

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

---

**P. ISMATULLAYEV, SH. QODIROVA, G'. G'OZIYEV**

# **ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARINI ROSTLASH VA TA'MIRLASH**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

## **I-QISM «ELEKTR O'LCHASHLAR VA O'LCHASH ASBOBLARI»**

«SHARQ» NASHRIYOT-MATBAA AKSIYADORLIK  
KOMPANIYASI BOSH TAHRIRIYATI  
TOSHKENT — 2007

O‘zbekiston Respublikasi oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi ilmiy-metodik birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.

**Taqrizchilar:**

TDTU «Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish» kafedrasining professori, t. f. d. **R. K. Azimov.**  
Mirzo Ulug‘bek nomli Informatika kasb-hunar kolleji maxsus fanlar bo‘yicha oliy toifali o‘qituvchisi **T. X. Ulmasov.**

**P. R. Ismatullayev va boshq.**

Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari. Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma./ P.R. Ismatullayev, Sh.A. Qodirova, G‘. G‘oziyev. — T.: «SHARQ», 2007. — 96 bet.

Ushbu o‘quv qo‘llanma tayanch oliy o‘quv yurti (TDTU) ning «Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish» kafedrasida professor-o‘qituvchilari tomonidan tayyorlangan bo‘lib, unda «Elektr o‘lchash asboblari rostdash va ta‘mirlash» fani bo‘yicha «Elektr o‘lchashlar va asboblari» hamda ularning maqsad va vazifalari, ularga oid asosiy tushuncha va atamalar, o‘lchash usullari va asboblari, ularning ishlash prinsiplari sodda va ravon yozilgan bo‘lib, asosan kasb-hunar kollejlarning «Avtomatika vositalari jihozlariga xizmat ko‘rsatish va ishlatish» (kod—3521802) mutaxassisligi talabalari uchun mo‘ljallangan.

Qo‘llanmadan bakalavriyat talabalari hamda shu sohada ishlab chiqarishda faoliyat ko‘rsatadigan mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

**ISBN 978-9943-00-178-7**

© «Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi Bosh tahririyati, 2007-y.

---

---

## SO‘ZBOSHI

«Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari» fani bo‘yicha o‘quv qo‘llanmada hayotimizning barcha jabhalarida, xalq xo‘jaligining, sanoatning, ilmiy izlanishlarning barcha tarmoqlari uchun o‘ta zarur bo‘lgan o‘lchash haqidagi asosiy tushunchalar, ta’riflar, o‘lchov va kattaliklar, har xil o‘lchash vositalari va ular yordamida har xil kattaliklar (elektrik, noelektrik, elektr zanjirlarining parametrlari, texnologik parametrlar va h. k) ni o‘lchash, elektr hodisalarini, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan signallarni tekshirish, kuzatish, o‘lchash xatoliklari, o‘lchash natijalarini qayta ishlash, ularni ehtimoliy baholanishi kabi masalalari xususida yetarli va zarur ma’lumotlar keltirilgan.

«Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari» fani uzoq tarixga ega bo‘lishi bilan bir qatorda, ilmiy nuqtayi nazardan xalq xo‘jaligining barcha tarmoqlariga xos bo‘lgan va ayniqsa, O‘rta maxsus ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha tayyorlanadigan mutaxassislar uchun muhim hamda doimo va uzluksiz tarzda rivojlanishda bo‘luvchi fanlar qatoriga kiradi.

Mazkur o‘quv qo‘llanma respublikamizdagi ta’lim, fan, texnika va iqtisoddagi rivojlanish, o‘zgarish hamda ilmiy izlanishlarni hisobga olgan holda yaratildi. Respublikamiz juda boy ilmiy, madaniy va ma’rifiy merosga ega. Ushbu meros G‘arb falsafasining, ilm-fanning shakllanishida, buyuk olimlarning va allomalarning muvaffaqiyat qozonishlarida munosib o‘rin egallagan. Bundan tashqari respublikamiz «Buyuk ipak yo‘li» asosiy tomirida joylashganligi va yirik savdo markazlariga ega bo‘lganligi sababli xalqaro ilmiy, iqtisodiy munosabatlarning rivojlanishida alohida ahamiyat kasb etgan. Vatanimizda ilmni shakllantirgan buyuk allomalarning hozirda ham ahamiyatli kashfiyotlari va ilmiy yutuqlari jahon fanlari taraqqiyotida munosib o‘rin egallagan. G‘arbda Alfraganus nomi bilan tanilgan Ahmad Farg‘oniyning Nil daryosining sathini o‘lchash uchun mo‘ljal-

langan «Miqyosi Nil» qurilmasi, mashhur Ulugʻbekning oddiy va sodda oʻlchash asboblari bilan oʻta yuqori aniqlikda tuzilgan «Yulduzlar jadvali», qomusiy olim Abu Rayhon Beruniyning moddalar tarkibini aniqlash borasidagi ulkan yutuqlari va hokazolar (ularni sanab tugatishimiz mushkul) shular jumlasidandir.

Maʼlumki, respublikamizda keyingi paytlarda tub oʻzgarishlar, tub iqtisodiy islohotlar roʻy berayaptiki, bular ichida, ayniqsa «raqobatbardosh mahsulotlarni ishlab chiqarishni taʼminlash» masalasi ustuvor hisoblanadi. Bu esa, oʻz navbatida, muhandis-texnik xodimlarga va umuman texnika sohasi boʻyicha mutaxassislariga oʻta murakkab masʼuliyat yuklaydi. Bugungi kun muhandislari, ilmiy-texnik xodimlari yangi texnika va texnologiyadan foydalanishga, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish, boshqarish va ularni kompleks yechishga, ishlab chiqarish rezervlarini aniqlash va jadallashtirishga qodir boʻlishlari kerak. Bular esa, oʻlchash nazariyasidan, oʻlchash vositalari, oʻlchash usullari va ular yordamida har xil kattaliklarni oʻlchash, oʻlchash natijalarini qayta ishlash va h. k. qator masalalar boʻyicha yetarli bilim va malakaga ega boʻlishlarini taqozo etadi.

---

---

## **I. «ELEKTR O‘LCHASHLAR VA O‘LCHASH ASBOBLARI» FANI BO‘YICHA ASOSIY MA‘LUMOTLAR**

«Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari» fan sifatida o‘lchashlar, o‘lchash usullari, o‘lchash vositalari va ular yordamida har xil kattaliklarni o‘lchash, o‘lchash xatoliklari hamda ularga bog‘liq va tegishli bo‘lgan masalalarni o‘z doirasiga oladi.

Inson aql-idroki, zakovati bilan o‘rganayotgan, shakllantirayotgan hamda rivojlantirgan qaysi fanni, uning yo‘nalishini olmaylik, albatta, o‘lchashlarga, ularning usullariga, o‘zaro bog‘lanishlariga duch kelamiz. Bu o‘lchash usullari va vositalari yordamida har xil kattaliklarni o‘lchash va ularga bog‘liq masalalarni mukammal o‘rganish orqaligina amalga oshiriladi. Shu sababdan, hozirgi qaysi bir fan, ilmiy yo‘nalish, u xoh tabiiy, xoh ijtimoiy bo‘lmasin, albatta u yoki bu darajada o‘lchash bilan bog‘liq. Inson qo‘li yetgan, faoliyati doirasiga kirgan, ammo o‘lchashlar va ularning vositalari yordamisiz o‘rganilgan, izlangan hamda ko‘zlangan maqsadlarga erishish mumkin bo‘lgan bironta yo‘nalish yo‘q. Shuning uchun ham elektr o‘lchashlar asoslarini bilish, uni o‘z mutaxassisligi doirasida tushunish va amaliy qo‘llash «O‘rta maxsus ta‘lim» yo‘nalishlari bo‘yicha kollej bitiruvchilari uchun muhim omillardan biri bo‘lib hisoblanadi.

«Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari» fani texnika sohasi yo‘nalishidagi mutaxassislar tayyorlashda o‘tilishi lozim bo‘lgan fanlardan hisoblanadi. O‘rta maxsus ta‘lim doirasidan kelib chiqib, ushbu fan talabalarda elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari bo‘yicha zarur va yetarli bo‘lgan asosiy tushunchalarni shakllantiradi.

«Elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari» fanini o‘rganishdan maqsad: talabalarda har xil turdagi kattaliklar, parametrlar, modda, materiallarning xarakteristikalari, texnologik jarayonlar, fizikaviy hodisalar bo‘yicha axborot hosil qilish va shu maqsadda ishlatiladigan ko‘rsatuvchi analog, raqamli va qayd qiluvchi (yozib oluvchi) o‘lchash vositalari, o‘zgartkichlarning ishlash prinsiplari hamda ularni amalda qo‘llash borasida yetarli bilim va malakalarni hosil qilishdir.

Asosiy vazifasi esa kollej talabalarini uzluksiz ta'lim tizimida «Elektr o'lchashlar va o'lchash asboblari» bo'yicha tayyorlashdan kelib chiqqan holda ularni maxsus fanlar va shu bilan bir qatorda boshqa umumta'lim fanlarini ham to'liq o'rganishga undaydi.

Ushbu fanni o'rganish natijasida talabalar:

— o'lchash haqidagi tushuncha, ta'riflar, elektr o'lchash usullari, har xil parametrlar, kattaliklarni bilishi;

— elektr o'lchash vositalari, ularning ishlash prinsiplari xarakteristikalarini bilishi;

— elektrik, magnit, noelektrik va h. k kattaliklar bo'yicha axborot olish, vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kattaliklarni qayd qilish (yozib olish) usullarini bilishi;

— elektr o'lchash vositalarini amalda qo'llay bilishi;

— o'lchash natijalarini baholay bilishi muhim hisoblanadi.

Hozirgi kunda, ayniqsa, ishlab chiqarishni boshqarishda, fan va texnikaning rivojlanishida, jahon andozalariga mos keluvchi mahsulotlarni ishlab chiqishda, uning raqobatbardoshligini ta'minlashda o'ta muhim masalalardan biri sanaladi.

## **1. «ELEKTR O'LCHASHLAR VA O'LCHASH ASBOBLARI» FANINING RIVOJLANISH TARIXI**

Fan va texnikaning rivoji hamma vaqt o'lchashlar bilan chambarchas bog'liq bo'lib, o'zining rivojlanish tarixiga ega.

XX asrning ikkinchi yarmida xalq xo'jaligining barcha sohalaridagi ilm-fan, madaniyatning gurkirab rivojlanishi bejiz ilmiy-texnikaviy inqilob deb atalmagan. Ilg'or ilmiy yutuqlar fanga, bizning kundalik hayotimizga kirib kelib, shu darajada odatiy bo'lib qolganki, ko'pincha biz ularga e'tibor bermaymiz yoki sezmaymiz.

O'lchashlar haqidagi fanning tarixi minglab yillarni tashkil etadi. O'lchashlarga bo'lgan ehtiyoj qadim zamonlarda yuzaga kelgan. Inson kundalik hayotida har xil kattaliklarni: masofalarni, yer maydonlarining yuzalarini, jismlarning o'lchamlarini va massalarini, vaqtni va h. k.ni, bu jarayonlarning yuzaga kelish sabablarini, manbalarini bilmasdan, o'zining sezgisi va tajribasi asosida o'lchay boshlagan.

Eng qadimgi o'lchov birliklari — antropometrik, ya'ni insonning muayyan a'zolariga muvofiqlikka yoki moyillikka asoslangan holda kelib chiqqan o'lchov birliklari hisoblanadi. Masalan: *ladon* — bosh barmoqni hisobga olmaganda qolgan to'rttasining kengligi, *fut* —

oyoq tagining uzunligi, *pyad* — yozilgan va ko'rsatkich barmoqlar orasidagi masofa, qarich, quloch, qadam va hokazolar.

Asrlar o'ta bizga yetib kelgan ba'zi o'lchov birliklari hozirda ham ishlatiladi. Masalan, qadimgi «janubi—sharqda» «loviya doni», «no'xotcha» ma'nosini bildirgan, turli qimmatbaho toshlarning o'lchov birligi sifatida ishlatilgan — *karat*, dorishunoslikda og'irlik birligi qilib qo'llanilayotgan, ingliz, fransuz, lotin va ispan tillarida «bug'doy doni» ma'nosini bildiruvchi — *gran* va hokazolar.

Ba'zi bir tabiiy o'lchovlar ham uzoq o'tmishga ega. Ularning dastlabkilaridan biri, hamma yerda ishlatiladigan vaqt o'lchovlaridir. Munajjmlarning ko'p yillik kuzatishlari natijasida qadimgi Vavilonda vaqt birligi sifatida yil, oy, soat tushunchalari ishlatilgan. Keyinchalik Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanishiga ketgan vaqtning 1/86400 qismi sekund nomini olgan. Qadimgi vavilonliklar bizning eramizgacha bo'lgan II asrdayoq vaqtni Minalarda o'lchashgan. Mina taxminan ikki astronomik soat vaqt oralig'iga teng bo'lib, bu vaqt mobaynida Vavilonda rasm bo'lgan suv soatidan massasi taxminan 500 grammga teng bo'lgan «mina suv» oqib ketgan. Keyinchalik mina o'zgarib, biz o'rganib qolgan minutga aylandi.

Vaqt o'tishi bilan suv soatlari o'z o'rnini qum soatlariga, ular ham vaqti kelib o'rnini mayatnikli mexanizmlarga bo'shatib berdi. Umrining deyarli 40 yilini mayatnikli soatlar yasashga, ularni takomillashtirishga bag'ishlagan Guygens 1664-yil shunday deb yozgan edi: «... men soatlarni sozlashning oson va qulay usulini topdim. Bundan tashqari, hamma davr uchun o'rinli hamda doimiy bo'lgan uzunlik o'lchoviga mutlaqo turg'un aniqlash kiritdimki, bu men uchun eng bebaho bo'lgan kashfiyotim tufayli topildi». Bu yerda gap tekis va bir xilda tebranuvchi matematik mayatnik to'g'risida ketayapti. Kichik tebranishlar uchun tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

bu yerda:  $l$  — mayatnik uzunligi;  $g$  — erkin tushish tezlanishi. Yuqoridagi formula negizida 1824-yili Angliyada uzunlik birligi yard qonuni qabul qilingan.

Ma'lum bir o'lchashga bo'lgan ehtiyoj kishida ong shakllana boshlagan tosh asrlaridayoq paydo bo'lgan edi va insoniyat taraqqiyo-tining ilk davrlaridayoq «moddiy» o'lchashlar va o'lchov birliklarining katta ahamiyatini tushunib bilganlar.

Fan va texnikaning rivojlanishi har xil fizik kattaliklarning o'lchamlarini muayyan o'lchovlarga qiyoslab kiritishni taqozo eta boshladi.

Ishlab chiqarish munosabatlarining rivojlanishi o'lchash vositalari va usullarini mukammallashtirishni talab eta boshladi. Bu borada erishilgan texnika yutuqlarining uchta asosiy bosqichini ajratib ko'rsatish mumkin:

— ishlab chiqarish jarayonida qatnashadigan va stanoklarga birlashtirilgan o'lchash vositalarining yaratilishini talab qiluvchi texnologik bosqich (manifaktura va mashina ishlab chiqarishning yuzaga kelishi);

— ishlab chiqarish jarayonlarini tezlashtirish sharoitida foydalanilayotgan o'lchash vositalarining aniqligi, ishonchliligi va unumdorligini keskin oshirishni talab qiluvchi energetik bosqich (bug' energiyasini ishlatish, ichki yonuv dvigatellarining yuzaga kelishi, elektr energiyasini ishlab chiqarish va ishlatish);

— zamonaviy fan yutuqlarining barchasini o'lchash vositalarining tarkibiga kiritishni talab qilgan ilmiy-texnika inqilobi (fanni ishlab chiqarish bilan bog'lash va uni bevosita ishlab chiqaruvchi kuchga aylantirish) bosqichi. Bu bosqichning alohida xususiyatlaridan biri obyektlar va jarayonlar holatini muayyan parametrlar yordamida umumiy baholovchi o'lchash tizimlarini yaratish bo'lib, olingan natijalardan bevosita texnik tizimlarni avtomatik boshqarishda foydalanishdan iboratdir.

Amaliyot juda keng ko'lamdagi fizik kattaliklar qiymatini juda tez (sekundning milliarddan bir ulushlarida), yuqori aniqlikda (xatolik o'lchanayotgan qiymatning 10% dan kichik) va nafaqat inson sezgi organlari to'g'ri ilg'ay olmaydigan, balki hayot uchun sharoit bo'lmagan holatlarda ham aniqlashni talab qiladi.

Hozirgi kunda fan va texnikaning rivojlanishi tufayli ilgari o'lchab bo'lmaydi, deb hisoblangan kattaliklarni o'lchash va baholash imkoni yaratilmoqda. Masalan, Sankt-Peterburg aloqa instituti olimlari hidni o'lchash borasida birmuncha yutuqlarni qo'lga kiritganlar. Bu xususda italiyalik buyuk olim Galileo Galileyning quyidagi so'zlarini eslab o'tish o'rinli bo'ladi: «O'lchash mumkin bo'lganini o'lchang, mumkin bo'lmaganiga esa imkon yarating».

Har xil kattaliklarni, masalan kondensatorning elektr sig'imi, nurlanish oqimi, erigan metallning temperaturasi, atomning magnit maydon kuchlanganligi va hokazolarni maxsus texnik vositalar — o'lchash o'zgartkichlari, asboblari va tizimlaridan foydalanmasdan o'lchashni amalga oshirib bo'lmaydi. Bularning hammasi ongimizga,



hayotimizga shunchalik singib ketganki, aksariyat hollarda biz ularning atrofimizda mavjud ekanligini sezmaymiz. Hamma joyda: ishlab chiqarishda, ilmiy laboratoriyalarda, uy-ro‘zg‘orda, dalada, kasalxonada, avtomobilda va h. k. da ular bizning beg‘araz va tengsiz yordamchilarimizdir.

Shu boisdan, to‘la ishonch bilan aytish mumkinki, o‘lchash inson ongli hayotining asosini tashkil etadi. Bu borada ko‘plab olimlar o‘lchash texnikasining rivojiga munosib hissa qo‘shganlar. Ular ichida birinchi navbatda Ahmad Farg‘oniy, Abu Nasr Farobiy, Abu Rayhon Beruniy, Ulug‘bek, Mixail Lomonosov, Dmitriy Mendeleev va boshqalarni alohida ko‘rsatib o‘tish o‘rinli bo‘ladi. Ahmad Farg‘oniyning «Miqyosi Nil», ya‘ni Nil daryosining sathini tutash idishlar qonuniyati asosida o‘lchash va uning natijasiga ko‘ra yilning yog‘ingarchiligi va uning ekin hosiliga ta‘siri to‘g‘risidagi ma‘lumotlari, Ulug‘bekning «Zich jadvallari»da keltirgan, hozirgi kunlarda eng zamonaviy o‘lchash qurilmalarida olingan natijalardan juda oz tafovut qiluvchi ma‘lumotlari alohida tahsinga sazovordir. Bundan tashqari, Farobiyning astronomik kuzatishlar va o‘lchashlar uchun maxsus asbob — usturlob yasash sirlari xususidagi qimmatli ma‘lumotlari juda katta ham ilmiy, ham falsafiy ahamiyatga egadir.

O‘lchash texnikasi ehtimollar nazariyasi, boshqarish nazariyasi va boshqa ilmiy yo‘nalishlar bilan birgalikda axborotli o‘lchash, ya‘ni o‘zida asosiy axborot olish imkonini beradigan vositalarni jamlagan (o‘lchash, nazorat qilish, hisoblash, tashhis, umumlashtirish va tasvirlarni aniqlash), elektr o‘lchashlar texnikasining rivojiga asos bo‘ldi. Qo‘yilgan muammolarning, ularni yechish usullari va olingan natijalarning har xilligidan qat‘i nazar, axborot olish mobaynida asosiy o‘lchash, qayta ishlash, qabul qilish va biror jarayon yoki manba haqidagi ma‘lumotni tasavvur qilish amallarini bajarish ko‘zda tutiladi.

Bugungi kunda ham olimlarimiz o‘lchash nazariyasi, elektr o‘lchashlar va o‘lchash asboblari, va umuman o‘lchash texnikasi rivoji ustida tinimsiz ilmiy izlanishlar olib borishmoqda.

## **2. ELEKTR O‘LCHASHLARGA OID ASOSIY TA‘RIFLAR VA TUSHUNCHALAR**

Metrologiya — o‘lchash haqidagi fandir, o‘lchash usullari va vositalari yordamida yagona o‘lchashni hamda uni talab etilgan aniqlikda ta‘minlash yo‘llarini o‘rgatadigan fandir.

Yagona o'lchashni taminlash o'lchashning shunday holatiki, unda o'lchash natijalari qonunlashtirilgan birliklarda ifoda etilishi, o'lchash xatoliklari berilgan ehtimollikda aniq bo'lishi kerak. Yagona (tanho) o'lchash o'lchash vositalarining asosiy metrologik xarakteristikalari va o'lchash usullarining bir xilligi bilan, yagona etalon va o'lchovlar bilan hamda o'lchash axborotini hattoki bir xil shaklda tavsia etilishi bilan ta'minlanadi.

O'lchash deb, shunday solishtirish, anglash, aniqlash jarayoniga aytiladiki, unda o'lchanadigan kattalik fizik eksperiment yordamida, xuddi shu turdagi, birlik sifatida qabul qilingan qiymati bilan o'zaro solishtiriladi.

Bu ta'rifdan shunday xulosaga kelish mumkin: birinchidan, o'lchash bu har xil kattaliklar to'g'risida axborot olishdir; ikkinchidan, bu fizik eksperimentdir; uchinchidan — o'lchash jarayonida o'lchanadigan kattalik o'lchov birligining ishlatilishidir. Demak, o'lchashdan maqsad o'lchanadigan kattalik bilan uning o'lchov birligi sifatida qabul qilingan miqdori orasidagi nisbatni (tafovutni) topishdir. Ya'ni, o'lchash jarayonida o'lchashdan ko'zda tutiladigan maqsad, ya'ni izlanuvchi kattalik bu shunday asosiy kattalikka, uni aniqlash butun izlanishning, tekshirishning vazifasi, maqsadi hisoblanadi va o'lchash obykti ishtirok etadi. O'lchash obykti (o'lchanadigan kattalik) shunday yordamchi kattalikka, uning yordamida asosiy izlanuvchi kattalik aniqlanadi, yoki bu shunday qurilmaki, uning yordamida o'lchanadigan kattalik solishtiriladi.

Shunday qilib, uchta tushunchani bir-biridan ajrata bilish kerak: o'lchash, o'lchash jarayoni va o'lchash usuli.

*O'lchash* — bu umuman har xil kattaliklar to'g'risida axborot olish, o'zgartirish demakdir. Bundan maqsad izlanayotgan kattalikning son qiymatini qo'llash, ishlatish uchun qulay shaklda aniqlashdir.

*O'lchash jarayoni* — bu solishtirish eksperimentini o'tkazish jarayonidir (solishtirish qanday usulda bo'lmasin).

*O'lchash usuli* esa — bu fizik eksperimentning aniq ma'lum tuzilma, o'lchash vositalari va eksperiment o'tkazishning aniq yo'li, algoritmi yordamida bajarilishi, amalga oshirilishi usulidir.

O'lchash, odatda, o'lchashdan ko'zlangan maqsadni (izlanayotgan kattalikni) aniqlashdan boshlanadi, keyin esa shu kattalikning xarakterini tahlil qilish asosida bevosita o'lchash obykti (o'lchanadigan kattalik) aniqlanadi. O'lchash jarayoni yordamida esa shu o'lchash obykti to'g'risida axborot olinadi va nihoyat, ba'zi matematik qayta ishlash yo'li bilan o'lchash maqsadi haqida yoki izlanayotgan kattalik haqida axborot (o'lchash natijasi) olinadi.

*O'lchash natijasi* — o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini o'lchash birligiga ko'paytmasi tariqasida ifodalanadi:

$$X = n [x],$$

bu yerda:  $X$  — o'lchanadigan kattalik;  $n$  — o'lchanayotgan kattalikning qabul qilingan o'lchov birligidagi son qiymati;  $[x]$  — o'lchov birligi.

O'lchash jarayonining avtomatlashtirilishi munosabati bilan o'lchash natijalari to'g'ridan to'g'ri elektron hisoblash mashinalariga yoki avtomatik boshqarish sistemalariga berilishi mumkin. Shuning uchun keyingi paytlarda, ayniqsa, texnika, kibernetika sohasida o'lchash haqidagi tushuncha quyidagicha ta'riflanadi.

*O'lchash — bu izlanayotgan kattalik haqidagi axborotni qabul qilish va o'zgartirish jarayonidir.* Bundan ko'zda tutilgan maqsad shu o'lchanayotgan kattalikni ishlatish, o'zgartirish, uzatish yoki qayta ishlash uchun qulay shakldagi ifodasini ishlab chiqishdir.

O'lchash fan va texnikaning qaysi sohasida ishlatilishiga qarab, u aniq nomi bilan yuritiladi: elektrik, mexanik, issiqlik, akustik va h. k.

Elektr o'lchashlar deganda hamma elektrik va magnit kattaliklarni, elektr zanjirlarining parametrlarini va har xil noelektrik kattaliklarni o'lchash tushuniladi.

Elektrik o'lchashlarning afzalliklariga quyidagilar kiradi: masofadan va markazlashtirilgan o'lchashlarni olib borish imkoniyatiga egaligi. Bundan tashqari elektrik o'lchashlar yordamida bir vaqtning o'zida har xil xarakterdagi kattaliklarni o'lchash mumkinligi, o'lchash apparaturasining kam inersionligi; o'lchashning juda keng chastota diapazonida olib borilishi; avtomatik rostlash va boshqarish sistemalaridagi ba'zi masalalarni kompleks ravishda yechishning qulayligi va nihoyat, o'lchash natijalarida avtomatik ravishda har xil matematik operatsiyalar o'tkazish imkoniyatining mavjudligidir.

## II. FIZIK KATTALIKLAR

Atrofimizdagi hayot uzluksiz tarzda kechadigan muayyan jarayonlar, voqealar, hodisalarga nihoyatda boy bo'lib, ularni aksariyat holda sezmaymiz yoki e'tiborga olmaymiz. Chetdan qaraganda ularning orasidagi bog'liqlik yoki uzluksizlik bilinmasligi ham mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar, xossalar, jarayonlar qanchalik ko'p va xilma-xil

bo'lmasin, ularda shunday umumiylik borki, bu umumiylik bir xilda tavsif bilan tushuntiriladi. Bu sifat va miqdor tavsiflari.

Sifat tavsifi olingan kattalikning mohiyatini, mazmunini ifodalaydigan tavsif hisoblanadi. Masalan, biror obyektning o'lchamlarini, uzun — qisqaligini, yuqori-pastligini, og'ir yoki yengil ekanligini tushunish mumkin. Mana shular kattalikning sifat tavsifi hisoblanadi.

Endi olingan obyektlarda biror-bir kattalikning ko'p yoki kam «mujassamlashtirilganligi» esa uning miqdor tavsifi bo'ladi.

Fizik kattalik bu sifat tomonidan ko'pgina fizik obyektlarga (fizik tizimlarga, ularning holatlariga va ularda o'tayotgan jarayonlarga) nisbatan umumiy, miqdor tomonidan esa har bir obyekt uchun xususiy bo'lgan xossa. Bu yerda miqdor tomonidan xususiylik deganda, biror obyektning xossasi ikkinchi obyektga nisbatan ma'lum darajada kattaroq yoki kichikroq deb tushunish kerak.

Fizik kattalikning o'lchami — ayrim obyekt, tizim, hodisa yoki jarayonga tegishli bo'lgan fizik kattalikning miqdoridir.

Fizik kattalikning qiymati deganda qabul qilingan birliklarning ma'lum bir soni bilan fizik kattalikning qiymatini baholash tushuniladi.

Fizik kattalikning chinakam (asli) qiymati — bu obyektga tegishli xossalarning sifat va miqdoriy tomonlarini to'la ifoda qiladigan fizik kattalikning qiymatidir.

Fizik kattalikning haqiqiy qiymati tajriba orqali topilib, qiymatga juda yaqin bo'lgan va uning o'rnida qo'llaniladigan fizik kattalikning qiymatidir.

Fizik kattalikning tizimi deganda o'zaro munosabatda bo'lgan kattalikning to'plami tushuniladi va u asosiy va hosilaviy fizik kattaliklarga bo'linadi. Asosiy fizik kattalik tizimga kiradigan va shart bo'yicha tizimning boshqa kattaliklariga nisbatan mustaqil ravishda qabul qilib olingan fizik kattalik. Masalan, uzunlik  $l$ , massa  $m$ , vaqt  $t$  — asosiy kattaliklardandir.

Hosilaviy fizik kattalik tizimga kiradigan va tizimning kattaliklari orqali ta'riflanadigan fizik kattalikdir.

Fizik kattalikning o'lchamliligi deb, kattalikning tizimdagi asosiy kattaliklar bilan bog'liqligini ko'rsatadigan va proporsional koeffitsienti 1 ga teng bo'lgan ifodaga aytiladi.

## 1. FIZIK KATTALIKNING BIRLIKLARI

Fizik kattalikning birligi — ta'rif bo'yicha son qiymati 1 ga barobar qilingan kattalik bo'lib, bu atama ko'paytiruvchi bo'lib, fizik kattalikning qiymatiga kiradigan birlik uchun ham ishlatiladi.

Qandaydir kattalikning birliklari o'z o'lchamlari bilan ajralishlari mumkin. Masalan, har xil o'lchamga ega bo'lgan uzunlik birliklari:  $1 \text{ fut} = 0,3048 \text{ m}$ ,  $1 \text{ dyuym} = 25,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ .

Fizik kattalikning asosiy, hosilaviy birligi, kogerent hosilaviy birligi, ulushiy birligi, karrali birligi ishlatiladi.

Fizik kattalikning asosiy birligi — bu birliklar tizimi tuzilganda ixtiyoriy ravishda tanlangan asosiy fizik kattalikning birligidir. Misol: metr, kilogramm, sekund, amper va h. k.

Berilgan birliklar tizimining birliklaridan tuzilgan, ta'riflovchi tenglama orqali keltirib chiqariluvchi hosilaviy birliklar bor. Misol:  $1 \text{ m/s}$  — tezlik birligi,  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$  — kuch birligi va h. k.

Tizimli yoki tizimdan tashqari bo'lgan birlikdan butun son marta kichikroq bo'lgan birlik — ulushiy birlik bo'ladi.

Tizimli yoki tizimdan tashqari bo'lgan birlikdan butun son marta kattaroq bo'lgan birlik karrali birlik hisoblanadi. Misol, kilometr ( $1000 \text{ m}$ ), kilovatt ( $10^3 \text{ W}$ ) va h. k.

