C_x; \quad R_x = 1/\omega R_3 C_3 L_x = C_3 R_2 R_3 / R_x. \quad (2.28)$$

G'altakning aslligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q_x = \omega L_x / R_x = \omega R_3 C_3. \quad (2.29)$$

Ko'prik sxemalarini muvozanatga keltirish, ya'ni c va d tugunlar orasidagi potensiallar ayirmasini nolga tenglashtirish uchun 2.18-b rasmdagi sxemada namunaviy qarshiliklar va sig'imlarni va 2.18-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 kondensatorlarning qiymatiga ko'ra topiladi.

Agar o'lchanayotgan sig'imning isrof burchagining tangensi $\operatorname{tg} \delta_x$ katta bo'lsa, o'zgaruvchan namunaviy R_3 va C_3 lar parallel

ulangan Sherring ko‘prigidan foydalaniladi (2.18-*b* rasm), aslligi kichik ($Q < 30$) g‘altak parametrlari o‘lchanganda R_3 va C_3 lari parallel ulangan Maksvell ko‘prigidan (2.18-*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 o‘zaro mos ulanib, umumiy induktivlik o‘lchanadi:

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

bunda L_1 va L_2 – g‘altaklar induktivligi. Ikkinchi o‘lchashda g‘altaklar ketma-ket o‘zaro qarama-qarshi ulanib, umumiy induktivlik o‘lchanadi:

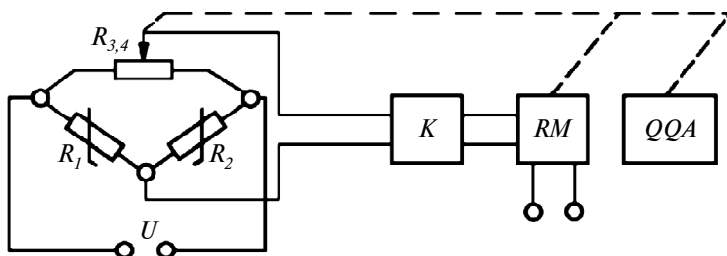
$$L'' = L_1 + L_2 - 2M.$$

O‘zaro induktivlik esa:

$$M = (L' - L'')/4. \quad (2.30)$$

Avtomatik o‘lchash ko‘priklari. Zamonaviy sanoat, qishloq xo‘jaligi va kimyoviy texnologiya ishlab chiqarishida avtomatik nazorat, rostdlash va boshqarish tizimlarida parametrlarni uzluksiz o‘lchaydigan analogli va raqamli avtomatik ko‘priklar qo‘llaniladi. Bunda ko‘prik zanjiri o‘zgarmas chastotali sinusoidal tokka ulanadi.

Uzluksiz o‘lchaydigan ko‘prikning o‘lchash diagonaliga kirish qarshiligi katta bo‘lgan kuchlanish kuchaytirgichi qo‘llangan. Kuchaytirgichning yuklanishi sifatida reversiv motorning RM boshqaruvchi chulg‘ami olingan (2.19-rasm). Motorning vali kinema-



2.19-rasm. Avtomatik o‘lchash ko‘priklari.

tik holda qayd qiluvchi asbobning QQA ko'rsatgichi va $R_{3,4}$ rezistorlarning qo'zg'aluvchan kontaktlariga ulangan.

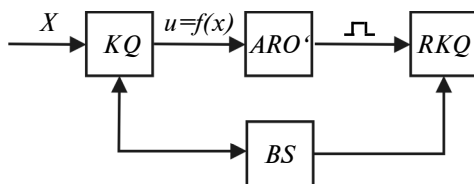
Dastlabki holatda ko'prik muvozanat holatda turadi. R_1 yoki R_2 qarshiliklar qiymatlari o'zgarganda ko'prikning muvozanati buziladi va uning chiqish qismalarida o'lchanayotgan kattalikka proporsional bo'lgan kuchlanish paydo bo'ladi. Bu kuchlanish kuchaygandan keyin motorning boshqaruvchi chulg'amiga beriladi va motor vali o'zgaruvchan rezistorning qo'zg'aluvchan kontaktini, to ko'prik muvozanat holatiga qaytguncha, mos tomonga siljitadi. O'zgaruvchan tok avtomatik ko'priklaridan R5010 turdagi asbob keng qo'llaniladi. Ular kondensator sig'imi va isrof burchagi tangensini, g'altaklar induktivligini va aslligini, rezistorlar qarshiligini hamda vaqt doimiyligini o'lchashda qo'llaniladi. Asbobning ish rejimi qo'l bilan o'lchash diapazoni esa avtomatik ravishda o'zgartiriladi. Asosiy xatoligi $\pm 1\%$.

2.3. 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 uni raqam shaklida ko'rsatadigan o'lchash asbobidir. RO'Aning 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'Alar elektromexanik va elektron RO'Alarga bo'linadi. RO'Aning ishlash asosini uning umumlashgan struktura sxemasidan ko'rish mumkin (2.20-rasm). O'lchanayotgan kattalik X kirish qurilmasi (KQ)da masshtablanadi va analog raqamli o'zgartgich (ARO')da kodga aylantiriladi. Bu kodlar raqamli ko'rsatish qurilmasi (RKQ)da o'nli sonlar ko'rinishida ifodalanaadi. Boshqarish sxemasi (BS) barcha bloklarni boshqaruv signal-lari bilan ta'minlab turadi.

ARO' quyidagi turli xil asosda 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;



2.20-rasm. Raqamli o'lchash asbobining tuzilish sxemasi.

– *razryad bo'yicha muvozanatlash usuli*. Bu usulga muvofiq, o'lchanayotgan kattalik qiymati berilgan qonuniyat asosida o'zgaruvchi kattalik bilan ketma-ket taqqoslanadi;

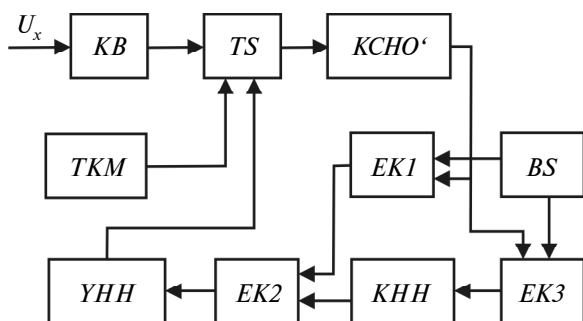
– *integrallash usuli*. Bu usul o'lchanayotgan kattalik qiymatlarini ma'lum bir vaqt oralig'ida qo'shishga asoslangan;

– *bir vaqtda hisoblash usuli*. Bu usulga ko'ra, o'lchanayotgan kattalik bir vaqtning o'zida ma'lum kattalikning bir necha qiymatlari bilan taqqoslanadi. Bunda ma'lum kattalikning qiymatlari orasidagi munosabat ma'lum algoritm asosida tanlanadi.

Uzluksiz kattalikni kodga o'zgartirish usuliga ko'ra, RO'A ketma-ket hisoblovchi, razryad bo'yicha muvozanatlovchi, bir vaqtda hisoblovchi guruhlariga bo'linadi. O'lchanayotgan kattaliklarga ko'ra, RO'Alar voltmetrlar, chastotamerlar, fazometrlar, ommetrlar, voltmetrlar va boshqalarga bo'linadi. O'lchanayotgan kattalikning qanday qiymatini ko'rsatishiga ko'ra, RO'Alar oniy qiymatni va o'rtacha qiymatni o'lchovchi RO'Alarga bo'linadi. Bundan tashqari, RO'Alar aniqligi, tezkorligi, ishonchliligiga ko'ra ham guruhlariga ajratiladi. RO'Alarning asosiy xarakteristikalariga statik va dinamik xatoliklari, o'lchash diapazoni, sezgirlik ostonasi, ma'lumotni qabul qilish qobiliyati, tezkorligi, ishonchliligi kabilar kiradi.

Raqamli voltmetrlar. O'zgarmas tokli raqamli voltmetrlar RO'Alarning eng ko'p tarqalgan turiga kiradi. Ular, o'z navbatida, ikki turga bo'linadi: hadma-had taqqoslovchi va ikki marta integrallovchi o'zgartirgichli RO'Alar. 2.21-rasmda hadma-had taqqoslovchi o'zgartirgich asosida ishlaydigan raqamli voltmetrning sxemasi keltirilgan.

O'lchanayotgan kuchlanish U_x o'lchash diapazonini belgilovchi kuchlanish bo'lgichi (KB) orqali taqqoslash sxemasiga (TS) beriladi. Tayanch kuchlanish manbayi (TKM) chiqishida tegishli kuchlanish paydo bo'lguncha va yuqori hadli hisoblagich (YHH)

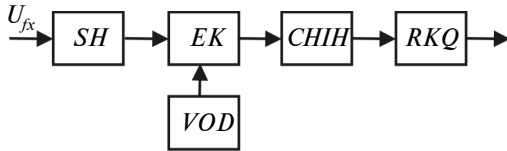


2.21-rasm. Hadma-had taqqoslovchi o'zgartgich asosida ishlaydigan raqamli voltmetr blok sxemasi.

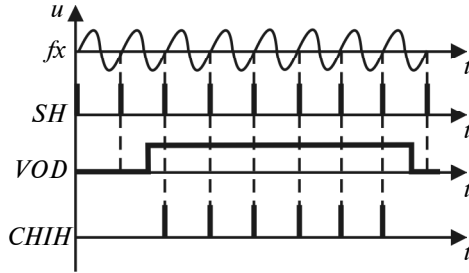
holatiga ko'ra boshqarish sxemasi kuchlanishni chastotaga o'zgartiradi. Agar boshqarish sxemasi (BS) elektron kalit EK1 va elektron kalit EK2 ni ochsa, YHH chiqishida kirish kuchlanishiga yaqin bo'lgan son paydo bo'ladi. Ya'ni kuchlanish chastotaga o'zgartirilgandan so'ng boshqarish sxemasi impulslarni hisoblagich orqali YHHning raqamli indikatoriga uzatadi va u tegishli raqamni ko'rsatadi. Asbobning nolini korreksiya qilish uchun o'zgaruvchan rezistor yordamida taqqoslash sxemasining chiqishidagi kuchlanish sozlanadi. Buning uchun normal elementga ega bo'lgan TKM chiquvchi signalidan foydalaniladi. TSda mazkur son (kuchlanish) o'lchanayotgan kuchlanishdan ayriladi va hosil bo'lgan ayirma ikkilamchi ishlovga beriladi. Bunda elektron kalit EK3 ochiladi va kichik hadli hisoblagich (KHH) ishga tushadi hamda uning natijasi YHHdagi son bilan qo'shiladi. Raqamli voltmترلar (o'zgarmas tokda) 1 mkV dan 1000 V kuchlanishlarni 0,1% xatolik bilan o'lchash imkoniyatiga ega. Yuqori aniqlikka ega o'zgarmas tok raqamli voltmترلardan V7-28 va boshqa turlari ma'lum.

Raqamli chastotamerlar. Raqamli chastotamerlar (RCH)ning ishlashi tu vaqt oralig'ida f_x chastotali impulslar sonini sanashga asoslangan (2.22-rasm).

Chastotasi noma'lum bo'lgan U_{fx} shakllantirgich (SH)da davomiyliigi tu to'g'ri burchakli impulslarga aylantiriladi. Bu impulslar elektron kalit (EK) kirishiga beriladi va unda vaqt oralig'i datchigi (VOD) ishlab chiqayotgan impulslar bilan taqqoslanadi. EKdan tu vaqt oralig'ida chiqadigan impulslar hisoblagichi (CHIH) yor-



2.22-rasm. Raqamli chastotamer blok-sxemasi.



2.23-rasm. Chastotamerlarning vaqt diagrammasi.

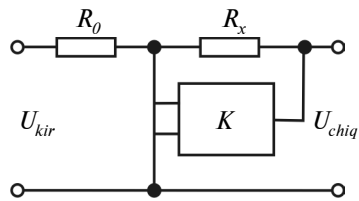
damida sanalib, raqamli ko'rsatish qurilmasi (RKQ)ga beriladi. f_x chastotali impulslar soni (t_u vaqt oralig'ida) quyidagi formula yordamida topiladi:

$$N = \frac{t_u}{T_x} = t_u \cdot f_x. \quad (2.31)$$

2.23-rasmda keltirilgan chastotamerlarning vaqt diagrammasidan ko'rinib turibdiki, chastotamerda paydo bo'ladigan xatolikning birdan bir sababi diskretlash jarayonida yuzaga keladigan xatolikdir. Datchiklar ishlab chiqaradigan davomiyligi o'zgarmas bo'lgan vaqt intervallariga shakllantirgichdan keladigan impulslarning barchasi kirmaydi. Shuning uchun diskretlash xatoligi ± 1 impulsiga teng bo'lishi mumkin. Raqamli chastotamerlar xatoligining boshqa tashkil etuvchisi vaqt intervallari manbasining nomotadilligidir. Bu kamchilikni bartaraf etish uchun vaqt intervallarini motadillash maqsadida manba sxemasida kvarsdan foydalaniladi. RCH xatoligi vaqt oralig'ini diskretlash xatoligidan va 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.

Kombinatsiyalangan raqamli asboblari. Hozirgi zamon elektronikasining elementlar bazasi keng imkoniyatlarga ega bo'lgan raqamli o'lovch asboblari yaratishga imkon beradi. Kombinatsiyalangan raqamli asboblari (KRA)ning asosiy qismi integrallovchi xossaga ega o'zgaruvchi tok kuchaytirgichidan iborat. KRA ning kirish qismiga o'zgaruvchi tokni o'zgaruvchi tokka aylantiruvchi, o'rtacha ta'sir etuvchi yoki amplituda qiymatlarini o'zgartiruvchi, qarshilik, induktivlik va sig'imni kuchlanishga o'zgartiruvchi o'zgartirgichlar ulanadi. KRA yordamida rezistor qarshiligini o'lchashni misol tariqasida ko'rib chiqamiz (2.24-rasm).

R_x manfiy kuchaytirgich teskari bog'lanish zanjiriga ulanadi. Qo'llanilayotgan kuchaytirgichlarda kuchlanish bo'yicha kuchaytirgich koefitsiyenti juda katta R_x kuchaytirgichga ulanganda, kuchaytirgichning chiqish qismida kuchlanish hosil bo'ladi. Kuchaytirgich (K)ning kirish qismining toki kichik bo'lganligi sababli asosiy tok R_x qarshilik orqali o'tadi. Shuning uchun:



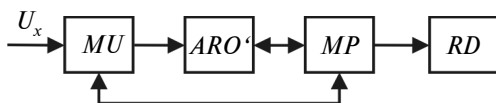
2.24-rasm.

$$U_{chiq} = IR_x \quad (2.32)$$

KRA turkumiga raqamli IIIq-4313 turdagi asboblarni misol qilib keltirish mumkin. 5 mV dan 500 V gacha o'zgaruvchi va o'zgaruvchi kuchlanishni, 5 mA dan 500 mA gacha o'zgaruvchi va o'zgaruvchi tokni, 50 Om dan 5000 kOm gacha qarshilikni o'lchash uchun mo'ljallangan. Qayd etilgan parametrlarni 45...20000 Hz diapazonda o'lchash mumkin. Asbob 220 V li o'zgaruvchi tokli tarmoqdan yoki 17,5 V li avtonom manbadan ta'minlanadi. Og'irligi 3 kg, gabarit o'lchamlari 300x70x300 mm.

Mikroprosessor bilan boshqariladigan raqamli o'lchash asboblari. O'lchash asboblari tarkibida mikroprosessorlarni qo'llash o'lchash jarayonlarini soddalashtiradi, ularni qiyoslashni va kalibrashni avtomatlashtiradi, o'lchash axborotiga statistik ishlov beradi va asboblarning metrologik xarakteristikalarini oshiradi. Quyida voltmeter va chastotamerlarda mikroprosessorlardan foydalanish misollari keltirilgan.

Raqamli mikroprosessorli voltmeterning (2.25-rasm) kirish bloki masshtab o'zgartirgichidan (MO) iborat bo'lib, u bir yo'la o'zga-



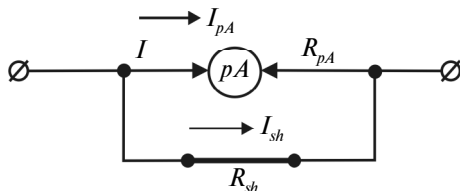
2.25-rasm. Raqamli mikroprotessorli voltmetrning blok-sxemasi.

ruvchan U_x tokni o'zgarimas tokka aylantiradi. Bundan keyin o'zgarimas tok kuchlanishi analog-raqamli o'zgartgich (ARO') ga beriladi va u yerda raqam shakliga keltiriladi. Hozirgi zamon mikroprotessorli asboblarda ikki bosqichda integrallaydigan ARO'lar keng tarqalgan. Kirish kuchlanishiga proporsional bo'lgan ma'lum ketma-ketlikdagi impulslar soni ARO'dan mikroprotessor (MP)ning interfeysiga uzatiladi. Mikroprotessor integrallash jarayonini boshqaradi va raqamli axborotni raqamli displey (RD)ga chiqarib beradi. RD nafaqat o'lgangan kattalikni, balki unga tegishli matnli axborotni ham yozib chiqaradi.

Zamonaviy mikroprotessorli voltmetrlar ko'p dasturli asbollar bo'lib, o'lgangan kattaliklar ustida barcha arifmetik va algebraik amallarni, o'rtacha kvadratik og'ish, dispersiya, matematik kutishni hisoblash hamda xotiralash amallarini bajarishi mumkin. Mikroprotessorli voltmetrlar turiga Rossiyada ishlab chiqariladigan III1531, III1612, B7-39, B7-40 hamda Germaniyada ishlab chiqariladigan 7055, 7065 turidagi voltmetrlarni misol qilib keltirish mumkin.

2.7. II bobga doir masalalar yechish

1-masala. Qarshiligi $R_{pA} = 0,08$ Om ampermetrga uzunligi $l = 0,01$ m, ko'ndalang kesim yuzi $S = 0,05$ mm² bo'lgan mis sim parallel, ya'ni shunt ko'rinishida ulangan (2.26-rasm). Agar ampermetr $I_{pA} = 0,05$ A ni ko'rsatsa, zanjirdagi tok kuchi I qanday bo'ladi? Misning solishtirma qarshiligi $p = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Om · m.



2.26-rasm.

Yechish. O‘zaro parallel ulangan ampermetr va shunt dan o‘ta-yotgan tok I_{pA} va I_{sh} larning nisbati R_{pA} va R_{sh} qarshiliklar nisbatiga teskari proporsionaldir, ya’ni:

$$\frac{I_{pA}}{I_{sh}} = \frac{R_{sh}}{R_{pA}}, \quad (2.33)$$

bunda: $R_{sh} = p \frac{l}{S}$ – shuntning qarshiligi; $I_{sh} = (I - I_{pA})$ shunt dan o‘tuvchi tok; I – zanjirdagi tok. Binobarin:

$$\frac{I_{pA}}{I - I_{pA}} = \frac{p \frac{l}{S}}{R_{pA}}, \quad (2.34)$$

bunda zanjirdan o‘tuvchi tok I ni topamiz:

$$\begin{aligned} I &= I_{pA} \frac{R_{pA} - p \frac{l}{S}}{p \frac{l}{S}} = I_{pA} \frac{R_{pA} S - pl}{pl} = \\ &= 0,5 \frac{0,08 \text{ Om} \cdot 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 - 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ m}}{1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ m}} = 6,75 \text{ A}. \end{aligned} \quad (2.35)$$

2-masala. Ichki qarshiligi $R_{pV} = 2,5$ kOm, nominal kuchlanishi 150 V ASTV turdagi voltmetrning o‘lchash chegarasini 600 V gacha kengaytirish uchun unga qanday kattalikdagi qo‘shimcha qarshilik ulash kerak?

Yechish. O‘lchash chegarasini kengaytirish koeffitsiyenti

$$n = \frac{600}{150} = 4. \quad (2.36)$$

Qo‘shimcha qarshilik kattaligi:

$$R_q = R_{pV} (n - 1) = 2,5 \cdot (4 - 1) = 7,5 \text{ kOm}. \quad (2.37)$$

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

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

$$P_{pV_1} = \frac{U_1^2}{R_{pV_2}} = \frac{150^2}{20 \cdot 10^3} = 1,125 \text{ V} . \quad (2.38)$$

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

$$R_q = R_{pV_1}(n - 1) = 20 \cdot 10^3 \cdot (1,66 - 1) = 13333,3 \text{ Om} , \quad (2.39)$$

bunda $n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{250}{150} = 1,66$ – bo'lish koeffitsiyenti.

