

**O'zbekiston Respublikasi  
Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi**

**Farg'ona politexnika instituti**

**Energetika fakulteti**

**“Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenri”  
kafedrası**

***"O'LCHASH USULLARI VA  
VOSITALARI" FANIDAN***

**USLUBIY QO'LLANMA**

**Farg'ona – 2018 y.**

Ushbu «O'lchash usullari va vositalari» fanidan uslubiy qo'llanma (1-qism) FarPI Energetika fakulteti 5310900-«Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish» yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan. Bu qismda o'lchovshunoslik va elektr o'lchashlar cohasiga oid asosiy ta'riflar, tushunchalar, o'lchash usullari va turlari hamda turli elektr o'lchash asboblari va vositalari, shu jumladan, zamonaviy mikroprotsessorli o'lchash vositalari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Uslubiy qo'llanma O'zbekiston Respublikasi uzluksiz ta'lim Davlat standartlari va fan dasturiga moslashtirilgan holda yozilgan bo'lib, u energetika, elektrotexnika, avtomatika, radiotexnika va elektr aloqa sohalariga oid ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun xam mo'ljallangan. Undan ishlab chiqarish sohalarining mutaxassislari, muhandislar, magistrantlar va ilmiy-texnik xodimlar ham foydalanishlari mumkin.

Ushbu uslubiy qo'llanma «Elektronika va asbobsozlik» kafedrasi uslubiy seminarida muhokama qilingan. Bayon № “\_\_\_” \_\_\_ 2017 yil.

Uslubiy qo'llanma «Energetika» fakultetining uslubiy kengashida muxokama qilinib, FarPI uslubiy kengashida tasdiqlash uchun tavsiya etilgan. Bayon № “\_\_\_” \_\_\_ 2017 yil.

**Tuzuvchi:**

**Yo'ldashev X.T.**

**Taqrizchi:**

**dots. Jabborov T.K.**

## MUNDARIJA:

<b>1-mavzu</b>	Kirish. "Elektr o'lchash usullari va asoslari" to'g'risida. Elektr o'lchashlar bo'yicha umumiy ma'lumotlar.....	<b>4</b>
<b>2- mavzu</b>	Физикавий kattaliklar va ularning sifat va miqdoriy tavsiflari. ....	<b>9</b>
<b>3- mavzu</b>	Elektr o'lchash turlari va usullari .....	<b>15</b>
<b>4- mavzu</b>	O'lchash xatoliklari va ularni baxolash.....	<b>21</b>
<b>5- mavzu</b>	Tasodifiy xatoliklarni taqsimlanish qonuniyatlari.....	<b>25</b>
<b>6- mavzu</b>	O'lchashlar noaniqligi.....	<b>31</b>
<b>7- mavzu</b>	Elektr o'lchash vositalari to'g'risida umumiy ma'lumotlar.....	<b>44</b>
<b>8- mavzu</b>	Elektr o'lchash vositalarining metrologik xususiyatlari.....	<b>49</b>
<b>9- mavzu</b>	Elektr o'lchash o'zgartkichlari .....	<b>53</b>
<b>10- mavzu</b>	To'g'rilagichli o'zgartkichlar va asboblard.....	<b>61</b>
<b>11- mavzu</b>	Analogli elektr o'lchash asboblari. elektromexanik o'lchash asboblarning umumiy nazariyasi.....	<b>70</b>
<b>12- mavzu</b>	Elektromexanik turdagi asboblarning ishlanishi, xususiyatlari va ular yordamida elektr kattaliklarini o'lchash.....	<b>79</b>
<b>13- mavzu</b>	To'g'rilagichli asboblard. to'g'rilagichli asboblard to'g'risida umumiy malumotlar. ....	<b>92</b>
<b>14- mavzu</b>	Elektron asboblard. o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladigan elektron voltmetrlard. ....	<b>103</b>
<b>15- mavzu</b>	O'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida induktivlik, sig'im, o'zaro induktivliklarni o'lchash .....	<b>108</b>
<b>16- mavzu</b>	Электр катталикларни компенсацион усулда ўлчаш.	<b>115</b>
<b>17- mavzu</b>	Raqamli o'lchash asboblari va ular yordamida har xil kattaliklarni o'lchash.....	<b>119</b>
<b>18- mavzu</b>	Elektron ostsillograflard. Elektron ostsillografning funktsional (blok) sxemasi ..	

## **1-BO'LIM. ELEKTR O'LCHASHLAR.**

### **1-MAVZU: KIRISH. "ELEKTR O'LCHASH USULLARI VA ASOSLARI" TO'G'RISIDA. ELEKTR O'LCHASHLAR BO'YICHA UMUMIY MA'LUMOTLAR.**

#### **REJA:**

1. Elektr o'lchashlar fanining maqsad va vazifalari.
2. Elektr o'lchashlarning fan va texnikadagi ahamiyati.
3. O'lchashlar fanining rivojlanish tarixi.

#### **1. Elektr o'lchashlar fanining maqsad va vazifalari**

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

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

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

Metrologiya va elektr o'lchashlardan olingan bilim va ko'nikmalar kasb-hunar kollejarining elektrotexnik yo'nalishdagi talabalariga «Sanoat korxonalarining elektr jihozlari va qurilmalari», «Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish», «Elektrotexnologiya» va boshqa fanlarni o'zlashtirishlarida yordam beradi. «Elektr o'lchashlar» sanoat, qishloq va suv xo'jaligi hamda boshqa sohalar yo'nalishida bakalavr va mutaxassislar tayyorlashda

o'qitilishi lozim bo'lgan fandır. Davlat ta'lim standartlari, «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» talablaridan kelib chiqqan holda, bu fan kollej talabalarida metrologiya va elektr o'lchashlar bo'yicha zarur va yetarli bo'lgan bilim hamda ko'nikmalarni shakllantiradi.

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

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

## **2. Elektr o'lchashlarning fan va texnikadagi ahamiyati**

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

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

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

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

Ishlab chiqarishning barcha sohalarida mexanizatsiyalashtirish, elektrlashtirish va avtomatlashtirishni yuqori darajaga ko'tarish uchun hozirgi zamon talablariga javob beradigan sodda, puxta, mukammal, arzon, yuqorianiqlik va sezgirlikka ega, har qanday sharoitda o'z ish qobiliyatini saqlab turadigan o'lchov asboblarini loyihalashtirish, ishlab chiqarish va ularni to'g'ri ekspluatatsiya qilish zarur. Shu bilan birga, ishlab chiqarishni jadallashtirish, mahsulotlarni ko'paytirish va sifatini oshirish uchun davlat tizimiga tegishli metrologik birlik va metrologik ta'minot tizimini qonun talablari darajasida ishlab chiqish zarur.

## **3. O'lchashlar fanining rivojlanish tarixi**

O'lchovshunoslik fani ming yillik tarixga ega, chunki ibtidoiy odamlar ham o'z ehtiyojlariga ko'ra masofa, yer maydoni, ishlatgan uy-ro'zg'or asbob- uskunalarining

o'lchamlarini antropometrik, ya'ni o'zining muayyan a'zolari yoki tabiiy o'lchovlarni qo'llagan holda o'lchay boshlaganlar. Misol uchun: qarich, quloq, qadam va hokazo tarzda.

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

Sanoat, qishloq xo'jaligi, ilm-fanning rivojlanishi ularga bog'liq bo'lgan maxsus texnika, o'lchash usullari va vositalarini ham kashf etishga sabab bo'ldi. Metrologiya xizmati va metrologik ta'minotning dastlabki shakllari turli tarzda vujudga kela boshlagan. Masalan, rus knyazi Svyatoslav Yaroslavichning oltin kamaridan uzunlikni namunaviy o'lchashda foydalanilgan. O'rta asrlarda Italiyada mamlakat cherkov va butxonalarida saqlanadigan marvarid donalaridan sochiluvchan moddalarning hajmi va massa birliklari o'lchangan.

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

VIII-XI asrlarda yashab ijod qilgan al-Xorazmiy, Ahmad Farg'oniy, Ibn Sino va Abu Rayhon Beruniy kabi buyuk vatandoshlarimiz o'lchovshunoslik va o'lchash birliklariga oid asarlar yozib qoldirganlar. Al-Xorazmiy «O'lchashlar haqida»gi risolasida uzunlik, yuza, hajmlarni hisoblash va o'lchash usullarini amalda qanday qo'llashni bayon etgan. Buyuk alloma «Quyosh to'g'risida»gi risolasida vaqtni aniq o'lchashga katta ahamiyat bergan. Hamyurtimiz Ahmad Farg'oniy dunyoda birinchi bo'lib 861- yilda Nil daryosi sathini o'lchaydigan asbobni kashf qilgan va daryo suvi sathini o'lchash natijalariga ko'ra qishloq xo'jalik ekinlarining u yoki bu turini ekish bo'yicha tavsiyalar bergan, ya'ni suv sathi maxsus belgidan past bo'lganda kam suv talab qiladigan ekinlar, belgi ichida bo'lganda o'rtacha suv talab qiladigan o'simliklar va belgidan yuqori bo'lganda ko'p suv talab qiladigan ekinlar ekish tavsiya qilingan. Davlat tomonidan dehqonlarga soliq belgilashda ham ushbu asbob ko'rsatkichlariga asoslanishgan. Bu asbob puxtaligi va aniqligi jihatidan hozirgi zamon asboblaridan sira qolishmaydi. Bundan tashqari, Ahmad Fargoniy «Quyosh soatini yasash haqida kitob» asarida o'lchovshunoslikka oid muhim ma'lumotlar bergan. Uning astronomik kuzatishlar uchun mo'ljallangan o'lchash asbobi – usturlub yasash va undan foydalanish, quyosh tutilishini oldindan bashorat qilish va boshqa muhim kashfiyotlari o'z davrida o'lchovshunoslik fanini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etgan.

Alloma Abu Rayhon Beruniy birinchi bo'lib tajribalar asosida Yer sharining radiusini o'lchagan. Buyuk faylasuf va tabib Abu Ali ibn Sinoning «Tib qonunlari» asarida dori-darmon

tayyorlash uchun tavsiya etilgan miqdor va hajm birliklaridan Sharq va G'arb davlatlarida XVII-XVIII asrlargacha foydalanib kelingan. Yusuf Xos Xojib 1069- yilda o'z asarlarining birida metrologiya sohasi haqida fikr yuritib, qimmatbaho metall sofligini sinash, bozordagi tosh va tarozilarning to'g'riligini, muomaladagi pullarning sofligi va og'irligini kuzatib turish kerakligini qayd etgan. Falakiyot qonunlarini o'rganishda, unga tegishli o'lchashlarni takomillashtirishda Mirzo Ulug'bekning hissasi nihoyatda ulkandir. Uning astrolyabiya yordamida o'z rasadxonasida amalga oshirgan astronomik o'lchashlari natijasida tuzgan «Ziji jadidi Guragoniy» asaridagi ma'lumotlar hozirgi zamonda qo'llanilayotgan ma'lumotlardan juda kam farq qiladi.

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

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

XIX asrning ikkinchi yarmida elektr mashinalari yaratildi. Ularning elektr o'lchash asboblari amaliyotga tatbiq etilishi mumkin emas edi. Bunday asboblar (elektromagnit ampermetrlar va voltmetrlar, vattmetrlar va fazometrlar) yaratilishida rus injeneri O.M.Dolivo-Dobrovolskiyning hissasi ayniqsa katta. 1872- yilda magnit maydon kuchlanganligi va materialni magnit singdiruvchanligi orasidagi bog'lanishni kashf etgan rus fizigi A.G.Stoletov magnit kattaliklarini o'lchovchi asboblarni yaratdi va takomillashtirdi. Rus olimi, akademik B.S.Yakobi elektr zanjirning parametrlarini o'lchaydigan qator usullar va asboblar kashf etdi hamda elektrik kattaliklarni o'lchashda o'lchash birligi tizimini ta'minlash kerakligini asoslab berdi. Bunday tizim 1881- yili Parijda o'tkazilgan birinchi xalqaro elektrotexnik kongressda tasdiqlandi. Rus olimi D.I.Mendeleyev o'lchov va vaznlar sohasida 1892- yilda fundamental ishlarni amalga oshirdi, uning tashabbusi bilan Rossiyada metrik sistemani tadbiq etish olg'a surildi.

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

Mikroelektronikaning element bazasidan foydalanish analogli harakatlanuvchi qismi bo'lmagan elektr o'lchash asboblari ishlab chiqarish imkonini berdi. O'tgan asrning 50-yillarida o'lchov asboblari yaratilishida keskin burilish yasaldi – hisoblash texnikasi prinsiplari asosida raqamli o'lchash asboblari ishlab chiqildi. Ular yuqori aniqligi, tezkor ishlashi, o'lchanayotgan obyektдан kam quvvat olishi va avtomatlashtirilgan tarmoqlarga bevosita ulanishi bilan ajralib turadi.

O'lchash asboblarining keyingi yillardagi takomillashishi mikroprotsessorlarni qo'llash bilan bog'liqdir. XX asrning 70-yillarida sobiq Ittifoqda ko'zga ko'ringan olimlardan B.N.Sotskov, K.B.Karandeyev, L.F.Kulikovskiy, D.I.Ageykin, F.B.Grinevich, V.Yu.Kneller, N.Ye.Konyuxov, M.A.O'rakseev va boshqalar elektrik va noelektrik kattaliklarning avtomatik o'lchash nazariyasiga asos soldilar va analog hamda raqamli o'lchash vositalarini ommaviy (seriyaviy) ravishda ishlab chiqarishga ko'maklashdilar. Bu asboblarni ishlab chiqarish va ilmiy-tadqiqotlar o'tkazishda keng ishlatiladi.

O'zbekistonda ham bu sohada keng ilmiy-tadqiqot ishlari olib borildi. Ayniqsa, elektroenergetik tizimlar rejimlarini tavsiflovchi kattaliklarni shakllantirish va o'lchash bo'yicha akademiklar H.F.Fozilov va J.A.Abdullayevlarning ishlari diqqatga sazovordir. Shu bilan birga, respublikamizda parametrlari tarqoq bo'lgan tizimlarning nazariyasi, uning bazasida elektr va magnit kattaliklarni o'lchash usullari hamda birlamchi o'zgartkichlarni yaratish bo'yicha ilmiy maktab asoschisi professor M.F.Zaripov, standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish hamda fizik-kimyoviy jarayonlar parametrlarini va gidravlik kattaliklarni o'lchashda, o'lchash bo'yicha mutaxassislarni tayyorlashda faol qatnashgan akademik N.R.Yusupbekov, professorlar P.R.Ismatullayev, R.K.Azimov, A.A.Azimov, dotsent A.A.A'zamovning tadqiqotlari, elektrik va noelektrik kattaliklarning chastotasi avtomatik ravishda o'zgaradigan o'ta sezgir muvozanatlanuvchi ko'priksxemalarini taklif etgan Sh.Sh.Zohidovlarning ishlari, O'lchovshunoslik va elektr o'lchashlarga oid o'zbek tilida o'quv adabiyotlar yaratgan dotsent N.A.Ahrorov ishlari e'tiborga loyiqdir. O'zbekiston Respublikasida mustaqillikning dastlabki yillaridayoq korxonalarining metrologik ta'minoti, ularni standartlashtirish, sertifikatlashtirishga doir huquqiy va me'yoriy hujjatlar qabul qilindi. Mamlakatimizda xalqaro hujjatlar bilan uyg'unlashtirilgan 50 dan ortiq asosiy hujjatlar, 85 dan ortiq mahsulotlarni sertifikatlashtirish bo'yicha tashkilot va idoralar, 250 dan ziyod laboratoriyalar ishlamoqda.

Hozirgi vaqtda mamlakatimizda bir necha million o'lchash asboblaridan foydalanilmoqda. Ularning har biri bilan har kuni ko'plab o'lchashlar bajariladi. Bunday sharoitda o'lchash birligini ta'minlash katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Bu masalalar bilan O'zbekiston Respublikasi Davlat standartlashtirish idorasi va uning tizimlari shug'ullanadi.



1993- yilning 28- dekabrda O‘zbekiston Respublikasida «Standartlashtirish to‘g‘risida», «Mahsulotlar va xizmatlarni sertifikatlashtirish to‘g‘risida» hamda «Metrologiya to‘g‘risida» Qonunlar qabul qilindi. Natijada barcha o‘lchovlar va o‘lchash asboblari ustidan davlat nazorati o‘rnatildi, o‘lchovlarning kerakli darajada, aniq va sifatli o‘lchanishiga kafolat berildi.

1996–2003- yillar davomida 24 ta davlat etaloni, 85 ta yuqori aniqlikka ega bo‘lgan I va II darajali o‘lchash vositalari, 46 ta namunaviy o‘lchovlar va uskunalar o‘rnatilib, xalq xo‘jaligida foydalaniladigan o‘lchash asboblarining davlat metrologik xizmati bilan ta‘minlandi. O‘zbekiston Respublikasi Milliy etalon bazasi yaratildi. O‘zbekiston Respublikasi 1994- yil 1-yanvardan Xalqaro standartlashtirish tashkilotiga a‘zodir. Bu faoliyat respublikaning xalqaro miqyoslarda tovar ayirboshlashini ta‘minlab, mamlakatni dunyo ko‘lamida standartlashtirishni rivojlantiradi.

## **2-МАЪРУЗА.**

### **ФИЗИКАВИЙ КАТТАЛИКЛАР ВА УЛАРНИНГ СИФАТ ВА МИҚДОРИЙ ТАВСИФЛАРИ.**

#### **РЕЖА.**

1. Катталиклар.
2. Катталикнинг ўлчамлиги.
3. Катталикларнинг бирликлари. Халқаро бирликлар тизими.
4. Бирликларни ва ўлчамларни белгилаш ва ёзиш қоидалари.

**Таянч сўзлар:** катталиклар, ўлчамлик, ўлчаш бирлиги, катталикнинг асосий бирлиги, ҳосилавий бирлиги, СИ бирликлар тизими.

#### **1. Катталиклар**

Атрофимиздаги ҳаёт узлуксиз тарзда кечадиган муайян жараёнлар, воқеалар, ҳодисаларга ниҳоятда бой бўлиб, уларни кўпини аксарият ҳолларда сезмаймиз ёки эътиборга олмаймиз. Четдан қараганда уларнинг орасида боғлиқлик ёки узлуксизлик билинмаслиги ҳам мумкин. Баъзиларига эса шунчалик кўникиб кетганмизки, аниқ бир сўз билан ифодалаш керак бўлса, биров қийналиб турамизда, “...мана шу-да!” деб қўямиз. Бутун суҳбат барчамиз билиб-билмайдиган, кўриб-кўрмайдиган ва сезиб-сезмайдиган **катталиклар** ҳақида боради.

Катталикларнинг таърифини келтиришдан олдин уларнинг моҳиятига муқаддима келтирсак. Ён-верингизга бир назар ташланг, ҳар хил буюмларни, жонли ва жонсиз предметларни кўрасиз. Балки олдингизда дўстларингиз ҳам ўтиришгандир (албатта дарс тайёрлаб!). Гарчи бу санаб ўтилганлар бир-бирларидан тубдан фарқ қилса ҳам ҳозир

кўришимиз керак бўлган хоссалар ва хусусиятлар бўйича улардаги муайян умумийликни кўришимиз мумкин. Масалан, ручка, стол ва дўстингизни олайлик. Булар бир-биридан қанчалик ўзгача бўлмасин, лекин ўзларида шундай бир умумийликни касб этганки, бу умумийлик уларнинг учаласида ҳам бир хилда тавсифланади. Агарда гап уларнинг катта-кичиклиги хусусида борадиган бўлса, бирор бир йўналиш бўйича олинган ва аниқ чегарага (оралиққа) эга бўлган маконни ёки масофани тушунамиз. Айнан мана шу хосса учала объект учун бир хил маънога эга. Ушбу маъно нуқтаи назаридан қарайдиган бўлсак, улар орасидаги тафовут фақат қийматдагина бўлиб қолади. Ёки оғирлик тушунчасини, яъни мисол тариқасида олинган объектларнинг Ерга тортилишини ифодалайдиган хусусиятини оладиган бўлсак ҳам, мазмунан бир хилликни кўрамиз. Бунда ҳам улар орасидаги тафовут уларнинг Ерга тортилиш кучининг катта ёки кичиклигида, яъни қийматидагина бўлади. Биз буни оддийгина қилиб **оғирлик** деб атаб қўямиз. Бу каби хусусиятлар талайгина бўлиб, уларга **катталиқ** номи берилган.

Катталиқлар жуда кўп ва турли-туман, лекин уларнинг барчаси ҳам иккитагина тавсиф билан тушунтирилади. Бу сифат ва миқдор тавсифлари.

Сифат тавсифи олинган катталиқнинг моҳиятини, мазмунини ифодалайдиган тавсиф ҳисобланади. Гап масофа борасида кетганда муайян олинган объектнинг ўлчамларини, узун-қисқалигини ёки баланд-пастлигини билдирувчи хусусиятни тушунамиз, яъни кўз олдимизга келтирамиз. Буни оддийгина бир тажрибадан билишимиз мумкин. Бир дақиқага бошқа ишларингизни йиғиштириб, кўз олдингизга оғирлик ва температура номли катталиқларни келтиринг... Хўш, уларнинг сифат тавсифларини сеза олдингизми. Бир нарсага аҳамият беринг-а, оғирлик деганда қандайдир бир мавҳум, оғир ёки енгил объектни, аксарият, тарози тошларини кўз олдига келтиргансиз, температура тўғрисида гап борганда эса, иссиқ-совуқликни билдирувчи бир нарсани гавдалантиргансиз. Айнан мана шулар биз сизга тушунтирмоқчи бўлган катталиқнинг сифат тавсифи бўлиб ҳисобланади. Энди олинган объектларда бирор бир катталиқ тўғрисида сўзлайдиган бўлсак, бу объектлар ўзида шу катталиқни кўп ёки кам “муҳассамлаштирганлигини” шохиди бўламиз. Бу эса катталиқнинг миқдор тавсифи бўлади. Мана энди катталиқнинг таърифини келтиришимиз мумкин:

**Катталиқ** - сифат томонидан кўпгина физикавий объектларга (физикавий тизимларга, уларнинг ҳолатларига ва уларда ўтаётган жараёнларга) нисбатан умумий бўлиб, миқдор томонидан ҳар бир объект учун хусусий бўлган хоссадир. Таърифда келтирилган хусусийлик бирор объектнинг хоссаси иккинчисиникига нисбатан маълум даражада каттароқ ёки кичикроқ бўлишини ифодалайди. Биз ўрганаётган метрология фани айнан мана шу катталиқлар, уларнинг бирликлари, ўлчаш техникасининг

ривожланиши билан чамбарчас боғлиқдир. “Катталик” атамасидан хоссанинг фақат миқдорий томонини ифодалаш учун фойдаланиш тўғри эмас (масалан, “масса катталиги”, “босим катталиги” деб ёзиш), чунки шу хоссаларнинг ўзи катталик бўлади. Бунда “катталик ўлчами” деган атамани ишлатиш тўғри ҳисобланади. Масалан, маълум жисмнинг узунлиги, массаси, электр қаршилиги ва ҳоказолар.

Ҳар бир физикавий объект бир қанча объектив хоссалар билан тавсифланиши мумкин. Илм-фан тараққиёти ва ривожланиши билан бу хоссаларни билишга талаб ортиб бормоқда. Ҳозирга келиб замонавий ўлчаш воситалари ёрдамида 70 дан ортиқ катталикни ўлчаш имконияти мавжуд. Бу кўрсаткич 2050 йилларга бориб 200 дан ортиб кетиши башорат қилинмоқда. Кўпинча катталикнинг ўрнига параметр, сифат кўрсаткичи, тавсиф (характеристика) деган атамаларни ҳам қўлланишига дуч келамиз, Лекин бу атамаларнинг барчаси моҳиятан катталикни ифодалайди.

Муайян гуруҳлардаги катталикларнинг орасида ўзаро боғлиқлик мавжуд бўлиб, уни физикавий боғланиш тенгламалари орқали ифодалаш мумкин. Масалан, вақт бирлигидаги ўтилган масофа бўйича тезликни аниқлашимиз мумкин. Мана шу боғланишлар асосида катталикларни икки гуруҳга бўлиб кўрилади: асосий катталиклар ва ҳосилавий катталиклар.

**Асосий катталик** деб кўрилаётган тизимга кирадиган ва шарт бўйича тизимнинг бошқа катталикларига нисбатан мустақил қабул қилиб олинадиган катталикка айтилади. Масалан, масофа (узунлик), вақт, температура, ёруғлик кучи кабилар. \_\_

## 2. Катталикнинг ўлчамлиги

Ҳар бир хосса кўп ёки кам даражада ифодаланиши, яъни миқдор тавсифига эга бўлиши мумкин экан, демак бу хоссани ўлчаш ҳам мумкин. Бу ҳақда буюк италиялик олим Галилео Галилей “Ўлчаш мумкин бўлганини ўлчанг, мумкин бўлмаганига эса имконият яратинг” деган эди. Катталикларнинг сифат тавсифларини расмий тарзда ифодалашда ўлчамликдан фойдаланамиз.

**Катталикнинг ўлчамлиги** деб, шу катталикнинг тизимдаги асосий катталиклар билан боғлиқлигини кўрсатадиган ва пропорционаллик коэффициенти 1 га тенг бўлган ифодага айтилади. Катталикларнинг ўлчамлигини dimension - ўлчам, ўлчамлик маъносини билдирадиган (ингл.) сўзга асосланган ҳолда dim симболи билан белгиланади. Одатда, асосий катталикларнинг ўлчамлиги мос ҳолдаги бош ҳарфлар билан белгиланади, масалан,  $dim l = L$ ;  $dim m = M$ ;  $dim t = T$ .

Ҳосилавий катталикларнинг ўлчамлигини аниқлашда қуйидаги қоидаларга амал қилиш лозим:

1. Тенгламининг ўнг ва чап томонларининг ўлчамлиги мос келмаслиги мумкин эмас, чунки, фақат бир хил хоссаларгина ўзаро солиштирилиши мумкин. Бундан хулоса қилиб айтадиган бўлсак, фақат бир хил ўлчамликка эга бўлган катталикларнигина алгебраик қўшишимиз мумкин.

2. Ўлчамликларнинг алгебраси кўпаювчандир, яъни фақатгина кўпайтириш амалидан иборатдир.

2.1. Бир нечта катталиклар кўпайтмасининг ўлчамлиги уларнинг ўлчамликларининг кўпайтмасига тенг, яъни:  $A, B, C, Q$  катталикларининг қийматлари орасидаги боғланиш  $Q = ABC$  қўринишда берилган бўлса, у ҳолда

$$\dim Q = (\dim A)(\dim B)(\dim C).$$

2.2. Бир катталикни бошқасига бўлишдаги бўлинманинг ўлчамлиги уларнинг ўлчамликларининг нисбатига тенг, яъни  $Q = A/B$  бўлса, у ҳолда  $\dim Q = \dim A / \dim B$ .

2.3. Даражага кўтарилган ихтиёрий катталикнинг ўлчамлиги унинг ўлчамлигини шу даражага оширилганлигига тенгдир, яъни,  $Q = A^n$  бўлса, у ҳолда,  $\dim Q = \dim A \cdot n$ . Масалан, агар тезлик  $v = l/t$  бўлса, у ҳолда  $\dim v = \dim l / \dim t = L/T = LT^{-1}$ .

Шундай қилиб, ҳосилавий катталикнинг ўлчамлигини ифодалашда қуйидаги формуладан фойдаланишимиз мумкин:

$$\dim Q = L^n M^m T^k \dots,$$

бунда,  $L, M, T, \dots$ , - мос равишда асосий катталикларнинг ўлчамлиги;

$n, m, k, \dots$ , - ўлчамликнинг даража кўрсаткичи.

Ҳар бир ўлчамликнинг даража кўрсаткичи мусбат ёки манфий, бутун ёки каср сонга ёхуд нолга тенг бўлиши мумкин. Агар барча даража кўрсаткичлари нолга тенг бўлса, у ҳолда бундай катталикни ўлчамсиз катталик дейилади. Бу катталик бир номдаги катталикларнинг нисбати билан аниқланадиган нисбий (масалан, диэлектрик ўтказувчанлик), логарифмик (масалан, электр қуввати ва кучланишининг логарифмик нисбати) бўлиши мумкин. Ўлчамликларнинг назарияси одатда ҳосил қилинган ифода (формула)ларни тездан текшириш учун жуда қўл келади. Баъзан эса бу текширув номаълум бўлган катталикларни топиш имконини беради.

### 3. Катталикларнинг бирликлари.

Муайян объектни тавсифловчи катталик шу объект учун хос бўлган миқдор тавсифига эга экан, бу каби объектлар ўзаро биргаликда кўриляётганда фақат мана шу миқдор тавсифларига кўра тафовутланади. Бунинг учун эса солиштириляётганда объектлараро бирор бир асос бўлиши лозим. Бу асосга солиштириш бирлиги дейилади. Айнан мана шундай тавсифлаш асосларига катталикнинг бирлиги деб ном берилган. Кўриляётган физикавий объектнинг ихтиёрий бирхоссасининг миқдор тавсифи бўлиб унинг ўлчами

хизмат қилади. Лекин “узунлик ўлчами”, “масса ўлчами”, “сифат кўрсаткичининг ўлчами” дегандан кўра “узунлиги”, “массаси”, “сифат кўрсаткичи” каби ибораларни ишлатиш ҳам лексик жиҳатдан, ҳам техникавий жиҳатдан ўринли бўлади. Ўлчам билан қиймат тушунчаларини бир- бирига адаштириш керак эмас. Масалан, 100 g, 105 mg, 10-4 t - бир ўлчамни 3 хил кўринишда ифодаланиши бўлиб, одатда “масса ўлчамининг қиймати” демасдан, “массаси (...) kg” деб гапирамыз. Демак катталиқнинг қиймати деганда унинг ўлчамини муайян сонли бирликларда ифодаланишини тушунишимиз лозим.

**Катталиқнинг ўлчами** - Айрим олинган моддий объект, тизим, ҳодиса ёки жараёнга тегишли бўлган катталиқнинг миқдори бўлиб ҳисобланади.

**Катталиқнинг қиймати** - қабул қилинган бирликларнинг маълум бир сони билан катталиқнинг миқдор тавсифини аниқлаш. Қийматнинг сонлар билан ифодаланган таркибий қисмини катталиқнинг сонли қиймати дейилади. Сонли қиймат катталиқнинг ўлчами нолдан қанча бирликка фарқланади, ёки ўлчаш бирлиги сифатида олинган ўлчамдан қанча бирлик катта (кичик) эканлигини билдиради ёки бошқача айтганда  $Q$  катталиқининг қиймати уни ўлчаш бирлигининг ўлчами  $[Q]$  ва сонли қиймати  $q$  билан ифодаланади деган маънони англашимиз лозим:  $Q = q[Q]$ .

Энди яна катталиқнинг бирлигига қайтамыз. Икки хил металл қувур берилган бўлиб, бирининг диаметри 1 m, иккинчисиники 0,5 m. Уларнинг икковини диаметр бўйича солиштириш учун, муайян бир асос сифатида олинган бирлик қиймати билан солиштиришимиз лозим бўлади

**Катталиқнинг бирлиги деб** - таъриф бўйича соний қиймати 1га тенг қилиб олинган катталиқ тушунилади Ушбу атама катталиқнинг қийматига кирадиган бирлик учун кўпайтирувчи сифатида ишлатилади. Муайян катталиқнинг бирликлари ўзаро ўлчамлари билан фарқланиши мумкин. Масалан, метр, фут ва дюйм узунликнинг бирликлари бўлиб, қуйидаги ҳар хил ўлчамларга эга - 1 фут = 0,3048 m, 1 дюйм = 25,4 mm га тенгдир. Катталиқнинг бирлиги ҳам, катталиқнинг ўзига ўхшаш асосий ва ҳосилавий бирликларга бўлинади: ихтиёрий равишда танланган асосий катталиқнинг бирлигига айтилади.

Бунга мисол қилиб, LMT - катталиқлар тизимига тўғри келган МКС бирликлар тизимида метр, килограмм, секунд каби асосий бирликларни олишимиз мумкин.

**Ҳосилавий бирлик** деб, берилган бирликлар тизимининг бирликларидан тузилган, таърифловчи тенглама асосида келтириб чиқарилувчи ҳосилавий катталиқнинг бирлигига айтилади. Ҳосилавий бирликка мисол қилиб 1 m/s - халқаро бирликлар тизимидаги тезлик бирлигини; 1 Н = 1 kg·m/s<sup>2</sup> куч бирлигини олишимиз мумкин.

**Халқаро бирликлар тизими** 1960 йили ўлчов ва оғирликларнинг XI Бош конференцияси Халқаро бирликлар тизимини қабул қилган бўлиб, мамлакатимизда буни SI (SI - Systeme

international) халқаро тизими деб юритилади. Кейинги Бош конференцияларда SI тизимига бир қатор ўзгартиришлар киритилган бўлиб, ҳозирги ҳолати ва бирликларга қўшимчалар ва кўпайтиргичлар ҳақидаги маълумотлар 2.1- ва 2.2-жадвалларда келтирилган.

#### 4. Бирликларни ва ўлчамларни белгилаш ва ёзиш қоидалари

1. Катталикларнинг бирликларини белгилаш ва ёзиш борасида стандартлар асосида меъёрланган тартиб ва қоидалар мавжуд. Бу қоидалар ва тартиблар ГОСТ 8.417-81 да атрофлича ёритилган. 1. Кельвин температурасидан (белгиси T) ташқари  $t = T - T_0$  ифода билан аниқланувчи Цельсий температураси (белгиси t) қўлланилади, бу ерда таърифи бўйича  $T = 273,15$  К. Кельвин температураси кельвинлар билан Цельсий температураси – Цельсий градуслари билан ифодаланади (халқаро ва ўзбекча белгиси °C). Ўлчови бўйича Цельсий градуси кельвинга тенг. Цельсий градуси бу «кельвин» номи ўрнига ишлатиладиган махсус ном.

2. Кельвин температураларининг айирмаси ёки оралиғи кельвинлар билан ифодаланади. Цельсий температураларининг айирмаси ёки оралиғи кельвинлар билан ҳам, Цельсий градуслари билан ҳам ифодалашга рухсат этилади.

3. Халқаро амалий температура белгисини 1990 йилги халқаро температура шкаласида ифодалаш учун, агар уни термодинамик температурадан фарқлаш лозим бўлса, унда термодинамик температура белгисига «90» индекси қўшиб ёзилади (масалан,  $T_{90}$  ёки  $t_{90}$ )

SI нинг ҳосилавий бирликлари SI нинг когерент ҳосилавий бирликларини ҳосил қилиш қоидаларига мувофиқ келтириб чиқарилади. Ўлчовлар ва тарозилар XVII Бош конференциясининг - ЎТБК (1983 й.) қарорларига мувофиқ узунлик бирлиги – метрни янги таърифи бўйича, текис электромагнит тўлқинларининг вакуумда тарқалиш тезлигини қиймати  $c_0 = 299792458$  м/с (аниқ) га тенг деб қабул қилинган. Бу тенгламага шунингдек қиймати  $8,854187817 \cdot 10^{-12}$  F/м тенг деб қабул қилинган вакуумнинг электрик доимийлиги  $\epsilon_0$  киради.

#### Изоҳлар:

Халқаро бирликлар тизимини 1960 йили Ўлчовлар ва тарозилар XI Бош конференциясида қабул қилишда урта

бирликлар синфи кирар эди: асосий, ҳосилавий ва қўшимча (радиан ва стеррадиан). ЎТБК радиан ва стеррадиан бирлигини «қўшимча» деб таснифлади, унинг асосий ёки ҳосилавий эканлиги туғрисидаги масалани очик қолдирди. Бу бирликларнинг иккиланма тушунишни бартараф қилиш мақсадида Ўлчовлар ва тарозилар халқаро комитети 1980 йил (1 – тавсия) қўшимча SI бирликлари синфини ўлчамсиз ҳосилавий бирликлар синфи деб тушунишни қарор қилди, ЎТБК ҳосилавий SI бирликлари учун ифодаларда уларни қўллаш ёки қўлланмасликни очик қолдирди. 1995 йил XX ЎТБК (8-қарор) SI дан қўшимча бирликлар синфини олиб ташлашга, бошқа ҳосилавий SI бирликлари учун ифодаларда қўлланиш ёки қўлланилмаслиги мумкин бўлган (заруриятга кўра) радиан ва стеррадианни SI нинг ўлчамсиз ҳосилавий бирликлари деб аташга қарор қилди.

#### **Такрорлаш учун саволлар.**

1. Айнан атрофингизда мавжуд турган катталикларни санаб беринг ва уларни гуруҳланг.
2. Катталикнинг сифат ва миқдор тавсифлари нима асосида изоҳланади?
3. СИ бирликлар тизими ҳақида сўзлаб беринг.
4. Ўлчаш бирликларига қўшимчалар деганда нимани тушунаси?

### **3- MAVZU**

#### **ELEKTR O'LCHASH TURLARI VA USULLARI.**

##### **Reja.**

1. O'lchashlar to'g'risida asosiy ta'riflar, tushunchalar.
2. O'lchash turlari.

3. O'lchash usullari (bevosita baholash usuli, taqqoslash usuli). Statik va dinamik o'lchashlar.

4. Diskret o'lchash usuli.

**Tayanch so'zlar:** o'lchash ob'ekti, o'lchash usuli, o'lchash vositasi, o'lchov, o'lchash asbobi.

### **1. O'lchashlar to'g'risida asosiy ta'riflar, tushunchalar.**

Kattalikning sonli qiymatini odatda o'lchash amali bilangina topish mumkin, ya'ni bunda ushbu kattalik miqdori birga teng deb qabul qilingan shu turdagi kattalikdan necha marta katta yoki kichik ekanligi aniqlanadi.

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

Bu ta'rifdan shunday xulosaga kelish mumkinki: birinchidan, o'lchash bu har xil kattaliklar to'g'risida informatsiya hosil qilishdir; ikkinchidan, bu fizik eksperimentdir; uchinchidan - o'lchash jarayonida o'lchanadigan kattalikning o'lchov birligining ishlatilishidir. Demak, o'lchashdan maqsad, o'lchanadigan kattalik bilan uning o'lchov birligi sifatida qabul qilingan miqdori orasidagi (tafovutni) nisbatni topishdir. Ya'ni, o'lchash jarayonida o'lchashdan ko'zda tutiladigan **maqsad**, ya'ni izlanuvchi kattalik (bu shunday asosiy kattalikka uni aniqlash butun izlanishni, tekshirishni vazifasi, maqsadi hisoblanadi) va **o'lchash ob'ekti** ishtirok etadi. O'lchash ob'ekti (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 informatsiya qabul qilish, o'zgartirish demakdir. Bundan maqsad izlanayotgan kattalikni son qiymatini qo'llash, ishlatish uchun qulay formada 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 struktura yordamida, o'lchash vositalari yordamida 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 analiz qilish asosida bevosita o'lchash ob'ekti (o'lchanadigan kattalik) aniqlanadi. O'lchash jaraeni yordamida esa shu o'lchash ob'ekti to'g'risida informatsiya hosil qilinadi va nihoyat ba'zi matematik qayta ishlash yo'li bilan o'lchash maqsadi haqida yoki izlanayotgan kattalik haqida informatsiya (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'lchash birligi

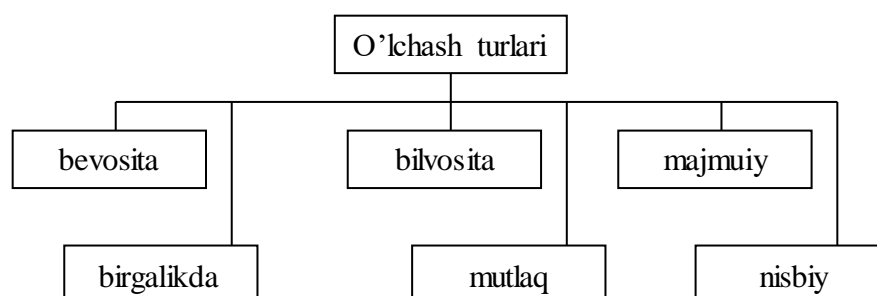
O'lchash jarayonini avtomatlashtirish munosabati bilan o'lchash natijalari o'zgarmsdan to'g'ridan-to'g'ri elektron hisoblash mashinalariga yoki avtomatik boshqarish tizimlariga berilishi mumkin. SHuning uchun, keyingi paytlarda, ayniqsa, kibernetika sohasidagi mutaxassislarda o'lchash haqidagi tushuncha quyidagicha ta'riflanadi.

**O'lchash** – bu izlanayotgan kattalik haqida informatsiya qabul qilish va o'zgartirish jarayonidir. Bundan ko'zda tutilgan maqsad shu o'lchanayotgan kattalikning ishlatish, o'zgartirish, uzatish yoki qayta ishlashlar uchun qulay formadagi ifodasini ishlab chiqishdir.

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

## 2. O'lchash turlari

O'lchanayotgan kattalikning sonli qiymatini topishning bir necha xil turlari (yo'llari) mavjuddir. Quyida shu yo'llar bilan tanishib chiqamiz.



**Bevosita o'lchash** - O'lchanayotgan kattalikning qiymatini tajriba ma'lumotlaridan bevosita topish. Masalan, oddiy simobli termometrda yoki lineyka yordamida o'lchash.

$$u = s \cdot x;$$

Bunda: u - muayyan birlikda ifodalanyotgan o'lchanayotgan kattalikning qiymati;

s - shkalaning bo'lim qiymati;

x - shkaladan olingan qaydnoma.

**Bilvosita o'lchash** - bevosita o'lchangan kattaliklar bilan o'lchanayotgan kattalik orasida bo'lgan ma'lum bog'lanish asosida kattalikning qiymatini topish. Masalan, tezlikni o'lchash.

$$u = f(x_1 x_2 \dots x_n).$$

**Majmuyiy o'lchash** - bir necha nomdosh kattaliklarning birikmasini bir vaqtda bevosita o'lchashdan kelib chiqqan tenglamalar tizimini yechib, izlanayotgan qiymatlarni topish. Masalan, har xil tarozi toshlarining massasini solishtirib, bir toshning ma'lum massasidan boshqasining massasini topish uchun o'tkaziladigan o'lchashlar, haroratni qarshilik termometri orqali o'lchash.

**Birgalikdagi o'lchash** - turli nomli ikki va undan ortiq kattaliklar orasidagi munosabatni topish uchun bir vaqtda o'tkaziladigan o'lchashlar. Misol, rezistorning 20 °S dagi elektr qarshiligi qiymatini turli temperaturalarda o'lchab topish.

**Mutlaq o'lchash** - bir yoki bir necha asosiy kattaliklarni bevosita o'lchanishini va (yoki) fizikaviy doimiylikning qiymatlarini qo'llash asosida o'tkaziladigan o'lchash.

**Nisbiy o'lchash** - kattalik bilan birlik o'rnida olingan nomdosh kattalikning nisbatini yoki asos qilib olingan kattalikka nisbatan nomdosh kattalikning o'zgarishini o'lchash.

### 3. O'lchash usullari

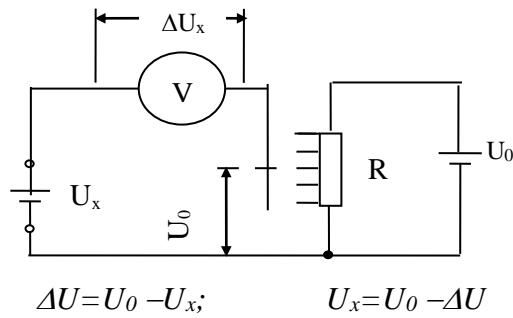
**O'lchash usuli** – deganda o'lchash qonun-qoidalari va o'lchash vositalaridan foydalanib, kattalikni uning birligi bilan solishtirish usullarini tushunamiz.

O'lchashning quyidagi usullari mavjud:

**Bevosita baholash usuli** - bevosita o'lchash asbobining sanash qurilmasi yordamida to'g'ridan to'g'ri o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topish. Masalan, prujinali manometr bilan bosimni o'lchash yoki ampermetr yordamida tok kuchini topish.