## 2. XALQARO BIRLIKLAR TIZIMI

1960-yili o'lchov va og'irliklarning XI Bosh konferensiyasi Xalqaro birliklar tizimini qabul qilgan bo'lib, buni SI (SI—System International) xalqaro birliklar tizimi deb yuritiladi. Keyingi Bosh konferensiyalarda SI tizimiga bir qator o'zgartirishlar kiritilgan bo'lib, hozirgi holati va birliklarga qo'shimcha va ko'paytirgichlar haqidagi ma'lumotlar 1- va 2-jadvallarda keltirilgan.

## 3. BIRLIKLARNI VA O'LCHAMLARNI BELGILASH HAMDA YOZISH QOIDALARI

Kattaliklarning birliklarini belgilash va yozish borasida standartlar asosida me'yorlangan tartib va qoidalar mavjud.

*1-jadval*

T.r.	Kattalikning nomi	O'lchamligi	Birlikning nomi	Xalqaro belgilar	Ilova
1.	Uzunlik	L	metr	m	
2.	Massa	M	kilogramm	kg	
3.	Vaqt	T	sekund	s	

T.r.	Kattalikning nomi	O'lchamligi	Birlikning nomi	Xalqaro belgilar	Ilova
4.	Elektr tokining kuchi	I	Amper	A	
5.	Temperatura	$\theta$	Kelvin	K	
6.	Modda miqdori	V	mol	mol	
7.	Yorug'lik kuchi	J	kandela	cd	
8.	Yassi burchak	I	radian	rad	keyin
9.	Fazoviy burchak	I	steradian	sr	kiritilgan

2-jadval

## SI BIRLIKLARIGA KO'PAYTUVCHI VA QO'SHIMCHALAR

Ko'paytuvchi	Qo'shimcha				
	Nomi	Kelib chiqishi		Belgilanishi	
		Ma'nosi	Tili	Xalqaro	Ruscha
$1000000000000000000=10^{18}$	eksa	6 marta ming	grekcha	E	Э
$1000000000000000=10^{15}$	peta	5 marta ming	grekcha	P	П
$1000000000000=10^{12}$	tera	juda katta	grekcha	T	Т
$1000000000=10^9$	giga	gigant	grekcha	G	Г
$1000000=10^6$	mega	katta	grekcha	M	Б
$1000=10^3$	kilo	ming	grekcha	k	к
$100=10^2$	gekto	yuz	grekcha	h	г
$10=10^1$	deka	o'n	grekcha	da	да
$0,1=10^{-1}$	detsi	o'n	lotin	d	д
$0,01=10^{-2}$	santi	yuz	lotin	c	с
$0,001=10^{-3}$	milli	ming	lotin	m	м
$0,000001=10^{-6}$	mikro	kichik	grekcha		мк
$0,00000001=10^{-9}$	nano	karlik	lotin	n	н
$0,00000000001=10^{-12}$	piko	pikkolo (kich)	italyan.	p	п
$0,00000000000001=10^{-15}$	femto	o'n besh	daniya	f	ф
$0,0000000000000001=10^{-18}$	atto	o'n sakkiz	daniya	a	а

2. Birliklarni ifodalash uchun maxsus harflar yoki belgilardan foydalanish mumkin — A, W, % va h. k.

Birlikni ifodalovchi harf to'g'ri shrift bilan yoziladi. Qisqartirish maqsadida nuqtadan foydalanishga ruxsat etilmaydi.

3. Birlik belgisini kattalikning son qiymatidan keyin, u bilan bir qatorda, keyingisiga o'tkazmay ifodalanadi. Son qiymatning oxirgi raqami bilan belgini bir harf oralig'ida joy qoldirib yoziladi:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
100 kW	100kW
80 %	80%
20° C	20°C yoki 20°C

(Qatorning yuqorisida yoziladigan belgilar bundan mustasno)

25°	20°
-----	-----

4. O'nli kasr bilan son qiymati ifodalanganda:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
423,06 m	423 m, 06
5,758° yoki 5°45,48'	5°,758 yoki 5°45',48
5°45' 28,8"	5°45' 28",8

5. Qiymat oralig'i ko'rsatilayotganda:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
(100,0 + /- 0,1) kg	100.0 + /- 0,1 kg
50 mm + /- 1 mm	50 + /- 1 mm

6. Jadvallarning grafalarida va qator boshlarida umumiy tarzda birlik belgisini berish mumkin.

7. Formula bilan ifodalangan hollarda tushuntirish tarzida berish uchun:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
$v = 3,6 \text{ s/t}$	$v = 3,6 \text{ s/t km/s}$
bunda: $v$ — tezlik, km/s	bunda: $s$ — masofa, m
$s$ — masofa, m	$t$ — vaqt, s
$t$ — vaqt, s	

8. Belgilar ko'paytma shaklida ko'rsatilganda harfning o'rtta balandligida nuqta qo'yish mumkin:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
N · m	Nm
Pa · s	Pas

9. Kasrli ifodada birdan ortiq kasr chizig'ini ishlatib bo'lmaydi:

To'g'ri:	Noto'g'ri:
W/(ms)	W/m s

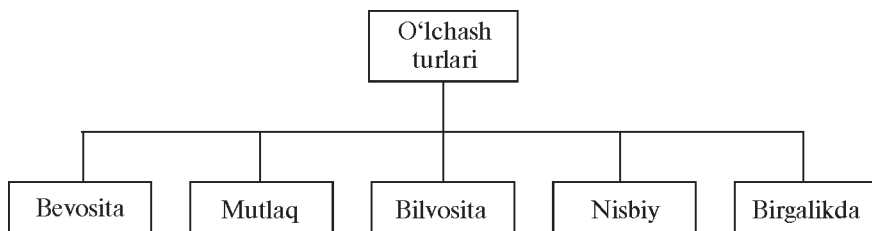
### III. ELEKTR O‘LCHASH USULLARI VA TURLARI

#### 1. BEVOSITA, BILVOSITA, BIRGALIKDA O‘LCHASH TURLARI

Umuman o‘lchash juda xilma-xil yo‘sinda o‘tkazilishi mumkin. Bu, albatta, o‘lchanadigan elektrik va noelektrik kattaliklarning ko‘pligiga, ularning vaqt bo‘yicha har xil xarakterda o‘zgarishiga, o‘lchash aniqligiga, qo‘yiladigan har xil talablarga va o‘lchash natijalarining har xil yo‘l bilan olinishiga bog‘liqdir.

Metodologik nuqtayi nazardan o‘lchash natijasi qanday usulda olinishiga qarab, o‘lchash quyidagi turlarga bo‘linadi:

1. Bevosita
2. Bilvosita
3. Birgalikda.



**Bevosita o‘lchash** — natija bevosita tajriba orqali olinsa, bunda bevosita o‘lchashni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$X = Y$$

bu yerda:  $X$  — o‘lchanadigan kattalik,  $Y$  — tajriba natijasi.

**Bilvosita o‘lchash.** Bunda natija bevosita o‘lchashlar asosida topiladi.

$$X = f(Y); \quad X = f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n).$$

**Birgalikda o‘lchash.** Izlanayotgan kattalik tenglamalar sistemasining yechimidan topilib, bunda tenglamaning parametrlari bevosita va bilvosita o‘lchashlar natijasida hisoblanadi:

$$F_1(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, X'_1, X'_2, X'_3, \dots) = 0;$$

$$F_2(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, X''_1, X''_2, X''_3, \dots) = 0;$$



$X_1, X_2, X_3$  — izlanayotgan kattaliklar,  
 $Y_1, Y_2, Y_3$  — bevosita oʻlchangan kattaliklar.

## 2. MUTLAQ VA NISBIY OʻLCHASHLAR

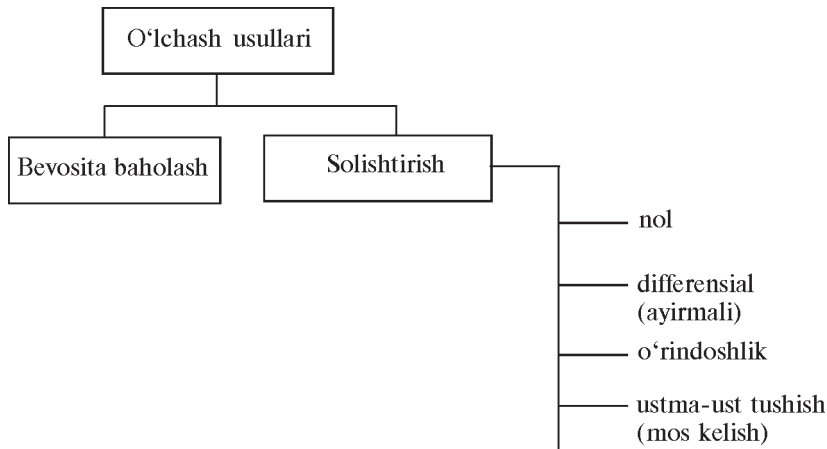
*Mutlaq oʻlchash* — bir yoki bir necha asosiy kattaliklarning bevosita oʻlchanishini va (yoki) fizik doimiyning qiymatlarini qoʻllash asosida oʻtkaziladigan oʻlchash.

*Nisbiy oʻlchash* — kattalik bilan birlik oʻrnida olingan nomdosh kattalikning nisbatini yoki asos qilib olingan kattalikka nisbatan nomdosh kattalikning oʻzgarishini oʻlchash.

## 3. OʻLCHASH USULLARI

Oʻlchash usullari deganda oʻlchash qonun-qoidalarini va oʻlchash vositalaridan foydalanib, kattalikni uning birligi bilan solishtirish usullarini tushunamiz.

*Oʻlchash usullari* oʻlchash eksperimentini oʻtkazish algoritmi va oʻlchash vositalarining yigʻilmasi bilan xarakterlanib, ikki usulga boʻlinadi: bevosita baholash usuli va solishtirish usuli.



*Bevosita baholash usuli* — bevosita oʻlchash asbobining kuzatish, sinash qurilmasi yordamida toʻgʻridan toʻgʻri oʻlchanayotgan kattalikning qiymatini topish. Masalan, prujinali manometr bilan bosimi oʻlchash yoki ampermetr yordamida tok kuchini topish.

*Oʻlchov bilan taqqoslash (solishtirish) usuli* — oʻlchanayotgan kattalikni oʻlchov orqali yaratilgan kattalik bilan taqqoslash (solish-

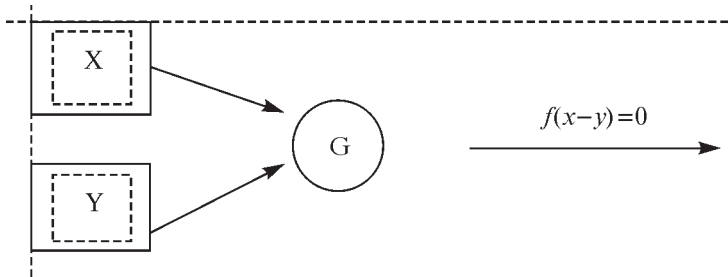
tirish) usuli. Masalan, tarozi toshi yordamida massani aniqlash. O'lchov bilan taqqoslash usulining bir nechta turlari mavjud:

*Ayirmali o'lchash (differensial) usuli* — o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning va o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasi (farqi)ning o'lchash asbobiga ta'sir qilish usuli. Misol qilib uzunlik o'lchovini qiyoslashda uni komparatorda namunaviy o'lchov bilan taqqoslab o'tkaziladigan o'lchashni keltirish mumkin. Yoki, voltmetr yordamida ikki kuchlanish orasidagi farqni o'lchash, bunda kuchlanishlardan biri juda yuqori aniqlikda ma'lum bo'lib, ikkinchisi esa izlanayotgan kattalik hisoblanadi:

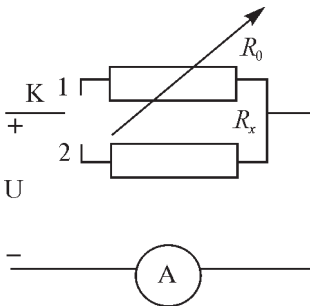
$$\Delta U = U_0 - U_x; \quad U_x = U_0 - \Delta U.$$

$U_x$  bilan  $U_0$  qancha yaqin bo'lsa, o'lchash natijasi ham shunchalik aniq bo'ladi.

*Nolga keltirish usuli* — bu ham o'lchov bilan taqqoslash usulining bir turi hisoblanadi. Bunda kattalikning taqqoslash asbobiga ta'siri natijasini nolga keltirish lozim bo'ladi. Masalan, elektr qarshiligini qarshiliklar ko'prigi bilan to'la muvozanatlashtirib o'lchash.



*O'rindoshlik usuli* — o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning o'lchov orqali yaratilgan ma'lum qiymatli kattalik bilan o'rin almashishiga asoslangan. Misol, o'lchanadigan massa bilan tarozi toshini bir pallaga galma-gal qo'yib o'lchash yoki qarshiliklar magazini yordamida tekshirilayotgan rezistorning qarshiligini topish.



Bunda «K» ni ikkala holatda (1, 2) qo‘yganda  $\alpha_1 = \alpha_2$  shart bajarilishi kerak:

$$\begin{aligned} I_1 &= U/R_0 \rightarrow \alpha_1, \\ I_2 &= U/R_x \rightarrow \alpha_2. \end{aligned}$$

*Mos kelish usuli* — o‘lchov bilan taqqoslash usulining turi. O‘lchanayotgan kattalik bilan o‘lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini shkaladagi belgilar yoki davriy signallarni mos keltirish orqali o‘tkaziladigan o‘lchash. Masalan, kalibr yordamida val diametrini moslash.

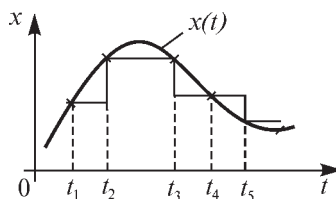
Har bir tanlangan usul o‘z uslubiyatiga, ya’ni o‘lchashni bajarish uslubiyatiga ega bo‘lishi lozim. O‘lchashni bajarish uslubiyati deganda, ma’lum usul bo‘yicha o‘lchash natijalarini olish uchun belgilangan tadbir, qoida va sharoitlar tushuniladi.

Bundan tashqari o‘lchanadigan kattalikning vaqt bo‘yicha o‘zgarish jarayoniga qarab o‘lchash quyidagicha turlanadi:

O‘lchash jarayonida vaqt bo‘yicha o‘zgarmaydigan kattalikni o‘lchash *statik* (bunga: turg‘un, ta’sir etuvchi, amplituda qiymatlarni o‘lchash misol bo‘ladi), vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan qiymatlarni o‘lchash esa *dinamik o‘lchash* deyiladi (masalan, aniq qiymatlarni o‘lchash).

Dinamik o‘lchashlarda o‘lchash vositasi o‘lchanadigan kattalikning uzluksiz o‘zgarishini qayd qila olsa, uni *uzluksiz o‘lchash* deyiladi.

Yuqorida ko‘rilgan usullardan tubdan farq qiluvchi **diskret o‘lchash usuli** ham mavjud, bunda vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi kattalikning hamma qiymati ( $0 \div t$ ) emas, balki ba’zi momentlarga tegishli qiymatigina ma’lum bo‘ladi.



#### IV. ELEKTR O‘LCHASH VOSITALARI, ULARNING TURLARI

Elektr o‘lchash vositalari deganda elektrik, magnit, noelektrik kattaliklarni o‘lchashda ishlatiladigan qurilmalar majmuiga aytiladi. Vazifalariga qarab ular quyidagilarga bo‘linadi: o‘lchovlar, etalonlar, o‘lchash o‘zgartkichlari, o‘lchash asboblari, o‘lchash qurilmalari va axborot o‘lchash tizimlari.

## 1. O'LCHOVLAR, ETALONLAR

Haqiqiy namuna o'lchov birligi, uning ulushli yoki karralisining qiymati **o'lchov** deb ataladi. O'lchovlar o'zgarimas va o'zgaruvchan qiymatli qilib ishlanadi. Masalan, qarshiligi  $0,1 \Omega$  bo'lgan g'altak o'zgarimas qiymatli o'lchovdir; har xil sig'imni olishga imkon beruvchi o'zgaruvchan sig'imli kondensator esa o'zgaruvchan o'lchovdir.

Fan va texnikaning eng yuqori saviyasida aniqlik bilan ishlangan namunaviy o'lchovlar **etalonlar** deb ataladi. Etalonlar ishlatiladigan namunaviy va davlat etalonlari sifatida ishlanadi. Davlat etalonlari namunaviy o'lchov va asboblarni tekshirishda, sinovdan o'tqazishda qo'llaniladi va Davlat standart idoralarida saqlanadi.

O'lchash o'zgartkichlari — ular yordamida o'lchanadigan kattalik, boshqa, keyingi o'lchash va o'zgartishlar uchun qulay bo'lgan shakldagi kattalikka o'zgartiriladiki, buni kuzatuvchi kuzatish, yozib olish imkoniga ega bo'lmaydi:

$$Y = f(X_{\text{kir}}). \quad \frac{X_{\text{kir}}}{\boxed{\text{O'O'}}} \frac{Y_{\text{chiq}}}{\text{O'O'}}$$

Ba'zida O'O' kirishiga bir qancha  $X_1, X_2, \dots, X_n$  kattaliklar kiritiladi va  $Y$  quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

O'lchanadigan kattalikning xarakteriga qarab, o'lchash o'zgartkichlari quyidagilarga bo'linadi:

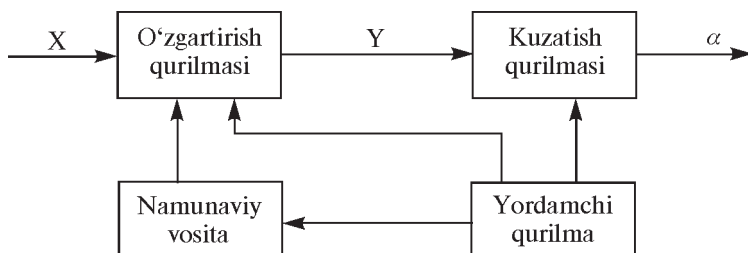
1. Elektrik kattaliklarni yana elektrik kattaliklarga o'zgartiruvchi o'zgartkichlari:  $E \rightarrow E$ ;
2. Noelektrik kattaliklarni elektrik kattaliklarga o'zgartiruvchi o'zgartkichlar:  $NE \rightarrow E$ ;
3. Elektrik kattaliklarni noelektrik kattaliklarga o'zgartiruvchi o'zgartkichlar:  $E \rightarrow NE$ , ya'ni turli tizimdagi o'lchash mexanizmlari:

$$X, Y \in (E, NE).$$

Ba'zi o'lchash o'zgartkichlari datchiklar deb ham yuritiladi. **Datchik** — qabul qiluvchi organ bo'lib, u bitta yoki bir nechta o'lchash o'zgartkichlarining konstruktiv yig'ilmasidan tashkil topishi mumkin.

## 2. O'LCHASH ASBOBLARI

O'lchash asbobi yordamida o'lchanadigan kattalik kuzatuvchi uchun qulay bo'lgan shakldagi kattalikka, signalga o'zgartiriladi. Umumlashgan struktura sxemasini quyidagicha ko'rsatish mumkin:



**O'zgartirish qurilmasi** — bu bir yoki bir necha o'lchash o'zgartirichlaridan tashkil topib, o'lchanadigan  $X$  kattalikni kuzatish qurilmasining xarakteristikalariga mos bo'lgan  $Y$  signaliga o'zgartiradi. Bunday qurilmalarga masshtabli, funksional O'O' lar kiradi.

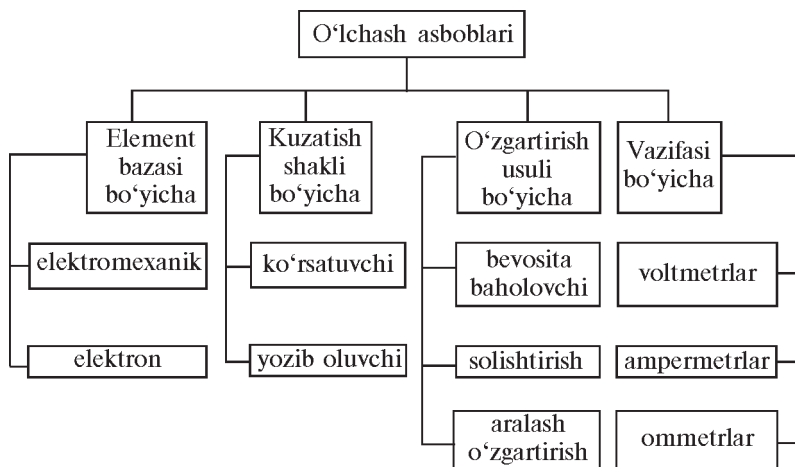
**Kuzatish qurilmasi** —  $Y$  signalni kuzatish uchun qulay  $\alpha$  shaklga o'zgartiradi. Kuzatish qurilmasi har xil: mexanik, optik, elektron va boshqacha bo'lishi mumkin.

**Namunaviy vosita** — o'lchash asboblari foydalanish sharoitida kalibratsiya uchun xizmat qiladi. Masalan: avtomatik potentsiometrlarda normal element, ossillograflarda belgilash generatorlari.

**Yordamchi qurilma** — o'zgartirish va kuzatish qurilmasining normal ishlashini ta'minlaydi. Masalan: ta'minlash bloki, yorituvchi yoki boshqa qismlar.

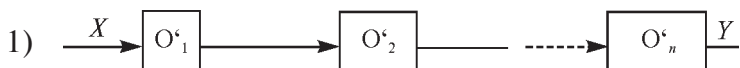
O'lchash asboblari o'zgartirish va kuzatish qurilmalari eng asosiy qismlar hisoblanadi, namunaviy vosita yoki yordamchi qurilmalar esa — ikkinchi darajali hisoblanadi.

### 3. ELEKTR O'LCHASH ASBOBLARI (EO'A)NING TASNIFI



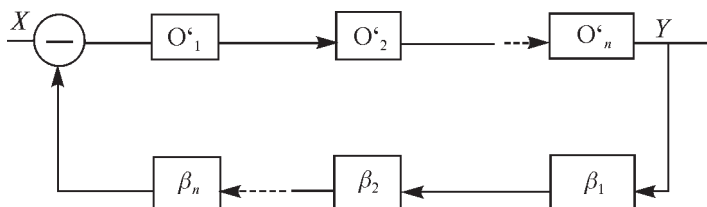
Bundan tashqari EO'A yana bir qator xususiyatlari, belgilariga ko'ra tasniflanadi. Masalan: aniqlik sinfi bo'yicha, ishlatish sharoitiga qarab va boshqalar.

O'lchanadigan kattalik  $X$  ni  $Y$  ga to'g'ridan to'g'ri o'zgartirish bo'yicha ishlaydigan asboblarning tuzilish sxemasi quyidagicha bo'ladi:

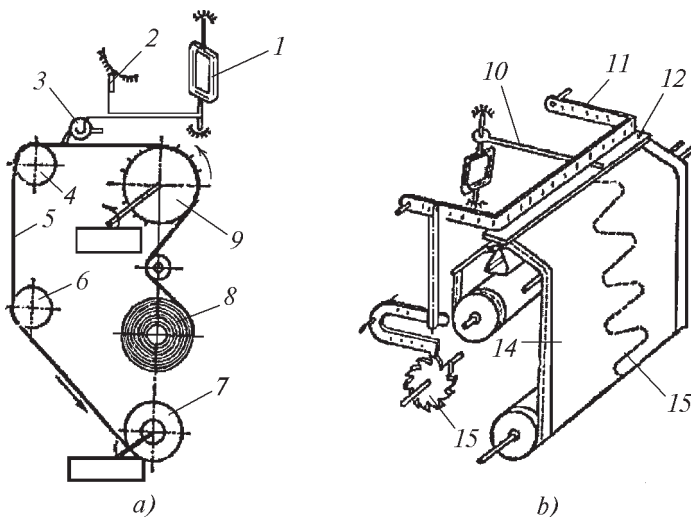


O'lchanadigan  $X$  kattaligi kompensatsion o'zgartirish bo'yicha  $Y$  ga o'zgartirilganda tuzilish sxemasi quyidagicha bo'ladi:

2) To'g'ridan to'g'ri o'zgartirish zanjiri



Teskari bog'lanish zanjiri



4.1-rasm. O'ziyozar asboblari:

$a$  — uzluksiz yozuvli o'ziyozar asbob;  $b$  — nuqtali o'ziyozar asbob.

Bulardan tashqari shunday asboblarning borki, ular yordamida bir nechta kattalikni o'lchash mumkin yoki ham o'zgarimas, ham o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlaydigan asboblarning bor, ularga *universal asboblarning* deyiladi.

O'lchanadigan kattalikni uzluksiz o'lchovchi yoki qayd qiluvchi (yozib oluvchi) asboblarning *uzluksiz ta'sirdagi* yoki *analog asboblarning* deyiladi.

Agar asbob yordamida o'lchash ba'zi vaqt oralig'idagina olib borilsa, bunday asboblarning *diskret asboblarning* deyiladi.

#### **4. KOMPLEKT O'LCHASH QURILMALARI**

Ular yuqorida aytilgan o'lchash vositalari (o'lchov, o'lchash o'zgartkichlari, o'lchash asboblari, yordamchi qurilmalar)dan iborat bo'lib, o'lchashni ratsional tashkil qilish uchun xizmat qiladi. Ko'pincha ular elektr o'lchash asboblarni sinovdan o'tkazishda, tekshirishda, kuzatishda, o'lchash xatoligini oldindan baholashda ishlatiladi.

Axborot o'lchash sistemalari (AO'S) maxsus aloqa kanallari orqali ulangan o'lchash vositalari, yordamchi qurilmalar majmuyidan iborat bo'lib, avtomatik ravishda bir vaqtning o'zida bir nechta o'lchash axborotini yig'ish, tanlash, o'lchash, qayta ishlash va ularni kuzatuvchi yoki hisoblash mashinasi uchun qulay shaklga keltirish uchun xizmat qiladi. Aloqa kanali, odatda, axborotni obyektidan (axborot manbayidan) priyomnikka (adresatga) uzatadi.

Axborot-o'lchash sistemalari qandaydir bir obyekt hududida ishlatilishi mumkin yoki o'lchash axborotini obyektidan qabul qiluvchi punktga aloqa kanali (havo, kabel, radiokanal) orqali uzatishi mumkin. Bunday holda axborotli o'lchash sistemasi teleo'lchash sistemasi deb yuritiladi.

### **V. ELEKTR O'LCHASH VOSITALARINING ASOSIY METROLOGIK XUSUSIYATLARI**

#### **1. O'LCHASH ASBOBLARINING METROLOGIK TAVSIFLARI**

Har qanday o'lchash asbobini tanlashda eng avvalo uning metrologik xarakteristikalariga e'tibor berishimiz lozim bo'ladi.

## 2. O'ZGARTIRISH FUNKSIYASI

Buni analogli o'lchash asboblari shkala tenglamasidan ham bilishimiz mumkin. Tanlanayotgan asbobda o'zgartirish funksiyasi chiziqli bo'lishi qaydnomalarni olishni osonlashtiradi, subyektiv xatoliklarni esa kamaytiradi.

## 3. ANIQLIK SINFLARI

Odatda, o'lchash asbobida olinadigan natijaga kiritiluvchi xatolikni oldindan belgilash uchun xatolikning me'yorlangan qiymatidan foydalaniladi. Xatolikning me'yorlangan qiymati deganda, berilgan o'lchash vositasiga tegishli bo'lgan xatolikni tushunamiz. Alohida olingan o'lchash vositasining xatoligi har xil, muntazam va tasodifiy xatoliklarning ulushi esa turlicha bo'lishi mumkin. Ammo yaxlit olib qaralganda o'lchash vositasining umumiy xatoligi me'yorlangan qiymatdan ortib ketmasligi kerak. Har bir o'lchash asbobi xatoliklarining chegarasi va ta'sir etuvchi koeffitsientlar haqidagi ma'lumotlar asbobning pasportida keltirilgan bo'ladi.

O'lchash asboblari ko'pincha yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan xatoligi bo'yicha sinflarga bo'linadi. Masalan: elektromexanik turdagi ko'rsatuvchi asboblarda standart bo'yicha quyidagi aniqliklar ishlatiladi:

$$\delta_{a,k} \in \{0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4\}.$$

Odatda, asboblarning aniqlik sinflari asbobning shkalasida beriladi va ularning keltirilgan xatoligini bildirib, quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$\delta_{a,s} = \beta_{k \max} \geq \beta_k, \quad \delta_{a,s} = \beta_{k \max} \geq \beta_k = \Delta\alpha_{x \max}.$$

Agar o'lchash asbobining shkalasidagi aniqlik sinfi aylana bilan chegaralangan bo'lsa, masalan 1,5, u holda bu asbob sezgirligining xatoligi 1,5% ga tengligini bildiradi.

Agar o'lchash asbobining aniqlik sinfi chiziqchasiz bo'lsa, u holda aniqlik sinfi raqami keltirilgan xatolikning qiymatini bildiradi. Lekin bir narsani unutmaslik lozim, agar asbob, masalan, ampermetr keltirilgan xatolik bo'yicha 0,5 sinf aniqligiga ega bo'lsa, uning barcha o'lchash diapazoni oralig'idagi xatoliklari  $\pm 0,5\%$  dan ortmaydi deyish



xato bo‘ladi. Chunki, bu turdagi asboblarda shkalaning boshlanishi-ga yaqinlashgan sari o‘lchash xatoligi ortib boraveradi. Shu sababdan bunday asboblarda shkalaning boshlang‘ich bo‘laklarida o‘lchash tavsiya etilmaydi.

Agar asbobning shkalasida aniqlik sinfi yonbosh kasr chizig‘i bilan berilgan bo‘lsa, masalan, 0,02/0,01, u holda asbob shkalasining oxiridagi xatoligi  $\pm 0,02\%$ , shkalaning boshida esa  $\pm 0,01\%$  ekanligini bildiradi.

*Sezgirliigi.* Umuman sezgirlik — bu o‘lchash vositasining tashqi signalga nisbatan ta’sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda sezgirlik o‘lchash vositasi chiqish signali orttirmasining kirish signali orttirmasiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \Delta Y / \Delta X \approx \Delta Y / \Delta X.$$

Bevosita ko‘rsatuvchi asboblarda uchun sezgirlik asbob qo‘zg‘aluvchan qismining og‘ish burchagining o‘lchanadigan kattalik bo‘yicha birinchi hosilasi bo‘lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$S = d\alpha / dx,$$

bu yerda:  $d\alpha$  — asbob qo‘zg‘aluvchan qismining og‘ish burchagi.

*Sezgirlik ostonasi* — bu o‘lchanadigan kattalikning shunday eng kichik (boshlang‘ich) qiymatiki, u o‘lchash asbobining chiqish signalining sezilarli o‘zgarishiga olib keladi:

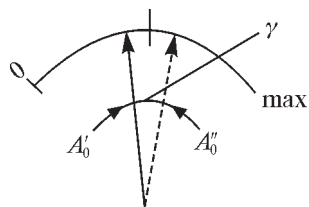
$$S = X_{\min} / X_{\text{nom}} \cdot 100\%,$$

bu yerda:  $X_{\min}$  — o‘lchanadigan kattalikning eng kichik (boshlang‘ich) qiymati.