Hosil bo'lgan umumiy qarshilik:

$$R_{pV_2} = R_{pV_1} + R_q = 20000 + 13333,3 = 33333,3 \text{ Om} . \quad (2.40)$$

O'lchash chegarasi kengaytirilgandan keyin ichki isrof

$$P_{pV_2} = \frac{U_2^2}{R_{pV_2}} = \frac{250^2}{33333,3} = 1,875 \text{ V} . \quad (2.41)$$

Nazorat 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. Qanday elektromexanik asboblarning mavjud?

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 qayd etish usullarini bilasiz?

9. O'ziyozar asboblarning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirib bering.

10. Yorug' nurli ossilloqraf tuzilish sxemasi, uning ishlashini bayon qiling.

11. Magnitograf qanday o'lchashlarni bajarish uchun mo'ljallangan?

12. Elektr ommetr sxemasidan foydalanib, uning ishlashini tushuntirib bering.

13. Elektron chastotamerning ishlashini uning tuzilish sxemasi bo'yicha aytib bering.

14. Elektron nurli ossillografning tuzilish sxemasi, uning ishlashini bayon qiling.

15. Mikroprotssessor bilan boshqariladigan o'ziyozar asboblari qanday tarkibiy qismlardan iborat? Uning ishlashini tushuntirib bering.

16. Raqamli va analogli o'lchash asboblari nima bilan farqlanadi?

17. Raqamli o'lchash asboblari qanday analog-raqamli o'zgartgichlar qo'llaniladi?

18. Raqamli voltmetrlar va chastotamerlar struktura sxemasini, ishlash prinsipini tushuntirib bering.

19. Mikroprotssessorli raqamli voltmetrlar chastotamerlarga qaraganda qanday afzalliklarga ega?

III BOB. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLARNI O'LGHASH

3.1. Tok va kuchlanishni o'lchash

O'zgarmas tok zanjirida o'lchashlar. O'zgarmas tok zanjirida 10^{-7} dan 10^6 A gacha tok, 10^{-7} dan 10^8 V gacha kuchlanish sezgirligi juda yuqori bo'lgan magnitoelektrik asboblari (bevosita o'lchashda) yordamida o'lchanadi. Galvanometr yordamida qayd etilishi mumkin bo'lgan eng kichik tok 10^{-11} A bo'lib, undan kichik toklar bilvosita usullar yordamida (namuna qarshilikdagi kuchlanish pasayishi yoki kondensator zaryadi bo'yicha) o'lchanadi. 0,1 A dan 10 A gacha o'zgarmas tokni o'lchashda elektrodinamik ampermetrlarni qo'llash mumkin. Quvvat iste'molining kattaligi va sezgirligining pastligi bu asboblarning imkoniyatlarini chegaralaydi.

O'zgarmas kuchlanishni bevosita o'lchashda magnitoelektrik voltmetrlar keng qo'llaniladi. Ular yordamida 600 V gacha bo'lgan kuchlanishni o'lchash mumkin. O'lchash diapazonini kengaytirish maqsadida qarshiliklar ishlatiladi. 300 V gacha o'zgarmas kuchlanishni o'lchashda ayrim hollarda elektrodinamik voltmetrlar qo'llaniladi. Ammo bu asboblarning aniqligi yuqori bo'lsa ham, sezgirligi past va ko'p quvvat iste'mol qiladi. O'zgarmas tok zanjirida tokni bilvosita o'lchashda kompensatorlar ishlatiladi. O'zgarmas kuchlanishni aniq o'lchash talab qilinganda kompensator va raqamli voltmetrlardan foydalaniladi. Bir necha voltdan yuzlab kilovoltgacha kuchlanishni o'lchashda elektrostatik voltmetrlar qo'llaniladi. Bu asboblarning sezgirligi past, kam quvvat iste'mol qiladi. 0,05, 0,1, 0,2 aniqlik sinfiga ega bo'lgan asboblarning narxi balandligi tufayli ular kam ishlab chiqariladi.

O'zgaruvchan tok zanjirida o'lchashlar. O'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanish va tokning o'rtacha, maksimal va ta'sir etuvchi qiymatlari o'lchanadi. Bu uchala qiymatlar o'zaro shakl

$\left(k_{sh} = \frac{U}{U_{o'r}}\right)$ va amplituda $\left(k_a = \frac{U_m}{U}\right)$ koeffitsiyentlari orqali bog'-

langan. Bu koeffitsiyentlarning qiymatlari kuchlanish (tok) egri chizig‘ining shakliga bog‘liq. Sinusoida shaklidagi chiziq uchun $k_{sh} = 1,11$, $k_a = \sqrt{2} = 1,41$ bo‘ladi, shuning uchun yuqoridagi uchala kattalikdan birini o‘lchab, qolganlarini topish osondir. Masalan, agar voltmetr bilan o‘lchanganda sinusoidal kuchlanishning ta‘sir etuvchi qiymati $U = 110$ V bo‘lsa, u holda $U_m = 1,41 \cdot 110 \approx 155$ V, $U_{o.r} = 110/1,11 \approx 99$ V bo‘ladi.

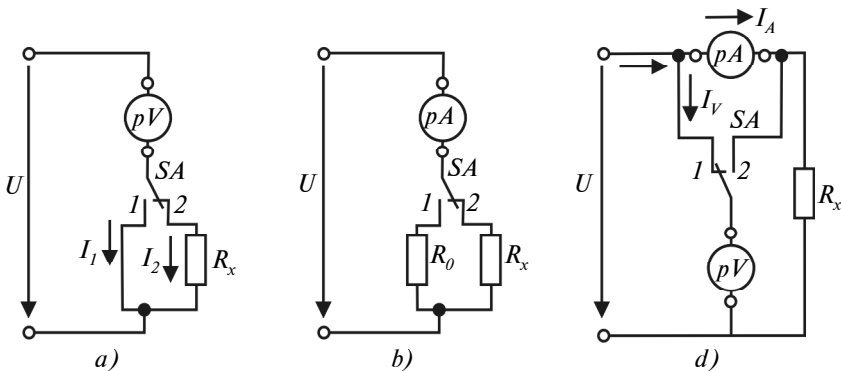
Sinusoidal bo‘lmagan kuchlanish (tok) da o‘lchanayotgan kattalikning egri chizig‘i qanchalik «o‘tmas» bo‘lsa, ya‘ni qanchalik to‘g‘ri burchak shakliga yaqin bo‘lsa, k_{sh} va k_a koeffitsiyentlarning qiymatlari 1 ga shunchalik yaqin bo‘ladi. To‘g‘ri burchak shakliga ega egri chiziq uchun $k_{sh} = k_a = 1$ bo‘ladi. Aksincha, ya‘ni egri chiziq shakli qanchalik «o‘tkir» va «zichroq» bo‘lsa, k_{sh} va k_a koeffitsiyentlarning qiymatlari shunchalik katta bo‘ladi.

3.2. Qarshilikni o‘lchash

Qarshilik elektrotexnik qurilmalarning eng ko‘p o‘lchanadigan parametrlaridan biri bo‘lib, 10^{-8} dan 10^{18} Om gacha qiymatli qarshiliklar o‘lchanadi. Bu diapazon shartli ravishda uchta oraliqqa ajratiladi: kichik (1 Om gacha), o‘rta ($1 \dots 10^6$ Om) va katta (10^6 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 voltmetr yordamida o‘lchanadi (3.1-rasm).



3.1-rasm.

3.1-*a* rasmdagi sxemaga ko‘ra, *SA* qayta ulagich 1-holatda bo‘lganda voltmetr

$$U_1 = I_1 \cdot R_{pV} = (U/R_{pV}) \cdot R_{pV} = U \quad (3.1)$$

kuchlanishni ko‘rsatadi, bunda R_{pV} – voltmetrning ichki qarshiligi; 2-holatda bo‘lganda quyidagi kuchlanishni ko‘rsatadi:

$$U_2 = I_2 R_{pV} = \frac{U}{R_{pV} + R_x} R_{pV}. \quad (3.2)$$

Bunda qarshilikni asbobning ikki holatidagi ko‘rsatishlaridan va uning ichki qarshiligidan hisoblab olish mumkin:

$$R_x = \frac{U_1 R_{pV} - U_2 R_{pV}}{U_2} = R_{pV} \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right). \quad (3.3)$$

Qarshilikni 3.1-*b* rasimga ko‘ra *SA* qayta ulagichning ikki, ya’ni 1- va 2-holatidagi ampermetr ko‘rsatishiga ko‘ra aniqlash mumkin. Ampermetrning 1-holatdagi ko‘rsatishi:

$$I_1 = \frac{U}{R_0 + R_{pA}}, \quad (3.4)$$

bunda R_{pA} – ampermetrning ichki qarshiligi.

2-holatdagi ko‘rsatishi:

$$I_2 = \frac{U}{R_x + R_{pA}}. \quad (3.5)$$

Qarshilik R_x ni quyidagi formuladan aniqlashimiz mumkin:

$$R_x = \frac{I_1}{I_2} (R_0 + R_{pA}) - R_{pA}. \quad (3.6)$$

Qarshilikni ampermetr va voltmetr yordamida bilvosita o‘lchash ham mumkin (3.1-*d* rasm). Asboblarning kirish qarshiliklari R_{pA} , R_{pV} ma’lum bo‘lsa, u holda *SA* qayta ulagichning 1-holatida:

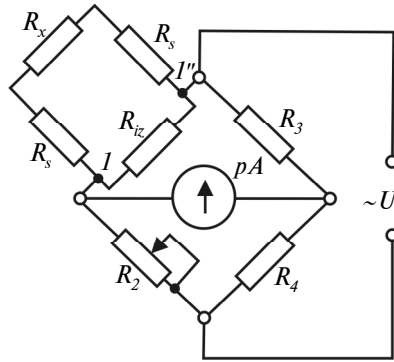
$$R'_x = \frac{U_V - I_{pA} \cdot R_{pA}}{I_{pA}}, \quad \delta' = \frac{R_{pA}}{R_x} 100\%. \quad (3.7)$$

2-holatida:

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

Shunday qilib, asboblarning kirish qarshiligi ma’lum bo‘lganda yuqorida keltirilgan uchala sxemaning bittasidan foydalanish mum-

kin. Agar asboblarning kirish qarshiliklari noma'lum bo'lsa, u holda kichik qarshiliklarni o'lchashda ampermetrni voltmetrdan oldin ulash sxemasi, katta qarshiliklarni o'lchashda esa voltmetrni ampermetrdan oldin ulash sxemasi ishlatiladi. Bilvosita ulash usullari qulay bo'lsa-da, aniqligi ishlatilayotgan asboblarning aniqligiga bog'liq bo'lib, umuman ancha past bo'ladi.



3.2-rasm.

Ishlab chiqarish sharoitlarida qarshilikni o'lchashda o'zgarmas tok ko'priklaridan keng foydalaniladi (3.2-rasm).

Faraz qilamiz, qarshiligi R_x ga teng bo'lgan rezistor ko'prikning $I-I'$ qismiga qarshiligi R_s bo'lgan sim orqali ulangan bo'lsin. Agar asbob izolatsiyasining $I-I'$ qismiga nisbatan qarshiligi R_{iz} bo'lsa, ko'prikning to'la R_1 yelka qarshiligi quyidagiga teng:

$$R_1 = \frac{(R_x + 2R_s)R_{iz}}{R_x + 2R_s + R_{iz}} = \frac{R_x + 2R_s}{1 + 2R_s/R_{iz} + R_x/R_{iz}}, \quad (3.9)$$

bunda: R_s – ulanadigan simlarning qarshiligi; R_{iz} – izolatsiya qarshiligi.

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

$$\delta_1 = \frac{R_1 - R_x}{R_x} = 2 \frac{R_s}{R_x} 100\%. \quad (3.10)$$

Agar R_x va R_u bir tartibdagi kattalik bo'lsa, u holda:

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

nisbiy xatolik:

$$\delta_1 = \frac{R_1 - R_x}{R_x} = - \frac{R_x}{R_{iz}} 100\%. \quad (3.11)$$

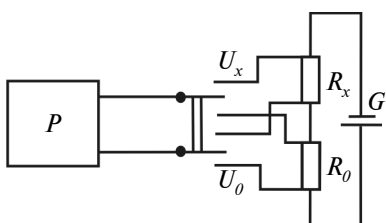
Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, o'lchash diapazonining past chegarasi ulovchi simlar va kontakt qarshiliklarining o'lchash jaryoniga ta'siri bilan, yuqori chegarasi esa sxema izolatsiyasining ta'siri bilan belgilanadi.

O'lchash xatoligini hisoblashda ko'priknining muvozanat shartidan foydalanish.

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_4}. \quad (3.12)$$

Ko'prik yordamida qarshilikni o'lchash, asosan, ikkita operatsiyadan iborat: avval o'lchash diapazoni tanlanadi, so'ngra muvozanatga keltiriladi.

Ikkilangan ko'prik sxemalaridan foydalanilganda noma'lum qarshilik formuladan topiladi. Bunda namunaviy qarshilik R_{nam} R_x bilan bir tartibda bo'lsa, ko'priknining sezgirligi va aniqligi yuqori bo'ladi.

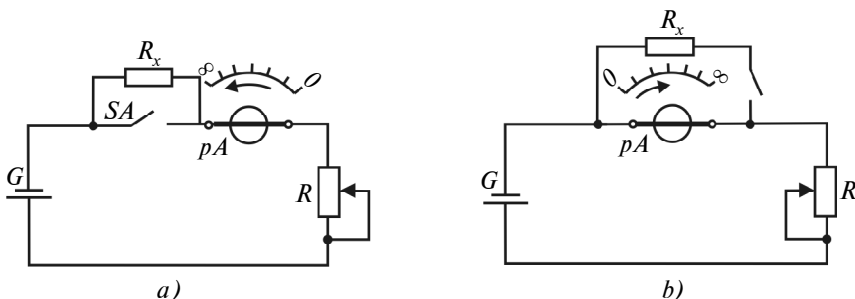


3.3-rasm.

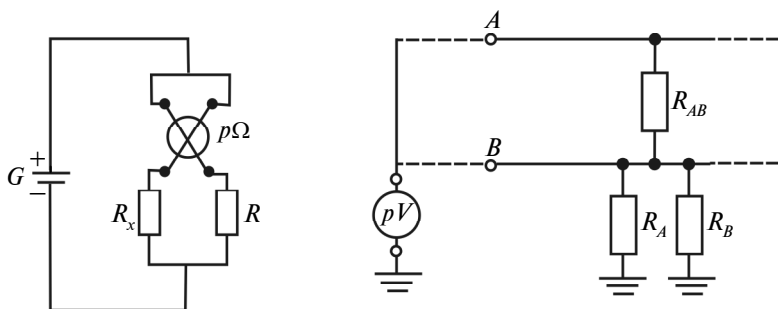
Qarshiliklar kompensatorlar yordamida o'lchansa, natija aniqligi yuqori bo'ladi (3.3-rasm):

$$R_x = R_{nam} \frac{U_{nam}}{U_x}. \quad (3.13)$$

Qarshiliklar bevosita usulda ommetrlar yordamida o'lchanadi (3.4-rasm). Rasmdagi sxemalardan ko'rinib turibdiki, magnitoelektrik ampermetr pA qarshilik R_x bilan ketma-ket (3.4-a rasm) yoki parallel (3.4-b rasm) ravishda ulanishi mumkin. O'lchash diapazoni keng bo'lganligi uchun 3.4-a rasmdagi sxema qo'llaniladi. Ikkala sxemaning umumiy kamchiligi — o'lchash natijasining manba kuchlanishiga bog'liqligi. Bu narsa har doim o'lchashdan oldin SA kontaktini ulab, ko'rsatkichni o'zgaruvchan rezistor R yordamida nolga keltirib turishni taqozo etadi.



3.4-rasm.



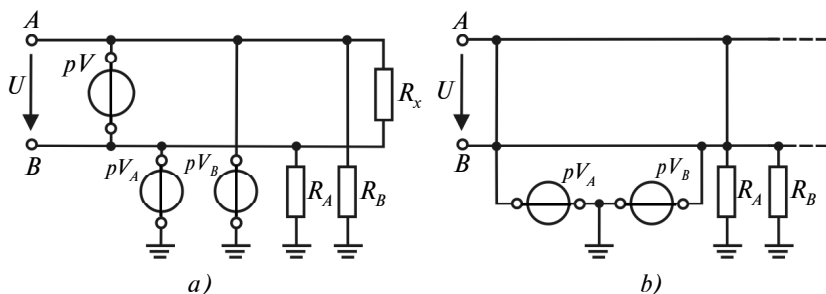
3.5-rasm.

Logometrik mexanizmli ommetrlar yuqorida aytiladigan kamchilikdan ancha holidir (3.5-rasm). Bunday asboblarda o'zgarmas tok manbai yoki qo'l bilan harakatga keltiriladigan o'zgarmas tok generatori ishlatiladi. Manba kuchlanishining nomo'tadilligi ma'lum o'lchash doirasida aniqlikka ta'sir etmaydi. Bunday generatorning kuchlanishi 500 V gacha yetishi mumkin.

Masala. Elektr mashina yakor chulg'ami qarshiligining ichki qarshiligi $R_{pA} = 0,01$ Om bo'lgan ampermetr va ichki qarshiligi $R_{pV} = 250$ Om bo'lgan voltmetr bilan o'lchangan (3.6-a rasm). Asboblar 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'amida o'lchashda ampermetr va voltmetr usulidan foydalanish mumkin. Ularning ko'rsatish qo'shimchasi: $I_{pA} = 8,5$ A; $U_{pV} = 1,25$ V.

Bizga ma'lumki, yakor chulg'amining qarshiligi R_{ya} kichik bo'lganda voltmetr ampermetrdan keyin ulanadi (3.6-b rasm). Om qonuniga ko'ra, $R_{ya} = U_{ya}/I_{ya}$. Ampermetr umumiy tok I ni o'lchaydi.



3.6-rasm.

Ma'lumki, $U = 1,25 \text{ V}$, $R_{pV} = 250 \text{ Om}$, voltmetr 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:

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

Asboblar ko'rsatilgan sxema bo'yicha ulangani uchun yakor chulg'amining qarshiligi quyidagiga teng:

$$R_{ya} = U/I = 1,25/8,5 = 0,14705 \text{ Om}.$$

Qarshilikni o'lchashdagi nisbiy xatolik:

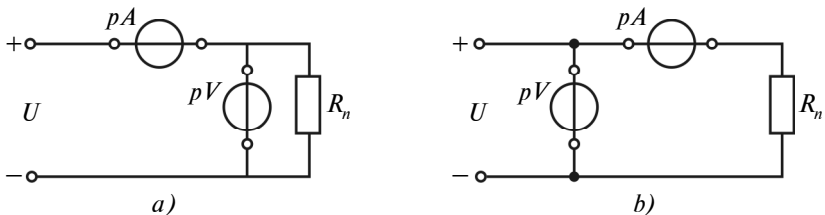
$$\delta_R = \frac{(R_{ya.h} - R_{ya})}{R_{ya.h}} \cdot 100 = 0,033 \text{ .}$$

3.3. Quvvatni o'lchash

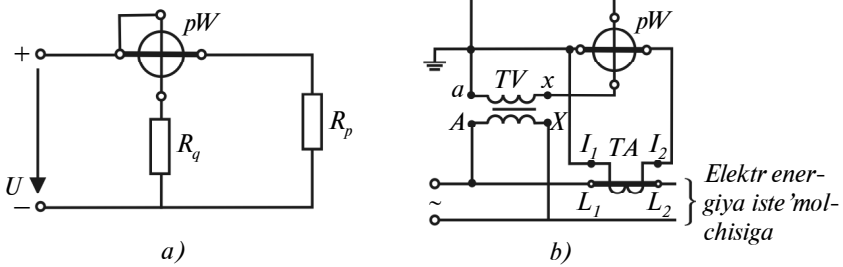
Ishlab chiqarish sharoitlarida o'zgarmas tok zanjiridagi quvvatni, o'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv va reaktiv quvvatni o'lchashda elektrodinamik, ferrodinamik asboblar, yuqori chastotali zanjirlarda esa elektron vattmetrlar qo'llaniladi.

O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni o'lchash. O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun zanjirdagi tok va kuchlanish o'lchanadi va $P = UI$ ifodadan foydalanib quvvat topiladi. Bunda ikki xil sxema: iste'molchining qarshiligi (quvvati o'lchanayotgan qismida) voltmetrning ichki qarshiligidan juda kichik bo'lsa, 3.7-a rasmdagi sxema, iste'molchining qarshiligi voltmetr qarshiligi bilan solishtiradigan darajada bo'lsa, 3.7-b rasmdagi sxema qo'llaniladi.

