

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**O. Gurbannazarow**

# **Elektrik ölçegleri we metrologiýa**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Türkmenistanyň Bilim ministrligi tarapyndan makullanylan

Aşgabat – 2010

**O. Gurbannazarow. Elektrik ölçegleri we metrologiýa.**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## SÖZBAŞY

Hormatly Prezidentimiziň ýolbaşçylygynda Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimiz gün – günden ösýär, özgerýär. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ilkinji permanlarynyň biri ýurdymyzda bilim we ylym ulgamyny ösdürmek barada bolupdy. Şonda orta mekdeplerinde okuwyň möhletini 10 ýyla, ýokary okuw mekdeplerinde bolsa 5 ýyla, käbir hünärler boýunça 6 ýyla çenli uzaltmak göz önünde tutulypdy. Bu kararlaryň durmuşa geçirilmegi ýaşlara berilýän bilimleriň dünýä derejesine laýyk gelmegine mümkinçilik berdi.

Hormatly Prezidentimiz tarapyndan gol çekilen “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakyndaky” Permany, “Bilim – terbiýeçilik baradaky edaralaryň işini kämilleşdirmek hakyndaky”, “Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň işi hakyndaky” taryhy Kararlary her bir bilim işgärleriniň täzeçe, yhlasly işlemäge ruhlandyrdy.

Hormatly Prezidentimiz özüniň ýygnaclarynda, uly Döwlet maslahatlarynda milli maksatnamada göz önünde tutulan meseleleriň çözülişleri, durmuşa geçirilişini esasy üns merkezinde saklaýar. Milli maksatnamada ilaty elektrik eneriýasy bilen üpjün etmegi gowulandyrmak barada öňde goýulan wezipeleri üstülikli durmuşa geçirmek üçin, energetika ulgamlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenleri dünýä derejesinde taýýarlamak esasy mesele bolup durýar.

Şu okuw kitabynda elektrik we elektrik däl ululuklary ölçemekligiň serişdeleri we usullary beýan edilýär; Elektrik, magnit we elektrik däl ululyklary ölçemek üçin ölçeg özgerdijileri has giň beýan edilýär; Ölçeg serişdeleri esasy häsiýetleri; Ölçegiň ýalňyşlyklary beýan edilýär. Şeýlelikde bu kitapda häzirki zaman serişdeleri; san abzallary, ölçeg-informasion sistemalaryna seredilip geçilýär. Bu kitap ýokary tehniki okuw mekdebiniň energetika we elektrotehnika hünärinde okaýan talyplary üçin niýetlenilýär. Mundan başgada ölçeg we ölçeg tehnikasyny iş salyşýan inžener tehniki işgärler ulanyp bilerler.

## Giriş.

Ölçeg – bu tebigaty hadysalaryny we kanunlaryny öwrenmegiň esasy usullarynyň biridir. Ölçeg arkaly fizika, mehanika ýaly takyk ylymlar döredi. Bu ylymlarda ölçeg tebigatyň obýektiw kanunlaryny häsiýetlendirýän baglanyşygy takyk gurnamaga mümkinçilik berdi.

Ölçeg barada alymlaryň aýdan sözleri:

1. D. I. Mendeleýew: “Ylym ölçeg başlandan soň başlanýar, takyk ylymy ölçeg birliksiz göz öňüne getirmek mümkin däl”.
2. Kelwin: “Her bir zat diňe özüniň ölçeg derejesi boýunça belli”.

Ölçegiň mysallary.

1. Nemes alymy, fizik G. Om – elektrik zynjyrynyň kanunyny (1826 ý.) birnäçe takyk ölçegleriň üsti bilen ornaşdyrdy.
2. Önümçilik kärhanalarynyň elektrik üpjünçiligi üçin–öndürilýän elektrik energiýanyň hiline ( $\pm 5\%$  U,  $f \pm 0,1$  Gs), durnuklylygyna gözegçilik, elektrik energiýanyň harçlanyşynyň hasabaty elektrik ölçegsiz mümkin däl.
3. Medisinada – täze ugurlar peýda boldy.
  - a) elektroensefologiýa – adamyň beýnisindäki elektrik toklary ölçemek we hasaba almak bilen meşgullanýar.
  - b) Elektrokardiografiýa – ýüregiň işleýşine gözegçilik etmek üçin ulanylýar.
  - c) Bioradiotelemetriýa – janly organizmde gan basyşyny temperaturasyny  $t^0$  we ş. M. kesgitlemek.
4. Senagatda – elektrik energiýanyň harçlanyşyna gözegçilik etmek.
5. Söwdadäde–jisimleriň uzynlygyny, agramyny kesgitlemek.