*Asbob ko‘rsatishining variatsiyasi* — o‘lchanayotgan kattalikning biror qiymatini, o‘lchash sharoitini o‘zgartirmagan holda, takror o‘lchaganda hosil bo‘ladigan eng katta farqdir va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = (A_0' - A_0'') / A_{\text{xmax}} \cdot 100\%.$$

$A_0'$ ,  $A_0''$  — o‘lchanayotgan kattalikning (namunaviy asbob yordamida) takror o‘lchashdagi qiymatlari. Variatsiya asosan qo‘zg‘aluvchan qismi tayanchga o‘rnatilgan asboblarda ishqlanish hisobiga kelib chiqadi.



**Asbobning o'lchash xatoligi.** Bu xatolik sifatida mutlaq xatolik, nisbiy xatolik yoki keltirilgan xatolik berilgan bo'lishi mumkin. Bu xatoliklar xususida keyingi mavzularda yetarli ma'lumotlar berilgan.

**O'lchash diapazoni.** Bu asosan ko'p diapazonli asboblarga tegishli. Aksariyat hollarda asbobning har bir o'lchash diapazoniga taalluqli xatoliklari ham beriladi.

**Xususiy energiya sarfi.** Bu tavsif ham muhim hisoblanib, asbobning o'lchash zanjiriga ulanganidan so'ng kiritilishi mumkin bo'lgan xatoliklarini baholashda ahamiyatli sanaladi. Ayniqsa, kichik quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda bu juda muhimdir.

Xususiy energiya sarfi o'lchash asbobining tizimiga va konstruktiv ishlanishiga bog'liq bo'lib, ayniqsa, kichik quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda juda muhimdir.

**Ishonchliligi (chidamliligi)** — o'lchash vositasining ma'lum o'lchash sharoitida, belgilangan vaqt mobaynida o'z metrologik xususiyatlarini (ko'rsatkichlarini) saqlashidir. Bu ko'rsatkichlarning chegaradan chiqib ketishi asbobning layoqatligi pasayib ketganligidan dalolat beradi. O'lchash asbobining ishonchliligi, odatda, buzilmasdan ishlash ehtimolligi bilan baholanadi va taxminan quyidagicha topiladi:

$$\tau = n/n_{\text{um}},$$

bu yerda:  $n$  — ishonchlilikka sinalgan asboblar soni;  $n_{\text{um}}$  — umumiy (ko'p seriyali) ishlab chiqarilgan asboblar soni.

## VI. O'LCHASH XATOLIKLARI

### 1. O'LCHASHLARNING SIFAT MEZONLARI

Har bir narsaning sifati bo'lgani kabi o'lchashlarning ham sifati va mezonlari mavjud. Bu mezonlar o'lchashlardagi asosiy tavsiflarni ifodalaydi. Bu mezonlar qatoriga quyidagilar kiritilgan:

**Aniqlik** — bu mezon o'lchash natijalarining kattalikning chinakam qiymatiga yaqinlashishini ifodalaydi. Miqdor jihatdan aniqlik nisbiy xatolik moduliga teskari tarzda baholanadi. Masalan, agar o'lchash xatoligi  $10^\circ$  bo'lsa, uning aniqligi  $10^3$  bo'ladi yoki boshqacha aytganda, qanchalik aniqlik yuqori darajada bo'lsa, o'lchash natijasidagi muntazam va tasodifiy xatoliklar ulushi shunchalik kam bo'ladi.

*Ishonchlilik* — o‘lchash natijalariga ishonch darajasini belgilovchi mezon hisoblanadi. O‘lchash natijalariga nisbatan ishonchlilikni ehtimollar nazariyasi va matematik statistika qonunlari asosida aniqlanadi. Bu esa konkret holat uchun xatoligi berilgan chegaralarda talab etilgan ishonchlilikdagi natijalarni olishni ta‘minlovchi o‘lchash usuli va vositalarini tekshirish imkonini beradi.

*To‘g‘rilik* — o‘lchash natijalaridagi muntazam xatoliklarning nolga yaqinligini bildiruvchi sifat mezoni.

*Mos keluvchanligi* — bir xil sharoitlardagi o‘lchash natijalarining bir-biriga yaqinligini bildiruvchi sifat mezoni. Odatda, o‘lchashlarning mos keluvchanligi tasodifiy xatoliklarning ta‘sirini ifodalaydi.

*Qaytaruvchanlik* — ushbu mezon har xil sharoitlarda (turli vaqtda, har xil joylarda, turli usullarda va vositalarda) bajarilgan o‘lchashlarning natijalari bir-biriga yaqinligini bildiradi.

*O‘lchash xatoligi* — o‘lchash natijasining chinakam (haqiqiy) qiymatdan chetlashuvini (og‘ishini) ifodalovchi o‘lchashning sifat mezoni.

## **2. O‘LCHASH XATOLIKLARI**

O‘lchash xatoliklari turli sabablarga ko‘ra turlicha ko‘rinishda namoyon bo‘lishi mumkin. Bu sabablar qatoriga quyidagilarni kiritishimiz mumkin:

— o‘lchash vositasidan foydalanishda uni sozlashdan yoki sozlash darajasining siljishidan kelib chiquvchi sabablar;

— o‘lchash obyektini o‘lchash joyiga (pozitsiyasiga) o‘rnatishdan kelib chiquvchi sabablar;

— o‘lchash vositalarining zanjirida o‘lchash ma‘lumotini olish, saqlash, o‘zgartirish va tavsiya etish bilan bog‘liq sabablar;

— o‘lchash vositasi va obyektiga nisbatan tashqi ta‘sirler (temperatura yoki bosimning o‘zgarishi, elektr va magnit maydonlarining ta‘siri, turli tebranishlar va h.k.lar)dan kelib chiquvchi sabablar;

— o‘lchash obyektining xususiyatlaridan kelib chiquvchi sabablar;

— operatorning malakasi va holatiga bog‘liq sabablar va shu kabilar.

O‘lchash xatoliklarining kelib chiqish sabablarini tahlil qilishda eng avvalo o‘lchash natijasiga salmoqli ta‘sir etuvchilarini aniqlash lozim bo‘ladi.

### 3. O'LCHASH XATOLIKLARINING TABAQALANISHI

O'lchash xatoliklari u yoki bu xususiyatiga ko'ra quyida keltirilgan turlarga bo'linadi:

I. Ifodalanishiga ko'ra:

*Absolut (mutlaq) xatolik.* Bu xatolik kattalik qanday birliklarda ifodalanayotgan bo'lsa, shu birlikda tavsiflanadi. Masalan, 0,2 V; 15 mkm va h. k. Mutlaq xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = A - X_{\text{ch}} = A - X_{\text{h}},$$

bu yerda:  $A$  — o'lchash natijasi;  $X_{\text{ch}}$  — kattalikning chinakam qiymati;  $X_{\text{h}}$  — kattalikning haqiqiy qiymati.

Absolut xatolikning teskari ishora bilan olingani tuzatma  $\delta$  deb ataladi:

$$\delta = -\Delta.$$

Odatda, o'lchash asboblarning xatoligi keltirilgan xatolik bilan belgilanadi.

Absolut xatolikning asbob ko'rsatishining eng maksimal qiymatiga nisbatini foizlarda olinganiga keltirilgan xatolik deb ataladi:

$$\beta = \Delta/A_{x \text{ max}} \cdot 100\%,$$

bu faqat o'lchash asboblari uchun qo'llaniladi.

**Nisbiy xatolik** — absolut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbatini bildiradi va foiz (%)da ifodalanadi:

$$\delta = [(A - X_{\text{h}})/X_{\text{h}}] \cdot 100 = (\Delta/X_{\text{h}}) \cdot 100\%.$$

II. O'lchash sharoiti tartiblariga ko'ra:

*Statik xatoliklar* — vaqt mobaynida kattalikning o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan xatoliklar. O'lchash vositalarining statik xatoligi shu vosita bilan o'zgarimas kattalikni o'lchashda hosil bo'ladi. Agar o'lchash vositasining pasportida statik sharoitlardagi o'lchashning chegaraviy xatoliklari ko'rsatilgan bo'lsa, u holda bu ma'lumotlar dinamik sharoitlardagi aniqlikni tavsiflashga nisbatan tatbiq etila olmaydi.

*Dinamik xatoliklar* — o'lchanayotgan kattalikning vaqt mobaynida o'zgarishiga bog'liq bo'lgan xatoliklar sanaladi. Dinamik xatoliklarning vujudga kelishi o'lchash vositalarining o'lchash zanjiridagi tarkibiy elementlarning inersiyasi tufayli deb izohlanadi. Bunda o'lchash

zanjiridagi o'zgarishlar oniy tarzda emas, balki muayyan vaqt davomida amalga oshirilishi asosiy sabab bo'ladi.

### III. Kelib chiqishi sababi (sharoiti)ga ko'ra:

Asosiy va qo'shimcha xatoliklarga bo'linadi.

Normal (graduirovka) sharoitda ishlatiladigan asboblarda hosil bo'ladigani asosiy xatolik deyiladi. Normal sharoit deganda temperatura  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , havo namligi  $65\% \pm 15\%$ , atmosfera bosimi  $(750 \pm 30)$  mm Hg, ta'minlash kuchlanishi nominalidan  $\pm 2\%$  o'zgarishi mumkin va boshqalar.

Agar asbob shu sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik *qo'shimcha xatolik* deyiladi.

### IV. Mohiyati, tavsiflari va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra:

- 1) muntazam xatoliklar;
- 2) tasodifiy xatoliklar;
- 3) qo'pol xatoliklar yoki yanglishuv.

*Muntazam xatolik* deb, umumiy xatolikning takroriy o'lchashlar mobaynida muayyan qonuniyat asosida hosil bo'ladigan, saqlanadigan yoki o'zgaradigan tashkil etuvchisiga aytiladi.

Umumiy xatolikni quyidagicha tasvirlashimiz mumkin (6.1-rasm):

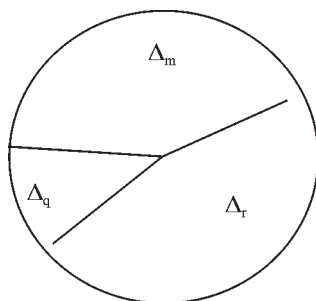
Muntazam xatoliklarning kelib chiqish sabablari turli-tuman bo'lib, tahlil va tekshiruv asosida ularni aniqlash va qisman yoki butkul bartaraf etish mumkin bo'ladi. Muntazam xatoliklarning asosiy guruhlari quyidagilar hisoblanadi:

- uslubiy xatoliklar;
- asbob (qurilma) xatoliklar;
- subyektiv xatoliklar.

O'lchash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida *uslubiy xatolik* kelib chiqadi.

O'lchash vositalarining konstruktiv kamchiliklari tufayli kelib chiqadigan xatolik *asbob xatoligi* deb ataladi. Masalan: asbob shkalasining noto'g'ri darajalanishi, qo'zg'aluvchan qismining noto'g'ri mahkamlanishi va hokazolar.

*Subyektiv xatolik* — kuzatuvchining aybi bilan kelib chiqadigan xatolikdir.



6.1-rasm.

#### **4. MUNTAZAM XATOLIKLARNI KAMAYTIRISH USULLARI**

Umuman, muntazam xatolikni yo‘qotish yo‘li aniq ishlab chiqilmagan. Lekin, shunga qaramay, muntazam xatolikni kamaytirishning ba’zi bir usullari mavjud.

1. Xatoliklar chegarasini nazariy jihatdan baholash, bu uslub o‘lchash uslubini, o‘lchash vositalarining xarakteristikalarini, o‘lchash tenglamasini va o‘lchash sharoitlarini tahlil qilishga asoslanadi. Masalan, o‘lchash asbobining parametrlari yoki tekshirilayotgan zanjirning ish rejimini bilgan holda biz uning tuzatmasini (xatoligini) topishimiz mumkin. Xatolik, bunda asbobniig iste‘mol qiluvchi quvvatidan, o‘lchanayotgan kuchlanishning chastotasi oshishidan hosil bo‘lishi mumkin.

2. Xatolikni o‘lchash natijalari bo‘yicha baholash. Bunda o‘lchash natijalari har xil prinsipdagi usul va o‘lchash apparaturasidan (vositalaridan) olinadi. O‘lchash natijalari orasidagi farq — muntazam xatolikni xarakterlaydi. Bu uslub yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarda ishlatiladi.

3. Har xil xarakteristikaga ega bo‘lgan, lekin bir xil fizik prinsipda ishlaydigan apparatura yordamida o‘lchash usuli. Bunda o‘lchash ko‘p marotaba takrorlanib, o‘lchash natijalari muntazam statistika usuli yordamida ham ishlanadi.

4. O‘lchash apparaturasini ishlatishdan oldin sinovdan o‘tkazish. Bu usul ham aniq o‘lchashlarda ishlatiladi.

5. Muntazam xatoliklarni keltirib chiqaruvchi sabablarni yo‘qotish yo‘li. Masalan, tashqi muhit temperaturasi o‘zgarmas qilib saqlansa, o‘lchash vositasini tashqi maydon ta‘siridan himoyalash maqsadida ekranlashtirilsa, manba kuchlanishi turg‘unlashtirilsa (stabillashtirilsa) va h. k.

6. Muntazam xatolikni yo‘qotishning maxsus usulini qo‘llash: o‘rin almashtirish (o‘rindoshlik), differensial usuli, simmetrik kuzatishlardagi xatoliklarni kompensatsiyalash usuli.

#### **5. TASODIFIY XATOLIKLAR VA ULARNING TAQSIMLANISHI**

Tasodifiy xatolik biror fizik kattalikni takror o‘lchaganda hosil bo‘ladigan, o‘zgaruvchan, ya’ni ma’lum qonuniyatga bo‘ysinmagan holda kelib chiqadigan xatolikdir. Bu xatolik ayni paytda nima sababga

ko'ra kelib chiqqanligi noaniqligicha qoladi, shuning uchun ham uni yo'qotish mumkin emas. Haqiqatda o'lchash natijasida tasodifiy xatolikni mavjudligi takror o'lchashlar natijasida ko'rinadi va uni hisobga olish, o'lchash natijasiga uning ta'siri (yoki o'lchash aniqligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

Bevosita o'lchashlar natijasining xatoliklarini baholashda quyidagi funksiyadan foydalaniladi:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

bu yerda:  $f$  — aniq funksiyadir,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — bevosita o'lchash natijasi.

Xatolikni baholash uchun esa xatolikning taxminiy formulasidan foydalaniladi.

Absolut (mutlaq) xatolikning maksimal qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right|_{x_i=x_0} \cdot \Delta x_i.$$

Xatolikning nisbiy qiymati esa quyidagi formuladan topiladi:

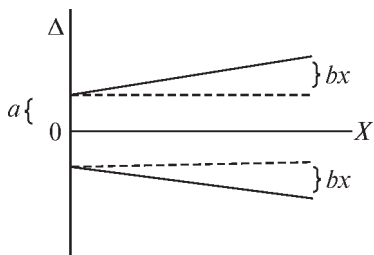
$$\Delta y = \frac{\Delta y}{y} = \sum_{i=1}^m \left| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right|_{x_i=x_m} \cdot \frac{x_i}{y} \cdot \delta_x$$

Tasodifiy xatolik esa (uning dispersiyasi) quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_{x_i=x_m}^2 \cdot \sigma_i^2.$$

O'lchash vositalarining aniqligini, qanchalik aniq o'lchashini baholash uchun o'lchash vositalarining aniqlik sinfi degan tushuncha kiritilgan. *Aniqlik sinfi* — bu o'lchash vositalarining shunday umumlashgan xarakteristikasi bo'lib, ularning yo'l qo'yishi mumkin bo'lgan asosiy va qo'shimcha xatoliklari chegarasi (doirasi) bilan aniqlanadi. Demak, aniqlik sinfi o'lchash vositasining aniqlik ko'rsatkichi emas, balki uning xususiyatlari bilan belgilanadi.

O'lchash vositalarining absolut xatoligi o'lchanadigan kattalikning o'zgarishiga bog'liq, shuning uchun ham absolut xatolik ifodasi ikki tashkil etuvchidan iborat deb qaraladi. Masalan, absolut xatolikning maksimal qiymati quyidagicha ifodalanadi:  $|\Delta|_{\max} = |a| + |bx|$ .



Xatolikning birinchi tashkil etuvchisi o‘lchanadigan kattalikning qiymatiga bog‘liq bo‘lmaydi va u *additiv xatolik* deyiladi. Ikkinchi tashkil etuvchisi esa o‘lchanadigan kattalikning qiymatiga (o‘zgarishiga) bog‘liq bo‘lib, *multiplikativ xatolik* deb ataladi:

## 6. O‘LCHASH ANIQLIGINING EHTIMOLIY BAHOLANISHI

O‘lchash natijalarini qayta ishlash usullarini o‘rganishdan maqsad, o‘lchash natijasining o‘lchanadigan kattalikning asl (chinakam) qiymatiga qanchalik yaqin ekanligini aniqlash yoki uning haqiqiy qiymatini topish, o‘lchashda vujudga keladigan xatolikning o‘zgarish harakterini aniqlash va o‘lchash aniqligini baholashdir.

Bir narsaga alohida ahamiyat berishingizni so‘raymiz. Yuqorida oldingi mavzularda aytilganidek, muntazam xatoliklarni chuqur tahlil asosida aniqlashimiz va maxsus choralarni ko‘rib, so‘ngra ularni bartaraf etishimiz yoki kamaytirishimiz mumkin ekan. Tasodifiy xatoliklarda esa bu jumla o‘rinli emas. Bu turdagi xatoliklarni faqat baholashimiz mumkin.

Har qanday fizik kattalik o‘lchanganda, uning taxminiy qiymati aniqlanadi, bu qiymatni esa tasodifiy kattalik deb hisoblanadi va u ikki tashkil etuvchidan iborat bo‘ladi. Birinchi tashkil etuvchisi takror o‘lchashlarda o‘zgarmaydigan yoki ma‘lum qonun bo‘yicha o‘zgaradigan (ko‘payuvchi yoki kamayuvchi) bo‘lib, uni *muntazam xatolik* deyiladi, bu tashkil etuvchini — matematik kutilish deb yuritish mumkin. Ikkinchi tashkil etuvchisi esa *tasodifiy xatolik* bo‘ladi.

Agar o‘lchashda vujudga keladigan xatolik normal qonun bo‘yicha (Gauss qonuni) taqsimlanadi desak, u holda uni matematik tarzda quyidagicha yozish mumkin:

$$y(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}.$$

Bu yerda:  $y(\delta)$  — tasodifiy xatolikning o‘zgarish ehtimoli;  $\sigma$  — o‘rtacha kvadratik xatolik;  $\delta$  — tuzatma yoki  $\delta = \bar{x} - x_i$ ,  $x_i$  — alohida



o'lashlar natijasi,  $\bar{x}$  esa o'lchanadigan kattalikning ehtimoliy qiymati yoki uning o'rtacha arifmetik qiymati.

O'lchanadigan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati quyidagicha topiladi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}.$$

Bu yerda:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — alohida o'lashlar natijasi;  $n$  — o'lashlar soni.  $\sigma$  o'rtacha kvadratik xatolik quyidagicha topiladi:

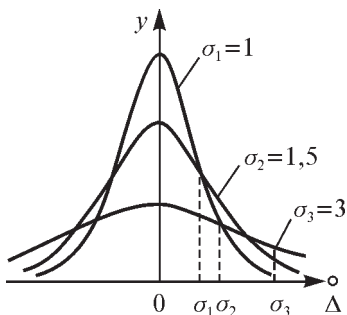
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}.$$

6.2-rasmda o'rtacha kvadratik xatoliklarning har xil qiymatlarida xatolikning o'zgarish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, o'rtacha kvadratik xatolik qanchalik kam bo'lsa, xatolikning kichik qiymatlari shunchalik ko'p uchraydi. Demak, o'lash shunchalik yuqori aniqlikda olib borilgan hisoblanadi.

O'lhash aniqligi ehtimollik nazariyasi pozitsiyasiga asoslanib baholanadi; ya'ni ishonchli interval va uni xarakterlovchi ishonchli ehtimollik qabul qilinadi.

Odatda, ishonchli interval ham, ishonchli ehtimollik ham konkret o'lhashlar sharoitiga qarab tanlanadi. Masalan, tasodifiy xatolikning normal qonun bo'yicha taqsimlanishida (o'zgarishida) ishonchli interval  $+3\sigma \div -3\sigma$  gacha, ishonchli ehtimollik esa 0,9973 qabul qilinishi mumkin. Bu 370 tasodifiy xatolikdan bittasi o'zining absolut qiymati bo'yicha  $3\sigma$  dan katta bo'ladi va uni qo'pol xatolik deb hisoblab, o'lhash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi degan so'zdir.

O'lhash natijasining aniqligini baholashda ehtimoliy xatolikdan foydalaniladi. Ehtimoliy xatolik esa shunday xatolikka, unga nisbatan qandaydir kattalikni qayta o'lchaganda tasodifiy xatolikning bir qismi absolut qiymati



6.2-rasm.

bo'yicha ehtimoliy xatolikdan ko'p, ikkinchi qismi esa undan shuncha kam bo'ladi. Bundan ehtimoliy xatolik ishonchli intervalga teng bo'lib, ishonchli ehtimollik  $R = 0,5$  bo'lishi kelib chiqadi.

Tasodifiy xatolik normal qonun bo'yicha taqsimlanganda ehtimoliy xatolik quyidagicha topilishi mumkin:

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \sigma_n = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}},$$

bu yerda:  $\sigma_n = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  o'rtacha arifmetik qiymat bo'yicha kvadratik xatolikdir. Ehtimoliy xatolik bu usulda, ko'pincha o'lchashni bir necha o'n, hattoki yuz marotaba takrorlash imkoniyati bo'lgandagina aniqlanadi. Ba'zida o'lchashni juda ko'p marotaba takrorlash imkoniyati bo'lmaydi, bunday holda; ehtimoliy xatolik Student koef-fitsienti yordamida aniqlanadi. Bunda koeffitsient o'lchashlar soni va qabul qilingan ishonchli ehtimollik qiymati bo'yicha maxsus jad-val (1-jadval)dan olinadi. Bu holda o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblab topiladi:

$$x = \bar{x} \pm t_n \sigma_n,$$

bu yerda:  $t_n$  — Student koeffitsienti.

Shunday qilib, o'rtacha kvadratik xatolik o'lchanadigan kattalik-ning haqiqiy qiymati uning istalgan o'rtacha arifmetik qiymati atrofida bo'lish ehtimolini topishga imkon beradi,  $n \rightarrow \infty$  bo'lganda  $\sigma_n \rightarrow 0$  yoki o'lchash sonini ko'paytirish bilan  $\sigma_n \rightarrow 0$  ga intilib boradi. Bu esa o'z navbatida o'lchash aniqligini oshiradi.

Albatta, bundan o'lchash aniqligini istalgancha oshirish (ko'tarish) mumkin, degan xulosaga kelmaslik kerak, chunki o'lchash aniqligi, tasodifiy xatolik to muntazam xatolikka tenglashguncha oshadi.

Shuning uchun, tanlab olingan ishonchli interval va ishonchli ehtimollik qiymatlari bo'yicha kerakli o'lchashlar sonini aniqlash mumkin, bu esa tasodifiy xatolikning o'lchash natijasiga ham ta'sir ko'rsatishini ta'minlasin. Uning nisbiy birlikdagi qiymati:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%,$$

bu yerda:  $\Delta x = t_n \sigma_n$ .

## STYUDENT KOEFFITSIENTLARI

1-jadval

$n$	$P$						
	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
2	1,38	2,0	3,1	8,3	17,7	31,8	63,7
5	0,94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,8
10	0,88	1,2	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3
20	0,86	1,1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9
40	0,85	1,2	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7
60	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7
120	0,85	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,6

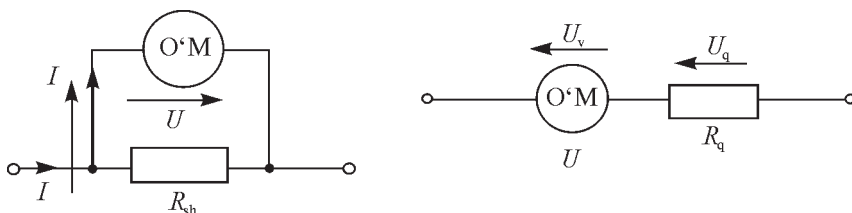
2-jadval

$\varepsilon$	$P$			
	0,7	0,9	0,95	0,99
1,0	3	5	7	11
0,5	6	13	18	31
0,4	8	19	27	46
0,3	13	32	46	78
0,2	29	70	99	171
0,1	169	223	397	169

## VII. O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

O'lchash o'zgartkichlari, umuman, biror o'lchanadigan kattalikni keyingi o'zgartirish yoki o'lchash uchun qulay bo'lgan shakldagi kattalikka o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Elektrik kattaliklarni o'lchashda ko'pincha shunt va qo'shimcha rezistorlar, kuchlanish bo'lgichlari, o'lchash transformatorlari, to'g'rilagichli o'zgartkichlar va h.k. ishlatiladi.

*Shunt* (inglizcha shunt — tarmoq demakdir) nisbatan kichik, lekin o'zgarimas qarshilikli rezistordir. U qator o'lchash asboblarning tok



7.1-rasm.

bo'yicha o'lchash chegaralarini kengaytirish uchun xizmat qiladi va o'lchash mexanizmi (O'M) ga parallel ulanadi (7.1-rasm).

Bunda o'lchanadigan tok  $I$  yo'lida tarmoq hosil bo'ladi: bitta tarmoqning qarshiligi  $R_{sh}$  bo'lgan shunt, ikkinchi tarmoqni esa qarshiligi  $R_A$  bo'lgan o'lchash mexanizmining g'altagi hosil qiladi. Elementlarni parallel ulash shartiga ko'ra tarmoqlar o'rtasida tok ularning qarshiligiga teskari proporsional ravishda taqsimlanadi:

$$I_A / I_{sh} = R_{sh} / R_A$$

yoki bu ifodani  $(nI_A - I_A)R_{sh} = R_A I_A$  ko'rinishda yozsak, u holda shuntning zarur qarshiligi  $R_{sh} = R_A / (n - 1)$  bo'ladi va bu yerda:  $n$  — shuntlash koeffitsienti deyiladi. Shuntlash tufayli o'lchash mexanizmi orqali o'tadigan tok o'lchanadigan tokning kam qismini tashkil qiladi, bu esa o'lchash mexanizmini tayyorlash va ishlatishni sezilarli osonlashtiradi. Shuntning to'rtta qismasi bo'lib, ikkitasi tok qismasi deyilib, shuntni o'lchanadigan tok zanjiriga ulash uchun qolgan ikkitasi potensial qismasi bo'lib, o'lchash mexanizmi tarmog'iga ulash uchun xizmat qiladi. To'rtta qisma kontaktlar o'tish qarshiliklarining shunt va o'lchash mexanizmi o'rtasida tokning taqsimlanishiga ta'sirini yo'qotish uchun zarur. Temperatura o'zgarganda tokning taqsimlanishi buzilmasligi uchun shuntlash koeffitsienti  $n$  ning doimiyligini, boshqacha aytganda tarmoq qarshiliklarining doimiyligini ta'minlash zarur. Shuning uchun ham shunt temperatura kengayish koeffitsienti juda kichik bo'lgan maxsus qotishma — manganindan tayyorlanadi.

Shuntlar o'zi iste'mol qiladigan quvvati kam bo'lgan o'lchash mexanizmlari bilan birga ishlatiladi, bunga sabab shuntning qizishi o'lchash mexanizmi qizishidan  $(n - 1)$  marta katta. Shuning uchun

magnitoelektrik va to'g'rilagichli o'lchash mexanizmlari shuntlar bilan ta'minlanadi.

**Qo'shimcha rezistorlar** nominal kuchlanishda voltmetr tokini uning nominal qiymatigacha  $I_{V\text{NOM}}$  cheklash uchun xizmat qiladi. Voltmetr o'lchash mexanizmining chulg'ami asbobning strelkasi butun shkala bo'yicha og'adigan tokka hisoblangan. Bu tok voltmetrlarda juda kichik (taxminan 0,1 – 50 mA) bo'ladi. O'lchash mexanizmi mis chulg'amining qarshiligi  $R_v$  nisbatan katta emas, u qo'shimcha rezistor qarshiligi bilan  $I_{V\text{NOM}} = U_{\text{NOM}} / (R_u + R_q)$  bo'lguncha to'ldiriladi va qo'shimcha rezistorning zarur qarshiligi  $R_q = R_u(m - 1)$  bo'ladi.

Qo'shimcha rezistorlar manganin yoki konstantadan tayyorlanadi. Bu esa butun o'lchash zanjirining qarshiligi o'zgarmas bo'lishi, temperatura va o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq bo'lmasligini ta'minlashi zarur.

Voltmetr va fazometrlarning kuchlanish zanjirlari, chastotomerlar kabi asboblarda qo'shimcha rezistorlar bilan ta'minlanadi. Qo'shimcha rezistorlarda sochiladigan quvvat va nominal kuchlanishga bog'liq holda qo'shimcha rezistor asbob korpusi ichida yoki undan alohida o'rnatiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida yuqori kuchlanishlarda voltmetrlar va o'lchash asboblarning kuchlanish zanjirlari o'lchash kuchlanish transformatorlari orqali ulanadi.

## 1. O'LCHASH TOK TRANSFORMATORI

O'lchash tok transformatori, odatda, yuqori o'zgaruvchan tokni oddiy asbob yordamida o'lchab bo'ladigan nisbatan kichik toklarga o'zgartirishda ishlatiladi.

O'lchash tok transformatorlarining ishlatilishi asboblarda bilan ishlaydigan xodim uchun xavfsizdir, chunki asboblarda past kuchlanishli zanjirga ulangan, shu sababli ularning konstruksiyasi birmuncha soddalashtirilgan bo'ladi.

O'lchash tok transformatorlari bir-biridan o'zaro izolatsiyalangan va ferromagnit o'zakka joylashtirilgan ikkita chulg'amlardan ( $w_1 w_2$ ) iborat bo'ladi.

Tok transformatorida birlamchi  $I_1$  tok ikkilamchi  $I_2$  tokdan katta, shuning uchun ular  $w_1 < w_2$  bo'ladi.

Birlamchi chulg'am, odatda  $I_{1H}$  ga bog'liq holda ma'lum ko'ndalang kesimga ega bo'lgan simdan o'raladi. Ikkilamchi chulg'am

esa hamma standart tok transformatorlarida bir xil ko'ndalang kesimga ega bo'lgan simdan o'raladi.

O'lchash tok transformatorlari, odatda o'zgaruvchan tok zanjirlarida tok o'lchashda ishlatiladigan asboblarning o'lchash diapazonini kengaytirishda ishlatiladi.