Bu usul sodda bo'lsa-da, ikkita o'lchash asbobini talab qiladi. Shuning uchun, ko'pincha, quvvatni bevosita o'lchashda elektrodinamik vattmetr qo'llaniladi (3.8-a rasm).



3.7-rasm.



3.8-rasm.

O'lchash xatoligi tok chulg'aming qarshiligi qancha kichik, kuchlanish chulg'aming qarshiligi esa qancha katta bo'lsa, shuncha kichik bo'ladi. Vattmetrning o'lchash diapazonini kengaytirish uchun R_q qarshilik ulanadi.

Vattmetr doimiysi quyidagiga teng:

$$C_n = (U_n \cdot I_n) / N,$$

bunda N – asbobning darajalash bo'laklari soni.

Bir fazali sinusoidal tok zanjirlarida aktiv quvvatni o'lchash.

Avval aytilganidek, 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 asbobning zanjirga bevosita ulanishi tok chulg'ami uchun xavfli bo'lishi mumkin. Misol uchun, vattmetrdan o'tishi mumkin bo'lgan maksimal tok $I_m = 10$ A, $\cos\varphi = 0,8$ bo'lgan elektr zanjirda vattmetr ko'rsatkichi $I = I_m / \cos\varphi = 12,5$ A tokda maksimalga burilishi kerak bo'ladi.

Ma'lumki, o'lchash diapazonini kengaytirish uchun o'lchash tok va kuchlanish transformatorlaridan foydalaniladi. Bunda quvvat: $P = P_{pW} \cdot kI \cdot kU$ (3.8-b rasm).

1-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: $P = 300 \cdot 5 = 1500$ W.

Absolut xatolik: $\Delta P = \frac{1500}{100} \cdot 1,5 = 22,5$ W

2-masala. Qarshiligi $R_{yuk} = 400$ Om bo'lgan rezistor kuchlanishi 9 V, ichki qarshiligi $R_{ich} = 220$ Om bo'lgan EYK manbayiga 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 haqiqiy tok:

$$I = \frac{E}{R_{yuk} + R_{ich}} = \frac{9}{400 + 220} = 0,01451 \text{ A} .$$

Rezistorda ajraladigan haqiqiy quvvat:

$$P_{haq} = I^2 R = 0,0145^2 \cdot 400 = 0,0842 \text{ W} .$$

Voltmetrning ichki qarshiligi yuklamaning qarshiligi bilan solishtirilgan darajada bo'lgani uchun 3.7-a rasmdagi sxema qo'llaniladi. Zanjirning ekvivalent sxemasi 3.7-b rasmda keltirilgan.

O'lchash asboblari ulangandan so'ng toklarni aniqlaymiz:

$$I = \frac{E}{\frac{(R_{pA} + R_{yuk})R_{pV}}{R_{pA} + R_{yuk} + R_{pV}} + R_{ich}} = \frac{9}{\frac{(100+400)+1200}{100+400+1200} + 220} = 0,0157 \text{ A} ;$$

$$I_{yuk} = I \frac{R_{pV}}{R_{pV} + R_{pA} + R_{yuk}} = 0,0157 \cdot \frac{1200}{1200+100+200} \approx 0,12 \text{ A} ;$$

$$I_{pV} = I \frac{R_{pA} + R_{yuk}}{R_{pV} + R_{pA} + R_{yuk}} = 0,0157 \cdot \frac{100+400}{1200+100+400} = 0,00506 \text{ A} .$$

Voltmetrning ko'rsatishi:

$$U_{pV} = I_{pV} \cdot R_{pV} = 0,00506 \cdot 1200 = 6,06 \text{ V} .$$

Asboblard yordamida hisoblangan rezistorda ajralayotgan quvvat:

$$P = U_{pV} \cdot I_{yuk} = 6,06 \cdot 0,012 = 0,073 \text{ W} .$$

O'lchash orqali aniqlangan nisbiy xatolik:

$$\delta_I = \frac{0,073 - 0,0842}{0,0842} \cdot 100\% = 14,6\% .$$

Ampermetr voltmetrdan keyin ulangan sxemaning nisbiy xatoligini hisoblaymiz. Bu holda ekvivalent sxemaning 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:

$$I_{\text{yuk}} = I \frac{R_{pV}}{R_{pV} + R_{\text{yuk}}} = 0,0145 \cdot \frac{1200}{1200+400} = 0,0109 \text{ A}.$$

Yuklamadagi kuchlanish pasayishi:

$$U_{\text{yuk}} = I_{\text{yuk}} R_{\text{yuk}} = 0,0109 \cdot 400 = 4,306 \text{ V}.$$

Yuklamadagi bilvosita hisoblangan quvvat:

$$P = I_{\text{yuk}}^2 R_{\text{yuk}} = 0,0109^2 \cdot 400 = 0,0476 \text{ W}.$$

Nisbiy xatolik:

$$\delta_{\text{II}} = \frac{0,0476-0,0842}{0,0842} \cdot 100\% = 30,8\%.$$

Binobarin, birinchi variantda tanlangan o'lchash sxemasi kichik xatolik beradi.

Uch fazali zanjirlarda aktiv quvvatni o'lchash. To'rt simli uch fazali sistemada aktiv quvvatning uchta tashkil etuvchisini, ya'ni har bir fazada o'lchash uchun vattmetrni 3.9-rasmdagi sxemadagidek ulash kerak.

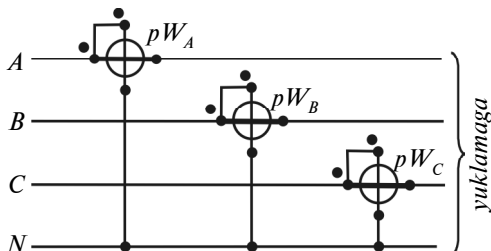
Bu sxemada har bir vattmetr bitta fazaning aktiv quvvatini o'lchaydi.

Uch fazali simmetrik yuklamada bitta faza aktiv quvvati P_f ni o'lchash yetarlidir. Unda uch fazali sistemaning aktiv quvvati bir faza quvvatining 3 ga ko'paytirilganiga teng bo'ladi:

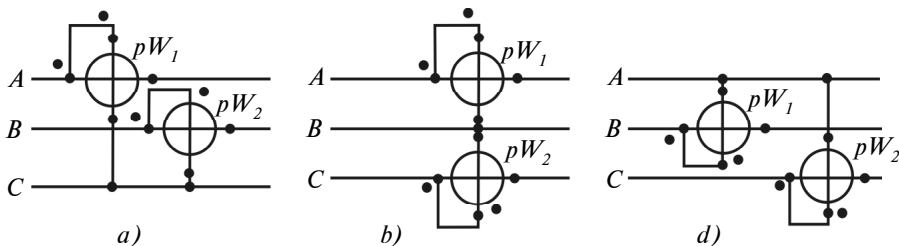
$$P = 3P_f.$$

Simmetrik uch simli neytral simsiz zanjirda liniya toklarining vektor yig'indisi quyidagiga teng:

$$I_A + I_B + I_C = 0.$$



3.9-rasm.



3.10-rasm.

Demak,

$$I_B = -I_A - I_C.$$

Quyidagi tenglikni olamiz:

$$\begin{aligned} S &= U_A I_A + U_B (-I_A - I_C) + U_C I_C = (U_A - U_B) I_A + (U_C - U_B) I_C = \\ &= U_{AB} I_A + U_{CB} I_C. \end{aligned}$$

Binobarin, sistemaning aktiv quvvati:

$$P = U_{AB} I_A \cos(\widehat{U_{AB} I_A}) + U_{CB} I_C \cos(\widehat{U_{CB} I_C}) = P_{AB} + P_{CB}.$$

Shunday qilib, uch simli uch fazali sistemaning aktiv quvvatini o'lchash uchun faqat ikkita vattmetr ulash bilan kifoyalansa bo'lar ekan (3.10-a rasm). Bu sxemani nemis olimi Aron birinchi marta qo'llagani uchun o'lchash texnikasida bu sxema *Aron sxemasi* deb ataladi. Sxemaning afzalligi shundaki, uni simmetrik va nosimmetrik sistemalar uchun ham qo'llash mumkin. 3.10-b, d rasmlarda shu vattmetrlarning tok va kuchlanish transformatorlari orqali ulanishi ko'rsatilgan.

Uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash. Simmetrik uch fazali zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash sxemasi 3.11-rasmda ko'rsatilgan.

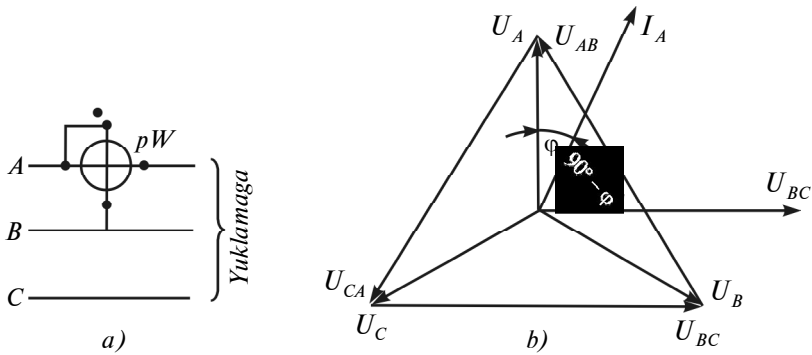
Keltirilgan sxemadan ko'rinib turibdiki:

$$U_{BC} I_A \cos(\widehat{U_{BC} I_A}) = U_{BC} I_A \cos(90 - \varphi) = U_1 I_1 \sin \varphi,$$

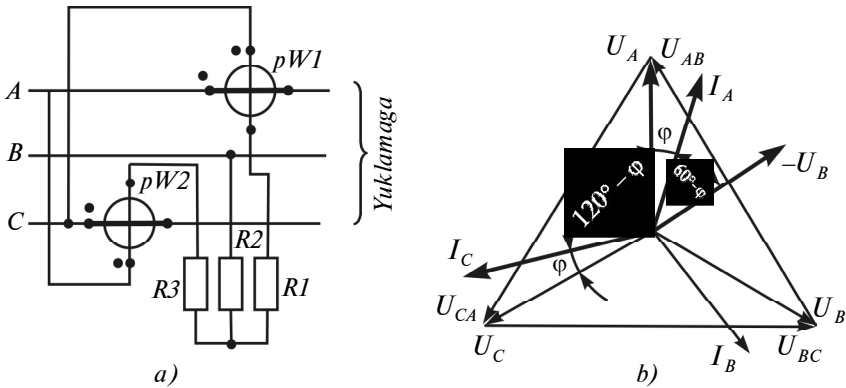
uni 3 ga ko'paytirib simmetrik uch fazali zanjirning reaktiv quvvatini aniqlaymiz:

$$Q = \sqrt{3} U_1 I_1 \sin \varphi.$$

Uch simli simmetrik uch fazali zanjirda umumiy reaktiv quvvatni ikki vattmetr usulida vattmetrlar ko'rsatishi orqali o'lchash



3.11-rasm.



3.12-rasm.

mumkin. Uncha murakkab bo‘lmagan trigonometrik o‘zgarishlardan keyin $Q = 3(P_1 - P_2)$ ekanligini isbot qilish mumkin, bunda: P_1 – fazasi oldinda bo‘lgan vattmetrning ko‘rsatishi; P_2 – fazasi orqada bo‘lgan fazaga ulangan vattmetrning ko‘rsatishi.

Uch fazali zanjirida 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 $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$ va $\varphi_A \neq \varphi_B \neq \varphi_C$ bo‘lishi mumkin, ammo liniya kuchlanishlari simmetrik bo‘lishi kerak, ya’ni $U_{AB} = U_{BC} = U_L$.

Ikkita $pW1$ va $pW2$ bir fazali vattmetrlarning uch fazali uchta simli zanjirlarga ulanishini ko‘rib chiqamiz (3.12-rasm).

Sun‘iy neytral nuqta n ni hosil qilish uchun yordamchi qarshiliklardan foydalanib:

$$r_0 = r_{pW1} + r_{yor1} = r_{pW2} + r_{yor2}$$

yulduz sxemasini hosil qilamiz. Masalani soddalashtirish uchun liniya toklari simmetrik bo'lgan holatni ko'ramiz.

Agar U_{AB} ga perpendikular bo'lgan U_C faza kuchlanishini hamda kuchlanishga perpendikular U_A kuchlanishni olib (3.12-rasm) bir fazali vattmetrning kuchlanish chulg'amlariga ulasak, u vaqtda uch fazali uchta simli zanjirning reaktiv quvvatini aniqlash mumkin bo'ladi.

Buning uchun sun'iy hosil qilingan faza kuchlanishlar U_{An} va U_{Cn} lardan foydalanamiz. Unda birinchi vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_1 = U_{Cn} I_A \cos \alpha = U_{Cn} I_A \cos(60^\circ - \varphi), \quad \alpha = 60^\circ - \varphi;$$

ikkinchi vattmetrning ko'rsatishi:

$$P_2 = U_{An} I_C \cos \beta = U_{An} I_C \cos(120^\circ - \varphi), \quad \beta = 120^\circ - \varphi$$

bo'ladi.

Ikkala vattmetr ko'rsatishlarining yig'indisi quyidagiga teng:

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 &= U_f I_f \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right) = \\ &= \sqrt{3} U_f I_f \sin \varphi = \sqrt{3} Q_f. \end{aligned}$$

Demak, umumiy reaktiv quvvatni topish uchun oxirgi ifodani $\sqrt{3}$ ga ko'paytirish kerak:

$$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2) = 3U_f I_f \sin \varphi,$$

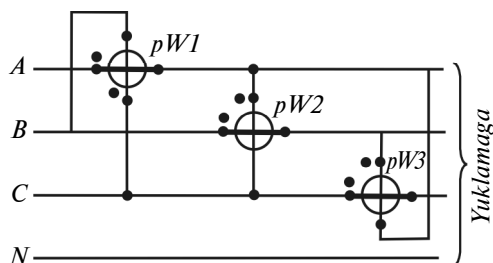
ya'ni reaktiv quvvat har bir faza reaktiv quvvatlarining yig'indisiga teng.

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. 3.13-rasmda uchta vattmetr usulida uch faza uch simli zanjirlarda reaktiv quvvatni o'lchash sxemasi keltirilgan.

Reaktiv quvvatni o'lchash uchun vattmetrning kuchlanish chulg'amlariga 90° burchak ostida burilgan kuchlanishni ulash



3.13-rasm.

kerak. Kuchlanishlar sifatida simmetrik uch fazali zanjirning liniya kuchlanishlarini ishlatishimiz mumkin.

Masalani oddiy tushuntirish uchun simmetrik sistemaning vektor diagrammasidan foydalansa bo‘ladi. Birinchi vattmetrning ko‘rsatishini aniqlaymiz:

$$P_{1W} = U_{BC} I_A \cos(U_{BC} I_A) = U_1 I_1 \cos(90^\circ - \varphi) = U_1 I_1 \sin \varphi ;$$

ikkinchi vattmetrning ko‘rsatishi:

$$P_{2W} = U_{CA} I_B \cos(U_{CA} I_B) = U_1 I_1 \sin \varphi ;$$

uchinchi vattmetrning ko‘rsatishi:

$$P_{3W} = U_{AB} I_C \cos(U_{AB} I_C) = U_1 I_1 \sin \varphi .$$

Vattmetrlar ko‘rsatishining algebraik yig‘indisi:

$$P = P_{1W} + P_{2W} + P_{3W} = 3U_1 I_1 \sin \varphi .$$

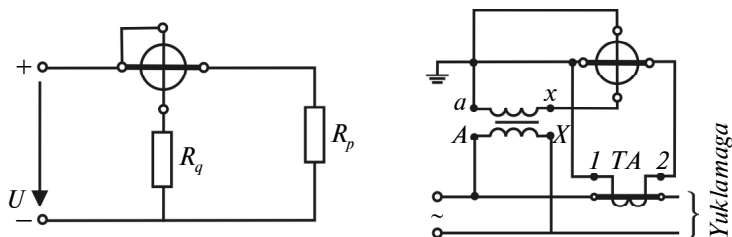
Bu ifodani $\sqrt{3}$ ga bo‘lib, uch fazali zanjirning reaktiv quvvati aniqlanadi:

$$Q = \frac{P}{\sqrt{3}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\sqrt{3}} = \frac{3U_1 I_1 \sin \varphi}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} U_1 I_1 \sin \varphi = 3U_f I_f \sin \varphi .$$

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 hisoblagichlar (schotchik) yordamida olib boriladi.

Bunday hisoblagichning harakatlanuvchi mexanizmi raqamli turdagi hisoblash mexanizmi bilan chervyak uzatma orqali bog‘langan.



3.14-rasm.

Bir fazali hamda uch fazali uch simli va to‘rt simli sistemalarda aktiv va reaktiv energiya integrallovchi induksiyali asboblari – bir fazali va uch fazali elektr energiya hisoblagichi yordamida hisobga olinadi.

Hisoblagichlarning tok g‘altagi qismlari yordamida yuklamaga ketma-ket, 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 turdagi hisoblagichlar yordamida hisobga olinadi. Kerak bo‘lgan holda ular tok va kuchlanish o‘lchash transformatorlari orqali ulanadi (3.14-rasm).

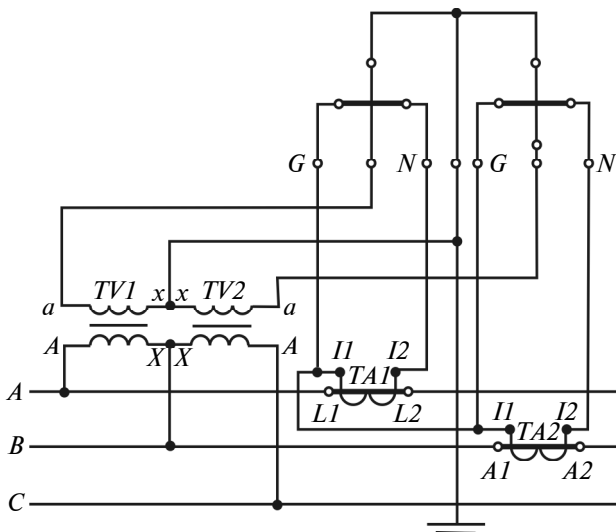
Uch simli uch fazali zanjirda aktiv elektr energiya CA3 turdagi uch fazali ikki elementli hisoblagichlar yordamida hisobga olinadi. 3.15-rasmda bunday hisoblagichning ikkita tok va kuchlanish transformatorlari orqali ulanishi sxemasi keltirilgan.

Masala. O‘zgarmas nominal doimiysi C_n 1 kW · soat/2500 ayl, aniqlik klassi 2,5, nominal kuchlanishi 127 V, toki 5 A bo‘lgan bir fazali hisoblagichni qiyoslash uchun nominal kuchlanishi $U_n = 300$ V, toki $I_n = 5$ A, shkala bo‘linmalari soni 150 bo‘lgan vattmetr qo‘llanilgan. Agar hisoblagichning diski 3 daqiqa davomida 57 marta aylangan, vattmetr esa 92 bo‘linmani ko‘rsatgan bo‘lsa, hisoblagichning nisbiy xatoligi aniqlansin.

Yechish. Hisoblagichning nominal doimiysini aniqlaymiz:

$$C_n = \frac{1 \text{ kW} \cdot \text{soat}}{N} = \frac{1000 \cdot 60}{2500} = 24 \frac{\text{W} \cdot \text{min}}{\text{ayl}},$$

bunda N – hisoblagichning uzatuvchi soni.



3.15-rasm.

Vattmetrning ko'rsatishi quyidagicha:

$$P_W = C_p \cdot \alpha = 5 \cdot 92 = 460 \text{ W} .$$

Yuklamaning energiyasini va hisoblagichning haqiqiy doimiy-sini aniqlaymiz:

$$W = P_W t = 460 \cdot 3 = 1380 \text{ W} ,$$

$$C_h = \frac{W}{N} = \frac{1380}{57} = 24,21 .$$

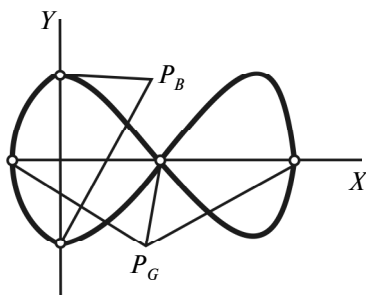
Hisoblagichning nisbiy xatoligi:

$$\delta_W = \frac{C_h - C_n}{C_h} \cdot 100\% = \frac{24,21 - 24}{24} \cdot 100\% = 0,88\% .$$

3.4. Chastota, faza siljish burchagi va quvvat koeffitsiyentini o'lchash

3.4.1. Chastotani o'lchash

Elektroenergetika, radiotexnika, televideniye va aloqa tizimlarida chastotani o'lchash katta ahamiyatga ega. Chastotani o'lchash usuli va asboblarni tanlash talab qilinayotgan o'lchash aniqligiga, signal manbayining quvvatiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi.