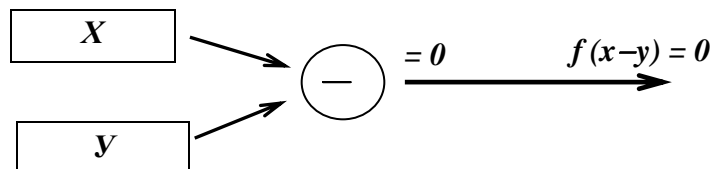
**O'lchov bilan taqqoslash (solishtirish) usuli** - o'lchanayotgan kattalikni o'lchov orqali yaratilgan kattalik bilan taqqoslash (solishtirish) usuli. Masalan tarozi toshi yordamida massani aniqlash. O'lchov bilan taqqoslash usulining o'zini bir nechta turlari mavjud:

**Ayirmali o'lchash (differentsial) usuli** - o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning va o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini (farqini) o'lchash asbobiga ta'sir qilish usuli. Misol qilib uzunlik o'lchovini qiyoslashda uni komparatorda namunaviy o'lchov bilan taqqoslab o'tkaziladigan o'lchash. Yoki, voltmetr yordamida ikki kuchlanish orasidagi farqni o'lchash, bunda kuchlanishlardan biri juda yuqori aniqlikda ma'lum, ikkinchisi esa izlanayotgan kattalik hisoblanadi.

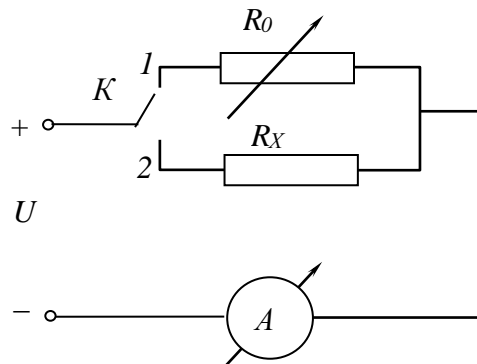


$U_x$  bilan  $U_0$  qanchalik yaqin bo'lsa, o'lchash natijasi ham shunchalik aniq bo'ladi.

**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.



**Almashlash 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.

$$I_1 = U / R_0 \rightarrow \alpha_1$$

$$I_2 = U / R_k \rightarrow \alpha_2$$

**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.

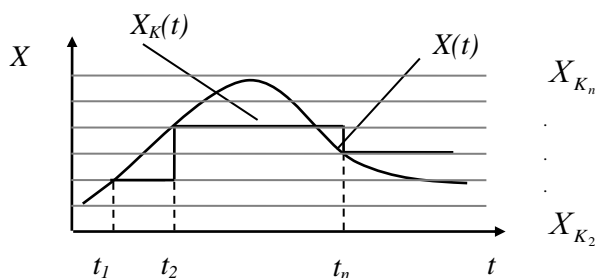
Har bir tanlangan usul o'z usuliyatiga, ya'ni o'lchashni bajarish usuliyatiga ega bo'lishi lozim. O'lchashni bajarish usuliyati deganda, ma'lum usul bo'yicha o'lchash natijalarini olish uchun belgilangan tadbir, qoida va sharoitlar tushuniladi.

O'lchanadigan kattalikning o'lchash jarayonida o'zgarish xarakteriga ko'ra **statik** va **dinamik** o'lchashlarga ajratiladi. **Statik o'lchash** deganda qiymati o'lchash jarayoni mobaynida o'zgarmaydigan kattalikni o'lchash tushuniladi. Bundan tashqari, davriy o'zgaruvchan kattaliklarning turg'un rejimidagi o'lchashlar ham kiradi. Masalan, o'zgaruvchan kattalikning amplituda, effektiv va boshqa qiymatlarini turg'un rejimida o'lchash.

**Dinamik o'lchashlarga** qiymatlari o'lchash jarayonida o'zgarib turadigan kattaliklarni o'lchashlar kiradi. Dinamik o'lchashga vaqt bo'yicha o'zgaradigan kattalikning oniy qiymatini o'lchash misol bo'la oladi.

#### 4. Diskret o'lchash usuli

Yuqorida ko'rilgan o'lchash usullaridan tubdan farq qiluvchi **diskret** o'lchash usuli ham mavjud. Diskret o'lchash usuli shundan iboratki, unda vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan kattalik vaqt bo'yicha diskretlanadi, miqdor bo'yicha esa kvantlanadi yoki boshqacha qilib aytganda vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan kattalik vaqtning ayrim momentlariga tegishli uzuq qiymatlariga o'zgartiriladi (2.1.-rasm).



1-rasm.

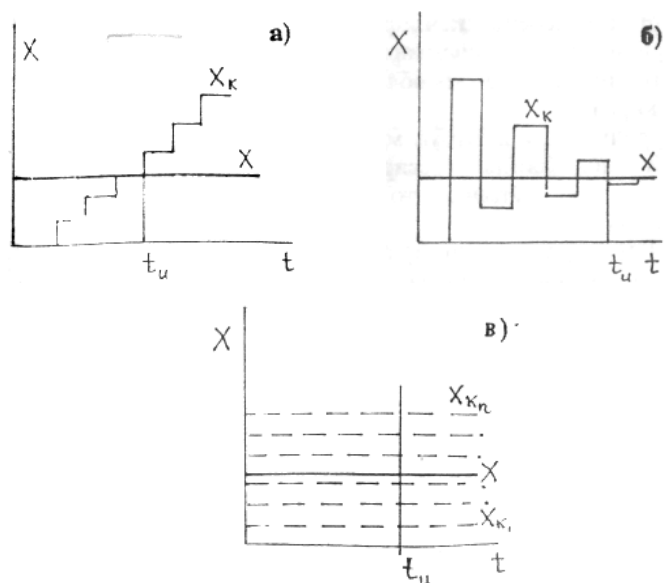
$X(t)$  – vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan kattalikning o'zgarish grafigi;  $X_k$  – kvant miqdorlari ya'ni o'lchanadigan  $X=f(t)$  kattaligining  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  momentlariga tegishli uzuq qiymatlari. Demak, diskret o'lchash usuli bo'yicha o'lchanadigan kattalikning hamma qiymati ( $0 \div t$ ) emas, balki, ayrim momentlarga tegishli qiymatigina ma'lum bo'ladi. Diskretlash bu muayyan diskret (juda qisqa) vaqt oralig'ida qadnomalarni olishdir.  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  – diskretlash momentlari deyiladi va  $t_1 \div t_2$  gacha oraliq diskretlash momentlari deyiladi. Kvantlash esa,  $X(t)$  kattalikning uzluksiz qiymatlarini  $X_k$  diskret qiymatlarining to'plami (nabori) bilan almashtirishdir. O'lchanadigan kattalikning uzluksiz qiymatlari muayyan tartiblar asosida kvantlash darajalarining qiymatlari bilan almashtiriladi. Kodlashtirish esa, muayyan ketma-ketlikda ifodalangan sonli qiymatlarni tavsiya etishdan iborat.

Uzluksiz o'zgaruvchan kattalikning diskret usuli asosida uzuk diskret qiymatlariga, kodlarga o'zgartirilishi asosan 3 xil usulda amalga oshiriladi. (2.2-rasm. a, b, v):

a) ketma-ket hisob usuli;

b) taqqoslash (solishtirish) usuli;

v) sanoq usuli;



### Nazorat sinov savollari

1. O'lchash usuli deb nimaga aytiladi?
2. Qanday o'lchash turlarini bilasiz?
3. Majmuyi, birgalikda o'lchash turlarini tushuntiring? Misol keltiring.
4. Bevosita baholash usulini tushuntiring?
5. Qanday solishtirish usullari mavjud?
6. Nolga keltirish, o'rindoshlik usullariga misol keltiring?
7. Differensial, mos kelish usullarini tushuntiring?
8. Absolyut nisbiy o'lchash deb nimaga aytiladi?
9. Diskret o'lchash usulini tushuntiring?
10. Statik va dinamik o'lchash deb nimaga aytiladi?

## 4- MAVZU

### O'LCHASH XATOLIKLARI VA ULARNI BAXOLASH

#### Reja:

1. O'lchash xatoliklari, ularning tabaqalanishi.
2. Muntazam xatoliklar va ularni kamaytirish usullari. Additiv va multiplikativ xatoliklar.

## 1. O'lchash xatoliklari, ularning tabaqalanishi.

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 darajasini siljishidan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash ob'ektini 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 ob'ektiga nisbatan tashqi ta'sirlar (temperatura yoki bosimning o'zgarishi, elektr va magnit maydonlarining ta'siri, turli tebranishlar va hokazolar) dan kelib chiquvchi sabablar;
- o'lchash ob'ektining xususiyatlaridan kelib chiquvchi sabablar;
- operatorning malakasi va holatiga bog'liq sabablar va shu kabilar.

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

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

I. O'lchash xatoliklari ifodalanishiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi:

**Absolyut (mutlaq) xatolik.** Bu xatolik kattalik qanday birliklarda ifodalanayotgan bo'lsa, shu birlikda tavsiflanadi. Masalan,  $0,2\text{ V}$ ;  $1,5\ \mu\text{m}$  va h.k. Mutlaq xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = A_x - A_{ch} \cong A_x - A_o;$$

bunda,  $A_x$  - o'lchash natijasi;

$A_{ch}$  - kattalikning chinakam qiymati;

$A_o$  - kattalikning haqiqiy qiymati.

Absolyut xatolikni teskari ishora bilan olingani tuzatma (- popravka) deb ataladi.

$$-\Delta = \delta;$$

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

Absolyut xatolikni asbob ko'rsatishining eng maksimal qiymatiga nisbatini protsentlarda olinganiga keltirilgan xatolik deb ataladi.

$$\beta_k = \frac{\Delta}{A_{x\max}} \cdot 100\%;$$

**2. Nisbiy xatolik** - absolyut xatolikni haqiqiy qiymatga nisbatini bildiradi va foiz (%) larda ifodalanadi:

$$\beta = [(A_x - A_o) / A_o] \cdot 100 = (\Delta / A_o) \cdot 100\%.$$

II. O'lchash sharoiti tartiblariga ko'ra xatoliklar quyidagilarga bo'linadi:

1. **Statik xatoliklar** - vaqt mobaynida kattalikning o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan xatoliklar. O'lchash vositalarining statik xatoligi shu vosita bilan o'zgarmas 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 tadbiiq etila olmaydi.
2. **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 inertsiyasi 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 (sharoitiga) qarab:

- asosiy;
- qo'shimcha xatoliklarga bo'linadi.

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

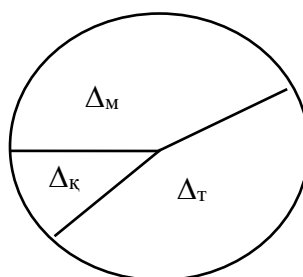
Agar asbob shu sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik qo'shimcha xatolik deyiladi.

IV. Mohiyati, tavsiflari, o'zgarish xarakteriga qarab va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra:

1. Muntazam xatoliklar;
2. Tasodifiy xatoliklar;
3. Qo'pol xatoliklar yoki yanglishuv xatoliklarga bo'linadi.

**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:



3.1. rasм.  
O'lchash xatoliklari

Bunda:

$\Delta_m$  – muntazam xatolik

$\Delta_t$  – tasodifiy xatolik

$\Delta_q$  – qo'pol xatolik

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 guruhlarini quyidagilar hisoblanadi:

- Uslubiy xatoliklar;
- Asbobiy (qurilmaviy) xatoliklar;
- Sub'ektiv xatoliklar.

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

O'lchash vositalarining konstruktiv kamchiliklari tufayli kelib chiqadigan xatolik asbobiy xatolik deb ataladi. Masalan: asbob shkalasining noto'g'ri graduirkalanishi (darajalanishi), qo'zg'aluvchan qismning noto'g'ri mahkamlanishi va hokazolar.

Sub'ektiv xatolik - kuzatuvchining aybi bilan kelib chiqadigan xatolikdir.

## **2. Muntazam xatoliklar va ularni kamaytirish usullari. Additiv va multiplikativ xatoliklar.**

Umuman, muntazam xatolikni yo'qotish yo'li bir aniq ishlab chiqilmagan. Lekin, shunga qaramay, muntazam xatolikni kamaytirishni 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 analiz qilishga asoslanadi. Masalan: o'lchash asbobining parametrlari yoki tekshirilayotgan zanjirning ish rejimini bilgan holda biz uning tuzatmasini (xatoligi) topishimiz mumkin. Xatolik, bunda, asbobning iste'mol qiluvchi quvvatidan, o'lchanayotgan kuchlanishning chastotasini oshishidan hosil bo'lishi mumkin.

2. *Xatolikni o'lchash natijalari bo'yicha baholash*. Bunda o'lchash natijalari har xil printsipdagi 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 fizikaviy printsipda 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.

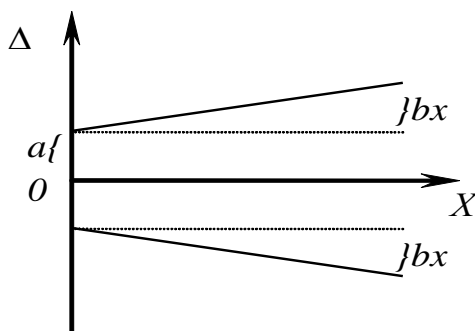
5. *Muntazam xatoliklarni keltirib chikaruvchi sabablarni yo'qotish yo'li.* Masalan: tashqi muhit temperaturasi o'zgarmas qilib saqlansa, o'lchash vositasini tashqi maydon ta'siridan himoyalash maqsadida ekranlashtirilsa, manba kuchlanishi turg'unlashtirilsa (stabillashtirilsa) va h.k.

6. *Muntazam xatolikni yo'qotishning maxsus usulini qo'llash:* o'rin almashlash (o'rindoshlik), differentsial usuli, simmetrik kuzatishlardagi xatoliklarni kompensatsiyalash usuli.

O'lchash vositalarining absolyut xatoligi o'lchanadigan kattalikning o'zgarishiga bog'liq, shuning uchun ham absolyut xatolik ifodasi ikki tashkil etuvchidan iborat deb qaraladi. Masalan: absolyut xatolikning maksimal qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$|\Delta|_{max} = |a| + |b x|$$

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.



#### **Takrorlash uchun savollar.**

1. Muntazam xatolikni keltirib chikaruvchi sabablar nimalardan iborat?
2. Muntazam xatoliklar qanday tashkil etuvchilardan iborat?
3. Muntazam xatoliklar qanday kamaytirish usullari mavjud?

### **5- MAVZU**

#### **TASODIFIY XATOLIKLARNI TAQSIMLANISH QONUNIYATLARI.**

##### **REJA.**

1. Tasodifiy xatoliklar va ularning taqsimlanishi.

2. Tasodifiy xatolikning normal qonun bo'yicha taqsimlanishi va uning ehtimoliy baholanishi.

3. Bilvosita o'lchash natijalarini qayta ishlash.

**Tayanch so'zlar:** muntazam xatolik, tasodifiy xatolik, normal taqsimot qonuni, o'rtacha kvadratik xatolik, ehtimoliy xatolik, ishonchli interval, ishonchli ehtimollik.

### 1. Tasodifiy xatolik va ularning taqsimlanishi

Tasodifiy xatolik biror fizikaviy 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 uni ta'siri (yoki o'lchash aniqligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

**Bevosita o'lchashlar** natijasining xatoliklarini baholashda quyidagi funktsiyadan foydalaniladi:

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

bu yerda  $f$  - aniq funktsiyadir,  $x_1,x_2,\dots,x_n$  - bevosita o'lchash natijasi.

Xatolikni baholash uchun esa xatolikning taxminiy formulasidan foydalaniladi.

Absolyut (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:

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

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 vositalarini aniqligini, qanchalik aniq o'lchashini baholash uchun o'lchash vositalarining aniqlik klassi (sinfi) degan tushuncha kiritilgan. **Aniqlik klassi** - bu o'lchash vositalarini shunday umumlashgan xarakteristikasi bo'lib, ularning yo'l qo'yishi mumkin

bo'lgan asosiy va qo'shimcha xatoliklari chegarasi (doirasi) bilan aniqlanadi. Demak aniqlik klassi o'lchash vositasining aniqlik ko'rsatkichi emas, balki uning hususiyatlari bilan belgilanadi, aniqlanadi.

## 2. Tasodifiy xatolikning normal qonun bo'yicha taqsimlanishi va uni ehtimoliy baholanishi.

O'lchash natijalarini qayta ishlash usullarini o'rganishdan maqsad, o'lchash natijasini o'lchanadigan kattalikni asli (chinakam) qiymatiga qanchalik yaqin ekanligini aniqlash, yoki uning haqiqiy qiymatini topish, o'lchashda hosil bo'ladigan xatolikning o'zgarish xarakterini aniqlash va o'lchash aniqligini baholashdir.

Bir narsaga alohida ahamiyat berishga to'g'ri keladi. Yuqorida oldingi mavzularda aytilganidek, muntazam xatoliklarni chuqur tahlili 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 kandy fizikaviy kattalik o'lchaganda, uning taxminiy qiymati aniqlanadi. Bu qiymatni esa tasodifiy kattalik deb hisoblash kerak 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'payadigan yoki kamayuvchi) bo'lib, uni muntazam (sistematik) xatolik deyiladi. Bu tashkil etuvchini - **matematik kutilish** deb yuritish mumkin. Ikkinchi tashkil etuvchi esa, **tasodifiy xatolik** bo'ladi.

Agar o'lchashda hosil bo'ladigan 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 ehtimolligi;  $\sigma$ - o'rtacha kvadratik xatolik;  $\Delta(\delta)$  - tuzatma yoki  $\Delta = \bar{X} - X_i$  bo'lib,  $X_i$  - alohida o'lchashlar natijasi,  $\bar{X}$  - esa o'lchanadigan kattalikning ehtimoliy qiymati, yoki uning o'rtacha arifmetik qiymatidir.

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

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

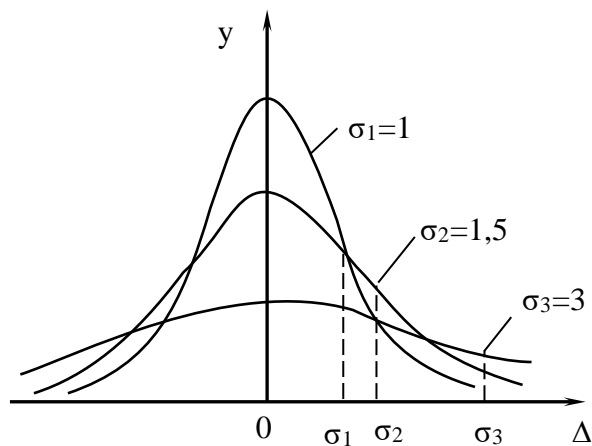
bu yerda  $x_1, x_2, \dots, x_n$ - alohida o'lchashlar natijasi;  $n$ - o'lchashlar soni.

O'rtacha kvadratik xatolik (o'zgarish) quyidagicha topiladi:

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

Quyida keltirilgan chizmada o'rtacha kvadratik xatoliklarning har xil qiymatlarida xatolikning o'zgarish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, o'rtacha kvadratik xatolik qanchalik kichik bo'lsa, xatolikning kichik qiymatlari shunchalik ko'p uchraydi, demak, o'lchash shunchalik yuqori aniqlikda olib borilgan hisoblanadi. O'lchash aniqligini baholash, ehtimollik nazariyasining qonun va qoidalariga asoslanib baholanadi; ya'ni **ishonchli interval** va uni xarakterlovchi **ishonchli ehtimollik** qabul qilinadi.

Odatda, ishonchli interval ham, ishonchli ehtimollik ham konkret o'lchashlar sharoitiga qarab tanlanadi.



Masalan: tasodifiy xatolikning normal qonuni bo'yicha taqsimlanishida (o'zgarishida) ishonchli interval  $+3\sigma \div -3\sigma$  gacha, ishonchli ehtimollik esa 0,9973 qabul qilinishi mumkin. Bu degan so'z 370 tasodifiy xatolikdan bittasi o'zining absolyut qiymati bo'yicha  $3\sigma$  dan katta bo'ladi va uni qo'pol xatolik deb hisoblab, o'lchash natijalarini qayta ishlashda hisobga olinmaydi.

O'lchash natijasining aniqligini baholashda ehtimoliy xatolikdan foydalaniladi. Ehtimoliy xatolik esa, shunday xatolikka, unga nisbatan, qandaydir kattalikni qayta o'lchaganda tasodifiy xatolikning bir qismi absolyut qiymati bo'yicha ehtimoliy xatolikdan ko'p, ikkinchi qismi esa undan shuncha kam bo'ladi.

Bundan chiqadiki, ehtimoliy xatolik, ishonchli intervalga teng bo'lib, bunda ishonchli ehtimollik  $R=0,5$  ga teng bo'ladi

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, xattoki yuz marotaba takrorlash imkoniyati bo'lgandagina aniqlanadi.

Ba'zida o'lchashni juda ko'p marotaba takrorlash imkoniyati bo'lmaydi, bunday holda ehtimoliy xatolik St'yudent koeffitsienti yordamida aniqlanadi. Bunda, koeffitsient o'lchashlar soni va qabul qilingan ishonchli ehtimollik qiymati bo'yicha maxsus jadvaldan olinadi. Bu holda, o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblab topiladi

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

bu yerda,  $t_n$  - St'yudent koeffitsienti.

SHunday qilib, o'rtacha kvadratik xatolik o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati istalgan uning 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 mumkinki, bu esa tasodifiy xatolikning o'lchash natijasiga ham ta'sir ko'rsatishini ta'minlasin.

Uning nisbiy birlikdagi qiymati esa quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

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

bu yerda  $\Delta\chi = t_n \sigma_n$

### 3. Bilvosita o'lchash natijalarini qayta ishlash.

Bilvosita usulda o'lchash natijalarini xatoligini aniqlaymiz.

Agar izlanayotgan kattalikni bevosita usulda o'lchangan kattaliklarning funktsiyasi desak:

$$A = F(B, C) \quad (5.1)$$

B va C kattaliklarni o'lchashdagi xatoliklari ma'lum bo'lsa izlanayotgan A kattaligini xatoligini topish mumkun.

V va S kattaliklarni o'zgaruvchan deb hisoblab (1.1) ifodani logarifmlab va differentsiallab quyidagiga esa bo'lamiz:

$$\frac{dA}{A} = F_1(B, C) \frac{dB}{B} + F_2(B, C) \frac{dC}{C}, \quad (5.2)$$

bu yerda:  $F_1(B, C)$  va  $F_2(B, C)$  o'zgaruvchan  $V$  va  $S$  larning funktsiyasi.

$dA$ ,  $dB$  va  $dC$  differentsiallarni absolyut xatoliklar deb hisoblab, ularni kichik orttirmalar bilan almashtiramiz:

$$\frac{\Delta A}{A} = F_1(B, C) \frac{\Delta B}{B} + F_2(B, C) \frac{\Delta C}{C}, \quad (5.3)$$

yoki

$$\delta_A = F_1(B, C) \delta_B + F_2(B, C) \delta_C, \quad (5.4)$$

bu yerda:  $\delta_A = \frac{\Delta A}{A}$ ;  $\delta_B = \frac{\Delta B}{B}$ ;  $\delta_C = \frac{\Delta C}{C}$  – lar  $A$ ,  $V$ ,  $S$  kattaliklarining nisbiy xatoliklari.

(6.4) ifoda  $V$  va  $S$  kattaliklarining xatoliklarini bilgan xolda izlanayotgan  $A$  kattaligining xatoligini aniqlash imkonini beradi. Ko'pincha  $\delta_V$  va  $\delta_S$  xatoliklarining ishorasi noaniq bo'lib,  $F_1(B, C) \delta_B$  va  $F_2(B, C) \delta_S$  qo'shiluvchilarning ishorasi bir xil deb hisoblanadi.

Izlanayotgan  $A$  kattaligini o'lchash xatoligi o'lchangan  $V$  va  $S$  kattaliklari bilan bog'liq bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$A = B^n \cdot C^m,$$

bu yerda:  $n$  va  $m$  – daraja ko'rsatkichlari bo'lib, ular butun son, kasr son, musbat va manfiy bo'lishi mumkin.

Tenglamaning o'ng va chap tomonlarini logarifmlab uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\ln A = n \ln B + m \ln C.$$

Ifodani differentsiallaymiz va quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{dA}{A} = n \frac{dB}{B} + m \frac{dC}{C}$$

$dA$ ,  $dB$  va  $dC$  differentsiallarni kichik orttirmalar bilan almashtiramiz.

$$\frac{dA}{A} = n \frac{\Delta B}{B} + m \frac{\Delta C}{C};$$

yoki

$$\delta_A = n \delta_B + m \delta_C, \quad (5.5)$$

bu yerda  $\delta_A = \frac{\Delta A}{A}$ ;  $\delta_B = \frac{\Delta B}{B}$ ;  $\delta_C = \frac{\Delta C}{C}$  A, V, S kattaliklarining nisbiy xatoliklari.

SHunday qilib, izlanayotgan A kattaligini V, S va D kattaliklari orqali uning eng yuqori nisbiy xatoligini aniqlash mumkin:

$$A = B + C - D$$

Ifodani logarifmlab va differentsiallab va dA, dB hamda dC larni orttirmalar bilan almashtirsak, izlanayotgan kattalikning xatoligini quyidagi tenglama bo'yicha topishimiz mumkin:

$$\delta_A = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta B + \Delta C - \Delta D}{B + C - D} \quad (5.6)$$

Agar  $B + C \approx D$  bo'lsa, B, C va D kattaliklarining xatoliklari nisbatan kichik bo'lishiga qaramay izlanayotgan A kattaligining xatoligi yuqori bo'lishi mumkin.

#### **Takrorlash uchun savollar.**

1. Tasodifiy xatoliklar deganda nimani tushunasiz?
2. Nima sababdan faqat tasodifiy xatoliklar baholanadi?
3. Matematik kutilish va dispersiya nima?
4. Ehtimoliy xatolik nima va u qanday topiladi?
5. Student koeffitsienti qanday tanlanadi?

## **6- MAVZU**

### **O'LCHASHLAR NOANIQLIGI.**

#### **REJA.**

1. O'lchash noaniqligi bo'yicha atamalar va ta'riflar.
2. O'lchash noaniqligini baholash.
3. O'lchanayotgan kattalikning tasvirlanishi.
4. Noaniqlik manbalarining namoyon bo'lishi.
5. Noaniqlikni taqdim etish.
6. Standart namunalar noaniqligi.

**Tayanch so'zlar:** o'lchashlar noaniqligi, standart noaniqlik, yakuniy noaniqlik, qamrov koefitsienti.

### **1. O'lchash noaniqligi bo'yicha atamalar va ta'riflar**

**Atamalar va ta'riflar.** O'z Dst 8.010.1, O'z DSt 8.010.2, O'z DSt 8.010.3, O'zDSt 8.010.4 ga muvofiq o'lchashlar noaniqligi bo'yicha quyidagi atamalar va tushunchalar qo'llaniladi:

***o'lchashlar noaniqligi:*** o'lchash natijalari bilan bog'liq bo'lgan va o'lchanayotgan kattalikka yetarli asos bilan qo'shib yozilishi mumkin bo'lgan qiymatlar tarqoqligini (sochilishini) tavsiflovchi parametrlar.

#### ***Izohlar***

1. Parametrlar, masalan, standart og'ish (yoki unga karrali son) yoki ishonch intervali (oralig'i) kengligi bo'lishi mumkin.

2. O'lchash noaniqligi odatda ko'plab tashkil etuvchilarni o'z ichiga oladi. Bu tashkil etuvchilarning ba'zilar qator o'lchashlar natijalarining statistik taqsimlanishidan baholanishi mumkin va eksperimental standart og'ishlar bilan tavsiflanishi mumkin. Standart og'ishlar bilan tavsiflanishi mumkin bo'lgan boshqa tashkil etuvchilar ham tajribaga yoki boshqa axborotlarga asoslangan ehtimolliklarning taxmin qilingan taqsimlanishidan baholanadi.

3. SHubhasiz, o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalik qiymatining eng yaxshi bahosi bo'lib hisoblanadi va tuzatishlar va taqqoslash etalonlari bilan bog'liq bo'lgan, tartibli (sistematik) ta'sirlardan yuzaga keladigan tashkil etuvchilarni o'z ichiga olgan holda noaniqlikning tashkil etuvchilari dispersiyaga hissa qo'shadi.

***Standart noaniqlik:*** standart og'ish sifatida ifoda etilgan o'lchash natijasining noaniqligi.

***A xil bo'yicha (noaniqlikni) baholash:*** Qator kuzatuvlarni statistik tahlil qilish yo'li bilan noaniqlikni baholash metodi.

***V xil bo'yicha (noaniqlikni) baholash:*** Qator kuzatuvlarni statistik tahlil qilishdan farq qiluvchi usullar bilan noaniqlikni baholash metodi .

***To'liq noaniqlik:*** CHegarasida o'lchanayotgan kattalikka yetarli asos bilan qo'shib yozilishi mumkin bo'lgan qiymatlar taqsimotining katta qismi joylashgan o'lchash natijasi atrofidagi oralig'ni aniqlovchi kattalik.

#### ***Izohlar***

1. Taqsimotning bu qismiga qamrov ehtimoli yoki oralig' uchun ishonch darajasi sifatida qaralishi mumkin.

2. To'liq noaniqlik, shuningdek, **umumiy noaniqlik** deb ham atalishi mumkin.



**qamrov koeffitsienti:** To'liq noaniqlikka erishish uchun yakuniy standart noaniqlikning ko'paytiruvchisi sifatida foydalaniladigan son bilan ifodalangan koeffitsient.

**kuzatib borish:** Belgilangan noaniqliklarga ega bo'lgan solishtirishlarning ajralmas zanjiri vositasida muvofiq etalonlar, ko'pincha milliy va xalqaro etalonlar bilan aloqa o'rnatish imkoniyatidan iborat bo'lgan o'lchash natijalari yoki etalon qiymatlarining xossalari

**pretsizionlik:** Sinovlarning kelishilgan sharoitlarda olingan mustaqil natijalarining bir biriga yaqinligi.

### **Izohlar**

1. Pretsizionlik faqatgina tasodifiy xatoliklarning taqsimlanishiga bog'liq va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy yoki qabul qilingan qiymatiga bog'liq emas.

2. Miqdoriy pretsizionlik ko'pincha noaniqlik sifatida ifodalanadi va sinov natijalarining standart og'ishi ko'rinishida hisoblanadi. Kamroq pretsizionlikka ko'proq standart og'ish muvofiq keladi.

3. «Sinovlarning mustaqil natijalari» ifodasi, bu natijalar xuddi shu yoki aynan o'xshash sinov ob'ektlaridan olingan qandaydir avvalgi natijalar ta'sir ko'rsatmaydigan tarzda olinganligini bildiradi. Pretsizionlikning miqdoriy tavsiflari hal qiluvchi tarzda kelishilgan shartlarga bog'liq.

**SI:** Xalqaro birliklar tizimi

**SO:** Standart namuna

**MVI:** O'lchashlarni bajarish metodikasi

### **Umumiy qoidalar**

#### *Metodlar yaroqliligini baholash*

Izoh - Bu yerda va bundan keyin metod (metodlar) deyilganda o'lchashlarni bajarish metodikalari va sinovlar metodikalari tushuniladi.

Amaliyotda eskirgan o'lchashlar uchun qo'llaniladigan aniq maqsadning metodlarini ko'proq ularning yaroqliligini baholash bo'yicha tadqiqotlar jarayonida belgilanadi.

Bunday tadqiqotlarning natijalari metodlarning umumiy tavsifnomalari bo'yicha ham, unga ta'sir etuvchi alohida faktorlar bo'yicha ham axborot beradi va bu axborotdan noaniqlikni baholashda foydalanish mumkin.

Izoh - Metodlar yaroqliligini baholash (validation of methods) chet elda qabul qilingan o'lchashlar sifatini ta'minlash tizimining muhim tashkil etuvchisi bo'lib hisoblanadi. «Validation» atamasi tegishli tushunchalarning turli mazmuni sababli milliy metrologiyada qabul qilingan «attestatsiyalar» atamasi bilan teng ma'noga ega emas. Qonuniy metrologiya protsedurasi sifatida amalga oshiriladigan metodikalarni attestatsiyalar metodikaning unga qo'yilgan metrologik talablarga muvofiqligini o'rnatishni maqsad qilib qo'yadi. Bunda diqqat markazida

olingan natijalar xatoliklarining tavsifnomalari bo'ladi. Metodning yaroqliligini baholash odatda samaradorlikning qator ko'rsatkichlarini belgilashdan (topish va aniqlash chegarasi, selektivlik/spetsifiklik, yaqinlashish va qayta ishlab chiqarish, barqarorlik va boshqalar) va ular asosida aniq o'lchash masalasini yechish uchun metodning yaroqliligini muhokama qilishdan iborat bo'ladi. Yaroqlilikni baholash bo'yicha tadqiqotlar natijalaridan noaniqlikni (xatolik tavsifnomalarini) topishda foydalanish mumkin.

Metodning yaroqliligini baholash bo'yicha tadqiqotlar samaradorlikning umumiy ko'rsatkichlarini aniqlash maqsadiga egadir. Ularni metodni ishlab chiqish va uning laboratoriyalararo tadqiqoti jarayonida yoki ichki laboratoriya tadqiqoti dasturiga rioya etgan holda belgilaydilar. Xatolikning yoki noaniqlikning alohida manbalari odatda pretsizionlikning umumiy tavsiflari bilan solishtirilganda ahamiyatliroq bo'lganidagina ko'rib chiqiladi. Bunda tirgak tahlil natijalariga tegishli tuzatishlarni kiritishdan ko'ra, muhim samaralarning aniqlanishi va yo'qotilishiga qilinadi. Bu potentsial muhim ta'sir o'tkazuvchi faktorlar umumiy pretsizionlik bilan solishtirilganda ahamiyatlilikka belgilanganda, tekshirilganda bu faktorlarga e'toborsizlik bilan qarash holatiga olib keladi. Bu sharoitlarda tadqiqotchilar ko'pchilik tartibli samaralarning ahamiyatsizligi isboti va qolgan ahamiyatli samaralarning ba'zi baholanishlari bilan bir qatorda umumiy samaradorlik ko'rsatkichlariga erishadilar.

Metodlar yaroqliligini baholash bo'yicha tadqiqotlar odatda quyidagi tavsifnomalarning ba'zilari yoki barchasining aniqlanishini o'z ichiga oladi:

#### *Pretsizionlik*

Pretsizionlikning asosiy tavsifnomalari yaqinlashish va qayta ishlab chiqarishning standart og'ishlarini (GOST ISO 3534-1 va GOST ISO 5725-2), shuningdek oraliq pretsizionlikni (GOST ISO 3534-3) o'z ichiga oladi. Yaqinlashish laboratoriyada, qisqa vaqt oralig'ida bitta operator tomonidan, bir nushadagi uskunada kuzatilgan o'zgaruvchanlikni tavsiflaydi va uni ushbu laboratoriya chegarasida yoki laboratoriyalararo tadqiqotlar doirasida baholash mumkin. Muayyan metod uchun qayta ishlab chiqarishning standart og'ishini bevosita laboratoriyalararo tadqiqotlar yordamida baholash mumkin va u xuddi shu namunani bir necha laboratoriyalarda tahlil qilinganda natijalar o'zgaruvchanligini tavsiflaydi. Oraliq pretsizionlik bir yoki ko'prok faktorlar, jumladan vaqt, uskuna yoki bitta laboratoriya chegarasidagi operator o'zgarganida kuzatiladigan natijalar variatsiyasini tavsiflaydi; bunda qaysi faktorlar muttasil turishidan qat'iy nazar turli ko'rsatkichlarga erishadilar. Oraliq pretsizionlikni ko'proq bitta laboratoriya doirasida baholaydilar, lekin uni laboratoriyalararo tadqiqotlar yordamida belgilash mumkin. Analitik metodikaning pretsizionligi u alohida dispersiyalarni jamlash orqali yoki metodikani to'liq

tadqiqot qilish yo'li bilan aniqlanishidan kat'iy nazar umumiy noaniqlikning muhim tashkil etuvchisi bo'lib hisoblanadi.

#### *Siljish*

Qo'llanilayotgan metodga bog'liq bo'lgan siljish odatda solishtirishning munosib namunalari yoki ma'lum qo'shimchali namunalarni o'lchash yordamida belgilanadi. Muvofiq tayanch qiymatlarga tegishli umumiy siljishni aniqlash qabul qilingan etalonlarga kuzatib borishni belgilashda muhimdir. Siljishni ajratib olish (kutilgan qiymatga bo'lingan kuzatilgan qiymat) ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Analitikning vazifasi siljishga e'tibor bermasdan qarash yoki unga tuzatish kiritishni ko'rsatishdan iboratdir, lekin har qanday holda ham siljishni belgilash bilan bog'liq noaniqlik umumiy noaniqlikning ajralmas tashkil etuvchisi bo'lib qoladi.

#### *CHiziqlilik (To'g'ri mutanosiblik)*

CHiziqlilik ba'zi diapazonda o'lchash uchun foydalaniladigan metodlarning muhim xossasi bo'lib hisoblanadi. Javob chiziqiligi toza moddalarda va real namunalarda aniqlash mumkin. Odatda chiziqlilikni miqdoriy aniqlanmaydi, uni ko'z bilan yoki nochiziqlilik ahamiyatligining mezonlari yordamida tekshiriladi. Ahamiyatli nochiziqlilikni odatda nochiziqli darajalovchi tavsifnomalar yordamida hisobga olinadi yoki torroq ishchi diapazonni tanlash yo'li bilan bartaraf etiladi. CHiziqlilikdan qolgan har qanday og'ishlar odatda bir qancha o'lchanayotgan qiymatlarni qamrovchi umumiy pretsizionlik bahosiga kiradi yoki darajalash bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik chegarasida qoladi.

#### *Topish chegarasi*

Metodning yaroqliligini baholash jarayonida topish chegarasi odatda ishchi diapazonning quyi chegarasini belgilash uchungina aniqlanadi. Ammo topish chegarasi yaqinidagi noaniqliklar alohida ko'rib chiqishni va maxsus talqin etilishni talab etishi mumkin, topish chegarasi qanday aniqlanganidan kat'iy nazar uning noaniqlikni baholashga to'g'ridan to'g'ri alqasi yo'q.

#### *Barqarorlik*

Ko'p hujjatlar tahlil metodlarining yaroqliligini baholash va ishlab chiqish bo'yicha aniq parametrlarni o'zgartirishga natijalar sezuvchanligini bevosita tadqiqot qilishni talab etadi. Odatda bu bir yoki bir necha faktorlarni o'zgartirish bilan chaqirilgan ta'sirlar tadqiqot qilinadigan «mustahkamlikka sinash» yordamida amalga oshiriladi. Agar bunday sinov ahamiyatli bo'lsa (o'z pretsizionligi bilan solishtirganda) u holda bu ta'sirning kengligini aniqlash va muvofiq yo'l qo'yilgan ishchi diapazonni tanlash uchun mufassalroq tadqiqot olib boriladi. Barqarorlik bo'yicha ma'lumotlar muhim faktorlarning o'zgarish natijalariga ta'siri haqida axborot berish mumkin.

#### *Selektivlik/spetsifiklik*

Qandaydir o'lchash metodi aniq o'lchash parametrlariga bir ma'noda javob beradigan daraja. Selektivlik tadqiqotlarida odatda mumkin bo'lgan halal beruvchi komponentlar ta'sirini bu

moddalarni bo'sh namunalarga ham, ishchi namunalarga ham qo'shgan holda va javobni kuzatgan holda o'rganiladi. Olingan natijalar odatda haqiqiy halal beruvchi ta'sirlar unchalik ahamiyatga ega emasligini ko'rsatish uchun foydalaniladi. Bunday tadqiqotlarda bevosita javob o'zgarishi aniqlanganligi uchun bu ma'lumotlardan potentsial halaqitlar bilan bog'liq noaniqlikni baholash uchun foydalanish mumkin, bundan tashqari bunda halaqit beruvchi moddalar kontsentratsiyalari diapazoni haqida axborot olinadi.

#### *Kuzatib borish*

Turli laboratoriyalarda yoki har xil vaqtda olingan natijalarni ishonch bilan solishtirish imkoniga ega bo'lish muhim. Bu barcha laboratoriyalar bir xil o'lchash shkalasi yoki bir xil «sanash nuqtasi» dan foydalanishlari bilan ta'minlanadi. Ko'p hollarda bunga dastlabki milliy yoki xalqaro etalonlarga, mukammal hollarda esa (uzoq muddatli kelishuv maqsadida). Xalqaro birliklar tizimi (SI) ga olib boruvchi kalibrlash zanjirini o'rnatish bilan erishiladi. Yaxshi misol bo'lib analitik tarozilar hisoblanadi. Har bir tarozi etalon toshlari yordamida kalibrlanadi, ular esa o'z navbatida (oqibatda) milliy etalonlarga nisbatan kalibrlanadi, shu tarzda kilogrammning dastlabki etaloni bilan o'zaro munosabatda bo'ladi. Ma'lum boshlang'ich qiymatga olib boruvchi taqqoslashlarning uzilmas zanjiri umumiy sanash nuqtasiga «kuzatib borish»ni ta'minlaydi va bu turli insonlarning bir xil o'lchash vositalaridan foydalanishlarini kafolatlaydi. Oddiy o'lchashlarda turli laboratoriyalar o'rtasidagi o'lchashlarning kelishilganligiga (yoki bir vaqtda o'lchashlarning kelishilganligi) o'lchashlar natijasini olish yoki tekshirish uchun foydalaniladigan, bunga tegishli bo'lgan barcha oraliq o'lchashlarni kuzatib borishni belgilash tufayli erishiladi. SHuning uchun kuzatib borish o'lchashlarning barcha sohalarida muhim tushuncha bo'lib hisoblanadi.

Kuzatib borish noaniqlik bilan chambarchas bog'liq va kuzatib borish o'zaro bog'liq bo'lgan barcha o'lchashlarni kelishilgan o'lchash shkalasida joylashtirishga yo'l qo'yadi, bunda noaniqlik bu zanjir xalqalarining «chidamliligi» ni va o'xshash o'lchashlarni bajaruvchi laboratoriyalar o'rtasidagi kutilgan kelishuv darajasini tavsiflaydi.

Umuman, aniq etalonga kuzatib boriladigan bo'lib hisoblanuvchi natija noaniqligi bu etalon noaniqligi va bu etalonga tegishli o'lchash noaniqligi sifatida ifodalanadi.

Analitik metodika natijasining kuzatib borilishi umuman quyidagi protseduralarning (muolajalarning) qo'shilishi bilan belgilanishi lozim:

- kuzatib borilayotgan etalonlardan o'lchash uskunasi kalibrlash uchun foydalaniladi;
- dastlabki metodni realizatsiya qilish yoki dastlabki metod natijalari bilan solishtirish;
- taqqoslash namunalaridan toza moddalar sifatida foydalanish;
- matritsa jihatidan mos keluvchi standart namunalardan foydalanish;
- ma'lum, yaxshi aniqlangan metodika bilan solishtirish.

### *O'lchash uskunasini kalibrlash*

Barcha hollarda foydalanilayotgan o'lchash uskunasini kalibrlash muvofik etalonga kuzatib borilishi lozim. Metodning o'lchash bosqichi ko'pincha miqdoriy tavsifnomasi SI ga kuzatib boriladigan taqqoslash namunasi yordamida darajalanadi. Bunday amaliyot metodikaning bu qismi uchun natijalarning SI ga kuzatib borilishini ta'minlaydi. Biroq, o'lchash bosqichidan oldin bo'ladigan operatsiyalar uchun kuzatib borishni belgilash ham zarurdir.

### *Taqqoslash namunalaridan toza moddalar sifatida foydalanish*

Kuzatib borishni ma'lum miqdordagi toza moddani tarkibiga oluvchi toza modda yoki namuna ko'rinishidagi taqqoslash namunasi yordamida ko'rsatish mumkin. Buni, masalan, ma'lum qo'shimchalarni bo'sh namunalariga yoki tahlil qilinayotgan namunaga qo'shish bilan qilish mumkin. Biroq, har doim foydalanilgan etalon va tahlil qilinayotgan namuna uchun o'lchash tizimi javobidagi farqni baholash zarur. Afsuski, ko'p hollarda, xususan, ma'lum ko'shimchalarni qo'shishda, javoblardagi bu farqni tuzatish bu tuzatishning noaniqligidek katta bo'lishi mumkin. Bu tarzda, natijaning kuzatib borilishi umuman olganda SI birliklariga o'rnatilishi mumkin bo'lsa ham amaliyotda eng oddiy holatlardan tashqari natija noaniqligi nomaqbul bo'lishi yoki miqdoriy aniqlanmagan bo'lishi mumkin. Agar noaniqlikni miqdoriy aniqlash mumkin bo'lmasa, u holda kuzatib borish o'rnatilmaydi.