- a) Awtomobil, uçar we ş. m. alnyp barylán ölçepler.
6. Täze maşynlary döretmekde, önümiň hilini ýokarlandyrmakda ölçeň uly rol oýnaýar. Meselem: “Электросила” zawodynda ýerine ýetirilen 1200 MWt kuwwatly dünýäde uly turbogenerator, desga synagyndan geçirilen wagtynda, onuň dürli, ýagny 1500 nokatlarynda ölçeň geçirildi .
  7. Prokat ýasaýan stan – poladyň ýogynlygyna gözegçilik etmek üçin ulanylýar.

Dünýäde ilkinji elektrik ölçeýji abzal (elektrik ugrukdyryjy düýji) 1945 ýylda akademik Rihman tarapyndan döredilendir. Elektrik ölçeň tehnikasynyň ösmeginde rus elektrotehnigi M. O. Doliwo-Dobrowolskiý köp işler etdi. Ol tarapyndan elektromagnit ulgamly ampermetr, woltmetr işlenilip düzülen, induksion ölçeň mehanizmi taýarlanan we ol wattmetriň we fazometriň esasyňa goýulan.

Stoletow A. G. – fotoelektrik effektini öwrenmekde ölçeň teoriýasynda köp işler etdi.

B. S. Ýakobi – elektrik zynjyryndaky garşylygy ölçemek üçin birnäçe abzallary işläp düzdi.

Häzirki wagtda elektrik ölçeň tehnikasyndaky ösüşi-ölçeň teoriýasynyň soňky ösüşleriniň netijesinde üpjün edilen, mikroelektronikanyň, awtomatikanyň, hasaplaýyş tehnikasynyň üstünlikleri giňden ulanylýar.

Täze üstünlikler: çap ediji rezistorlary esasynda, hereketdäki bölegi bolmadyk analog abzallar: köprüler, güýjenmäni bölüjilerden ybaratdyr.

**SÖA** (sanly ölçeň abzallar).

Soňky wagtlarda ölçeň tehnikasyna ölçeňiň netijesini täzeden işleýän, köpeldýän, bölýän we ş. m. Mikroprosessorlar girizildi (Hasaplaýyş maşynlar). TPDAS – tehnologiiki prosessleri dolandyrmagyň awtomatik toplumy.

Ylmy esaslary:

1980 ý. praktikada: elektrik garşylygyň 15 birligi, EHG 8 birligi, elektrik toguň (akymyň) 5 birligi ulanylýardy – bu bolsa ölçegiň we hasaplamalaryň netijelerini dogry goýmagy kynlaşdyrýardy. Şonuň üçin hökmany bir ölçeg sistemasyny girizmeli boldy.

Bular ýaly birlikler sistemasy elektrikleşýiş boýunça birinji kongressde 1881 ý. kabul edildi.

Häzirki wagtda – **standartizasiýa** we **metrologiýa** ýaly ylymlar peýda boldy.

**Standartizasiýa** – materiallara, tehnologiýa prosesslere, önümlere, tehniki dokumentlere we ş. m. kesgitli talaplary ornaşdyrýan tehniki kanunlar.

**Metrologiýa** – ölçeg, onuň usullary we serişdeleri, olaryň birligini we talap edilýän takyklygyny gazanmaklyk baradaky ylymdyr.

Standartlar we metrologiýa bir döwlet gullugyna birleşip – Türkmenistanyň Baş Döwlet standartlary gullugy diýen ada eýe boldy.