3.16-rasm.

Chastotani o'lchashda taqqoslash usulidan foydalanilganda katta diapazonda yuqori aniqlikka erishish mumkin. Chastotani taqqoslash usuli asosida elektron nurli ossillograf yordamida o'lchash mumkin. Bunda chiziqli, aylanal yoyish usullari hamda Lissaju shakllaridan foydalaniladi. Lissaju shakllari usuli yordamida faqat sinusoidal kuchlanishlar

chastotasini o'lchash mumkin. Ossillograf gorizont kanalining kuchaytirgichiga chastotasi noma'lum bo'lgan kuchlanish beriladi. Vertikal kanalining kuchaytirgichiga esa chastotasi ma'lum kuchlanish beriladi. Natijada ossillograf ekranida Lissaju shakllaridan biri hosil bo'ladi. Chastota quyidagi nisbat bilan topiladi:

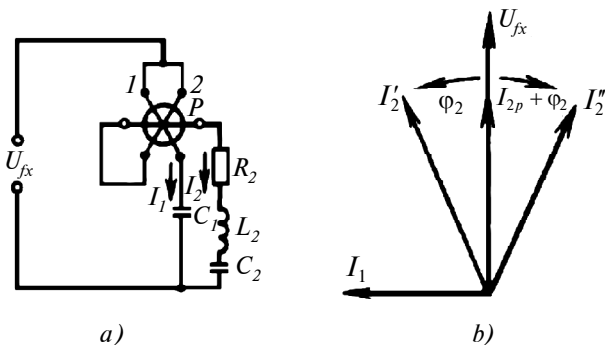
$$f_x = f_0(N_x/N_y),$$

bunda: N_x , N_y — mos ravishda, Lissaju shaklining x va y o'qlari bilan kesishgan nuqtalari soni (3.16-rasm), $N_x = 3$; $N_y = 2$; f_0 — ma'lum bo'lgan chastota.

O'lchash xatoligi f_0 xatoligi bilan aniqlanadi. Chastotani ossillograf usulida o'lchash sodda bo'lsa-da, bunda chastotasi aniq ma'lum bo'lgan kuchlanish generatori kerak bo'ladi.

Eng oddiy elektromexanik chastota o'lchagich **elektromagnit rezonansli o'lchagich**dir. Bunda chastotasi noma'lum kuchlanish elektromagnit chulg'amga beriladi. Elektromagnit maydonda bir tomoni mahkamlangan po'lat plastinalar joylashtirilgan. Plastinalarning bo'sh uchi egilgan va bo'yalgan bo'ladi. O'zgaruvchan maydon ta'sirida plastinalar tebranma harakat qiladi. Xususiy tebranish chastotasi kuchlanish chastotasining ikkilanganiga teng bo'lgan plastina rezonans hodisasi tufayli katta amplituda bilan tebranadi. Bu chastota o'lchagichlarning diapazoni tor (45–55 yoki 450–550 Hz), nisbiy xatoligi 1,0–2,5%.

Chastotani **logometr** bilan o'lchashda elektrodinamik o'lchagichining parallel shoxobchalaridan biriga kondensator C_1 ulanadi (3.17-a rasm). Bu kondensator chastotasi o'lchanayotgan kuchlanish va burchak siljishi bo'lgan tok orasidagi burchakni hosil qiladi. Ikkinchi shoxobchanning ketma-ket ulangan zanjiriga rezonans kontur hosil qiladigan g'altak L_2 , kondensator C_2 va rezistor R_2 ulangan.



3.17-rasm.

Uning rezonans chastotasi asbob o'lcaydigan chastotaning o'rta qiymatiga teng qilib tanlangan. Shu sababdan, rezonans holatda asbobning harakatlanuvchi qismi shkalaning o'rtasida tura-di: $f_{o'r} = (f_b + f_{ox})/2$; bunda f_b, f_{ox} – asbob shkalasidagi boshlang'ich va oxirgi chastotalar.

O'lchanayotgan chastota rezonans qiymatidan og'sa, tok I_2 vektori ham o'zgaradi (3.17-b rasm). Bu holat aylanuvchi moment hosil bo'lishiga va harakatlanuvchi qismining tok I_2 ga proporsional bo'lgan burchakka og'ishiga olib keladi:

$$\alpha = \left(\frac{I_1}{I_2} \cos \varphi_1 \right) = F_2 \left(\frac{x_2}{x_1} \right),$$

bunda
$$x_1 = \frac{1}{\omega_x C_1}; \quad x_2 = \omega_x L_2 - \frac{1}{\omega_x C_2}.$$

Binobarin,
$$\alpha = F_2 \left(\frac{\omega_x L_2 - 1/\omega_x C_2}{1/\omega_x C_1} \right) = F_3(f_x).$$

Elektromagnit va elektrodinamik chastotamerlardan asosan sanoat chastotalarini o'lchashda foydalaniladi. Ular juda tor o'lchash diapazoniga ega: $\pm 10\% f_{o'r}$, nisbiy xatoligi 0,5% dan 2,5 % gacha, quvvat iste'moli 10 W gacha.

3.4.2. Faza siljish burchagini o'lchash

Belgilangan vaqtga nisbatan elektromagnit jarayonining asosiy parametrlaridan biri fazadir. Garmonik tebranish $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ uchun faza sinusoidal funksiyaning argumenti $\omega t + \varphi$ bilan aniq-

lanadi, bunda φ – boshlang‘ich faza. Agar chastotalari ω bo‘lgan ikkita sinusoidal tebranishning boshlang‘ich fazalarini φ_1 va φ_2 bilan belgilasak, ular orasidagi fazalarning siljish burchagi $\varphi_1 - \varphi_2$ ga teng bo‘ladi. Binobarin, bir xil chastotalarda fazalar siljishi vaqtga bog‘liq bo‘lmaydi.

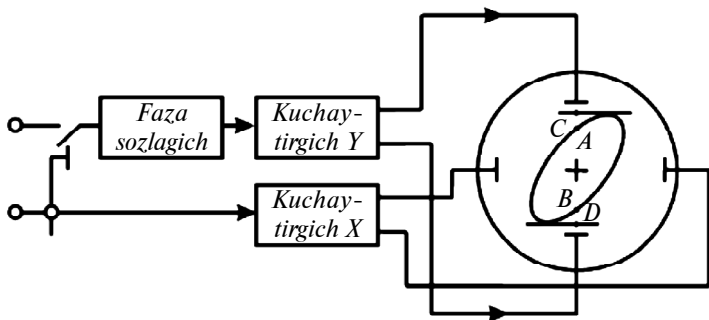
Faza siljishi davrning bo‘laklari radianlar yoki graduslarda o‘lchanadi. Ba’zi hollarda sinusoidal signal zanjirlardan yoki muhit orqali o‘tganda uning kechikish vaqtini aniqlash lozim bo‘ladi. Kechikish chiqish signalining kirish signaliga nisbatan siljishiga olib keladi.

Elektrotexnik qurilmalarda, radiotexnika va televideniya faza siljishlarini katta aniqlikda o‘lchash kerak bo‘ladi. Faza siljishini laboratoriya sharoitida o‘lchashning eng sodda usuli – elektron ossillografdan foydalanishdir. Bu usulda faza ossillogrammalarining xarakteri va shakliga ko‘ra aniqlanadi. O‘lchash natijalariga vertikal va gorizontal plastinalarga kuchlanish beruvchi kuchaytirgichlarning fazoviy va amplitudali xarakteristikalari ta’sir etadi. Nochiziq buzilishlar, 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 nurli ossillografda 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 sinxronlashtiriladi.

Ossillograf yordamida faza siljishini o‘lchashning yana bir keng tarqalgan usullaridan biri **ellips usulidir**. Bu usulning mohiyati 3.18-rasmda keltirilgan blok-sxemada ask etgan. Fazani o‘lchash uchun vertikal og‘ish plastinalariga bir kuchlanish, gorizontal og‘ish plastinalariga esa ikkinchi kuchlanish beriladi. Vertikal og‘ish kuchaytirgichi kirishiga fazaviy sozlagich ulangan. U kanallarni faza jihatidan simmetriyalash uchun xizmat qiladi. Kanallarni amplituda jihatidan simmetriyalash kuchaytirgich koeffitsiyentlarini sozlash orqali bajariladi.

O‘lchanadigan faza siljishi ekrandagi AB va CD kesmalarining nisbati orqali aniqlanadi:

$$\sin\varphi = AB/CD.$$



3.18-rasm.

Ossillografik usullardan tashqari, faza siljishining amaliy hol-larda bevosita o'lash uchun elektron usullar va vositalar ham mavjud. Bularga kuchlanishning yig'indi va ayirmasini o'lash, faza silji-shining vaqt intervaliga aylantirish, solishtirish va kompensatsiya-lash hamda chastotani o'zgartirish usullari kiradi. Shu usullar asosida Φ 2-16, Φ K 2-12, Φ K 2-14 fazometrlar ishlab chiqilgan. Ular mos ravishda 20 Hz–20 MHz; 1–1000 MHz; 110–7000 MHz chastota oralig'ida kuchlanishi 0,001–100 V, 0–180° burchak siljishini o'lchaydi. Aniqligi 0,2–2,5. Massasi 17,5 kg.

3.4.3. Quvvat koeffitsiyentini o'lchash

Quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi$ turli xil asboblardan yordamida bilvosita yoki fazometr bilan bevosita o'lchanadi.

Bir fazali sinusoidal tok zanjirlarida $\cos \varphi$ bilvosita vattmetr, ampermetr va voltmeter ko'rsatkichlari yordamida hisoblanadi:

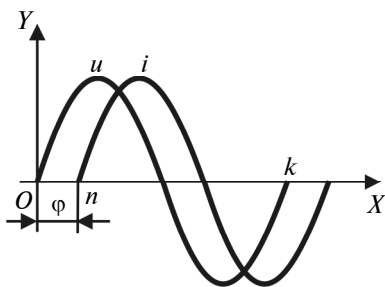
$$\cos \varphi = \frac{P_{pW}}{U_p V I_{pA}} .$$

Simmetrik uch fazali zanjirlarda bilvosita usulda aktiv quvvat, liniya toki va kuchlanishlar o'lchab topiladi:

$$\cos \varphi = \frac{P_{pW}}{\sqrt{3} U_L I_L} .$$

Ikkita voltmeter usulida o'lchangan quvvatlar ma'lum bo'lsa:

$$\cos \varphi = \frac{P_{pW1} + P_{pW2}}{2 \sqrt{P_{pW1}^2 - P_{pW1} \cdot P_{pW2} + P_{pW2}^2}} .$$



3.19-rasm.

$\cos\varphi$ koeffitsiyent ossilloqraflar yordamida ham aniqlanishi mumkin. Ikki nurli elektron nurli ossilloqraftan yoki elektron kommutatordan foydalanilganda, φ qiymat ossilloqraf ekranidagi kuchlanish va tok sinusoidallaridan quyidagicha topiladi (3.19-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 (3.20-rasm).

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 qismining burchak siljishi quyidagiga teng:

$$\alpha = F \left(\frac{I_2}{I_1} \operatorname{tg}\varphi \right).$$

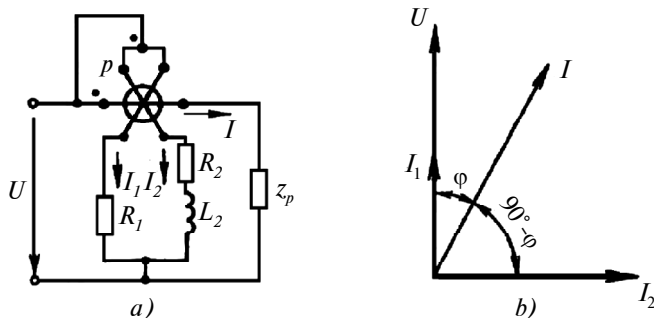
Quvvat koeffitsiyentini topishga doir masalalarni ko'rib chiqaylik.

1-masala. Uch fazali zanjirning aktiv quvvati 40 kW, reaktiv quvvati esa 30 kvar. Quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ ni aniqlang.

Yechish.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ kW};$$

$$\cos\varphi = P/S = 40/50 = 0,8.$$



3.20-rasm.

2-masala. Po‘lat eritadigan induksiyali pech liniya kuchlanishi 380 V bo‘lgan uch fazali tarmoqqa ulangan. Liniya toklar 300 A va Aron sxemasi bo‘yicha ulangan vattmetrlar 41 kW hamda 80 kW ko‘rsatsa, pechning burchak koeffitsiyenti $\cos\varphi$ qanday?

Yechish. Induksiyali pechning to‘la quvvati:

$$S_{\text{pech}} = \sqrt{3}U_1 I_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 300 = 197200 \text{ W} = 197,2 \text{ kW} .$$

Pechning aktiv quvvati:

$$P_{\text{pech}} = P_1 + P_2 = 41 + 80 = 121 \text{ kW} .$$

Quvvat koeffitsiyenti:

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{pech}}}{S_{\text{pech}}} = \frac{121}{197,2} = 0,614 .$$

3-masala. Uch fazali tok zanjiriga ampermetr, voltmetr va ikkita vattmetr kuchlanish transformatori 6000/100 va tok transformatori 50/5 orqali ulangan. Agar asboblar 5 A; 166,6 V va 240 W hamda 120 W larni ko‘rsatsa, to‘la aktiv, reaktiv quvvatlar hamda quvvat koeffitsiyentini aniqlang.

Yechish. Uch fazali zanjirning liniya toki:

$$I_1 = 5 \cdot \frac{50}{5} = 50 \text{ A} .$$

Liniya kuchlanishi: $U_1 = 166,6 \cdot \frac{6000}{100} \approx 10000 \text{ V} .$

To‘la quvvat: $S = \sqrt{3}U_1 I_1 = \sqrt{3} \cdot 10000 \cdot 50 = 867000 \text{ W} .$

Birinchi vattmetr ko‘rsatayotgan aktiv quvvat:

$$P_1 = k_U k_I P_{pW1} = \frac{6000}{100} \cdot \frac{50}{5} \cdot 240 = 144000 \text{ W} .$$

Ikkinchi vattmetr ko‘rsatayotgan aktiv quvvat:

$$P_2 = k_U k_I P_{pW2} = \frac{6000}{100} \cdot \frac{50}{5} \cdot 120 = 72000 \text{ W} .$$

Zanjirdagi umumiy aktiv quvvat:

$$P_{\text{um}} = P_1 + P_2 = 144000 + 72000 = 216000 \text{ W} .$$

Zanjirdagi umumiy reaktiv quvvat:

$$Q = \sqrt{S^2 - P_{\text{um}}^2} = \sqrt{(867 \cdot 10^3)^2 - (216 \cdot 10^3)^2} = 850000 \text{ var} .$$

Quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi = \frac{P_{\text{um}}}{S} = \frac{216000}{867000} = 0,248 .$

3.5. Magnit kattaliklarni o'lchashning umumiy masalalari

Elektr mashinalar, apparatlar hamda asboblardagi elektr va magnit hodisalari o'zaro bog'liq bo'lib, ularni o'rganishda magnit maydoni va materiallarning parametrlarini aniqlash lozim bo'ladi. Fizika va elektrotexnika kurslaridan ma'lumki, magnit maydonini bir-biri bilan o'zaro bog'liq bo'lgan uchta kattalik xarakterlaydi:

$$B = \mu_0(H + I),$$

bunda: B – magnit induksiya, Tl; H – magnit kuchlanganlik, A/m; I – magnitlanish, A/m; μ_0 – magnit doimiysi (SI tizimda bu kattalik $4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m ga teng).

Magnit oqimi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Phi = BS,$$

bunda: Φ – magnit oqimi, Vb; S – o'ram ko'ndalang kesimi yuzi.

Magnit materiallarining xususiyatlari, asosan, magnitlanish egri chizig'i va gisteresis sirtmog'i bilan xarakterlanadi. Bu ikki xarakteristika statik va dinamik xarakteristikalariga bo'linadi. Statik xarakteristikalar o'zgarmas magnit maydonini tahlil qilishda, dinamik xarakteristikalar esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchan maydonlarni tahlil qilishda foydalaniladi.

Magnit kattaliklarni o'lchash uchun yaratilgan vositalar asosida magnit kattalik yoki parametрни unga proporsional bo'lgan elektr kattalikka o'zgartirish prinsipi yotadi. Magnit kattaliklarni o'lchash vositalarining ishlashi, o'lchash usuli, qo'llanish shartlari juda xilma-xildir.

O'zgarmas magnit maydonida magnit oqimini o'lchash. Magnit oqimini o'lchashda ishlatiladigan asboblarning ishlashi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan:

$$e = -w \frac{d\Phi_x}{dt}.$$

Binobarin, magnit oqimi:

$$\Phi_x = \frac{1}{w} \int edt.$$

Oxirgi ifodadan ko'rinib turibdiki, magnit oqimini 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 (3.21-rasm).

Bu asbob ballistik galvanometrda teskari ta'sir etuvchi moment hosil qiluvchi momentsiz simlari mavjudligi bilan farq qiladi.

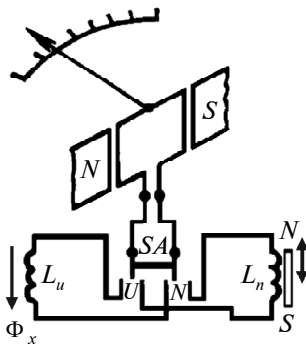
Asbobning o'lchash zanjiri ramkaga uzgich-ulagich SA orqali ulanadi. Agar shu vaqtda o'lchash g'altagidagi ilashish magnet oqimi o'zgarsa (masalan, g'altakning doimiy magnet maydonida siljish natijasida), u holda ramkadan o'tayotgan tok o'zgaradi va aylantiruvchi moment ta'sirida magnet oqimiga proporsional ravishda ramka ma'lum burchakka buriladi. Agar o'lchashdagi ilashish magnet oqimi o'zgarmasa, u holda ramka ixtiyoriy bir holatda bo'ladi. Ramka ko'rsatgichni nolga keltirib turishi uchun SA ni N (nazorat) holatiga o'tkaziladi. Demak, N doimiy magnet holatini o'zgartirish hisobiga ramkada EYK tok hosil bo'ladi. Bu tok ta'sirida ramka ko'rsatgichi kerakli holatga buriladi.

Vebermetrning kamchiligi sezgirligining pastligidir. Sezgirlikni oshirish uchun optoelektron kuchaytirgichlar qo'llaniladi. Ishlab chiqarilayotgan vebermetrlarning asosiy xatoligi $\pm 1,5\%$ gacha bo'ladi.

O'zgaruvchan magnet oqimini o'lchash. O'zgaruvchan magnet oqimi, odatda, voltmetr yordamida o'lchanadi. Agar o'lchash g'altagi o'zgaruvchan magnet maydoniga joylashtirilsa, unda $E=4,44fk_f w \Phi_m$ EYK hosil bo'ladi, bunda: k – magnet oqimi egri chizig'ining shakl koeffitsiyenti; f – oqim chastotasi; w – o'lchash g'altagining o'ramlari soni. Shunday qilib, o'lchangan EYK va ma'lum chastota orqali magnet oqimining qiymatini hisoblash mumkin:

$$\Phi_m = EI(4,44k_f w).$$

O'lchash g'altagi yordamida magnet oqimini o'lchash usuli sodda bo'lsa-da, aniqligi past. Aniqlikni oshirish hamda oqimning ma'lum vaqt oralig'ida o'zgarish qonuniyatini o'rganish maqsadida elektron-nurli ossillograflar qo'llaniladi.



3.21-rasm. Magnet oqimini vebermetr yordamida o'lchash sxemasi.

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'zgartgichi 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 turli magnitoelektrik xalaqitlarni kamaytirish maqsadida boshqa asboblardan ham ishlatiladi. Yuqori aniqlikni ta'minlash maqsadida sezgir qism (Xoll o'zgartgichi) harorati bo'yicha mo'tadil yarimo'tkazgichli materiallardan tayyorlanadi.

O'zgarmas magnit maydoni induksiyasini o'lchash uchun yadro-magnit rezonansli (YMR) asboblardan ishlab chiqarilgan. Yadro-magnit rezonans hodisasiga ko'ra modda o'zgarmas magnit maydoniga kiritilsa, uning magnit M_m va harakat M_h miqdori momentlariga ega bo'lgan yadrolar maydon kuchlanganligi vektori atrofida $f = (M_m/M_h)N$ chastota bilan tebrana boshlaydi. Agar bu tizimga 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 va u orqali maydon kuchlanganligini o'lchashda foydalanish mumkin.