### *Standart namunani qo'llash*

Kuzatib borishni matritsa jihatdan yaqin bo'lgan standart namuna (SN) da, bu SN ning attestatlangan qiymati (qiymatlari) bilan olingan o'lchash natijalarini solishtirish yo'li bilan ko'rsatiladi. Bu mos keluvchi «matritsa» SN mavjud bo'lganda, taqqoslash namunasini toza modda ko'rinishida qo'llash bilan taqqoslaganda noaniqlikni kamaytirishi mumkin. Agar SN qiymati SI ga kuzatib borilgan bo'lsa, u holda bu o'lchashlar SI birliklariga kuzatib borishni ta'minlaydi. Biroq xatto shu holda ham natija noaniqligi ayniqsa namuna tarkibi va SN tarkibi o'rtasida yetarli muvofiqlik bo'lmagan hollarda nomaqbul katta yoki xatto miqdoriy aniqlab bo'lmaydigan bo'lishi mumkin.

### *Ma'lum metodika bilan solishtirish*

Natijalarning aynan bir xil taqqoslana olinishiga ko'pincha faqatgina yaxshi aniqlangan va umum qabul qilingan metodikaga nisbatan erishilishi mumkin. Odatda bu metodika kirish parametrlari atamalarida aniqlanadi; masalan, ekstraksiyaning aniq vaqtining, zarralar o'lchovining vazifalari va boshqalar. Bunday metodikani qo'llash natijalari ushbu kirish parametrlarining qiymatlari muvofiq etalonlarga kuzatib borilganda kuzatib boriladigan bo'lib hisoblanadi. Natija noaniqligi me'yorlangan kirish parametrlarining noaniqliklaridan ham, me'yorlanishning to'liq emasligidan ham, shuningdek metodikani bajarishda o'zgaruvchanlikdan ham yuzaga kelishi mumkin. Agar, kutilayotganidek, alternativ metodika natijalari umum qabul

qilingan metodika natijalari bilan taqqoslansa, u holda qabul qilingan qiymatlarga kuzatib borishga umum qabul qilingan va alternativ metodikalar bo'yicha olingan natijalarni taqqoslash yo'li bilan erishiladi.

## **2. O'lchash noaniqligini baholash**

Umuman olganda noaniqliklarni baholash oddiy bo'lib hisoblanadi. Qandaydir o'lchash natijasiga xos bo'lgan noaniqlikni baholash uchun quyidagi amallarni bajarish zarur.

*1-bosqich. O'lchanayotgan kattalikni tasvirlash.*

O'lchash kattaligi va u bilan bog'liq bo'lgan parametrlar o'rtasidagi nisbatni kiritgan holda aynan nima o'lchanayotganligini aniq ifodalash zarur (masalan, o'lchash kattaliklari, konstantalar, darajalash uchun etalonlar qiymatlari va boshqalar). Mumkin bo'lgan joyda ma'lum sistematik effektlarga tuzatishlar kiritiladi. Bunday tasviriy axborot odatda muvofiq hujjatda metodikaga yoki metodning boshqa tasvirida keltiriladi.

*2-bosqich. Noaniqlik manbalarini aniqlash.*

Noaniqlik manbalarining ro'yxati tuziladi. U 1 bosqichda belgilangan xuddi o'sha nisbatda parametrlar noaniqligiga hissa qo'shadigan manbalarni o'z ichiga oladi, lekin noaniqlikning boshqa manbalarini, masalan, ximiyaviy taxminlardan kelib chiqadigan manbalarni ham o'z ichiga olishi mumkin.

*3-bosqich. Noaniqlikni tashkil etuvchilarining miqdoriy tasvirlanishi.*

Har bir aniqlangan potentsial manbaga xos bo'lgan noaniqlik qiymati aniqlanadi va baholanadi. Ko'pincha noaniqlikning bir qancha manbalar bilan bog'liq bo'lgan yagona hissasini baholash yoki aniqlash mumkin. SHuningdek mavjud ma'lumotlar noaniqlikning barcha manbalarini yetarli darajada hisobga olayotganligini ko'rib chiqish muhim va noaniqlikning barcha manbalarining adekvat hisobga olinishini ta'minlash uchun zarur bo'lgan qo'shimcha eksperimentlar va tadqiqotlarni puxta rejalashtirish zarur.

*4-bosqich. Yakuniy noaniqlikni hisoblash.*

3-bosqichda olingan axborot umumiy noaniqlikka bo'lgan yoki alohida manbalar bilan yoki bir qancha manbalarning yakuniy effektlari (samaralari) bilan bog'liq bo'lgan bir qancha miqdoriy tasvirlangan xossalardan iboratdir. Bu xossalarni standart og'ishlar ko'rinishida ifodalash va mavjud qoidalarga muvofiq yakuniy standart noaniqlikni olish uchun ularni jamlash zarur. Kengaytirilgan noaniqlikni olish uchun tegishli qamrov koeffitsientidan foydalanish zarur.

## **3. O'lchanayotgan kattalikning tasvirlanishi**

Noaniqlikni baholash kontekstida "o'lchash kattaligini tasvirlash" aynan o'lchanayotgan nafaqat bir ma'noli narsaning ifoda qilinishini, balki o'lchash kattaligini u bog'liq bo'lgan parametrlar bilan bog'lovchi miqdoriy ifodalanishini taqdim etishni ham talab etadi. Bu parametrlar boshqa o'lchash kattaliklari, to'g'ridan-to'g'ri o'lchanmaydigan kattaliklar yoki konstantalar

bo'lishi mumkin. SHuningdek namuna tanlash bosqichi metodikaga kiritilganmi yoki yo'qmi aniq belgilanishi lozim. Agar u kiritilgan bo'lsa, u holda namuna tanlash metodikasi bilan bog'liq bo'lgan noaniqlikni baholash ham zarur. Bu barcha axborotlar metodikaga hujjatda bo'lishi lozim.

Analitik o'lchashlarda ayniqsa foydalanilayotgan metodga bog'liq bo'lmagan natijalarni olish uchun mo'ljallangan va bunga mo'ljallanmagan o'lchashlar o'rtasidagi farqni o'tkazish muhim. Oxirgilari ko'pincha empirik metodlar kontekstida ko'rib chiqiladi.

#### **4. Noaniqlik manbalarining namoyon bo'lishi**

Eng avvalo, noaniqlikning mumkin bo'lgan manbalari ro'yxatini tuzish zarur. Bu bosqichda mikdoriy aspektlarni hisobga olishga zarurat yo'q; faqatgina aynan ko'rib chiqilishi kerak bo'lgan narsaga nisbatan to'liq aniqlikni ta'minlash maqsad bo'lib hisoblanadi.

Noaniqlik manbalarining ro'yxatini tuzishda odatda oraliq kattaliklardan natijalarni hisoblash uchun foydalaniladigan asosiy ifodalardan boshlash qulaydir. Bu ifodadagi barcha parametrlar o'z noaniqliklariga ega bo'lishlari mumkin va shuning uchun ular noaniqlikning potentsial manbalari bo'lib hisoblanadi. Bundan tashqari, aniq ko'rinishda o'lchanayotgan kattalik qiymatini topish uchun foydalaniladigan ifodaga kirmaydigan, lekin shunga karamay natijaga (masalan, ekstraktsiya vakti yoki temperatura) ta'sir qiladigan boshqa parametrlar ham bo'lishi mumkin. Noaniqlikning yashirin manbalari ham bo'lishi mumkin. Bu barcha manbalar ro'yxatga kiritilishi lozim.

Noaniqlik manbalari ro'yxati tuzilgandan so'ng ularning natijaga ta'sirini asosan har bir ta'sir ba'zi bir parametrlar bilan bog'liq bo'lgan o'lchashlarning rasmiy modeli deb yoki tenglamada o'zgaruvchan deb tasvirlash mumkin. Bunday tenglama natijaga ta'sir etuvchi individual omillar atamalarida ifodalangan o'lchash jarayonining to'liq modelini tashkil etadi. Bu funktsiya juda murakkab bo'lishi mumkin va uni ko'pincha aniq ko'rinishda yozish mumkin emas. Biroq, u mumkin bo'lgan joyda bunday ifodalanish shakli umumiy holda noaniqlikning individual tashkil etuvchilarini jamlash usulini aniqlaganligi sababli uni bajarish zarur.

Noaniqlikning muvofiq bahosini olish uchun ulardan har birini alohida baholash mumkin bo'lganda o'lchash metodikasini operatsiyalarning muntazamligi ko'rinishida ko'rib chiqish (ba'zida ayrim operatsiyalar deb ataladigan) foydali bo'lishi mumkin. Bu ayniqsa o'lchashlarning bir xildagi metodikalari bitta ayrim operatsiyalarni o'z ichiga olganda foydali yondashuv bo'ladi. Har bir operatsiyaning alohida noaniqliklari u holda umumiy noaniqlikka hissa qo'shadi.

Amaliyotda tahliliy o'lchashlarda ko'proq odatiy bo'lib kuzatilayotgan pretsizionlik va solishtiruvning mos keluvchi namunalariga nisbatan siljish kabi metodning umumiy effektivligi elementlari hisoblanadi. Bu tashkil etuvchilar odatda noaniqlik bahosiga ortiqroq hissa qo'shadi va natijaga ta'sir etuvchi alohida effektlar ko'rinishida yaxshiroq tuziladi. Bunday holda

boshqa mumkin bo'lgan hissalarini faqatgina ularni ahamiyatligini tekshirish uchun, ulardan faqatgina ahamiyatlarini miqdoriy aniqlab baholash lozim,

Noaniqlikning tipik manbalari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

#### *Namuna tanlash*

Laboratoriyada yoki bevosita tahlil ob'ektida bajariladigan namuna tanlash operatsiyalari taxlily metodika qismi bo'lgan hollarda namunalar o'rtasidagi tasodifiy farqlar va namuna tanlash protsedurasida siljish (sistematik xatolikning) yuzaga kelishi uchun har qanday imkoniyatlar kabi effektlar so'nggi natija noaniqligining tashkil etuvchilarini shakllantiradi.

#### *Namunalarni saqlash shartlari*

O'lchanayotgan (sinalayotgan) namunalar o'lchashlar bajarilgunga qadar qandaydir vaqt davomida saqlansa, saqlash shartlari natijaga ta'sir etishi mumkin. SHuning uchun, saqlash davomiyligi, shuningdek saqlash shartlari noaniqlik manbalari sifatida ko'rilishi lozim.

#### *Apparatura effektlari*

Bunday effektlar, masalan, analitik tarozilar aniqlik chegaralarini; ro'yxatga olinganlaridan farq qiluvchi (berilgan chegaralarda) o'rtacha temperaturani ushlab turaoladigan temperatura rostlagichining mavjudligini; ortiqcha yuklash effektlariga duchor qilinishi mumkin bo'lgan avtomatik analizatorni o'z ichiga olishi mumkin.

#### *Reaktivlar tozaligi*

Hattoki boshlang'ich reaktiv tekshirilgan bo'lsa ham bu tekshiruv metodikasi bilan bog'liq bo'lgan qandaydir noaniqlik qolganligi sababli titrlash uchun eritma konsentratsiyasi absolyut aniqlikda belgilanishi mumkin emas. Ko'p reaktivlar, masalan, organik bo'yoqlar 100 % ga toza bo'lib hisoblanmaydi va tarkibida izomerlar va anorganik tuzlar bo'lishi mumkin. Bunday moddalar tozaligi tayyorlovchi tomonidan kamida o'shanday darajada ko'rsatiladi. Tozalik darajasiga tegishli bo'lgan har qanday taxminlar noaniqlik elementini kiritadi.

#### *Taxmin qilingan stexiometriya*

Tahlily jarayon aniqlangan stexiometriyaga bo'ysunadi deb taxmin qilingan hollarda kutilayotgan stexiometriyadan og'ishlarni yoki reaksiyaning to'liq emasligini yoki yordamchi reaksiyalarni hisobga olish zarur bo'lishi mumkin.

#### *O'lchashlar shartlari*

O'lchovli shisha idish, masalan, u kalibrangan temperaturadan farq qiluvchi temperaturada qo'llanilishi mumkin. Katta temperatura effektlari tuzatishlar kiritish bilan hisobga olinishi lozim, biroq bu holda ham suyuqlik va shisha temperaturasi qiymatlaridagi har qanday noaniqlik ko'rib chiqilishi lozim. SHunga o'xshash, agar qo'llanilayotgan materiallar namlikning mumkin bo'lgan o'zgarishlariga sezuvchan bo'lsa atrofda havoning namligi ahamiyatga eta bo'lishi mumkin.

#### *Namunaning ta'siri*



Murakkab matritsa tarkibi aniqlanayotgan komponentning chiqarib olinishiga yoki asbobning javobiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Aniqlanayotgan komponentni topish shakliga sezuvchanlik bu ta'sirni yanada kuchaytirish mumkin.

Namuna yoki aniqlanayotgan komponent barqarorligi tahlil jarayonida issiqlik rejimining yoki fotolitik effektning o'zgarishi sababli o'zgarishi mumkin.

Chiqarib olish darajasini baholash uchun ba'zi «mashhur qo'shimcha» ishlatilganda aniqlanayotgan komponentning namunadan aniq chiqishi qo'shimchani chiqarib olish darajasidan farq qilishi mumkin, bu esa baholash lozim bo'lgan qo'shimcha noaniqlikni kiritadi.

#### *Hisoblash effektlari*

Darajalash vaqtida mos kelmaydigan modelni tanlash, masalan, noxiziq javobda chiziqli darajalashdan foydalanish juda yomon moslashtirishga va ko'proq noaniqlikka olib keladi.

Raqamlarni olib tashlash va yaxlitlash oxirgi natijaning noto'g'riligiga olib kelishi mumkin. Modomiki bu vaziyatlarni oldindan aytish qiyin ekan ba'zi bir noaniqlikka joizlik to'g'ri deb topilishi mumkin.

#### *Bo'sh namunaga tuzatish*

Bo'sh namunaga tuzatish qiymatining ba'zi bir noaniqligi bu tuzatishning zarurligiga shubha bilan barobar o'ringa ega bo'ladi. Bu ayniqsa izlarni tahlil qilishda muhimdir.

#### *Operatorning ta'siri*

O'lchash asboblarning pasaytirilgan yoki ko'tarilgan ko'rsatkichlarini ro'yxatga olish mumkinligi.

Metodika interpretatsiyasida ahamiyatga ega bo'lmagan farqlarning mumkinligi.

#### *Tasodifiy effektlar*

Tasodifiy effektlar barcha aniqlashlarda noaniqliklarga hissa qo'shadi. Bu bandni o'z-o'zidan ma'lum narsa sifatida noaniqlik manbalari ro'yxatiga kiritish lozim.

### **5. Noaniqlikni taqdim etish**

#### *Umumiy qoidalar*

O'lchash natijasi bilan birga taqdim etiladigan axborot uning keyingi foydalanish maqsadiga bog'liq. Bunda quyidagi printsiplarni qo'llash lozim:

- agar yangi axborot yoki yangi ma'lumotlar paydo bo'lsa noaniqlik bahosini aniqlashtirishni o'tkazish uchun yetarli axborotni taqdim etish;

- yetarli bo'lmagan axborotga qaraganda keragidan ortiq axborotni taqdim etish afzalroqdir.

Agar o'lchash tafsilotlari, noaniqlik qanday baholanganligini o'z ichiga olib, chop etilgan hujjatlarga tavsiyalar ko'rinishida berilgan bo'lsa bu hujjatlar dolzarblashtirilishi va laboratoriyada qo'llanilayotgan metodga muvofiq bo'lishi lozim.

#### *Talab qilinayotgan axborot*

O'lchash natijasining to'liq taqdim etilishi quyidagi axborotni yoki bunday axborotni o'z ichiga olgan hujjatlarga tavsiyani o'z ichiga olishi lozim:

- o'lchash natijasini va uning noaniqligini eksperimental kuzatishlar va kirish kattaliklari haqidagi ma'lumotlar asosida hisoblash uchun foydalaniladigan metodlarni tasvirlash;

- hisoblashda ham, noaniqliklarni tahlil qilishda ham foydalaniladigan barcha tuzatishlar va doimiyliklarning qiymatlari va manbalari;

- noaniqlikning barcha tashkil etuvchilarining ularning xar biriga tegishli to'liq hujjatlari bilan ro'yxati.

Ma'lumotlar va ularning tahlili barcha muhim bosqichlarni oson kuzatib turish va zaruriyat bo'lganda so'nggi natijani hisoblashni qaytarish mumkin bo'ladigan tarzda taqdim etilishi lozim. Oraliq qiymatlarni o'z ichiga olgan natijani batafsil taqdim etish talab etilgan hollarda hisobot quyidagilarni o'z ichiga olishi lozim:

- har bir kirish kattaligining qiymati, uning standart noaniqligi va uning qanday olinganligining ta'rifi;

- natija va kirish kattaliklari, shuningdek, bu effektlarni hisobga olish uchun foydalanilgan ayrim hosilalar, kovariatsiyalar yoki korrelyatsiya koeffitsientlari o'rtasidagi o'zaro munosabat;

- har bir kirish kattaligining standart noaniqligi uchun erkinlik darajalari soni.

Izoh - Funktsional bog'liqlik juda murakkab bo'lgan yoki aniq ko'rinishda mavjud bo'lmagan hollarda (masalan, u faqatgina komp'yuter dasturi sifatida mavjud bo'lishi mumkin) u umumiy ko'rinishda yoki muvofiq manbaga tavsiya yo'li bilan ifodalanishi mumkin. Bunday hollarda kimyoviy taxil natijasi va uning noaniqligi qanday qilib olinganligi har doim aniq bo'lishi lozim.

Oddiy tahlillar natijalarini taqdim etishda faqatgina kengaytirilgan noaniqlik qiymatini va  $k$  qiymatni ko'rsatish yetarli bo'lishi mumkin.

#### *Standart noaniqlikni taqdim etish*

1. Noaniqlikni  $i_s$  yakuniy standart noaniqlik ko'rinishida ifodalasangiz (ya'ni, bitta standart og'ish ko'rinishida) yozuvning quyidagi shakli tavsiya etiladi:

«(Natija):  $i_s$  (birliklar) standart noaniqlikda  $X$  (birliklar), [standart noaniqlik Metrologiya sohasidagi asosiy va umumiy atamalar Xalqaro lug'ati, 2-nashr, ISO, 1993y. ga muvofiq aniqlanadigan va bir standart og'ishga muvofiq keladigan joy]».

### **6. Standart namunalar noaniqligi**

Ko'pchilik SN lar uchun, ayniqsa laboratoriyalararo eksperiment metodi bilan attestatlanayotgan SN lar uchun metrologik tavsifnoma sifatida xatolik tushunchasidan ko'ra

noaniqlik tushunchasidan foydalanish mantiqiyroqdir. SHu sababli SN ishlab chiquvchilar, ayniqsa G'arbiy Yevropa mamlakatlarining SN ishlab chiquvchilari SN ga sertifikatda ko'rsatilganidek ularning attestatlangan qiymatlarini belgilash noaniqligi tavsifnomalarini keltiradilar.

SN ning attestatlangan qiymatlarining noaniqligi quyidagi tarzda ifodalanishi mumkin:

Sertifikatda «kengaytirilgan» yoki «jamlangan» sifatlersiz noaniqlik belgilangan. Masalan, «MVN Analytical Ltd» (Angliya) firmasi chiqargan O`z DSN 03.0305:2004 SN «Noaniqlik» tavsifnomasiga ega.

Sertifikatda qandaydir ( $R$ ) ishonchli ehtimolligida va ( $K$ ) qamrov koefitsientida kengaytirilgan noaniqlik belgilangan. Masalan, «Raragon Scientific Ltd» (Angliya) firmasi chiqargan O`z DSN 03.0241:2004 SN « $R=95\%$  ishonchli ehtimolligida va  $K=2$  qamrov koefitsientida ( $U$ ) kengaytirilgan noaniqliq tavsifnomasiga ega.

Sertifikatda qandaydir ( $R$ ) ishonchli ehtimolligida qamrov koefitsientini ko'rsatmasdan kengaytirilgan noaniqlik belgilangan. Masalan, «Petrolet Analyzer Corporation Gmbn» (Germaniya) firmasining SN «( $S_{(p)}$ ) o'rtacha kvadrat og'ishga ega bo'lgan metodika bo'yicha ( $R$ ) ishonchli ehtimolli laboratoriyalar ( $n$ ) ishtirokida olingan  $U = (t \cdot S_{(p)}) / \sqrt{n}$  o'rtacha qiymatning kengaytirilgan noaniqligi».

Xatolik va noaniqlik tavsifnomalarining to'g'ridan-to'g'ri taqqoslanishi to'g'ri emas, shuning uchun qoidaga ko'ra bu metrologik asboblarning statistik baholari taqqoslanadi.

Agar standart yoki yakuniy noaniqlik berilgan bo'lsa, u holda ularning baholariga o'rtacha kvadratik og'ishlar mos bo'ladi:

$$\sigma(A) = u(A),$$

yoki

$$\sigma(A) = u_c(A),$$

bu yerda  $u(A)$  va  $u_c(A)$  - SN ning attestatlangan qiymatini belgilashning mos standart va yakuniy noaniqligi;

$A$  - SN ning attestatlangan qiymati;

$\sigma(A)$  - SN ning attestatlangan qiymatining o'rtacha kvadratik og'ishi.

Agar ( $R$ ) ishonchli ehtimolli va ( $k$ ) qamrov koefitsientida kengaytirilgan noaniqlik berilgan bo'lsa yoki ( $U_p$ ) ishonchli ehtimoliligini ko'rsatish bilan va ( $k_p$ ) ishonchli ehtimolligini ko'rsatib qamrov koefitsientini ko'rsatish bilan kengaytirilgan noaniqlik berilgan bo'lsa, u holda uning bahosiga o'rtacha kvadratik og'ish mos bo'ladi:

$$\sigma(A) = U(A) / k,$$

yoki

$$\sigma(A) = U_p(A) / k_p,$$

bu yerda  $U(A)$  va  $U_p(A)$  - SN ning attestatlangan qiymatini belgilashning muvofiq kengaytirilgan va belgilangan ishonchli ehtimolligi bilan kengaytirilgan noaniqlik.

Agar qandaydir ( $R$ ) ishonchli ehtimolligida qamrov koeffitsientini ko'rsatmasdan kengaytirilgan noaniqlik berilgan bo'lsa va bunda yoki laboratoriyalar, standart namunalarning metrologik tavsifnomalarini baholash bo'yicha laboratoriyalararo eksperiment qatnashchilari soni yoki erkinlik darajasining muvofiq soni bilan (t-kriteriy) St'yudent kriteriyasi ko'rsatilgan bo'lsa, u holda uning bahosiga o'rtacha kvadratik og'ish mos keladi:

### **Takrorlash uchun savollar.**

1. O'lchashlar noaniqligi nima?
2. Standart noaniqlik nima?
3. O'lchashlar noaniqligi qanday baholanadi?
4. Noaniqlikni baholash jarayoni necha bosqichdan iborat?

## **7- MAVZU**

### **ELEKTR O'LCHASH VOSITALARI TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR.**

#### **REJA.**

1. Elektr o'lchash vositalari to'g'risida umumiy ma'lumotlar.
2. Elektr o'lchash vositalarini bajaradigan funksiyasiga qarab turlanishi.
3. O'lchovlar, o'lchash o'zgartkichlari, o'lchash asboblari, o'lchash qurilmalari, informatsion o'lchash tizimlari, ularning ishlanishi, struktura sxemalari.

**Tayanch so'zlar:** aniqlik klassi, metrologik tavsif, o'zgartish funktsiyasi, sezgirlik, variatsiya, o'lchash diapazoni.

**O'lchov deb** – kattalikning aniq bir qiymatini hosil qiladigan (tiklaydigan), saqlaydigan texnik vositaga aytiladi. O'lchovlar o'zgarmas va o'zgaruvchan qilib ishlanadi, ya'ni bir qiymatli, masalan: qarshiligi **0.1 Om** bo'lgan g'altak yoki normal element, tarozi toshi, o'zgarmas yoki bir qiymatli o'lchovdir; har xil sig'imni olishga imkon beruvchi o'zgaruvchan sig'imli kondensator esa o'zgaruvchan, yani ko'p qiymatli o'lchovdir. Bir qiymatli o'lchovlar birikmasi o'lchovlar to'plamini tashkil etadi.

**Standart namunalar** va namunaviy moddalar ham o'lchovlar turkumiga kiritilgan.

**Standart namuna** – modda va materiallarning xossalarini va xususiyatlarini tavsiflovchi kattaliklarni hosil qilish uchun xizmat qiladigan o‘lchov sanaladi. Masalan, g‘adir – budrlilikning namunalari, namlikning standart namunalari.

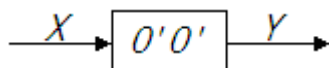
**Namunaviy modda** – esa, muayyan tayyorlash sharoitiga hosil bo‘ladigan va aniq xossalarga ega bo‘lgan modda sanaladi. Masalan, “toza suv” , “toza metal” va h.k.

Kattalik birligini qayta tiklash va saqlash uchun mo‘ljallangan o‘ta yuqori (metrologik) aniqlikdagi maxsus o‘lchash vositalari **etalon** deb ataladi va birlik o‘lchamini uzatishda metrologik zanjirning oliy zvenosi hisoblanadi.

Etalon (o‘lchashlar shkalasi yoki birligi etaloni) – kattalikning o‘lchamini qiyoslash sxemasi bo‘yicha quyi tabaqa vositalarga uzatish maqsadida, shkalani yoki kattalik birligini qayta tiklash va (yoki) saqlash uchun mo‘ljallangan va belgilangan tartibda etalon sifatida tasdiqlangan o‘lchash vositasi yoki o‘lchash vositalarining majmui. Etalonlar konstruktiv ishlanishiga va tarkibiga qarab bo‘linadi: etalon kompleks, yakka etalon, guruhli etalon, etalon to‘plami. Birlikni qayta tiklash aniqligining darajasi bo‘yicha va metrologik tobeligi bo‘yicha etalonlar birlamchi, ikkilamchi va ishchi etalonlarga bo‘linadi.

Davlat uchun boshlang‘ich etalon sifatida xizmat qilishi rasmiy qaror bilan tan olingan etalon milliy (davlat) etalon deb ataladi.

O‘lchash o‘zgartkichi – deb, o‘lchash informatsiyasi signalini ishlab berish, uzatish, keyinchalik o‘zgartirish, ishlab berish va uni saqlashga mo‘ljallangan, lekin kuzatuvchining ko‘rishi (kuzatishi uchun moslanmagan o‘lchash vositasiga aytiladi).



$Y=f(x)$ , ba‘zida o‘lchash o‘zgartkichining kirishiga bir qancha  $X_1, X_2, \dots, X_n$  kattaliklar kiritiladi va u holda  $Y$  quyidagicha ifodalanadi  $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Odatda, o‘lchash zanjirida birinchi bo‘lgan, yani o‘lchanayotgan kattalik signalini qabul qiladigan o‘lchash o‘lchash o‘zgartkichiga birlamchi o‘lchash o‘zgartkichi deyiladi. Undan keyingi joylashgan o‘lchash o‘lchash o‘zgartkichlariga esa oraliq o‘zgartkichlar nomi beriladi. O‘lchash o‘zgartkichlarining keng tarqalgan turlariga masshtabli va parametrik o‘lchash o‘zgartkichlari kiradi. Birlamcha o‘lchash o‘zgartkichlari, ko‘pincha datchik deb yuritiladi. Uning bevosita o‘lchanayotgan kattalik ta‘siridagi qismi sezuvchan element deyiladi. Masalan, termoelektrik termometrda – termojuftlik, monometrik termometrda, termoballon ana shunday elementlardir. Bazida datchik bitta yoki bir nechta o‘lchash o‘zgartkichlarining konstruktiv yig‘ilmasidan iborat bo‘ladi. O‘lchanadigan kattalikning xarakteriga qarab, o‘lchash o‘zgartgichlari quyidagi turlarga bo‘linadi:

1. Elektr kattaliklarni yana elektr kattaliklarga o‘zgartiruvchi o‘zgartgichlar ( $E \Rightarrow E$ ).

2. Noelektrik kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiruvchi o'zgartgichlar ( $NE \Rightarrow E$ ).

1- turdagi o'zgartgichlarga masshtabli (shunt qarshiligi, qo'shimcha rezistorlar, kuchlanish bo'lgichlari, o'lchash tok va kuchlanish transformatorlari, kuchaytirgichlar va h.k) o'zgartkichlar, hamda to'g'irlagichli o'zgartgichlar (yarim o'tkazgichli elementlardan ishlangan (diodli) o'zgartkichlar) kiradi.

2 – turdagi o'lchash o'zgartgichlariga noelektrik (elektrmas) kattaliklarni (masalan, mexanik, issiqlik, kimyoviy, optik va boshqa turdagi) elektr kattaliklariga (tok, E.Yu.K., qarshilik kabi) o'zgartiruvchi o'zgartkichlar datchiklar deb yuritiladi va o'lchanayotgan kattalikning turiga qarab tegishli nomlarga ega bo'ladi. Masalan, bosim datchigi, moment datchigi, siljish datchigi, sath datchigi, issiqlik datchigi va h.k. Ta'kidlab o'tilgan parametrik o'lchash o'zgartkichlarida kirishdagi signal (mexanik siljish, bosim, o'g'irlik kabi) bo'lib, chiqishdagi esa faqat elektr signali (elektr qarshiligi, elektr sig'imi, elektr yurituvchi kuch va boshqalar) bo'ladi.

Bulardan tashqari elektromexanik turidagi elektr o'lchash asboblarning asosiy qismi bo'lib hisoblanuvchi turli tuzimga oid o'lchash mexanizmlari ham o'lchash o'zgartkichlari qatoriga kiradi. Chunki o'lchash mexanizmlarining ishlashi shunga asoslanganki, ularda o'lchanadigan kattalik (ya'ni elektr energiya) mexanizm qo'zg'aluvchan qismini harakatlanishiga, yani burchakli yoki chiziqli surilishiga (mexanik energiyaga) o'zgartiriladi.

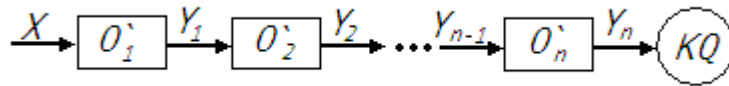
Telemexanika va teleo'lchash tizimlarida (masofadan o'lchashlar va boshqarishda) me'yorlovchi o'lchash o'zgartkichlari keng qo'llaniladi. Bu o'zgartkichlarda har – xil elektr (kuchlanish, chastota, quvvat) va noelektrik (bosim, harorat va boshqalar) kattaliklar unifikatsiyalangan (umumlashtirilgan) elektr signaliga (odatda o'zgarmas tok signaliga) o'zgartiriladi. Bunga —Sapfir turidagi bosim o'zgartkichi misol bo'la oladi.

O'lchash o'zgartkichlarining chiqishdagi o'lchash informatsiyasining signali kuzatuvchining ko'rishi (kuzatishi) uchun moslanmagan bo'lganligi sababli, bu o'zgartkichlar alohida (mustaqil) o'lchash vositasi sifatida ishlatilmaydi. O'lchash o'zgartkichlari faqat o'lchash asboblari bilan birgalikda yoki o'lchash qurilmalari yoki o'lchash tizimlarining tarkibida ishlatiladi.

**O'lchash asboblari** – deb, kuzatish (kuzatuvchi) uchun qulay ko'rinishli shaklida o'lchash informatsiyasi signalini ishlab berishga mo'ljallangan o'lchash vositasiga aytiladi.

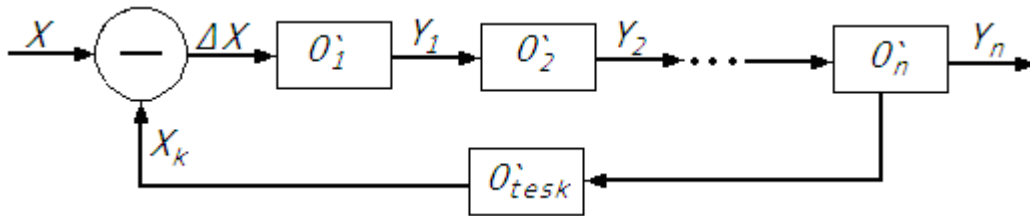
**O'lchash asboblari struktura sxemasining** turi bo'yicha (o'lchash vositasiga o'lchash informatsiyasi signalini o'zgartirish ketma – ketligini ifodalovchi sxema) bevosita ta'sirdagi (baholaydigan) va solishtirib o'lchaydigan asboblarga bo'linadi.

O'lchanadigan kattalikni asbobning oldindan darajalab qo'yilgan darajasi (shkalasi) bo'yicha kuzatishga hisoblashga imkon beruvchi o'lchash asbobi **bevosita ta'sirdagi asbob deb ataladi**. Bunday asboblarda o'lchash informatsiyasining signalini to'g'ri yo'nalishda qator ketma – ketlikdagi o'zgartirishlardan o'tadi. Asboblarning strukturali sxemasi quyida keltirilgan:



Sxemada:  $X$  va  $Y$  lar o'lchash asboblarning kirishidagi va chiqishidagi kattaliklari;  $O_1, O_2, \dots, O_n$  – o'lchash informatsiyalarining alohida o'zgartkichlari.

O'lchanadigan kattalikni uni o'lchovi bilan avtomatik yoki operator ishtirokida solishtirish natijadisa olinadigan o'lchash asboblari **solishtirish asboblari** deyiladi. Boshqacha aytganda, bu asboblarda o'lchanadigan kattalik bevosita uning o'lchovi bilan yoki o'lchov sifatida qabul qilingan aniq qiymati bilan o'zaro solishtiriladi. Solishtirish asboblarda chiqish kattaligi  $Y$  teskari bog'lanish zanjiridagi maxsus o'zgartkich yordamida ( **$O'$  tesk**) o'lchanadigan kattalik  $X$  bilan bir turdagi  $Xk$  ga o'zgartiriladi va keyin  $X$  va  $Xk$  kattaliklar asbobning kirishida solishtiriladi (ayriladi). Solishtirish asboblarning strukturali sxemasi (berk zanjirli bo'ladi) quyidagi rasmda ko'rsatilgan.



Teskari bog'lanish zanjirining mavjudligi asbobning aniqligini ko'tarishi mumkin, lekin ko'pincha uning tezkorligi va umumiy sezgirligiga teskari ta'sir ko'rsatishi mumkin. Solishtirish asboblarga teng yelkali torozilar, o'zgarmas tok ko'priklari, potensimetrlar misol bo'lishi mumkin.

Ko'p hollarda, o'lchanadigan kattalik bilan uning aniq qiymatlari emas, balki shu kattaliklar hosil qilgan effektlar solishtiriladi. Masalan, o'zgarmas tok ko'priklarida o'lchanadigan va aniq qarshiliklarining zanjirlaridan o'tadigan elektr toki solishtiriladi. Teng yelkali tarozilarda o'lchanadigan ob'yekt va toshlarning massasi emas, balki shu jismlar hosil qilgan aylantiruvchi momentlar solishtiriladi.

O'lchash asboblari ularning ko'rsatishi, chiqishdagi kattalik bilan o'lchadigan kattaliklarning o'zaro bog'liqligi bo'yicha **analogli** va **raqamli** asboblarga bo'linadi.

**Analogli asboblari.** Analogli asboblarda ularning ko'rsatishi o'lchanadigan kattalikning uzluksiz o'zgarish funksiyasiga bog'liq bo'ladi.

Analogli asboblari yuqori tezkorlikka ega, bundan tashqari asbobning ko'rsatishi bo'yicha o'lchanadigan kattalikning o'zgarishi (raqamligiga qaraganda) psixologik jihatdan oson qabul qilinadi (kuzatiladi). Lekin, analogli (asosan strelkali) asboblarning aniqligi uning shkalasi bo'yicha kuzatish xatoligi bilan cheklanadi (xatolik odatda 0.05-1% dan kichik bo'lmaydi).

**Raqamli asboblari.** Raqamli o'lchash asbobi deb, o'lchash borasida uzluksiz o'lchanadigan kattalikning natijasi raqamli qayd etish qurilmasida yoki raqamlarni yozib boruvchi qurilmada diskret tarzda o'zgartirilib, indikasiyalanadigan asboblarga aytiladi. Raqamli asboblari, diskret o'lchash usuliga asoslangan bo'lib, asbobning ko'rsatishi raqam ko'rinishida bo'ladi, shu sababli ularning ko'rsatuvlari osongina qayd qilinadi, ularni *EHM* ga kiritish juda qulay. Elektr o'lchash asboblarini qayd qiluvchi, o'ziyozar, bosmalovchi, integrallovchi va jamlovchi turlari ham mavjud.

**Qayd qiluvchi elektr o'lchash asboblarda** – ko'rsatuvlarni yoki diagrammali qog'ozda yozib olish yoki raqamli tarzda qayd etish ko'zda tutiladi.

**Integrallovchi elektr o'lchash asboblari** – berilgan (o'lchanadigan) kattalikni vaqt bo'yicha yoki boshqa mustaqil o'zgaruvchi ko'rsatkich bo'yicha integrallash xususiyatiga ega. Bunga misol qilib elektr energiya hisoblagichini ko'rsatish mumkin.

**Jamlovchi elektr o'lchash asboblarda** – ko'rsatishlar turli kanallar orqali berilgan ikki yoki bir necha kattaliklarning yig'indisi bilan funksional bog'langan bo'ladi. Bunga bir necha generatorlar quvvati yig'indisini o'lchash uchun mo'ljallangan vattmetrlar misol bo'la oladi.

**O'lchash asboblari ishlatilishi xususiyatiga ko'ra**, ko'chma va ko'chirib yuritilmaydigan (statsionar) asboblarga bo'linadi.

**O'lchanadigan kattalik turiga qarab**, elektr o'lchash asboblari ampermetr, vol'tmetr, vattmetr, ommetr, fazometr, chastotomer va shu kabi asboblarga bo'linadi.

**Ishlatilish sharoitiga qarab elektr o'lchash asboblari  $A, B, V$  va  $T$  guruhlariga ajratiladi.** Masalan,  $A$  guruhdagi asboblari havoning nisbiy namligi **80%** gacha yetadigan, harorati **+10 $\dot{z}$ +350C** gacha bo'lgan quruq va isitiladigan yopiq xonalarda ishlatishga mo'ljallangan.  $T$  – guruhga kiruvchi asboblari esa quruq va nam, eng issiq iqlim (tropik) sharoitida foydalanishga mo'ljallab tayyorlangan.

Elektr o'lchash asboblari mexanik ta'sirlarga bardoshligiga qarab chidamli, mustahkam asboblarga bo'linadi. Mexanik ta'sirlar (silkinish, tebranish yoki zarbali silkinish)ning salbiy oqibatlariga bardosh berib, so'ngra (ularning ta'siridan keyin), maromida ishlash xususiyatini saqlab qolgan asboblari **chidamli elektr o'lchash asboblari jumlasiga** kiradi. Silkinish, tebranish sharoitida maromida ishlash imkoniyatini saqlagan asboblari silkinish yoki tebranishga **mustahkam elektr o'lchash asboblari** deb ataladi.

**Toklarning turiga qarab** elektr o'lchash asboblari o'zgarimas va o'zgaruvchan hamda ikkala xil tok zanjirlarida ham ishlatiladigan (o'lchay oladigan) asboblarga bo'linadi.

**Ko'rsatuvchi olchash asboblari keltirilgan xatoliklarning ruhsat etilgan qiymati bo'yicha sakkizta aniqlik klassiga bo'linadi:**

$$Aan.kl.\in\{4;5.2;2;5.1;1;5.0;2.0;1.0;05.0;02.0\}$$



**O'lchash qurilmalari** – bir joyda joylashgan ham funksional, ham konstruktiv bog'langan o'lchash vositalarining (o'lchovlar, o'lchash o'zgartgichlari, o'lchash asboblari) va yordamchi vositalar yig'ilmasidan iborat bo'lib, o'lchash jarayonini ratsional tashkil etishda xizmat qiladi.

O'lchash qurilmalariga, suyuqlik va gazlarni sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'lchash komplekslari, elektr o'lchash asboblari sinovdan o'tkazish va darajalash (graduovkalash) qurilmalari misol bo'ladi.

**O'lchash tizimlari** – bir – biri bilan maxsus aloqa kanallari orqali yig'ilgan va funksional bog'langan o'lchash vositalari (o'lchovlar, o'lchash o'zgartgichlari va o'lchash asboblari), yordamchi qurilmalar va hisoblash texnikasi vositalari majmuidan iborat bo'lib, o'lchash informatsiyasi signalini avtomatik tarzda qayta ishlash uchun qulay formada ishlab berish uchun mo'ljallangan.

#### **Nazorat sinov savollari**

1. O'lchash vositasi deb nimaga aytiladi?
2. O'lchov deb qanday o'lchash vositasiga aytiladi? Uning qanday turlari mavjud?
3. Etalon deb nimaga aytiladi, qanday tabaqalanadi?
4. O'lchash o'zgartgichlari deb qanday vositaga aytiladi?
5. Datchik deb nimaga aytiladi, uning funksiyasi nimadan iborat?
6. Qanday vosita o'lchash asboblari deyiladi?
7. Elektr o'lchash asboblarning qanday turlarini bilasiz?
8. Analogli, raqamli, qayd qiluvchi, integrallovchi, jamlovchi asboblarning deganda qanday asboblarga aytiladi?
9. O'lchash qurilmalari, o'lchash tizimlari – qanday o'lchash vositalari?
10. Raqamli o'lchash asboblari qanday xususiyatlarga ega?

#### **8 – MAVZU.**

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

#### **REJA:**

1. O'lchash vositalarining xususiyatlari to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. Metrologik xususiyatlar va ularga qo'yiladigan talablar.

**Tayanch so'zlar:** o'zgartirish funksiyasi, nominal qiymat, o'lchash diapazoni, sezgirlik, sezgirlik ostonasi, aniqlik klassi, variatsiya, xususiy energiya sarfi, ishonchliligi, buzilmasdan ishlash ehtimolligi.

## O'lchash vositalarining xususiyatlari to'g'risida umumiy tushunchalar.

O'lchash vositalari, boshqa texnik qurilmalar kabi ularning vazifasi va qo'llanilishini belgilovchi qator texnik tavsiflar (xususiyatlar)ga ega. O'lchash vositalarining sifatini, ularning texnik darajasini baholashda xizmat qiladigan va o'lchash natijalariga ta'sirini va xatoliklarini baholash maqsadida ularning ba'zi xususiyatlari ajratiladi. O'lchash vositalarining bunday tavsiflari *metrologik xususiyatlar* deyiladi. O'lchash vositalarining ishlash rejimiga qarab ular statik va dinamik xususiyatlarga bo'linadi.

**Statik xususiyati** deganda o'lchash vositalarining statik ish rejimidagi parametrlari tushuniladi, yoki boshqacha qilib aytganda kirish kattaligi o'lchash olib borilgan vaqt davomida o'zgarmaydi.

**Dinamik xususiyati** deganda esa, o'lchash vositasining dinamik rejimidagi xususiyatlarini esa aks ettiruvchi parametrlari tushuniladi yoki boshqacha aytganda o'lchash vositasining kirish kattaligi o'lchash jarayonida o'zgaradi.

### O'lchash vositasining asosiy statik xususiyatlari

Asosiy statik xususiyatlariga *o'zgartirish funksiyasi, sezgirlik, sezgirlik ostonasi* kiradi.

**O'zgartirish funksiyasi** – bu o'lchash vositasining kirishdagi ( $X$ ) va chiqishdagi ( $Y$ ) kattaliklari qiymatlarining o'zaro funksional bog'liqligidir. O'zgartirish funksiyasi analitik ifoda bo'yicha [ $Y=f(X)$ ], grafik tarzda va jadval ko'rinishida berilishi mumkin. O'zgartirish funksiyasi ko'pincha o'lchash vositasining graduivokali xarakteristikasi deyiladi. O'lchash vositasi uchun (yoki o'lchash vositasining konkret turi uchun) ko'rsatilgan o'zgartirish funksiyasini uning nominal o'zgartirish funksiyasi  $Y=fn(X)$  deyiladi.