Bu gulluk ölçeg tehnikasynyň ýagdaýyna, ölçegiň takyklygyna metrologiýa gulluklarynyň we Döwlet gözegçilikleriniň, tejribelikleriniň üsti bilen gözegçilik amala aşyrýarlar.

Metrologiki soraglaryň ulalaşygy ölçeg birlikleriniň we terezileriň Halkara komitetinde we ölçeg birlikleriň we terezileriň Halkara býurosunda Sewradada (Pariža golaý) geçirildi.

**Metrologiýanyň meselesi** – ölçegiň hökmany takyklygyny we birligini üpjün etmekden ybaratdyr.

1. Ölçegiň ýeketäkligi – bu ölçegiň şeýle ýagdaýy, haçan-da, olaryň netijeleri kanunlaşdyrylan birliklerde aňladylýar we ölçegiň ýalňyşlygy berlen ahtimallykda bellidir. Ölçegiň ýeketäkligi dürli ýerlerde, dürli wagtda dürli ölçeg usullaryny we serişdelerini ulanylanmak bilen ölçegiň netejelerini dogry goýmak üçin hökmandyr.

2. Ölçeğiň takyklygy, olaryň netijeleriniň ölçenilýän ululygynyň hakyky bahasyna ýakynlygy bilen häsiýetlendirilýär.

Şeýlelikde, metrologiýanyň wajyp meseleleriniň biri bolup ölçeğiň ýeketäkligini we hökmany takykygyny üpjün etmekden ybarat bolup durýar.

Kanunçykaryjy metrologiýa Döwlet tarapyndan ölçeğiň birligini üpjün etmäge gönükdirilen kadalaryň, talap edilýän düzgünleriniň, kanunlarynyň we gözegçilikleriň kompleksini ýerine ýetirýär.

Ylmy tehniki ösüş **YTÖ üçin metrologiýanyň ähmiýeti we onuň halk hojalygyndaky orny.**

Metrologiýa tebigi we tehniki ylmlaryň ösüşinde uly orny tutýar, ölçeğiň takykygynyň ýokarlanmagy adam tarapyndan tebigatyň, hadysalarynyň Kanunlaryny öwrenmäge, täze tehnologiýalary, maşynlary işläp düzmäge mümkinçilik berýär.

Şeýlelikde takykyk ylmlar esasynda mehanikanyň, fizikanyň kanunlary açyldy (Omyň kanuny).

Şeýle-de takykyk ölçegler esasynda Amerikan alymy A. A. Maýkelson açyş etdi. Ol ýagtylygyň kabul edijisiniň we çeşmesiniň özara hereketinde interferension Çyzatyň süýşemesi bolup geçmeýändigini tassyklady, bu synagyň netijeleri Eýnşteýn A. tarapyndan häzirki zaman fizikasynda otositellik nazarynyň esasynda goýuldy. Suwuň dykzlygynyň ölçeğiniň takykygynyň ulalmagy, 1923 ýylda adaty suwda az mukdarda bolmagy hem onuň dykzlygynyň artmagyna getirýän wodorod – deýteriýanyň agyr izotopynyň açylmagyna getirdi.

**Halk hojalygynda metrologiýanyň praktiki ähmiýeti**, ol ölçeg tehnikasynyň esasy bolup durýar, onuň kömegi bilen söwdäde, senagatda, transportda, aragatnaşykda, medisinada ölçeg geçirýilýär we ş. m.

Metrologiýa esasy oruny tutýandyr:

Biziň senagatymyzyň öňünde durýan – tehnika derejäniň we önümiň hiliniň artmagy we ýekebir hiliň gökezijileriniň kömegi bilen gözegçilik edilýänliginden dälidir.

1. Önümiň hiliniň we tehniki derejesiniň ýokarlanmagynda we onuň önümçiliginde: maşyn gurluşykda, metallurgiýada we ş. m. aktiw gözegçiligiň üsti bilen ýetilýär.
2. Elektrik energiýanyň hilini gözegçilik etmek. U-napryženiýanyň durnuklygyna we f-ýygylygyň durnuklylygyna.
3. Gurşap alýan giňişligiň (sredanyň) ýagdaýyna gözegçilik etmek:
  - a) Suwuň;
  - b) Atmosferanyň;
  - c) Ýeriň.