O'lchash o'zgartgichi (O'O') induktiv g'altakdan tashkil topgan bo'lib, ichiga tekshiriladigan jism joylashtiriladi. Bu jism 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, YMR ga erishiladi va tadqiq qilinayotgan maydonning induksiyasi quyidagicha topiladi:

$$BE = C_{o'z} f,$$

bunda: $C_{o'z}$ – o'zgartgich doimiysi; f – generator chastotasi.

YMR li asboblardan materiallarning 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.

Nazorat savollari

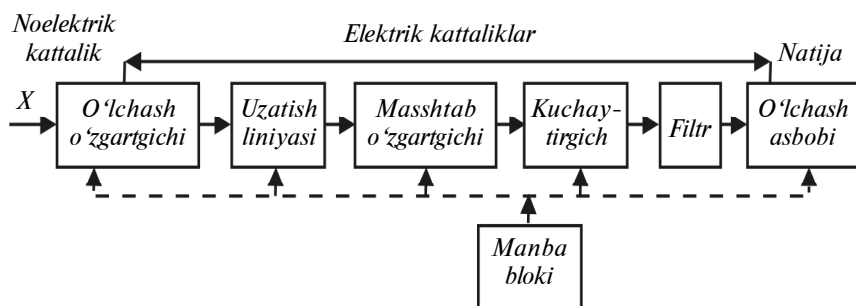
1. Rezistorlar qarshiligini qanday usullarda o'lchash mumkin?
2. Kondensator va induktiv g'altak parametrlarini o'lchash uchun qanday o'zgaruvchan ko'priq sxemalari qo'llaniladi?
3. O'zaro induktivlikni o'lchash usullarini bayon eting.
4. Uch fazali zanjirlada aktiv va reaktiv quvvatlar qanday o'lchanadi?
5. Nosimmetrik uch fazali zanjirlarning quvvatini o'lchash usullarini bayon eting.
6. Quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ ni o'lchash va aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
7. Elektr hisoblagichlarining turlari va ularning qisqacha tavsiflarini aytib bering.
8. CO turidagi elektr energiya hisoblagichi tok va kuchlanish transformatorlari orqali qanday ulanadi? Sxemasini chizing.
9. Chastotani o'lchashning qanday usullari mavjud?
10. Faza siljish burchagi qanday o'lchanadi?
11. Quvvat koeffitsiyenti qanday o'lchanadi?
12. Magnit oqimi, kuchlanganligi va induksiyasini o'lchash jarayonlarini qisqacha tavsiflab bering.

IV BOB. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI O'LGHASH

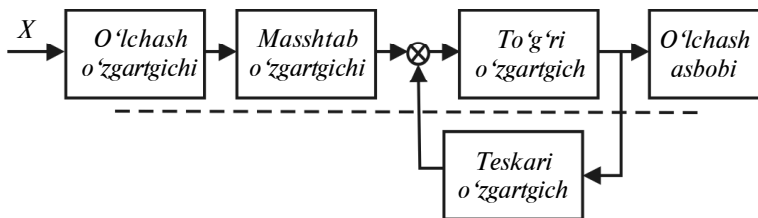
4.1. Umumiy ma'lumotlar

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish, ularni sozlash va boshqarish hamda mashina va agregatlarning parametrlarini tadqiq qilish, ayniqsa, qishloq xo'jaligi, chorvachilik va parrandachilik mahsulotlarini yetishtirish, saqlash, qayta ishlash texnologik jarayonlarida, gidromeliorativ 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 parametrlarni o'lchash uzoq masofadan turib o'lchash va ma'lumotlarni kam xatolik bilan masofaga uzatish kabi afzalliklarga ega bo'lgan elektr usullar va elektr o'lchash vositalari yordamida bajariladi.

Noelektrik kattaliklarni o'lchashda qo'llaniladigan vositalar xilma-xil bo'lishiga qaramay, o'lchash usuli va vositalarning umumiy xususiyatlari 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-rasm).



4.1-rasm.



4.2-rasm.

Noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatiladigan o'zgartgichlarga qo'yiladigan asosiy talab – o'lchash ma'lumotining aniqligi va jarayonni to'g'ri aks ettirishdir. O'lchanayotgan kattalikni o'zgartirish usuliga (bevosita, bilvosita yoki muvozanatlash) ko'ra u yoki bu turdagi xatoliklar yuzaga keladi (4.2-rasm).

4.2. O'lchash o'zgartgichlarining asosiy metrologik xarakteristikalari

Ma'lum fizik qonunlar asosida ishlovchi va birorta o'lchash o'zgartirishini bajaruvchi texnik qurilma **o'lchash o'zgartgichi** deb ataladi. Demak, o'lchash o'zgartgichi bir fizik kattalikni u bilan funksional bog'langan boshqa bir fizik kattalik orqali aks ettiradigan qurilmadir.

Tuzilishi va ishlashiga ko'ra, o'lchash o'zgartgichlari (O'O') juda xilma-xil bo'lsa-da, ular o'zgartirish vazifasi, darajalash tavsifi, xatoligi, o'lchash diapazoni kabi umumiy xarakteristikalar bilan xarakterlanadi.

O'lchash o'zgartgichining o'zgartirish vazifasi o'zgartgichning chiqish va kirish kattaliklarining funksional bog'lanishi bo'lib, analitik, jadval va grafik ko'rinishida ifodalanadi. O'zDavST 8009–84 ga ko'ra, o'zgartirish vazifasi – O'O' chiqish signali informativ parametrining kirish signali informativ parametri bilan funksional bog'liqligidir.

Darajalash natijasida olingan chiqish va kirish qiymatlarining o'zaro bog'liqligi O'O'ning **darajalash tavsifi** deyiladi. U formula, jadval va grafik ko'rinishlarida berilishi mumkin.

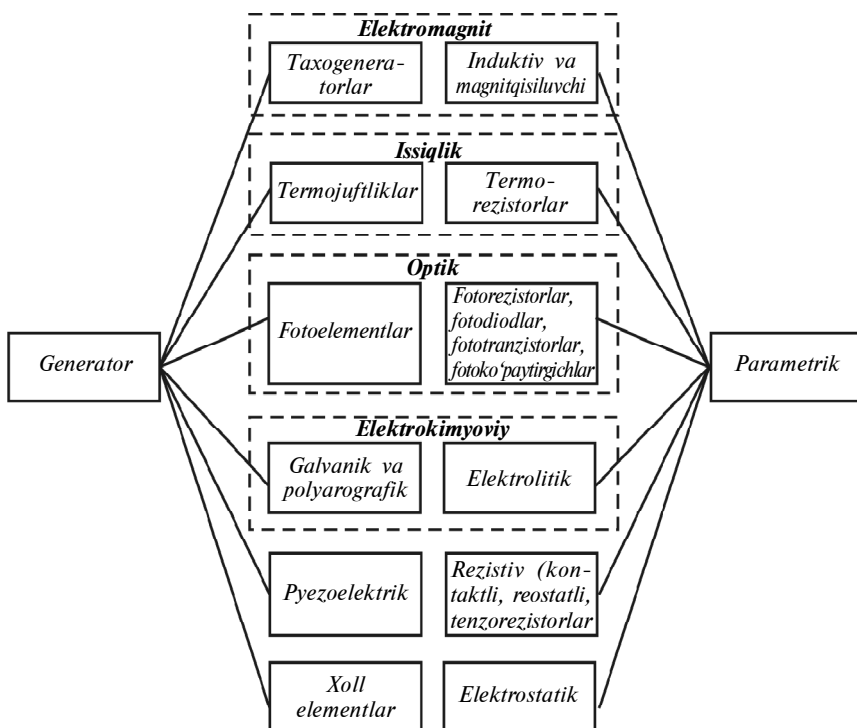
O'O' ning xatoligi – haqiqiy va nominal (o'lchangan) o'zgartirish funksiyalari orasidagi farq bo'lib, o'lchash vositalari xatoliklari kabi topiladi.

O‘O‘ning o‘lchash diapazoni deb, o‘lchash xatoligi normalashtirilgan o‘lchash kattaligining qiymatlari sohasiga aytiladi.

4.3. O‘lchash o‘zgartgichlarining klassifikatsiyasi

O‘O‘larning yuqorida keltirilgan xarakteristikalaridan tashqari, parametrlarning mo‘tadilligi, ishonchligi, massasi, narxi, gabarit o‘lchamlari va boshqa parametrlari ham o‘rganiladi.

O‘O‘lar vazifasi va ishlash prinsipiga ko‘ra klassifikatsiyalanadi. Vazifasiga ko‘ra mexanik, gidravlik, issiqlik, kimyoviy, biologik, pnevmatik va boshqa kattaliklar O‘O‘lariga bo‘linadi. O‘lchanayotgan noelektrik kattalik unga proporsional bo‘lgan EYK yoki tokka o‘zgartiriladi. Ularga elektromagnit, induksiya, ter-

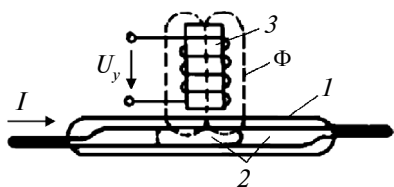


4.3-rasm. O‘lchash o‘zgartgichlarining ishlash prinsipiga ko‘ra klassifikatsiyalanishi.

moelektrik (termojuftliklar) pyzeoelektrik va galvanomagnit O'O' lar kiradi. Parametrik O'O' larda o'lchanayotgan kattalik qarshilik, induktivlik, o'zaro induktivlik va sig'im kabi elektr zanjirining parametrlariga o'zgartiriladi. Ularga elektromagnit (induktiv, transformator va magnitqisiluvchi), termorezistor, optoelektrik (fotorezistorlar, fotodiodlar va fototranzistorlar), elektrokimyoviy (elektrolitik), rezistiv va elektrostatik O'O'lari kiradi (4.3-rasm).

4.4. Pyzeoelektrik o'lchash o'zgartgichlari

Bu o'zgartgichlar ishlash prinsipi ayrim kristallarning mexanik kuch o'zgartgichlariga asoslangan.



4.4-rasm. Gerkon:

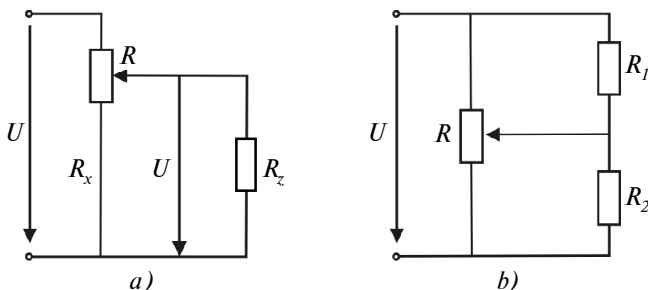
1 – shisha kolba; 2 – kontaktlar;
3 – elektromagnit.

Kontaktli O'O'. Bu o'zgartgichlarda o'lchanayotgan kattalik ta'sirida kontaktlar asbobning butun o'lchash zanjirini yoki uning bir qismini ulaydi yoki uzadi. Hozirgi paytga kelib magnit yordamida boshqariladigan germetizatsiyalangan kontaktlar – **gerkonlar** keng ishlatilmoqda (4.4-rasm).

Reostat O'O'. Bu o'zgartgichlar o'zgaruvchan rezistordan iborat bo'lib, uning qo'zg'aluvchan kontakti noelektrik kattalik ta'sirida siljiydi (4.5-rasm). O'zgartirish funksiyasi quyidagicha yoziladi:

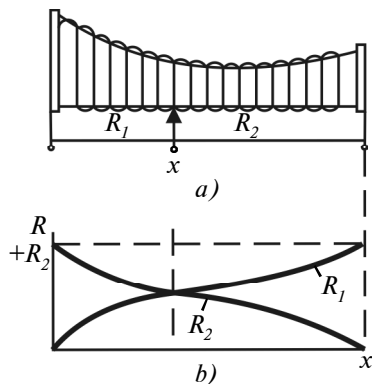
$$U_{\text{chIQ}} = U_{\text{kir}} \frac{R_x R_z}{R R_z + R_x (R - R_z)},$$

bunda: $R_x = f(x)$, R_z – o'lchash zanjirining qarshiligi; R – o'zgartgichning umumiy qarshiligi; x – o'lchanayotgan noelektrik kattalik.



4.5-rasm. Potensiometrik (a) va ko'prik (b) sxemali reostat o'zgartgichlar.

Tenzorezistorlar. Bu rezistorlarning ishlash prinsipi *tenzoeffektga* – mexanik deformatsiya taʼsirida metall yoki yarimoʻtkazgich elektr qarshiligining oʻzgarishiga asoslangan. *Tenzosezgirlik* $S_t = (\Delta R/R)(\Delta l/l)$ ifoda bilan aniqlanadi. Asosiy xatoligi – graduировka xatoligi 5% va undan ortiq boʻlishi mumkin. Rezistiv oʻzgartgichlarda nochiyiq xarakteristika olish uchun moslashtirilgan egri chiziqli karkasdan foydalaniladi (4.6-rasm).



4.6-rasm. Rezistiv oʻzgartgich karkasining shakli (a) va $R=f(x)$ grafiği (b).

4.5. Deformatsiya, mexanik kuchlanish va bosimni oʻlchash

Bu kattaliklar, asosan, tenzorezistorlar va pyezooʻzgartgichlar yordamida oʻlchanadi. Simli va folgasimon tenzorezistorlar $\Delta l/l = 1,5\%$ gacha, yarimoʻtkazgichlar esa $0,1\%$ gacha boʻlgan deformatsiyani oʻlchaydi. Materialning mexanik kuchlanishini oʻlchash uchun shu kuch oʻqi yoʻnalishida tenzorezistor ulanadi. Oʻzgartirish funksiyasi quyidagi koʻrinishda ega:

$$\delta = E_m \frac{\Delta R}{S_t R},$$

bunda: E_m – materialning qisiluvchanlik moduli; S_t – tenzorezistorning sezgirliğı.

Tenzorezistorlar suyuqlik va gazlarning bosimini oʻlchashda ham keng qoʻllaniladi.

4.6. Aylanish momenti va aylanish chastotasini oʻlchash

Aylanish momenti tenzorezistorlar, elektromagnit, optoelektrik, elektrostatik va boshqa oʻzgartgichlar bilan oʻlchanadi. Mavjud oʻlchash vositalarini ikki guruhga ajratish mumkin: buralish kuchlanishini oʻzgartiruvchi asboblardan va buralish burchagini oʻzgartiruvchi asboblardan.

Ko'p hollarda mezanizmlarning o'qidagi momentni o'lchashda tenzorezistorlar keng qo'llaniladi. Ular o'qning moment ta'sir etayotgan yo'nalishi bo'ylab yopishtiriladi. Moment quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$W_{\text{ayl}} = \tau W_n,$$

bunda: τ – buralish kuchlanishi; $W_n = \frac{\pi d^3}{16}$ – valning polyar qarshilik momenti.

Tenzorezistorlarni o'lchash zanjiri bilan ulangan kontaktlar qarshiliklari hisobiga katta xatoliklar yuzaga keladi. Shuning uchun kontaktsiz o'lchash asboblari qo'llaniladi. Bularga elektrostatik va optoelektrik asosda ishlaydigan O'O'lar kiradi.

Bundan tashqari, momentni o'lchash uchun magnit yozuvdan ham foydalaniladi.

Mashina va mexanizmlarning aylanuvchi qismlarining aylanish tezliklarini taxometrlar yordamida o'lchash ikki xil prinsipda qurilgan bo'lishi mumkin: aylanish chastotasini bevosita o'lchash va taqqoslash usuli bilan o'lchash.

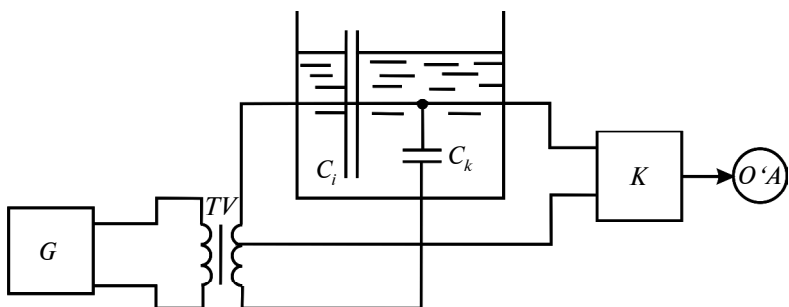
Aylanish chastotasini o'lchashda kontaktli, optoelektrik, elektromagnit, elektrostatik va o'lchash sharoitiga qarab boshqa turdagi o'zgartgichlardan foydalaniladi.

Elektromagnit, xususan, induksion o'zgartgichlar 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 EYK hosil qiladi.

Optoelektrik o'zgartgichlarda qo'zg'almas fotoelement yoki fotorezistorlardan foydalaniladi. O'qqa teshikli disk o'rnatilgan bo'lib, aylanish davrida yorug'lik manbayidan tushayotgan aylanish chastotasiga proporsional bo'lgan nurlarni fotorezistorlarga o'tkazib turadi.

4.7. Suyuqliklarning sathi va sarfini o'lchash

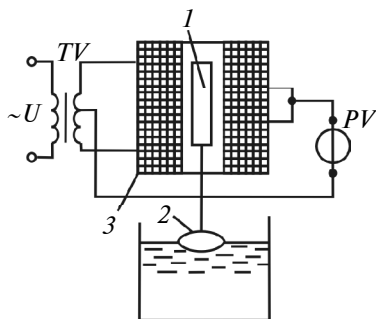
Suyuqliklarning sathi asosan elektr sig'im, ultratovush, elektromagnit va reostat o'zgartgichlar yordamida o'lchanadi. Oddiy suv sathini o'lchagichda suv sathi ikkita ishchi C_1 va kompensatsiya



4.7-rasm. Elektrostatik o'zgartgichli sath o'lchagichning konstruksiyasi va o'lchash zanjirining struktura sxemasi.

tsion C_k kondensatorlar bilan o'lchanadi. Sig'im o'zgartgich sinusoidal kuchlanish manbayiga ulanadi. Suv sathi o'zgaranda ishchi kondensatorning sig'imi ham o'zgaradi (4.7-rasm).

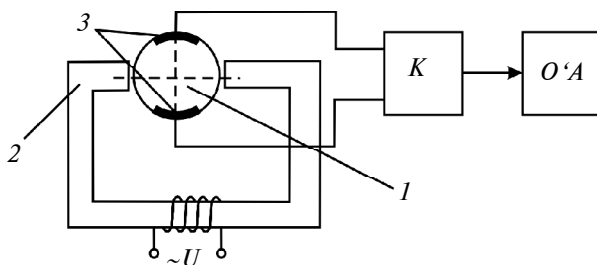
Transformatorning ikkilamchi chulg'amlari va C_i , C_k kondensatorlar ko'prik sxema ko'rinishida ulangan. Ko'prik sxemasining o'lchash diagonalidan olingan kuchlanish kuchaytirgich K orqali sath bo'yicha darajalangan o'lchov asbobi $O'A$ ga beriladi.



4.8-rasm. Induktiv o'zgartgichli po'kakli sath o'lchagichning sxemasi:
1 – o'zak; 2 – po'kak; 3 – g'altak.

Induktiv o'zgartgichli sath o'lchagichlarda suyuqlik sathining o'zgarishi natijasida po'kak 2 o'zak 1 ning holatini o'zgartiradi (4.8-rasm). Induktiv o'zgartgichlarda signal miqdori ancha katta bo'lganligi sababli kuchaytirgich talab qilinmaydi. Lekin o'lchash diapazoni kattalashgan sari statik xarakteristikaning nochiziqligi natijasida o'lchash xatoligi kelib chiqadi.

Bosimlar farqi asosida suyuqlik sarfini o'lchashda taxometrik, issiqlik, ultratovush, lazer, elektromagnit va boshqa turdagi o'zgartgichlardan foydalaniladi. Elektromagnit suv sarfi o'zgartgichlarining ishlash prinsipi elektromagnit induksiya qonuniga asoslangan bo'lib, unga muvofiq magnit maydonidan o'tayotgan suyuqlik sarfiga proporsional EYK elektrodlar yordamida kuchaytirgich K orqali



4.9-rasm. Induksiya suyuqlik sarf o'lhagichining konstruksiyasi va o'lchash zanjirining struktura sxemasi:
I – yopiq quvur; *2* – magnet tizimi; *3* – elektrodlar; *K* – kuchaytirgich; *O'A* – o'lchash asbobi.

o'lchash asbobi *O'A* zanjiriga beriladi (4.9-rasm). Bu EYK quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E = BdV = Bd \frac{Q}{S},$$

bunda: V – maydon induksiyasi; d – elektrodlar orasidagi masofa; S – quvurning ko'ndalang kesim yuzi; Q – suv sarfi.