**Sezgirlik** – bu o'lchash vositasining tashqi signalga nisbatan ta'sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda *sezgirlik* o'lchash vositasining chiqish sigali o'zgarishini shu o'zgarishning sababchisi – kirish signaliga olingan nisbati o'lchanayotgan kattalikka nisbatan asbobning sezgirligini belgilaydi.

$$S = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \approx \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Sezgirlikning o'lchamligi kirish va chiqishdagi kattaliklarning o'lchamliklaridan aniqlanadi. O'lchash vositalarining sezgirligini teskari qiymati, ularning *doimiyligi* deyiladi va u o'lchash o'zgartirishlari, o'lchash asboblarining asosiy xususiyatlaridan biri bo'lib hisoblanadi.  $C = 1/S$  Ko'rsatuvchi strelkali asboblarning (ko'rsatkichi) sanoq qurilmasi shkala va ko'rsatkichdan tuzilgan. Shkaladagi sonli qiymatlar ko'rsatilgan belgilar shkalaning sonli belgilari deyiladi. Shkalaning ikki qo'shni belgilari orasidagi oraliq *shkalaning bo'linmasi* deyiladi. Shkalaning ikki qo'shni belgisi mos kelgan kattalik qiymatlari ayirmasi *shkala bo'linmasining qiymati* deyiladi.

**Sezgirlik ostonasi** – bu o‘lchanadigan kattalikning shunday eng kichik (boshlang‘ich) qiymatiki, u o‘lchash asbobining chiqish signalini sezilarli o‘zgarishiga olib keladi va quyidagicha aniqlanadi:

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

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

Integrallovchi asboblarda uchun —sezgirlik tushunchasi ishlatilmaydi va o‘z navbatida —sezgirlik ostonasi tushunchasi esa istalgan o‘lchash o‘zgartkichlari va asboblari uchun qo‘llanishi mumkin.

**Xususiy energiya sarfi.** Bu xususiyat ham muhim hisoblanib, asbobning o‘lchash zanjiriga ulanganidan so‘ng kirishi mumkin bo‘lgan xatoliklarni baholashda ahamiyatli sanaladi. Ayniqsa, kam quvvatli zanjirlarda o‘lchashlarni bajarishda juda muhimdir.

Xususiy energiya sarfi o‘lchash asbobining tizimiga, konstruktiv ishlanishiga bog‘liq bo‘ladi.

O‘lchash vositalarining muhim metrologik xususiyatlaridan biri o‘lchash diapazonidir. O‘lchanadigan kattalikning o‘lchash vositalari uchun yo‘l qo‘yiladigan xatoliklarini me‘yorlangan qiymatlari oralig‘i o‘lchash asbobi yoki o‘lchash o‘zgartkichining ***o‘lchash diapazoni*** deyiladi.

Texnik asboblarda, odatda, o‘lchash diapazoni bilan ko‘rsatuvlar diapazoni mos keladi. O‘lchash diapazonining eng kichik va eng katta qiymatlari ***o‘lchash chegarasi*** deyiladi. Masalan, statsionar o‘lchash kuchlanish transformatorlarining o‘lchash diapazoni ***0.8 UI n*** dan to ***1.2 UI n*** gacha bo‘lib nominal kuchlanishining ***0.8 UI n*** dan kichik va ***1.2 UI n*** dan yuqori, kuchlanishlari uchun xatoliklar me‘yorlanmaydi.

**Xatolik** – o‘lchash vositalarining muhim xususiyati hisoblanadi va u quyidagi turlarga bo‘linadi: absolyut, nisbiy va nisbiy keltirilgan. Bu xatoliklar xususida keyingi mavzularda yetarli ma‘lumot beriladi. O‘lchash vositalarining yana muhim xususiyatlaridan biri – chiqish signalining variatsiyasidir. (O‘lchash asboblari uchun- ***asbob ko‘rsatishining variatsiyasi*** deyiladi).

**Variatsiya** deganda biror kattalikni sharoitini o‘zgartirmagan holda, takror o‘lchanganda hosil bo‘ladigan eng katta farqga tushuniladi va quyidagicha aniqlanadi. Variatsiya kattalikni kirish qiymatlari (kirish bo‘yicha variatsiyasi) yoki chiqish qiymatlari (chiqish bo‘yicha variatsiyasi) dan aniqlash mumkin.

$$\gamma = \frac{A'_0 - A''_0}{A_{x\max}} \cdot 100\%,$$

**O‘lchash vositalarning aniqlik klassi** – bu muayyan turdagi o‘lchash vositasining umumlashgan xarakteristikasi bo‘lib, uning aniqlik darajasini aks ettirib, asosiy va qoshimcha

xatoliklarining chegarasi bo'yicha hamda o'lchash vositasining aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa tavsiflari bo'yicha aniqlanadi. Aniqlik klassi muayyan o'lchash vositasida bajarilgan o'lchashlarning bevosita aniqlik ko'rsatkichi bo'lib hisoblanmaydi. Aniqlik klassi umumiy holda o'lchash vositasining metrologik xossalarning majmuini xarakterlaydi. O'lchash vositalarining aniqlik klasslari ularga qo'yilgan talablarga asosan standart qiymatlarda o'rnatiladi va keltirilgan nisbiy xatolik bilan quyidagicha bog'liqlikda bo'ladi.

$$\delta_{an.kl} = \beta_{k \max} \geq \beta_k$$

### O'lchash vositalarining dinamik xususiyatlari

**Dinamik metrologik xususiyatlar** – o'lchash vositasining inertsiya xususiyatlarini aks ettiradi va o'lchash vositasida chiqish signali bilan vaqt bo'yicha o'zgaradigan kattaliklarning o'zaro bog'liqligidan aniqlanadi. Vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kattaliklar bular kirish signalining parametrlari, tashqi ta'sir etuvchi kattaliklar va boshqalar. O'lchash vositalarining dinamik xususiyatlarini to'la ifodalash maqsadida ularni to'la va xususiy dinamik xususiyatlarga bo'lamiz.

**To'la dinamik xususiyat** – bu o'lchash vositasining kirishidagi istalgan informativ yoki noinformativ parametrlari  $X(t)$  va chiqish signallarining  $Y(t)$  o'zgarishidan aniqlanadi.

To'la dinamik xususiyatlarga quyidagilar kiradi: o'tish xarakteristikasi, impulsli o'tish xarakteristikasi, amplituda – faza xarakteristikasi, amplituda – chastotaviy va faza chastotali xarakteristikalar majmui, uzatish funksiyasi.

**Xususiy dinamik xususiyat** – bunga o'lchash vositasining ta'sirlanish vaqti (asbob ko'rsatishining to'xtash vaqti), dempirlash koeffitsienti, xususiy rezonans chastotasining qiymati kabilar kiradi. O'lchash vositalarining yana muhim xususiyatlaridan biri – **ishonchliligi** (chidamliligi) bo'lib, u o'lchash vositasining ma'lum o'lchash sharoitida, belgilangan vaqt mobaynida o'z metrologik xususiyatlarini (ko'rsatkichlarini) saqlashidir. Bu ko'rsatkichlarni chegaradan chiqib ketishi asbobni layoqatligi pasayib ketganligidan dalolat beradi. O'lchash asbobining ishonchliligi, odatda, buzilmasdan ishlash ehtimolligi bilan baholanadi.

### Nazorat sinov savollari

1. O'lchash vositalarining metrologik xususiyatlari deganda nimani tushunasiz?
2. O'zgartish funksiyasi, o'zgartish koeffisienti nima?
3. Sezgirlik, sezgirlik ostonasi deb nimaga aytiladi?
4. Aniqlik klassi deb nimaga aytiladi?
5. O'lchash diapazoni, shkalaning bir bo'linma qiymati deganda nimani tushunasiz?
6. Ishonchliligi, buzilmasdan ishlash ehtimolligi deb nimaga aytiladi?

7. Variasiya deb nimaga aytiladi?

8. Aniqlik klassi bilan xatolik o'rtasida qanday bog'liqlik bor?

## 9- MAVZU

### ELEKTR O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI

#### REJA

1. O'lchash zanjirlari parametrlarini rostdlash vositalari.
2. Shuntlar va qo'shimcha rezistorlar.
3. O'lchash transformatorlari

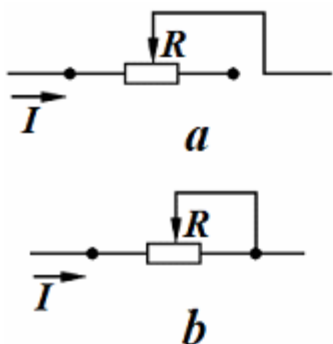
#### 1. O'lchash zanjirlari parametrlarini rostdlash vositalari

Tok va kuchlanishni talab qilingan martaba o'zgartiradigan o'lchash o'zgartkichlari masshtab o'zgartkichlari (MO') deb ataladi. Bu o'zgartkichlar o'lchash asbobi bo'lmasda, o'lchash natijalariga ta'sir ko'rsatadi. MO'ga shuntlovchi va qo'shimcha qarshiliklar, o'lchash transformatorlari, o'lchash generatorlari va kuchaytirgichlar kiradi.

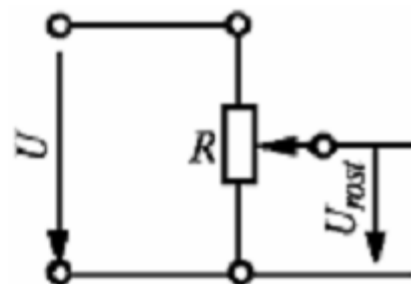
O'lchash zanjirlaridagi tok va kuchlanishni rostdlash uchun o'zgaruvchan reostatlar qo'llaniladi.

Zanjirdagi tok qiymatini rostdlash uchun o'zgaruvchan rezistorlar zanjirga ketma-ket ulanadi (2.28- rasm: a – zanjirdan uzilgan holda; b – zanjirni uzmasdan ulash).

Zanjirdagi kuchlanishni rostdlash uchun potensimetrik sxemasi qo'llaniladi (9.1. - rasm).



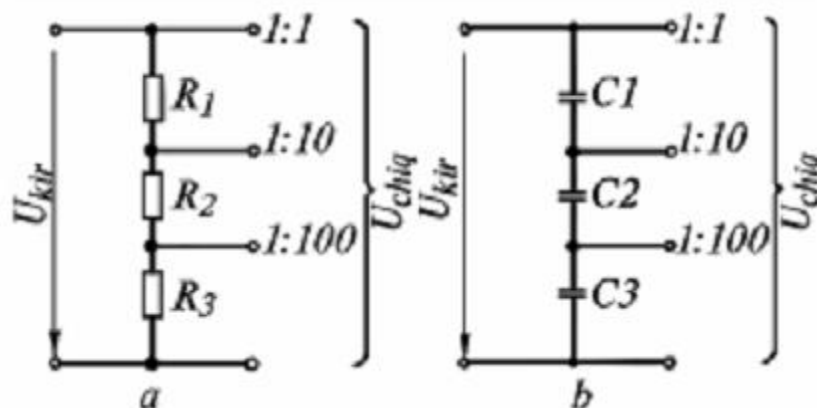
9.1-rasm



9.2-rasm

Zanjirdagi tok va kuchlanishlarni rostdash uchun qarshiliklar ruxsat etiladigan chegaraviy tok va nominal qarshilik bo'yicha tanlanadi. Tokni rostdash uchun rezistorning nominal qarshiligi  $R_n \geq \frac{U}{I}$ , nominal toki  $I_n \geq I_{\max}$  shartlarni qanoatlantirish kerak, bu yerda:  $U$  – manba kuchlanishi,  $I_{\min}$  va  $I_{\max}$  – tokni rostdash diapazoni.

Zanjirdagi kuchlanishni karrali rostdash uchun o'zaro ketma-ket ulangan qarshiliklar kuchlanish manbaiga parallel ulanad



9.2-rasm. Kuchlanish bo'lgich sxemalari. A-o'zgaruvchan tokda, B-O'zgaruvchan tokda.

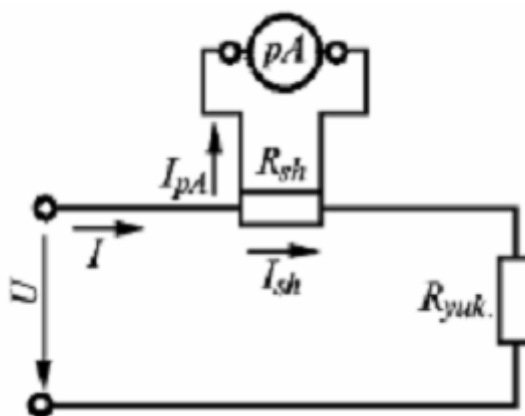
O'zgaruvchan tok zanjirlarida faza siljish burchagini bir tekis rostdash uchun fazoregulyator (buriluvchi transformator) lardan foydalaniladi. Fazoregulyator tormozlangan faza rotorli uch fazali asinxron mashina bo'lib, rotorni statorga nisbatan holatini o'zgartirib, statoridagi kuchlanish bilan rotorning e.yu.k. vektorlari orasidagi faza siljish burchagini  $0^\circ$  dan  $360^\circ$  gacha rostdash mumkin.

## 2.Shuntlar va qo'shimcha rezistorlar

Asboblarning o'lchash diapazoni chegaralangan bo'lgani uchun ularni har doim ham o'lchash zanjirlariga bevosita ulab bo'lmaydi. Ampermetr va voltmerni o'lchash chegarasini kengaytirish uchun tok va kuchlanish o'lchash o'zgartkichlaridan foydalaniladi.

Ampermetr o'lchash diapazonini kengaytirish uchun unga parallel holda shuntlovchi rezistor ulanadi (9.3- rasm). Rezistor qarshiligi  $I_{sh}R_{sh} = I_p A R_{pA}$  tenglikdan topiladi, bu yerda:  $I_{sh}$ ,  $I_p A$  – shunt va ampermetrdan o'tadigan toklar,  $R_{sh}$ ,  $R_{pA}$  – shunt va ampermetr ichki qarshiliklari. Yuqoridagi tenglikdan  $I = I_{sh} + I_p A$  ni hisobga olib, quyidagini keltirib chiqarish mumkin:

Sanoatda ishlab chiqariladigan ampermetrlar qutisida bir necha o'n amperga mo'ljallangan shuntlar joylashtirilgan bo'ladi. O'lchash xatoligini kamaytirish maqsadida shuntlar haroratga mo'tadil bo'lgan qotishmadan (masalan, manganindan) yasaladi hamda potensial va tokli kontakt juftlari bilan ta'minlanadi. Shuntlar, odatda, magnitoelektrik asboblarda bilan birga qo'llaniladi. Boshqa turdagi asboblarda iste'mol qilinadigan quvvat katta bo'lgani uchun shuntlarning qarshiliklarini katta qiymatlarga oshirishga to'g'ri keladi. Shuntlarning qarshiligi nominal qiymatiga nisbatan o'zgarishiga qarab 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 va 0,5 aniqlik klasslariga bo'linadi.

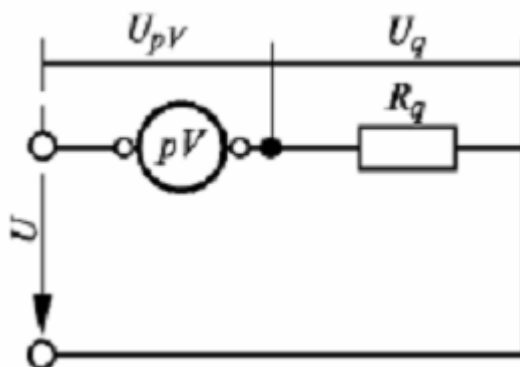


9.3-расм.

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

bu yerda:  $n = I/I_{pA}$  – shuntlash koeffitsiyenti. Ampermetr yordamida o'lchana-digan tok undan o'tadigan tokning shuntlash koeffitsiyenti ko'paytmasiga teng, ya'ni  $I = nI_{pA}$ .

Voltmetrlar o'lchash diapazonini kengaytirish uchun unga ketma-ket qo'shimcha qarshilik ulanadi (9.4- rasm). Qo'shimcha qarshiliklar qiymati quyidagi ifodadan topiladi:



9.4.-расм.

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

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

yoki

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

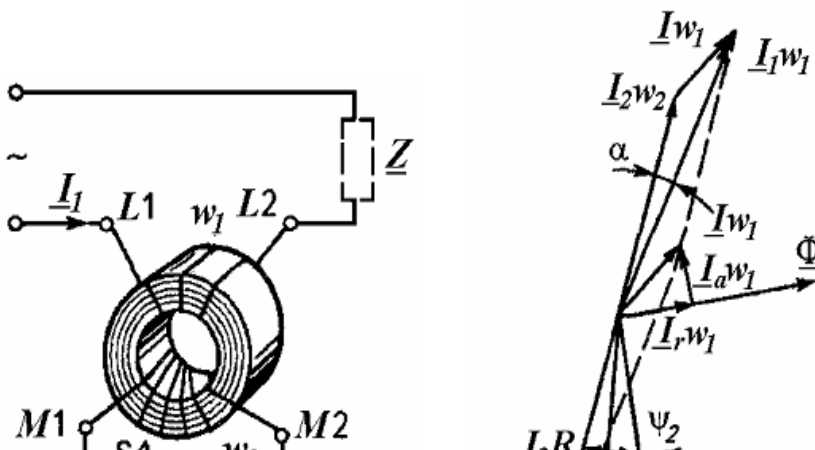
bu yerda:  $U_{pV}$  – qo'llaniladigan voltmetrning nominal qiymati;  $R_{pV}$  – voltmetrning ichki qarshiligi;  $R_q$  – qo'shimcha qarshilik,  $m = U/U_{pV}$  – bo'lish koeffitsiyenti.

### 3.O'lchash transformatorlari

Shuntlovchi va qo'shimcha qarshiliklardan foydalanib, o'lchash diapazonini kengaytirish imkoniyati chegaralangan: ular yordamida 5 kA gacha tokni va 30 kV gacha kuchlanishni o'lchash mumkin. Bundan katta tok va yuqori kuchlanishlarni o'lchashda ularning massasi va o'lchamlari juda oshib ketadi hamda foydalanish xavfli bo'lib qoladi. Bunday hollarda tok va kuchlanish o'lchash transformatorlaridan foydalaniladi. Tok o'lchash transformatorlari (TA) katta toklarni, odatda, 0 –5 A gacha diapazonga kamaytirib berib, o'lchash xavfsizligini bema'lol ta'minlaydi (9.5- rasm). TA birlamchi chulg'amning o'ramlari soni ikkilamchi chulg'amnikiga qaraganda ancha kam bo'ladi. Simlarning qarshiliklari ancha kichik bo'lgani sababli TA qisqa tutashish rejimiga yaqin rejimda ishlaydi. Tok transformatori vektor diagrammasini qurishni  $I_2$  tok vektorini istalgan holatda joylashtirishdan boshlagan ma'qul (9.5-rasm, b).  $I_2w_2$  magnetlovchi kuch vektori  $I_2$  vektor bilan ustama-ust joylashtiriladi.

Transformator o'zagidagi ( $\Phi$ ) magnet oqimi umumiy magnetlovchi kuch ( $Iw_1$ ) hisobidan hosil bo'lib, transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi zanjirlarining magnetlovchi kuchlarining vektor yig'indisiga proporsionaldir. Umumiy magnetlovchi kuch quyidagicha topiladi:

$$\underline{Iw}_1 = \underline{I}_1w_1 + \underline{I}_2w_2$$





$\underline{I}w_1$  MYuK o'zardagi uyurmaviy toklar va gisterezisga sarf bo'ladigan quvvat isrofini belgilovchi  $\underline{I}_a w_1$  aktiv va magnitlanishga sarf bo'ladigan quvvatni belgilovchi  $\underline{I}_p w_1$  reaktiv tashkil etuvchilarning yig'indisidan iborat.

$I_1 w_1$  va  $I_2 w_2$  magnit yurituvchi kuch (m.yu.k.) lar o'zaro teng bo'lmaganligi sababli, transformatorning haqiqiy transformatsiya koeffitsiyentini o'ramlar sonining nisbati ifodasidan topib bo'lmaydi, ya'ni:

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

Nominal transformatsiya koeffitsiyenti:

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

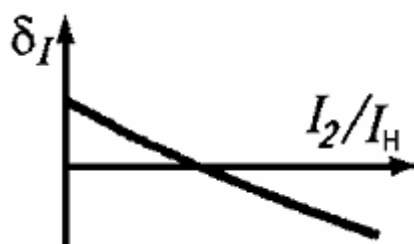
TA tok kattaligi bo'yicha xatoligi:

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

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

Vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki TA burchak xatoligini belgilovchi  $\alpha$  burchak ham  $\delta_I$  xatolik bog'liq bo'lgan parametrlarning qiymatlariga qarab o'zgaradi.

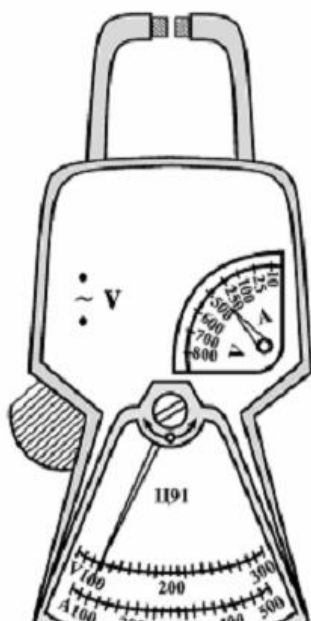
TA o'ta yuklanib ishlaganda,  $Iw_1$  m.yu.k. oshib,  $I_2 w_2$  ga teng bo'lib qoladi va magnit oqimning yuz martalab oshishiga olib keladi. Bunday hoatda TA xatoligining ortishi kuzatiladi (9.6 - rasm). Magnit oqimning ortishi  $E_2$  EYuK ni ham keskin oshishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun ham TA ishlab turganda uning ikkilamchi chulg'amini ajratish qat'iy man qilinadi. Aks holda chiqish chulg'amidagi o'ta kuchlanish uning izolyatsiyasini ishdan chiqaradi.

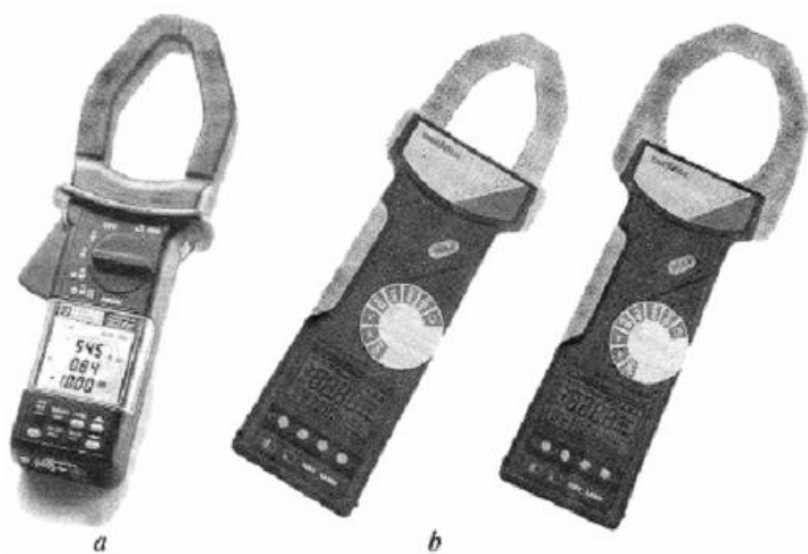


O'lanayotgan tok  $50\text{ A}$  dan oshmasa, universal  $TA$  lar,  $10\text{ kV}$  kuchla-nishli zanjirlarda *ТОПОЛЬ 10* rusumli  $TA$  lari qo'llaniladi. Katta toklarni o'lchash texnikasida magnit o'tkazgichi ombursimon ajraladigan va ikkilamchi zanjiri ampermetrga ulanadigan tok transformatori – o'lchash omburidan foydalaniladi (9.7 - rasm).

Ko'p funksiyali elektroenergiya sifatini operativ nazorat qiluvchi tok omburlari. Rossiya Federatsiyasining «Diagnost» kichik korxonasida ishlab chiqilgan zamonaviy tok omburlarining  $F23$  va  $F27$  modellari tezkor tashxis va elektr kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan (9.8- rasm). Ular tok, kuchlanish, chastota, aktiv, reaktiv va to'la quvvat; mavjud quvvat koeffitsiyenti  $\cos\varphi$ ; elektr kuchlanish sifatini belgilovchi amplituda koeffitsiyenti va garmonik buzilishlarni o'lchaydi. Misol uchun, tok omburining  $F27$  modeli o'zgarmas tokni va o'zgaruvchan tokni 25-garmonikasigacha alohida o'lchaydi. O'lchangan kattaliklar displey ekraniga o'rta kvadratik qiymatlarda chiqariladi. Bundan tashqari bu model  $RS - 232$  standartidagi interfeysga ega bo'lib, shaxsiy kompyuterga yoki printerga ulanishi mumkin. Modelning dasturiy ta'minoti *WINDOWS* operatsion sistemada ishlaydi va kattaliklarni yozish hamda xotirlashni ta'minlaydi. Tok omburining qo'l dastagiga o'lchash sxemasi, boshqarish organlari va displey joylashtirilgan. Manba sifatida  $4 \times 1,5\text{ V}$  ishqoriy elementlar yoki akkumulyatordan foydalaniladi. Elektr batareyalari 40 soat ishlashi mumkin va uning ish holati to'g'risida axborot ekranga chiqariladi.

Tok omburlari simmetrik uch fazali tarmoq uchun uchta faza mavjudligini avtomatik ravishda aniqlaydi va natijani displeyga beradi. Nosimmetrik uch fazali tarmoqda o'lchashlar har bir faza uchun alohida bajariladi. Barcha holatlarda faza ketma-ketligi ko'rsatiladi, bu montaj jarayonida xato o'lchashlarning oldini oladi. Ichida raqamli soat borligi va quvvatni o'lchash imkoni bo'lgani uchun tok omburlari bilan energiya sarfini ham o'lchash mumkin.





8.8- tok omburlarining F23(a) va F27(b) modellari

**Ko‘p funksiyali F27 tok omburining asosiy texnik xarakteristikalar:**

Tok o‘lchash diapazoni, $A$	0,3 – 1000.
Kuchlanishni o‘lchash diapazoni, $V$	0,05 – 600.
Amplituda koeffitsiyenti	1 – 10.
O‘zgarmas tok kuchlanishining pulsatsiyasi	2 – 1000.

Chastota, $Gs$	0,5 – 20 000.
Aktiv quvvat, $Vt$	10 – 600 000.
Reaktiv quvvat, $var$	10 – 600 000.
To'la quvvat, $VA$	10 – 600 000.
Quvvat koeffitsiyenti, $\cos \varphi$	0 – 1.
Tok va kuchlanish fazalarining siljish burchagi ishorasi	– 1 — +1.
Koeffitsiyent, $K(KF)$	1 – 30.
Ayrim garmoniklarning 25-tartibgacha bo'lgan qiymatlari	Absolut (A yoki B) yoki nisbiylar (%) da.
Buzilish koeffitsiyenti, %	0,2 – 100.
Axborotlarni kompyuterga avtomatik ravishda uzatish, vaqti, min.	1 – 60.
Dasturlangan optik RS – 232 standartdagi interfeys mavjud.	
O'lchash omburi yuklama tokini simni uzmasdan o'lchashga imkon beradi.	

Sanoat miqyosida ishlab chiqarilayotgan tok transformatorlarining (TT) yuqori o'lchash chegarasi undagi po'lat o'zakni kuchli magnit maydonida to'yinib qolish xususiyati tufayli cheklangan bo'ladi. Bunday hollarda o'lchash chegarasini kengaytirish uchun po'lat o'zakdagi ishchi magnit oqimi qiymatini kamaytirishga harakat qilinadi. Bunda po'lat o'zak magnit qarshiligini sun'iy oshirish, o'zakda ishchi magnit oqimiga qarama-qarshi magnit oqimini hosil qilish va boshqa usullardan foydalaniladi.

### **O'lchash transformatorlari bilan ishlashda texnika xavfsizligi.**

O'lchash transformatorlari elektr qurilmalarining o'lchash asboblari va releli himoyalash zanjirlarida qo'llaniladi. Ma'lumki, kuchlanish transformatorlari yuqori kuchlanishning o'lchash zanjiriga ulangan bo'ladi, ishlab turgan tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari uzilganda, ularning uchlarida o'ta kuchlanish paydo bo'ladi. Shuning uchun iste'molchilar elektr qurilmalarining texnik ekspluatatsiyasi qoidalari va ulardan foydalanish texnika xavfsizligi qoidalari bo'yicha quyidagilarga rioya qilishlari shart:

1. O'lchash asboblari va releli himoyalash zanjirlarida bajariladigan ishlarning xavfsizligini ta'minlash uchun barcha tok va kuchlanish transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari doim yerga ulangan bo'lishi shart.
2. O'lchash asboblari va relelarning tok zanjirlarini uzish zarurati tug'lsa, o'lchash tok transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari avval bunga maxsus mo'ljallangan qisqichlar bilan qisqa tutashtirilgan bo'lishi shart.
3. Tok transformatorlari va ularning maxsus qisqa tutashtiruvchilarini uzilishiga olib keluvchi ishlarni bajarish taqiqlanadi.
4. Kuchlanish transformatorlarining zanjirlariga qo'shimcha manbadan kuchlanish berilayotganda, kuchlanishi yuqori va quyi tomonlaridagi uchta saqlagich olib tashlangan hamda ikkilamchi chulg'amlardan avtomatlar ajratilgan bo'lishi shart.

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

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

7. Yer tutashtirgichlari bo'lgan havo liniyalarining tayanchlarida turib har qanday o'lchash ishlarini bajarish qat'iyan man qilinadi.

#### **Nazorat sinov savollari**

1. Shunt qarshiligi nima maqsadda ishlatiladi?
2. Shuntlash koeffitsienti nima?
3. Qo'shimcha qarshilik qiymati qanday hisoblanadi?
4. O'lchash transformatorlari nima maqsadda ishlatiladi?
5. Nominal transformasiyalash koeffitsienti deb nimaga aytiladi?

## 10 – MARUZA:

### TO'G'RILAGICHLI O'ZGARTKICHLAR VA ASBOBLAR.

#### REJA:

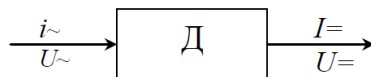
1. To'g'rilagichlar to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. O'zgartkichlarni ulanish sxemalari.
3. Termoelektrik o'zgartkichlar.

**Tayanch so'zlar:** diod, yarim o'tkazgichli element, to'g'rilash koeffitsienti, volt-amperli xarakteristika, bitta yarim davrli to'g'rilash sxemasi, termoelektrik yurituvchi kuch.

#### 1. To'g'rilagichlar to'g'risida umumiy tushunchalar.

Magnitoelektrik sistemali asboblarda elektr o'lchash asboblariga nisbatan qo'yiladigan ko'pchilik talabga javob bergani uchun ular keng qo'llaniladi. Lekin ularni o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatib bo'lmaydi, chunki ularda qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi asbobdan o'tadigan tokning o'rtacha qiymatiga proporsional bo'lib, bir davr mobaynidagi sinusoidal tokning o'rtacha qiymati esa nolga teng.

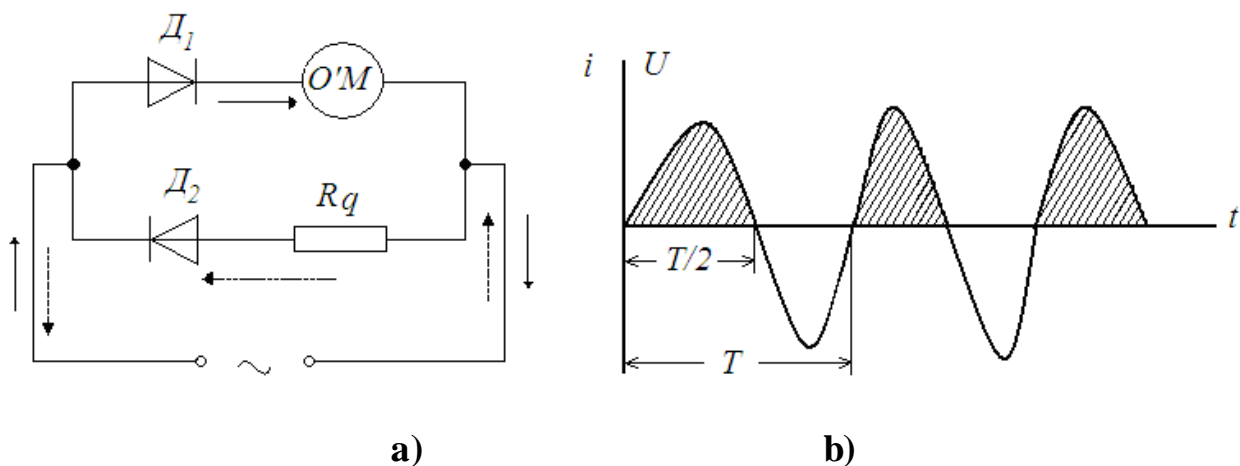
Agar o'zgaruvchan kattalik (kuchlanish yoki tok) oldin to'g'rilansa, uni o'lchash uchun magnitoelektrik sistemadagi asbobdan foydalanish mumkin bo'ladi. To'g'rilagichli asboblarning ishlash prinsipi mana shunga asoslangan. To'g'rilagichli asboblarda magnitoelektrik sistemadagi mexanizm va to'g'rilash qurilmasi (to'g'rilagich) dan iborat. To'g'rilagichlar sifatida bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichli elementlardan foydalaniladi, ya'ni ularda asosan germaniyli va kremniyli diodlar ishlatiladi



Yarim o'tkazgichli elementlarning to'g'rilash xususiyati, ulardan o'tadigan tokning yo'nalishini elektr qarshiligiga bog'liq. To'g'rilagichlar to'g'rilash koeffitsienti bilan xarakterlanadi.

#### 2. O'zgartkichlarni ulanish sxemalari.

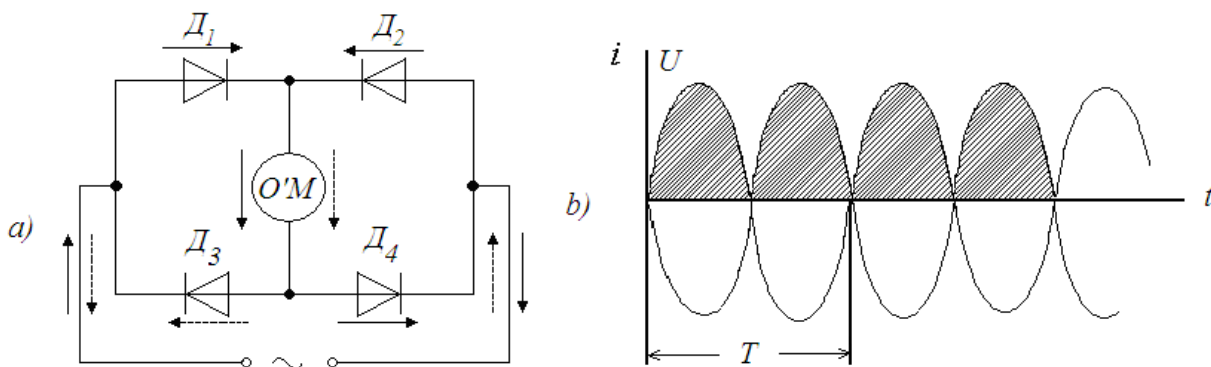
Magnitoelektrik sistemasidagi o'lchash mexanizmini o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatish uchun diodli to'g'rilagichlarning asosan ikki xil, ya'ni bitta yarim davrli va ikkita yarim davrli to'g'rilanish bilan ulanish sxemasi qo'llaniladi. Agar magnitoelektrik sistemasidagi asbob quyidagi 10.1 a – rasmda ko'rsatilgandek qilib, o'zgaruvchan tok zanjiriga ulansa, undan tokning faqat birinchi yarim to'lqini o'tadi (10.1 b – rasm). Teskari tomonga qarab **DI** orqali toki o'ta olmaydi, lekin u ikkinchi diod (tarmoq) orqali o'tishi mumkin. To'g'rilagichli magnitoelektrik asbobning ko'rsatishi undan o'tadigan tokning o'rtacha qiymatiga proporsional bo'ladi



$$\alpha = \frac{B_{sw}}{2W} I_{o'r} \quad \text{yoki} \quad \alpha = \frac{B_{sw}}{2WK_{\phi}} I,$$

bu yerda  $I$  – o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi qiymati,  
 $K_f = I/I_{o'r}$  – sinusoidal tokning o'zgarish koeffitsienti

Agar magnitoelektrik o'lchash mexanizmini zanjiriga 10.2 a – rasmda ko'rsatilganidek qilib, ko'prik sxemasi bo'yicha ulangan to'rtta diod tutashtirilsa, undan bir davr mobaynida tokning ikkita yarim to'liqini ham bir yo'nalishda o'tadi va asbobdan o'tayotgan tokning o'rtacha qiymati, ya'ni asbobning sezgirligi ikki marta ortadi



**10.2 rasm**

Bu holda magnitoelektrik asbob ko'rsatkichining og'ishi zanjiridagi tokning amplituda qiymatiga proporsional bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

Bu holda magnitoelektrik asbob ko'rsatkichining og'ishi zanjiridagi tokning amplituda qiymatiga proporsional bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{B_{sw}}{K_{\phi}W} I$$

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

$$\alpha = S_I I ,$$

bu yerda  $S_I$  – asbobning sezgirligi.

To'g'rilagichli magnitoelektrik asboblar kichik ya'ni millivoltlardagi va yuqori kuchlanishlarni hamda kichik va yuqori toklarni o'lchashda qo'llaniladi. To'g'rilagichli magnitoelektrik asboblarda ishlatiladigan diodlarning to'g'rilash koeffitsienti  $[Kt = f(t, U, f)]$  temperaturaga, qo'yilgan kuchlanishga va chastota o'zgarishidan hosil bo'ladigan xatoliklar shunt qarshiligi, kondensator  $C$ , induktivlik g'altagini ulash bilan kompensatsiyalanadi.

To'g'rilagichli asboblarning afzalligi:

- sezgirligi yuqori;
- iste'mol quvvati kam.

Ularning kamchiligi:

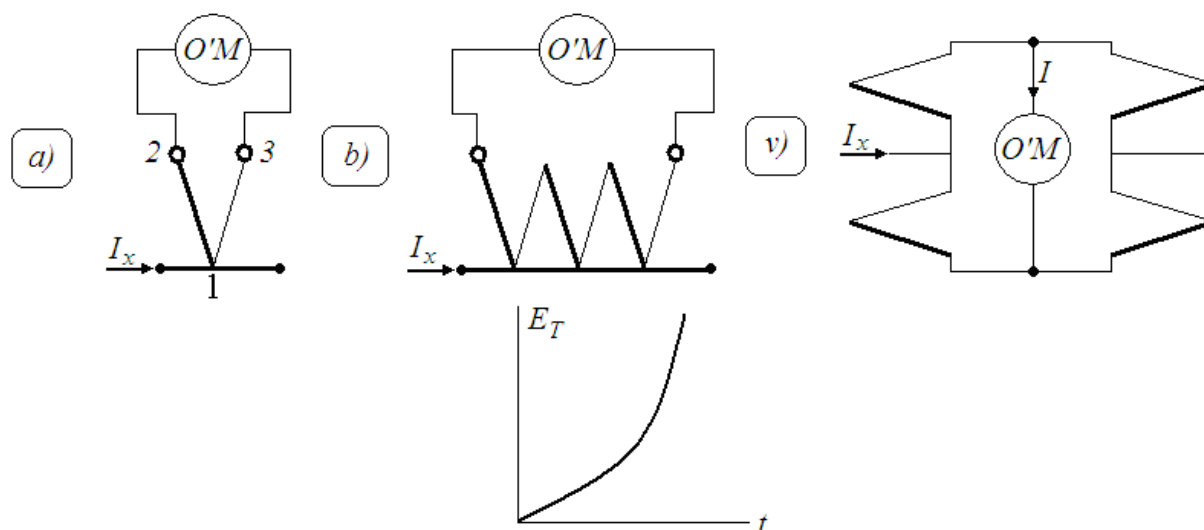
- aniqligi aytarliq yuqori emas;
- ko'rsatkishi o'lchanadigan kattalikning egri chizig'i shakliga bog'liq.

### 3. Termoelektrik o'zgartkichlar.

Termoelektrik o'zgartkichlar termopara (termojuftlik) va qizdirgichdan iborat bo'lib, magnitoelektrik o'lchash mexanizmi bilan birgalikda termoelektrik asbobni tashkil etadi. Termoelektrik asboblar ikki xil metallardan tayyorlangan (simlardan) termopara va elektr o'lchash mexanizmidan iborat bo'ladi. Simlarning bir uchi bir – biriga kavsharlanadi, ya'ni o'lchanayotgan muhitga tegib turgan joyi 1 (issiq ulanma), 2,3 uchlari esa (sovuq ulanma) elektr o'lchash asbobga ulanadi (10.3 a - rasm). Simlarning kavsharlangan va asbobga ulanadigan uchlari temperaturasi har xil bo'lsa, termopara bilan o'lchash asbobidan iborat zanjirda elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi. Termoparani, termoelektr yurituvchi kuchni o'lchashda termoelektrik

o'zgartkich va uni o'lchash asbobi bilan ulanishining turli usullari qo'llaniladi. (10.3a,b,v – rasm).





**10.3 - rasm.**

Shunday qilib, termoelektrik asbobning ko'rsatishi o'lchanayotgan tokning ta'sir etuvchi qiymatining kvadratiga to'g'ri proporsional.  $\alpha \equiv kI^2$  bo'lib, bu yerda  $k$  – o'zgarmas koeffitsiyent va u termo o'zgartkichning turiga, o'lchash mexanizmining parametrlariga bog'liq. Termoelektrik asboblarni o'zgarmas tok zanjirida ham o'zgaruvchan tok zanjirida ham ishlatish mumkin, chunki qizdirgichdan o'tuvchi tok issiqligi chastotaga bo'g'liq bo'lmaydi.

Termoelektr yurituvchi kuchini oshirish maqsadida bir nechta termoparalar ketma – ket ulanadi (10.3 b) – rasm). Bundan tashqari termoparalarni ko'priqli sxema bo'yicha (10.3 v) – rasm) ulaganda termo EYK ikki marta ortadi. Termoelektrik asboblarning afzalligi shundan iboratki, ularni ham o'zgarmas va chastotasi xattoki **100 MHz** gacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatish mumkin.

Kamchiligi esa, ularning inertsiyalarini kattaligi va asbobning ko'rsatishi tashqi muhit temperaturasiga bog'liqligidir.

### **Nazorat sinov savollari**

1. To'g'rilagich sifatida qanday elementlardan foydalaniladi va ular qanday xususiyatlarga ega?
2. To'g'rilagichli o'zgartkichlarning qanday ulanish sxemalari mavjud?
3. To'g'rilagichli asboblarning xususiyatlarini tushuntiring?
4. Termoelektrik o'zgartkichlarning qanday turlarini bilasiz?
5. Termoelektrik asboblari qanday xususiyatlarga ega?

## 11 – MA’RUZA:

### ANALOGLI ELEKTR O’LCHASH ASBOBLARI. ELEKTROMEXANIK O’LCHASH ASBOBLARINING UMUMIY NAZARIYASI.

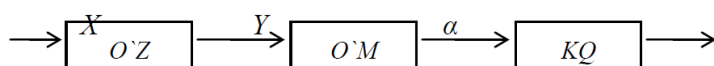
#### REJA:

1. Analogli asboblar to’g’risida umumiy ma’lumotlar.
2. Elektromexanik turidagi analogli asboblar to’g’risida umumiy ma’lumotlar.
3. Elektromexanik turidagi o’lchash asboblarining turlari, metrologik tavsiflari.

**Tayanch so’zlar:** o’lchash zanjiri, o’lchash mexanizmi, elektromagnit maydon energiyasi, solishtirma teskari moment, tinchlantiruvchi moment, tinchlantirish koeffitsienti, enersiya momenti, turg’un burilish holati.

#### 1. Analogli asboblar to’g’risida umumiy ma’lumotlar

**Analogli o’lchash asboblari** yoki bevosita ko’rsatuvchi asboblar elektr o’lchashlarda, umuman o’lchash texnikasida keng o’rin olgan asboblardan hisoblanadi. Bu turdagi asboblarda ko’rsatuv qaydnomasi uzluksiz (funktional) ravishda o’lchanayotgan kattalik bilan bog’liqlikda bo’ladi. Bevosita ko’rsatuvchi asboblarning soddalashtirilgan struktura sxemasi 11.1- rasmda ko’rsatilgan bo’lib, ularda o’lchanadigan kattalik yoki asbob kirishiga berilgan signal  $X$  to’g’ri yo’nalishda chiqish signaliga yoki mexanizm qo’zg’aluvchan qismining burilish burchagi  $\alpha$  ga o’zgartiriladi.