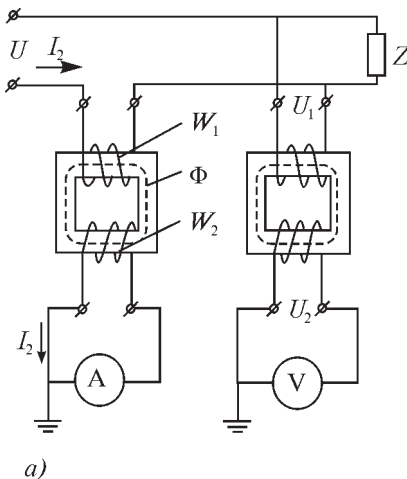
Tok transformatorining birlamchi  $I_{1N}$  toki 1 – 40000 A gacha bo'lgan chegarada, ikkilamchi  $I_{2N}$  toki 1; 2; 2,5; 5 A bo'lishi mumkin (7.2-rasm).

Tok transformatorining birlamchi chulg'ami tarmoqqa ketma-ket ulanib, uning ikkilamchi chulg'amiga qarshiligi juda kichik bo'lgan asboblarning (ampermetr, vattmetrning tok chulg'ami) ulanadi. Mana shu asboblarning ko'rsatishiga qarab o'lchanadigan kattalikning qiymatini topish mumkin. Buning uchun asbob ko'rsatishini transformatsiya koeffitsientiga ko'paytirish kerak:

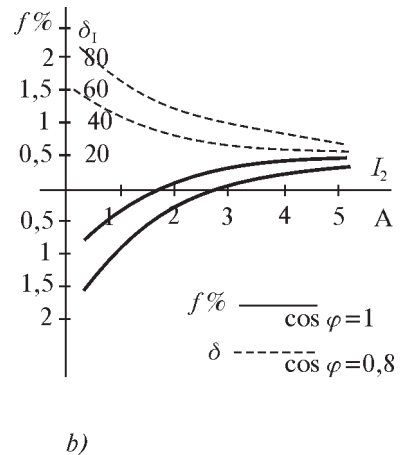
$$I_1 = K_1 I_2; \quad K_1 = I_1 / I_2,$$

bu yerda:  $K_1$  — tok transformatorining haqiqiy transformatsiya koeffitsienti deb atalib, u birlamchi tok  $I_1$  ning ikkilamchi tok  $I_2$  ga nisbatidan topiladi.

Haqiqiy transformatsiya koeffitsienti  $K_1$  tok transformatoridagi har xil nagruzka (yuklama)lar uchun o'zgaruvchan miqdordir.  $K_1$  tok transformatorining ish rejimiga (holatiga), ikkilamchi nagruz-



7.2-rasm.



7.3-rasm.

kaning (yukining) qiymati va xarakteriga, tok chastotasiga, o'zak materialining sifatiga bog'liq, shuning uchun ham ikkilamchi chulg'amga ulangan asbobning ko'rsatishi haqiqiy emas, balki nominal transformatsiya koeffitsientiga ko'paytiriladi. Bu koeffitsient tok transformatorining asosiy parametri bo'lib, zavod shchitida ko'rsatiladi. Tok transformatorida uning ikkilamchi chulg'amiga ulangan ampermetrning ko'rsatishi  $I_2$  va nominal transformatsiya koeffitsienti  $K_{1N}$  bo'yicha o'lchanuvchi tok  $I_1^1$  ning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_1^1 = K_{1H} I_2.$$

Tok transformatorlari orqali ulanadigan va shkalasi  $K_1$  emas,  $K_{1N}$  ni hisobga olib darajalangan o'lchash asboblari o'lchashda muqarrar xatoliklarga ( $f_1$ ) olib keladi. Bu xatolik tok bo'yicha yuz beradigan xatolik yoki transformatsiya koeffitsienti xatoligi deyiladi:

$$f_1 = [(K_{1H} I_2 - K_1 I_2)/K_1 I_2]100\% = [(K_{1H} - K_1)/K_1]100\%.$$

Tok transformatorlarida tok bo'yicha yuz beradigan xatolikdan tashqari burchak xatoligi ham bo'ladi. Burchak xatoligi deb birlamchi tok vektori  $I_2$  bilan  $180^\circ$  ga burilgan ikkilamchi tok vektori orasidagi burchak tushuniladi va burchak minutlarda o'lchanadi. Agar  $180^\circ$  ga burilgan ikkilamchi tok vektori  $I_2$  tok vektori  $I_1$  dan ilgari ulanadigan bo'lsa, burchak xatolik musbat, aks holda manfiy hisoblanadi. 7.3-rasmda tok transformatori xatoliklarining o'zgarish egri chiziqlari ko'rsatilgan, burchak xatolik faqat fazaga sezgir bo'lgan asboblarda (vattmetr, hisoblagich, fazometr)da yuz beradigan xatoliklargagina ta'sir qiladi.

Yo'l qo'yiladigan xatoliklarning qiymatiga qarab, tok transformatori quyidagi aniqlik sinflariga bo'linadi: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 4.

Tok transformatorlari aniqlik sinfidan tashqari nominal ikkilamchi yuklama orqali ham xarakterlanadi. Nominal ikkilamchi yuklama deb, transformatorning ikkilamchi zanjiriga ulangan o'lchash asboblari chulg'amlari va tutashtiruvchi o'tkazgichlarning shunday eng katta qarshiligi tushuniladiki, bunda asbobning xatoliklari yo'l qo'yilgan chegaradan o'tmaydi. Nominal ikkilamchi yuklama  $Z$  transformatorning schetida Om yoki VA (volt-Amper)da ko'rsatiladi.

Agar ikkilamchi yuklamaning qarshiligi cheksiz bo‘lib ketsa, ya’ni ikkilamchi chulg‘am uzilsa, unda ikkilamchi chulg‘amni magnitsizlovchi amper o‘ramlari soni nolga teng bo‘lib qoladi ( $I_2 W_2 = 0$ ) va birlamchi chulg‘am magnitlovchi kuchi  $I_1 w_1$  ning hammasi o‘zakni magnitlashga sarflanadi. Magnit oqimining kuchayishi tufayli ikkilamchi chulg‘amdagi EYuK oshib, transformator ishi uchun xavfli bo‘lgan qiymatlarga yetishi mumkin. Magnit oqimining oshishi o‘zakdagi aktiv isrofnı keskin oshiradi, natijada po‘lat o‘zak juda qizib ketadi. Shu sababli tarmoqqa ulangan tok transformatorining ikkilamchi chulg‘ami zanjirini uzish qat’ıyan man qilinadi. Tok transformatorlarining konstruksiyalari xilma-xil bo‘ladi. Vazifalariga qarab, ular bir chegarali yoki ko‘p chegarali, ko‘chma yoki statsionar, o‘rnatilishi bo‘yicha ichki va tashqi, omburli qilib yasaladi.

## 2. AKTIV MASSHTABLI O‘ZGARTKICHLAR

Aktiv masshtabli o‘zgartkichlar deganda, asosan har xil sxema bo‘yicha ishlangan kuchaytirgichlar tushuniladi, ular umuman aktiv to‘rt qutbli qurilma bo‘lib, kirishiga kuchaytiriladigan signal berilib, chiqishiga nagruzka (yuklama) ulanadi. Kuchaytirgich shunday o‘zgartkichki, ularda yordamchi kuchlanish manbayi energiyasi hisobiga kirish signali kuchaytiriladi. Kuchaytirgichlarda kirish va chiqish signallari o‘zaro bir-biri bilan uzluksiz va bir qiymatli bog‘liqlikda bo‘lishi mumkin.

Kuchaytirgichlar, asosan, kuchaytiriladigan elektr signalning turi bo‘yicha, chastotani o‘tkazish kengligi bo‘yicha, kuchaytiruvchi elementlarning turi va ularning ulanish sxemalari bo‘yicha, ketma-ket joylashgan kuchaytirish elementlarining (kaskadlarining) soni bo‘yicha va h. k. bo‘yicha tabaqalanadi.

Kuchaytirgichlar bir-biridan chastotani o‘tqazish kengligi bo‘yicha farq qilib, o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok kuchaytirgichlariga bo‘linadi.

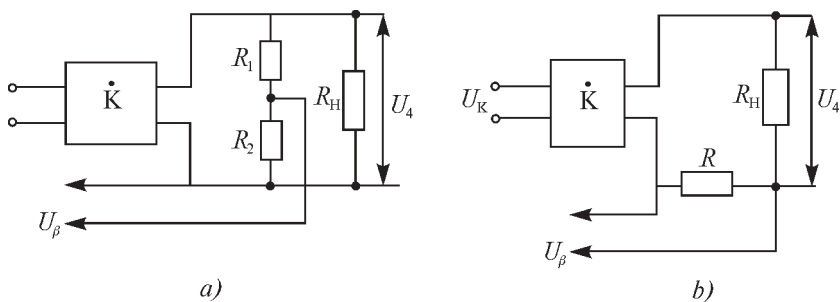
7.4-a, b rasmda teskari bog‘liqlik sxemasi bo‘yicha ishlangan kuchaytirgichlar keltirilgan.

Kuchlanish bo‘yicha teskari bog‘lanish zanjirining uzatish koeffitsienti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\beta = U_K / U_{Ch}$$

$U_K$  va  $U_{Ch}$  kuchlanishlarning fazasiga qarab teskari bog‘lanish sxemalar musbat va manfiy bo‘lib, agar kuchaytirgich chiqishidagi





7.4-rasm.

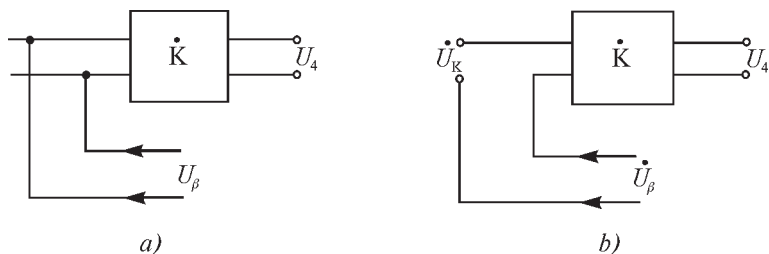
kuchlanish ko‘tarilsa, teskari bog‘lanish — musbat va aksincha, kuchaytirgich chiqishidagi kuchlanish kamaysa, manfiy hisoblanadi.

Teskari bog‘lanish zanjirini kuchaytirgichning kirish qismiga parallel yoki ketma-ket ulanishiga qarab, 1-holda kuchaytirgich kirishidagi toklar, 2-holda esa kuchlanishlar qo‘shiladi (7.5-a, b rasm).

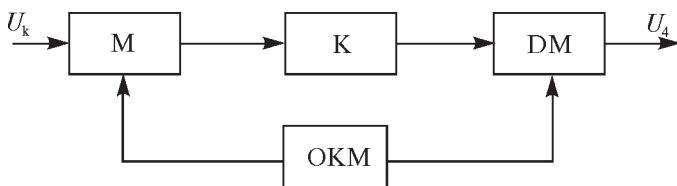
O‘zgaruvchan tok kuchaytirgichlari chastota o‘tkazish kengligi va kuchaytirilayotgan signalning absolut qiymati bo‘yicha past chastotali (15—20 kHz gacha) va yuqori chastotali (bir necha 10 Hz dan to bir necha megagersgacha) kuchaytirgichlarga bo‘linadi.

Impulsi kuchaytirgichlarda o‘tkazish kengligi shunday tanlab olinadiki, kuchaytirilayotgan impuls shaklining o‘zgarishi yetarlicha kam bo‘lsin. Impuls shakli esa uning spektrini aniqlaydi.

O‘zgarmas tok kuchaytirgichlari (O‘TK) vaqt bo‘yicha sekin o‘zgaruvchan signallarni kuchaytirish xususiyatiga ega. Pastki chastotasi  $\omega_n = 0$  bo‘lib, yuqori chastotasi  $\omega_{yu}$  kuchaytirgichning vazifasiga qarab belgilanadi.



7.5-rasm.



7.6-rasm. M—DM turidagi kuchaytirgichning tuzilish sxemasi.

Oʻzgarmas tok kuchaytirgichlari datchiklardan (termoparadan, fotodatchiklardan, tenzodatchiklardan) olinadigan juda past (kuchsiz) signallarni kuchaytirishda, ossillograflarda, kuchlanish va tok stabilizatorlarida va h. k.da ishlatiladi. Oʻzgarmas tok kuchaytirgichlari uchun dreyf xos boʻlib, kirishdagi kuchlanishning vaqt birligida oʻzgarishi chiqish kuchlanishining ekvivalent oʻzgarishiga olib keladi, yaʼni:

$$U_{\text{KDR}} = U_{\text{ChDR}}/K_U,$$

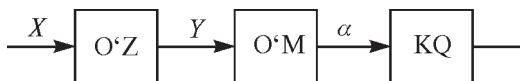
bu yerda  $K_U$  — kuchlanish boʻyicha kuchaytirish koeffitsientidir. Nol dreyfning hosil boʻlishiga esa taʼminlovchi kuchlanishning oʻzgarishi, temperaturaning oʻzgarishi, sxemadagi aktiv va passiv elementlar parametrlarining oʻzgarishi sabab boʻladi.

Kuchaytirgichlarda yuqorida aytilgan kamchilikni (nol dreyfini) kamaytirish maqsadida kuchaytirgichni modulator-kuchaytirgich-demodulator sxemasi boʻyicha ishlanishi tavsiya etiladi (7.6-rasm).

Sxemaning ishlashi shunga asoslanadiki,  $M$  — modulorda sekin oʻzgaruvchan kuchlanish  $U_k$  amplituda-modullashgan oʻzgaruvchan kuchlanishlar oʻzgartirilib, keyin kuchaytirilgan kuchlanish demodulatorga berilgan modulatorlar ham, DM-demodulator ham OKM-tayanchli kuchlanish 1dB bilan boshqariladi.

## VIII. ANALOG OʻLCHASH ASBOBLARI

Analog oʻlchash asboblari yoki bevosita koʻrsatuvchi asboblarning elektr oʻlchashlar va umuman oʻlchash texnikasida keng oʻrin olgan asboblardan hisoblanadi. Bu turdagi asboblarda koʻrsatuv qaydnomasi uzluksiz (funktional) ravishda oʻlchanayotgan kattalik bilan bogʻliqlikda boʻladi. Bu turdagi asboblarning tuzilishi sxemasi 8.1-rasmda koʻrsatilgan.



8.1-rasm. Analog o'lchash asbobining tuzilish sxemasi.

Bevosita ko'rsatuvchi elektr o'lchash asboblari (xususan elektromexanik asboblari) ikki asosiy qismdan, ya'ni o'lchash zanjiri va o'lchash mexanizmidan iborat deb qarash mumkin.

*O'lchash zanjiri* o'lchanadigan elektr kattalikni (kuchlanish, quvvat, chastota va hokazoni) unga proporsional bo'lgan va o'lchash mexanizmiga ta'sir qiluvchi kattalikka o'zgartirib beradi.

*O'lchash mexanizmi* unga beriladigan elektr energiyasini qo'zg'aluvchan qism va u bilan bog'liq bo'lgan ko'rsatkich harakatining mexanik energiyasiga aylantirib beradi. Elektromexanik o'lchash mexanizmlari magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, induksion va elektrostatik mexanizmlardan iborat bo'ladi.

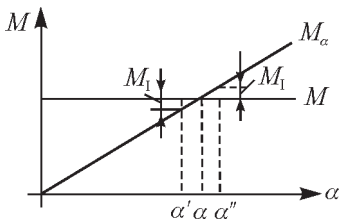
O'lchash asboblari qaysi tizimga taalluqli mexanizmdan iborat bo'lishidan qat'i nazar, asbob qo'zg'aluvchan qismining harakatlanishi elektromagnit maydon energiyasining o'zgarishiga bog'liq.

O'lchanadigan kattalik ta'siri ostida hosil bo'lib, asbob ko'rsatkichining ko'payish tomoniga og'diruvchi moment aylantiruvchi moment deyilib, u umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$M = dW_e/d\alpha, \quad (8.1)$$

bu yerda:  $W_e$  — elektromagnit maydon energiyasi,  $\alpha$  — asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi.

Yuqoridagi ifodani boshqacha,  $M = F(X, \alpha)$  ko'rinishda, ya'ni aylantiruvchi momentni o'lchanadigan kattalik va asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi funksiyasi deb qarash mumkin. O'lchash asbobining qo'zg'aluvchan qismiga aylantiruvchi momentdan tashqari aks (teskari) ta'sir etuvchi moment ham ta'sir etishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment bo'lmaganda edi, asbobning strelkasi shkalasidan chetga chiqib ketgan bo'lar edi. Aks ta'sir etuvchi moment aylantiruvchi momentga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi kattalashishi bilan ortishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment  $M_\alpha$  aylantiruvchi momentga tenglashguncha ( $M = M_\alpha$ ) qo'zg'aluvchan qism aylantiruvchi moment ta'sirida buriladi. Ko'p elektr o'lchash asboblarida aks ta'sir etuvchi moment tortqi, prujina va osmalarning buralishi bilan hosil qilinadi. Bunday



8.2-rasm.

qurilmada aks ta'sir etuvchi moment qo'zg'aluvchan qismning burilish burchagiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni  $M_\alpha = W \cdot \alpha$ , bu yerda:  $W$  tortqi yoki prujining materiali va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik, bu  $\alpha$  burchagining birligiga ( $1^\circ$  yoki 1 radian-ga) mos keluvchi moment bo'lib, solishtirma aks ta'sir etuvchi moment deb ataladi.

Asbob qo'zg'aluvchan qismining barqaror burilish holati aylantiruvchi va aks ta'sir etuvchi momentlarning tengligi  $M = M_\alpha$  dan topiladi va u umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = 1/W \cdot F(x, \alpha), \quad (8.2)$$

bu holatni 8.2-rasmda ko'rsatilgan grafikdan ham kuzatish mumkin.

Asbob dinamik rejimda ishlaganida, boshqacha aytganda, asbob ko'rsatkichi joyidan qo'zg'alayotganida (surilishida), yuqorida aytilgan aylantiruvchi va aks ta'sir etuvchi momentlardan tashqari boshqa momentlar ham hosil bo'ladi. Bu momentlar qo'zg'aluvchan qismning inersiya momentidan, tashqi muhit qarshiligidan va metall elementlari bo'lgan holda hosil bo'ladigan uyurma tok va h. k. lardan vujudga keladi.

Asbob qo'zg'aluvchan qismi harakatlanganida vujudga keladigan va uning harakatini tinchlantirishga intiluvchi moment tinchlantiruvchi moment deyiladi:

$$M = R(d\alpha/dt). \quad (8.3)$$

Bu moment tinchlantirish koeffitsienti  $R$  ga va qo'zg'aluvchan qismning burchakli tezligi  $d\alpha/dt$  ga proporsionaldir. Tinchlantiruvchi moment ma'lum darajada asbobning muhim ekspluatatsion parametrlaridan biri — tinchlanish vaqtini belgilaydi.

Elektromexanik turidagi magnitoelektrik, elektromagnit va elektrodinamik o'lchash asboblari nisbatan keng tarqalgan bo'lib, quyida shu uchta tur asboblarining qisqacha tavsiflarini keltiramiz.

Elektromexanik turdagi asboblar magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik, elektrostatik va induksion tizimli asboblarga bo'linadi. Bu tizimdagi asboblar nisbatan keng tarqalgan bo'lib, quyidagi jadvalda ularning tavsiflari keltirilgan.

Asbob tizimi	Shartli belgisi		Tok turi	Chastota diapazoni	Ayl. moment tenglamasi	Shkala tenglamasi	Aniqlik sinfi	Vazifasi
	$M_{\alpha}$ mex	$M_{\alpha}$ el						
ME			—	0	BswI	KX	0,1; 0,2; 0,5	A, V, Ω, G
EM			~	0	BswI	KX	0,1; 0,2; 0,5	A, V, Ω, G
ED			~	KGs	$\frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$	KX <sup>2</sup>	0,5; 1; 1,5	A, V, Gs, φ
ED			≈	Bir necha o'n kGs gacha	$I_1 I_2 \frac{dM_{1,2}}{d\alpha}$	KX <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,05; 0,1; 0,2	A, V, W, Gs, φ
FD			≈		KI <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	KX <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,5; 1; 1,5	A, V, W, Gs, φ
ES			≈	MGs	$\frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha}$	KX <sup>2</sup>	0,5; 1; 1,5	V
I			~	50 Gs	cf Φ <sub>1</sub> Φ <sub>2</sub> sinψ	KN	1; 1,5; 2	W, Wh

## 1. MAGNITOELEKTRIK O'LCHASH ASBOBLARI

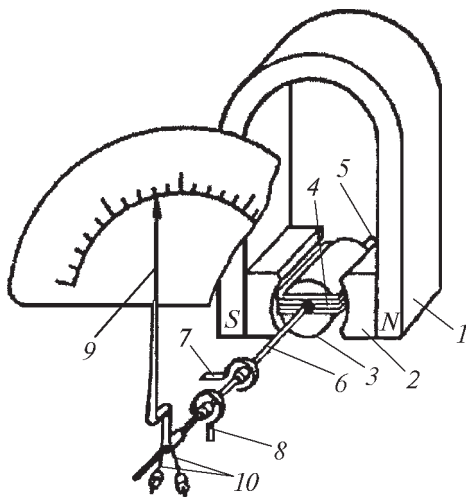
Ramkadan o'tayotgan tok bilan doimiy magnit maydonining o'zaro ta'sirida ramkani harakatga keltiruvchi kuch  $F = BILw$  hosil bo'ladi. Ifodadagi  $B$  — qutb uchliklari va silindrsimon o'zak oralig'idagi magnit induksiyasi;  $w$  — ramkaning o'ramlari soni;  $L$  — magnit maydonida joylashgan ramka faol qismining uzunligi;  $I$  — ramkadan o'tadigan tok. Bu kuchlarning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga binoan topiladi va ular qilgan aylantiruvchi moment quyidagicha ifodalanadi:

$$M = 2F \frac{b}{2} = Fb = BIlbw = BS\omega I, \quad (8.4)$$

bu yerda:  $b$  — ramkaning kengligi;  $S$  — ramkaning yuzasi.

Aylantiruvchi moment ta'sirida ramka o'q atrofida aylanganida spiral prujinalar buralib teskari ta'sir etuvchi moment  $M_m$  ni hosil qiladi:

$$M_m = -W \cdot \alpha, \quad (8.5)$$



8.3-rasm. Magnitoelektrik o'lchash asbobi:

1 — doimiy magnit; 2 — magnit qutblari; 3 — o'zak; 4 — chulg'am; 5, 6 — o'q;  
7, 8 — spiralsimon prujinalar; 9 — strelka; 10 — tinchlantirgich.

bu yerda:  $W$  — solishtirma teskari ta'sir etuvchi moment bo'lib, spiral prujinaning materiali va o'lchamlariga bog'liq;  $\alpha$  — ramkaning burilish burchagi (asbob ko'rsatkichining shkala bo'ylab surilishini ko'rsatadigan burchak yoki bo'laklar soni).

Ramkaga ta'sir etayotgan ikki moment (aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi) o'zaro tenglashganda ( $M_a = M_\nu$ ) ramka harakatdan to'xtab, muvozanat holatida bo'ladi (yoki bu holatni asbob qo'zg'aluvchan qismining turg'un muvozanat holati deyiladi):

$$BSwI = W\alpha, \quad (8.6)$$

bundan:

$$\alpha = \frac{BSw}{W} I. \quad (8.7)$$

Oxirgi ifoda magnitoelektrik o'lchash asboblarning shkala tenglamasi deb ataladi. Agar magnit induksiya  $B$  ning ramka yuzi  $S$  ning o'ramlar soni  $w$  va solishtirma teskari ta'sir etuvchi moment  $W$  ning o'zgarishini hisobga olib,  $BSw/W = S_i$  desak, u holda  $S_i$  ni o'lchash mexanizmining tok bo'yicha sezgirligi deyiladi, ya'ni  $S_i = \text{const}$ . Shuni hisobga olib, (8.7) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha = S_i I. \quad (8.8)$$

Ya'ni, ramkaning burilish burchagi  $\alpha$  o'lchanadigan tokning qiymatiga to'g'ri proporsional, bundan chiqadiki, tokning yo'nalishi o'zgarsa,  $\alpha$  ning yo'nalishi ham o'zgaradi. Shu sababli magnitoelektrik o'lchash asboblari o'zgarish tok zanjirida ishlatiladi va ularning shkalasi bir tekis darajalanadi.

Magnitoelektrik o'lchash mexanizmlari ampermetr, voltmeter, ommeter va galvanometrlar sifatida ishlatiladi.

*Afzalliklari:*

- shkalasi to'g'ri chiziqli;
- sezgirligi yuqori;
- o'lchash xatoligi kichik.

*Kamchiliklari:*

- faqat o'zgarish tok zanjirlaridagina ishlay oladi;
- bevosita katta qiymatdagi toklarni o'lchay olmaydi;
- tannarxi yuqori.

## 2. ELEKTROMAGNIT O'LGHASH ASBOBLARI

*Elektromagnit o'lchash mexanizmlari* yassi (8.4-a rasm) va dumaloq (8.4-b rasm) g'altakli qilib tayyorlanadi. Bu g'altaklar qo'zg'almas bo'lib, ulardan o'lchanuvchi tok o'tadi. Bunda hosil bo'lgan magnit maydoni qo'zg'aluvchan ikki o'zakka ta'sir etishi oqibatida (8.4-b rasm) bu o'zak g'altak ichiga tortiladi. Natijada o'q aylanib ko'rsatkichni biror burchakka buradi. 8.4-b rasmda qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan o'zaklar bir xilda magnitlanadi. Natijada qo'zg'aluvchan o'zak qo'zg'almas o'zakdan itarilib o'qni aylantiradi.

Umuman, aylantiruvchi moment  $M_a$  magnit maydoni energiyasidan qo'zg'aluvchan qism burilish burchagi bo'yicha olingan hosilasiga teng:

$$M_a = dW_e/d\alpha,$$

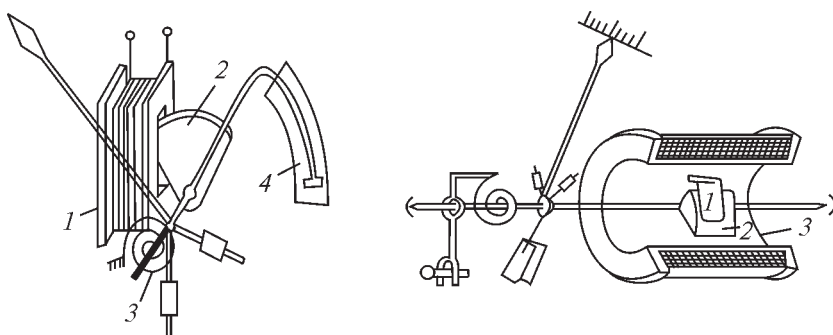
ferromagnit o'zakli g'altak magnit maydonining energiyasi:

$$W_e = 1/2 \cdot LI^2,$$

bu yerda:  $L$  — g'altak induktivligi, u o'zakning holatiga va g'altakning o'lchamlariga bog'liq;  $I$  — g'altakdan o'tayotgan doimiy tok.

Qo'zg'aluvchan qism muvozanat holatida bo'lganda:

$$M_a = M_t \text{ yoki } 1/2 \cdot LI^2 = W_e \alpha, \quad (8.9)$$



8.4-rasm. Elektromagnit o'lchash asbobi:

1 — qo'zg'almas elektromagnit g'altak; 2 — o'zak; 3 — spiralsimon prujina;  
4 — tinchlantirgich.



bundan

$$\alpha = 1/2 W \cdot P \cdot dL/d\alpha. \quad (8.10)$$

(8.10) ifoda elektromagnit o'lchash mexanizmlarining *shkala* tenglamasi deb ataladi. Burilish burchagi  $\alpha$  o'lchanayotgan tokning kvadratiga to'g'ri proporsional. G'altakdan o'zgaruvchan tok o'tganda ham  $\alpha$  uchun bir (8.10) ifodaga ega bo'lamiz. Bu holda (8.9) ifodadagi  $I$  tokning effektiv qiymatidir, shu sababli elektromagnit o'lchash asboblari o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llanilishi mumkin. Ularning shkalasi notekis bo'lib, kvadratik xarakterga ega va bunday shkalaning boshlang'ich qismidan foydalanish ancha noqulay.

Elektromagnit o'lchash mexanizmlari ampermetr, voltmeter sifatida, logometrik prinsipda yasalganda esa fazometr, faradometr va chastotamerlar sifatida ishlatiladi.

*Afzalliklari:*

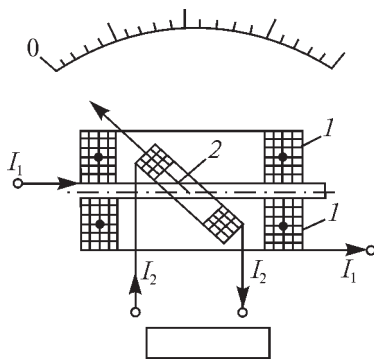
- ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi;
- bevosita katta qiymatdagi toklarni ham o'lchashi mumkin;
- konstruksiyasi nisbatan sodda.

*Kamchiliklari:*

- shkalasi notekis (kvadratik) darajalanadi;
- o'lchash xatoligi biroz katta (magnitoelektrikka nisbatan);
- sezgirligi yuqori emas.

### 3. ELEKTRODINAMIK O'LCHASH ASBOBLARI

Ikkita bir xil 1 va 1<sub>1</sub> qo'zg'almas g'altaklardan, qo'zg'aluvchan 2 g'altakdan o'zgarmas toklar  $I_1$ ,  $I_2$  o'tganda har bir o'ram atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi (8.5-rasm).  $I_1$ ,  $I_2$  toklar hosil qilgan magnit maydonlarining o'zaro ta'sirida aylantiruvchi moment  $M_0$  hosil bo'ladi. Tokli qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan g'altaklarning elektromagnit maydon energiyasi quyidagiga teng:



8.5-rasm. Elektrodinamik o'lchash asbobi:

- 1 — qo'zg'almas g'altak;
- 2 — qo'zg'aluvchan g'altak.

$$W = 1/2 \cdot L_1 I_1^2 + 1/2 \cdot L_2 I_2^2 \pm I_1 I_2 M_{12}, \quad (8.11)$$

bu yerda:  $L_1$  — qo‘zg‘almas g‘altakning induktivligi;  $L_2$  — qo‘zg‘aluvchan g‘altak induktivligi bo‘lib, ular g‘altaklarning o‘zaro holatiga bog‘liq emas;  $M_{12}$  — o‘zaro induktivlik koeffitsienti bo‘lib, uning qiymati qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchan g‘altak o‘qlari o‘rtasidagi burchakka bog‘liq.  $W_e$  qiymatini (1.6) ifodaga qo‘yib, aylantiruvchi moment ifodasini yozamiz:

$$M_0 = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (8.12)$$

Aylantiruvchi va teskari ta’sir etuvchi momentlar o‘zaro teng bo‘lganida asbob qo‘zg‘aluvchan qismi uchun turg‘un holat vujudga keladi:

$$I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = W \alpha, \quad (8.13)$$

bundan:

$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (8.14)$$

(8.14) ifoda elektrodinamik o‘lchash mexanizmlarining shkala tenglamasi deb ataladi. Toklar o‘zgaruvchan bo‘lsa, quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \cos \varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (8.15)$$

Bu yerda:  $\varphi$  —  $I_1$  va  $I_2$  toklar o‘rtasidagi faza siljish burchagi.  $I_1$  va  $I_2$  toklarning effektiv qiymati.

$$\alpha = \frac{1}{W} I^2 \cos \varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (8.16)$$

Bunday asboblarning shkalasi notekis (kvadratik) xarakterga ega bo‘ladi. Elektrodinamik o‘lchash mexanizmlari ampermetr va voltmetrlar sifatida kam ishlatiladi. Ular asosan quvvatni o‘lchash uchun vattmetr sifatida, logometrik prinsipda yasalganida esa fazometr va chastotomer sifatida ishlatiladi.