Bu o'zgartgichlarning afzalliklari: qo'shimcha gidravlik qarshilik yo'q, tezkor, ko'rsatishi suyuqlikning fizik xossalariga deyarli bog'liq emas; kamchiligi: qutblanishi va transformatsiya EYKlari hisobiga aniqlik yuqori emas.

4.8. Namlikni o'lchash

Kimyo-texnologiya, qishloq xo'jaligi va chorvachilik mahsulotlarini hamda ishlab chiqarish xonalarining namligini bilish (misol uchun to'qimachilik kombinatlarida) muhim ahamiyatga ega.

Materiallarning namligi uning massa birligidagi *absolut* yoki *nisbiy namligi* bilan belgilanadi. Jismning **absolut namligi** deb, uning birlik massasidagi suv bug'lari massasiga va **nisbiy namlik** deb, absolut namlikning bo'linishi mumkin bo'lgan eng katta namlik nisbatiga aytiladi.

Namlik o'lchovi asboblari elektr o'tkazuvchanlik (konduktometrik), elektrik singdiruvchanlik (dielektrometrik) va yordamchi moddalarning elektr va mexanik parametrlarini o'lchash asosida quriladi.

Havoning absolut va nisbiy namligini o'lashda ko'p hollarda yarimo'tkazgichli litiy xlorid o'zgartgichidan foydalaniladi. I himoyalovchi plyonka bilan qoplangan termorezistorlardan iborat.

Termorezistorlar ustiga litiy xloridning to'yingan eritmasi shimdirilgan shisha tolali vtulka o'rnatiladi. Vtulkaning ustiga kumush yoki platina o'tkazgich o'rnatiladi. O'zgartgich havo kirishi mumkin bo'lgan korpusga joylashtirilgan bo'ladi.

O'zgartgich quyidagicha ishlaydi: ma'lum haroratda litiy eritmasi havoning namligini so'radi. O'tkazgichdan elektr toki o'tganda litiy xloridning harorati oshadi va u kristallanib o'tkazuvchanligi kamayadi. Litiy xloridning o'tkazuvchanligi kamayishi oqibatida o'tkazgichning atrof-muhitdan namlikni tortib olishiga olib keladi.

Termorezistorlar qarshiligini o'lash uchun o'zgarmas tok kompensatorlaridan foydalaniladi.

Sochiluvchan massalar, misol uchun bug'doy, sholi, dorivorlar, kimyoviy moddalar namligini o'lash uchun *elektrostatik o'zgartgichlar asosidagi nam o'lhagichlar* ishlab chiqarilgan. Sochiluvchan material namunasi silindrsimon elektrodlar orasiga solinadi. Elektrodlar orasidagi dielektrik singdiruvchanlik o'zgaradi va o'zgaruvchan tok ko'prik muvozanatini buzadi. Ko'prik 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'lash uchun *radioizotop nam o'lhagichlar* qo'llaniladi. Radioizotop manba sifatida plutoniy-berilliy birikmalari, qabul qiluvchi uskuna sifatida sekinlashgan neytron hisoblagichlar qo'llaniladi.

Radioizotop nam o'lhagichlar bilan tuproq, havo va turli sochiluvchan materiallar namligini 1% dan 100% diapazongacha, 0,5% xatolik bilan o'lash mumkin.

Oxirgi vaqtda o'ta yuqori chastotali nam o'lhagichlardan ham foydalanilmoqda.

4.9. Haroratni o'lash

Sanoat, elektroenergetika, kimyo-texnologiya, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishlarida va boshqa jarayonlarda haroratni o'lash, nazorat qilish va rostdash masalasi turadi.

Haroratni o'lchash uchun metall *termorezistorlar* va *termojufilik (termopara)lar* ishlatiladi. Muvozanatlangan va muvozanatlanmagan ko'prik sxemalarga ulangan termorezistorlar ko'p tarqalgan. Bunda ko'prikning o'lchash diagonaliga yuqori sezgir magnitoelektrik asbob va logometr ulanadi. Asbobning shkalasi harorat bo'yicha darajalanadi.

Energobloklar va boshqa yuqori haroratda ishlaydigan qurilmalarda termoparalardan foydalaniladi. Asbobsozlik korxonalari termoparalar bilan birga ishlaydigan turli magnitoelektrik millivoltmetrlar, megametrlar, o'zgarmas tokli ko'priklar va kompensatorlar ishlab chiqaradi. Bular ichida harorat o'lchash natijalarini diagrammali qog'ozga qayd etuvchi asboblari 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 uchun kompensatsiyali zanjirlardan foydalaniladi. Bunday kompensatorlar o'rnatilgan asboblarning sezgirligi va aniqligi yuqori bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Noelektrik kattaliklarni o'lchashda ishlatiladigan o'zgartgichlarga qanday talablar qo'yiladi?
2. O'lchash o'zgartgichlari qanday prinsiplarga ko'ra klassifikatsiyalanadi?
3. Issiqlikni o'lchash uchun qanday o'lchash o'zgartgichlarini bilasiz?
4. Fotoelementlar turlari va ishlatish sohalari sanab o'ting.
5. Suyuqliklarning sathi va sarfi qanday usullar bilan o'lchanishi mumkin?
6. Namlik o'lchash qaysi sohalarda qo'llaniladi? Uning qanday usullarini bilasiz?
7. Haroratni o'lchash uchun qanday asboblari ishlatiladi?

V BOB. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI MIKROKONTROLLERLAR YORDAMIDA O'LCHASH

So'nggi yillarda elektr o'lchash texnikalarida zamonaviy mikrokontrollerlardan foydalanib fizik kattaliklarni o'lchash bir qancha afzalliklarga ega bo'lib, olingan natijalarni saqlash, qayta ishlash yoki masofaga uzatish kabi imkoniyatlar shular jumlasidandir. Bundan tashqari, analog signalli o'lchash va nazorat qilish asboblarning o'rnini raqamli texnika egallab bormoqda va barcha texnologik jarayonlarda fizik kattaliklar va parametrlarni o'lchashdan tashqari parametrlarni boshqarish, nazorat qilish, axborot olish, unga ishlov berish, uzatish ishlarida raqamli sistemalar keng qo'llanilmoqda. Raqamli sistemalarni tuzish, loyihalash hamda ularning programma ta'minotini o'rganish, zamonaviy mikrokontrollerlar va ularning arxitekturasi o'rganishda laboratoriya ishlarining o'rnini juda muhim. Shuning uchun keyingi paytlarda Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari (TIQXMMI) institutining «Elektrotexnika va mexatronika» kafedrasida shunday zamonaviy laboratoriya ishlari ishlab chiqilgan bo'lib, quyida ularning ba'zi birlarini keltiramiz. Bu laboratoriya ishlarida, asosan, mikrokontrollerlardan foydalanish, ularga programmalar tuzish, ular yordamida turli avtomatik boshqaruv va nazorat tizimlarini tuzish kabi hozirgi zamon dolzarb muhandislik masalalariga e'tibor qaratilgan. Unda talabalar nazariy va amaliy ko'nikmaga ega bo'lishadi.

Bu laboratoriya ishlarida raqamli texnikaga oid dunyoning ilg'or kompaniyalari, jumladan, AQSHning PARALLAX va MICROCHIP kompaniyalari mikrokontrollerlari hamda boshqa texnik vositalaridan foydalanilgan.

5.1. «Basic stamp editor» paket programmasida ishlashni o'rganish

1. Ishning nazariy qismi. Hozirgi zamon elektronikasining elementlar bazasida so'nggi 30—35 yil davomida keskin o'zgarishlar sodir bo'ldi. Shu tufayli texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish sohasida ham elektronikaning zamonaviy elementlar

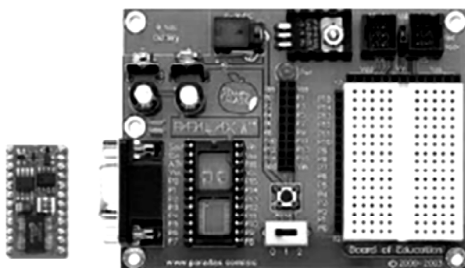
bazasidan tashkil topgan texnik qurilmalar keng joriy etila boshlandi. Bu texnik qurilmalar o'zining oldingi avlodlaridan o'lchamlarining juda kichikligi, barcha elektron elementlarning bitta kichik plataga joylashtirilgan integral sxemalardan (IC — integrated circuits) iborat bo'lganligi tufayli ishonchliligi, puxtaligi, qulayligi va narxining ancha arzonligi bilan farq qiladi. Shuning uchun so'nggi yillarda avtomatik boshqaruv tizimlarida integral sxemalardan tashkil topgan «Birlashtirilgan tizimlar» keng joriy etilmoqda. Bunday sistemalarni o'rganish esa elektr muhandislari uchun eng muhim vazifalardan biridir. Bunday sistemalarni o'rganishni shartli ravishda ikkita qismga bo'lish zarur:

- birlashtirilgan sistemalar yoki mikrokontrollerlarning programma ta'minoti va programmalash tillari;
- bunday tizimlarning integral sxemalari.

Biz o'rganadigan BASIC STAMP moduli Amerika Qo'shma Shtatlarining Parallax kompaniyasi tomonidan ishlab chiqiladi. Unda, asosan, PIC mikrokontrollerlari ishlatiladi. PIC mikrokontrollerlari ham AQSHning Microchip Technology Inc. kompaniyasi tomonidan ishlab chiqiladi. Parallax kompaniyasi tomonidan BASIC STAMP modullari uchun maxsus PBASIC tili ishlab chiqilgan va u foydalanish uchun juda oson va qulay. Shuning uchun bu sohani o'rganishga bel bog'lagan talabalar yoki ilmiy tadqiqotchilar birinchi navbatda modullardan foydalanishlari va PBASIC programmalash tilini o'zlashtirishlari zarur.

2. Ishning maqsadi BASIC STAMP modulida ishlashni o'rganishdan iborat.

3. Asbob va uskunalar. Notebook, Basic Stamp moduli (5.1-rasm), Basic Stamp Editor paket programmasi.



5.1-rasm. Basic Stamp 2 moduli va PIC mikrokontrolleri.

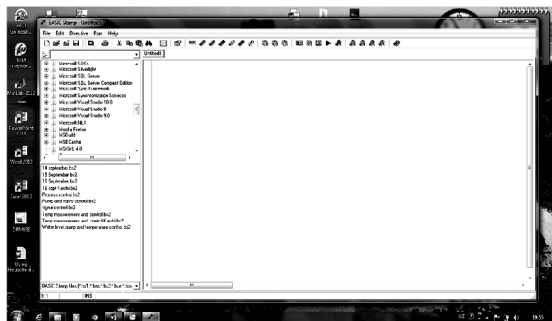
4. Ishni bajarish tartibi.

1. Notebook ni ishga tayyorlang va stenddagi USB kabelini unga ulang (5.1-rasmga qarang).

2. Notebook ish stolidan «BASIC Stamp Editor v2.4.2» piktogrammani bosib programmani ishga tushiring. U holda quyidagi 5.2-rasmdagi singari oyna ochiladi.

3. Asosiy menyudan «RUN» bo‘limiga kiring. U holda 5.2-rasmdagi singari kichik oyna ochiladi. Undan esa «Identify» bo‘limiga boring va sichqoncha tugmasini bosing.

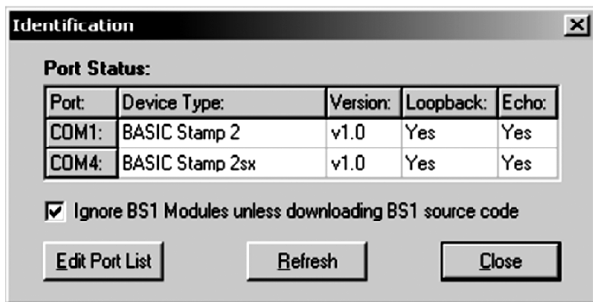
4. Agar sizning platangiz ulangan bo‘lsa, u holda 5.3-rasmdagi singari oyna ochiladi va unda Basic Stamp moduli versiyasi, ulangan port raqami va h.k. ma’lumotlar aks etadi. Quyidagi 5.3-rasmga qarang. Agar sizning platangiz Notebook ga ulanmagan yoki ulanishda biror-bir nosozlik bo‘lsa, u holda programma modulingizni topa olmaganligi haqida ma’lumot beradi. Agar sizning modulingiz to‘g‘ri ulangan bo‘lsa, u holda siz modulingizdagi mavjud mikrokontroller uchun programma yozishni boshlashingiz mumkin.



5.2-rasm. BASIC Stamp Editor v2.4.2 programmasining asosiy oynasi.



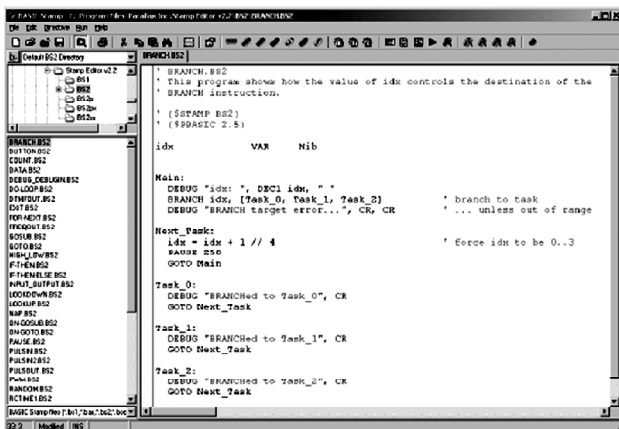
5.3-rasm. «Run» oynasi.



5.4-rasm. «Identify» oynasi.

5. Biror-bir texnologik jarayonni avtomatik boshqarish va nazorat qilishning sxemasini loyihalab, uni modulda yiqqaningizdan keyin uni boshqarish va nazorat algoritmi asosida programmasini yozishingiz zarur. Programmani yozishni quyidagicha amalga oshirasiz.

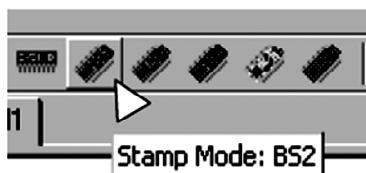
6. Basic Stamp Editor programmasini ishga tushirganingizdan keyin 5.5-rasmdagi singari ishchi oyna ochiladi. Siz bu yerda tegishli programmani yozasiz.



5.5-rasm. Basic Stamp Editor programmasining ishchi oynasi.

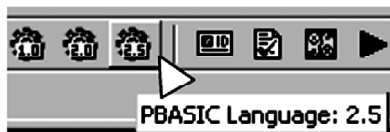
7. Programma yozishda siz dastlab quyidagi amallarni bajarishni esdan chiqarmang.

8. Birinchi navbatda asosiy menyudan Stamp modulining versiyasini kiriting. Uning uchun esa 5.6-rasmdagi amalni bajarating. Biz ishlaydigan Stamp moduli versiyasi BS2 deb ataladi.



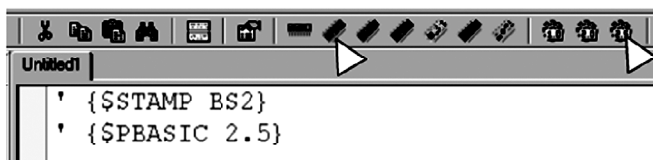
5.6-rasm. Basic Stamp moduli versiyasi.

9. PBASIC programmalash tilining versiyasini kiriting. Uning uchun esa 5.7-rasmdagi kabi amalni bajaring. Biz PBASIC 2.5 versiyasida ishlaymiz.



5.7-rasm. PBASIC programmalash tili versiyasi.

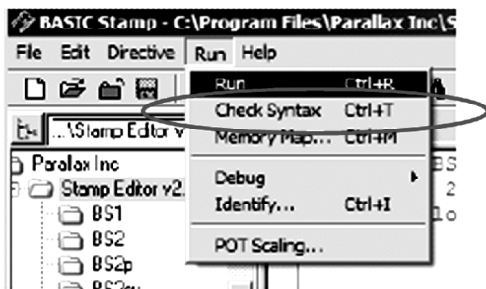
10. Agar yuqorida keltirilgan amallarni to'g'ri bajargan bo'lsangiz, u holda ishchi oynada 5.8-rasmda keltirilgan ma'lumotlar paydo bo'ladi.



5.8-rasm. Basic Stamp va Basic programmalash tili versiyalari.

11. Siz tegishli programmani yoki mikrokontroller kodini yozib bo'lganingizdan keyin uning to'g'riligini tekshiring. Buning uchun esa asosiy menyudan «Check syntax» bo'limiga boring (5.9-rasmga qarang).

5.9-rasm. «Check syntax» bo'limi.



12. Agar programmangiz to‘g‘ri yozilgan bo‘lsa, u holda siz ishlayotgan ishchi oynasining pastki qismida «Tokenize Successful» yozuvi paydo bo‘ladi va siz ishni davom ettirishingiz mumkin. Pastda 5.10-rasmga e‘tibor bering.



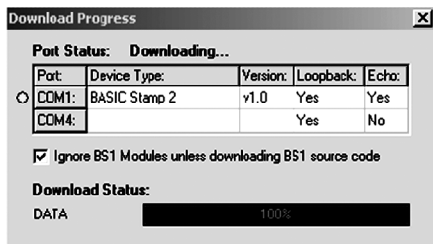
5.10-rasm. Yozilgan programmaning to‘g‘riligini tekshirish.

13. Keyin esa siz yozilgan programmangizni mikrokontroller xotirasiga yuklashingiz mumkin. Buning uchun 5.3-rasmda ko‘rsatilgan kabi asosiy menyudan «Run» bo‘limiga boring va «Run»ni bosing yoki 5.11-rasmda keltirilgan uchburchak belgisini bosish yetarli.



5.11-rasm. Programma yoki kodni mikrokontroller xotirasiga yuklash.

14. Keyin esa, ya‘ni programma yuklanish jarayonida Notebook ekranida 5.12-rasmdagi singari oyna ochiladi va unda programmaning yuklanish jarayoni aks etadi. Shu bilan siz mikrokontrollerga kod yoki programma yozishni o‘rganingiz. Endi siz o‘zingizning loyihalaringizni tayyorlashingiz va tanlagan mikrokontrolleringiz uchun kodni yozib, uni yuklashingiz mumkin.



5.12-rasm. Programma yoki kodning yuklanish jarayoni.

5.2. Muhitning o'tkazuvchanligini o'lchash

Zamonaviy o'lchash texnikasining asosiy qismini mikrokontrollerlar tashkil qiladi. Biz bunda PIC16C57 mikrokontrolleridan foydalanamiz. Mikrokontrollerlardan foydalanib biror-bir texnologik parametrlarni o'lchashda bir qancha usullar mavjud bo'lib, biz ulardan ikkitasini quyida bayon etamiz.

1. Ishning maqsadi.

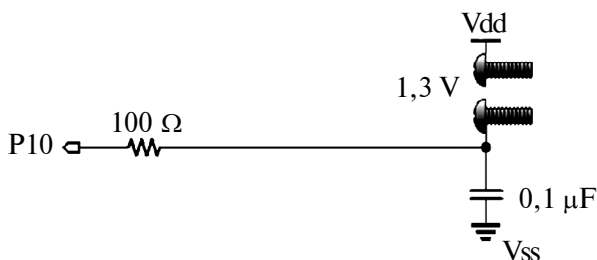
2. Asbob va uskunalar. Notebook, Basic Stamp moduli, Basic Stamp Editor paket programmasi.

3. Ishni bajarish tartibi.

1-usul. RCTIME dan foydalanib o'tkazuvchi muhitning o'tkazuvchanligini o'lchash.

Bu usulda suvning o'tkazuvchanligini o'lchashda avvalo quyidagi 5.13-rasmda keltirilgan sxemani matritsali plataga yig'amiz.

Ish quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:



5.13-rasm. Muhit o'tkazuvchanligini o'lchash sxemasi.

1. Elektrodlarga ketma-ket ravishda qiymati 100Ω ga teng qarshilik ulang va keyin esa shu tarmoqni PIC16C57 mikrokontrollerning 10-oyog'i P10 ga olib borib ulang. So'ngra yana elektrodlar chiqishidagi tugundan chiqib, sig'imi $C=0,1\mu\text{F}$ ga teng kondensator orqali yerga ulang.

2. Notebook USB portiga stenddagi kabelni ulang.

3. «BASIC Stamp Editor v2.4.2» paket programmasini ishga tushiring va 5.1-mavzudagi 3-bandni bajaring hamda Basic Stamp modulining Notebook ga to'g'ri ulanganligini tekshiring.