9.1- rasm. Analogli o’lchash asbobining struktura sxemasi.

Bevosita ko’rsatuvchi elektr o’lchash asboblari (xususan elektromexanik turidagi asboblar) ikki 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 h.k) unga proporsional bo’lgan va o’lchash mexanizmiga ta’sir etuvchi kattalikka o’zgartirib beradi.

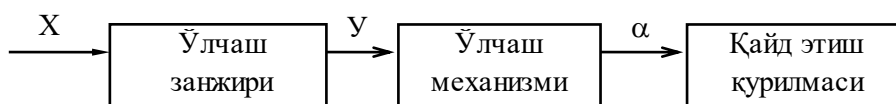
**O’lchash mexanizmi** unga beriladigan elektr energiyasini qo’zg’aluvchan qism va u bilan bog’liq bo’lgan ko’rsatkich harakatining mexanik energiyasiga aylantirib beradi. Elektromexanik o’lchash mexanizmlarining qo’zg’aluvchan qismini harakatlanishi elektromagnit energiyasining o’zgarishiga bog’liq.

Quyidagi jadvalda hozirda ishlatilib kelinayotgan va chiqarilayotgan o’lchash asboblarining guruhlari keltirilgan. Odatda, o’lchash asboblarining nomida ushbu guruh va modifikatsiya tartib raqamlari berilgan bo’ladi:

Guruh	Guruh nomi	Kichik guruh	Kichik guruh nomi
V	Kuchlanishni o'lchash asboblari	V1 V2 V3 V4 V7	Voltmetrlarni qiyoslash qurilmalari O'zgarmas tok voltmetrlari O'zgaruvchan tok voltmetrlari Impulsli voltmetrlar Universal voltmetrlar
E	Zanjir va uning elementlarining parametrlarini o'lchash asboblari	E1 E2 E3 E7 E8 CH1	Qiyoslash qurilmasi Aktiv qarshilik o'lchovlari Induktivlik o'lchovlari Induktivlik asboblari Sig'imni o'lchash asboblari Qiyoslash qurilmasi
CH	CHastotani o'lchash asboblari	CH2 CH3 CH5	Rezonans chastotomerlar Elektron hisoblash chastotomerlari Kvartslı chastotomerlar
S	Signal va spektrni o'lchash asboblari	S1 S2 S4	Elektron nurli ostsillograflar Modulyatsiya chuqurligi asboblari Spektr analizatorlari

## 2 Elektromexanik turidagi analogli asboblarning to'g'risida umumiy ma'lumotlar

O'lchash asbobi deb, o'lchash uchun qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositaga aytiladi. Analogli o'lchash asboblari yoki bevosita ko'rsatuvchi asboblarning elektr o'lchashlar va umuman o'lchash texnikasida keng o'rin olgan asboblardan hisoblanadi. Bu turdagi asboblarda ko'rsatuv qaydnomasi uzluksiz (funktsional) ravishda o'lchanayotgan kattalik bilan bog'liqlikda bo'ladi. Bu turdagi asboblarning struktura sxemasi 8.1-rasmda ko'rsatilgan.



11.1 rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura 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 xokazoni) 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 qicm 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 taaluqli mexanizmdan iborat bo'lishidan qat'iy nazar, asbob qo'zg'aluvchan qismining xarakatlanishi elektromagnit maydon energiyasining o'zgarishiga bog'liq.

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

$$M=dW_e/d\alpha, \quad (7.1)$$

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

Yuqoridagi ifodani (8.1) boshqacha ko'rinishda yozish mumkin:

$$M=F(X_1\alpha),$$

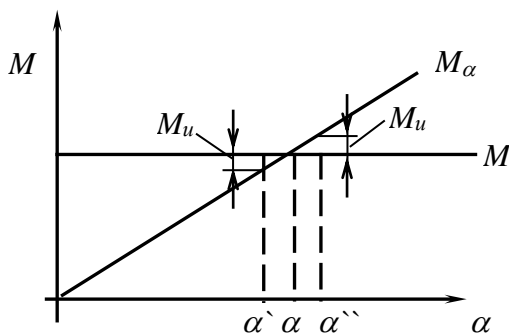
ya'ni aylantiruvchi momentni o'lchanadigan kattalik va asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi funktsiyasi deb qarash mumkin. O'lchash asbobining qo'zg'aluvchan qismiga aylantiruvchi momentdan tashqari aks (teskari) ta'sir etuvchi moment ham ta'sir etishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment bo'lmaganda 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 qisminiig 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'siridan buriladi. Ko'p elektr o'lchash asboblari aks ta'sir etuvchi moment tortqi, prujina va osmalarning buralishi bilan hosil qilinadi. Bunday qurilmada aks ta'sir etuvchi moment qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni  $M_\alpha=-W\cdot\alpha$ , bu yerda  $W$  tortqi yoki prujinaning materiali va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan

o'zgarmas kattalik, bu  $\alpha$  burchagining birligiga ( $1^\circ$  yoki 1 radianga) mos keluvchi moment bo'lib, solishtirma aks ta'sir etuvchi moment deb ataladi.

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

$$\alpha = \frac{I}{W} \cdot F(X, \alpha) \quad (7.2)$$

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



**11.2 rasm**

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

Asbob qo'zg'aluvchan qismining harakatlanganida vujudga keladigan va uning harakatini tinchlantirishga intiluvchi moment - tinchlantiruvchi moment deyiladi.

$$M_T = R(d\alpha/dt) \quad (7.3)$$

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

### **3. Elektromexanik turidagi o'lchash asboblarning turlari, metrologik tavsiflari**

Elektromexanik turdagi asboblarning magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik, elektrostatik va induksion tizimli asboblarga bo'linadi. Bu tizimdagi asboblarning nisbatan keng tarqalgan bo'lib, quyidagi 6.1-jadvalda ularning tavsiflari keltirilgan.

### 11.1-jadval.

Asbob tizimi	SHartli belgisi		Tok turi	CHastota diapazoni	Aylantiruvchi moment tenglamasi	SHkala tenglamasi	Aniqlik klasslari	Vazifasi
	$M_{\alpha}$	$M_{\alpha el}$						
ME			-	0	$BswI$	$KX$	1;0,2;0,5	A, V, $\Omega$ , G
			-	0	$BswI$	$KX$	-//-	-//-
EM			$\approx$	kHz	$\frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$	$KX^2$	0,5;1;1,5	A, V, Hz, $\varphi$
ED			$\approx$	necha o'n kHz larda	$I_1 I_2 \frac{dM_{1,2}}{d\alpha}$	$KX_1 X_2$	0,5;0,1;0,2	A, V, W, Hz, $\varphi$
FD			$\approx$	- // -	$KI_1 I_2$	$KX_1 X_2$	0,5;1;1,5	-//-
ES			$\approx$	MHz	$\frac{1}{2} U^2 \frac{dC}{d\alpha}$	$KX^2$	0,5;1;1,5	V
I			$\sim$	50 Hz	$c f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi$	$KN$	1;1,5;2	W, Wh

#### Nazorat sinov savollari

1. Analogli deb qanday asboblarga aytiladi?
2. O'lchash zanjiri, o'lchash mexanizmining funksiyasi nimadan iborat?
3. O'lchash mexanizmining qo'zg'aluvchan qismiga qanday momentlar ta'sir etadi? Ularning umumiy holdagi ifodasini yozib tushuntiring?
4. Elektromexanik o'lchash mexanizmining ish prinsipi nimaga asoslanadi?
5. Elektromexanik o'lchash mexanizmlarining qo'zg'aluvchan qismini harakatlanish tenglamasini yozib tushuntiring?

## 12 – MA’RUZA

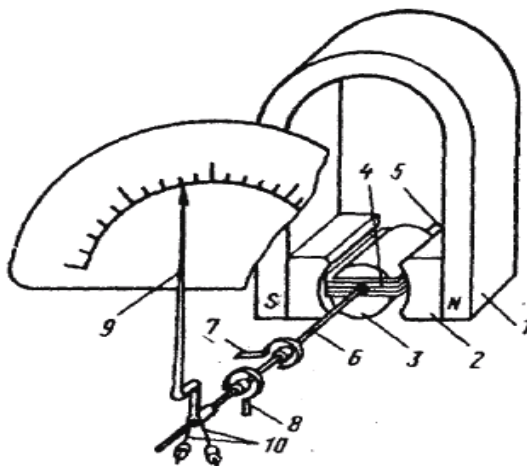
### ELEKTROMEXANIK TURDAGI ASBOBLARNING ISHLANISHI, XUSUSIYATLARI VA ULAR YORDAMIDA ELEKTR KATTALIKLARINI O’LCHASH

#### Reja:

1. Magnitoelektrik o’lchash asboblari.
2. Elektromagnit tizimli o’lchash asboblari
3. Elektrodinamik o’lchash asboblari.
4. Elektrostatik o’lchash asboblari.
5. Induksion tizimli o’lchash asboblari

**Tayanch so’zlar:** Inertsiya momenti, turg’un burilish holati, shkala tenglamasi, elektromagnit maydon energiyasi, solishtirma teskari moment

#### 1. Magnitoelektrik o’lchash asboblari



12.1-rasm. Magnitoelektrik o’lchash asbobi.

Magnitoelektrik o’lchash asbobi 1-doimiy magnit; 2-magnit qutb uchliklari; 3-o’zak; 4-chulg’am (qo’zg’aluvchan ramka); 5, 6-o’q; 7, 8-spiralsimon prujinalar; 9-strelka; 10-posongilardan tuzilgan.

Ramkadan o’tayotgan tok bilan doimiy magnit maydonining o’zaro ta’sirida ramkani harakatga keltiruvchi juft kuch  $F = BIlw$  hosil bo’ladi. Ifodadagi  $V$ -qutb uchliklari va tsilindrsimon o’zak oralig’idagi magnit induktsiyasi;  $w$ -ramkaning o’ramlar 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 hosil qilgan aylantiruvchi moment quyidagicha ifodalanadi:

$$M = 2F \frac{b}{2} = Fb = BIlbw = BswI, \quad (12.1)$$

bu yerda  $b$ -ramkaning kengligi;  $s$ -ramkaning yuzasi.

Aylantiruvchi moment ta'sirida ramka o'q atrofida aylanganida spirals prujinalar buralib teskari ta'sir etuvchi moment  $M_\alpha$ –hosil qiladi.

$$M_\alpha = -W \cdot \alpha, \quad (12.2)$$

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 ( $M=M_\alpha$ ) ramka harakatdan to'xtab, muvozanat holatida bo'ladi (yoki bu holatni asbob qo'zg'aluvchan qismining turg'un muvozanat holati deyiladi)

$$B_{sw}I = W\alpha, \quad (12.3)$$

bundan

$$\alpha = \frac{B_{sw}}{W} I \quad (12.4)$$

Oxirgi ifoda magnitoelektrik o'lchash asboblarning shkala tenglamasi deb ataladi. Agar magnit induktsiyasi  $B$  ni, ramkaning yuzasi  $S$  ni, uning o'ramlar soni  $w$  va solishtirma teskari ta'sir etuvchi moment  $W$  larning o'zgarmasligini hisobga olib,  $B_{sw}/W=S_I$  desak, u holda  $S_I$  ni o'lchash mexanizmini tok bo'yicha sezgirligi deyiladi, ya'ni  $S_I=\text{const}$ .

SHuni hisobga olib, (8.7) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha = S_I I, \quad (12.5)$$

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

Magnitoelektrik o'lchash mexanizmlari ampermetr, voltmetr, ommetr va galvanometrlar sifatida ishlatiladi.

#### **Afzalliklari:**

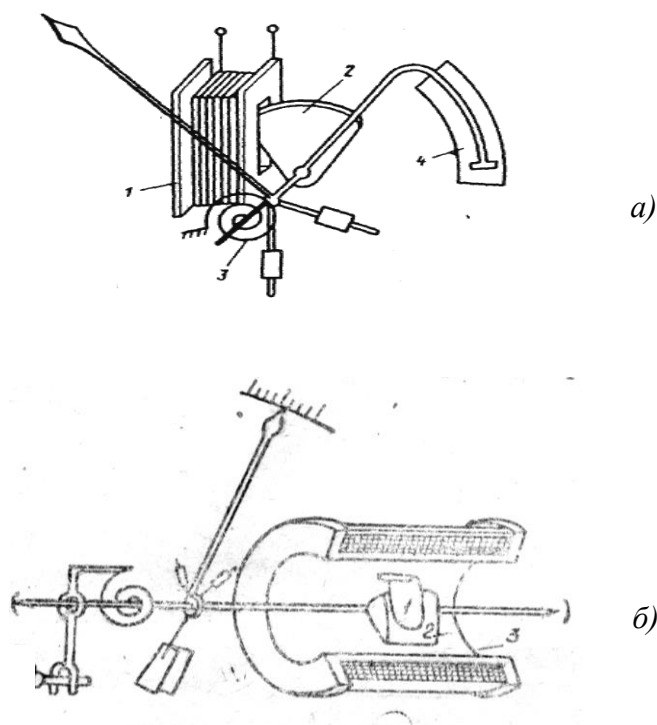
- shkalasi to'g'ri chiziqli;
- sezgirligi yuqori;
- o'lchash xatoligi kichik.

#### **Kamchiliklari:**

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



## 2. Elektromagnit tizimli o'lchash asboblari



12.2-rasm. Elektromagnit o'lchash asbobi

Elektromagnit o'lchash mexanizmi 1 - qo'zg'almas elektromagnit g'altagi; 2- o'zak; 3- spiralsimon prujina; 4-tinchlantirgichdan iborat.

**Elektromagnit o'lchash mexanizmlari** yassi (12.2-*a* rasm) va dumaloq (12.2-*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 (12.2-*b* rasm) bu o'zak g'altak ichiga tortiladi. Natijada o'q aylanib ko'rsatkichni biror burchakka buradi. 8.4-*b* rasmda ko'rsatilgan mexanizmda 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  $M$  magnit maydoni energiyasidan qo'zg'aluvchan qismning burilish burchagi bo'yicha olingan hosilasiga teng:

$$M = dW_e / d\alpha.$$

Ferromagnit o'zakli g'altak magnit maydonining energiyasi:

$$W_e = \frac{1}{2} \cdot LI^2,$$

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:

$$M = M_\alpha \text{ yoki } \frac{1}{2} \cdot LI^2 = W\alpha, \quad (12.9)$$

bundan

$$\alpha = \frac{I}{2W} \cdot I^2 \frac{dL}{d\alpha} \quad (12.10)$$

(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 xil (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 va logometrik mexanizmi printsipida yasalganda esa fazometr, faradometr va chatotomerlar sifatida ishlatiladi.

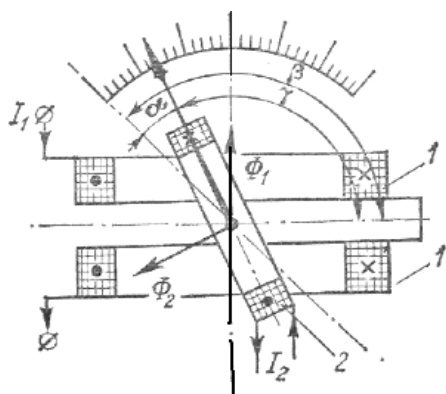
#### **Afzalliklari:**

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

#### **Kamchiliklari:**

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

### **3. Elektrodinamik o'lchash asboblari**



**12.3-rasm. Elektrodinamik o'lchash asbobi**

Elektrodinamik o'lchash asbobi 1, 1'-qo'zg'almas g'altaklar; 2- qo'zg'aluvchan g'altakdan iborat.

Ikkita bir xil 1 va 1' qo'zg'almas g'altaklardan, qo'zg'aluvchan 2 g'altakdan o'zgaras toklar  $I_1$ ,  $I_2$  o'tganda har bir o'ram atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi (7.5-rasm).  $I_1$ ,  $I_2$  toklar hosil qilgan magnit maydonlarining o'zaro ta'sirida aylantiruvchi moment  $M$  hosil bo'ladi. Tokli qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan g'altaklarning elektromagnit maydon energiyasi quyidagiga teng

$$W_e = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2 \pm I_1 I_2 M_{12}, \quad (12.11).$$

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 (9.1) ifodaga qo'yib aylantiruvchi moment ifodasini yozamiz.

$$M = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (12.12)$$

Aylantiruvchi va teskari ta'sir etuvchi momentlar o'zaro teng bo'lganlarida asbob qo'zg'aluvchan qismi uchun turg'un muvozanat holati vujudga keladi.

$$I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = W\alpha, \quad (12.13)$$

bundan

$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (12.14)$$

(9.14) ifoda elektrodinamik o'lchash mexanizmlarining shkala tenglamasi deb ataladi.

Toklar o'zgaruvchan bo'lsa quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \cos\varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha}, \quad (12.15)$$

bu yerda  $\varphi$  -  $I_1$  va  $I_2$  toklar o'rtasidagi faza siljish burchagi.  $I_1$  va  $I_2$  toklarning effektiv qiymati. Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan g'altaklar ketma-ket ulanganda (6.15) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$\alpha = \frac{1}{W} I^2 \cos\varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (12.16)$$

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 va logometrik mexanizmi printsiptida 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.

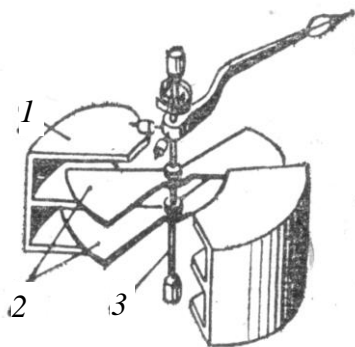
**Kamchiliklari:**

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

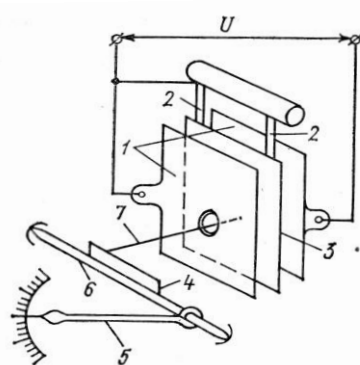
**4. Elektrostatik o'lchash asboblari**

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 masofani 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.



**12.4-rasm.**



**12.5-rasm.**

12.6-rasmda elektrodning aktiv yuzasini o'zgarishga bog'liq bo'lgan mexanizm ko'rsatilgan. Unda 1-bitta yoki bir nechta kameradan iborat 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 prujinani (yoki tortqini) burilishiga 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'zgarishga bog'liq) 8.7-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, ikkita qo'zg'almas plastinka (elektrod) lardan 1, yupqa metall lentasiga osib qo'yilgan qo'zg'aluvchan 2 plastinkadan iboratdir. Qo'zg'aluvchan elektrod qo'zg'almas plastinkalarning biriga ulangan bo'lib, boshqasidan izolyatsiyalangan bo'ladi. Elektrodlar orasida potentsiallar farqi hosil bo'lishi 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 ning 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 qismini og'ish burchagi quyidagilarga asoslanib topiladi.

Zaryadlangan jismlar sistemasini elektr maydoni energiyasi

$$W_e = CU^2/2, \quad (12.17)$$

bu yerda  $S$  – zaryadlangan jism sig'imi;  $U$  – ularga qo'yilgan kuchlanish

Aylantiruvchi moment ifodasini (8.17) asosan quyidagicha yozish mumkin

$$M = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{1}{2}U^2 \frac{dc}{d\alpha} \quad (12.18)$$

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

$$\frac{1}{2}U^2 \frac{dC}{d\alpha} = W\alpha, \quad (12.19)$$

bundan

$$\alpha = \frac{I}{2W} U^2 \frac{dc}{d\alpha} \quad (12.20)$$

Ifodadan ko'rinib turibdiki, elektrostatik voltmترلar ham o'zgarmas ham o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llanilishi mumkin, chunki kuchlanish  $U$  ni qutbi o'zgarishi bilan qo'zg'aluvchan qismini burilish yo'nalishi o'zgar olmaydi.

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

Elektrostatik asboblarni 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 asboblarining xususiy energiya sarfi juda kam: masalan, o'zgarmas tokda u deyarli nolga teng.

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

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

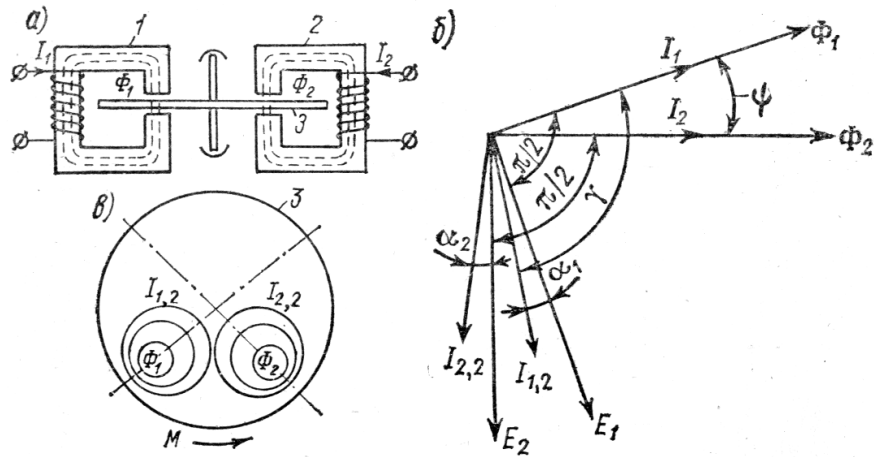
## 5. Induksion tizimli o'lchash asboblari

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

Disk yuzasiga perpendikulyar yo'nalgan o'zgaruvchan magnit oqimlar uni kesib o'tishi natijasida uyurma toklar induktivlaydi. O'zgaruvchan magnit oqimlari diskdagi induktivlangan toklar bilan o'zaro ta'siridan qo'zg'aluvchan qismi aylanadi.

Induksion mexanizmlar qo'zg'aluvchan qismini kesib o'tuvchi oqimlar soni bo'yicha bir oqimli va ko'p oqimli mexanizmlarga bo'linadi.

O'lchash texnikasida ko'proq ko'p oqimli mexanizmlar ishlatiladi. Elektromagnit 1 va 2 cho'lg'amlaridan o'tadigan  $I_1$  va  $I_2$  toklar elektromagnit o'zaklari bo'ylab yo'nalgan  $F_1$  va  $F_2$  oqimlarini hosil qiladi.  $F_1$  va  $F_2$  oqimlar diskni kesib o'tishi natijasida  $Y_{e1}$  va  $Y_{e2}$  - EYuK larini induktivlaydi.



12.6-rasm.

O'zgaruvchan magnit oqimi  $F_1$  va shu oqim diskni kesib o'tishi natijasida induktivlangan yurma tokni o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan aylantiruvchi momentning oniy qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$M_t = c \Phi_{1r} i_{12}, \quad (12.21)$$

bu yerda,  $s$  – proporsionallik koeffitsienti. Induksion mexanizmning qo'zg'aluvchan qismi aylantiruvchi momentning o'rtacha qiymati ta'siridagina xarakatga keladi, ya'ni

$$M_{yp} = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = \frac{1}{T} c \Phi_{1m} I_{12m} \int_0^T \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) dt = c \Phi_{1,2} I_{1,2} \cos \varphi. \quad (12.22)$$

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

$$M = c f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi, \quad (12.23)$$

bu yerda  $s$  - proporsionallik koeffitsienti,  $f$  – oqimlarning o'zgarish chastotasi;  $F_1, F_2$  - o'zgaruvchan magnit oqimlar;  $\varphi$  -  $F_1$  va  $F_2$  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 jahatidan 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'liqdir.

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

### Takrorlash uchun savollar.

1. Turli tizimda ishlaydigan analog o'lchash asboblarning afzallik va kamchilik tomonlarini tushuntirib bering.
2. Elektr zanjiridagi tok kuchining qiymati 50 A. Uni o'lchash uchun qanday asbobdan foydalanish mumkin?
3. O'lchash asbobining sezgirligi deganda nimani tushunasiz?

## 13-МАЪРУЗА

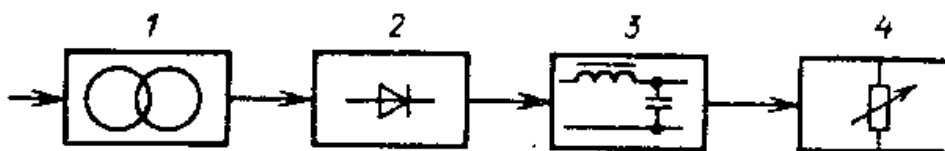
### TO'G'RILAGICHLI ASBOBLAR. TO'G'RILAGICHLI ASBOBLAR TO'G'RISIDA UMUMIY MALUMOTLAR.

#### РЕЖА:

1. Электрон тўғрилагичлар ва стабилизаторлар ҳақида умумий тушунча
2. Тўғрилаш схемалари
3. Бошқариладиган тўғрилагичлар

#### 1. Электрон тўғрилагичлар ва стабилизаторлар ҳақида умумий тушунча

Кўпчилик замонавий қурилмалар учун ўзгармас ток энергияси зарур. Гальваник элементлар, аккумуляторлар, ўзгармас ток генераторлари, термоэлектрогенераторлар ва тўғрилагичлар ўзгармас ток манбаи бўлиб ҳисобланади. Ўзгарувчан ток энергиясини ўзгармас ток энергиясига айлантириб берувчи қурилма *тўғрилагич* деб аталади. Тўғрилагичлар бошқа ўзгармас ток манбалари билан солиштирилганда жиддий устунликка эга: тузилиши содда ва ишончли, ФИК юқори, узок муддатгача ишлайди. Тўғрилагичнинг тузилиш схемаси 3.1-расмда келтирилган.



13.1-расм. Тўғрилагичнинг тузилиш схемаси

Трансформатор-1 талаб этилган қийматдаги ўзгарувчан ток кучланишини ҳосил қилиш учун ишлатилади. Тўғрилагич 2 ёрдамида ўзгарувчан ток кучланишини



пульсацияланувчи ток кучланишига айлантирилади. Фильтр 3 тўғрилагичдан чиққан пульсацияланган ток кучланишини силлиқлаш учун мўлжалланган. Айрим ҳолларда тузилиш схемасида келтирилган баъзи қисмлар учрамаслиги мумкин, асосий элементлар бундан мустасно. Масалан, тўғрилагич ток тармоғига трансформаторсиз уланиши ёки тўғрилагич филтросиз ишлатилиши мумкин. Кўпинча тўғрилагич таркибига кучланиш ёки ток стабилизатори киради. Электр қурилмалар кўп ҳолларда ўзгарувчан токнинг бир фазали тармоғида ишловчи кичик қувватли тўғрилагичлар ёрдамида энергия билан таъминланади. Улар бир фазали тўғрилагичлар деб аталади ва улар қуйидаги турларга бўлинади:

а) бир ярим даврли (уларда ўзгарувчан ток кучланишнинг бир ярим даври давомида вентиль орқали ўтади);

б) икки ярим даврли (уларда ўзгарувчан токнинг иккала ярим даври вентиль орқали ўтади);

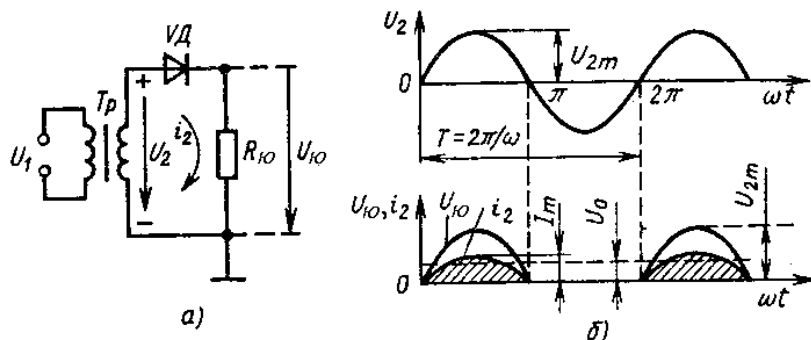
в) кучланишни кўпайтирувчи схемали тўғрилагич.

Катта қувватга эга бўлган саноат қурилмаларини таъминлаш учун уч фазали тармоқда ишлайдиган ўртача ва катта қувватли тўғрилагичлардан фойдаланилади. Замонавий тўғрилагичларда вентиль сифатида яримўтказгичли диодлар ишлатилади.

Электрон қурилмаларда бирор қийматли ўзгармас ток кучланишини бошқа қийматли ўзгармас ток кучланишига ёки бирор қийматли ўзгармас ток кучланишини бошқа қийматли ўзгарувчан ток қийматига айлантиришда кучланиш ўзгартиргичлардан фойдаланилади.

## 2. Тўғрилаш схемалари

**Бир ярим даврли тўғрилагичлар.** Актив юклагичи бир ярим даврли тўғрилаш схемаси (3.2.а-расм) маълум бўлган тўғрилаш схемаларидан энг соддаси ҳисобланади. Таҳлилни соддалаштириш мақсадида диод ва трансформаторни идеал деб ҳисоблаймиз, яъни диоднинг тўғри йўналишдаги қаршилиги нольга тенг, тескари йўналишдагиси эса чексиз, трансформатор чўлғамларининг актив ва реактив қаршиликларини нольга тенг деб ҳисоблаймиз. Кучланишнинг биринчи ярим даври давомида трансформаторнинг иккиламчи чўлғамининг юқори қисми мусбат паст қисми эса манфий ишорага эга бўлсин. Шунда диод VD нинг анодига мусбат, котодига манфий потенциаллар тушуви ҳосил бўлиб, диод очик ҳолатда бўлади ҳамда унинг қаршилиги нольга тенгдир.



13.2-расм. а) ярим даврли тўғрилагич схемаси.

б) VD занжирдаги ток ва кучланишнинг график кўриниши.

Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамида ҳосил бўлган кучланиш  $U_2$  тўлиқлигича юклама қаршилиги  $R_{ю}$  га тушади ва занжирдан  $I_2$  токи оқиб ўтиб унинг шакли трансформаторнинг иккинчи чўлғамидаги кучланишнинг шакли билан бир-хил бўлади. Иккинчи ярим давр давомида VD диод анодидаги потенциал катодга нисбатан манфий бўлади ва диод ёпилади, юкламадаги ток эса нольга тенг бўлиб қолади. Юкламадаги тўғриланган кучланишнинг ўртача қийматини унинг давр чегарасида  $U_0 = U_{ю}$  ўзгармас ташкил этувчисини қуйидаги тенгликдан топиш мумкин (13.2.б-расмга қаранг):

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_2 dt \quad (13.1)$$

Агар  $U_2$  кучланиш  $U_2 = U_{2m} \sin \omega t$  синусоида қонунига биноан ўзгарса, у ҳолда

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin \omega t = \frac{U_{2m}}{\pi} \quad (13.2)$$

Кучланишнинг  $U_{2m}$  амплитуда қийматини эффектив ( $U_{2m} = \sqrt{2} U_2$ ) қиймат билан алмашпирсак, қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$U_0 = \sqrt{2} \frac{U_2}{\pi} = 0,45 U_2 \quad (13.3)$$

Бундан

$$U_2 = \frac{\pi U_0}{\sqrt{2}} = 2,22 U_0 \quad (13.4)$$

Яъни, трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги кучланиш юкламада ҳосил бўлган кучланишдан 2,22 марта юқори бўлади. Тўғриланган токни ўзгармас ташкил этувчиси  $I_0$  нинг қиймати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_n} = \frac{U_{2m}}{\pi R_n} = \frac{I_{2m}}{\pi} = 0,318I_{2m} \quad (13.5)$$

Одатда  $U_0$  ва  $I_0$  ларнинг қийматлари асосида ҳисоблаш ишлари олиб борилади.

Агар тармоқ кучланиши  $U_1$  маълум бўлса, керак бўлган  $U_0$  кучланишни олиш учун трансформаторни трансформация коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$n = \frac{U_1}{U_2} \quad (13.6)$$

Схемадан кўринадики, кейинги ярим даврда диоднинг анодига манфий потенциал берилиши жараёнида диоднинг қаршилик қиймати чексиз бўлади ва занжирдан ток оқиб ўтмайди. Бундай кучланишни тескари кучланиш дейилади ва унинг қиймати қуйидагига тенг:

$$U_{mec} = U_{2m} = 3,14U_0 \quad (13.7)$$

Формуладан кўринадики, диодга тушаётган тескари кучланишнинг қиймати юкламадаги кучланишдан 3 марта катта бўлар экан.

Бир ярим даврли тўғрилагичларни ҳисоблашда диод турини танлаш муҳим аҳамиятга эгадир. Диодни танлашда 2 та мақсад кўзда тутилади:

Биринчидан, тескари кучланиш таъсирига электрик чидамли бўлиши шарт яъни шундай турдаги диодни танлаш керакки, унинг тескари кучланишга чидамлилиги қуйидаги қийматда бўлиши керак:

$$U_{mec,max} \geq U_{mec} \quad (13.8)$$

унда,  $U_{mec,max}$  - диоднинг рухсат этилган тескари кучланиш қиймати,  $U_{mec}$  - трансформаторнинг иккиламчи чўлғамида ҳосил бўлган тескари кучланиш.

Агарда (3.8) тенгсизлик бажарилмаётган бўлса, тенгсизликни таъминлаш мақсадида диодни катта тескари қийматли диодга алмашгириш ёки занжирга 2 ва ундан ортиқ диодларни кетма-кет улаш керак. Иккинчидан, диод ўтказа оладиган токнинг қиймати занжирдаги  $I_0$  токнинг қийматидан катта бўлиши шарт:

$$I_{\text{ўрт},max} \geq I_0 \quad (13.9)$$

Агарда (3.9) тенгсизлик бажарилмаётган бўлса, тенгсизликни бажарилишини таъминлаш мақсадида катта қийматдаги токни ўтказа оладиган диод турини танлаш керак

ёки занжирга 2 ва ундан ортиқ диодларни параллел улаш керак. 3.2.б-расмдан кўринадики, юкламада кучланиш пульсацияланиб, бир даврда бир марта максимал қийматга эга бўлар экан. Бундай кўринишдаги кучланиш қаторларга ёйилса, у ўзгармас ташкил этувчи  $U_0$  ва бир қанча ҳар-хил частотали (гармоникали) ва амплитудали ўзгарувчан ташкил этувчиларнинг йиғиндисидан иборат бўлади. Бу ташкил этувчиларнинг биринчи гармоникаси энг катта амплитудага эга бўлади. Демак, бир ярим даврли тўғрилагич схемасида биринчи гармониканинг амплитуда қиймати қуйидаги тенгликка тенг бўлади:

$$U_{1rm} = 1,57U_0 \quad (13.10)$$

Биринчи гармониканинг частотаси  $f_r$  тармоқ частотаси  $f_m$  га тенг бўлади. Юкламадаги кучланишнинг пульсацияланиши пульсация коэффициенти билан характерланади:

$$k_n = \frac{U_{1rm}}{U_0} \quad (13.11)$$

бир ярим даврли тўғрилагич схемасининг пульсация коэффициенти 3.10 ва (3.11) формулаларга асосан қуйидаги тенгликка тенг бўлади:

$$k_n = \frac{1,57U_0}{U_0} = 1,57 \quad (13.12)$$

Формуладан кўринадики, тўғриланган кучланишга нисбатан биринчи гармониканинг амплитуда қиймати 1,57 марта катта бўлар экан.

Схемада трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан юкломанинг ўзгармас ташкил этувчи токи  $I_0$  оқиб ўтади. Натижада, бу ток трансформатор ўзагини магнитлаб салт токини оширади. Бу эса трансформаторнинг энергия исрофини ошишига ҳамда ФИК ини камайишига сабаб бўлади. Трансформаторнинг салт токи ва энергия исрофини камайтириш учун трансформатор ўзагининг кўндаланг кесим юзасини орттириш керак. Бу эса ўз навбатида тўғрилагичнинг ўлчамлари ва массасини ортишига олиб келади.

Трансформаторнинг бирламчи чўлғамидаги  $i_1$  токнинг амплитудаси ва шаклини аниқлаш учун трансформаторнинг диодсиз схемаси учун бўлган формулага мурожаат қиламиз яъни  $i_1 = \frac{i_2}{n}$ . Лекин диод уланган схемада трансформаторнинг иккиламчи чўлғамида 2 та ток мавжуд бўлиб, улар  $i_2$  ва  $I_0$  дан ташкил ташкил топади. Шу сабабли формуладаги  $i_2$  нинг қиймати  $i_2 = i_2 - I_0$  кўринишига эга бўлади. Шундай ҳолатда  $i_1$  нинг қиймати қуйидаги кўриниш олади:

$$i_1 = \frac{(i_2 I_0)}{n}$$

Ёки

$$I_1 = \frac{1}{n} \sqrt{I_{2m}^2 I_0^2}$$

Бунда  $n$ -трансформация коэффициенти. (14.5) формулага асосан  $I_{2m}=1,57I_0$  га тенг бўлганлиги сабали  $I_1$  нинг қиймати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$I_1 = \frac{1}{4} \sqrt{(1,57I_0)^2 I^2} = \frac{I_0}{n} \sqrt{1,57} = 1,21 \frac{I_0}{n} \quad (13.13)$$

Бундан кўринадики, трансформаторнинг бирламчи чўлғамидаги ток носинусоидалдир.

Тўғрилагичнинг фойдали қуввати:

$$P_0 = U_0 I_0 \quad (13.14)$$

га тенг.

Трансформатор қувватини аниқлашда нафақат ўзгарувчан ташкил этувчи ток ва кучланишларни, шу билан бирга ўзгармас ташкил этувчиларни ҳам ҳисобга олиш керак. Бундай қувватлар электротехникада ҳажмий қувват деб юритилиб ток ва кучланишларнинг эффектив қийматлари орқали аниқланади:

$$S_1 = U_2 I_2; S_1 = U_1 I_1; S_{TP} = 0,5(S_1 + S_2) \quad (13.15)$$

Бунда  $S_2$ -иккиламчи чўлғамнинг ҳажмий қуввати,  $S_1$ -бирламчи чўлғамнинг ҳажмий қуввати,  $S_{TP}$ -трансформаторнинг ҳажмий қуввати.

Бир ярим даврли тўғрилагичларда иккиламчи чўлғамида ўзгармас ташкил этувчиси бўлганлиги сабабли бирламчи чўлғам қувватидан катта бўлади. Шу сабабли трансформаторнинг ҳажмий қуввати ортади. Бундай ҳол бир ярим даврли тўғрилагич схемаларининг камчилигидир.

Кўпинча, трансформаторлардан фойдаланиш коэффициенти катталиги ишлатилиб, у қуйидаги формула билан аниқланади:

$$k_T = \frac{P_0}{S_{TP}} \quad (13.16)$$

Бир ярим даврли схема учун  $S_1=2,69P_0$ ,  $S_2=3,49 P_0$ ,  $S_{TP}=3,09 P_0$ ,  $k_{TP}=0,324$  га тенг бўлади. Бу қийматдан кўринадики, трансформаторлардан фойдаланиш коэффициенти кичик.

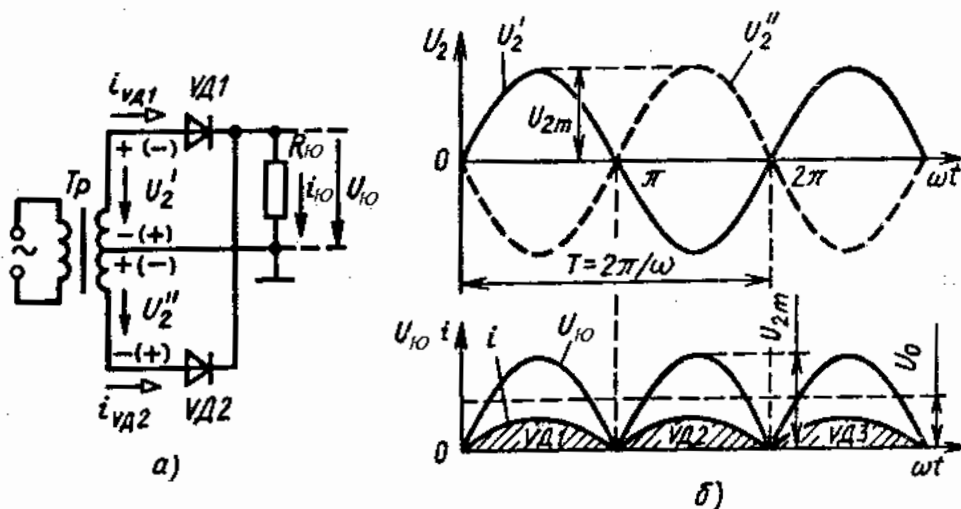
Бир ярим даврли тўғрилагич схемаларида пульсация коэффициенти катта, трансформатор ўлчамлари ва массаси катта диодга тушаётган тескари кучланиш катта

хамда трансформаторлардан фойдаланиш коэффициенти кичик бўлганлиги сабабли унинг тузилишининг содда бўлишига қарамай бу схема жуда кам ишлатилади.

**Икки ярим даврли тўғрилагичлар.** Икки ярим даврли тўғрилагич схемаси 2 турли бўлади:

- трансформатор иккиламчи чўлғамининг ўрта клеммаси мавжуд бўлган схема;
- кўприксимон схема.

Трансформаторнинг ўрта клеммаси чиқарилган икки ярим даврли тўғрилагич схемаси 3.3.а-расмда кўрсатилган бўлиб, қуйидаги элементлардан ташкил топади: иккиламчи чўлғами ўрта клеммага эга бўлган трансформатор, VD1, VD2 диодлар ва  $R_o$  юклама. Бу схема иккита бир ярим даврли схемали тўғрилагичлардан ташкил топган бўлиб, уларнинг юкласи умумийдир. Схемادا трансформатор иккиламчи чўлғамининг биринчи қисми VD1 эанжирни, иккинчи қисми эса VD2 занжирини ҳосил қилади. трансформатор иккиламчи чўлғамининг биринчи қисмида  $U_2'$  иккинчи қисмида  $U_2''$  кучланиши ҳосил бўлади.  $U_2'$  ва  $U_2''$  кучланишларнинг қиймати тенг бўлиб, фазалари  $180^\circ$  га силжигандир (13.3.б-расмга қаранг). Схемадан кўринадики,  $U_2'$  кучланишнинг биринчи ярим даврида VD1 анодига мусбат потенциал узатилиб, ўрта клеммадан эса  $R_o$  орқали VD1нинг катодига манфий потенциал узатилади. Бундай ҳолатда VD1 диод очилади ва ундан  $R_o$  юклама қаршилиги орқали  $i_{VD1}$  токи оқиб ўтади. Шу вақт оралиғида



13.3-расм. а) икки ярим даврли тўғрилагич схемаси. б) тўғрилагич схемасидаги ток кучланишларининг график қўриниши.

эса VD2 нинг анодига  $U_2''$  кучланишнинг манфий ишорали потенциали узатилиб, катодига эса мусбат ишорали потенциали узатилади яъни VD2 берқдир. Кейинги ярим давр

оралиғида VD1 га  $U_2'$  тескари кучланиш узатилиб, VD2 га эса тўғри кучланиш  $U_2''$  узатилади яъни анодига мусбат катодига манфий ишорали потенциал узатилади. Диод VD2 ва юклама қаршилиги  $R_{ю}$  орқали  $i_{VD2}$  токи оқиб ўтади. Шундай қилиб, тўлиқ бир даврда юкламадан бир йўналишга эга бўлган иккала ярим даврнинг токи ( $i_{VD1}$  ва  $i_{VD2}$ ) оқади ва юклама қаршилиги  $R_{ю}$  да пульсацияланувчи ток кучланиши  $U_n$  ҳосил бўлади. Юкламада ҳосил бўлган кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси  $U_0$  нинг қиймати тўлиқ бир давр ичида бир ярим даврли тўғрилагичда ҳосил бўлган  $U_0$  нинг қийматидан 2 марта катта бўлади ва 3.3 формулани инобатга олган ҳолда унинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$U_0 = 2 \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,9U_2 \quad (13.17)$$

Бунда  $U_2$  –иккиламчи чўлғамнинг биринчи ёки иккинчи қисмида ҳосил бўлган кучланишнинг эффектив қиймати. Диодларга тушуётган максимал тескари кучланиш (3.3.а-расмга қаранг) трансформаторида иккиламчи чўлғамининг умумий кучланиши (иккиламчи чўлғамнинг биринчи ва иккинчи қисмида ҳосил бўлган кучланишларнинг йиғиндиси) га тенгдир. Схемадан кўринадики, кучланишнинг биринчи ярим даврида VD1 нинг анодига иккиламчи чўлғамнинг юқори нуктасидан мусбат ишорали потенциал берилганлиги сабабли VD1 очик яъни унинг қаршилиги кичик  $R \rightarrow 0$ , VD2 нинг анодига эса иккиламчи чўлғамнинг пастки нуктасидан манфий ишорали потенциал узатилганлиги сабабли VD2 берк бўлади. Унинг қаршилиги эса чексиздир. Шундай экан, схемада иккиламчи чўлғамнинг юқори нуктаси билан пастки нуктаси орасида ҳосил бўлган тескари кучланиш тўлиқлигича VD2 га тушади. Кейинги ярим даврда эса VD1 га тушади. 3.17 формуладан фойдаланиб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$U_{мес} = 2\sqrt{2}U_2 = \pi U_0 = 3,14U_0 \quad (13.18)$$

Формуладан кўринадики, икки ярим даврли тўғрилагичлар схемасида диодга тушаётган тескари кучланиш 3 мартадан кўпроқ экан.