*Afzalliklari:*

- ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi;
- yuqori darajadagi aniqlikka ega;
- elektr quvvati sarfini hisoblashda qo'llanilishi mumkin;
- bir vaqtning o'zida ikkita kattalikni tekshirish mumkin.

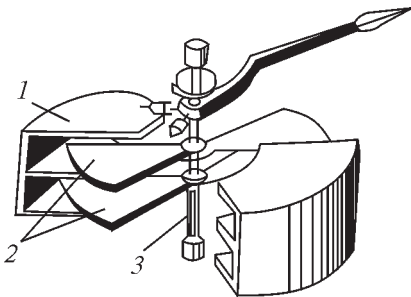
*Kamchiliklari:*

- xususiy energiya sarfi katta;
- tashqi temperaturaga bog'liqligi kuchli;
- katta qiymatlarni bevosita o'lchay olmaydi.

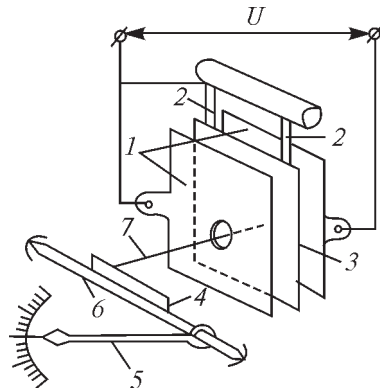
#### 4. ELEKTROSTATIK O'LCHASH ASBOBLARI

Elektrostatik o'lchash mexanizmlari qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas (plastinka) o'tkazgichlardan iborat bo'lib, ularda aylantiruvchi moment zaryadlangan ikki sistema plastinkalarining, o'tkazgichlarning o'zaro ta'sirlashuvidan hosil bo'ladi. Elektrostatik o'lchash mexanizmlarida qo'zg'aluvchan qismning harakatga kelishi (burilishi) sig'imning o'zgarishiga, ya'ni plastinkalarning aktiv yuzasi yoki ular orasidagi masofaning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun bu sistema asboblari faqat kuchlanishni o'lchashda, ya'ni voltmetr sifatida ishlatiladi.

Birinchi turdagi elektrostatik o'lchash mexanizmlari asosan 10 va 100 voltlardagi kuchlanishlarni o'lchashda ishlatiladi, ikkinchi turidagi esa yuqori, ya'ni kilovoltlardagi kuchlanishlarni o'lchashda ishlatiladi.



8.6-rasm.



8.7-rasm.

8.6-rasmda elektrodlar aktiv yuzasining o'zgarishiga bog'liq bo'lgan mexanizm ko'rsatilgan. Unda bitta yoki bir nechta kamera  $I$  bo'lib, har qaysi kamera bir-biridan ma'lum masofada joylashgan ikkita metall plastinkadan iborat bo'ladi. Agar qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas plastinkalarga o'lchanadigan kuchlanish berilsa, ular teskari ishorada zaryadlanadi va natijada qo'zg'aluvchan plastinka elektrostatik tortish kuchi ta'sirida kamera ichiga tortiladi.

O'q 3 ga mahkamlangan qo'zg'aluvchan plastinkaning qo'zg'alishi (burilishi), teskari (aks ta'sir etuvchi) moment hosil qiluvchi spiral prujinaning (yoki tortqining) buralishiga olib keladi. Aylantiruvchi va aks ta'sir etuvchi momentlar tenglashganda qo'zg'aluvchan qism harakatdan to'xtaydi va asbob shkalasining ko'rsatkichi bo'yicha o'lchanadigan kuchlanish aniqlanadi. Elektrostatik o'lchash mexanizmining ikkinchi turi (elektrodlar orasidagi masofani o'zgarishiga bog'liq) 8.7-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, ikkita qo'zg'almas plastinkalar  $I$  (elektrodlar)dan, ular esa yuqqa metall lentasiga osib qo'yilgan qo'zg'aluvchan plastinkadan iborat. Qo'zg'aluvchan elektrod qo'zg'almas plastinkalarning biriga ulangan bo'lib, boshqasidan izolatsiyalangan bo'ladi. Elektrodlar orasida potentsiallar farqi hosil bo'lishi natijasida qo'zg'aluvchan plastinka qo'zg'almas plastinkadan itarilib, teskari ishora bilan zaryadlangan plastinkaga tortiladi.

Plastinka burilishining yo'nalishi kuchlanishning ishorasiga bog'liq emas. Qo'zg'aluvchan plastinkaning harakatga kelishi qo'zg'aluvchan o'q 6 ni va nihoyat asbob ko'rsatkichi 5 ni shkala bo'ylab surilishiga olib keladi. Bunday mexanizmlarda aks ta'sir etuvchi moment qo'zg'aluvchan plastinkaning og'irligidan hosil bo'ladi.

Elektrostatik o'lchash mexanizmlarining qo'zg'aluvchan qismining og'ish burchagi quyidagilarga asoslanib topiladi.

Zaryadlangan jismlar sistemasining elektr maydon energiyasi:

$$W_e = CU^2/2, \quad (8.17)$$

bu yerda:  $C$  — zaryadlangan jism sig'imi;  $U$  — ularga qo'yilgan kuchlanish.

Aylantiruvchi moment ifodasini (8.17)ga asosan quyidagicha yozish mumkin:

$$M = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha}. \quad (8.18)$$

Aks ta'sir etuvchi moment elastik element yordamida hosil bo'lishini hisobga olsak, turg'un burilish holati quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha} = W \alpha, \quad (8.19)$$

bundan:

$$\alpha = \frac{1}{2W} * U^2 * \frac{dC}{d\alpha} \quad (8.20)$$

Ifodadan ko'rinib turibdiki, elektrostatik voltmetrlar ham o'zgar-mas, ham o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llanilishi mumkin, chunki kuchlanish  $U$  ning qutbi o'zgarishi bilan qo'zg'aluvchan qismining burilish yo'nalishi o'zgar-maydi.

Agar (8.20) ifodadagi  $dC/d\alpha = \text{const}$  bo'lsa, elektrostatik voltmetrning shkalasi kvadratik xarakterda bo'ladi (darajalanadi). Elektrostatik asbob shkalasini bir tekis darajalashga qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas plastin-kalarning shaklini tanlab olish bilan yoki sig'imni qo'zg'aluvchan qismini og'ish burchagi bo'yicha ma'lum qonuniyat asosida o'zgarishini ta'minlash bilan erishish mumkin. Bu usul amalda asbob shkalasini 15—20% dan yuqori qismida bir tekis darajalanishiga imkon beradi.

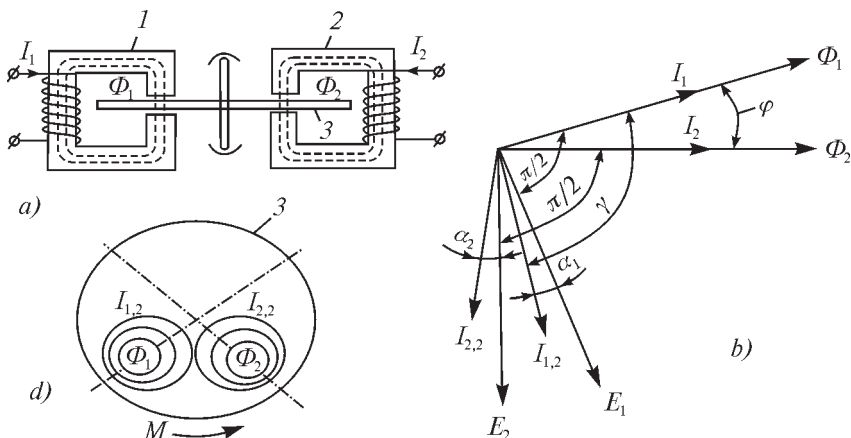
Elektrostatik asboblarning ko'rsatishiga o'lchanadigan kuchlanish chastotasi, atrof-muhit temperaturasining o'zgarishi va tashqi maydonlar deyarli ta'sir etmaydi. Bunga qarama-qarshi o'laroq tashqi elektr maydonining ta'siri sezilarli darajada bo'ladi. Elektrostatik asboblarning xususiy energiya sarfi juda kam, masalan, o'zgar-mas tokda u nolga teng.

Elektrostatik voltmetrlar kam quvvatli zanjirlarda juda keng, hattoki 30 MHz gacha bo'lgan chastota diapazonida kuchlanish o'lchashda ishlatiladi. Aniqligi bo'yicha elektrostatik voltmetrlar ko'pincha 1,0—1,5 sinflariga mo'ljallab ishlanadi. Maxsus ishlangan, aniqligi 0,1; 0,05 bo'lgan voltmetrlar ham mavjud.

Tashqi elektr maydon ta'sirini kamaytirish maqsadida elektrostatik ekran ishlatiladi.

## 5. INDUKSION O'LCHASH MEXANIZMLARI

Induksion o'lchash mexanizmlari bir yoki bir nechta qo'zg'almas elektromagnitdan va qo'zg'aluvchan qismi alumindan ishlangan diskdan iborat bo'ladi. 8.8-rasmda ikki oqimli induksion mexanizm ko'rsatilgan.



8.8-rasm.

Disk yuzasiga perpendikular yoʻnalgan oʻzgaruvchan magnit oqimlar uni kesib oʻtishi natijasida uyurma toklar hosil boʻladi va uni induktivlaydi. Oʻzgaruvchan magnit oqimlari diskdagi induktivlangan toklar bilan oʻzaro taʼsirdan qoʻzgʻaluvchan qismi aylanadi.

Induksion mexanizmlar qoʻzgʻaluvchan qismini kesib oʻtuvchi oqimlar soni boʻyicha bir oqimli va koʻp oqimli mexanizmlarga boʻlinadi.

Oʻlchash texnikasida koʻproq koʻp oqimli mexanizmlar ishlatiladi. Elektromagnit chulgʻamlaridan oʻtadigan  $I_1$  va  $I_2$  toklar elektromagnit oʻzaklari boʻylab yoʻnalgan  $\Phi_1$  va  $\Phi_2$  oqimlarini hosil qiladi.  $\Phi_1$  va  $\Phi_2$  oqimlar diskni kesib oʻtishi natijasida  $E_1$  va  $E_2$  EYuK larini induksiyalaydi.

Oʻzgaruvchan magnit oqimi  $\Phi_1$  va shu oqim diskni kesib oʻtishi natijasida induksiyalangan uyurma tokni oʻzaro taʼsirdan hosil boʻlgan aylantiruvchi momentning oniy qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$M_t = cF_{1'}j_{12}, \quad (8.21)$$

bu yerda:  $c$  — proporsionallik koeffitsienti. Induksion mexanizmning qoʻzgʻaluvchan qismi aylantiruvchi momentning oʻrtacha qiymati taʼsirdangina harakatga keladi, yaʼni

$$M_{ur} = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = \frac{1}{T} c \Phi_{1m} I_{12m} \int_0^T \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) dt = c \Phi_1 I_{1,2} \cos \varphi. \quad (8.22)$$

Ikki oqimli induksion mexanizmlarning qo'zg'aluvchan qismi  $F_1$  va  $F_2$  oqimlaridan hosil bo'luvchi ikkita momentlarning yig'indisi ta'sirida aylanadi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$M = cf F_1 F_2 \sin \psi, \quad (8.23)$$

bu yerda:  $c$  — proporsionallik koeffitsienti,  $f$  — oqimlarning o'zgarish chastotasi;  $\Phi_1, \Phi_2$  — o'zgaruvchan magnit oqimlar;  $\varphi$  —  $\Phi_1$  va  $\Phi_2$  oqimlar orasidagi faza farqi.

Yuqorida keltirilgan (8.23) ifoda ikki va ko'p oqimli induksion o'lchash mexanizmlari uchun umumiy aylantiruvchi moment ifodasi hisoblanadi.

— Induksion mexanizmlarda aylantiruvchi moment hosil bo'lishi uchun kamida ikkita yoki ikki tashkil etuvchidan iborat bitta, faza jihatidan bir-biridan farq qiluvchi va bir-biriga nisbatan uzoqroq joylashgan o'zgaruvchan magnit oqimlari bo'lishi kerak.

— O'zgaruvchan magnit oqimlar orasidagi faza farqi  $90^\circ$  ga teng bo'lganida aylantiruvchi moment o'zining maksimal qiymatiga yetadi.

— Aylantiruvchi moment o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq.

— Induksion tizimli o'lchash mexanizmlari asosan quvvat o'lchashda — vattmetr, elektr energiyasini hisoblashda — hisoblagich (schyotchik) sifatida ishlatiladi.

## 6. O'LCHASH ASBOBLARIDAGI SHARTLI BELGILAR

O'lchash asboblariga maxsus shartli belgilar chizilgan bo'ladi va bu belgilar asosida o'lchash asbobining muhim fazilatlarini borasida kerakli ma'lumotlarni olishimiz mumkin. Quyida shu belgilarning asosiylarini keltirib o'tamiz:

*A. Asosiy o'lchash birliklari va ularning karrali va ulushli qiymatlari:* kA, kV, mA, mV, W, MW, Gs, kGs < MGs va hokazolar;

*B. O'lchash zanjiridagi tokning turi:*

~ o'zgaruvchan tok zanjirida ishlaydi;

— o'zgarmas tok zanjirida ishlaydi.

*D. Xavfsizligi:*

Beshqirrali yulduzcha ☆ chizilgan bo'lib, agar uning ichida hech qanday raqam bo'lmasa, u holda 500 voltli kuchlanish ostida sinalgan bo'ladi. Agar, raqam yozilgan bo'lsa, masalan 2, bunda asbob 2000 volt kuchlanishida sinalgan bo'ladi.

E. *Foydalanish holati*:  $\perp$  — vertikal holatda joylashtiriladi,  $\square$  — gorizontal holatda joylashtiriladi;  $60^\circ$  — qiya holatda joylashtiriladi.

F. *Aniqlik sinflari*. 0,5; 1,0 kabi.

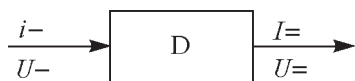
G. *Ishlash tartibi bo'yicha*.

## IX. TO'G'RILAGICHLI O'LCHASH ASBOBLARI

Magnitoelektrik tizimdagi o'lchash asboblari elektr o'lchash asboblari nisbatan qo'yiladigan ko'pchilik talablarga javob bergani uchun keng tarqalgan. Lekin ularni o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatib bo'lmaydi, chunki ularda qo'zg'aluvchan qismining (sistemaning) burilish burchagi asbobdan o'tadigan tokning o'rtacha qiymatiga proporsional bo'lib, bir davr mobaynidagi sinusoidal tokning o'rtacha qiymati esa nolga teng.

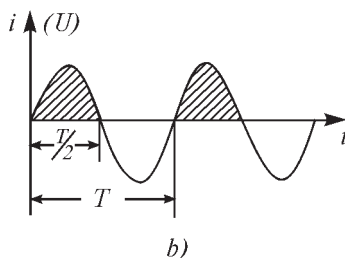
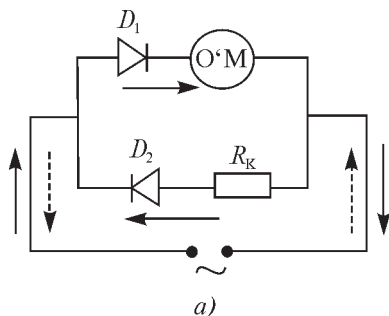
Agar o'zgaruvchan kattalik (kuchlanish yoki tok) oldin to'g'rilansa, uni o'lchash uchun magnitoelektrik tizimdagi asbobdan foydalanish mumkin bo'ladi. To'g'rilagichli asboblarning ishlash prinsipi mana shunga asoslangan. Ular magnitoelektrik tizimdagi mexanizm va to'g'rilash qurilmasidan (to'g'rilagichdan) iborat.

To'g'rilagichlar sifatida bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichli elementlardan foydalaniladi, ya'ni ularda asosan germaniyli, kremniyli diodlar ishlatiladi (9.1-rasm).



9.1-rasm.

Agar magnitoelektrik tizimdagi asboblari 9.2-*a* rasmda ko'rsatilgandek qilib o'zgaruvchan tok zanjiriga ulansa, undan tokning faqat birinchi yarim to'liqini o'tadi (9.2-*b* rasm). Teskari tomonga



9.2-rasm. *a* — bitta yarim davrli to'g'rilanish bilan ulanish sxemasi; *b* — asbob (O'M) orqali o'tuvchi tok grafigi.



qarab anod orqali tok o'ta olmaydi, lekin u ikkinchi diod  $D_2$  (tarmoq) orqali o'tishi mumkin.

Magnitoelektrik (o'lchash mexanizmining) o'lchagichning ko'rsatishi undan o'tadigan tokning o'rtacha qiymatiga proporsional bo'ladi:

$$\alpha = BSw/2W \cdot I_{o'rt} \quad (9.1)$$

yoki, magnitoelektrik tizimdagi o'lchagich ko'rsatkichining (strelkasining) og'ishi zanjirdagi tokning amplituda qiymatiga va, demak uning ta'sir etuvchi qiymatiga proporsional bo'ladi:

$$\alpha = BSw/2K_F W \cdot I, \quad (9.2)$$

bu yerda:  $K_F = I/I_{ur}$ , bo'lib,  $I$  — sinusoidal tokning ta'sir etuvchi qiymatidir ( $K_f = 1,11$ ).

Agar magnitoelektrik o'lchash mexanizmining zanjiriga 9.3-a rasmda ko'rsatilgandek qilib, ko'prik sxemasi bo'yicha ulangan to'rtta diod tutashtirilsa, undan bir davr mobaynida tokning ikkita yarim to'lqini ham bir yo'nalishda o'tadi va o'lchagichdan o'tayotgan tokning o'rtacha qiymati, ya'ni asbobning sezgirligi ikki marta ortadi.

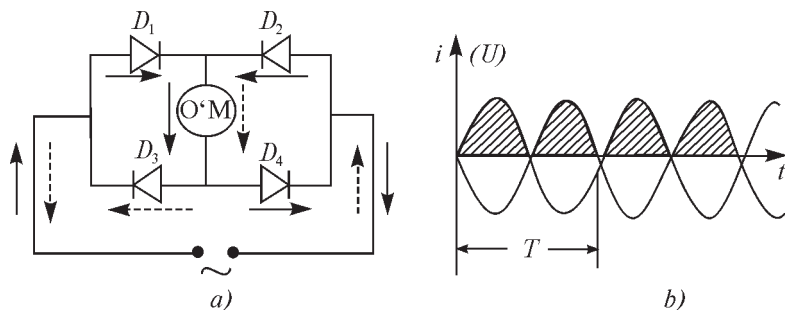
Bu holda magnitoelektrik o'lchash asbobi ko'rsatkichining og'ishi zanjirdagi tokning amplituda qiymatiga proporsional bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = BSw/2K_f W^* I \quad (9.3)$$

va ikkita yarim davrli to'g'rilanish sxemasi bo'yicha ulangan magnitoelektrik asbobning sezgirligi quyidagiga teng bo'ladi:

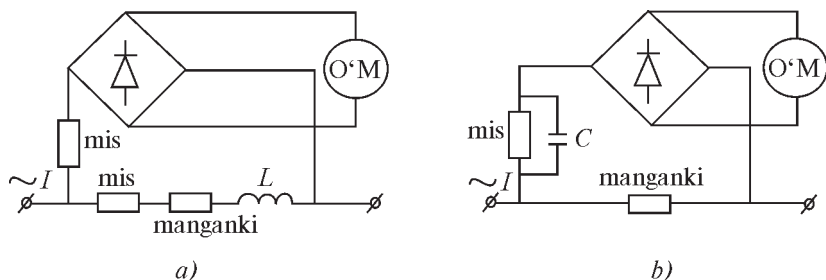
$$\alpha = S_1 I, \quad (9.4)$$

bu yerda:  $S_1$  — asbobning sezgirligi.



9.3-rasm. a — ikkita yarim davrli to'g'rilagich bilan ulanish sxemasi; b — asbob orqali o'tuvchi tokning grafigi.





9.5-a, b rasm. Kichik va yuqori toklarga mo'ljallangan to'g'rilagichli ampermetrlarning sxemasi.

— iste'mol quvvati kam.

*Kamchiligi:*

— aniqligi aytarli darajada yuqori emas (1,0 sinfdan yuqori emas);

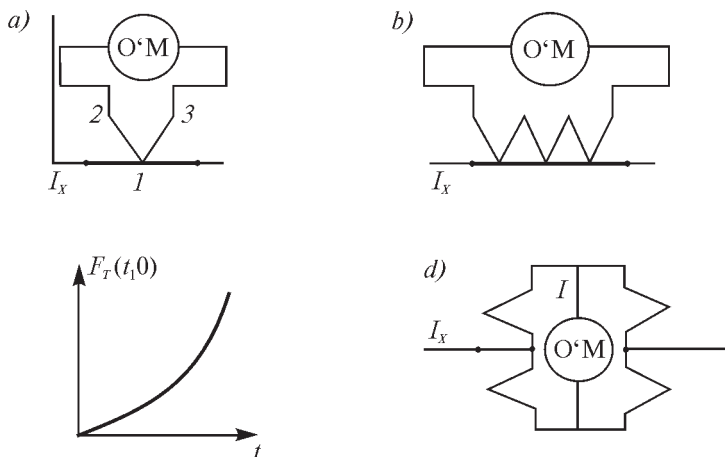
— ko'rsatishi o'lchanadigan kattalikning egri chizig'i shakliga bog'liq.

To'g'rilagichli asboblarda asosan ko'p o'lchash chegarasiga ega bo'lgan ko'chma universal asboblarda (avometrlarda) va elektr o'lchashlarda ishlatiladigan har xil apparatlar ichiga o'rnatilgan asboblarda hamda vattmetrlar, chastotamerlar tayyorlashda ham ishlatiladi.

## 1. TERMoeLEKTRIK O'LCHASH ASBOBLARI

Temperatura — eng muhim texnologik parametr bo'lib, uni o'lchashda asosan sim termodatchiklar, ya'ni termojuftlik va termoqarshiliklardan foydalaniladi. Bu asboblarda temperaturani o'lchash uchuniga emas, balki gaz to'planishini, bosim, zichlik va sarflarni o'lchash uchun ham ishlatiladi.

Termoelektrik asboblarda  $-200^{\circ}\text{C}$  dan  $+2500^{\circ}\text{C}$  gacha bo'lgan temperaturalarni o'lchashda, ilmiy tekshirish ishlarida keng qo'llaniladi. Termoelektrik asboblarda ikki xil metallardan (simlardan) tayyorlangan termojuftlik va elektr o'lchash asbobidan iborat bo'ladi. Simlarning bir uchi 1, ya'ni o'lchanayotgan muhitga tegib turgan joyi (issiq ulanma) bir-biriga kavsharlanadi, 2, 3 uchlari esa (sovuq ulanma) elektr o'lchash asbobiga ulanadi (9.6-a rasm). Simlarning kavsharlangan va asbobga ulanadigan uchlari temperaturasi har xil bo'lsa, termojuftlik o'lchash asbobidan iborat zanjirda elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi.



9.6-rasm.

Temperaturani, termoelektr yurituvchi kuchni o'lchashda termoelektrik o'zgartkichni o'lchash asbobi bilan ulashning turli usullari qo'llaniladi (9.6-*a*, *b*, *d* rasm).

$$E_T \equiv t^0, \quad I = E/R_v, \quad (9.4)$$

bu yerda:  $E$  — termoelektr yurituvchi kuch;  $R_v$  — o'lchash mexanizmi zanjirining qarshiligi.

Shunday qilib, termoelektr asbobning ko'rsatishi o'lchanayotgan tokning ta'sir etuvchi qiymatining kvadratiga to'g'ri proporsional:

$$\alpha = kI^2, \quad (9.5)$$

bu yerda:  $k$  — o'zgarmas koeffitsient bo'lib, u termoo'zgartkichning turiga, o'lchash mexanizmining parametrlariga bog'liq.

Qizdirgichdan o'tuvchi tok issiqligi chastotaga bog'liq bo'lmaydi, shuning uchun termoelektrik asboblarni o'zgarmas tok zanjirida ham, o'zgaruvchan tok zanjirida ham ishlatish mumkin.

Termoelektr yurituvchi kuchni oshirish maqsadida bir necha termojuftliklar (termobataryalar) ketma-ket ulanadi (9.6-*b* rasm). Bunda termojuftliklar hosil qiladigan termo EYuK qo'shiladi, ya'ni  $n$  ta termojuftlikdan tuzilgan termobataryalar termo EYuK alohida olingan termojuftlik termo EYuK dan katta.

Termojuftliklarni ko'priqli sxema bo'yicha (9.6-*d* rasm) ulaganda o'lchash mexanizmi zanjiridagi termo EYuK ikki marta ortadi va asosiysi, bu holda o'lchash mexanizmi zanjirining qarshiligi o'zgarmaydi.

Termoelektrik asboblarning asosiy afzalligi shundan iboratki, ularni o'zgarmas tok zanjirlarida va hattoki chastotasi 100 MHz gacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatish mumkin.

Va nihoyat, termoelektrik asboblarning kamchiligiga ularning inersionligining kattaligini va asbobning ko'rsatishi tashqi muhit temperaturasisiga bog'liqligini ko'rsatish mumkin.

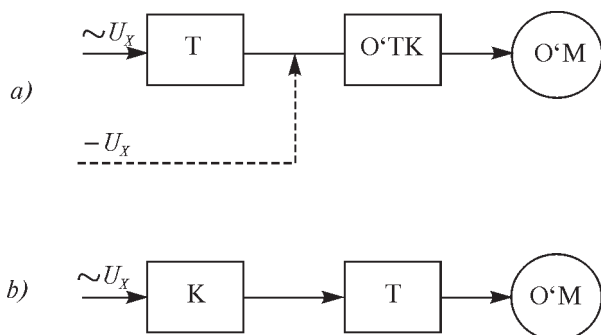
## X. ELEKTRON O'LGHASH ASBOBLAR

Elektron asboblari elektrovakuumli yoki yarim o'tkazgichli diodlardan, kuchaytirgichdan va magnitoelektrik o'lchash mexanizmidan iborat bo'ladi. 10.1-rasm *a* va *b* da o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatiladigan elektron voltmetrlarning tuzilishi sxemalari keltirilgan.

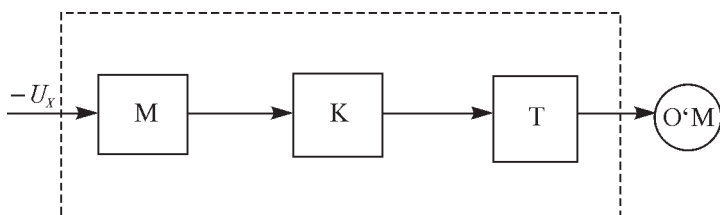
Sxemalarning asosiy qismlari *T* — to'g'rilagich, O'TK — o'zgarmas tok kuchaytirgichi, *K* — o'zgaruvchan tok kuchaytirgichi va O'M — magnitoelektrik o'lchash mexanizmlaridan iborat. 10.1-*a* rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha ishlangan voltmetrlar universal asbob sifatida ishlatilib, ularda yuqori chastotali diodlarning qo'llanilishi hisobiga chastota bo'yicha diapazon 20—30 Hz dan to 100—300 MHz gacha yetishi mumkin.

10.1-*b* rasm tuzilishi sxemasi bo'yicha ishlangan elektron voltmetrning sezgirligi va aniqligi yuqori bo'lsada, chastota diapazoni birmuncha kamroq. O'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladigan elektron voltmetrlar 10.2-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemadagi belgilar: *M* — modulator (o'zgarmas kuchlanishni o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartiruvchi elektromexanik yoki yarim o'tkazgichli modulator); *K* — kuchaytirgich; *T* — to'g'rilagich.



10.1-rasm. *a* — o'zgaruvchan va o'zgarmas tok elektron voltmetri;  
*b* — o'zgaruvchan tok elektron voltmetrning tuzilishi sxemalari.



10.2-rasm. O'zgarmas tok elektron voltmetrining tuzilishi sxemasi.

Yuqorida ko'rsatilgan sxemalar bo'yicha ishlanadigan voltmetrlarda yarim o'tkazgichli elementlar (diodlar, tranzistorlar, integral sxemalar, ba'zida elektron lampalar) ishlatiladi.

Elektron voltmetr yordamida o'zgaruvchan kuchlanishning qanday qiymati o'lchanishiga qarab, ularni bir-biridan (o'rtacha qiymatli, ta'sir etuvchi va amplituda qiymatli) farqlash zarur.

O'lchanadigan kuchlanishlar (o'rtacha qiymatli, ta'sir etuvchi qiymatli, amplituda qiymatli) bir-biri bilan amplituda koeffitsienti  $K_a$ , egri chiziq shakli koeffitsienti  $K_f$  bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$K_F = U_m / U_{o'r}. \quad (10.1)$$

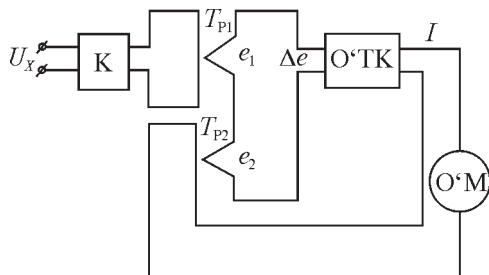
O'rtacha qiymatli elektron voltmetr asosan bitta yarim davrli va ikkita yarim davrli to'g'rilash sxemalari bo'yicha ishlanib, ularda volt-ampere xarakteristikasining chiziqli uchastkasida to'g'rilaydigan yarim o'tkazgichli diodlar ishlatiladi. Shuning uchun ham tokning o'rtacha qiymati o'lchanadigan o'zgaruvchan kuchlanishning o'rtacha qiymatiga proporsional bo'ladi yoki

$$I_{o'r} = \frac{k}{T} \int_0^T |U(t)| dt = k U_{o'r}. \quad (10.2)$$

Ta'sir etuvchi qiymatli voltmetrlarda esa ularning shkalasi to'g'rilagich volt-ampere xarakteristikasining kvadratik uchastkasi  $i = aU^2$  bo'yicha ( $U > 0$  bo'lganda) darajalanadi. Bu holda, tokning o'rtacha qiymati bilan kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatining o'zaro bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{o'r} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt = 2a \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U^2 dt = a \frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt = a U^2. \quad (10.3)$$

Elektron voltmetrlarda termoelektrik o'zgartkichlarning ishlatilishi bilan ularning shkalasi tekis darajalanishi mumkin, bu esa bizga



10.3-rasm. Termoo'zgartkichli ta'sir etuvchi qiymatli voltmetrning sxemasi.

o'lchash natijalarini avtomatik tarzda qayta ishlash, qayd qilish va boshqarishda muhim ahamiyatga ega.