YIIT – üpjün etmek üçin metrologiýa ösüşi beýleki ylmy-tehniki bölümlerden ýokary bolmaly, sebäbi olaryň hersi üçin takyk ölçegler olaryň bolmagy (ýaşamagy) üçin esasy ýollaryň biridir.

Şonuň üçin Metrologiýanyň häzirki zaman ýagdaýy aşakdakylardan durýar.

1. Mikroelektronikanyň gazananlarynyň giňden ulanylmagy.
2. Awtomatiki we hasaplaýyş tehnikalary.
3. Hereketli bölegi bolmadyk analog abzallar.
4. Çap ediji rezistorlaryň esasynda: köprüler, napryženiýany bölüjiler.
5. Sanly ölçeg abzallary. SÖA
6. Awtomatiki ölçeg toplumy. AÖS
7. Tehnologiki prosessleri dolandyrmagyň awtomatiki sistemasy (TII)DAS
8. ATHS(CAIP) (awtomatlanan taslama we hasaplama sistemasy).



9. YBAS(АЧИ) (ylmy barlaglaryň awtomatizirlenen sistemasy).

Elektrik ölçegiň usullary we serişdeleri.

Ölçeg – ýörite tehniki serişdeleriň kömegi bilen tejribe arkaly fiziki ululyklaryň bahalaryny (tejribäni kesgitlemek) tapmaktan ybaratdyr. Ölçelýän ululugyň häsiýeti barada san informasiýany berýän birligiň fiziki ululugy üçin birnäçe sana aýdylýar.

1963 ýylda Halkara birlikleriň sistemasy girizilen (HS):m – metr, s – sekund, A – Amper, kg – kilogram, Kandela, Kelwiniň gradusy, mol.

Elektrik ölçeglerde ulanylýan we kadalaşan ýalňyşlygy bolan tehniki serişdelerdir. Ölçegi amala aşyrmak üçin ölçeg arkaly we ölçeg geçirmek talap edilýär.

Ölçeg maglumat toplumy. **ÖMT**

**Ölçeg birligi** – fiziki ululygy berlen ölçegde gaýtadan işlemek üçin niýetlenen ölçeg serişdesi (ölçeg tegegi, kondensatorlar (sygym), tejribe çekuw daşlary).

**Elektrik ölçeg abzallary** – synag geçirijä gaýtadan işlemek üçin ygtybarly (formadaky) şekildäki ölçeg ululygynyň bahasy baradaky maglumaty işläp çykarmak üçin niýetlenen elektrik ölçeg serişdesi (V, A, W we ş. m.).

**Ölçeg özgerdijileri** – gözegçi tarapyndan kabul edip bolmaýan, soňky özgermä, gaýtadan işlenmä, saklanma bermek üçin amatly şekilde ölçenilýän maglumatyň elektrik signalyny işläp çykarmak üçin niýetlenen elektrik ölçeg serişdeleridir.

Olar:

- a) elektrik ululyklary elektrige özgerdijiler (şuntlar, U bölüjiler, trnsformatorlar);
- b) elektrik däl ululyklary elektrige özgerdijiler (termoelektrik termometr, termorezistorlar, induktiw özgerdijiler).

**Elektrik ölçeg gurnamalar** – birnäçe ölçeg serişdelerinden we kömekçi gurluşlardan (ölçeg birlikleri, ölçeg esbaplary, ölçeg özgerdijileri) düzülendir. Olaryň kömegi bilen aýratynlykda abzallar bilen geçirilen we elektrik ölçeg esbaplaryny graduirmek (düzmek, sazlamak) üçin ulanylýar.

**ÖMT** – özara aragatnaşyk kanallary bilen birleşen ölçeg serişdeleriniň we kömekçi gurnamalaryň toplумы (jemi). Olar birnäçe çeşmelerden ölçenilýän maglumaty awtomatiki amala aşyrmak üçin, şeýle-de ölçeg geçirmek, gaýtadan işlemek üçin niýetlenendir.