Схемадан кўринадики, VD1 диоддан биринчи ярим давр оралиғида ток оқиб ўтади, иккинчи ярим даврда эса ток VD2 диодидан оқиб ўтади. Бу шуни кўрсатадики, юкламадан оқиб ўтаётган  $I_0$  токнинг миқдоридан ҳар бир диоддан оқиб ўтаётган токнинг ўртача миқдори  $I_{диод,ўр}$  2 марта кичик бўлади, яъни

$$I_{диод,ўр} = 0,5I_0 \quad (13.19)$$

Икки ярим даврли тўғрилагич схемасида трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги эффектив ток  $I_2 = 0,785 I_0$  га тенг. Бу қийматдан кўринадики, бир ярим даврли тўғрилагич схемасига нисбатан унинг қиймати 2 марта кичик бўлади. 3.3.б-расмдан

кўринадики, юкламада ҳосил бўлган пульсацияланувчи кучланишнинг максимум қиймати манба кучланиши даври оралиғида 2 га тенг бўлади. Шу сабабли пульсацияланаётган кучланишнинг биринчи гармоникасининг частотаси манба кучланишининг частотасидан 2 марта катта бўлади.

Икки ярим даврли тўғрилагич схемасининг пульсация коэффиценти  $k=0,67$  га тенг бўлиб, уни силлиқлаш кўрсаткичи бир ярим даврли тўғрилагичларга нисбатан сифатли бўлади. Икки ярим даврли тўғрилагичларда трансформатор ўзаги магнитланмайди, чунки биринчи ярим даврда  $I_0$  ток ҳисобига трансформатор ўзаги магнитланса, иккинчи ярим даврда эса трансформатор ўзагидан  $I_0$  ток тескари оқиб ўтиб ўзакни магнитсизлантиради. Шу сабабли трансформатор бирламчи чўлғамида ток шакли синусоидал бўлади.

Тўғриланиши керак бўлган ток трансформатор иккиламчи чўлғамининг у ёки бу қисмидан даврий равишда олинади. Яъни трансформатор тўлалигича ишлатилмайди. Шу сабабли трансформатор чўлғамларидан фойдаланиш коэффиценти кичик бўлади ва  $S_1=1,23P_0$ ;  $S_2=1,74P_0$ ;  $S_{mp}=1,48P_0$ ;  $k_{mp}=0,685$  га тенг бўлади. Шундай қилиб, икки ярим даврли тўғрилагич схемаси билан бир ярим даврли тўғрилагич схемасини солиштирсак куйидаги хулосага келамиз:

- Диодлардан оқётган ўртача токнинг миқдори 2 марта кичик;
- Пульсация коэффиценти кичик;
- трансформатордан яхши фойдаланилади.

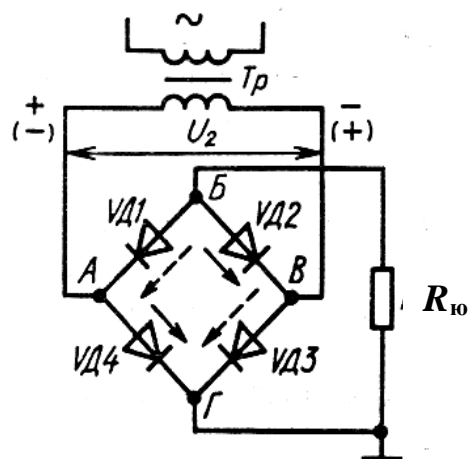
Камчилиги:

- Трансформатор иккиламчи чўлғамининг ўртасидан чиқиш клеммасига эга бўлиши керак;
- Иккита диод ишлатилади.

Амалиётда икки ярим даврли кўприксимон тўғрилагичлар схемаси кенг қўлланилади. Унинг схемаси 13.4-расмда берилган бўлиб, унда оддий трансформатор ва кўприксимон схемада йиғилган 4 та диод ишлатилган. Ўзгарувчан ток кучланиши диод кўпригининг 1-диагоналига берилса, тўғриланган ток кучланиши 2-диагоналдан олинади.

**Икки ярим даврли кўприксимон тўғрилагич.**

Айтайлик, биринчи ярим даврда трансформатор иккиламчи чўлғамидан А нуктага берилаётган кучланиш потенциали  $U_2$  мусбат ишорага, В нуктада эса манфий ишорага эга бўлсин. У ҳолда занжирдан оқиб ўтаётган токнинг йўналиши куйидагича: трансформатор иккиламчи чўлғамининг биринчи клеммасидан А



13.4-расм. Кўприксимон тўғрилагич.



нуктага, сўнг VD4 орқали Г нуктага, сўнг юклама қаршилиги  $R_{ю}$  орқали Б нуктага, сўнг VD2 орқали В нукта занжирларидан трансформатор иккиламчи чўлғамининг иккинчи клеммасига ток оқади (кўприксимон схемада биринчи ярим даврдаги токнинг йўналиши узлуксиз стрелка билан ифодаланган). Иккинчи ярим даврда эса  $U_2$  нинг мусбат потенциали В нуктага манфий потенциали А нуктага узатилади. У ҳолда занжирдан оқиб ўтаётган токнинг йўналиши қуйидагича: трансформатор иккиламчи чўлғамининг иккинчи клеммасидан В нуктага, сўнг VD3 орқали Г нуктага, сўнг юклама қаршилиги  $R_{ю}$  орқали Б нуктага ва VD1 орқали А нукта занжирларидан трансформатор иккиламчи чўлғамининг биринчи клеммасига ток оқади. Бу хулосалардан кўринадикки, юклама қаршилиги  $R_{ю}$  дан ўтаётган иккала ярим даврлар токи бир хил йўналишга эга бўлади. Шу сабабли кўприксимон схема учун ҳам  $U_0=0,9U_2$ . Ҳар бир диоддан оқиб ўтаётган ўртача ток миқдори  $I_{диод, \text{ \textit{cp}}} = 0,5I_0$  га тенг бўлади. Бу схемада тўғриланган ток трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан биринчи ярим даврда бир томонга иккинчи ярим даврда иккинчи томонга оқиб ўтганлиги сабабли трансформатор ўзаги магнитланмайди. Бу эса трансформатор ўлчами ва массасини камайтириш имконини беради. Кўприксимон схема учун  $S_1 = S_2 = S_{mp} = 1,23P_0$ ;  $k_{mp} = 0,81$  га тенг.

VD1 дан ток ўтаётган ҳолатда унинг анодига трансформатор иккиламчи чўлғамининг биринчи клеммасидан мусбат потенциал узатилиб, катодига эса VD2 орқали трансформатор иккиламчи чўлғамининг иккинчи клеммасидан манфий потенциал узатилади. Шундай экан, ток ўтмайдиган йўналишда (VD1 берк ҳолатида) VD1 диодга трансформатор иккиламчи чўлғамида ҳосил бўлган кучланиш қиймати тўлиқлигича тушади:

$$U_{mec} = U_{2m} = \sqrt{2}U_2 = 1,57U_0 \quad (13.20)$$

Яъни кўприксимон схемада диодга тушаётган тескари кучланишнинг қиймати иккиламчи чўлғамнинг ўрта клеммали икки ярим даврли тўғрилагич схемасига нисбатан 2 марта кичик бўлади. Пульсация коэффициенти эса  $k_n = 0,67$  га тенг. Кўприксимон схема трансформатор иккиламчи чўлғамининг ўрта клеммали тўғрилагич схемасига нисбатан қуйидаги афзалликларга эга:

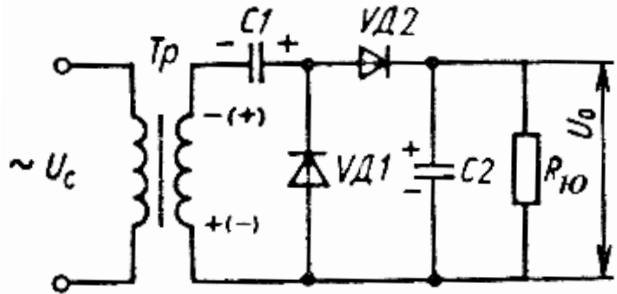
- Ишламай турган вақт оралиғида диодга тушаётган тескари кучланиш 2 марта кичик;
- Трансформаторнинг тузилиши содда;
- Трансформаторсиз ҳам ишлатиш мумкин. Агарда кўприк диоганалига берилаётган кучланиш манба кучланишига тенг бўлган ҳолларда;
- Трансформаторнинг ўлчами ва массаси кичик.

Камчилиги:

- 4 та диод ишлатилиши.

**Кучланишни кўпайтирувчи тўғрилагич.** Бундай тўғрилагичлар схемаларида юкламада ҳосил бўлган кучланиш қиймати трансформатор иккиламчи чўлғамида ҳосил бўлган кучланиш қийматидан бир неча марта катта бўлади. Кучланишни кўпайтириш тўғрилагич схемаси 3.5-расмда келтирилган. У трансформатор иккиламчи чўлғамидан истеъмол қиладиган 2 та бир ярим даврли тўғрилагичлардан тузилган.

Биринчи тўғрилагич диод VD1 ва конденсатор C1 дан, иккинчи тўғрилагич эса диод VD2 ва конденсатор C2 дан ташкил топади. Юклама қаршилиги  $R_o$  C2 га параллел уланган. Схемада



13.5-расм. Кучланишни кўпайтирувчи тўғрилагич.

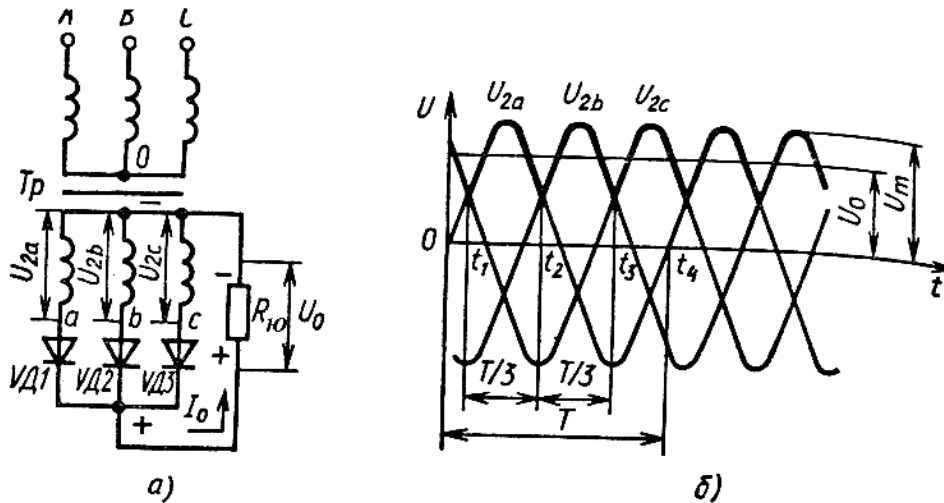
кўрсатилганидек, биринчи ярим даврда трансформатор иккиламчи чўлғамининг пастки қисми мусбат ишорага, юқори қисми эса манфий ишорага эга бўлсин. Бунда VD1 диод ва C1 конденсатор орқали ток оқиб ўтиб, C1 конденсаторни зарядлайди. Иккинчи ярим даврда трансформатор иккиламчи чўлғамининг юқори қисми мусбат ишорага эга бўлиб, трансформатор кучланиши билан C1 нинг заряд кучланишларининг қийматлари қўшилиб VD2 орқали ток оқа бошлайди. Бу кучланишларнинг йиғиндиси C2 конденсаторни зарядлайди ва юклама қаршилигидан ток оқиб ўтади. Натижада конденсатор C2 ва юклама қаршилиги  $R_o$  да ҳосил бўлган кучланишнинг амплитуда қиймати трансформатор иккиламчи чўлғамида ҳосил бўлган кучланишнинг амплитуда қийматидан 2 марта катта бўлади. Бу схема бир ярим даврли тўғрилагичлар схемасига хос бўлган камчиликларга эга. Бир ярим даврли кучланишни кўпайтирувчи схема асосида кўп марта кучланишни кўпайтирувчи тўғрилагичлар схемаси ҳосил қилинади.

Саноатда кучланишни 5-10 ва унда ортиқ мартаба кўпайтирувчи тўғрилагичлар ишлатилади. Бундай кучланишни кўпайтирувчи тўғрилагичлар кичик қувватли тўғрилагичлар бўлиб, бир неча ўнг минг вольт кучланишда ишлайдиган электрон нур трубкалар, электрон микроскоп, телевизион трубкаларнинг анодини кучланиш билан таъминлаш учун хизмат қилади.

**Уч фазали тўғрилагичлар.** Уч фазали ток тўғрилагичлари асосан ўрта ва катта қувватли истеъмолчиларни таъминлашда ишлатилади. Бунда улар уч фазали ток тармоғини бир текис юклайди. Уч фазали тўғрилагичларнинг кўпчилик схемалари ичида 3.6.а-расмда келтирилган ноль чиқишли уч фазали схема энг соддаси ҳисобланади.

Бу схеманинг актив юклама ҳолидаги ишини кўриб чиқамиз. 3.6.а- расмдан кўриниб турибдики, схема Тр уч фазали трансформатор учта диод ҳамда  $R_{ю}$  юклама қаршилигидан иборат. Трансформаторнинг бирламчи чўлғами юлдуз ёки учбурчак кўринишида, иккиламчи чўлғами эса фақат юлдуз кўринишида уланиши мумкин. Ўзаро уланган VD1, VD2 ва VD3 диодларнинг катодлари узаро уланган ва у мусбат потенциалга эга бўлиб,  $R_{ю}$  юклама қаршилигига уланган. Анодлари эса уч фазали трансформатор чўлғамларининг учига уланган бўлиб, уларнинг ноль нуқтаси юклама қаршиги  $R_{ю}$  га улангандир ва унинг потенциали манфий потенциалга эгадир. Келтирилган схемада диодда навбат билан ҳар бири даврнинг учдан бир қисми давомида, бир диод анодининг потенциали қолган иккита диодлар анодларининг потенциалидан мусбатроқ бўлганда яъни тегишли фаза кучланиш мусбат ва қолган иккита фаза кучланишидан каттароқ бўлганда ишлайди. Масалан  $t_1$  ва  $t_2$  вақт оралиғида (3.6.б-расм)  $U_{2a}$  кучланиш мусбат,  $U_{2B}$  ва  $U_{2C}$  кучланишлар манфий ёки мусбат бўлиб, лекин  $U_{2a}$  га нисбатан кичик қийматга эга бўлганида ток иккиламчи чўлғамнинг “а” фазаси бўйлаб VD1 диод ва  $R_{ю}$  юклама қаршилиги орқали ўтади. Даврнинг кейинги учдан бир қисмида яъни  $t_2$  ва  $t_3$  вақт оралиғида VD2 диод ишлайди, чунки унинг аноди VD1 ва VD3 диодларнинг анодига нисбатан юқорироқ мусбат потенциалга эга бўлади. Трансформатор иккиламчи чўлғамининг “в” фазаси бўйлаб VD2 диод ва  $R_{ю}$  юклама қаршилиги орқали ўтади. Бунда юклама қаршилигидан оқиб ўтаётган токнинг йўналиши аввалги учдан бир даврдаги токнинг йўналиши билан бир хил бўлади. Шундан сўнг VD3 диод кейин эса яна VD1 диод ва ҳокозо кетма-кетликда ишлайди.

3.6.б-расмда фаза кучланишларининг синусоидал ток ҳисобига ҳосил қилган тўғриланган (пульсацияловчи) кучланиши қалин чизик билан кўрсатилган. Бу расмдан кўриниб турибдики, тўғриланган ток кучланишининг пульсацияланиши бир фазали ток тўғрилагичларида ҳосил қилинадиган пульсацияга нисбатан анча кичикдир ҳамда уларнинг частотаси манба частотасига нисбатан 3 марта катта бўлиб, филтрлаш осон кечади. Агарда диодлар кўп бўлган схемадан фойдаланилса, у ҳолда пульсацияланиш камаяди ва шунинг учун ҳам баъзи ҳолларда силлиқловчи филтрдан фойдаланмаса ҳам бўлади. Уч фазали тўғрилагичлар учун асосий ҳисоб-китоб муносабатларини келтираемиз:



13.6-расм. а) уч фазали тўғрилагич. б) уч фазали пульсацияланувчи кучланишлар

тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати:

$$U_0 = 0,827U_{2m} = 1,17U_2 \quad (13.21)$$

Тўғриланган токнинг ўртача қиймати:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_n}$$

(3.21) ни ҳисобга олган ҳолда

$$I_0 = 0,827I_{2m} \quad (13.22)$$

диоддан оқиб ўтаётган токнинг ўртача қиймати:

$$I_{\text{диод, урт}} = \frac{I_0}{3} \quad (13.23)$$

тескари кучланишнинг максимал қиймати:

$$U_{\text{тес}} = \sqrt{3}U_{2m} = 2,09U_0 \quad (13.24)$$

пульсация коэффициенти  $k_n=0,25$

Диодларга кичик кучланиш тушуви сабабли бу схема қўпинча паст тўғриланган кучланишлар олиш учун ишлатилади. Схеманинг камчиликларига қуйидагилар киради:

- катта қийматли тескари кучланиш;
- трансформатордан фойдаланиш коэффициенти кичик;
- тўғриланган токнинг ўзгармас ташкил этувчисининг трансформатор иккиламчи чўлғамидан ўтиши жараёнида трансформатор ўзагини магнитлаши.

### **Nazorat sinov savollari**

1. O'zgarmas tok potentsiometrining ish prinsipi nimaga asoslanadi?
2. Ish toki qanday o'rnatiladi? Va uni o'rnatish nimaga kerak?
3. O'zgarmas tok potentsiometrining prinsipial sxemasini chizib, tushuntiring?
4. O'zgarmas tok potentsiometrida ish tokini aniq o'rnatilishi nimaga bog'liq va u qanday ta'minlanadi?
5. O'zgarmas tok potentsiometrining qanday turlari mavjud, ularning qanday imkoniyatlari bor?
6. O'zgarmas tok potentsiometrlarining o'lchash diapazoni qanday (qanday qurilma yordamida) qilib kengaytiriladi?

### **14-МАЪРУЗА**

#### **ELEKTRON ASBOBLAR. O'ZGARMAS VA O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARIDA ISHLATILADIGAN ELEKTRON VOLTMETRLAR.**

##### **РЕЖА:**

- 1.Электр ўлчов асбобларининг умумий тавсифлари.**
- 2. Электрон осциллографлар.**
- 3. Электрон вольтметрлар**

#### **1.Электр ўлчов асбобларининг умумий тавсифлари**

Электрик ва ноэлектрик катталикларни ўлчаш учун электрон ўлчов асбоблари ишлатилади. Улар ўз ичига электрон кучайтиргичлар, электрон генераторлар, тўғрилагичлар ва импульс қурилмаларини ўз ичига олади. Кўпинча уларга электромеханик ўлчов асбоблари (магнитоэлектрик тизимли) ҳам киради.

Электрон ўлчов асбоблари механик ўлчов асбобларидан қуйидаги сифатлари билан ажралиб туради.

1.Сезгирлиги юқори. Унинг сезгирлик чегараси ўлчанаётган катталикнинг шовқинига боғлиқ. Кўпинча электрон вольтметрларнинг сезгирлик қиймати 0,1 – 10 мкВ оралиғида бўлади.

2.Ўлчанаётган катталик занжиридан электр ўлчаш асбоби кичик қийматда энергия истеъмол қилади яъни, унинг кириш қаршилиги катталигидир. Электрон ўлчов асбоблари бўлмиш электронвольтметр, электрон осциллограф ва ҳаказоларнинг кириш қаршиликлари 0,5 – 1 МОм атрофида бўлади. Айрим махсус ўлчов асбобларида эса  $10^8$  –

$10^9$  Ом ларни ташкил қилиш мумкин. Унда катта кириш қаршилик ўлчов асбоблари кичик қувватли ва юқори чиқиш қаршиликли занжирлар учун ишлатилади.

3. Сезгирлиги жуда кенг частота оралиғида ҳам ўзгармайди. Масалан: сифатли кенг частота оралиғида ишлай оладиган электромеханик асбоблар (электродинамик тизимли) нинг частота иш кенглиги 45-1500 Гц оралиғида ётади.

Кўпинча электрон ўлчов асбобларида эса частота иш диапазони 10-50 мГц ни ташкил қилади. Айрим махсус электрон ўлчов асбобларининг частота иш диапазони бир неча минг мГц гача боради.

Электрон ўлчов асбобларининг юқоридаги афзалликларидан ташқари унинг айрим камчиликлари ҳам мавжуддир.

1. Схематик мураккаблигидир. Бу эса катта сонли радиоэлементларни ишлатилишидир. Шу сабабли ҳажми, массаси, таннархи қимматдир. Шунга қарамай айрим рақамли ўлчов асбоблари масалан: электрон рақамли вольтметр, амперметр в рақамли соатлар массаси, ҳажми жиҳатдан механик ўлчов асбобларидан анча кичикдир.

2. Электрон ўлчов асбобларини ишлатиш учун ўзгармас ток манбаикерак.

3. Ишга чидамлилиги кичик, лекин, бундай камчиликни ҳозирги кунда замонавий электр ўлчов асбобларида интеграл микросхема ишлатилиб чидамлиги кескин ошмоқда.

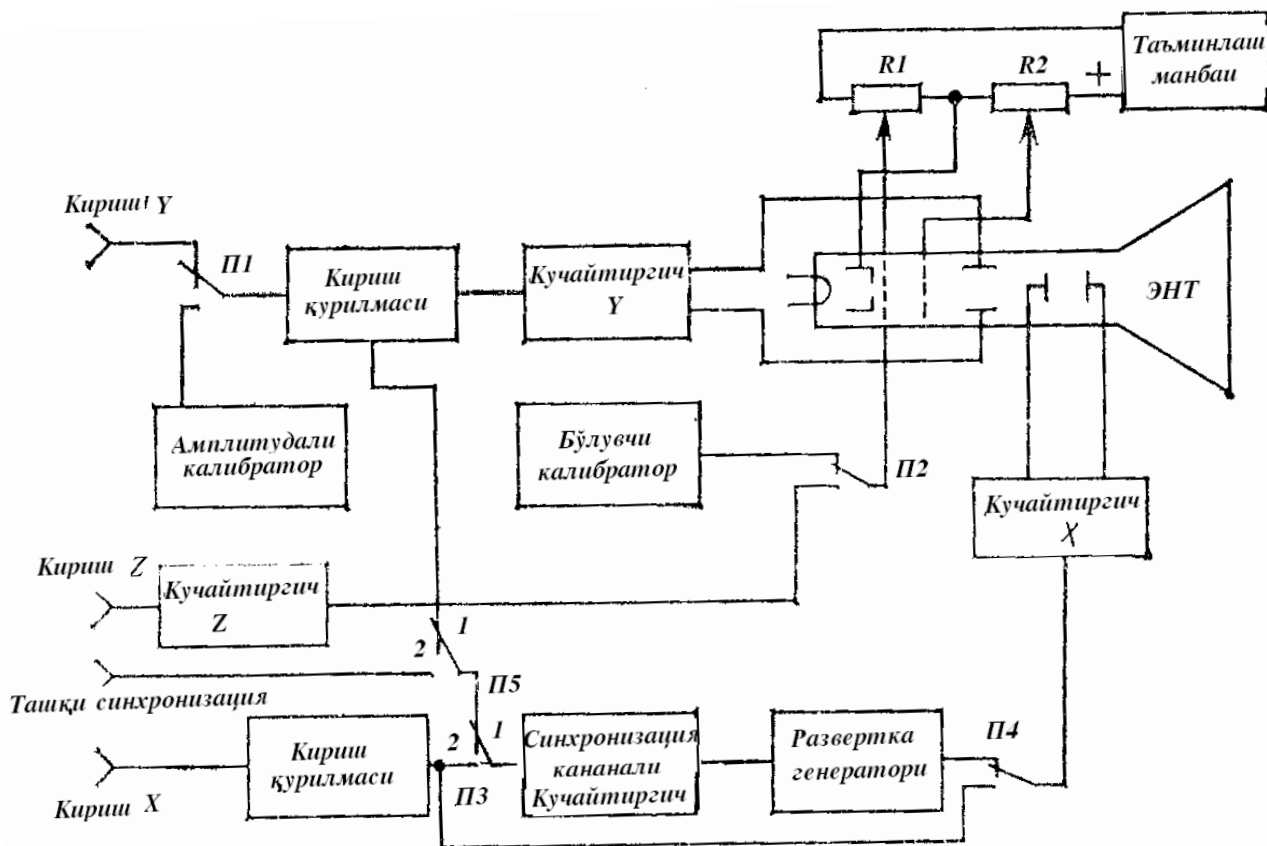
Электрон ўлчов асбоблари, механик ўлчов асбоблари ўлчай олмайдиган, кўпчилик катталикларни ўлчай олади. Масалан: вақт бўйича ўзгарадиган сигналларни тезкор осциллографлашпириш, частота характеристикасини аниқлаш спектриал тахлил, жуда тез такрорланадиган импульсларни санаш ва ҳақозолар. Электрон ўлчов асбоблари электрон қуриламалар туркумига киритилиб, улар марказлашган ахборотни ёзиш, ахборотларни сақлаш, қайта ишлаш ва ҳақозолар учун ишлатилади. Бу туркум қурилмаларни информацион ўлчов тизимлари (ИЎТ.) дейилади. ИЎТ туркумига электрон ҳисоблаш машиналари ҳам киради.

## **2. Электрон осциллографлар**

Электрон осциллографлар деб—электр сигналларни вақт бўйича ўзгаришини, унинг кўринишини, частотасини, амплитудасини экранда кўрсатиб ва унинг кучланишини, ток киймати, частотасини, фаза силжишини ўлчайдиган қурилмага айтилади. 8.1—расмда электрон нурли осциллографнинг блок-схемаси тасвирланган. Унинг асосий элементи бўлиб электрон нур трубка хизмат қилади.

Схемада  $R_1$ ,  $R_2$  кучланишнинг бўлувчи қаршиликлари орқали электрон нур трубкага ўгармас ток манбаидан юқори кучланиш узатилади.  $R_1$  потенциометр. ЭНТ экранининг ёритилганлик даражасининг ҳосил қилади.  $R_2$  потенциометр эса ЭНТ нинг иккинчи анод кучланишини ўзгартириш йўли билан электрон нурни фокуслайди.

Электрон нурни вертикал оғдирувчи канал (У) га частотали вертикал оғдирувчи кучайтиргич “У” кириш қурилмасдан ташкил топади.



14.1–расм. Электрон нур осциллографнинг структура схемаси

Кириш қурилмаси–кучланишни бўлувчи занжирдан ва сигнални кечиктирувчи қурилмадан ташкил топади. Кучланишни бўлувчи занжир “У” кучайтиргичнинг сезгирлигини бошқаради сигнални кечиктирувчи қурилма ЭНТ нинг горзантал пластинкасига берилаётган ёювчи кучланиш сигналдан олдинроқ келишини ҳосил қилади, бу эса экранда жараён бошланишини кўришни таъминлайди. Текширилаётган сигнал осциллографнинг “У” клеммасига узатилади. Сигнал кириш қурилмаси орқали “У” кучайтиргичга берилади. “У” кучайтиргичнинг чиқишида сигналга пропорционал кийматда кучланиш ҳосил бўлиб, уни электр трубканинг “У” пластинкасига узатади. Пластинка кучланиш таъсирида электрон нурни “У” ўқи бўйича оғдиради. “У” кучайтиргичининг сезгирлиги жуда ҳам катта бўлиб, унинг қиймати 2500 мВ гача бўлади. Электрон трубканинг сезгирлиги эса 0,1-0,4мм/В га тенгдир.

Электрон нурни горзантал оғдирувчи “Х” канали қуйидаги блоклардан ташкил топади. Кириш қурилма каналини синхронловчи кучайтиргич, ёювчи генератор ва горзантал “Х” ўқи бўйича ёювчи кучайтиргичдан ташкил топади. Кириш қурилма ва “Х”

ўқи бўйича ёювчи кучайтиргич вертикал оғдирувчи каналдан фарқланмайди, фақатгина унда сигнални кечиктирувчи қурилма бўлмайди.

Ёювчи генератор чизиқли ўзгарувчи (аррасимон) кучланишни ишлаб чиқаради ва “Х” кучайтиргичга узатилади. Кучайтиргичдан чиққан аррасимон тебраниш ЭНТ нинг “Х” бўйича оғдирувчи пластинкасига узатилади. Ёювчи генераторни синхронлаш учун “Х” ёки “У” кириш қурилмалари орқали синхронловчи кучайтиргичга сигнал узатилади, ундан чиққан сигнал ёювчи генераторни бошқаради.

Z кучайтиргич Z киришига узатилган сигнални кучайтириб П калибратор орқали ЭНТ нинг модуляторига ўзатади, у экран ёритилганлигини ўзгартиради.

Калибратор: биринчидан “У” канални сезгирлигини белгилайди. Бунинг учун “У” киришига стандарт ўзгарувчан кучланиш берилади; иккинчидан ёйиш меёрини белгилайди. Бунинг учун “У” киришига стандарт даврли импульс кучланиши берилади, у модуляторга узатилади. Модулятор ЭНТ нинг экранида ёрқин узлуксиз чизиқлар ҳосил қилади

Колибратор орқали номаълум кучланиш қийматини ва частотасини аниқлашда хатолиги 3 – 10 % ни ташкил қилади.

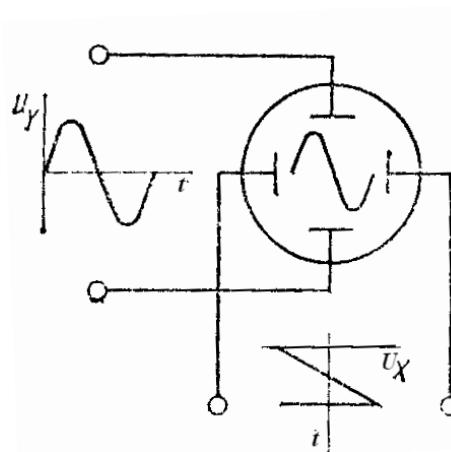
П4 калит “Х” занжирига уланган ёювчи генераторни ўчириб киришдан сигнални тўғри “Х” кучайтиргичга ўзатиш имконини беради.

14.1-расмда кўрсатилган П–калитнинг ҳолати учун осцолографнинг ишлашни кўриб чиқамиз: оғдирувчи генератор ишлаб чиққан аррасимон кўринишдаги тебраниш “Х” кучайтиргичи орқали ЭНТ нинг горизонтал (“Х” ўқи) оғдирувчи пластинкасига узатилади. ЭНТ нинг катодидан экранга қараб нур кўринишида ҳаракатланаётган электронларни горизонтал (“Х” ўқи бўйича) оғдирилади ва экранда, аррасимон тебранишнинг бир давр ичида, электронлар ҳисобига чизиқ кўринишдаги ёритилган чизиқ ҳосил бўлади. Тебранишнинг бир даври тугаши билан тебранишнинг бошланғич қиймати нольга тенг бўлади. Бу пайтда электрон нур бошланғич ҳолатига қайтади. Бу жараён даврий равишда қайтарилиб, экранда доим ёритилган чизиқ ҳосил бўлиб туради. Шундай қилиб “Х” ўқи бўйича бир текисда ҳаракатланувчи нурнинг силжиши вақтга пропорционал бўлиб унинг силжиши  $X = Kt$  билан аниқланади. Агарда осциллографнинг вертикал оғдирувчи пластинкасига кучланиш берилмаса экранда горизонтал тўғри чизиқли ёритилганлик ҳосил бўлади.

Агарда осциллографнинг “У” киришга текширилаётган  $U_c(t)$  кучланиш берилиб горизонтал пластинкага эса кучланиш берилмаса электрон нур  $U_c(t)$  қийматда вертикал ҳаракатланади ва унинг экранида вертикал тўғри чизиқ ёритилади.



Агарда бир вақтда  $U_c(t)$  сигнали осциллографнинг “У” киришига горизонтал оғдирувчи пластинкага эса ички ёйувчи генератордан  $U_p$  аррасимон кучланиш берилса у холда осциллограф экранда  $U_c(t)$  қонуният бўйича ўзгараётган кучланишнинг кўринишини акс эттиради (14.2 – расм қаранг).



14.2 – расм. Развертканинг вақт бўйича өзгариши

Даврий ўзгарадиган жараённи текширишда сигнал билан горизонтал ёйувчи генератор тебраниши билан текшириладиган сигнални синхронлаштириш керак, акс холда экрандаги тасвир турғун бўлмайди. Айтайлик

текшириладиган сигнал кучланиши  $U_c$  вақт бўйича синусоидал ўзгарсин унинг  $T_c$  даври ёйувчи генератор кучланишнинг  $T_p$  давридан фарқлансин (8.3 – расм). Бунда импульс тугаганда нур ўзининг бошланғич ҳолатига қайтиб келаолмайди, чунки  $U_c(t)$  ёйувчи тебранишнинг иккинчи даврида экрандаги иккинчи эгри чизиқ мос келади. У биринчи эгри чизиқдан  $T_c - T_p$  қийматга силжиган бўлади, ва ҳаказо. Шундай қилиб экранда турғун бўлмаган “югурувчи синусоида” ҳосил бўлади. Экранда тасвир турғун бўлиши учун

$$T_p = n T_c \quad (14.1)$$

шарт бажарилиши керак.

Бунда:  $n$  – бутун сон.

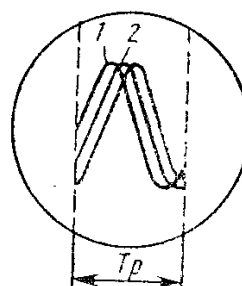
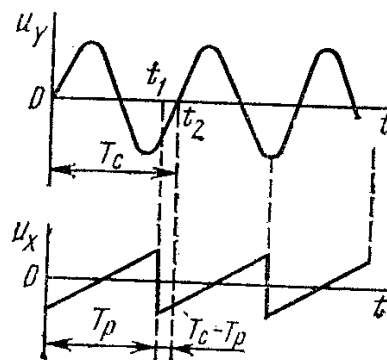
Агарда  $n = 1$  бўлса экранда битта даврли сигнал ҳосил бўлади,  $n=2$  бўлса экранда сигналнинг иккита даври ёритилади.

Амалиётда ёйувчи генератор тебранишини текшириладиган сигнал орқали синхронланади. Ёйувчи генератор тебранишини махсус ташқи сигнал орқали ҳам синхронлаш мумкин бунинг учун П5 калитни 2 чи ҳолатга қўйилади.

Кўпинча замонавий осциллографларда узлуксиз ишлаш режимидан ташқари қутувчи режим ҳам ишлатилади. Бунда ёйувчи генератор текшириладиган сигнал орқали ёки ташқи синхронловчи импульс орқали ишга тушурилади. Бу режимда кириш сигнали ёки синхронловчи импульс бўлмаганда, электрон нур ҳали экранга тушмайди—экран ёритилмайди.

Бир пайтнинг ўзида иккита жараённи текшириш учун икки электрон нурли осциллографлар ишлатилади. Уларнинг электрон нур трубкасида бир – бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ишлай оладиган иккита электрон нур қурилмаси жойлаштирилган.

Эслаб қолиш ва сигнални экранда кўрсатиш учун эсловчи осциллографлардан фойдаланилади. Уларнинг электрон нур трубкаларида эслаб қолувчи қурилма мавжуддир. Сигналнинг керак бўлган қисми электрон нур трубкасида тасвир кўринишида 10 соатдан 170 соатгача эслаб тура олади.



14.3 – расм. Сигналларни синхронизациялаш

Юқори частотали сигналларни текшириш учун стробоскопик осциллографлар ишлатилади. Уларнинг частота ўтказиш оралиғи тахминан нолдан  $(1-5) \cdot 10^9$  Гц гача бўлади. Электрон осциллографлар сигналларнинг кўринишини уларнинг катталикларини текширишдан ташқари гармоник тебранишли сигналларни частоталарни ҳам ўлчай олади. Ўлчаш учун экранда лиссажу шаклидан фойдаланилади, бунинг учун

осциллографни “У” кириш занжирига частотаси аниқланадиган сигнал кучланиши берилади. “Х” киришига эса ташқи генератордан частотаси маълум тебраниш кучланиш берилади, бундай ҳолда осциллограф калити П<sub>4</sub> орқали ёювчи генератор ўчирилади. Генератордан берилётган тебранишнинг частотасини ўзгартириб электрон нур трубкада лиссажу шаклини ҳосил қиламиз. Агарда экрандаги лиссажу шакли эллипс айлана ёки тўғри чизиқдан иборат бўлса аниқланаётган сигналнинг частотаси, частотаси маълум генератор частотаси  $f_0$  га тенг бўлади. Шу билан бирга лиссажу шаклига қараб бу икки тебранишлар кучланишларнинг орасидаги фаза силжишларни аниқлаш мумкин.

### 3. Электрон вольтметрлар

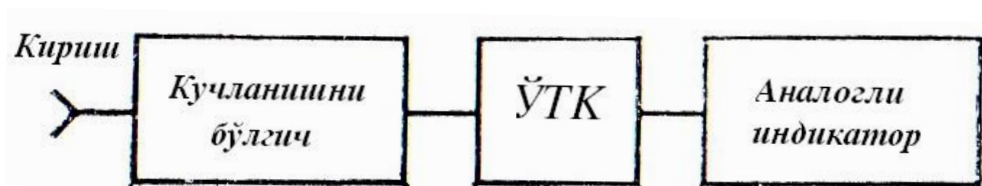
Электрон вольтметрлар ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишлар қийматини ўлчаш учун ишлатилади. Вольтметрлар кучланиш қийматини 2 хил ифодалаш мумкин:

1. Аналогли-бунда магнитоэлектрик ва электромагнит қурилмаларнинг стрелкаси орқали кучланиш қийматни кўрсатади.

2. Рақамли-кучланиш қийматини табло орқали рақамларда ифодалайди.

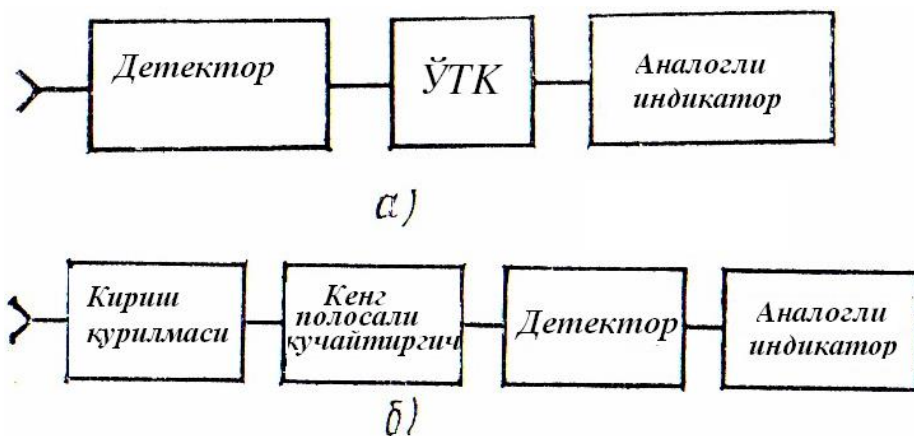
Электрон вольтметрлар ўзгарувчан токи, ўзгармас токи ва универсал бўлади. Универсал вольтметрлар ўзгарувчан, ўзгармас ток кучланишларини ва занжир қаршилигини ўлчайди.

**Аналогли электрон вольтметрлар.** Ўзгармас ток кучланиш вольтметрнинг блок схемаси 8.4–расмда ифодаланган. Унга кучланишни бўлувчи қурилма орқали вольтметрнинг ўлчаш чегараси ўрнатилади. Ўзгармас ток кучайтиргич орқали кучайтирилган кучланиш аналогли индикаторга узатилади. Кучланишни бўлувчи қурилманинг дастаги электрон вольтметрнинг олд қисмига жойлаштирилган бўлиб, у киришига берилаётган кучланишнинг қийматини бошқаради, шу йўл билан электрон вольтметрнинг ўлчаш чегарасини орттириш ёки камайтириш мумкин.



14.4– расм. *Аналогли электрон вольтметр структура схемаси*

**Ўзгарувчан ток кучланиш вольтметри.** 8.5–расмдаги вольтметрнинг ишлаш принципи ўзгарувчан кучланишни ўзгармас ток кучланишига айлантириш йўли билан амалга оширилади. 8.5.а-расмда киришга берилган ўзгарувчан кучланиш тўғрилагич (Детектор) орқали ўзгармасга айлантирилиб, сўнг ўзгармас ток кучайтиргичи орқали кучайтирилиб, аналогли индикаторга узатилади. 8.5.б–расмдаги схемада эса киришга берилган ўзгарувчан ток кучланиш кириш қурилмаси орқали кенг частотали кучайтиргичга узатилади. Кириш қурилмаси биринчидан, кучланишни бўлувчи қурилмалардан ташкил топган бўлиб, дастаги орқали вольтметрнинг ўлчаш чегарасини орттиради.



14.5–расм. *Ўзгарувчан кучланиш аналогли электрон вольтметрнинг структура схемаси.*

Иккинчидан, ўлчанаётган кучланиш манбаининг катта қаршилиги билан кучланиш бўлувчининг кичик қаршилигини мослаш учун қўлланилади. Кенг частотали кучайтиргичда кучайтирилган ўзгарувчан кучланиш Детекторга (тўғрилагичга) узатилиб, сўнг аналогли индикатор қурилма орқали унинг қиймати кўрсатилади.

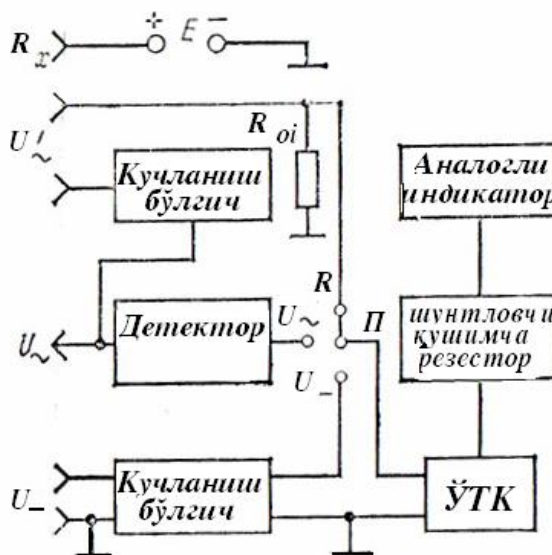
14.5.а–расмда кўрсатилган схемали вольтметрнинг частота бўйича ўлчаш чегараси  $10^9$  Гц гача бўлади. Унинг камчилиги эса сезгирлиги кичиклигидадир тахминан 0.5 В ни ташкил қилади.

14.5.б–расмдаги схемали вольтметрнинг сезгирлиги бир неча микровольтларни ташкил этади. Частота бўйича ўлчаш чегараси мГц ларда ётади (30 мГц гача).

Ўзгарувчан кучланиш вольтметрнинг асосий элементи–Детектор бўлиб у техник катталикларни белгилайди. Детектор–тўғрилагич ва филтрлардан ташкил топгандир. Тўғрилагичда юқори частотали диодлар ишлатилиб, Г ва П схема кўринишидаги филтрлар ишлатилади. Кенг частотали кучайтиргичларда эса каскадлар бир-бири билан гальваник боғланган кўп каскадли транзисторли кучайтиргичлар ишлатилади. Кучланишни бўлувчи элемент вазифасида резистор бўлгичлар ишлатилади.

**Универсал вольтметр.** (8.6–расмга қаранг) ўзгармас кучланишни ўлчаш калит П “U”– ҳолатга утказилади. Бу эса 8.4.а–расмдаги ифодани беради. Ўзгарувчан кучланишни ўлчашда эса калит П “U~” га уланади.