10.3-rasmda shkalasi teng tekis darajalangan ta'sir etuvchi qiymatli voltmetrning sxemasi ko'rsatilgan.

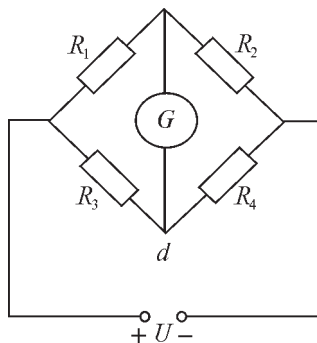
Sxema ikkita  $Tn_1$ ,  $Tn_2$  — termoo'zgartkichlar, o'zgarmas tok kuchaytirgichi (O'TK), magnitoelektrik o'lchash mexanizmi (O'M) dan iborat. O'zgaruvchan tok kuchaytirgichi K ning chiqishiga qizdirgich  $Tn_1$  ulangan bo'lib, O'TK ning kirish qismiga ikki termojuft orasida hosil bo'lgan termo EYuK farqi  $\Delta e = e_1 - e_2$  beriladi. O'TK chiqishidagi tok O'M dan va  $Tn_2$  dan o'tadi. Agar O'TK ning kuchaytirish koeffitsienti yetarlicha yuqori bo'lsa,  $\Delta e \approx 0$  va  $e_1 \approx e_2$  bo'ladi, chunki  $e_1 = k_1 U_x^2$  va  $e_2 = k_2 U_x^2$ , u holda  $I = k U_x$ , bu yerda:  $k = \sqrt{k_1 / k_2}$ .

## XI. ELEKTR ZANJIRLARINING PARAMETRLARINI KO'PRIKLI SXEMALAR YORDAMIDA O'LCHASH

### 1. O'ZGARMAS TOK KO'PRIKLARI

Ko'priklari sxema yoki oddiygina qilib aytganda, ko'priklari yopiq zanjirini tashkil qiluvchi to'rtta qarshilikdan, nol ko'rsatkich vazifasini bajaruvchi magnitoelektrik galvanometr dan iborat. 11.1-rasmda yakka o'zgarmas tok ko'priklari ko'rsatilgan.

O'zgarmas tok ko'priklari o'zgarmas tok manbayidan ta'minlanadi.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  qarshiliklar ko'priklari yelka qarshiliklari, manba va nol ko'rsatkich zanjirlari esa, ko'priklari diagonallari deb yuritiladi.



11.1-rasm.

Ko‘prik sxemasi shunday tuzilganki, unda bitta yoki ikkita yelka qarshiliklarini o‘zgartirib, ko‘prikning diagonalidan o‘tayotgan tokni nolga tenglashtirish mumkin. Bu holat ko‘prikning *muvozanati* deb yuritiladi. Ko‘prik muvozanat holatiga keltirilganda  $I_r = 0$  bo‘ladi, ya’ni  $c$  va  $d$  nuqtalarning potentsiallari bir-biriga teng bo‘ladi ( $U_c = U_d$ ).

Shunga asoslanib quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2, \quad (11.1)$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_4. \quad (11.2)$$

(11.1) tenglamani (11.2) tenglamaga hadlab bo‘lib, quyidagi ifodani olamiz:

$$R_1/R_3 = R_2/R_4 \quad (11.3)$$

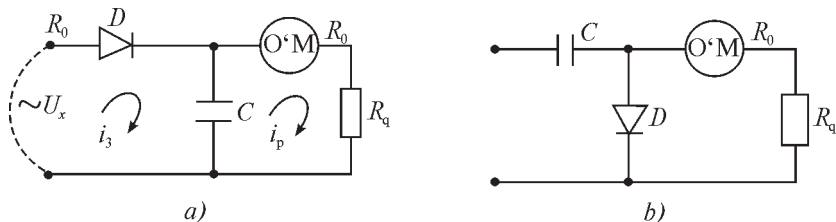
yoki

$$R_1 R_4 = R_2 R_3. \quad (11.4)$$

(11.3) va (11.4) ifodalar ko‘prikning muvozanat shartini belgilaydi. Ko‘prik yordamida noma’lum qarshilikni (elektr qarshilikni) o‘lchash uchun bu qarshilik istalgan yelka qarshiligi o‘rniga ulanadi va bitta yoki ikkita yelka qarshiliklarini o‘zgartirib, galvanometrda o‘tayotgan tokni nolga tenglashtiriladi.

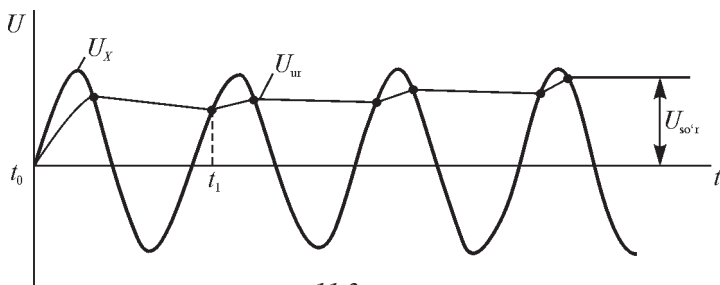
Amplituda qiymatli elektron voltmetrlar 11.2-*a*, *b* rasmda keltirilgan ikkita sxema, ya’ni ochiq uchli (diodli) va yopiq uchli (diodli) sxema bo‘yicha ulanadi.

11.2-rasmda ko‘rsatilgan ochiq diodli (uchli) voltmetr kirishiga sinusoidal kuchlanish berilganda  $t_0$  vaqtdan boshlab bu kuchlanish ochiq diod ( $D$ ) orqali kondensator ( $C$ )ni zaryadlaydi. Kondensatorning zaryadlanish vaqt doimiyligining yetarlicha kichik qiymatida [ $(\tau_p \gg \tau_3)$ ], ya’ni  $\tau_3 = (R_U + R_0)C$  bo‘lganda, bu yerda  $R_U$  — manba ichki qarshiligi,  $R_0$  ochiq diod qarshiligi, kondensatordagi kuchlanish davrining chorak qismi mobaynida deyarli  $U_{max}$  gacha ko‘tariladi (11.3-rasm).



11.2-rasm. Amplituda qiymatli voltmetrlarning (o‘zgartkichlarning) ulanish sxemalari.





11.3-rasm.

O'zgarmas tok ko'priklarining asosiy xarakteristikalaridan biri ularning sezgirligi hisoblanadi. Amalda ko'prikning sezgirligini baholash uchun nisbiy sezgirlik ifodasidan foydalaniladi.

(11.4) ifodaga asoslanib, noma'lum qarshilik  $R_1$  ni quyidagicha topamiz ( $R_x$  birinchi yelka qarshiligi  $R_1$  o'rniga ulangan):

$$R_x = (R_3/R_4)R_2, \quad (11.5)$$

bu yerda:  $R_2$  — solishtirish yelka qarshiligi hisoblanadi.

Yakka o'zgarmas tok ko'priklari qarshiliklarni o'lchashda ancha qulay asbob hisoblanadi.

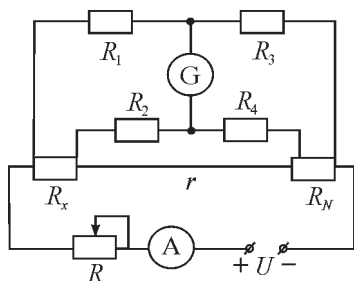
Noma'lum qarshilik tenglamasi (11.5) ga uchta qarshilik kiradi, ya'ni ko'prikning o'lchash aniqligi asosan shu uchta qarshiliklarni tayyorlashdagi aniqlikka bog'liq.

Bu qarshiliklar yuqori aniqlik bilan tayyorlanadi va xatoligi 0,02 dan oshmasligi mumkin. Hamma qarshilik xatoliklari o'zaro qo'shilgan taqdirda ko'prik xatoligi 0,05—0,1 ni tashkil qilishi mumkin. Bundan tashqari ko'prik aniqligiga tutashtiruvchi simlarning qarshiligi ham ta'sir etadi. Shu sababli, yakka o'zgarmas tok ko'priklari 10  $\Omega$  va undan katta qarshiliklarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Kichkina qarshiliklarni o'lchayotganda tutashtiruvchi simlar qarshiligining o'lchash aniqligiga ta'sirini bilish uchun quyidagi misolni ko'ramiz. Faraz qilaylik, o'lchanishi kerak bo'lgan qarshilikning qiymati 1  $\Omega$ ; tutashtiruvchi har bir simning qarshiligi  $r = 0,01 \Omega$  bo'lsin. Bu holda ko'prik bilan o'lchangan qarshilik  $R_x + 2r$  bo'ladi. Tutashtiruvchi simlarining qarshiligi tufayli vujudga kelgan nisbiy xatolik quyidagicha topiladi:

$$\beta = (2r/R_x) \cdot 100\% = (0,02/1) \cdot 100\% = 2\%.$$

O'zgarmas tok ko'priklarining asosiy xarakteristikalaridan biri ularning sezgirligi hisoblanadi. Amalda ko'prikning sezgirligini baholash uchun nisbiy sezgirlik ifodasidan foydalaniladi:

$$S = \Delta\alpha / [(\Delta R_1/R_2) \cdot 100] = [\Delta\alpha / (\Delta R_1 \cdot 100)] R_2 \text{ [bo'lak/\%]}, \quad (11.6)$$



11.4-rasm.

bu yerda:  $\Delta\alpha$  — galvanometr ko‘rsatkichining og‘ish burchagi (shkala bo‘laklarida ifodalanadi);  $\Delta R_1/R_2$  — yelka qarshiligining nisbiy o‘zgarishi.

Qo‘shaloq o‘zgarimas tok ko‘priklari asosan  $1\ \Omega$  dan kichik bo‘lgan qarshiliklarni o‘lchash uchun xizmat qiladi. 11.4-rasmda uning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Sxemada  $R_N$  — namuna qarshilik;  $R_x$  — noma‘lum qarshilik;  $r$  — ko‘prikning  $R_x$  va  $R_N$  qarshiliklari ulanadigan qisqichlarni o‘zaro tutashtiruvchi simning qarshiligi.

$R_N$  va  $R_x$  ketma-ket ulanib, ulardan  $I$  tok o‘tkaziladi. Qo‘shaloq ko‘prik asosan  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  va  $R_4$  qarshiliklardan iborat.

Ko‘prikning muvozanat holati  $I_r = 0$  ni hisobga olib, Kirxgofning II qonuniga asosan:

a)  $R_x - R_2 - r - R_1$  konturi uchun quyidagi tenglamani yozamiz:

$$I_3 R_x + I_2 R_2 - I_1 R_1 = 0; \quad (11.7)$$

b)  $R_4 - R_N - R_3 - r$  konturi uchun:

$$I_2 R_4 + I_3 R_N - I_1 R_3 = 0; \quad (11.8)$$

d)  $r - R_4 - R_3$  konturi uchun:

$$(I_3 - I_2)r - I_2 R_4 - I_1 R_3 = 0. \quad (11.9)$$

(11.7), (11.8), (11.9) tenglamalarni birgalikda yechib,  $R_x$  ni topamiz:

$$R_x = R_N (R_1/R_3) + [rR_4/R_2 + R_4 + r] (R_1/R_3 - R_2/R_4). \quad (11.10)$$

(11.10) tenglamadan  $R_x$  ni hisoblab topish ancha qiyin.

Ifodadan ko‘rinib turibdiki, agar  $R_1/R_3 = R_2/R_4$  shart bajarilsa, ifodaning o‘ng tomonidagi ikkinchi qo‘shiluvchi nolga teng bo‘ladi va ifoda ancha soddalashadi. U holda ko‘prikning muvozanat sharti quyidagicha yoziladi:

$$R_x = R_N (R_1/R_3). \quad (11.11)$$

Shunday qilib, qo‘shaloq ko‘prik muvozanat holatiga keltirilganda bir vaqtda ikki shart bajariladi.

Tutashtiruvchi simlarning qarshiliklari o‘lchash aniqligiga juda katta ta’sir etadi, chunki ularning qiymati taxminan  $0,01\ \Omega$  ni tashkil

qiladi va u  $R_1, R_2, R_3, R_4$  qarshiliklarga nisbatan juda kichik.  $R_1, R_2, R_3, R_4$  qarshiliklar esa  $10 \Omega$  dan kichik bo'lmaydi.

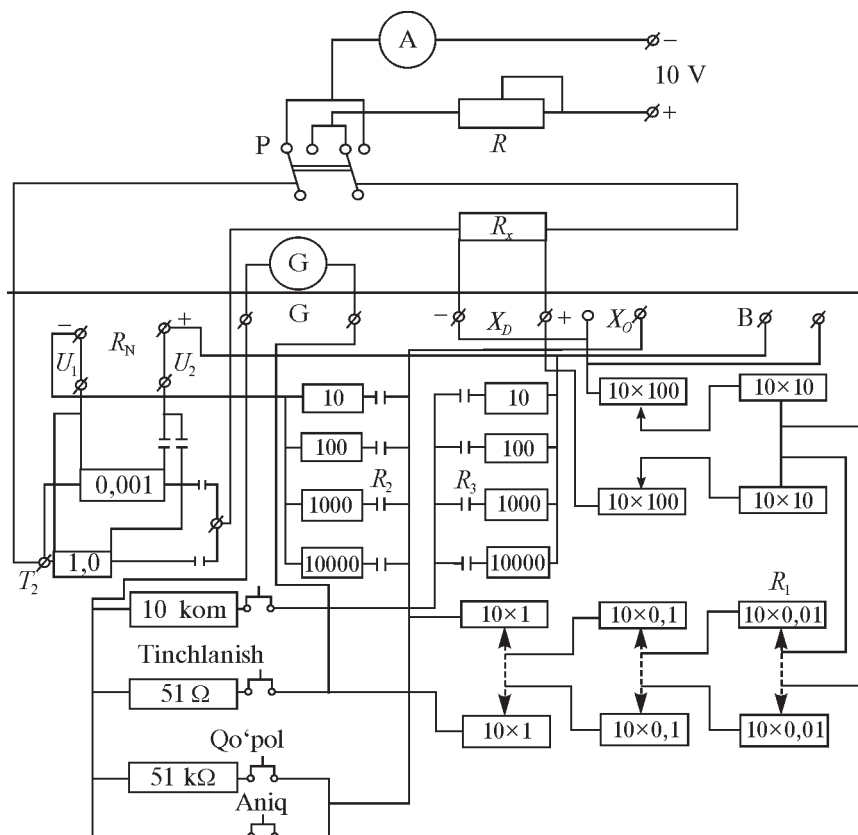
Hozirgi vaqtda qo'shaloq ko'priklarda  $R_1$  va  $R_3$  qarshiliklar shtepselli qarshilik magazinlari ko'rinishida ishlanadi.  $R_2$  va  $R_4$  esa, to'rt yoki besh dekadali richagli almashlab ulovchi qurilmali qarshilik magazinlari ko'rinishida bo'ladi.

Bu holda qarshiliklarni bir vaqtda qat'iy bir xil rostdlashga imkon bo'ladi.

Qo'shaloq ko'priknining sezgirligi nol-ko'rsatkichning sezgirligiga, ko'priknining zanjirining parametrlariga va ish tokining qiymatiga bog'liq.

Odatda qo'shaloq ko'priklar  $10 \Omega$  dan  $10^{-6}$ — $10^{-8}$  gacha bo'lgan qarshiliklarni o'lchash uchun ishlatiladi.

11.5-rasmda kichkina qarshiliklarni o'lchash uchun R-329 turi-dagi ko'priknining soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. Qarshiliklar shtepselli qarshilik magazinlari ko'rinishida ishlanadi.



11.5-rasm.

$R_2$  va  $R_4$  esa, to‘rt yoki besh dekadali richagli almashlab ulovchi qurilmali qarshilik magazinlari ko‘rinishida bo‘ladi.

R-329 turidagi ko‘prik  $10^{-8}$  dan  $10^6 \Omega$  gacha bo‘lgan qarshiliklarni o‘lchash uchun mo‘ljallangan. O‘lchash xatoligi ko‘prikning o‘lchash chegarasiga bog‘liq bo‘lib, 0,05 dan 2% gacha bo‘ladi.

Solishtirish yelkasi  $R_1$  beshta dekadali magazin qarshiliklaridan iborat:  $10 \times 100$ ;  $10 \times 1$ ;  $10 \times 0,1$  va  $10 \times 0,01 \Omega$ .

Nisbat yelkalarining ( $R_2$  va  $R_3$ ) har qaysisi to‘rtta: 10, 100, 1000 va 10000  $\Omega$  qarshiliklardan tuzilgan.

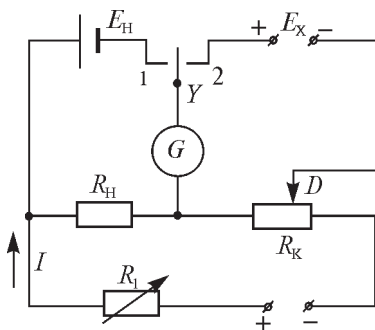
Namuna qarshilik  $R_N$  blokiga ikkita 1 va 0,001  $\Omega$  qarshilik kiradi, «Qo‘pol» knopkasi bosilganda nol ko‘rsatkich bilan ketma-ket 51 k $\Omega$  qarshilik ulanadi.

«Aniq» knopkasi bosilganda nol ko‘rsatkich sxemaga bevosita ulanadi. Nol ko‘rsatkichning tinchlanishi «tinchlanish» knopkasi yordamida amalga oshiriladi.

Ko‘prikning sxemasi kichik  $\Omega$  li qarshiliklarni o‘lchashda ichki va tashqi qarshilik qiymatini o‘zgartirib, ko‘prikning o‘lchash chegarasini o‘zgartirishi mumkin. Namuna qarshiligining bloki to‘rtta knopkaga: ikkitasi  $I_1$  va  $I_2$  — tokniki va ikkitasi  $U_1$  va  $U_2$  potentsiallarniki hamda namuna qarshiligini sxemaga ulovchi shtepselli kolodkaga ega. Namuna qarshiliklardan o‘tuvchi tokning qiymatlari: 0,5 A ( $R_N = 1 \Omega$ ) va 32 A ( $R_N = 0,001 \Omega$ ).

## XII. TOK, KUCLANISH VA QARSHILIKNI KOMPENSATSION USULDA O‘LCHASH

### 1. O‘ZGARMAS TOK POTENSIOMETRI



12.1-rasm.

O‘zgarmas tok potentsiometrlarning ishlash prinsipi o‘lchanadigan kattalikning ( $I_x$ ,  $U_x$ ,  $E_x$ ,  $R_x$ ) aniq kuchlanish (kompensatsiyalovchi) bilan o‘zaro muvozanatlashuviga asoslanadi.

12.1-rasmda qo‘l bilan muvozanatlanuvchi o‘zgarmas tok potentsiometrlarning sxemasi keltirilgan.

Potentsiometr yordamida noma’lum EYuK  $E_x$  ni o‘lchash jarayoni 2 qismdan iborat bo‘ladi:

1. Har xil potensiometr turi uchun aniq qiymatga ega bo'lgan ish toki  $I_1$  ni o'rnatish.

2. Noma'lum EYUK  $E_x$  ni o'lchash.

Ish tok  $I_1$  ni o'rnatish uchun ulagich  $U$  ni «1» holatga qo'yiladi va  $R_1$  qarshilikni o'zgartirib galvanometr ko'rsatkichi nolga keltiriladi. Bunda namuna  $R_n$  qarshilikdagi kuchlanish pasayishi normal element elektr yurituvchi kuchi  $E_n$  ga teng bo'ladi:

$$E_n = I_1 \cdot R_n, \quad (12.1)$$

bu ifodadan ish tokini topamiz:

$$I_n = E_n / R_n. \quad (12.2)$$

So'ngra ulagich  $U$  ni «2» holatga qo'yiladi.  $R_k$  qarshilik dastasi  $D$  ni surib  $U_k$  ni  $E_x$  ga tenglashtiriladi, ya'ni bu holda ham galvanometr ko'rsatkichi nolga keltiriladi:

$$E_x = U_k = I_1 R_k. \quad (12.3)$$

Yoki (12.2) ifodani hisobga olib, (12.3) ni quyidagicha yozamiz:

$$E_x = E_n R_k / R_n. \quad (12.4)$$

Bu ifoda noma'lum EYUK  $E_x$  ni o'lchash davomida ish tokining qiymati o'zgarmas bo'lishi kerakligini ko'rsatadi.

O'zgarmas tok potensimetri  $E_x$  ni yuqori aniqlik bilan o'lchaydi. Bu aniqlik (12.4) ifodaga ko'ra normal element EYUK qiymatining aniqligi va namunaviy qarshilik  $R_n$  hamda kompensatsion qarshilik  $R_k$  qiymatlarining aniqligiga bog'liq. Normal element ish tokini o'rnatish uchun xizmat qiladi, uning aniqlik sinfi 0,005.  $R_n$  va  $R_k$  qarshiliklar juda yuqori aniqlik bilan ishlanadi, ularning xatoligi 0,01% dan oshmaydi. Natijada potensiometr o'lchash xatoligi 0,02% dan katta bo'lmaydi.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, potensimetrlarning mukammalligi asosan kompensatsion qarshilikning sxemasi va konstruksiyasiga bog'liq. Kompensatsion qarshiliklar juda xilma-xildir. Aniqligi juda past bo'lgan potensimetrlarda kompensatsion qarshilik qarshilik magaznlari va reoxorddan iborat bo'ladi.

Aniqligi yuqori o'zgarmas tok potensimetrlarida reoxord ishlatilmaydi. Kompensatsion qarshilik shuntlovchi dekadalar va o'rnini bosuvchi dekadalar deb ataluvchi sxemalar bo'yicha ishlanadi.

O'zgarmas tok potensimetrlari ish toki zanjirining qarshiligiga qarab, ikki guruhga bo'linadi: kichik qarshilikli yoki past omli potensimetrlar va katta qarshilikli yoki yuqori omli potensimetrlar.

Past omli potensimetrlar taxminan 0,1 Voltgacha bo‘lgan kichik EYuK larni o‘lchashda qo‘llaniladi. Ularning ish toki 1–10–25 mA ga teng bo‘lib, ish toki zanjirining qarshiligi esa bir necha o‘n omdan iborat bo‘ladi. Bu potensimetrlarda nol ko‘rsatkich sifatida kichik kritik qarshilikka ega bo‘lgan magnitoelektrik galvanometrlar ishlatiladi.

Yuqori omli potensimetrlarda ish toki zanjirining qarshiligi 1 V ga 10000  $\Omega$  to‘g‘ri keladi. Odatda ish toki 0,1 mA ga teng. Nol ko‘rsatkichi sifatida katta kritik qarshilikka ega bo‘lgan magnitoelektrik galvanometr qo‘llaniladi. Bunday potensimetrlarning yuqori o‘lchash chegarasi 1,2÷2,5 V bo‘ladi.

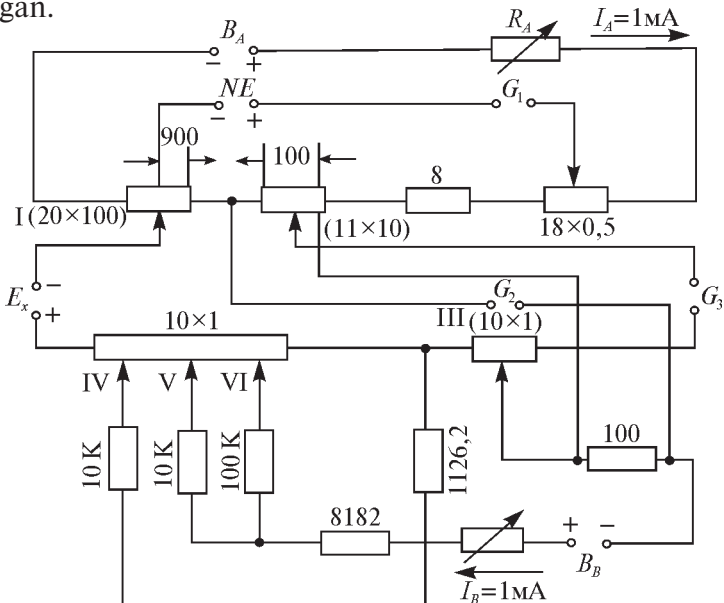
O‘zgarmas tok potensimetrlari kuchlanish, EYuK, tok va elektr qarshiliklarini o‘lchash hamda namuna asboblari — ampermetrlar, voltmetrlar va vattmetrlarni tekshirish uchun qo‘llaniladi.

O‘zgarmas tok potensimetrlarining afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Aniqligi yuqori.

2. O‘lchanayotgan kuchlanish manbayida hech qanday quvvat sarflanmaydi. EYuK va kuchlanishni aniq o‘lchashga mo‘ljallangan R-37 turidagi potensimetrning aniqlik sinfi 0,02 bo‘lib, yuqori o‘lchash chegarasi 2,1 V ga teng. Potensimetr ko‘rsatishidagi yo‘l qo‘yiladigan xatolik quyidagi ifoda  $\pm(200 \text{ V} + 0,4) \cdot 10^{-6} \text{ V}$  orqali aniqlanadi. Ifodadagi V potensimetrning ko‘rsatgan qiymati.

12.2-rasmda R-37 potensimetrning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan.



12.2-rasm.

Potensiometr ikki A va B konturlaridan iborat, A konturi I va II o'lash dekadalari,  $8 \Omega$  li qarshilik va normal element NE dekadalaridan tashkil topgan. B konturi esa III, IV, V, VI o'lash dekadalaridan bir guruh tok taqsimlash qarshiliklaridan va  $100 \Omega$  li o'rnatish qarshilikdan tashkil topgan. III dekada batareya bilan ketma-ket ulanadi va undan  $1 \text{ mA}$  tok o'tadi. So'ngra tok taqsimlash qarshiliklariga tarqaladi. Tok taqsimlash qarshiliklari IV, V, VI dekada o'chagichlarining cho'tkasi bilan ulanadi.

B konturidagi ish toki  $100 \Omega$  lik o'rnatish qarshilikdagi kuchlanishni A konturning II dekadasida  $10$ -pog'onasidagi kuchlanish bilan solishtirib o'rnatiladi.

Shuni uqitirib o'tish kerakki, o'zgarmas tok potensiometrlari yordamida to'g'ridan to'g'ri kuchlanish yoki EYUK ni o'lash mumkin. Shu sababli tok va qarshiliklarni o'lash uchun bu qiymatlar o'zlariga proporsional bo'lgan kuchlanish yoki EYUK ga aylantiriladi.

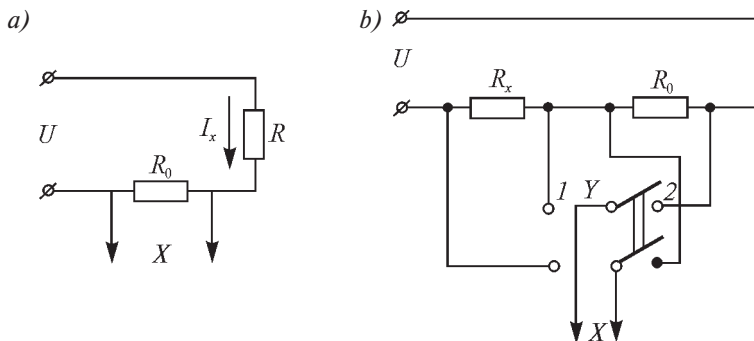
**Tokni o'lash.** Potensiometr bilan tokni quyidagi sxema yordamida o'lchanadi (12.3-a rasm).

Noma'lum tok  $I_x$  o'tayotgan zanjirga ma'lum namunaviy  $R_0$  qarshilik ulanadi va potensiometr bilan bu qarshilikdagi kuchlanish pasayishi o'lchanadi. Tokning qiymati esa quyidagi ifodadan hisoblash yo'li bilan topiladi:

$$I_x = U_0 / R_0, \quad (12.5)$$

bu yerda:  $U_0$  — potensiometr shkalasidan ( $R_k$  qarshiligining  $D$  dastagi holatidan) olingan qiymat, Volt;  $R_0$  — namunaviy qarshilikning qiymati.

**Qarshilikni o'lash.** Noma'lum qarshilik  $R_x$  namunaviy qarshilik  $R_0$  bilan ketma-ket ulanadi va ulardan  $I$  toki o'tkaziladi (12.3-b rasm).



12.3-a, b rasm.

Potensiometr yordamida  $R_0$  va  $R_x$  qarshiliklardagi kuchlanish pasayishi  $U_0$  va  $U_x$  o'lchanadi:

$$U_0 = IR_0, \quad (12.6)$$

$$U_x = IR_x, \quad (12.7)$$

(12.6) ni (12.7) ga bo'lib,  $R_x$  ni hisoblash uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$R_x = (U_x/U_0)R_0. \quad (12.8)$$

**Kuchlanishni o'lchash.** O'zgarmas tok potensiometri yordamida to'g'ridan to'g'ri taxminan 2 V gacha bo'lgan kuchlanishlarni o'lchash mumkin.

Qiymati 2 V dan katta bo'lgan kuchlanishlarni o'lchash uchun kuchlanish bo'lgichlari ishlatiladi, ya'ni kuchlanish bo'lgichlari yordamida potensiometrning yuqori o'lchash chegarasi kengaytiriladi.

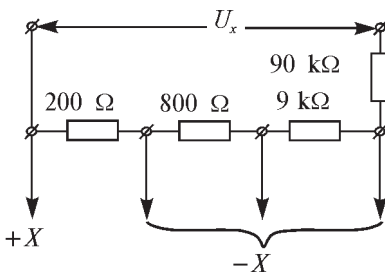
12.4-rasmda KB-1 (DN-1) turidagi kuchlanish bo'lgichining elektr sxemasi keltirilgan.

Kuchlanish bo'lgichi to'rtta aktiv qarshilikdan iborat bo'lib, umumiy qarshiligi 100 k $\Omega$ , «X» qisqichlariga noma'lum kuchlanish ulanadi. Potensiometr bilan bu noma'lum kuchlanishning bir ulushi  $U'_x$ , ya'ni «+» qisqichi bilan ikkinchi bo'lish koeffitsienti ko'rsatilgan qisqich  $I$  orasidagi kuchlanish pasayishi o'lchanadi. O'lchanuvchi kuchlanish  $U_x$  quyidagi ifodadan hisoblash yo'li bilan topiladi:

$$U_x = U_k(R_b/R) = kU_k, \quad (12.9)$$

bu yerda:  $R_b$  — 100 k $\Omega$  (bo'lgich qarshiligi);  $R$  — 200, 1000, 10000  $\Omega$  qiymatlariga teng bo'lishi mumkin;  $k$  — bo'lgich koeffitsienti;  $U_k$  — potensiometr shkalasidan olinadigan qiymat.