4. Ishchi oyna oching.

5. 5.14-rasmdagi programmani yozing.

6. Yozgan programmangizni «Check syntax» yordamida tekshiring.

```

' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
' Measurement of conductance using RCTIME
' September 17,2015

rct VAR Word
n VAR Byte

DO
  LOW 10 ' turn PIN10 off.
  RCTIME 10, 0, rct2 ' calculate RC time.
  LOW 10 ' turn PIN10 off.
  rct2 = rct2 — 1 'calculate constant.
  DEBUG DEC rct,TAB, 'Display results.
  REP «R»\NCD rct,CR

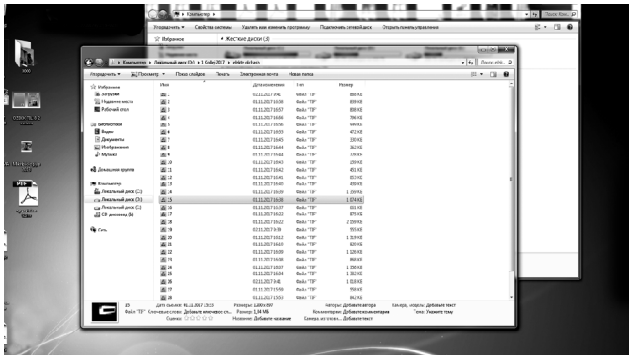
  PAUSE 1000 ' pause

LOOP
END

```

5.14-rasm. O'tkazuvchanlikni o'lchash programmasi.

7. Yozilgan programmani mikrokontroller xotirasiga yuklang.
8. Natija esa 5.15-rasmdagi singari aks etadi.



5.15-rasm. O'tkazuvchanlikni o'lchash programmasi.

9. Elektrodni suvga asta-sekin botirib boring. Suvga botish chuqurligini sm yoki mm da chizg'ich yordamida o'lchab boring.
10. Natijani 5.1-jadvalga yozing.
11. Elektrodning suvga chuqur botishi bilan ekrandagi qiymatlar qanday o'zgarishiga e'tibor bering.

Elektrodning suvdagi chuqurligi	RC-time (Notebook ekranidan yozib oling)
Elektrod suvda emas	
Elektrodning uchi suvga tekkan	
1 sm	
2 sm	
3 sm	
4 sm	
5 sm	

2-usul. 555 Timer dan foydalanib o‘tkazuvchanlikni o‘lchash.

1. Yuqorida keltirilgan zanjirdan elektrodli datchikni olib tashlang.

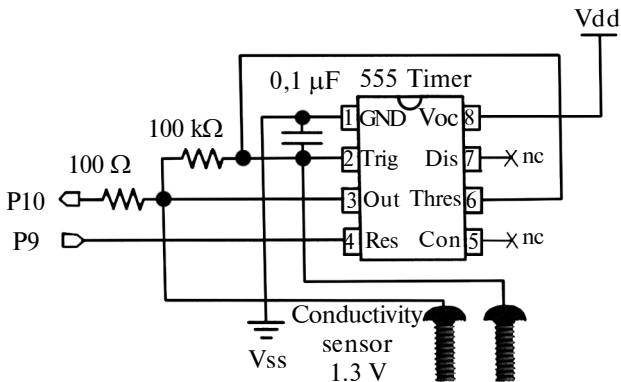
2. Qiymati 100Ω , $100k\Omega$ bo‘lgan rezistorlar va sig‘imi $C=0,1$ mkF ga teng kondensator hamda 555 Timer larini tanlab oling.

3. 555 Timer ni matritsali plataga joylashtiramiz va quyidagi 5.16-rasmdagi elektr zanjirini yig‘amiz.

4. Sxemani to‘g‘ri yiqqan bo‘lsangiz, u holda Notebook ning USB portiga stenddagi kabelni ulang.

5. «BASIC Stamp Editor v2.4.2» paket programmasini ishga tushiring va Basic Stamp modulining Notebook ga to‘g‘ri ulanganligini tekshiring.

6. 5.2-rasmda keltirilgani kabi ishchi oyna oching.



5.16-rasm. 555 Timer ning ulanish sxemasi.

7. Quyidagi 5.17-rasmdagi kabi programmani yozing.

8. Programmani «Check syntax» orqali tekshiring.

9. Agar xato yo‘q bo‘lsa, uni mikrokontrollerga yuklang.

10. Bu zanjir «astable multivibrator» zanjirini tashkil qiladi. Agar 5.16-rasmga e‘tibor qaratsangiz, 555 Timer ning 3-oyog‘i chiqish bo‘lib, u tashqi zanjirga doimiy ravishda impulsli signal uzatadi. 555 Timer ning 3-oyog‘i va 2-oyog‘i o‘rtasiga ulangan rezistorlar (R1 va R2) hamda 2-oyog‘i va 1-oyog‘i o‘rtasidagi kondensator C bilan birgalikda RC zanjirni tashkil etadi va chiqish impulsi chastotasini belgilaydi. Bu signal esa P10 oyoq orqali mikrokontrollerga ulangan bo‘lib, 555 Timer chastotasini ekranda kuzatish imkonini yaratadi. P9 oyoq esa mikrokontroller zanjiri chiqishi bo‘lib, u 555 Timerni «O‘chirish» va «Yoqish» uchun xizmat qiladi.

```
' {$STAMP BS2}
```

```
' {$PBASIC 2.5}
```

```
' Measurement of conductance using 555 Timer
```

```
' September 18,2015
```

```
cnt VAR Word
```

```
HIGH 9
```

```
DO
```

```
    COUNT 10, 1000, cnt      '1 sek vaqt ichida hisoblash.
```

```
    DEBUG DEC cnt,CR        ' Natijani chiqarish.
```

```
LOOP
```

```
END
```

5.17-rasm. 555 Timer yordamida o‘tkazuvchanlikni hisoblash programmasi.

11. 5.17-rasmda keltirilgan programmada COUNT komandasiga e‘tibor beramiz:

COUNT 10, 1000, cnt;

— COUNT inglizcha hisoblash degan ma‘noni anglatadi;

— 10 raqami — bu hisoblash uchun ishlatilgan mikrokontrollerning 10-oyog‘i;

— 1000 — impuls davomiyligi, millisekund;

— cnt — hisoblash natijasi uchun RAM o'zgaruvchi qiymati.

12. Siz COUNT komandasiga 1000 sonini o'rnatib va 100 kΩ rezistor, 0,1 μF kondensator parametrlarini bilgan holda cnt qiymatini ekrandan yozib oling.

Cnt = ...

13. Qarshilikning qiymatlarini o'zgartiring, masalan, 50kΩ, 200kΩ va hokazo hamda ekrandan chastotani kuzating.

14. Natijani quyidagi 5.2-jadvalga yozib boring.

5.2-jadval

555 Timeri		
R, qarshilik qiymatlari (kΩ)	G=1/R, o'tkazuvchanlikni hisoblang	cnt, ekrandan yozib oling
50 kΩ		
100 kΩ		
200 kΩ		

15. Chastota va qarshilikning hamda chastota va o'tkazuvchanlikning bog'lanish grafiklarini quring.

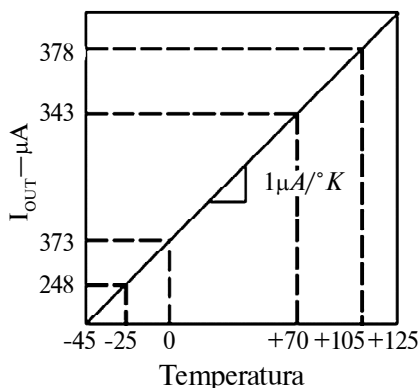
16. Programmani ishga tushiring va unda COUNT komanda argumentidagi 1000 raqamini boshqa qiymatlarga o'zgartiring, masalan, 500, 1500, 2000 va hokazo. Ekranda cnt qiymat qanday o'zgarishini kuzating.

17. Impuls davomiyligi = $1000 \cdot (100/-) =$ formuladan foydalanib hisoblang, bunda — orniga qiymatni ekrandan oling. Agar siz 100kΩ qarshilik bilan ish bajarayotgan bo'lsangiz, u holda ekrandagi qiymat 100 ga yaqin qiymatni tashkil qiladi.

Xulosa. Siz mikrokontroller yordamida o'tkazuvchan muhitning o'tkazuvchanligini o'lchash bilan tanishdingiz. Bunda juda oddiy elektr zanjiri ishlatilib, unda RC elektr zanjirida kondensatorning razryad va zaryad vaqtlari qarshilikka bog'liqlik hodisasidan foydalanildi. Bu usul mikrokontrollerlar yordamida texnologik jarayonlar parametrlarini o'lchashning zamonaviy usullaridan biridir. Siz bu usulning mohiyatini to'la tushunishingiz uchun PBASIC programmalash tilini ham to'liq o'zlashtirishingiz zarur bo'ladi.

5.3. Temperaturani o'lchash

Hozirgi paytda birlamchi o'zgartgichlar yoki datchiklar ham integral sxemalar yordamida tayyorlanib, ularning geometrik o'lchamlari juda kichik hamda mikrokontrollerlar bilan ishlatish uchun juda qulay. Bunday temperatura o'zgartgichlaridan biri AD592 birlamchi temperatura o'zgartgichidir. U ikkita terminalga ega bo'lgan monolitik integral sxemadan tashkil topgan o'zgartgichdir. Uning chiqish toki absolut temperaturaga proporsional, kuchlanish diapazoni ham turli bo'lib, chiqish signali $1\mu\text{A}/\text{Kelvinni}$ tashkil etadi. Uning statik xarakteristikasi chiziqli va nochiziqlikdan hosil bo'ladigan xatolik juda kichik. Quyidagi 5.18-rasmda AD592 birlamchi temperatura o'zgartgichining statik xarakteristikasi keltirilgan. AD592 ning temperatura diapazoni esa -25°C dan $+105^{\circ}\text{C}$ gacha. Bu birlamchi o'zgartgichdan foydalanilganda narxi qimmat bo'lgan chiziqshastiruvchi zanjir, kuchlanishni stabillovchi qurilma, ko'prik sxema, qarshilikni o'lchaydigan zanjir va sovitgich kompensatorlar zarur bo'lmaydi.



5.18-rasm. AD592 temperatura birlamchi o'zgartgichining statik xarakteristikasi.

Uning ishlatilish sohalari, avtomobil sanoatida temperaturani o'lchash va nazorat qilish, HVAC — isitish/ventilatsiya/havo muhitini nazorat qilish va kuzatish tizimlari, elektronika sanoatining boshqa tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Texnik xarakteristikasi quyidagicha:

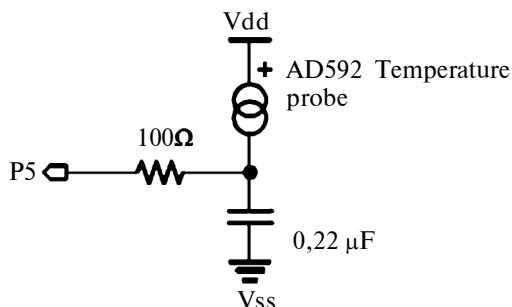
- Xatoligi — $0,5^{\circ}\text{C}$ max, $+25^{\circ}\text{C}$;

2. Asbob va uskunalar. Notebook, Basic Stamp moduli, Stend, Basic Stamp Editor paket programmasi.

3. Ishni bajarish tartibi.

1. AD592 temperatura o'zgartgichi, qiymat 100Ω ga teng rezistor, sig'imi $0,22\mu\text{F}$ bo'lgan kondensator va simlarni tanlab oling.

2. Matritsali platada quyida keltirilgan 5.21-rasmni yig'ing.



5.21-rasm.

3. Notebook USB portiga stenddagi kabelni ulang.

4. Stenddagi 2-platani ishga tushiring.

5. Plata kuchlanishini 9—10 V ga o'rnatish. Platadagi voltmeter yuklangan holda taxminan 5—5,5V ko'rsatishi zarur.

6. «BASIC Stamp Editor v2.4.2» paket programmasini ishga tushiring va 5.1-mavzudagi 3-bandni bajarish hamda Basic Stamp modulining Notebook ga to'g'ri ulanganligini tekshiring.

7. Ishchi oyna oching va quyida keltirilgan 5.22-rasmdagi programmani yozing.

```
' {$STAMP BS2}
```

```
' {$PBASIC 2.5}
```

```
' Temperature measurement and control programm
```

```
' September 17,2015
```

```
kal CON 14600
```

```
rect VAR Word
```

```
TK VAR Word
```

```
TC VAR Word
```

```

' Temperature measurement with probe.
AD592:                'AD592 temperature sensor code.
DO
LOW 5                 'Discharge the capacitor.
RCTIME 5,0,rct       'Get the AD592 count.
TK=kal/rct*10+(kal//rct*10/rct) 'Calculate Kelvin.
TC = TK — 273        'Calculate Celsius.
DEBUG DEC rct, TAB, DEC TK,    'Display results.
    TAB, SDEC TC, CR
PAUSE 5000           'Back to the beginning.
LOOP

```

5.22-rasm. Temperaturani o'lchash programmasi.

8. Programmani «Check syntax» orqali tekshiring.
9. Agar xato yo'q bo'lsa, uni mikrokontrollerga yuklang.
10. Bu holda DEBUG terminalda 3 ta ustundan iborat o'lchash natijalari paydo bo'ladi. 5.23-rasmda Notebook ekraniga qarang.
11. 273 Kelvin temperaturada AD592 chiqish signali 273/A ga teng.
12. AD592 rostdash (kalibrovka):
 - 12.1. Biz oldingi mavzulardan bilamizki, RCTIME komandasi zanjirdagi raqshilik R va kondensator C lar nomidan olingan. Siz yuqorida keltirilgan programmada ba'zi bir parametrlarni aniqlashni bilishingiz zarur. Masalan:

$$rct = \text{constant} / TK \text{ yoki } TK = \text{constant} / rct$$

Bu yerda const taxminan 153000 ga teng bo'ladi, agar $C = 0,22 \mu\text{F}$ ga teng bo'lsa. Ammo bu qiymat sharoitdan kelib chiqqan holda boshqa qiymatga ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun aniq ma'lumot olishda uni kalibrovka qilish zarur.

12.2. Birlamchi datchikni kalibrovka qilish uchun constant qiymatini aniqlashimiz zarur. Buning uchun esa temperaturasi aniq muhit zarur.

12.3. Temperaturani aniq bilish esa muzli vannada amalga oshiriladi. Unda muz temperaturasi 0°C yoki 273 Kelvin. Shuning uchun $TK = 273$ va constant quyidagiga teng:

$$\text{Constant} = 273 \cdot rct.$$

12.4. AD592 birlamchi datchikni muzli vannaga joylashtiramiz va temperatura barqaror holatga kelguncha birmuncha vaqt kutamiz.

12.5. 5.22-rasmda keltirilgan programmani ishga tushiramiz. Notebook ekranidan rct qiymatini o'qiyamiz va yozib olamiz.

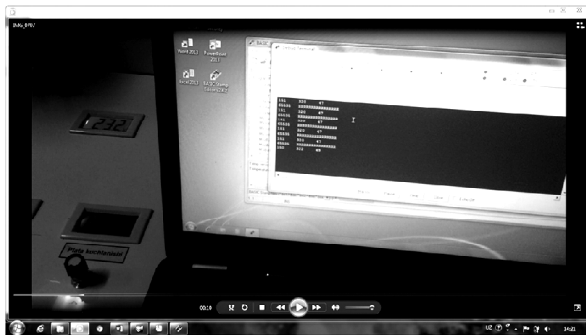
$rct =$ _____

12.6. Bu qiymatni 12.3-dagi formulaga qo'yib kalibrovka constant qiymatini topamiz. Shuni e'tiborga olingki, bu constant qiymati faqat shu birlamchi datchik va kondensator uchundir.

12.7. Olingan qiymatni o'nlik birlikkacha yaxlitlang va bu raqam 5 ta sondan iborat bo'lishi zarur. Bu olingan sonni 5.22-rasmda keltirilgan programmadagi Kal qiymatiga kiritasiz.

12.8. Programmani yana qayta ishga tushirasiz.

12.9. Notebook ekranida siz temperaturaning TK va TC (Kelvin va selsiy) qiymatlarini ko'rasiz (5.23-rasm).



5.23-rasm. Debug terminalida o'lchash natijasi.

12.10. Kondensatorning razryadlanish vaqtini topish uchun quyidagi amallar bajariladi. Bizga ma'lumki,

$$dV/dt = I/C$$

yoki

$$t = C \cdot V/I,$$

bu yerda: t — vaqt, sek; C — kondensator sig'imi va u $0,22\mu F$ ga teng; V — kuchlanish va uning qiymati $1,3 V$ ga teng. Shuning uchun:

$$t = C \cdot V/I = (0,22 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3) / 273 \cdot 10^{-6} = 0,00104761 \text{ soniya} = 1047 \mu s.$$

Xulosa. Siz Integral sxemaga ega bo'lgan birlamchi temperatura datchigi AD592, uning elektr sxemasi, statik xarakteristikasi, ishlash prinsipi bilan tanishdingiz. Undan tashqari, siz bu mavzuda

mikrokontroller yordamida muhitning temperaturasini o‘lchash metodi, bu usulning afzalligi, temperaturani o‘lchash uchun birlamchi datchikni kalibrovka qilish usullari haqida amaliy tajribaga ega bo‘ldingiz.

5.4. Temperaturani avtomatik nazorat qilish va boshqarish

Yuqorida bayon etilgani kabi mikrokontrollerlar yordamida har qanday avtomatik boshqarish tizimlarini sxematik jihatdan loyihalash juda oson. Ammo asosiy masala esa shu boshqarish tizimining algoritmini tuzish va uning programmasini yozishdan iborat. Buning uchun hozirgi zamon muhandislari programmalash tillarini ham mukammal o‘zlashtirishlari talab etiladi.

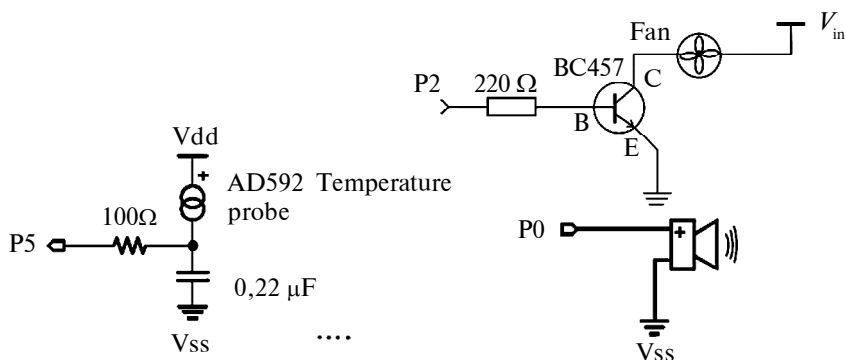
1. Ishning maqsadi. Muhitning temperaturasini avtomatik nazorat qilish sistemasini o‘rganish.

2. Asbob va uskunalar. Notebook, Basic Stamp Editor paket programmasi, ADC 592 temperatura datchigi, qiymati 100Ω , 220Ω bo‘lgan rezistorlar, sig‘imi $0,22\mu\text{F}$ bo‘lgan kondensator, BC547 npn turli tranzistor, kuller, pyezodatchik, matritsali plata, laboratoriya stendi.

3. Ishni bajarish tartibi.

1. Stendni tashqi tomondan ko‘zdan kechiring va uni ishga tayyorlang.

2. Quyidagi 5.24-rasmda keltirilgan sxemani matritsali plataga yig‘ing.



5.24-rasm. Temperaturani avtomatik nazorat qilish sxemasi.

3. Notebook ni ishga tushiring va USB portiga stenddagi kabelni ulang.

4. Stend orqa tomonida joylashgan avtomatni yoqing va stenddagi tarmoq kuchlanishi necha volt ekanligiga e'tibor bering. U, odatda, tarmoq kuchlanishi 220 V ni ko'rsatishi zarur.

5. Stenddagi «2-plata» ulab-uzgichini yoqing va 2-plataga 5V miqdorida kuchlanishni o'rning. U yuklangan holda 5V bo'lishi zarur. Shuning uchun salt holatda turganda 9V atrofida kuchlanish berish kerak.