У эса 8.5–расмдаги схеманинг ифодасини беради. Автив қаршилиқни ўлчаш учун калит П “R” ҳолатга утказилади. Бунда ўлчанадиган резистор  $R_x$  билан намунавий қаршилиқ  $R_{oi}$  кетма-кет уланиб кучланишни булувчи қаршилиқли занжирини ҳосил қиладилар. Намунувий қаршилиқка тушаётган кучланиш  $R_x$  нинг қийматига боғлиқ бўлиб  $R_{oi}$  да ҳосил бўлган кучланиш ўзгармас ток кучайтиргич орқали аналогли индикаторга уланади.



14.6–расм. Универсал аналогли электрон вольтметрнинг структура схемаси.

Юқорида кўриб чиқилган электрон вольтметрлардан ташқари махсус вольтметрлар ҳам саноатда ишлаб чиқарилиб, улар импульс кучланишли вольтметр фаза сезгир ва селктор вольтметрлар деб юритилади.

**Импульсли кучланиш вольтметрлар.** Улар видео ва радио импульсларни ҳамда синусоидал кучланишларнинг амплитудаларини ўлчаш учун ишлатилади саноатда В4–12, В4 – 14, В4–17, В4–20 маркали вольтметрлар ишлаб чиқарилади.

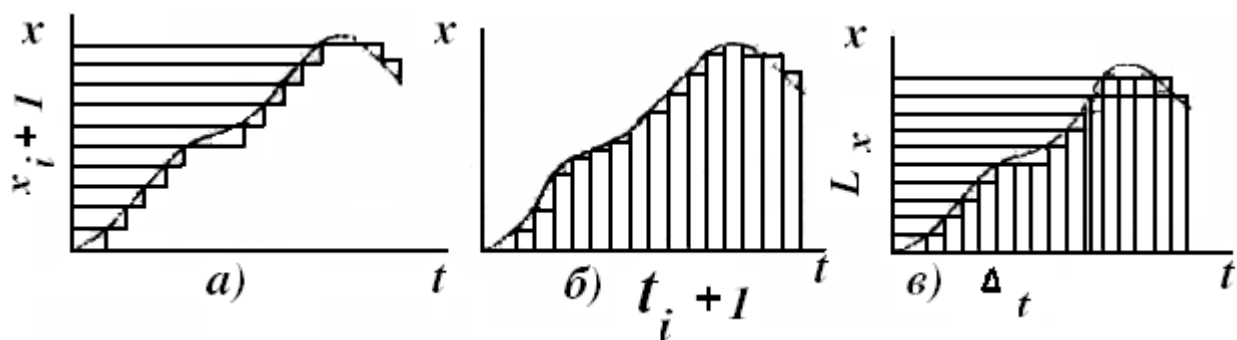
**Фаза сезгир вольтметрлар.** Улар комплекс қийматлардаги кучланишнинг биринчи гармоникасини, квадрат ташкил этувчисини ўлчаш учун хизмат қилади. Вольтметр иккита индикатор билан таъминланган. Улардан бири комплекс кучланишнинг актив ва иккинчиси реактив ташкил этувчиларини ўлчайдилар. Фаза сезгир вольтметрлар 4 кутбלי занжирларнинг амплитуда–фаза характеристикасини текшириш учун ишлатилади, масалан: кучайтиргичларни амплитуда фаза характеристикаларини ўлчайди. Бу вольтметрларнинг частота иш оралиғи 0,5 Гц – 100 кГц гача бўлади, сезгирлиги эса 0,1–1 мВ оралиғида бўлиб, хатолиги 2,5–4 % оралиғида ётади.

**Селектор вольтметрлар** тор частота оралиғидаги синусоидал кучланишларни ўлчаш учун хизмат қилади. Бундай вольтметрларда резонанс схемали кучайтиргичлар ишлатилиб, уларнинг резонанс частотасини ўзгартириш мумкиндир. Шу сабабли шовкинли сигналларни ўлчаш учун қулайлик яратади. Унинг киришига бериладиган сигналнинг қиймати 1 мВ дан 1 В гача бўлиш мумкин. Вольтметр кучайтиргични 20 Гц дан 30 мГц гача созлаш мумкин бўлиб, унинг частота кенглигини 1 ёки 10 кГц га тенг қилиб олиш мумкин. Ўлчаш хатолиги 10–16 % ни ташкил қилади. Бундай вольтметрлар санотда В6–9, В6–10 маркаларда илаб чиқарилади.

**Рақамли вольтметрлар.** Улар рақамли ўлчов асбоблари туркумига кириб, дискрет кўринишдаги катталикларни ўлчайдилар. Ҳар қандай вақт бўйича узлуксиз сигналларни дискрет (рақамли) кўринишга айлантирилади.

14.7.а–расмда вақт бўйича узлуксиз сигналнинг қиймати бўйича квантлаш йўли билан дискрет кўринишга айлантирилган. Расмда  $X_i$  ва  $X_i + 1$  дискрет сигналларнинг қиймати бир – биридан квант катталиқка фарқланади.

14.7.б–расмда эса узлуксиз сигнални вақт бўйича квантлаш  $\Delta t = t_{i+1} - t_i$  йўли билан дискрет кўринишга келтирилган. Сигнални аниқлигини ошириш учун квантлаш вақтини камайтириш йўли билан ҳосил қилинади. Демак, ҳар қандай дискрет кўринишдаги сигнални импульсли қурилмалар орқали ишлов бериш мумкин.



14.7– расм. Сигналларни квантлаш йўли билан дискрет кўринишга айлантириш

Шундай қилиб дискрет кўринишдаги ўлчов асбобларни рақамли ўлчов асбоблар деб юритилади. Ҳар қандай дискрет кўринишдаги сигнални икки рақам (0 ёки 1, яъни импульс бор, импульс йўқ) комбинация йўли билан ишлов берилади. Рақамли ўлчов қурилмалар 14.8–расмда кўрсатилган бўлиб, улар қуйидаги блоклардан ташкил топган: Кириш қурилмалари (КҚ), бошқарув блоки, аналог рақамли қурилма (АРҚ), рақамли индикатор қурилма (РИК) ва истъмол блоки (ТМ)ларидан ташкил топади.

Ўлчанадиган кучланиш, рақамли вольтметрларнинг  $U_{\text{кир}}$  клеммасига берилиб, сўнг кириш қурилмасига узатилади. У кучланишни бўлувчи қаршиликлардан ташкил топган бўлиб, қаршилиқни ўзгартириш автоматик ёки механик йўл билан бажарилади. Яъни кириш қурилмаси, кириш сигналнинг қиймати қандай даражада бўлишидан қатъий назар, унинг чиқишида сигналнинг талаб этилган қийматини ҳосил қилиш учун ишлатилади (Масалан, кириш қурилмалари чиқишидаги талаб этилган кучланиш 0–1 В бўлиши керак).

Кириш қурилманинг чиқишидаги сигнал аналог – рақамли қурилмага узатилади ва аналог рақамли қурилманинг чиқишда эса рақамли кодланган импульс ҳосил бўлади. Рақамли индикатор қурилма аналог – рақамли қурилмадан кодланган импульсни қабул қилиб дишефратор орқали индикатор кодига айлантириб беради ва индикатор ўлчанаётган сигналнинг қийматини ифодалайди. Шу билан бирга агар керак бўлса, принтер орқали ёзма кўринишда ифодалайди. Бошқарув блоки рақамли вольтметрларнинг барча блокларини бошқариш учун хизмат қилади. Бошқарув блоки рақамли қурилмаларда микропроцессор деб номланади. Рақамли вольтметрларда ҳар хил типли аналог – рақамли қурилмалар ишлатилиши мумкин.

Рақамли вольтметрларнинг ўлчашдаги нисбий хатолиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\delta = \pm (a + b U_K/U_X) \%$$

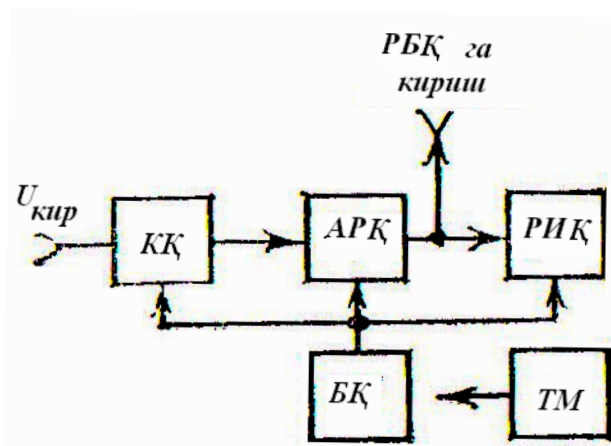
Бунда:

$a + b$  – нисбий ўзгармас сонлар бўлиб, улар вольтметрнинг аниқлик синфни белгилайди;

$U_K$ – ўлчаш оралиғи;

$U_X$  – ўлчанадиган кучланиш қиймати.

Замонавий рақамли ўлчов қурилмаларнинг ўлчаш аниқлик даражаси, аналогли ўлчов қурилмалардан анча юқори. Миасалан: замонавий магнитоэлектрик вольтметрларнинг ўлчаш хатолиги 0,1% ни, электрон аналогли вольтметрларнинг ўлчаш хатолиги 1–5% ни, рақамли ўлчов вольтметрларининг ўлчаш хатолиги эса 0,001 % ни ташкил қилади.



14.8–расм. Рақамли ўлчов қурилмалар

Ҳозирги кунда рақамли вольтметрларда микросхемалар ишлатилганлиги, уларнинг массаси, ҳажми жуда кичик, асбобнинг ўлчаш ишончилиги юқори бўлганлиги сабабли рақамли ўлчов асбоблари жуда кўп қўлланилмоқда.

### О‘з- о‘зи ни sinash savollari

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

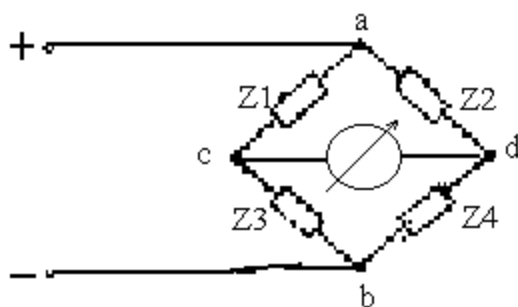
## 15- MAVZU

### O'ZGARUVCHAN TOK KO'PRIKLARI YORDAMIDA INDUKTIVLIK, SIG'IM, O'ZARO INDUKTIVLIKLARNI O'LCHASH

#### REJA:

1. Umumiy ma'lumotlar.
2. Muvozanatlashgan va muvozanatlashmagan ko'priqli chizmalar.
3. Muvozanat tenglamasi.

Bunday chizmalar ko'priklar; qarshilik va kichik kuchlanishlarni katta aniqlik bilan o'lchashda ishlatiladi. Ular bevosita ko'priklar va potentsiometrlar kabi ikki guruxga bo'linadi.



Umumiy holda ko'priklarning printsipial chizmasi quyidagicha

Bu chizmada  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  - ko'priklar yelkalari;  $a, v$  - manba diagonali;  $o$  - o'lchov diagonali.

Agar yelka qarshiliklari quyidagi munosabatda bo'lsa  $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$  ko'priklar

muvozanat holda hisoblanadi va o'lchov diagonali bo'yicha tok  $O$  ga teng bo'ladi. SHu yerning o'zida  $s$  va  $o$  nuktalar potentsiallari bir xil bo'ladi. Umumiy holda yelkalar qarshiliklari kompleks bo'lishi mumkin. Aktiv qarshiliklarni o'lchashga mo'ljallangan ko'priklar yelkalari aktiv qarshiliklardan tuzilgan bo'lib, uning muvozanat tenglamasi  $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$  ko'rinishga ega. Agar qarshiliklardan birortasi o'zgarib muvozanat buzilsa bu o'zgarish sezgir magnitoelektrik o'lchash mexanizmi (MUM) strelkasining oshishiga olib keladi. Stelkaning holatiga qarab o'zgarish qiymati baxolanadi. Stelkaning holatiga qarab kuzatilaetgan qarshilikni baxolash, Ya'ni ko'priklar muvozanatdan chiqqan paytda natija olish muxim kamchilikka ega. Bunday ko'priklar aniqligi manba kuchlanishiga bog'liq, chunki muvozanati buzilgan ko'priklar, manba kuchlanishining o'zgarishi strelkaning siljishiga olib keladi va o'lchashga xatolik kiradi, bunday ko'priklar muvozanatlashmagan ko'priklar deyiladi va ko'priklar qo'llanilmaydi.

#### MUVOZANATLASHGAN KO'PRIKLAR

Yuqoridagi kamchilik muvozanatlashgan ko'priklarda yo'q. Chunki bunday ko'priklarda o'lchanayotgan qarshilik turgan yelkadan boshqa yelkalardagi qarshiliklar rostlanuvchan, aniq qiymatlarga ega kilib tayyorlanadi. Natija doim ko'priklar muvozanat holida o'qiladi, bunday holga rostlanuvchan qarshiliklar yordamida erishiladi.

Masalan:  $R_4$  o'lchanayotgan nom'alum qarshilik, u o'zgarib muvozanat buzilsa,  $R_2$  rostlanib muvozanat tiklanadi. Strelka  $O$  ga keladi. Natija esa  $R_2$  ning holatiga qarab o'qiladi.



## SIG'IMNI O'LCHASH UCHUN ISHLATILADIGAN KO'PRIKLAR

Bunday ko'priknig eng oddiy chizmasi suratda keltirilgan. Ular o'zgaruvchan tok manbasi yordamida ishlaydi. Suratda –  $R_1, R_2$  – namunaviy aktiv qarshiliklar,  $S_0$  – namunaviy sig'im,  $S_x$  – noma'lum sig'im. Agar sig'imda isroflar bo'lmasa ( $\text{tg}\delta \Rightarrow 0$ ) ko'priknig muvozanat sharti:

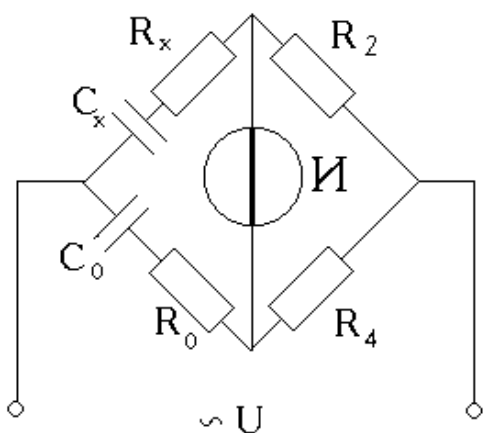
$$\frac{1}{j\omega C_x} \cdot R_4 = \frac{1}{j\omega C_0} R_2 \text{ ya'ni } C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0$$

Sig'imli yelkalarda birgina sig'im qarshiligi bo'lib, aktiv qarshilik bo'lmasa, ko'prik bittagina muvozanat tenglamasiga ega. Bu holda faqat birgina parametрни rostlash bilan ( $R_2, R_4$  yoki  $S_0$ ) natijani topish mumkin.

Aktiv isroflari bor kondensatorning sig'imini o'lchash uchun ( $\text{tg}\delta > 0$ ) quyidagi ko'prik chizmasidan foydalaniladi.

Uning muvozanat tenglamasi  $(R_x - jX_x)R_4 = (R_0 - jX_0)R_2$  ikkiga bo'linib ketadi:

$$\left. \begin{aligned} R_x R_4 &= R_0 R_2 \\ X_x R_4 &= X_0 R_2 \end{aligned} \right\} \text{ bundan}$$



Aktiv qarshilikni  $R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0$ ,

sig'im qarshiligini  $X_c = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{R_2}{R_4} X_0$

ifodalari bilan topamiz. Noma'lum sig'imni topish

uchun  $C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0$  ifodasidan foydalanamiz.

Agar rostlanadigan qarshiliklar  $S_0$  va  $R_0$  bo'lsa natijalar alohida – alohida o'qiladi.  $S_0$  ning millari  $S_x$  qiymatida,  $R_0$  ning millari  $R_x$  qiymatlarida

natija ko'rsatadi. Ushbu ko'prik kondensatorning  $\text{tg}\delta$  sini (dielektrik isroflar burchagi tangensini) topish uchun ham xizmat qilishi mumkin.

$$\text{tg}\delta_x = \frac{R_x}{X_x} = R_x \cdot \omega \cdot C_x$$

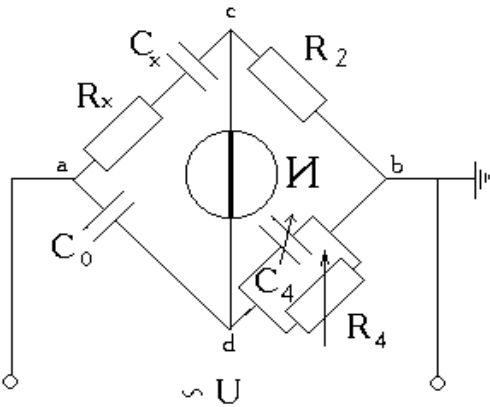
Amalda dielektriklarning ishchi kuchlanish ta'siridagi isroflarini  $\text{tg}(\delta)$  topish katta ahamiyatga ega.

Katta kuchlanish ta'sirida  $\text{tg}\delta$  ni topish uchun quyidagi ko'prik chizmasi keng tarqalgan:

Qarshiliklar quyidagi shartni qanoatlantiradilar:

$$Z_x \gg R_2; Z_0 \gg R_4;$$

SHuning uchun  $U_{ac} \gg U_{cb} \gg U_{ad} \gg U_{db}$ ;



O'lchanayotgan ob'ekt ( $S_x$  va  $R_x$ ) xamda namunaviy kondensator  $S_0$  katta kuchlanish ta'sirida bo'ladi. Rostlanuvchi elementlar esa ( $R_2$ ,  $R_4$  va  $C_4$  lar) kichik kuchlanishlar ta'sirida bo'lib, xavfsizlik uchun (b) nuqta yerga ulanib qo'yiladi. Ko'priknining muvozanat tenglamasi:

$$\frac{Z_x}{Z_z} = \frac{Z_0}{Z_4} = Z_0 Y_4 \quad Y_4 = \frac{1}{R_4} + j\omega C_4$$

ekanligini nazarda tutib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}}{R_2} = \frac{1}{j\omega C_x} \left( \frac{1}{R_4} + j\omega C_4 \right)$$

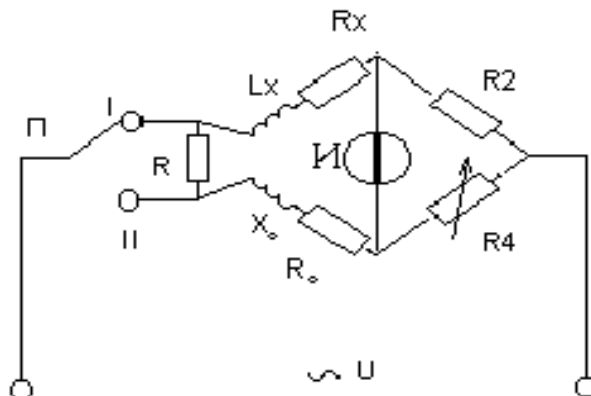
Kompleks ifodani ikki tenglamaga ajratib yuboramiz (haqiqiy va mavhum qismlari alohida – alohida teng bo'lishi kerak); ular chastotaga bog'liq emas:

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{C_4}{C_0} \quad \text{va} \quad \frac{1}{R_2 C_x} = \frac{1}{R_4 C_0}$$

Bu yerdan o'lchanayotgan sig'im  $S_x$ , qarshilik  $R_x$  va  $\text{fg}\delta_x$  lar:

$$\left. \begin{aligned} C_x &= \frac{R_4}{R_2} C_0 \\ R_x &= R_2 \frac{C_4}{C_0} \end{aligned} \right\}$$

$$\text{tg}\delta_x = \frac{R_x}{X_x} = \frac{R_x}{\frac{1}{\omega C_x}} = R_x \cdot \omega C_x = \omega C_4 \cdot R_4$$



Alohida – alohida hisob uchun rostlanuvchi parametrlar sifatida  $R_4$  va  $C_4$  ni tanlanadi: Chunki ular faqat bittadan ifoda bor.

## INDUKTIVLIKNI O'LCHASH UCHUN KO'PRIK CHIZMASI

Induktivlikni o'lchash uchun quyidagi chizma asosida qurilgan ko'prikdan foydalanish mumkin. R qarshilik no'malum  $L_x, R_x$  lar bilan yoki namunaviy  $R_0, L_0$  lar bilan ketma-ket ulab ko'yilishi mumkin. Bunga ehtiyoj quyidagicha tushuntiriladi: masalan  $R=0$  bo'lsin. Muvozanat tenglamasidan:

$$(R_x + j\omega L_x) \cdot R_4 = (R_0 + jL_0\omega) \cdot R_2$$

ushbu ifodalarni olish mumkin

$$R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0; \quad L_x = \frac{R_2}{R_4} L_0$$

Ish davomida namunaviy induktivlikni o'zgartiradigan qilib yasash juda qiyin. Lekin  $L_0 = \text{const}$ ,  $R_0 = \text{const}$  bo'lsa,  $L_x$  va  $R_x$  noma'lumli ikki tenglamadan o'zgaruvchan (rostlanuvchan) bo'lib  $R_2/R_4$  munosabat xizmat kiladi. Bu munosabat ( $R_2/R_4$ ) bir vaqtning o'zida ikkala tenglamani ham qondirish uchun

$$\frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x}{R_0}$$

shart bajarilishi kerak.

SHuning uchun  $R_x > \frac{R_2}{R_4} R_0$  bo'lsa-yu, bu yerda  $R_2/R_4$  ikkinchi tenglamani qanoatlantiruvchi shart bo'lsa, ko'prikni muvozanatlash uchun  $R_x$  ga qandaydir qarshilik  $R$  qo'shish kerak, ya'ni:

$$R_x + R = \frac{R_2}{R_4} R_0 \quad (\text{ëku} \quad R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0 - R) \text{ Bu tenglamalarni tiklash uchun } R \text{ ham}$$

rostlanuvchan bo'lishi kerak. Agar  $R_x > \frac{R_2}{R_4} R_0$

bo'lsa,  $R$  qarshilik namunaviy qarshilik  $R_0$  ga ketma-ket ulanishi kerak. Unda

$R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0 + R$  ifodaga asosan  $R_x$  topiladi. Rostlanuvchi  $R_2/R_4$  qarshilikning va  $R$  ning millari

natijani ko'rsatadi. Bu ko'prik  $L_x$  va  $R_x$  larni aloxida-aloxida topishga imkon bermaydi, chunki  $R_2/R_4$  nisbat ikkala ifodaga (tenglamaga) ham kiradi. Ko'prikning yechimini topish qiyin;

ayniqsa kichik ko'ngilchanlik (dobrotnostp) da  $Q = \frac{\omega L}{R}$ .  $R_x$  va  $L_x$  larning qiymati  $R_2/R_4$

nisbatning va  $R$  ning ko'prik muvozanat holidagi qiymatlariga, hamda  $P$  ulagichning holatiga qarab yuqoridagi ifodalardan topiladi.

Amalda noma'lum induktivlikni o'lchash uchun namunaviy element sifatida induktivlik emas kondensator olinadi. Unda sig'imni roslash oson va arzon bo'ladi, o'lchashlari ixcham bo'ladi. Muvozanat hosil bo'lishi uchun noma'lum  $L_x$  va namunaviy rostlanuvchi sig'im  $S_0$  qarama-qarshi yelkalariga joylshiriladi. Rostlanuvchi va namunaviy qarshilik ham  $S_0$

ga parallel bo'lib, alohida – alohida natija olish va roslash uchun shunday qilinadi.  $X_{S0}/R_0$  ning to'la qarshiligining ifodasi

$$Z_0 = \frac{1}{Y_0} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + j\omega C_0}$$

ekanligini e'tiboriga olib, muvozanat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$(Rx + j\omega Lx) \frac{1}{(1/R_0) + j\omega C_0} = R_2 R_3$$

$$\text{yoki } Rx + j\omega Lx = \frac{R_2 R_3}{R_0} + j\omega C_0 R_2 R_3$$

Tenglamadagi haqiqiy va mavhum qismlari o'zaro teng bo'lsagina, kompleks sonlar o'zaro teng bo'lishini e'tiborga olib, yozish mumkin:

$$Rx = \frac{R_2 R_3}{R_0}; \quad Lx = C_0 R_2 R_3$$

CHO'lg'amning ko'ngilchanligi (dobrotnost'):

$$Q_x = \frac{\omega Lx}{Rx} = \omega R_0 \cdot C_0$$

Alohida – alohida roslash sharti roslanuvchi elementlar sifatida  $S_0$  va  $R_0$  ishlatilganda bajariladi.  $R_0$  ning shkalasi  $R_x$  larni,  $S_0$  ning shkalasi  $L_x$  larni beradi.

### NAZORAT SAVOLLARI:

1. Ko'prik o'lchash chizmalari yordamida nimalar o'lchanadi?
2. Muvozanatlashmagan ko'prikning kamchiliklari ?
3. Muvozanatlashgan ko'prikning afzalliklari nima?
4. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok ko'priklarining qo'lanilish sohasi?
5. Ko'prikning muvozanat tenglamasi qanday?
6. Qay hollarda muvozanat tenglamasi kompleks qarshiliklar orqali ifodalanadi?
7. Ko'prik muvozanat holida qarshiliklar argumentlari o'zaro qanday munosabatda bo'lishlari kerak?
8. Reoxord deb nimaga aytiladi?
9. Muvozanatlashgan ko'prikda natija olinadigan payti o'lchash diagonalidagi tok nimaga teng?
10. Nima uchun ko'prikning ma'lum qarshilikli elkalari roslanuvchan bo'lishi kerak?

## 16- MAVZU

Электр катталикларни компенсацион усулда ўлчаш.

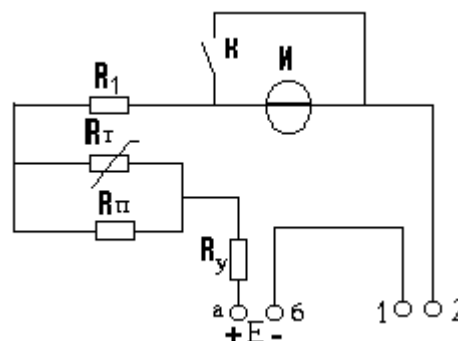
### REJA:

1. Magnitoelektrik o'lchash mexanizmi asosidagi millivoltmetr.
2. Potentsiometr.
3. Avtomatik ko'priqli chizma.
4. Avtomatik potentsiometr, logometr.

**Tayanch iboralari :** cho'lg'am, temperatura, rostlash qarshiligi, termorezistor, normal element, o'lchash konturi, reoxord, qutblar, magnit induktsiyasi, momentlar, ramkalar, o'lchanayotgan qarshilik, kuchaytirgich, dvigatel.

Elektr yurituvchi kuchini o'lchash uchun millivoltmetr va potentsiometrlar ishlatiladi. Millivoltmetr magnitoelektrik o'lchash mexanizmi asosida yasalgan.

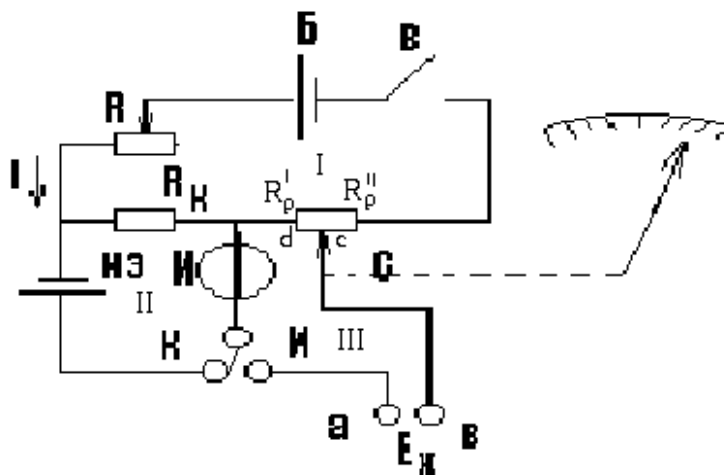
Millivoltmetr cho'lg'ami 100 - 400 Om  $R_1$  qo'shimcha qarshilik cho'lg'am qarshiligidan bir necha bor katta va cho'lg'am qarshiligining temperatura ta'sirida o'zgarishi natijaga kamroq ta'sir etishini ta'minlaydi. Termorezistor  $R_t$  ham shu maqsadda qo'yilgan. U manfiy temperatura koefficienti ega bo'lib, unga parallel ravishda rostlash qarshiligi  $R_p$  qo'yilgan. Tashqi zanjir qarshiligini asbob shkalasida yozilgan qiymatga etkazish uchun rostlash cho'lg'ami  $R_u$  ko'zda tutilgan. Millivoltmetr xatoligi asosan, uning cho'lg'ami qarshiligining temperatura ta'sirida o'zgarishi bilan bog'liq.



Texnologik jarayonlarni xarakterlovchi ko'pgina kattaliklar datchik va o'zgartirgichlar yordamida kuchlanish va EYuKga aylantirib olinib, so'ngra bu kuchlanish va EYuK lar o'lchanib, kattaliklarning qiymatlari haqida fikr yuritiladi. Masalan, temperaturani o'lchashning ko'p usullaridan biri - termopara yordamida o'lchash.  $-60^{\circ}\text{S}$  dan  $+1200^{\circ}\text{S}$  gacha bo'lgan temperaturalar termopara yordamida 0 dan bir necha o'n millivolt kuchlanishga aylantirib olinadi. Bu kuchlanishni oddiy, to'g'ridan- to'g'ri o'lchash usulida voltmetrda o'lchansa natijaga katta xatoliklar kirib qoladi. Sababi, bevosita o'lchaydigan asboblarning kirish qarshiligi oz, o'lchash chegarasi tor, sezgirligi va aniqligi past. Bunday hollarda potentsiometrdan foydalaniladi. Ular kompensatorlar deb ham ataladi.

Potentsiometrning o'lchash prinsipi mezon bilan taqqoslash usuliga asoslangan bo'lib, yuqoridagi kamchiliklardan holi. Mezon sifatida to'yingan yoki to'yinmagan normal

element(NE)ning EYuKi ishlatiladi. Uning qiymati  $1.0185=1.01891$  V ga teng bo'lib, bir necha yil davomida o'zgarmay turadi. yuklamaga beradigan toki - 20...150 mkA. Potentsiometrning ishlash pirincipi quyidagi chizma yordamida tushuntiriladi.



Bu erda NE - elektr yurituvchi kuchi aniq normal element,  $E_x$  - o'lchanayotgan EYuK; I - nul-indikator (odatda, magnitoelektrik galvanometr),  $R_n$  - nazorat (namunaviy) qarshiligi. Uning qiymati ishchi tok I va normal element EYuK dan kelib chiqilgan holda tanlanadi.  $R_r$  - rostlanuvchan, qiymati aniq qarshilik(reoxord); R-reostat; B-yordamchi, quvvati ishchi tokni ta'minlash uchun etarli bo'lgan manba.

Potentsiometr sxemasi uchta konturni tashkil qiladi. Ular shartli ravishda «Ishchi tok konturi» (I), «Normal element konturi»(II), «Noma'lum EYuK  $E_x$  konturi» (III), deb belgilanadi. Birinchi konturda ishchi tok I mavjud. Uning qiymati potentsiometrni ishga tayorlash jarayonida aniq tanlab olinadi. Potentsiometrni ishga tayorlash uchun V o'lagich bilan manba ulanadi, kalit K kontrol (nazorat ) K holatiga o'tkaziladi. Bunda ishchi tok (I) dan nazorat qarshiligida paydo bo'lgan kuchlanish tushishi  $IR_n$  ikkinchi konturdagi normal element(NE)ning EYuK ga teskari yo'nalgan bo'ladi. Ishchi tokning qiymati R reostat bilan shunday rostlanadiki,  $IR_n$  kuchlanish tushishi normal element EYuK bilan tenglashsin.

$$E_{ne}=IR_n$$

Bu holatda indikatorning strelkasi nolni ko'rsatadi.

Shunday qilib, birinchi konturda ishchi tokning aniq qiymati hosil qilinadi. Agar yordamchi manba B etarli darajada quvvatga ega bo'lsa, tajriba davomida ishchi tokning aniq qiymati o'zgarmay turadi. Potentsiometr o'lchashga tayyor. Butun o'lchash jarayonida ishchi tokning qiymati zinhor o'zgartirilmasiligi kerak.

Ikkinchi, o'lchash bosqichida kalit K o'lchash O' holatiga o'tkaziladi. Ishchi tokdan reoxordning chap elkasida (d va s nuqtalar orasida) paydo bo'ladigan kuchlanish tushishi ( $IR_r$ )

o'lanayotgan EYuK  $E_x$ ga teskari yo'nalgan. Reoxordning harakatlanuvchi qismi yordamida  $R_r$  shunday o'zgartiriladiki, undagi kuchlanish tushishi  $IR_r^1$  o'lanayotgan EYuK  $E_x$ ga teng bo'lsin:

$$IR_r^1 = E_x$$

Bu holat indikator strelkasining nolga kelishi bilan aniqlanadi. Natijada noma'lum EYuK  $E_x$  reoxordning  $R_r$ 'dagi kuchlanish tushishi bilan muvozanatlashadi (kompensatsiyalanadi).

Yuqorida ikki ifodadan noma'lum EYuKni topish mumkin:

$$E_x = E_{HH} \frac{R^1 p}{R_H}$$

Ko'rinib turibdiki,  $E_x$ ning qiymati reoxord  $R_r$ 'r holati bilan aniqlanadi. Reoxord dastagining har bir holati o'rni o'lanayotgan EYuKga mos ko'rinishda graduировkalanagan bo'lib, bevosita  $E_x$ ning qiymatini ko'rsatadi.

Potentsiometrning aniqligini va, oqibatda, boshqa vositalardan afzalligini ta'minlovchi muhim omillardan quyidagilarni ta'kidlash mumkin:

1. Indikator o'ta sezgir magnitoelektrik galvanometr bo'lganligi uchun oxirgi ifodani juda yuqori aniqlikda ta'minlaydi. Strelkaning noldagi holatini boshqa oraliq holatlardan ko'ra engil va aniq topish mumkin.
2. Reoxord  $R_r$  va nazorat (namunaviy) qarshilik  $R_n$  etarli darajada aniqlik bilan tayyorlanadi. Ular tashqi omillarga, ayniqsa, temperaturaga unchalik bog'liq emas. Shunga qaramasdan, muhit temperaturasi o'zgarishi bilan  $R_n$  va  $R_r$  larning mumkin bo'lgan o'zgarishini kompensatsiyalash uchun ularga ketma-ket temperaturani e'tiborga oluvchi o'zgaruvchan qarshilik ham joylashtirilishi mumkin. Bu amal eng mas'uliyatli, yuqori aniqlikdagi namunaviy o'lchashlarda qo'llaniladi.
3. Muvozanat holatida o'lanayotgan EYuK manbaidan potentsiometr sxemasiga hech qanday quvvat talab qilinmaydi. Aynan shu sababli potentsiometr nafaqat kuchlanishni, balki EYuKlarni ham o'lchay oluvchi o'lchash vositasidir. Ma'lumki, o'lchash vositasi o'lanayotgan EYuK manbaidan quvvat talab qilsa (bevosita o'lchash usulida), manba toki hisobiga uning ichki qarshiligida ma'lum bir kuchlanish yo'qotiladi. Natijada, o'lchangan kattalik EYuKning bir qismi bo'ladi holos.

**Tok va qarshilikni bilvosita aniq o'lchash uchun ham potentsiometrlarni qo'llash mumkin.**

Potentsiometrlar ikki turli bo'lishi mumkin:

Katta qarshilikli va kichik qarshilikli. Birinchi turdagi potentsiometrlarda ishchi tok zanjiridagi qarshilik manba kuchlaishining 1Voltiga 10000 Ohmga etadi. Ularda nisbatan katta kritik qarshilikka ega bo'lgan galvanometrlar ishlatiladi. O'lanayotgan EYuKning yuqori chegarasi 1,2...2,5 Vga etadi va katta qarshilikli potentsiometrlar hisoblanadi.

Kichik EYuK va kuchlanishlarni o'lash uchun katta qarshilikli potentsiometrlarni qo'llash xatoliklar ortib ketishi sababli maqsadga muvofiq emas. Chunki, katta qarshilikli kompensatorlarga xos bo'lgan ishchi tokda va o'lanayotgan kichik EYuKda muvozanatni ta'minlash va baholash uchun kam sonli qarshiliklar pog'onasi qatnashadi va hatto, buning iloji bo'lmaydi.

Kichik EYuKlarning o'lashda (masalan, termoparalarning EYuKlarini) kichik qarshilikli potentsiometrlar ishlatiladi. Ularning ishchi toki 1...25mA gacha tanlanadi. Ularning galvanometri kichik kritik qarshilikka ega. Muvozanat o'rnatishning (kompensatsiyalashning) aniqligi, oqibatda o'lashning aniqligi potentsiometrning sezgirligiga bog'liq. Kompleks sezgirlikning ifodasi:

$$S_k = S_{KI} \cdot S_I = \frac{\Delta I}{\Delta E_x} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta I}$$

bu erda  $S_{KI} = \frac{\Delta I}{\Delta E_x}$  potentsiometr sxemasining sezgirligi;

$S_I = \Delta I / \Delta I$  – galvanometrning sezgirligi;  $\Delta I$  – galvanometr zanjiridagi tokning EYuKga bog'liq ( $\Delta E_x$ ) ravishdagi o'zgarishi. Ko'rinib turibdiki, galvanometrning sezgirligi juda katta bo'lganligi oqibatida va  $S_{KI} > 1$  ekanligi uchun potentsiometrning kompleks sezgirligi ham juda yuqori.

O'zgaruvchan tok (kompensatorlari) o'zgaruvchan kuchlanish va EYuKlarni va, bilvosita, tok va qarshilikni, magnit oqimi, faza siljishi burchagini o'lashga xizmat qiladi. Ikkita o'zgaruvchan kuchlanishni (EYuKni) muvozanatlash uchun ularning modullari, fazalari va chastotalari o'zaro teng, chiziqlari shakli bir-xil bo'lishi kerak. Birinchi uch shartni kompensator principal chizmasini tanlash yo'li bilan tahminlash mumkin. Oxirgi shart qo'shimcha choralar bilan bajariladi. Nul-indikator sifatida vibracion galvanometrlar, elektron-nurli nul-indikatorlar yoki kuchaytirgichli o'lash asboblari ishlatiladi. O'zgaruvchan tok potentsiometrlarining aniqligi unchalik yuqori emas (0, 05; 0,1 aniqlik sinflariga mansub). Chunki mezon sifatida ishlatiladigan normal elementga o'xshash o'zgaruvchan tayanch kuchlanish manbai mavjud emas.

Zamonaviy o'zgaruvchan tok kompensatorlari 2,1271111 Voltgacha kuchlanishlarni  $\Delta U = \pm(\delta U_x + 0,01) \cdot 10^{-6}$  Volt aniqlikda o'lchay oladi (masalan, R332 potentsiometri).



## Logometr

Logometr magnitoelektrik o'lchash asbobidir. Uning oddiy magnitoelektrik asbobdan farqi - doimiy magnit maydonda ikkita ramka harakatlanadi va asbobning harakatlanuvchi qismi ushbu ramkalarda ta'sir etuvchi momentlarning tazyiqi ostida muvzonatlanadi. Qutblar orasidagi magnit induksiyasi notekis: chekkalarida -kuchsiz o'rtalarida kuchli. 1 va 2 ramkalaridan E manbaning toki oqib turadi. Ramkalar doimiy magnit va toklar ta'sirida bir-biriga teskari  $M_1$  va  $M_2$  momentlarni hosil qiladi.

$M_1 = I_1 \cdot n_1 \cdot S_1 \cdot B_1 \cdot C_1$ ;       $M_2 = I_2 \cdot n_2 \cdot S_2 \cdot B_2 \cdot C_2$ ;

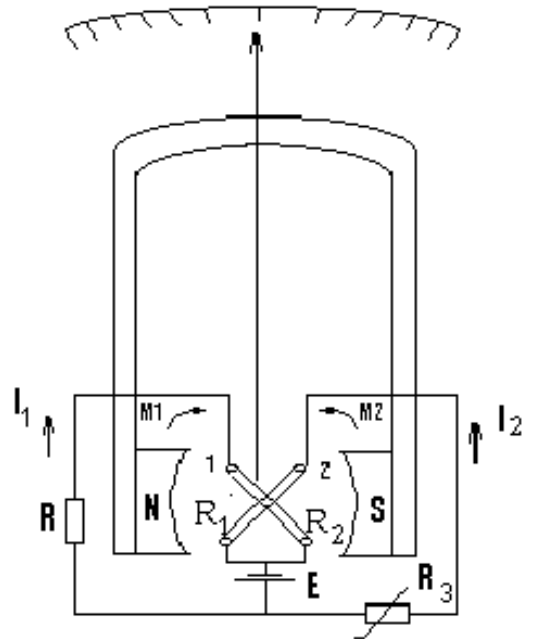
Ramkalar bir xil. Shuning uchun:  $S_1 = S_2, n_1 = n_2$

Strelka to'xtab turganda  $M_1 = M_2$  ya'ni

$$C_1 \cdot I_1 \cdot B_1 = C_2 \cdot I_2 \cdot B_2;$$

Bu erda  $S$ ,  $I$ ,  $B$ ,  $n$ ,  $S$  - mos holda chulg'amlar doimiysi, ulardan oqayotgan tok, magnit induksiyasi, o'ramlar soni, magnit qutblari yuzasi.

Masalan:  $R_3$  qarshiligi o'zgarib muvzonat buzilsa va  $I_1 > I_2$  bo'lib qolsa, ramkalar harakatga keladi va  $M_1 > M_2$  bo'lgani uchun 1 ramka kuchsiz 2 ramka kuchli magnit induksiyasiga kelib qoladi. Yana muvozanat paydo bo'lib, strelka yangi xolatni egallaydi. Ya'ni  $I_1/I_2$  ning har bir qiymatiga strelkaning mos holati bor.



O'zgarib turgan  $R_3$  qarshiligini o'lchash uchun yuqoridagi logometrdan foydalanilsa bo'ladi. Bunda quyidagi munosabatlar kuchga ega:

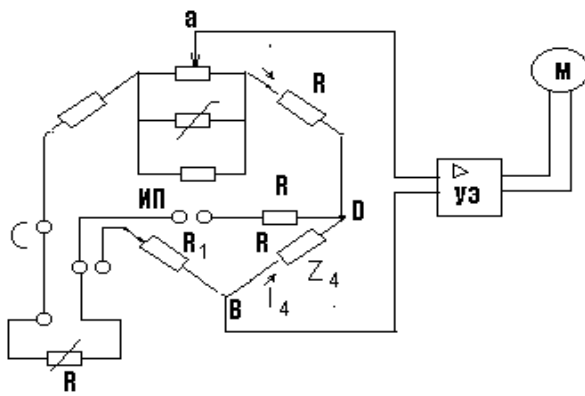
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_2 B_2}{C_1 B_1}; \quad I_1 = \frac{E}{R + R_1}; \quad I_2 = \frac{E}{R_2 + R_3}; \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2 + R_3}{R + R_1};$$

Ya'ni logometrning ko'rsatishi o'lchanayotgan  $R_3$  qarshilik bilan aniqlanadi va nazariy jihatdan kuchlanishga bogliq emas. Amalda esa, ularning kuchlanishi oshib, tok oshib cho'lg'amlar 1 va 2 qizib ketishi va ularning qarshiliklari o'zgarishi mumkin. Kuchlanishning pasayishi esa  $M_1$  va  $M_2$  larning kamayib ketishiga va ishqalanish momentlarining sezilarli bo'lishiga olib keladi.

### Avtomatik muvzonatlanuvchi ko'priki

Bunday ko'priknin chizmasi quyida keltirilgan. Ko'priknin (as) elkasida  $R_d$  qo'shimcha rezistor o'lchanayotgan  $R_x$  qarshiligi va  $R$  reorxodning (aa') qismi bor, (ad) elkasida  $R_n$  rezistori va reorxodning (aa'') qismi bor. Qolgan elkalarini  $R_1$  va  $R_2$  rezistorlari

tashkil qiladi. Manba (cd) diagonali  $R_b$  ballast qarshiligi orqali ulangan. Bu qarshilik kuchlanish ta'siridan oqayotgan tok bir xil bo'lishiga yordam beradi.