Shuni aytib o'tish kerakki, kuchlanish bo'lgichlarining qo'llanilishi o'lchanuvchi manbadan quvvat sarf bo'lishiga olib keladi.



12.4-rasm.

## 2. O'ZGARUVCHAN TOK POTENSIOMETRLARI

O'zgaruvchan tok potensiometrining ishlash prinsipi ham xuddi o'zgarmas tok potensiometrlarinikidek,  $U_x$  (yoki E.Yu.K. Ex) ning kompensatsion (aniq) kuchlanish  $U_k$  bilan



o‘zaro kompensatsiyalanishiga asoslanib, kompensatsiya momenti nol-indikator yordamida aniqlanadi.

Noma’lum  $U_x$  kuchlanishni kompensatsion  $U_K$  kuchlanish bilan to‘la kompensatsiya qilish uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1.  $U_x$  na  $U_K$  kuchlanishlarning modullari o‘zaro teng bo‘lishi;
2.  $U_x$  va  $U_K$  kuchlanishlar fazalari bo‘yicha bir-biriga teskari bo‘lishi (ya’ni  $180^\circ$ );
3.  $U_x$  va  $U_K$  kuchlanishlarning chastotalari o‘zaro teng bo‘lishi;
4.  $U_x$  va  $U_K$  kuchlanishlarning shakli (vaqt bo‘yicha o‘zgarishi) bir xil bo‘lishi kerak.

Birinchi va ikkinchi shartlarning bajarilishi uchun o‘zgaruvchan tok potentsiometrlarining sxemasi shunday tuzilganki, ularda kompensatsion kuchlanish  $U_K$  ning moduli va fazasini o‘zgartirish imkoniyati bor.

Bu bilan ular o‘zgaruvchan tok potentsiometrlaridan tubdan farq qiladi.

Uchinchi shart bajarilishi uchun potentsiometr va kuchlanishi o‘lchanayotgan elektr zanjir bitta manbadan ta’minlanadi.

$U_x$  va  $U_K$  kuchlanishlarning sinusoida bo‘yicha o‘zgarishini amalda bajarish juda qiyin. Shuning uchun kompensatsiya asosiy garmonika bo‘yicha bajariladi va nol indikator sifatida vibratsion galvanometr ishlatiladi.

O‘zgaruvchan tok potentsiometrlari ikki turli bo‘ladi:

- a) qutb-koordinatali;
- b) to‘g‘riburchak-koordinatali.

12.5-rasmda to‘g‘riburchak-koordinatali o‘zgaruvchan tok potentsiometrlarining soddalashtirilgan elektr sxemasi keltirilgan.

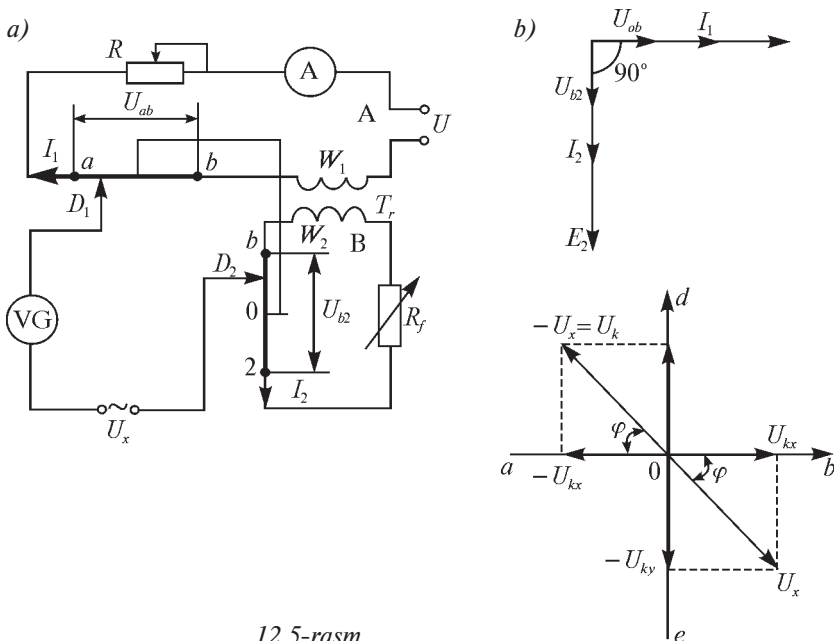
Potentsiometr ikki ish zanjiri  $A$  va  $B$  dan iborat.  $A$  ish zanjiri ampermetr  $A$ , rostdash qarshiligi  $R$ , kuchlanish birligida darajalangan reoxord ab, havo (o‘zaksiz) transformatori  $T_R$  ning 1 (birlamchi) chulg‘amidan tashkil topgan.  $B$  zanjir esa,  $T_R$  ning 2 (ikkilamchi) chulg‘ami, kuchlanish birligida darajalangan reoxord va qarshilik  $R_f$  dan iborat.

$A$  zanjirdan  $I_1$  tok o‘tganda  $T_R$  ning 1 (birlamchi) chulg‘amida  $F$  magnit oqimi hosil bo‘ladi. Transformator  $T_R$  ferromagnit o‘zaksiz bo‘lganligi uchun bu  $F$  oqim o‘zini hosil qilayotgan  $I_1$  tok bilan bir fazada bo‘ladi.

$T_R$  ning 2 (ikkilamchi) chulg‘amida hosil bo‘lgan EYuK  $E_2$   $F$  magnit oqimdan  $90^\circ$  orqada bo‘lib (12.5- $b$  rasm) quyidagicha ifodalanadi:

$$E_2 = -j\omega MI_1, \quad (12.9)$$

bu yerda:  $M$  — o‘zaro induktivlik koeffitsienti,  $B$  ish zanjiridagi tok esa



12.5-rasm.

$$I_2 = \frac{E}{Z_2} = \frac{E}{r_2 + j\omega L_2}, \quad (12.10)$$

bu yerda:  $Z_2$  — shu zanjirning to‘la qarshiligi.

$B$  zanjirning reaktiv qarshiligi aktiv qarshiligiga nisbatan juda kichik ( $r_2 \gg \omega L_2$ ), shu sababli  $I_2$  toki EYuK  $E_2$  bilan bir fazada bo‘lib,  $I_1$  tokka nisbatan  $90^\circ$  ga burilgan.

$U_{a6}$  va  $U_{vr}$  kuchlanishlar ham bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  ga surilgan. Yuqoridagi ifodaga binoan  $I_2$  tokning qiymati chastotaga bog‘liq. Chastotaning o‘zgarishi natijasida «VG» qarshiligining darajalanishi buzilishi mumkin.

$I_2 = \text{const}$  bo‘lishi uchun  $R_f$  qarshiligi xizmat qiladi.  $U_x$  ni o‘lchash uchun  $D_1$ ,  $D_2$  dastaklarini surib, vibratsion galvanometrqa qarab kompensatsiya momenti aniqlanadi.  $D_1$  va  $D_2$  dastaklar «0» nuqtadan o‘tganida  $U_k$  ning tashkil etuvchilari  $U_{xx}$  va  $U_{xy}$  ning ishorasi o‘zgaradi (12.5-b rasm).

Noma‘lum kuchlanish  $U_x$  ning qiymati va fazasi quyidagi ifodalardan hisoblab topiladi:

$$U_x = \sqrt{U_{xx}^2 + U_{xy}^2}, \quad (12.11)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_{xy}}{U_{xx}}, \quad (12.12)$$

bu yerda:  $U_{xx}$  va  $U_{xy}$  noma'lum kuchlanish  $U_x$  ning tashkil etuvchilari potensiometrning  $X$  va  $Y$  o'qi shkalasidan olinadi;  $\varphi$  —  $U_{xy}$  va  $U_{xx}$  kuchlanishlar orasidagi burchak.

O'zgaruvchan tok potensiomtrlari quyidagi maqsadlarda ishlatiladi:

- a) kuchlanish va EYuK larni o'lchash uchun;
- b) kompleks tok va qarshiliklarni o'lchash uchun;
- d) o'zgaruvchan magnit oqimlarni o'lchash uchun;
- e) elektrotexnik po'latning magnit xarakteristikasini olish uchun;
- f) fazometr, tok va kuchlanish transformatorlarini tekshirish uchun.

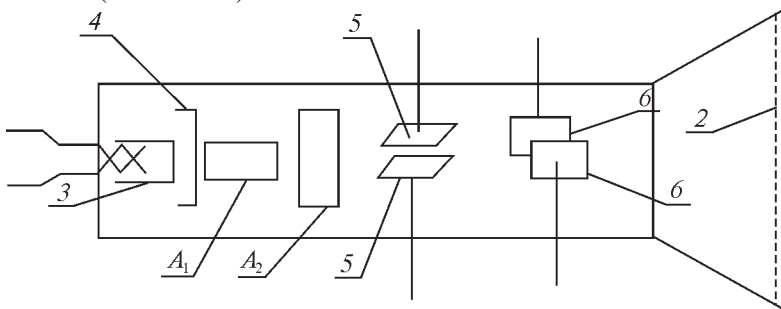
### XIII. ELEKTRON OSSILLOGRAFLAR

Elektron ossillograflar universal asbob hisoblanib, ular faqat elektr o'lchash laboratoriyalarida majburiy asbob bo'lmay, balki biologiyada, meditsinada va boshqa fan va texnika sohalarida juda keng qo'llaniladi.

Elektron ossillograflar past va yuqori chastotali tok va kuchlanishlarni o'lchash, qisqa vaqt ichida o'zgaruvchan va impulsli hodisalarni kuzatish, qayd qilish uchun xizmat qiladi. Ular yordamida hatto chastotasi  $10^3$  MHz gacha bo'lgan jarayonlarni tekshirish, kuzatish mumkin.

Elektron ossillograf bir qancha qismlardan iborat: elektron nur trubkasi, vertikal va gorizontaal og'ish kuchaytirgichlari, arrasimon kuchlanish generatori va manba bloki.

Elektron nur trubka ossillografning asosiy o'lchash mexanizmi hisoblanadi. Hozirgi vaqtda asosan, qizdirilgan katodli, elektrostatik fokuslash va boshqariladigan elektron nur trubka qo'llaniladi. Elektron nur trubkaning tor uchiga elektron to'p va og'diruvchi sistema o'rnatiladi (13.1-rasm).



13.1-rasm.

Elektron to'p tez uchuvchi elektronlar oqimi hosil qiluvchi va uni ingichka nurga aylantiruvchi qurilmadir, u elektron chiqaruvchi katod 3 dan, boshqaruvchi elektrod 4 dan va elektronlar nurini ekranga fokuslovchi ikkita  $A_1$  hamda  $A_2$  anoddan iborat.

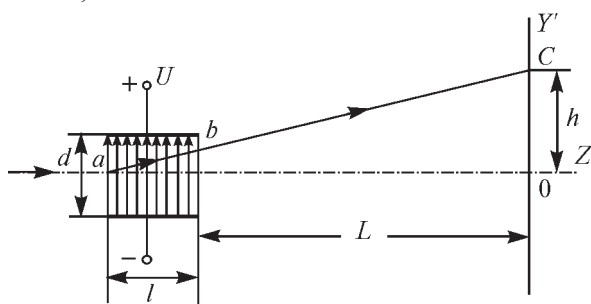
Og'diruvchi sistema ikki juft: vertikal og'diruvchi 5 va gorizontal og'diruvchi 6 plastinkalardan iborat.

Agar qizdirgich tolasidan elektr toki o'tkazilsa, u cho'g'lanadi va katodni qizdiradi. Termoelektron emissiya hodisasi natijasida katod elektronlar chiqaradi. Agar boshqaruvchi elektrod 4 ga anod potensialiga nisbatan manfiy potensial berilsa,  $A_1$  va  $A_2$  anodlarning potensialini esa unga nisbatan musbat qilinsa, u holda elektronlar boshqaruvchi elektrodning sirtidan uning o'qiga tomon itariladi va teshik orqali musbat potensialli anodga intiladi. Birinchi anodning potensialini rostlab elektron dastani fokuslash, ekranda kichik (diametri  $0,2 \div 0,5$  mm li) nurlanuvchi nuqtaning paydo bo'lishiga erishish mumkin. Agar vertikal og'diruvchi plastinkalarga kuchlanish berilgan bo'lsa, ular orasida elektr maydoni hosil bo'lib, o'zi orqali o'tayotgan elektronlarga ta'sir qiladi. Bu kuchlar ta'siri ostida elektronlar dastlabki yo'nalishlarini o'zgartiradi va ekranning markaziga tushmaydi (13.2-rasm). Natijada, dog' plastinkalarga berilgan kuchlanishning yo'nalishiga qarab yo pastga, yo yuqoriga ko'chadi.

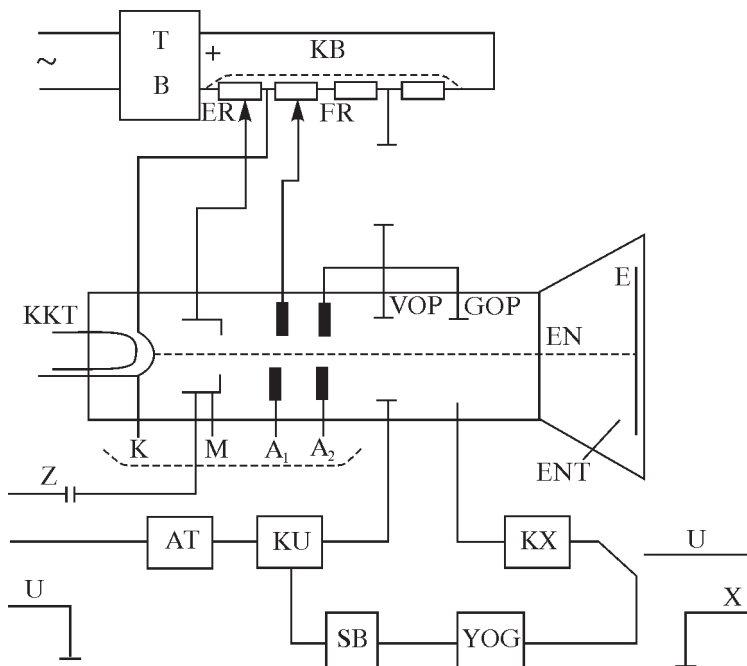
Gorizontal og'diruvchi plastinkalar ta'siri ham xuddi shunday, faqat ular nurni gorizontal bo'ylab og'diradi.

Elektron ossillograf blok sxemasidagi (13.3-rasm) belgilar:

ENT — elektron nur trubka; ET — elektron to'p; EN — elektron nur; E — ekran: K — katod; KQT — katod qizdirgichining tolas; M — modulator:  $A_1, A_2$  — birinchi va ikkinchi anodlar; GOP — gorizontal og'dirish plastinkasi; VOP — vertikal og'dirish plastinkasi; TB — ta'minlash bloki; KB — kuchlanish bo'lgich; YOR — yorqinlik regulatori; FR — fokuslash regulatori; AT — attenyuator (kuchsizlantiruvchi), KU, KX — U va X kanallarning kuchaytirgichi; YG — yoyma generator; SB — sinxronlashtirish bloki.



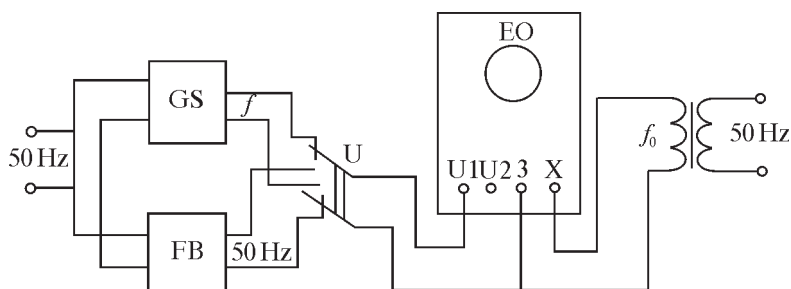
13.2-rasm.



13.3-rasm. Elektron ossilloqrafning blok sxemasi.

## 1. ELEKTRON OSSILLOGRAFI EKSPANIDA HAR XIL YOYMALAR HOSIL QILISH USULLARI

**Lissaju shakllari usuli.** Agar ikkala ogʻdiruvchi plastinkalarga, sinusoida boʻyicha oʻzgaruvchan kuchlanish  $U_y$  va  $U_x$  berilgan boʻlsa, u holda bu kuchlanishlarning amplitudasiga, fazasiga va chastotasiga qarab elektron nur ekranda Lissaju shakllarini yozadi (13.4-rasm). Bunda, masalan, gorizontal ogʻdiruvchi plastinkaga maʼlum chastotali sinusoidal

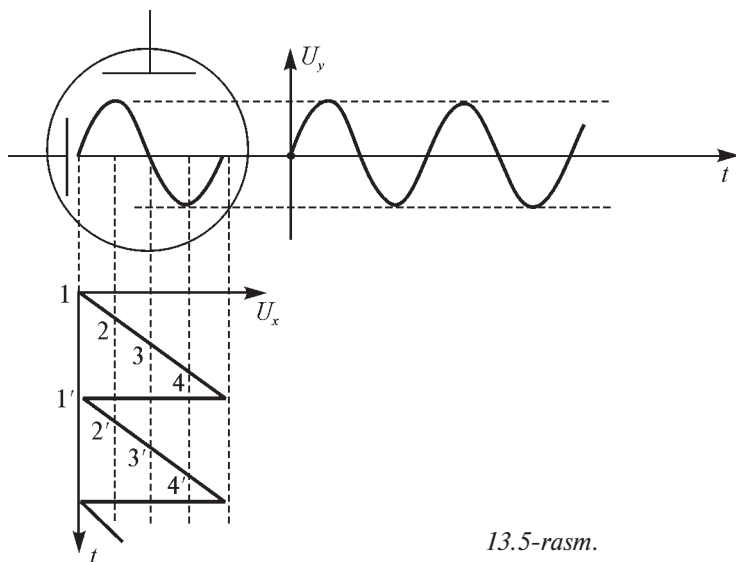


13.4-rasm.

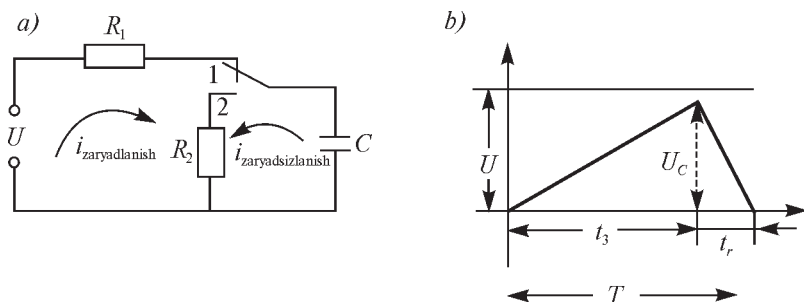
kuchlanish, vertikal og‘diruvchi plastinkaga esa tekshirilayotgan noma‘lum kuchlanish berib, hosil bo‘lgan Lissaju shakllari bo‘yicha noma‘lum kuchlanishning fazasi, chastotasi haqida fikr yuritish mumkin.

**Chiziqli yoyma usuli.** Bizni qiziqtiradigan kattalikning vaqt bo‘yicha o‘zgarish egri chizig‘ini olish uchun, odatda, gorizontaal og‘diruvchi plastinkalarga chiziqli o‘zgaruvchan kuchlanish  $U_{yo}$  qo‘yish kerak, vertikal og‘diruvchi plastinkalarga esa noma‘lum kuchlanish beriladi. Bunda ekranda to‘g‘ri burchak koordinatalarida noma‘lum kuchlanishning o‘zgarish egri chizig‘i hosil bo‘ladi (13.5-rasm).

Chiziqli o‘zgarishni ta‘minlash uchun yoyuvchi kuchlanish  $U_y$  arrasimon shaklda bo‘lishi kerak. Bunday kuchlanish yoyma (raz-



13.5-rasm.



13.6-rasm.

vyortka) generatori deb ataladigan generatorda (maxsus qurilmada) hosil qilinadi (13.6-a rasm).

Yoyma generatordagi arrasimon o'zgaruvchan kuchlanishni ishlab beruvchi qurilmaning ishlashi kondensatorning zaryadlanishi va zaryadsizlanishiga asoslanadi. (13.6-b rasm):  $U$  — manba kuchlanishi;  $K$  — kalit.

Agar kalit 1-holatga ulansa, kondensator  $S$ ,  $R_1$ , qarshiligi orqali zaryadlanib, zaryad kuchlanishi eksponensial qonun bo'yicha ko'payadi:

$$U_{C_3} > U \quad \text{yoki} \quad U_{C_3} = U \cdot [1 - e^{1/\tau_1}]. \quad (13.1)$$

Bu yerda  $\tau_1 = R_1 S$  — kondensatorning zaryadlanish vaqti doimiyligi.

Agar elektron nur to'pi yo'lining oxirida kalit 2-holatga ulansa, kondensator  $R_2$  orqali zaryadsizlanadi va kondensatorni zaryadsizlanish kuchlanishi (yoki elektron nurini teskari yo'nalishda surilishi) quyidagicha ifodalanadi:

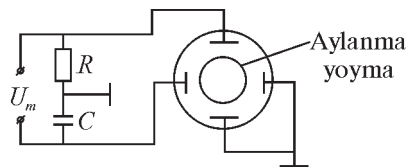
$$U_{ur} = U_c \cdot e^{t_{mmec}/\tau_{raz}}, \quad \tau_{raz} = R_2 \cdot C \quad (13.2)$$

va

$$t_{tug'} \gg t_{teskari} \quad (13.3)$$

Noma'lum kuchlanish egri chizig'i ekranda qo'zg'almay turishi uchun, noma'lum kuchlanish chastotasi arrasimon kuchlanish chastotasini maxsus sinxronlash qurilmasi yordamida sinxronlashtiradi. Agar vertikal og'diruvchi plastinkaga kuchlanish berilmasa, arrasimon kuchlanishning ta'siridan nurlanuvchi dog' ekranda gorizontal chiziq bo'yicha  $t_1$  vaqt oralig'ida chapdan o'ngga suriladi va juda qisqa  $t_2$  vaqt oralig'ida dog' avvalgi holatiga (o'ngdan chapga) qaytadi. Agar vertikal plastinkalarga sinusoidal kuchlanish berilsa, ekranda bu kuchlanishning yoyilishi hosil bo'ladi.

**Aylanma yoyma usuli.** Elektron ossillograflarni tekshirayotganda ularda aylanma yoyma hosil qilish ham katta ahamiyatga ega. Buning uchun vertikal va gorizontal og'diruvchi plastinkalarga bir xil, lekin faza jihatidan  $90^\circ$  ga farq qiladigan kuchlanish beriladi (13.7-rasm).



13.7-rasm.

Bu holda ekranda hosil bo'lgan dog'ning  $X$  va  $Y$  o'qlari bo'yicha surilishi quyidagi parametrik tenglama bilan ifodalanadi:

$$X = S_{UX} \cdot U_{mx} \sin \omega t, \quad (13.4)$$

$$Y = S_{UY} \cdot U_{my} \cos \omega t,$$

bu yerda:  $S_U$  va  $U_m$  lar  $X$  va  $Y$  o'qlari bo'yicha kuchlanishlarning amplituda qiymatlari va sezgirligi bo'lib, ularni shunday tanlash kerakki,

$$S_{UX} \cdot U_{mx} = S_{UY} \cdot U_{my} = A \quad (13.5)$$

sharti bajarilsin. U holda yuqoridagi ikki parametrik (13.4) tenglamani kvadratga ko'tarib qo'shsak va  $\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$  ini hisobga olsak,  $A$  radiusli aylana tenglamasi hosil bo'ladi:

$$X^2 + Y^2 = A^2. \quad (13.6)$$

**Ossillografik usullar yordamida noma'lum chastota, faza siljish burchaklarini aniqlash.** Lissaju figuralari usuli bilan chastota topilayotganda ossillograf ekranida qo'zg'almas figura hosil qilish kerak. Noma'lum kuchlanish chastotasi quyidagi formuladan topiladi:

$$f_x = f_0 \frac{n_x}{n_y}, \quad (13.7)$$

bu yerda:  $f_0$  — aniq chastota (50 Hz),  $n_x$ ,  $n_y$  — hosil qilingan egri chiziqning  $X$  va  $Y$  o'qlari bo'yicha kesishgan nuqtalari soni (13.8-rasm).

Ikki sinusoidal kuchlanish orasidagi faza farqini ellips usuli bilan topilayotganda quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\sin \Psi = \frac{X_0}{A} \quad \text{yoki} \quad \sin \Psi = \frac{Y_0}{B}. \quad (13.8)$$

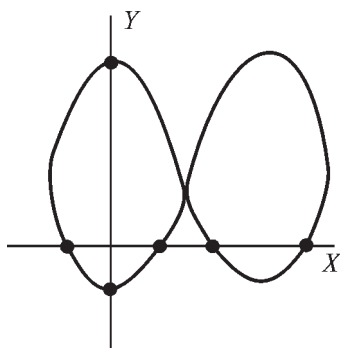
$X_0$ ,  $A$ ,  $Y_0$ ,  $B$  lar ellips bo'yicha topiladi (13.9-rasm).

Aylanma yoyma usuli bilan chastota topilayotganda noma'lum chastotali kuchlanish (signallar generatoridan) ossillografning to'riga (boshqaruvchi elektrodiga) beriladi (13.10-rasm) va noma'lum chastota quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

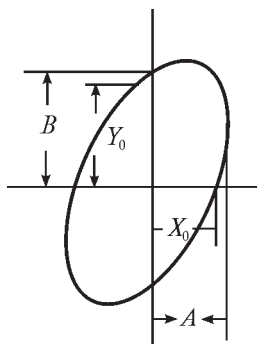
$$f = n f_0, \quad (13.9)$$

bu yerda:  $f_0$  — aylanma yoyma kuchlanishning chastotasi (50 Hz),  $n$  — hosil bo'lgan egri chiziqdagi (aylanadagi) yorqin yoqlar soni.

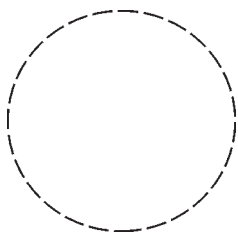




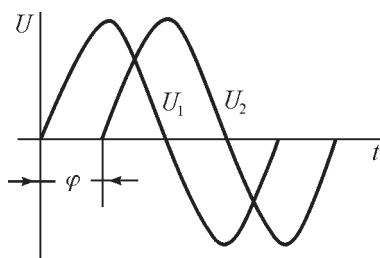
13.8-rasm.



13.9-rasm.



13.10-rasm.



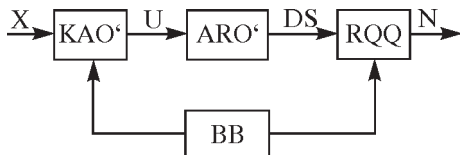
13.11-rasm.

#### XIV. RAQAMLI O'LGHASH ASBOBLARI

Raqamli o'lchash asbobi deb, o'lchash borasida uzluksiz o'lchanayotgan kattalikning natijasi raqamli qayd etish qurilmasida yoki raqamlarni yozib boruvchi qurilmada diskret tarzda o'zgartirilib, indikatsiyalanadigan asboblarga aytiladi. 14.1-rasmda raqamli o'lchash asbobining funksional chizmasi ko'rsatilgan.

«X» analog signali kirishdagi analog o'zgartkich (KAO')da keyingi o'zgartirish uchun qulay shaklga o'zgartiriladi, so'ngra analog-raqamli o'zgartkich (ARO') yordamida diskretlashtiriladi va kodlanadi, nihoyat, raqamli qayd etish qurilmasi (RQQ) o'lchanayotgan kattalik bo'yicha kodlangan ma'lumotni raqamli qaydnoma tarzida, operatorga qulay shaklda ko'rsatadi.

Tavsiya etiladigan ma'lumotning qulayligi va aniqligi sababli raqamli o'lchash asboblari



14.1-rasm.

ilmiy-tekshirish laboratoriyalaridan keng o‘rin olgan.

Raqamli o‘lchash asboblari analog o‘lchash asboblariga nisbatan qator afzalliklarga ega:

- yuqori aniqlik;
- keng ish diapazoni;
- tezkorlik;
- o‘lchash natijasining qulay tarzda tavsiya etilishi;
- avtomatlashtirilgan tarmoqlarga ulash mumkinligi;
- o‘lchash jarayonini avtomatlashtirish imkoniyatlari mavjudligi va hokazolar.

Albatta, boshqa asboblarda bo‘lganidek, raqamli o‘lchash asboblari kamchiliklar ham bor:

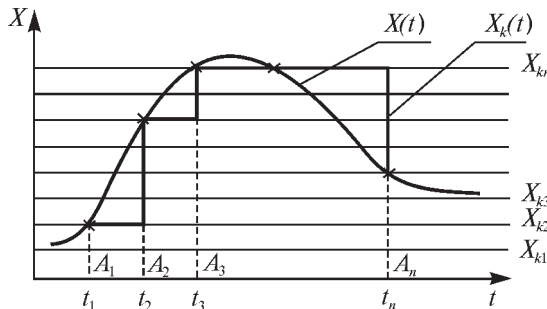
- murakkabligi;
- tannarxining balandligi;
- ishonchliligi nisbatan pastroq.

Lekin integral sxemalarning tezkor rivoji natijasida, yuqoridagi kamchiliklar tobora chekinib bormoqda. Raqamli o‘lchash asbobining asosiy qismi ARO hisoblanadi. Unda ma’lumot diskretlashtiriladi, so‘ngra kvantlanib kodlanadi. Diskretlashtirish bu muayyan diskret (juda qisqa) vaqt oralig‘ida qaydnomalarni olishdir. Odatda diskretlash qadamini ( $t_1 \dots t_2$ ) doimiy qilishga harakat qilinadi (14.2-rasm).

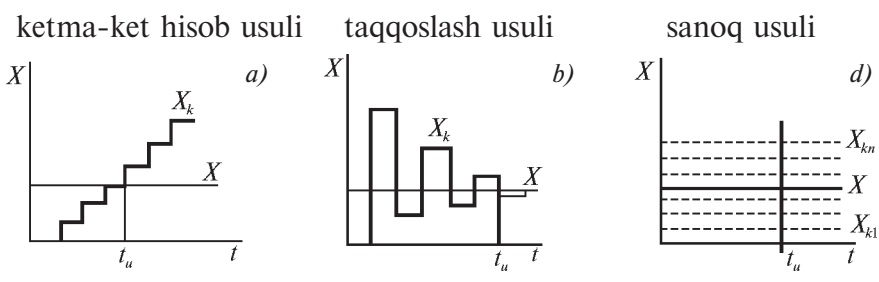
Kvantlash esa,  $x(t)$  kattalikning uzluksiz qiymatlarini  $X_k$  diskret qiymatlarning to‘plami bilan almashtirishdir. O‘lchanadigan kattalikning uzluksiz qiymatlari muayyan tartib asosida kvantlash darajalarining qiymatlari bilan almashtiriladi. Kodlashtirish esa muayyan ketma-ketlikda ifodalangan sonli qiymatlarni tavsiya etishdan iborat.