6. Kullerni «sovutgich» yozilgan tarmoqqa ulang. Unda qizil rangli kabel tarmoqning qizil uchi bilan ulanishi zarur.

7. ADC592 datchikni esa «termodatchik» yozilgan tarmoqqa ulang.

8. Quyidagi 5.25-rasmdagi programmani yozing.

```
' {$STAMP BS2}
```

```
' {$PBASIC 2.5}
```

```
' Temperature measurement and control programm//
```

```
programm developed by Rustam Baratov, September 8, 2015
```

```
kal CON 14600
```

```
rcr VAR Word
```

```
TK VAR Word
```

```
TC VAR Word
```

```
' Temperature measurement with probe.
```

```
AD592:                                'AD592 temperature sensor code.
```

```
DO
```

```
LOW 5
```

```
' Discharge the capacitor.
```

```
RCTIME 5,0, rcr
```

```
' Get the AD592 count.
```

```
TK=kal/rcr*10+(kal//rcr*10/rcr)
```

```
' Calculate Kelvin.
```

```
TC = TK — 273
```

```
' Calculate Celsius.
```

```
DEBUG DEC rcr, TAB, DEC TK,
```

```
' Display results.
```

```
TAB, SDEC TC, CR
```

```
PAUSE 5000
```

```
' Back to the beginning.
```

' Temperature control with fan.

```
IF TC>35 THEN          ' Temperature is high, check conditions.
HIGH 2                 ' turn fan on.
FREQOUT 0, 1000, 3500 ' turn signal on.
ENDIF
IF TC<32 THEN          ' Temperature is low, check conditions.
LOW 2                  ' turn fan off.
FREQOUT 0,0,0          ' turn signal off.
    ENDIF
    LOOP
END
```

5.25-rasm. Temperaturani avtomatik nazorat qilish programmi.

9. Programmani «Check syntax» orqali tekshiring.
10. Agar xato yo‘q bo‘lsa, uni mikrokontrollerga yuklang.
11. Bu holda DEBUG terminalida temperaturaning Kelvin va selsiydagi qiymatlari paydo bo‘ladi.
12. Termodatchikni qo‘lingizga oling va uni qattiq qisgan holda Notebook ekranidagi temperatura qiymatining o‘zgarishini kuzating.
13. Insonning tana harorati 360°C ekanligini bilamiz va shuning uchun termodatchigimizni qattiq ushlab turgan holda uning harorati orta boshlaydi.
14. Avtomatik nazorat tizimida yuqori kritik temperatura sifatida 350°C, past kritik temperatura esa 32°C sifatida program-maga kiritilgan. Shuning uchun bu avtomatik nazorat tizimi shu ikki temperatura diapazonida ishlaydi.
15. Ekranda temperatura qiymati 35°C dan ortgandan keyin pyezodatchik ogohlantirish signalini chala boshlaydi va avtomatik ravishda sovitish tizimi — kuller ishga tushadi. Ushbu holatni diqqat bilan kuzating.
16. Termodatchikni kuller yoniga olib keling va uning sovishini kuzating. Ekranda temperatura o‘zgarishini kuzating.
17. Datchik temperaturasi 32°C dan pastga tushganda kuller-ning avtomatik ravishda ishlashdan to‘xtashini kuzating.

Xulosa. Ushbu laboratoriya ishida siz muhitning temperaturasini avtomatik boshqarish sistemasi, uning elektr sxemasi, avtomatik boshqarishning programma vositasi bilan tanishdingiz. Unda obyektning nazorat qilinishi zarur bo'lgan maksimum va minimum qiymatlari mavjud bo'lib, bu sistema shu diapazonda ishlaydi. Texnologik jarayonning talabiga qarab siz ushbu diapazonni har qanday qiymatga o'zgartirishingiz mumkin.

5.5. Suv sathini avtomatik nazorat qilish va boshqarish

Hozirgi zamon avtomatik nazorat va boshqarish tizimlari XX asr texnikasidan keskin farq qiladi. Zamonaviy mikroelektronika elementlari avtomatik nazorat va boshqarish tizimlarining imkoniyatlarini yanada kengaytirdi. Integral sxemalar va mikrokontrollerlar yordamida o'lchash, avtomatik nazorat va boshqarishni birgalikda bajarish imkoniyatlari paydo bo'ldi. Bundan tashqari, zamonaviy sistemalarda ma'lumotlar bazasini yaratish, axborotni qayta ishlash, uzatish, masofadan boshqarish kabi funksiyalar ham osonlik bilan amalga oshirilmoqda. Umuman, sanoatning barcha sohalarida temperaturani, suyuqlik sarfini va sathini, obyektning tezligi va tezlanishi kabi kattaliklarni o'lchash asosida nazorat qilish orqali bizni qanoatlantiradigan natijalarga erishish mumkin. Quyida zamonaviy PIC mikrokontrolleri yordamida tegishli idishdagi suv sathini avtomatik nazorat qilish sistemasi bilan tanishasiz.

1. Ishning maqsadi. Idishdagi suv sathini avtomatik nazorat qilish sistemasini o'rganish.

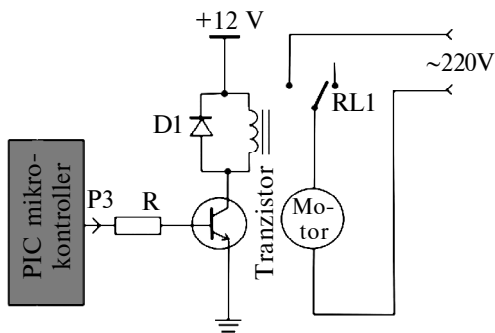
2. Asbob va uskunalar. Notebook, Basic Stamp Editor paket programmasi, laboratoriya stendi.

3. Ishni bajarish tartibi.

1. Stendni tashqi tomondan ko'zdan kechiring va ishga tayyorlang.

2. Platada 5.26-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

3. Notebook ni ishga tushiring va USB portiga stenddagi kabelni ulang.



5.26-rasm. Nasos va elektr klapanni avtomatik boshqarish sxemasi.

4. Nasos chiqish tomonida uning parrak joylashgan kamerasi mavjud bo‘lib, unda ishga tushirishdan oldin suv bo‘lishi zarur. Aks holda nasos faqat havo so‘radi va avariya holati yuzaga kelishi mumkin. Shuning uchun kamerada suv bor yoki yo‘qligiga e‘tibor bering.

5. Agar suv yo‘q bo‘lsa, u holda nasos chiqishiga ulangan quvur uchiga o‘rnatilgan teskari klapanni ochib, u orqali parrak kameraga suv to‘ldiring.

6. Stend orqa tomonida joylashgan avtomatni yoqing va stenddagi tarmoq kuchlanishi necha volt ekanligiga e‘tibor bering (5.26-rasm, 6-pozitsiya).

7. Stenddagi «rele» ulab-uzgichini yoqing va rele chulg‘amiga 12 V kuchlanishni o‘rning.

8. Stenddagi «1-plata» ulab-uzgichini yoqing va 1-plataga 5V miqdorida kuchlanishni o‘rning.

9. Odatda, avtomatik boshqaruv tizimida teskari aloqa bo‘lishi uchun nazorat qilinayotgan obyekt holati haqida ma‘lumot



5.27-rasm. Nasosning texnik xarakteristikasi.

beruvchi birlamchi datchik muhim. Ammo mikrokontrollerlarda bunday teskari aloqani vaqt bo'yicha nazorat qilish imkoni mavjud bo'lib, ushbu funksiyadan foydalanamiz.

10. Buning uchun 5.27-rasmda keltirilgan nasosning texnik ma'lumotlaridan foydalanamiz.

11. Stenddagi nasos quyidagi texnik xarakteristikaga ega:

- Suv sarfi 5—40 litr/sekund;
- Napor 5—40 metr;
- Kuchlanish 220 V;
- Tok chastotasi 50 Hz;
- Aylanish tezligi 2900 ayl/daqiqqa;
- Quvvati 370 W.

12. Suv sathi nazorat qilinishi zarur bo'lgan idish 2 litr hajmga ega. Hisoblash natijasiga ko'ra nasos idishni 3—4 soniyada to'ldiradi.

13. Programmada nasos ishlash vaqtini 4 soniyaga rostlaymiz.

14. Idish suvga to'ldirish vaqti tugashi bilan klapan ishga tushadi va idishdan suv oqib chiqishni boshlaydi. Idishdan suvning to'la oqib chiqib ketishi uchun zarur bo'ladigan vaqt taxminan 40—45 soniyani tashkil qiladi.

15. Shuning uchun programmada suvning oqib chiqib ketishi va nasosning dam olish vaqti inobatga olinadi.

16. Sdenddagi «motor»ni ulab-uzgichni yoqing va nasos ishlashi, idishni suvga to'ldirish vaqti, nasosning dam olish vaqtini aniqlang.

Avtomatik boshqarish va nazorat tizimlarida ba'zi bir texnologik jarayonlarda teskari aloqa juda muhim. Lekin ba'zi bir jarayonlarda teskari aloqasiz ham nazorat tizimlari ishlashi mumkin. Masalan, biror suv minorasida suv sathini nazorat qilish uchun teskari aloqa muhim emas. Ammo, suv sathining ma'lum bir sathdan ortib ketishi yoki kamayib ketishi avariya holatini keltirib chiqaradigan texnologik jarayon bo'lsa, u holda teskari aloqa juda muhimdir. Yoki biror-bir energiya resurslarining ishlatilishini nazorat qilishda, samarali tizimlarni loyihalashda ham teskari aloqa avtomatik tizimning muhim bog'iniga aylanadi. Teskari aloqa bevosita resurslardan umumli foydalanishni ta'minlaydi. Quyida avtomatik boshqarish va nazorat qilishning 2 ta usulini keltiramiz:

- ikki pozitsiyali nazorat (ishga tushirish va to‘xtatish);
- teskari aloqali nazorat.

Ikki pozitsiyali nazorat (ishga tushirish va to‘xtatish):

• BASIC Stamp Editor v2.4.2» paket programmasini ishga tushiring va 5.1-mavzudagi 3-bandni bajarining hamda Basic Stamp modulining Notebook ga to‘g‘ri ulanganligini tekshiring;

• ishchi oyna oching va quyida keltirilgan 5.28-rasmdagi programmani yozing:

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
' Pump and valve control//programm developed by Rustam Baratov
' September 15, 2015

    DO
    HIGH 3
    PAUSE 6000
    LOW 3
    PAUSE 30000
    LOOP
END
```

5.28-rasm. Nasosni ikki pozitsiyali nazorat qilish programmasi.

• programmadagi «PAUSE» komandasi qiymati millisekundda bo‘lib, bu qiymatni idishning hajmini inobatga olgan holda hisoblanadi;

- programmani «Check syntax» orqali tekshiring;
- programmani ishga tushiring va idishni to‘ldirish vaqtini programmada keltirilgan vaqt bilan mos kelishini tekshiring;
- idishdan suvning oqib chiqish vaqtini tekshiring.

Teskari aloqali nazorat.

Teskari aloqali boshqarishda boshqaruv obyekti holati haqida uzluksiz ma’lumot beruvchi birlamchi datchik zarur. Bunday datchik sifatida esa sath datchigidan foydalanish mumkin. Idishdagi suv sathi sath datchikka tekkan holda sistemaga signal beriladi va PIC mikrokontroller xotirasiga yozilgan programmada keyingi buyruqni bajarishga kirishadi. Quyidagi ishlarni bajarining:

- «BASIC Stamp Editor v2.4.2» paket programmasini ishga tushiring va 5.1-mavzudagi 6-bandni bajaring;

- Ishchi oyna oching va 5.29-rasmdagi programmani yozing;

- programmani ishga tushiring.

```
' {$STAMP BS2}
```

```
' {$PBASIC 2.5}
```

```
' Pump and valve control//programm developed by Rustam Baratov
```

```
' September 12,2015
```

```
cnt VAR Word
```

```
Main:
```

```
DO
```

```
  HIGH 9           ' Turn on the 555.
```

```
  COUNT 10,133,cnt      'Count pulses.
```

```
  LOW 9             ' Turn off the 555.
```

```
  DEBUG DEC cnt,CR, « siemens», CR ' Display.
```

```
  IF cnt>=36 THEN LOW 3 'Water level in the cup is high, turn  
                        pump off.
```

```
  PAUSE 65500        'pause about 1.5 min.
```

```
  IF cnt=<25 THEN HIGH 3 'Water level in the cup is low, turn  
                        pump on.
```

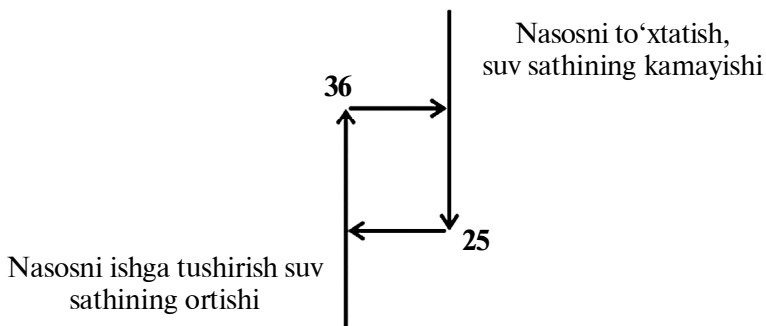
```
  PAUSE 65500        ' pause about 1.5 min.
```

```
  LOOP              ' do it again.
```

```
END
```

5.29-rasm. Nasosni teskari aloqali boshqarish va nazorat qilish programmasi.

Bu programma 5.28-rasmda keltirilgan programmadan murakkab bo'lib, siz «COUNT» komandasi argumentidagi qiymatlarni va cnt qiymatini kalibrovka qilishingiz zarur. Ushbu programmada cnt qiymatini topishda ikkita kritik qiymatni aniqlash zarur. Pastki kritik nuqta (25) nasosni ishga tushirish nuqtasi, yuqorigi kritik nuqta (36) nasosni ishdan to'xtatish nuqtasi hisoblanadi (5.30-rasm).



5.30-rasm. Gisterezis.

5.30-rasmda vertikal o'qqa suv sathi qo'yiladi. Gorizontaal o'qda esa motorning ishga tushish yoki to'xtagan holati aks ettiriladi. Suv sathi pastki kritik nuqta 25 ga kelganda nasos ishga tushadi, yuqorigi kritik nuqta 36 ga kelganda esa nasos to'xtaydi.

Xulosa. Siz ushbu mavzuda idishdagi suv sathini avtomatik boshqarish sistemasi, avtomatik boshqarishning programma vositasi bilan tanishdingiz. Shuningdek, ikki pozitsiyali va teskari aloqali avtomatik boshqaruv tizimlari va ularning qanday texnologik jarayonlarni boshqarishda ishlatish maqsadga muvofiqligi haqida bilimga ega bo'ldingiz.

Nazorat savollari

1. Basic Stamp moduli nima va u bizga nima uchun zarur?
2. Basic Stamp Editor paket programmasi nima maqsadda ishlatiladi?
3. «Identify» funksiyasi nima uchun xizmat qiladi?
4. Yozilgan kod xatoligi qanday tekshiriladi?
5. Basic Stamp platasi ulangan port qayerda aks etadi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. «Metrologiya to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 1993-yil 28-dekabr.
2. O'lchashlar birligini ta'minlash davlat tizimi. Metrologiya. Atamalar va ta'riflar. O'zR St 8.010-93.
3. *Muhamedov B.E.* Metrologiya, texnologik parametrlarni o'lchash usullari va asboblari. — T.: «O'qituvchi», 1991.
4. *Ismatullayev P.R., Ma'rupov E.A., Abdullayev A.X.* Metrologiya bo'yicha izohli lug'at. — T., 1993.
5. *Axrorov N.* Metrologiya asoslari va elektr o'lchamlaridan amaliy ishlar. — T.: «O'zbekiston», 1994.
6. *Yakubov M.S., Jabbarov N.G., Amirov S.F.* Elektrotexnikaning nazariy asoslari va elektr o'lchashlar. — T.: «O'qituvchi», 2002.
7. *Малиновский В.Н.* Электрические измерения. — М.: «Энергоатомиздат», 1983.
8. *Эвтихуев Н.Н. и др.* Измерение электрических и неэлектрических величин. — М.: «Энергоатомиздат», 1990.
9. *Giorgio Rizzoni.* Principles and applications of Electrical Engineering. Ohio State University. USA, 1997.
10. *Dogan Ibrahim.* Advanced PIC Microcontroller. Projects in C. From USB to RTOS with the PIC18F Series. Burlington, MA, USA, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK, 2008.
11. *Tim Wilmshurst.* Designing Embedded system with PIC microcontrollers. Principles and applications. Burlington, MA, USA, Oxford OX2 8DP, UK, 2010.
12. *А.Ф. Котюк.* Датчики в современных измерениях. — М.: Радио и связь, 2006.
13. *Т.С. Ратхор.* Цифровые измерения (перевод с нем.). — М.: Феникс, 2006.
14. *Д. Фрайден.* Современные датчики. Справочник. Пер. с англ. — М.: Техносфера, 2006.

MUNDARIJA

Kirish	3
--------------	---

I BOB. ASOSIY METROLOGIK TUSHUNCHALAR. O'LCHASH USULLARI VA XATOLIKLAR

1.1. Metrologiyaning asosiy atamaları va ta'riflari	9
1.2. Asosiy elektr va magnit kattaliklarning o'lchovlari	10
1.3. O'lchash usullari	15
1.4. O'lchash vositalari va ularning turlari. O'lchash asboblarning klassifikatsiyasi	17
1.5. O'lchash vositalari va asboblarning asosiy metrologik xarakteristikaları	19
1.6. O'lchash xatoliklarini kamaytirish usullari	25
1.7. I bobga doir amaliy darslar	27

II BOB. ELEKTROMEXANIK O'LCHASH ASBOBLARI

2.1. Elektromexanik analog asboblarning tuzilishi va asosiy qismlari ...	31
2.2. Elektr o'lchash o'zgartgichlari	50
2.3. Raqamli o'lchash asboblari	55
2.4. II bobga doir masalalar yechish	60

III BOB. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLARNI O'LCHASH

3.1. Tok va kuchlanishni o'lchash	64
3.2. Qarshilikni o'lchash	65
3.3. Quvvatni o'lchash	70
3.4. Chastota, faza siljish burchagi va quvvat koeffitsiyentini o'lchash	79
3.4.1. Chastotani o'lchash	79
3.4.2. Faza siljish burchagini o'lchash	81
3.4.3. Quvvat koeffitsiyentini o'lchash	83
3.5. Magnit kattaliklarni o'lchashning umumiy masalalari	86

IV BOB. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI O'LCHASH

4.1. Umumiy ma'lumotlar	90
4.2. O'lchash o'zgartgichlarining asosiy metrologik xarakteristikalari	91
4.3. O'lchash o'zgartgichlarining klassifikatsiyasi	92
4.4. Pyezoelektrik o'lchash o'zgartgichlari	93
4.5. Deformatsiya, mexanik kuchlanish va bosimni o'lchash	94
4.6. Aylanish momenti va aylanish chastotasini o'lchash	94
4.7. Suyuqliklarning sathi va sarfini o'lchash	95
4.8. Namlikni o'lchash	97
4.9. Haroratni o'lchash	98

V BOB. NOELEKTRIK KATTALIKLARNI MIKRO- KONTROLLERLAR YORDAMIDA O'LCHASH

5.1. «Basic stamp editor» paket programmasida ishlashni o'rganish	100
5.2. Muhitning o'tkazuvchanligini o'lchash	106
5.3. Temperaturani o'lchash	111
5.4. Temperaturani avtomatik nazorat qilish va boshqarish	116
5.5. Suv sathini avtomatik nazorat qilish va boshqarish	119
Foydalanilgan adabiyotlar	125

B29 Baratov R.J. Elektr o'lchash asboblari va elektr o'lchash. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma (4-nashri). /R.J. Baratov, P.M. Mahmudov, A.U. Djalilov; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi; O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazi. — T.: «ILM ZIYO», 2017. — 128 b.

UO'K: 621.3(075)
KBK 31.221

ISBN 978-9943-16-094-1

RUSTAM JALILOVICH BARATOV,
PANJI MAHMUDOVICH MAHMUDOV,
ANVAR UROLOVICH DJALILOV

ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI VA ELEKTR O'LCHASH

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent — «ILM ZIYO» — 2017

4-nashri

Muharrir *Sh. Rahimqoriyev*
Badiiy muharrir *D. Hamidullayev*
Texnik muharrir *F. Samadov*
Musahhih *T. Mirzayev*

Noshirlik litsenziyasi AI № 275, 15.07.2015-y.

2017-yil 29-oktabrda chop etishga ruxsat etildi. Bichimi 60×90 1/16.
«Times» shriftida terildi. Nashr tabog'i 7,0. Bosma tabog'i 8,0.
336 nusxa. Buyurtma №630

«ILM ZIYO» nashriyot uyi, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

«NISO POLIGRAF» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent viloyati, O'rta Chirchiq tumani, «Oq-Ota» QFY
Mash'al mahallasi Markaziy ko'chasi, 1-uy.