Manba 1,5 V quruq batareya yoki 6,3 V o'zgaruvchan kuchlanish (kuchaytirgichning, transformatoridan) yordamida ishlaydi.

Ko'priknig o'lchash diagonali (av) ga kuchaytirgich UE ulangan. Reoxordning (R) harakatlanuvchi kontakti ko'priknig bir uchi hisoblanadi.

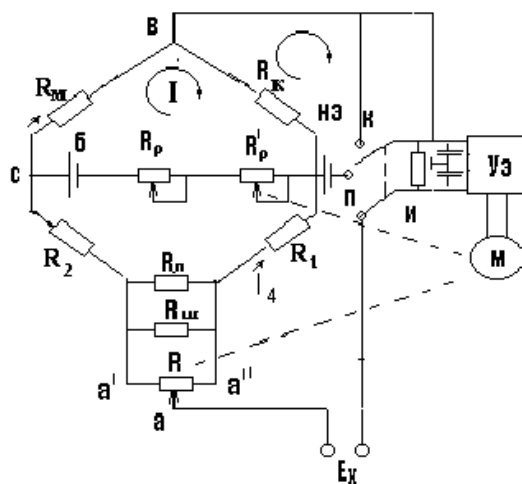
Yana bir uchi S ga o'lchanayotgan qarshilik  $R_x$  ulanadi. Muvozonat buzilsa ( $R_x$  ning o'zgarishi oqibatida) (av) diagonalda kuchlanish paydo bo'ladi. Uni kuchaytirgich dvigatelga uzatadi.  $U_{av}$  kuchlanishning ishorasiga (yoki fazasiga) qarab dvigatel reoxordni shunday harakatlantiradiki va (aa') - (aa'') qarshililar nisbatini shunday o'zgartiradiki ko'priknig muvozonatlash boshlaydi.  $U_{av}$  kuchlanish nol bo'lganda UE ning chiqishida ham kuchlanish yo'qolib, dvigatel aylanishidan to'xtaydi. Reoxordning ko'rsatkichi natijaning qanchaligini ko'rsatib turadi.

### Avtomatik potentsiometrlar

Avtomatik elektron potentsiometrlar chizmasi ikki tarmoqdan (sad) va (cbd) tashkil topgan. Bu tarmoqlar 4 elkali ko'priknig hosil qilgan:  $R_2$ , R,  $R_1$ ,  $R_m$ ,  $R_k$ . Potentsiometr quruq element (B) dan ta'minlanadi, B ga ketma-ket  $R_r$  va  $R'r$  reostatlar ulangan. Ular ishchi tokni dag'al va aniq rostlaydi. Nazorat rejimida P ulagich avtomatik tarzda K holatiga ulanadi.

Kuchaytirgichning kirishidagi kuchlanish nolga bo'lmasa dvigatel  $R_r$  va  $R'r$  ni harakatlatirib nazorat qarshiligida B batareyadan shunday tok o'tkazadiki, bunda  $I \cdot R_k = U_{ne}$ . Kuchaytirgichning kirishida  $U=0$  bo'lib chiqishida ham kuchlanish bo'lmaydi dvigatel to'xtaydi. Potentsiometr ishga tayer va avtomatik tarzda I o'lchash xolatiga ulanadi. Bunda kuchaytirgichning kirishi (absd) ko'priknig (av) o'lchash diagonali ulanib qoladi. O'lchash davomida  $R_k$  qarshiligida xosil bo'lgan ikkita kuchlanish taqqoslanadi. B batareyadan va  $E_x$  kuchlanishidan tenglik hosil bo'lmaguncha ular orasidagi farq ta'sirida (kuchaytirgich orqali) dvigatel (M) aylanaveradi va R ni o'zgartirib (aa') va (aa'') lar orasidagi munosabatni

rostlaydi. Qachon  $R_x$  da kuchlanish nul bo'lsa motor to'xtaydi va  $R$  ning holatiga qarab  $E_x$  ning qiymati aniqlanadi.



Keyingi paytlarda kichik EYuK larni o'lchash uchun sodda elektron taqqoslash usuli keng tarqalmoqda. Kirish kuchlanishi  $U_{kir}$  chiqish kuchlanishi  $U_{chiq}$  va o'lchanayotgan kuchlanish

$E_x$  ning farqiga teng  $U_{vx}=E_x-U_{vqx}$  Ma'lumki:

$$\left. \begin{aligned} U_u &= R \cdot I_u \\ U_{kup} &= \frac{1}{K} U_u \end{aligned} \right\}; \quad \text{o'rniga ko'ysak}$$

$$E_x = U_u \left(1 + \frac{1}{K}\right)$$

$K$  - kuchaytirish koeficienti.

Agar  $K \rightarrow \infty$  bo'lsa  $E_x = U_u - I_u R$

ya'ni chiqish toki  $I_{ch}$  yoki chiqish kuchlanishi  $U_{ch}$  orqali noma'lum EYuK  $E_x$  haqida fikr yuritish mumkin.

### NAZORAT SAVOLLARI:

1. Potentsiometrlar yordamida nimalar o'lchanadi?
  2. Elektromexanik millivoltmetrning tarkibi va vazifalari?
  3. Potentsiometrning qo'llanish sohasi?
  4. Avtomatik ko'prik va potentsiometrning ishlashi va tuzilishi qanaqa?
  5. Normal elementning vazifasi nima?
  6. Potentsiometrlarda tayanch kuchlanishi qanday hosil qilinadi?
  7. Ishchi tokning vazifasi nima?
  8. Ishchi tok qanday o'rnatiladi?
  9. Avtomatik ko'prik yordamida qanday kattalik o'lchanadi?
- Avtomatik ko'prik va potentsiometrlarda kuchaytirgichning vazifasi nima?

## 17-МАЪРУЗА

### RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARI VA ULAR YORDAMIDA HAR XIL KATTALIKLARNI O'LCHASH.

#### РЕЖА

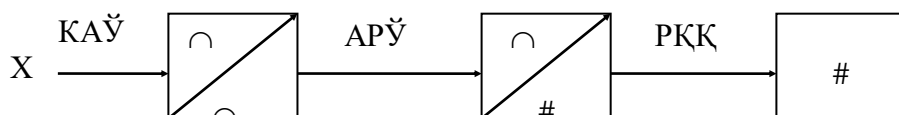
1. Умумий маълумотлар.
2. Комбинацияланган рақамли ўлчаш асбоблари.
3. Микропроцессор билан бошқариладиган рақамли ўлчаш асбоблари.

**Таянч сўзлар:** рақамли ўлчаш асбоби, кодлаш, интеграл схемалар.

#### Умумий маълумотлар

Рақамли ўлчаш асбоби деб, ўлчаш борасида узлуксиз ўлчанаётган катталикни натижаси рақамли қайд этиш қурилмасида ёки рақамларни ёзиб борувчи қурилмада дискрет тарзда ўзгартирилиб, индикацияланадиган асбобларга айтилади. Рақамли ўлчаш асбоблари ҳозирги кунда жуда кенг тарқалган. Рақамли ўлчаш асбобининг функционал чизмаси 16.1-расмда келтирилган.

**КАЎ** - аналог ўзгарткич; **АРЎ** – аналог-рақамли ўзгарткич; **РҚҚ** - рақамли қайд этиш қурилмаси.



17.1-расм. Рақамли ўлчаш асбобининг функционал чизмаси

“X” аналог сигнали киришдаги аналог ўзгарткич КАЎ да кейинги ўзгартириш учун қулай формага ўзгартирилади, сўнгра аналог-рақамли ўзгарткич (АРЎ) ёрдамида дискретлаштирилади ва кодланади. Ва ниҳоят, рақамли қайд этиш қурилмаси РҚҚ ўлчанаётган катталик бўйича кодланган маълумотни рақамли қайднома тарзида, операторга қулай формада кўрсатади. Тавсия этиладиган маълумотни қулайлиги ва аниқлиги сабабли рақамли ўлчаш асбоблари илмий-тешириш лабораторияларидан кенг ўрин олган.

Рақамли ўлчаш асбоблари аналог ўлчаш асбобларига нисбатан қуйидаги афзалликларга эгадир:

- юқори аниқлик;
- кенг иш диапазони;
- тезкорлик;
- ўлчаш натижаларини қулай тарзда тавсия этилиши;
- автоматлаштирилган тармоқларга улаш мумкинлиги;
- ўлчаш жараёнини автоматлаштириш имконияти мавжудлиги ва ҳоказолар.

Лекин, ҳар тўқисда бир айб деганларидек, рақамли ўлчаш асбобларининг ҳам муайян камчиликлари мавжуд:

- мураккаблиги;
- таннархининг баландлиги;
- нисбатан ишончлилиги пастроқ.

Лекин, интеграл схемаларнинг тезкор ривожини натижасида юқоридаги камчиликлар тобора чекиниб бормоқда.

Рақамли ўлчаш асбобининг асоси бўлиб АРЎ ҳисобланади. Унда маълумот дискретлаштирилади, сўнгра квантланиб кодланади. Дискретлаштириш - бу муайян (жуда қисқа) дискрет вақт оралиғида қайдномаларни олишдир. Одатда, дискретлаш қадамини доимий қилишга ҳаракат қилинади. Квантлаш эса,  $X(t)$  катталигининг узлуксиз қийматларини  $X_n$  дискрет қийматларнинг тўплами билан алмаштириш ҳисобланади. Катталикнинг узлуксиз қийматлари муайян тартиблар асосида квантлаш даражаларининг қийматлари билан алмаштирилади. Кодлаштириш эса, муайян кетма-кетликда ифодаланган сонли қийматларни тавсия этишдан иборат.

Дискретлаштириш ва квантлаш рақамли ўлчаш асбобининг асосий хатолик манбалари ҳисобланади. Бундан ташқари, квантлаш даражаларининг сони ҳам ўзига яраша хатоликлар киритади.

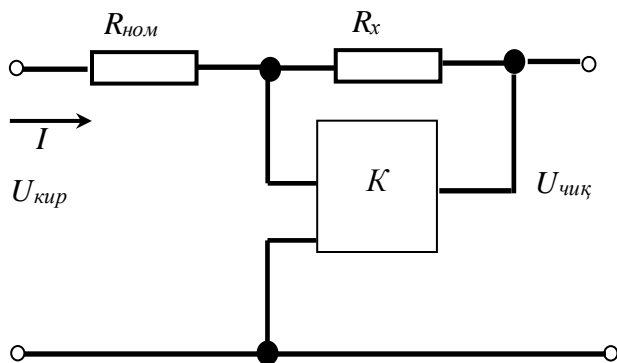
Суяқ кристалли индикаторларнинг тезкор ривожини рақамли ўлчаш асбобларининг ихчамлашувига, энергия сарфининг камайишига замин яратмоқда.

## **2. Комбинацияланган рақамли ўлчаш асбоблари**

Ҳозирги замон электроникасининг элементлар базаси кенг имкониятларга эга бўлган рақамли ўлчаш асбобларини яратишга имкон беради.

Комбинацияланган рақамли асбоблар (КРА) нинг асосий қисми интегралловчи хоссага эга ўзгармас ток кучайтиргичидан иборат. Комбинацияланган рақамли асбобларнинг кириш қисмига ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантирувчи, қаршилик, индуктивлик ва сиғимни кучланишга ўзгартирувчи ўзгарткичлар уланади.

9.2-расмда резистор қаршилигини ўлчовчи рақамли асбоб схемаси келтирилган бўлиб,  $R_x$  кучайтиргич  $K$  нинг манфий тескари боғланиш занжирига уланади. Кучайтиргични кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти жуда катта бўлгани учун резистор  $R_x$  кучайтиргичга уланганда кучайтиргичнинг чиқиш қисмида кучланиш ҳосил бўлади. Кучайтиргичнинг кириш қисмидан ўтувчи ток кичик бўлганлиги туфайли асосий ток  $R_x$  резистор қаршилиқ орқали ўтади.



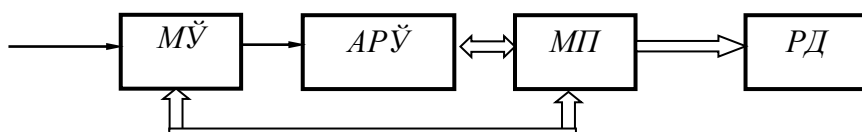
17.2-расм Комбинацияланган рақамли асбоб схемаси

Шунинг учун кучайтиргичнинг чиқиш кучланиши:  $U_{чик} = IR_x$  бўлади. Комбинацияланган ШЧ-4313 русумли рақамли асбоблар 5 mV дан 500 V гача ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишни, 5  $\mu$ A дан 500 mA гача ўзгармас ва ўзгарувчан токни, 50 Ом дан 5000 kОм гача қаршилиқни ўлчашга мўлжалланган. Юқоридаги қайд этилган параметрларни 45-20000 Hz частота диапазонида ўлчаш мумкин. Бу асбобнинг оғирлиги 3kg, габарит ўлчамлари 300x70x300 мм. бўлиб, у 220 V ўзгарувчан кучланишли тармоқдан ёки 17,5 V ли автоном манбадан таъминланади.

### 3. Микропроцессор билан бошқариладиган рақамли ўлчаш асбоблари

Рақамли ўлчаш асбоблари таркибида микропроцессорни қўллаш ўлчаш жараёнини соддалаштиради, уларни қиёслашни ва калибрлашни автоматлаштиради, ўлчаш натижаларига (ахборотига) статистик ишлов беради ва асбобларнинг метрологик характеристикаларини яхшилайти.

10.3-расмда рақамли *микропроцессорли вольтметр*ни схемаси келтирилган.



17.3-расм Рақамли микропроцессорли вольтметр схемаси.

Рақамли микропроцессорли вольтметрнинг кириш блоки масштабли ўзгарткич (МЎ)дан иборат бўлиб, у бир йўла ўзгарувчан ( $U_x$ ) кучланишни ўзгармас кучланишга ўзгартиради. Кейин эса ўзгармас ток кучланиши аналог – рақамли ўзгарткич (АРЎ) га берилади ва у ерда рақам шаклига келтирилади. Ҳозирги замон микропроцессорли асбобларда АРЎ ларнинг икки босқичда интеграллайдиган турлари кенг тарқалган.

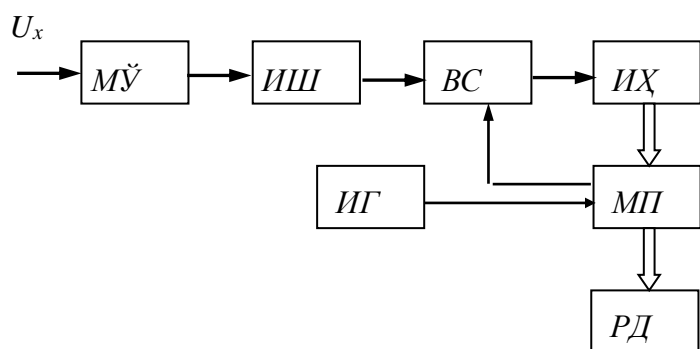
Кириш кучланишига пропорционал бўлган маълум кетма – кетликдаги импульслар сони АРЎдан *микропроцессорнинг* (МП) интерфейсига узатилади. Масштабни ўзгарткич (МЎ) ва микропроцессор (МП) лар ўзаро токли импульс орқали боғланади.

Микропроцессор интеграллаш жараёнини бошқаради ва рақамли ахборотни *рақамли дисплейга* (РД) чиқариб беради. Рақамли дисплей (РД) ўлчанган катталиқни ва унга тегишли матнли ахборотни ҳам ёзиб чиқаради.

Микропроцессорли вольтметрлар кўп дастурли асбоблар ҳисобланиб, улар ёрдамида ўлчанган катталиқлар устида барча *арифметик* ва *алгебраик* амалларни, ўртача квадратик четланиш (оғиш), дисперсия, математик кутилишларни ҳисоблаш ҳамда хотирлаш амалларини бажариш мумкин.

Ҳозирги пайтда Россия Федерациясида ишлаб чиқариладиган Ш 1531. Ш 1612. В7–39, В7-40 русумли ҳамда Германияда ишлаб чиқариладиган 7055, 7065 турдаги микропроцессорли вольтметрлар кенг кўламда ишлатилмоқда.

*Микропроцессорли частотомерда* (17.4-расм) ўлчаш кетма-кет ҳисоблаш усулида бажарилади.



17.4-расм. Микропроцессорли частотомер схемаси

Ўлчанаётган кучланиш частотаси *масштабни ўзгарткич* (МЎ) орқали *импульс шакллантиргич* (ИШ) га узатилади. ИШ да кучланиш импульсларнинг даврий кетма-кетлигига ўзгартирилиб, *вақт селектори* (BC)га берилади. *Микропроцессор* (МП) маълум давомийли (мисол учун 1s бўлган) импульслар ишлаб чиқаради ва уларни *вақт селектори* (BC) нинг иккинчи кириш қисмларига узатади. Бу импульсларнинг

давомийлиги *импульсли генератор* (ИГ) билан белгиланади. Вақт селектор (ВС) нинг иккала киришига таъсир қилаётган сигналга кўра, унинг микропроцессор белгилайдиган вақт давомийлиги билан чегараланган импульслар сони ҳосил бўлади. Вақт давомида ишлаб чиқарилган импульслар *импульс ҳисоблагич* (ИХ) да саналади ва микропроцессор хотирасидаги частота константаси (доимийлиги) билан солиштирилади. Солиштириш натижаси *рақамли дисплей* (РД) га берилади.

Рақамли ўлчаш асбоблари турли катталиклар ва параметрларни ўлчашда ишлатиладиган энг замонавий ва истиқболли ўлчаш воситаси ҳисобланади. Рақамли ўлчаш асбобларининг нархи аналогли асбобларга қараганда қиммат бўлишига қарамай, уларга бўлган талаб жуда юқори.

### **Такрорлаш учун саволлар.**

1. Рақамли ўлчаш асбобларда ўлчаш сигналини қандай ўзгартиришлар қилинади?
2. Рақамли ўлчаш асбобларининг структура схемасини чизинг ва унинг ишлашини тушунтиринг.
3. Рақамли ва аналогли ўлчаш асбоблари нима билан фарқланади?
4. Микропроцессорли рақамли ўлчаш асбобларининг имкониятларини ва хусусиятларини тушунтиринг.
5. Микропроцессорли рақамли асбоблар аналогли асбобларга қараганда қандай афзалликларга эга?

## **18-МАЪРУЗА**

Elektron ostsillograflar. elektron ostsillografning funktsional (blok) sxemasi

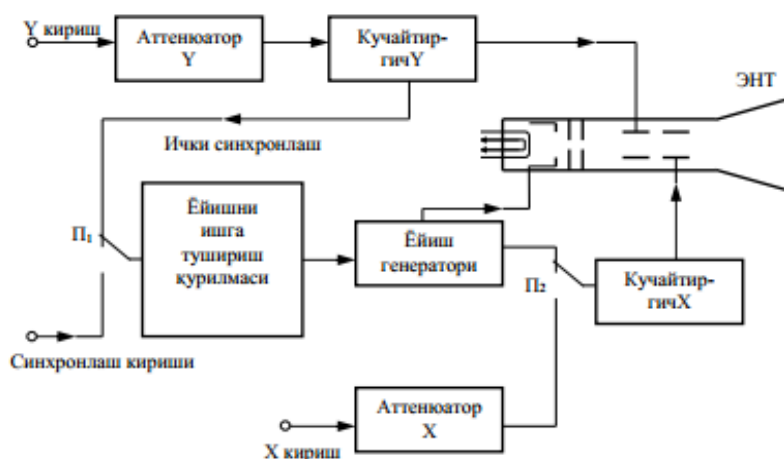
**Режа:**

1. **Осциллографлар тўғрисида умумий тушунчалар.**
2. **Универсал ва рақамли осциллографларнинг иш тамойиллари.**
3. **электрон осциллографларнинг алоҳида функционал блоклари ва уларнинг функциялари.**

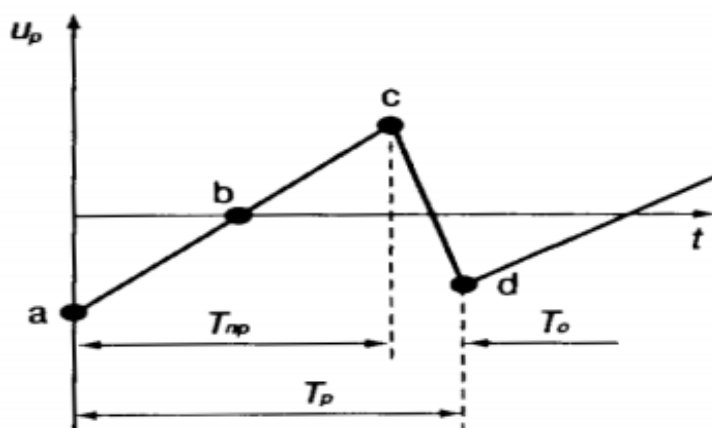
Универсал электрон осциллограф ёрдамида узлуксиз ва импульсли даврий жараёнларни, электр тебранишларининг амплитуда ва даврийлигини, кучланиш ва ток эгриси тактини текшириш, тебранишлар частотасини, фазалар фарқини ўлчаш, ундан ташқари, турли қурилмаларнинг амплитуда, фаза, вольт-ампер тавсифларини ўрганиш мумкин. Универсал осциллографнинг содалаштирилган структуравий схемаси 7.1-расмда берилган. Тадқиқ қилинаётган сигнал кучайтиргич  $Y$  киришига



аттенюатор орқали берилади. Сигнал кучайтиргич чиқишидан ЭНТ нинг нурни вертикал оғдириш пластиналарига берилади. АТтенюатор катта амплитудаларга эга бўлган сигналлар билан ишлашда зарурдир. Нурнинг горизонтал йўналишида кўчириш учун ёйиш генератори хизмат қилади, ундан кучланиш кучайтиргич Х орқали горизонтал оғдириш пластинасига келади. Ёйиш генераторини бошқариш учун ёйишни ишга тушириш қурилмаси кўзда тутилган. Ёйиш генераторини, зарурат бўлганда, узиш ва П2 алмашлаб улагични пастки ҳолатга ўтказиб, ташқи сигнални Х нинг кириши орқали горизонтал оғдириш пластиналарига бериш мумкин. Тадқиқ қилинаётган сигналнинг осциллограммасини ҳосил қилиш учун ЭНТ экранидаги ёруғ доғнинг горизонтал ва вертикал йўналишлардаги ҳаракатини бошқариш лозим.

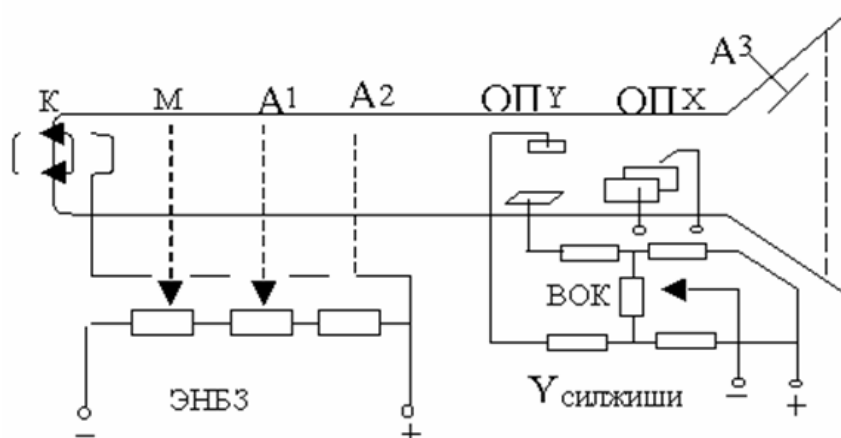


7.1-расм. Универсал осциллографнинг содалаштирилган тузилмавий схемаси.



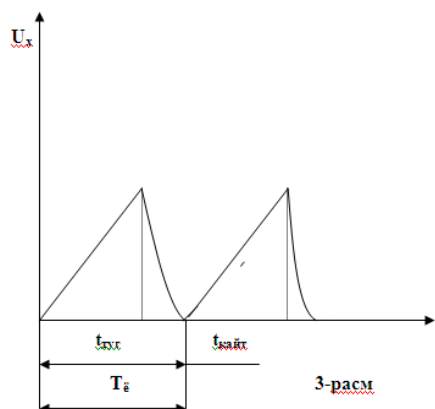
7.2-расм. Ёйма генератор кучланишининг шакли.

Электрон нури трубка (ЭНТ) сигнални тавирга айланттирувчиасосий воситадир. ЭНТ – бу шиша баллон бўлиб, ичидаги хавоси сўриб олинган. Ичидаги киздиргичли катод модулятор (сетка) М фокусли анод А1, тезлатувчи анод А2 бир жуфт горизонтал оғдирувчи пластинкалар ОПХ, бир жуфт вертикал оғдирувчи пластинкалар ОПУ экраннинг ичига сурилган люминофор қатлами бор. К, М, А1, А2 электродлар тўплами-электрон тўп (пушка) дейилади. Улар цилиндрсимон қилиб бажарилган ва ЭНТ нинг ўқи бўйлаб жойлашган.



Электрон тўп тор электрон нурини чиқариб туриши учун уларга (К, М, А1, А2) маълум кучланиш беради. Электрон нурини бошқариш занжирлари (ЭНБЗ) ёрдамида нури ёркин тиниқ, қилинади, вертикал ва оризонтал йўналишларда силжитиладию масалан: модуляторга катодга нисбатан манфий кучланиш берилса, экрандаги люминофор ёркинлиги пасая боради, чунки электронлар модулятор билан итаришишади ва уларнинг экранга етиб борадиган қисми камайади. Биринчи аноддаги кучланиш электронлар оқимини ингичка нурга айланттириб боради, кичик ёруғлик нуқтаси пайдо бўлади.

Иккинчи аноддаги кучланиш каттарок. Унинг вазифаси электронларни шундай тезлатишки, люминофор ёришсин. Ҳосил қилинган электрон нури икки жуфт оғдирувчи пластинкалар орасидан ўтади. Бу пластинкалардаги кучланишлар таъсирида  $x$  ва  $y$  ўқлари бўйича  $y$  ёки бу томонга оғади. Юқоридаги суратда нури  $y$  ўқи бўйича бошланғич ҳолатга силжитиш кўрсатилган.



Тезкор жараёнларни кузатишда (якка ва ёки сийрак импулсларни) электрон нури люминофорни етарли даражада юклантира олмайди ва ёришиши кам бўлади.

Шунинг учун осциллографнинг замонавий турларида электронларни кўшимча тезлатувчи анод (А3) бор. Бу анодга катта (бир неча минг вольт) мусбат кучланиш берилади. ЭНТнинг сезгирлиги

$$S_T = \frac{I_T}{U_T}$$

ифодаси билан аниқланади.  $I_T$  – нўрнинг  $U_T$  кучланиши таъсирида экранда оғиш узунлиги оатда  $S_T=0,5-5$  мм/В.

осциллографнинг таркибига юқоридаги кўрсатилганлардан ташқари: кириш ўлгичи КБ, вертикал оғдириш канали ВОК, бошланғич кучайтиргич БК (ПУ) кечиктиргич линияси КЛ (ЛЗ), чиқиш кучайтиргичи ЧК, ёйиш генератори ЁГ (ГР), горизонтал оғдириш канали ГОК, синхронизация бўлаги СБ, амплитуда ва давомийлик калибраторлари АК ва ДК лар киради. 2-расм.

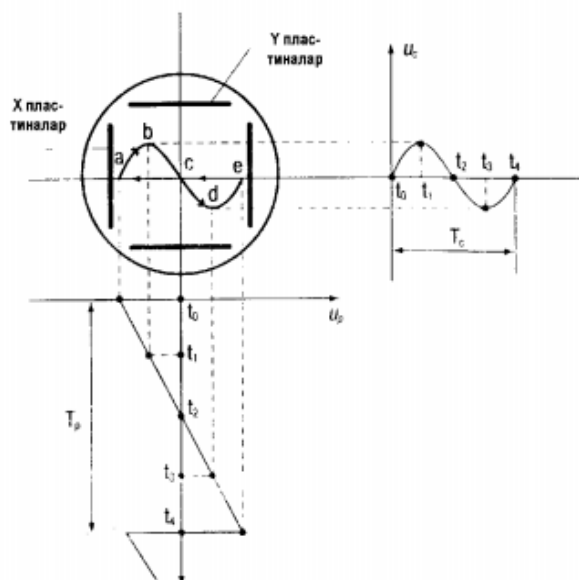
Ўлчанаётган сигнал  $y$  киришга бурилади.  $y$  кириш бўлгичида (КБ) етарли даражада пасайтирилади, бошланғич кучайтиргичида (БК) кучайтирилади, ва чиқиш кучайтиргичида (ЧК) кучайтирилади. ВОК нинг чиқиш кучланиши ОПУ таъсир этиб нурни оғдиради. Кириш бўлгичи билан бошланғич кучайтиргичнинг кетма – кет уланиши ўрганадиган сигналларни кенг диапазонинин ва экрандаги тасвирнинг ўлчамларини ростлайди.  $y$  киришига синусоидал кучланиш берилса, электрон нур вертикал чизиқни чизиб туради. Ўрганилаётган сигналнинг (кучланишнинг) вақт бўйича тасвирини олиш учун сигнал  $x$  ўқи бўйича бир текис тезликда силжитиш керак (разветка).

Силжитиш чизиқли ўзгараётган аррасимон даврий кучланиш бериш йўли билан бажарилди. 3-расм.

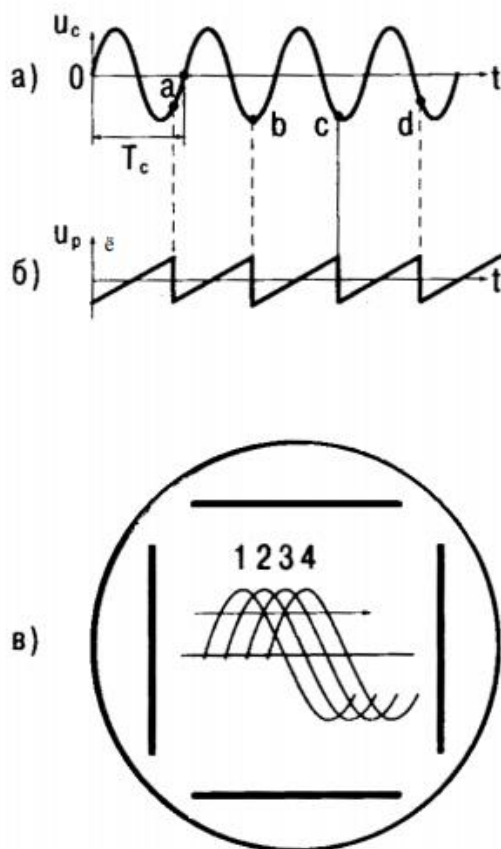
Агар синалаётган кучланиш  $U_y$  ва ёйиш кучланиши  $U_x$  ларнинг даврлари тенг бўлса, экрандаги тасвир қзғалмай туради. Агар  $U_x$  нинг даври  $T_x$   $U_y$  нинг давридан ( $n$ ) марта катта бўлса, экранда синалаётган  $U_y$  сигналнинг  $n$  та даври пайдо бўлади.

Ёйиш тугалланганидан сўнг, ёруғланувчи доғ  $e$ -а тўғри чизиқ бўйича оний равишда бошланғич ҳолатига қайтади (17.4-расмда  $T_x$  нолга тенг деб қабул қилинган). Доғнинг тўғри ва тескари йўллари вақтидаги ҳаракати стрелкалар билан кўрсатилган. Ёйишнинг навбатдаги цикларида осциллограмманинг ҳосил бўлиши яна шундай бўлади, шу билан бирга осциллограмманинг барча нуқталари 7.4-расмдаги осциллограмманинг мос нуқталари билан устма-уст тушади. Шундай қилиб, кузатувчи экраннинг бир хил жойларига қўйилган осциллограммалар сериясини кўради. Кўриш образида қайд қилинган бундай бирламчи осциллограммалар сони ёйиш даврига, люминофорнинг сўнг ёруғланиш узунлигига (давомийлигига) ва одамнинг кўриш хотирасига боғлиқ.





7.4-расм. ЭНТ экранда тасвирнинг шаклланиши.

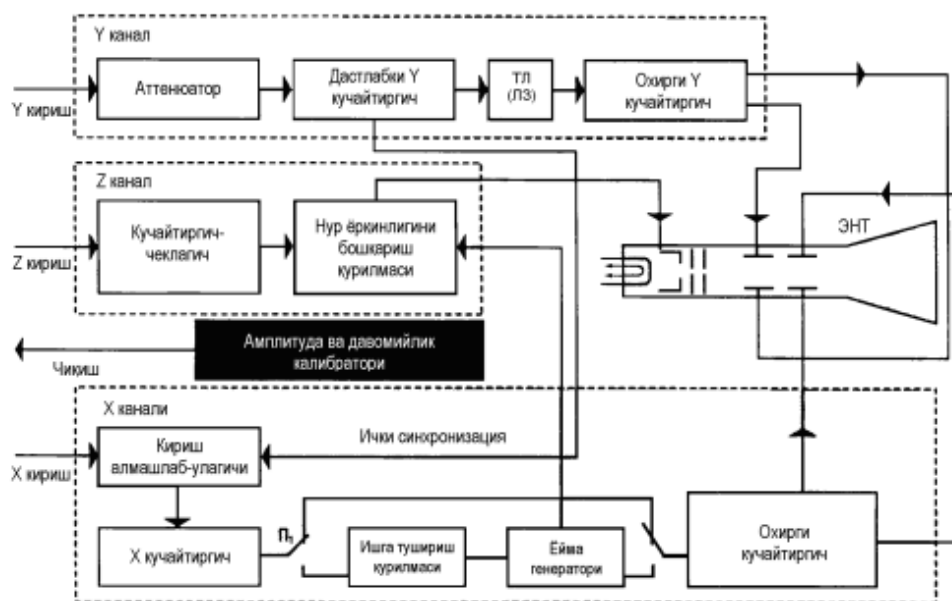


7.5-расм. Ёйма частотасининг карралиги бузилганда

Ёйиш ва сигнал частоталарининг карралиги бузилганида осциллограф экранда тасвирнинг шаклланиши 7.5-расмда кўрсатилган. Синусоидал шаклдаги тебранишдан иборат сигнал даври (7.5-а расм)  $T_c > T_p$ . Ёйишнинг биринчи циклида (7.5-б расм)

экранда осциллограмма синусоиданинг оа нуқталар орасидаги кесмаси, иккинчи циклида ab кесма билан, учинчисида bc кесма билан ва ҳ.к. тасвирланади. 1, 2, 3, 4 осциллограммаларнинг кетма-кет пайдо бўлиши стрелка билан кўрсатилган йўналишда тасвирнинг ҳаракатланиш тасвирини беради. Ёйиш даври сигнал давридан қанча катта бўлса, осциллограмманинг ҳаракат тезлиги шунча каттадир.

Шундай қилиб, қўзғалмас осциллограммани ҳосил қилиш учун ёйиш даврини (частотасини) сигнал даврига (частотасига) қаррали қилиб олиш зарур. Осциллограф конструкциясида бундай имконият назарда тутилган. Бироқ ёйиш частотасини оддий танлаш етарли эмас. Сигнал ва ёйиш кучланишлари турли манбалардан келиши сабабли ва генераторларнинг нотўғунлиги туфайли бирор вақтдан сўнг ўрнатилган даврлар тенглиги бузилади. Бундай масала, осциллограф ёйиш генераторини тадқиқ қилинаётган сигнал частотаси билан ёки частотаси тадқиқ қилинаётган сигнал частотасига (қаррали) тенг бўлган махсус сигнал билан синхронлаштирилгани-дагина ҳал этилиши мумкин. Структуравий схемада синхронлаш сигналининг узатилиши кўрсатилган, бунда синхронлаш сигнали ёйишни ишга тушириш қурилмасига кучайтиргич Y дан келади, бу ташқи синхронлаш режимидир.



7.6-расм. Универсал осциллографларнинг умумлаштирилган схемаси.

Турли типдаги осциллографларнинг структуравий схемалари бир-биридан баъзи жиҳатлари билан фарқланиши мумкин, бироқ улар 17.6-расмда тасвирланган умумлашган схемага асосан мос келади. Осциллограф учта канал X, Y ва Zга эга. Y канал вертикал оғишни бошқаради ва аттенюатор, дастлабки ва охириги кучайтиргичлар, секинлатиш линиясига эга. Секинлатиш линияси сигнални секинлаштириш учун

хизмат қилади, бу эса баъзан импульсли сигналларни кузатишда зарурлиги кейинроқ кўрсатилади. X канал кириш алмашлаб улагич, кучайтиргич X, ишга тушириш қурилмаси, ёйиш генератори ва охири кучайтиргич Y га эга. Кириш алмашлаб улагичи ё синхронлаш сигналини дастлабки кучайтиргич Y дан уланишини, ёки сигнални чиқиш қисқичи X дан берилишини таъминлайди. X нинг киришига ё ташқи синхронлаш сигнали ёки тадқиқ қилинаётган сигнал берилиши мумкин. Осциллограф ёйиш генератори билан ишлаётганда П1, ва П2 алмашлаб улагичлар пастки ҳолатига ўрнатилади, синхронлаш сигнали ёйишни ишга тушириш қурилмасига узатилади. Охири кучайтиргичдан аррасимон кучланиш ЭНТ нинг x пластиналарига келади. П1 ва П2ни юқори ҳолатига ўрнатилганида ёйиш узилади. Бу ҳолда сигнал чиқиш X дан кириш алмашлаб улагичлари ва кучайтиргичлар каскади орқали ЭНТ га келади.

Z-канал ЭНТ нурининг ёрқинлигини бошқариш учун хизмат қилади. Кучайтиргич-чеклагич ва нур ёрқинлигини бошқариш қурилмасини ўз ичига олади. Сигнал унинг чиқишидан ЭНТ модуляторига келади. Сигнал параметрларини ўлчашлар аниқлиги-ни ошириш учун осциллограф таркибига амплитуда ва давомийлик калибратори киритилади. Калибратор сигнали, одатда, осциллографнинг олд панелига чиқарилган бўлади ва улаш кабели ёрдамида канал Y киришига берилиши мумкин.

### **Универсал ва рақамли осциллографларнинг иш тамойиллари**

Рақамли осциллографларнинг яратилиши ва қўлланилиши осциллографлаш техникасининг кескин яхшиланишига сабаб бўлди. Рақамли осциллографларда тадқиқот қилинаётган аналог сигнал кириш блокида Аналог-рақамли ўзгартиргич ёрдамида рақамли шаклга ўзгартирилади ва дискретли хотирада эслаб қолинади. Хотирада сақланган сигнал уни экранда кўрсатилиши учун фойдаланилиши мумкин. Рақамли осциллографлар бир вақтда экранда сигнални кузатиш имконини ҳамда унинг параметрлари-нинг сонли қийматларини юқори аниқликда олиш мумкин. Бунда ўлчашни бевосита оддий осциллограф экранидан катталиқни миқдоран ҳисоблаб олиш мумкин. Чунки сигнал параметрлари бевосита осциллограф киришида ўлчанганда вертикал оғдириш каналидан ўтгандагидан аниқроқ ўлчанади. Рақамли осциллограф қурилмаларида сигналнинг тўлиқ рақамли ишлови амалга оширилади. Матрицали экранларнинг қўлланилиши рақамли осциллографларнинг ўлчамлари ва массасини камайтиради, юқори кучланиш манбаларидан фойдаланишни чеклайди. Рақамли осциллографларда ўлчаш натижалари учта усул асосида амалга оширилади:

-Сигнал тасвирини кузатиш билан параллел ҳолда экранда сигналнинг сонли параметрлари таблода аксланади.

- Сигнал тасвирига оператор бир вақтда ёруғлик белгиларини шундай келтирадики, бунда ростлашнинг мос қийматида параметрнинг катталиги аниқланади.

-Тадқиқ қилинаётган сигналлар ва рақамли маълумот тасвирини шакллантиришнинг махсус индикаторлари ва растрли усулидан фойдаланилади.

Рақамли осциллографларда экран индикаторида тасвирнинг оптимал ўлчамлари автоматик равишда қўйилади. Рақамли автоматлаштирилган осциллографнинг тузилиш схемаси қуйидагилардан иборат: кириш сигнали аттенюатори; вертикал ва горизонтал оғиш кучайтиргичлари; амплитуда ва вақт интервалларини ўлчагичлар; сигнал ва ўлчагичлар интерфейси;

микропроцессорли контроллер; ёйма генератори; синхронлаш схемаси ва электрон-нурли трубка.

Ҳозирги замон микропроцессор техникасини рақамли осциллограф таркибига киритилиши сигнални тадқиқот қилишда юзага келадиган барча функционал масалаларни ечиш имконини беради. Ҳозирги вақтда кўплаб фирмалар (Hewlett-Packard, Agilent Technologies) аралаш сигналли рақамли осциллографларнинг янги серияларини ишлаб чиқармоқда. Ушбу серияга соҳа ўтказувчанлиги 350 МГц ва 500 МГц бўлган моделлар киради ва бунда дискретланиш ўта юқори частотага – секундига 2 миллиард танланмага эга бўлади.

Осциллографлар 16 МБайтгача бўлган MegaZoom хотира билан жиҳозланган. Янги осциллографлар қулай фойдаланувчан интерфейсга эга, бошқарилиш қулай бўлган тугма ва ростлагичлар олдинги панелда жойлашган, ўша ерда параллел ва кетма-кет RS232 киритиш ва чиқариш портлари ва ички дисководнинг слоти жойлашган. Осциллографлар CAN, USB, I2C ва SPI протоколларни қўллайди. Экранда маълумотларнинг тезкор янгиланиб туриши юқори тиниқликдаги вектор туридаги ёрқинлиги 32 градацияли дисплей асосида таъминланади. Юқори техник тавсифлари ва кенг интерфейс имкониятлари туфайли ишчи соҳаси 500 МГцли янги осциллографлардан асбобсозликда юқори тезликдаги иловалар учун ҳамда алоқада, саноат автоматикасида, муҳофаа ва аэрокосмик соҳаларда фойдаланиш мумкин

#### **Назорат саволлари:**

1. Электрон нурли трубканинг вазифаси нима?
2. Электрон нурли осциллографнинг тузилиши қандай?
3. Электрон нурли осциллографнинг ишлаш принципи қандай?
4. Электрон нурли осциллографда синхронизациянинг вазифаси?
5. Электрон нурли осциллографда ёйиш генераторининг вазифаси қандай?
6. Давомийлик ва амплитуда калибраторларининг вазифаси?



### Фойдаланилган адабиётлар

1. Нефедова В.И. «Метрология и радиоизмерения». Учебник. Москва «Высшая школа» 2003.
2. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений. Учебник для ВУЗов Издательство стереотип – М.; Издательство центр «Академия» 2004. 6. Ismatullaev P.R., Qodirova Sh.A. “Metrologiya asoslari”, o’quv qo’llanma, (kirillda) Tafakkur nashryoti, (lotinda) “Extremum-Press” nashryoti, 2012.
3. Ismatullaev P.R., Abdullaev A.X. va boshq. Fizikaviy-kimyoviy o’lchashlar. O’quv qo’llanma. Toshkent, 2007. –180b.
4. Ismatullaev P.R., A’zamov A.A. va boshq. Issiqlik texnikasida o’lchashlar. O’quv qo’llanma, Toshkent, 2007. –90b.
5. В.Е. Muxamedov. Metrologiya, texnologik parametrlarni o’lchash usullari va asboblari. Toshkent «O’qituvchi» 1991. –320 b.
6. N.R.Yusupbekov, В.Е.Muxamedov, Sh.M.G’ulomov. Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish. Darslik, Toshkent, «O’qituvchi» 1997. –353 b.
7. Иванова Г.М. и др. «Теплотехнические измерения и приборы» М.: Изд. во МЭИ, 2005.–460с.
8. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. Учебник для вузов. 2-е изд. Стереотип – М.: Издательство центр «Академия», 2004.–336с.
9. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. М. 2008.
10. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: Учебник. - М.: Университетская книга, Логос, 2008.- 424 с.
11. Филипп Ньюэлл. Звукозапись. Акустика помещений: Англия, Моана, 2009. -177 с.
12. Лебедев А.В. Использование метода линейного прогнозирования в ультразвуковой спектроскопии горных пород//Акустический журнал. 2002.- №3.- С. 381-389.
13. Боббер Р. Гидроакустические измерения.-М.: Энергоатомиздат, 2000.-178 с.
14. Сташкевич К И., Таранов А.Л. Гидроакустические измерения в океанологии. -М.- 2006. -180 с.