Uzluksiz o‘zgaruvchan kattalikning diskret usuli asosida uzoq diskret qiymatlarga, kodlarga o‘zgartirilishi asosan uch xil usulda amalga oshiriladi (14.3-a, b, d rasm):

- 1) ketma-ket hisob usuli;



14.2-rasm.



14.3-rasm.

- 2) taqqoslash usuli;
- 3) sanoq usuli.

Diskretlashtirish va kvantlash raqamli o'lchash asbobining asosiy xatolik manbalari hisoblanadi.

Raqamli o'lchash asboblari vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan kattalikni uzoq qiymatlarga o'zgartirish yoki kodlash ma'lum qoida bo'yicha, masalan, sanoq tizimi bo'yicha amalga oshiriladi.

Biz uchun odat bo'lgan o'nlik sanoq tizimida istalgan butun son *N* quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$N = \sum_{i=1}^n K_i \cdot 10^{i-1}, \tag{14.1}$$

bu yerda: *n* — razryad soni; *K<sub>i</sub>* — 0, 1, 2, ..., 9 qiymatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan koeffitsient.

Masalan, 258 sonini quyidagi yig'indi ko'rinishida yozish mumkin:

$$2 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0. \tag{14.2}$$

Ikkilik sanoq tizimida, istalgan butun son *N* quyidagicha ifodalanadi:

$$N = \sum_{i=1}^n K_i \cdot 10^{i-1}, \tag{14.3}$$

bu yerda: *n* — razryad soni; *K<sub>i</sub>* — 0 va 1 qiymatlarni qabul qiladi (2 ta simvol ishlatiladi)

$$1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0. \tag{14.4}$$

yoki uni soddaroq ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin 100000010.

Birlik sanoq tizimida esa faqat bitta simvol (1 raqami) ishlatilib, istalgan butun son quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

O'nlik sanoq tizimida ..... 1234  
 Birlik sanoq tizimida ..... I II III IV

Albatta, yuqorida ta’kidlangan sanoq tizimlarining o‘ziga xos afzalliklari ham, kamchiliklari ham bor.

Raqamli o‘lchash asboblari qaysi sanoq tizimining (kodlash) ishlatilishi ularni aynan qaysi hisoblash, boshqarish yoki boshqa qurilmalarda ishlatilishiga bog‘liqdir.

## 1. RAQAMLI O‘LCHASH ASBOBLARINING ASOSIY QISMLARI

Raqamli o‘lchash asboblari asosiy qismlariga triggerlar, qayta hisoblovchi qurilmalar, kalit, impulslar hisoblagichi, indikatorlar, solishtiruvchi qurilma va h. k. kiradi.

Trigger (Tg) — shunday qurilmaki, u 2 turg‘un muvozanat holatiga ega bo‘lib, 1-holatdan 2-holatga tashqi signal ta’siridan sakrab o‘tish xususiyatiga ega. Trigger yangi holatga o‘tganda, to yangi tashqi signal o‘zgarmaguncha o‘z holatini saqlab turadi.

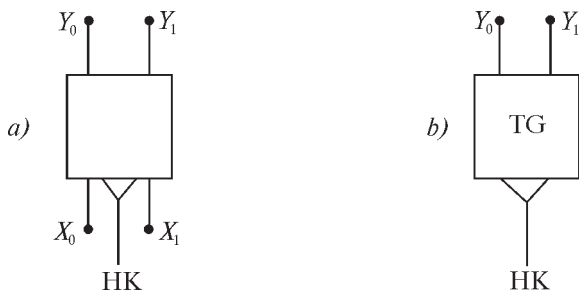
Triggerlar yarim o‘tkazgichli elementlardan (tranzistor, diodlardan), rezistor, kondensatorlardan, integral mikrosxemalardan ishlanadi.

14.4-rasmda triggerning tuzilishi ko‘rsatilgan bo‘lib, triggerni  $X_0$  kirishiga boshqaruvchi impuls berilganda «1» holatiga, impuls  $X_1$  ga berilganda esa «0» holatiga o‘tadi. «0» holatda triggerning chiqishi  $Y_0$  da past potensial,  $Y_1$  da yuqori potensial hosil bo‘ladi. «1» holatda  $Y_0$  chiqishida — yuqori,  $Y_1$  chiqishida esa — past potensial bo‘ladi.

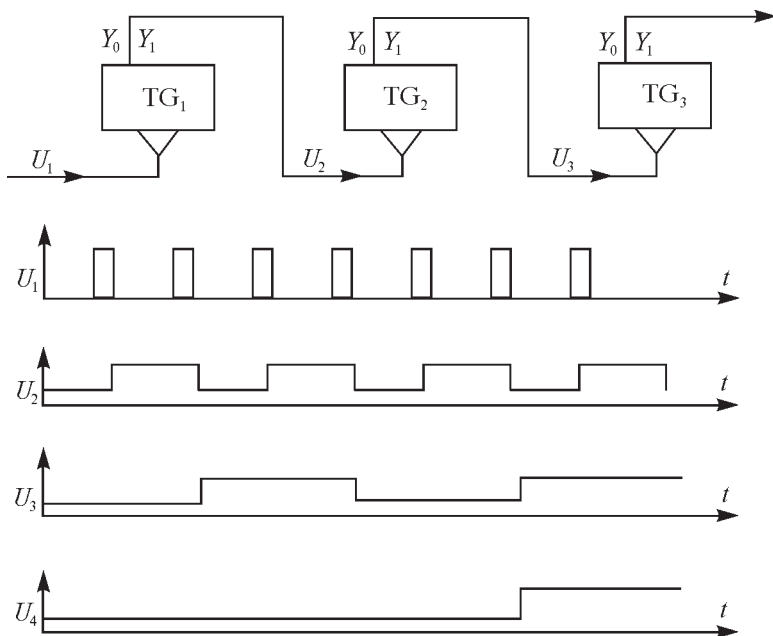
Triggerni hisob kirishi (HK) ga boshqaruvchi impuls berilganda har bitta impuls ta’siridan bir holatdan ikkinchi holatga o‘tadi. (14.4-*a, b* rasm).

## 2. QAYTA HISOBLOVCHI QURILMA

Bu qurilma raqamli o‘lchash asboblari impuls chastotalarini bo‘lish, son — impulsi kodlarni ikkilik kodlarga o‘zgartirish kabi



14.4-rasm.



14.5-rasm.

maqsadlarda ishlatiladi. Agar  $n$  ta trigger ketma-ket 14.5-rasmda ko'rsatilgandek qayta hisoblash ko'effitsienti 2 ga teng ulansa, hisoblovchi qurilma sifatida ishlatiladi ( $N = 2^n$ ).

Bu qurilmaning ishlashi 14.5-*a, b* rasmdagi grafikda ko'rsatilgan.

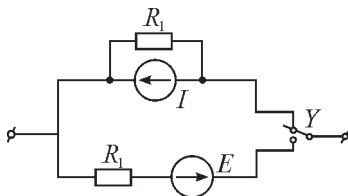
### 3. ELEKTRON KALIT

14.6-rasmda tranzistorli elektron kalitning ekvivalent sxemasi tasvirlangan.

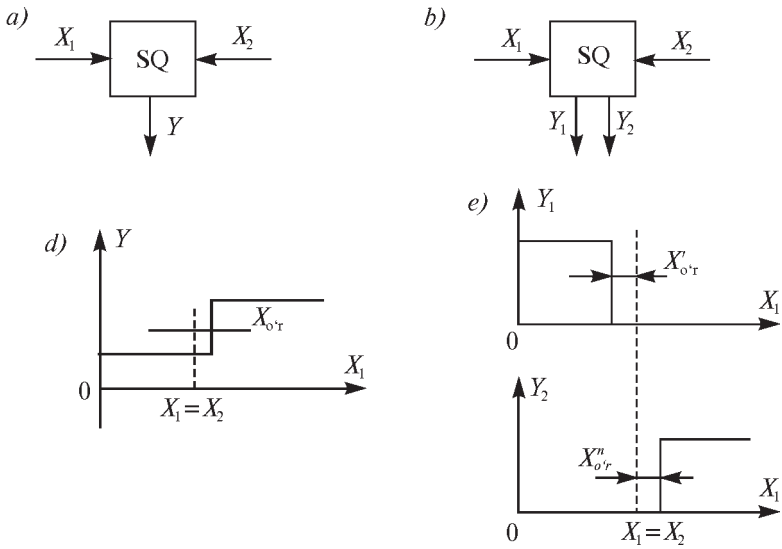
Kalit bir necha o'n  $\Omega$  lardagi  $R_1$  qarshiligidan, bir necha yuz millivoltlardagi  $E$  kuchlanish generatoridan, mikroamperlardagi  $I$  tok generatoridan, bir necha yuz megaomdagi  $R_p$  qarshilikli qilib ishlangan. Ulagich past holatga ulansa, kalit yopiq, yuqori holatga ulansa, u ochiq bo'ladi.

### 4. SOLISHTIRUVCHI QURILMA

Bu qurilma noma'lum o'lchanadigan kattalik  $X_2$  bilan, aniq  $X_1$  kattalikni solishtirish natijasida chiqish signali  $Y, Y_1$ ,



14.6-rasm.



14.7-rasm.

$Y_2$  ni shakllantirish uchun xizmat qiladi (14.7-a, b, d, e rasm).

1. Agar  $x_1 < x_2$ , bo'lsa, chiqishda signal  $Y = Y^1$  bo'ladi;

Agar  $x_1 \geq x_2$  bo'lsa, chiqishdagi signal  $Y_1 = Y_1^1$ .

2.  $x_1 < x_2$  bo'lganda, chiqishdagi signal  $Y_1 = Y_1^{11}$ ;

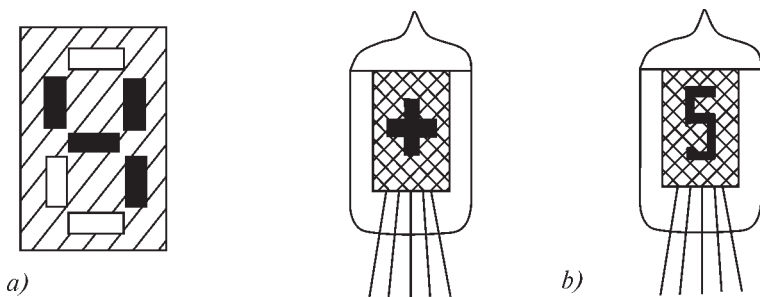
$X_1 > X_2$  da esa, ikkinchi chiqishdagi signal  $Y_2 = Y_2^1$  va  $X_1 = X_2$  da  $Y_1 = Y_2 = 0$  bo'ladi.

Xaqiqatda solishtiruvchi qurilmada chiqish signali  $X_1 = X_2$  emas, balki  $X_{o'p} = X_1 - X_2$  da qiymatini o'zgartiradi va bu uning sezgirlik ostonasi deb ataladi. Solishtiruvchi qurilmaning sezgirlik ostonasi xatolikka olib keladi va nihoyat raqamli o'lchash asbobining tezkorligini belgilaydi. Solishtiruvchi qurilmalar, odatda, elektron elementlaridan ishlanib, kuchaytirgich va trigger tipidagi qurilmalardan tashkil topadi.

## 5. INDIKATORLAR

Raqamli o'lchash asboblari o'lchanayotgan kattalikning raqam shaklida ko'rsatilishi uchun maxsus belgisi, segmentli va gazorazryadli indikatorlar ishlatiladi.

Segmentli indikatorlarda 0, 1, 2, ..., 9 raqamlari hosil bo'lishi uchun boshqaruvchi kuchlanish berilganda yoritiladigan 7, 8, 9 va undan ko'p sonli elementlar ishlatiladi va bu elementlar elektroluminofor tasmalaridan, svetodiodlardan, suyuq kristallardan ishlanadi. 14.8-a rasmda yetti elementli indikator ko'rsatilgan.



14.8-rasm.

14.8-*b* rasmda gazorazryad lampali indikator ko'rsatilgan. Lampa anodi, odatda, to'r shaklida, katodi esa ketma-ket joylashgan 0 dan 9 gacha raqam shaklida va (+, -, V, A va h. k.) belgilarni hosil qiluvchi yupqa o'tkazgich (sim) dan ishlanadi. Lampa balloni neon bilan to'ldirilgan bo'lib, kuchlanish berilganda, katod atrofi yoritilib, indikatorda yorqin biron belgi, yorqin raqam hosil bo'ladi.

## 6. RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARIDA HAR XIL KATTALIKLARNI O'LCHASH. RAQAMLI CHASTOTOMER

14.9-rasmda raqamli chastotomer tasvirlangan. Unda:

F — noma'lum kuchlanishni bir qutbli impulsarga o'zgartiruvchi (shakllantiruvchi) qurilma;

EK — elektron kalit;

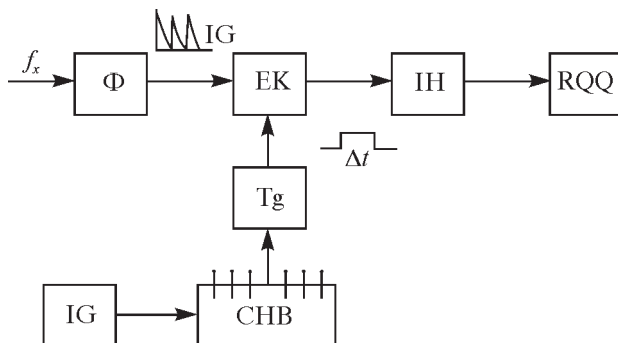
IH — impulslar hisoblagichi;

Tg — trigger;

IG — impulslar generatori;

RQQ — raqamli qayd qiluvchi qurilma;

ChB — chastota bo'lgich.



14.9-rasm.

F qurilmaga noma'lum chastotali kuchlanish beriladi va uning chiqishida olinadigan signal kalit orqali hisoblagichga o'tadi. Kalitning holati esa  $T_g$  ga beriladigan impuls orqali boshqariladi. Bu impuls davomiyligi esa chastota bo'lgichi orqali belgilanadi va shu  $\Delta t$  vaqt oralig'ida, ya'ni kalit ochiq holatida hisoblagichga o'tgan impuls soni  $N$  bo'yicha noma'lum chastota quyidagicha aniqlanadi:

$$f_x = N/\Delta t. \quad (14.5)$$

Raqamli chastotomerning yaxshi tomoni shundaki, avvalo asbobning ko'rsatishi  $f_x$  ga proporsional va bunday asbob yordamida chastota (10 MHz gacha diapazonda); 0,1 Hz—1 MHz diapazonda davr va 10 mks dan to  $10^5$  s gacha bo'lgan vaqt intervalini o'lchashi mumkin.

## 7. RAQAMLI FAZOMETR

(14.10-rasm)  $U_{x1}$  va  $U_{x2}$  kuchlanishlari orasida faza farqi vaqt intervali  $t_x$  ga o'zgartiriladi.  $F_1$  va  $F_2$  lar yordamida  $U_{x1}$  va  $U_{x2}$  lar noldan o'tgan paytida «start» va «stop» impulslerini ishlab beradi hamda VIAB (vaqt intervalini ajratuvchi qurilma (bloki) impuls seriyasidan (to'plamidan) faqat ikkita impuls ajratadi. Mana shu impuls orasidagi vaqt intervali o'lchanadi va asbobning ko'rsatishi quyidagicha ifodalanadi:

$$N = t_s/T_0 = t_x f_0 = \varphi_x(T_x/2\pi) \cdot f_0 = \varphi_x(1/2\pi) \cdot (f_0/f_x), \quad (14.6)$$

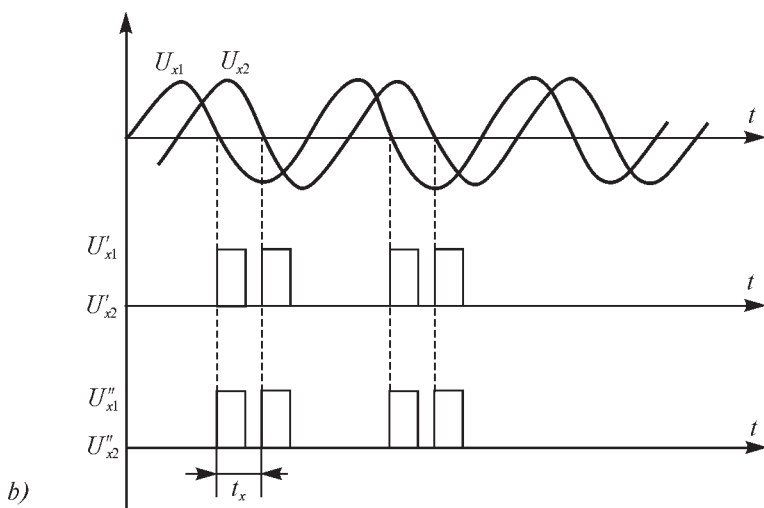
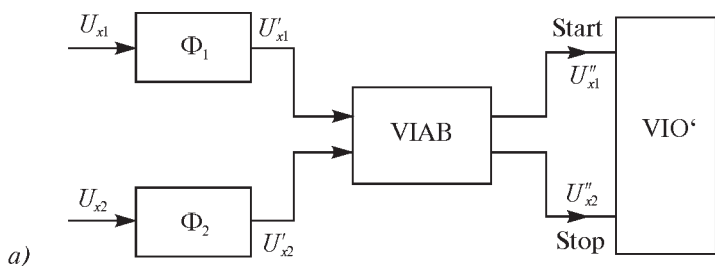
bu yerda:  $T_x = 1/f_x$  —  $U_{x1}$  va  $U_{x2}$  kuchlanishlarining davri.

**Raqamli vaqt-impulsi voltmetr** (14.11-rasm). O'lchanadigan kuchlanish solishtiruvchi qurilmaning bir uchiga beriladi. Sxemaning ishlashi boshqarish bloki (BB) orqali boshqariladi, ya'ni o'lchash siklining boshlang'ich  $t_0$  paytda u kompensatsion kuchlanish generatori (KKG) ni ishga tushiradi, xuddi shu paytda elektron kalit (EK) ochiladi. KKG dan solishtiruvchi qurilmaning ikkinchi uchiga chiziqli o'zgaruvchan kuchlanish beriladi.  $U_x = U_k t_1$  paytida kalit uziladi va hisoblagichga impuls o'tishi to'xtaydi.  $t_x(t_1 - t_2)$  vaqt mobaynida, ya'ni kalit ochiq bo'lgan holatida hisoblagichdan olingan impuls soni bo'yicha noma'lum kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$U_x = K t_x = KNT_0, \quad (14.7)$$

bu yerda:  $K$  — chiziqli o'zgaruvchan kuchlanishning o'zgarishini xarakterlovchi koeffitsient;  $T_0$  — impuls generatori (IG) ishlab beruvchi impuls chastotasi.





14.10-rasm.

**Vaqt intervalini o'lovchi raqamli asbob** (14.12-rasm). Unda:

SCHIG — stabil chastotali impulslar generatori;

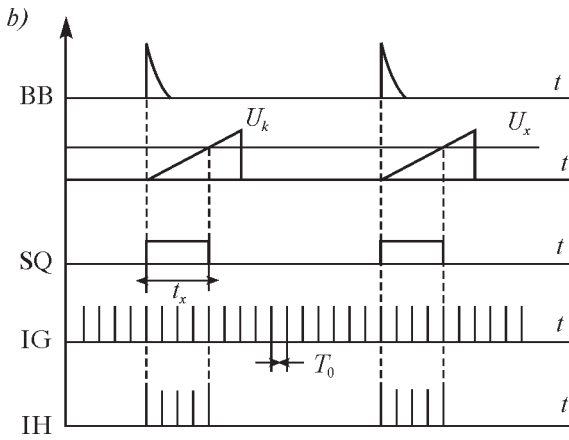
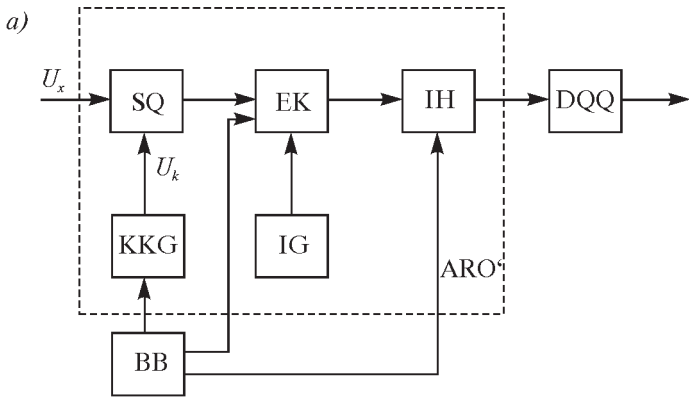
EK — elektron kalit;

Tg — trigger;

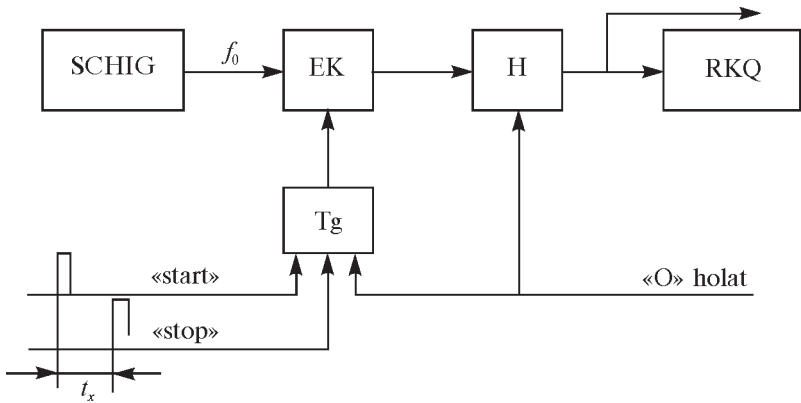
H — hisoblagich.

14.12-rasmda ko'rsatilgan asbob ketma-ket hisob usuliga asoslangan siklik rejimda ishlaydigan vaqt intervalini o'lovchi asbobdir.

Avvalo, sxemani ishga tushirish triggerni, hisoblagichni «0» holatga qo'yishdan boshlanadi. Triggerga «start» impulsi berilganda elektron kalit (EK) ochiladi, shu paytdan stabil chastotali impulslar generatoridan  $f_0$  chastotali impulslar hisoblagich (H)ga o'ta boshlaydi. «Stop» impulsi



14.11-rasm.



14.12-rasm.

berilishi bilan trigger boshlang'ich holatiga qaytadi va kalit uziladi, ya'ni yopiq holatiga keladi va hisoblagichga impulslar o'tishi to'xtaydi.

Kalit ochiq bo'lgan holatida undan o'tgan impulslar soni  $N = t_x / T_0$ , ( $T = 1/f_0$ ), yoki  $t_x = N \cdot t_0$  bo'ladi.

Albatta, bu asbobning o'ziga xos afzallik tomonlari ham bor va kamchilikdan ham xoli emas. Asbobning kamchiligi shundan iboratki, kvantlash xatoligi  $T_0$  va  $t_x$  larga bog'liq bo'lib,  $T_0/t_x$  qanchalik kichik bo'lsa, xatolik ham shunchalik kam bo'ladi. Bundan tashqari xatolik  $f_0$  ga bog'liq: «start», «stop» impulslarining aniq berilmasligidan kelib chiqadigan xatolikdir.

## FOYDALANILGAN VA TAVSIYA ETILADIGAN ADABIYOTLAR

1. *Атамалян Э. Г.* «Приборы и методы измерения электрических величин». М. 1982.
2. *Душин Е. М.* «Основы метрологии и электрические измерения». Л. Энергоатомиздат, 1987.
3. *Евтихнев Н. Н., Куперимидт Я. А. и др.* «Измерения электрических и неэлектрических величин». М.: Энергоатомиздат. 1990.
4. *Кукуш В. Д.* «Электрорадиоизмерения». М.: 1985.
5. *Кушнир Ф. В.* «Электрорадиоизмерения», Л., 1983.
6. *Куликовский К. Л., Купер В. Я.* Методы и средства измерений. М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. *Малиновский В. Н.* «Электрические измерения». М.: Энергоатомиздат, 1985.
8. *Majidov S. M.* «Elektrotexnikadan ruscha-o‘zbekcha lug‘at-spravochnik». «O‘qituvchi» nashriyoti. 1992.
9. *Хромой Б. П. Мусеев Ю. Г.* «Электрорадиоизмерения», М.: 1985.
10. O‘lchashlar birligini ta‘minlash davlat tizimi — Metrologiya. Atamalar va ta‘riflar. O‘zRST 5.010 — 93.
11. *Qodirova Sh. A. va boshqalar.* «Metrologiya asoslari va elektr o‘lchashlari» faniga oid laboratoriya ishlari uchun uslubiy qo‘llanma. Toshkent, 1995.
12. *Исаев Л. К., Малинский В. Д.* «Основы стандартизации, сертификации, метрологии», «Аудит». Издательское объединение «Юнти». 1998.
13. *Крылова Г. Д.* «Метрология, стандартизация и сертификация». М.: ИПК. Издательство стандартов, 1996.
14. Зарубежный опыт управления. Издательство стандартов. 1992.
15. *Qodirova Sh. A. va boshq.* «Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish», o‘quv qo‘llanma. Toshkent, 2003.
16. *Раннев Г. Г., Тарасенко А. П.* «Методы и средства измерений». Учебник для ВУЗов. — М; Изд. Центр «Академия». 2004.
17. *Абдувалиев А. А. и другие.* «Основы обеспечения единства измерений», Книга 1; Ташкент, 2005.

## MUNDARIJA

<b>SO‘ZBOSHI</b> .....	3
<b>I. ELEKTR O‘LHASHLAR VA O‘LHASH ASBOBLARI BO‘YICHA ASOSIY MA‘LUMOTLAR</b> .....	5
1. «Elektr o‘lhashlar va o‘lhash asboblari» fanining rivojlanish tarixi .....	5
2. Elektr o‘lhashlarga oid asosiy ta’riflar va tushunchalar .....	6
<b>II. FIZIK KATTALIKLAR</b> .....	11
1. Fizik kattalikning birliklari .....	12
2. Xalqaro birliklar tizimi .....	13
3. Birliklarni va o‘lchamlarni belgilash hamda yozish qoidalari .....	13
<b>III. ELEKTR O‘LHASH USULLARI VA TURLARI</b> .....	16
1. Bevosita, bilvosita, birgalikda o‘lhash turlari .....	16
2. Mutlaq va nisbiy o‘lhashlar .....	17
3. O‘lhash usullari .....	17
<b>IV. ELEKTR O‘LHASH VOSITALARI, ULARNING TURLARI</b> ....	19
1. O‘lchovlar, etalonlar .....	20
2. O‘lhash asboblari .....	20
3. Elektr o‘lhash asboblari (EO‘A)ning tasnifi .....	21
4. Komplekt o‘lhash qurilmalari .....	23
<b>V. ELEKTR O‘LHASH VOSITALARINING ASOSIY METROLOGIK XUSUSIYATLARI</b> .....	23
1. O‘lhash asboblarning metrologik tavsiflari .....	23
2. O‘zgartirish funksiyasi; aniqlik sinflari, sezgirligi, ishonchliligi, tezkorligi, variatsiyasi, o‘lhash diapazoni, energiya sarfi, statik va dinamik xususiyatlari .....	24

<b>VI. O'LCHASH XATOLIKLARI</b> .....	26
1. O'lchashlarning sifat mezonlari.....	26
2. O'lchash xatoliklari .....	27
3. O'lchash xatoliklarning tabaqalanishi.....	28
4. Muntazam xatoliklarni kamaytirish usullari .....	30
5. Tasodifiy xatoliklar va ularning taqsimlanishi.....	30
6. O'lchash aniqligining ehtimoliy baholanishi .....	32
<b>VII. O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI</b> .....	35
1. O'lchash tok transformatori .....	37
2. Aktiv masshtabli o'zgartkichlar .....	41
<b>VIII. ANALOG O'LCHASH ASBOBLARI</b> .....	42
1. Magnitoelektrik o'lchash asboblari .....	46
2. Elektromagnit o'lchash asboblari .....	48
3. Elektrodinamik o'lchash asboblari .....	49
4. Elektrostatik o'lchash asboblari.....	51
5. Induksion o'lchash mexanizmlari .....	53
6. O'lchash asboblaridagi shartli belgilar.....	55
<b>IX. TO'G'RILAGICHLI O'LCHASH ASBOBLARI</b> .....	56
1. Termoelektrik o'lchash asboblar .....	59
<b>X. ELEKTRON O'LCHASH ASBOBLARI</b> .....	61
<b>XI. ELEKTR ZANJIRLARINING PARAMETRLARINI KO'PRIKLI SXEMALAR YORDAMIDA O'LCHASH</b> .....	63
1. O'zgarmas tok potentsiomeri.....	63
<b>XII. TOK KUCLANISH VA QARSHILIKNI KOMPENSATSION USULDA O'LCHASH</b> .....	68
1. O'zgarmas tok potentsiometri .....	68
2. O'zgarmas tok potentsiometrlari .....	72
<b>XIII. ELEKTRON OSSILLOGRAFLAR</b> .....	75
1. Elektron ossillografi ekranida har xil yoymalar hosil qilish usullari .....	77

<b>XIV. RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARI .....</b>	<b>81</b>
1. Raqamli o'lchash asboblarining asosiy qismlari .....	84
2. Qayta hisoblovchi qurilma .....	84
3. Elektron kalit .....	85
4. Solishtiruvchi qurilma .....	85
5. Indikatorlar .....	86
6. Raqamli o'lchash asboblarida har xil kattaliklarni o'lchash .....	87
7. Raqamli fazometr .....	88
Foydalanilgan va tavsiya etilgan adabiyotlar .....	92

**P. R. ISMATULLAYEV, SH. A. QODIROVA, G'. G'OZIYEV**

**ELEKTR O'LCHASHLAR VA  
O'LCHASH ASBOBLARI**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

«Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik  
kompaniyasi Bosh tahririyati.  
100083, Toshkent shahri, Buyuk Turon, 41.

Muharrir *M. Sa'dullayev*  
Rassom *J. Gurova*  
Tex. muharrir *A. Solixov*  
Musahhihlar: *M. Qosimova, N. Oxunjonova*  
Kompyuterda tayyorlovchi *K. Goldobina*

Bosishga 24.08.07 da ruxsat etildi. Bichimi 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Tayms»  
garnituda ofset bosma usulida bosildi. Shartli b. t. 6,0.  
Nashr-hisob t. 6,2. Adadi 1700 nusxa. 235-raqamli buyurtma.

«Arnaprint» MChJ bosmaxonasida bosildi.  
100182, Toshkent, H. Boyqaro ko'chasi, 41.