**Elektrik ölçeg usullary** – alynýan maglumata baglylykda göni we gytak (sowa) bolup bilýär:

**Gös-göni** – netije gös göni tejribäniň berlenlerinden (netijeleri) alynýar ( $I$  – ampermetr bilen,  $t^{\circ}$  – termometr bilen ölçemek).

**Gös-göni** – bu ölçeg, fiziki ululyklaryň gözlenýän bahalaryny gös-göni tejribeleriň berlenlerinden tapýarlar. Göni ölçegi  $Q=X$  deňleme bilen aňladyp bolar, nirede  $Q$ -ölçelýän ululygyň gözlenýän bahasy,  $X$ -tejribäniň üsti bilen gös-göni alynýan baha.

**Gytaklaýyn** – gözlenýän ululygyň bahasy bu ululygyň we göni ölçegiň netijesinde alynan ululyklaryň arasyndaky belli bolan baglanşyklaryň esasynda tapylýar ( $P=U \cdot I$ ;  $I$  – ampermetr bilen we  $U$  woltmetr bilen ölçenilýär).

**Gös – göni bahalandyrmak usuly** – ölçenýän ululygy önümden degişli birlige graduirlenen ölçeg abzallaryň şnalasynda gös-göni kesgitlenýär. Bu ýagdaýda ölçenilýän ululyk göniden – göni täsirli ölçeg abzalyňyň hasaplaýjy gurluşy boýunça kesgitlenilýär (togy ampermetr bilen ölçemek). Usul – ýönekeý, emma takyklygy pes we ol has giňden ýaýran.

**Deňşdirme usuly** – ölçenilýän ululygy gös-göni ölçeg bilen deňşdirýärler, (agramy girilen bilen terezirlerde ölçemek, garşylygy – garşylygyň nusgalyk tegekleri bilen ölçemek). Deňşdirme usulyňyň takyklygy göniden-göni usula

garanynda has takyk, ýöne az-owlak kyndyr. . Deňeşdirme usuly dürlülügi bilen tapawutlanýar.

**Nul usuly** – ölçenilýän ululygy ölçeg birligi bilen deňeşdirmek, bu ýagdaýda ölçenilýän ululygyň indikatora täsiri, belli ululygyň gabatlaşykly täsiri bilen nula getirilýär (köpriniň kömegi bilen  $R$  – ölçemek).

**Differensial (tapawutly) usuly** – bu usul ölçelýän  $A_x$  ululyk we nusga  $A_0$  ( $\Delta A = A_x - A_0$ ) aralaryndaky tapawut bilen kesgitlenýär. differensial usulyň takyklygy deňeşdirilýän ululyklaryň öz-ara tapawutlarynyň azalmagynda artýar. Bu usul sepiň ululyklary bolan garşylyk, induktiwlik we sygym başgalary ölçemek üçin ulanylýar. Ölçeg birligi bilen deňeşdirme usuly, bu ýagdaýda abzal bilen ölçenilýän ululygyň we belli ölçeg birliginiň aratapawudy ölçenilýär, şeýlelikde ölçenilýän ululygyň doly däl deňlemesi bolup geçýär (deňagramly köpri bilen elektrik garşylygy ölçemeki bu ýagdaýda  $R$  – köpriniň diňe bir eginleriniň belli garşylyklary bilen däl-de, eýsem indikatoryň görkezmeleri bilen hem kesgitlenilýär).

**Çalşyрма usuly** – ölçeg gurnamasynda  $A_x$  ölçenilýän ululygyň, ölçeg birligi tarapyndan işlenlip düzülen belli  $A_0$  ululyk bilen çalşylanda, ölçeg birligi bilen deňeşdirme usuly, hatda  $A_0$  üýtgetmek bilen ölçenilýän gurnama  $A_x$  ululygyň täsirindäki ýaly ýagdaýa getirilýär. Netijide  $A_x = A_0$ . Has takyk usul. (garşylygy – ölçeg garşylygyny we sazlaýjy nusgalyk garşylygy, induktiwligi we sygymy we boş ölçelende gezekli – gezegine köpriniň şol bir egnine birikdirip ölçeg geçirilýär).

Ylmyň we tehnikanyň ösüşi ölçegiň ornunyň artmagy bilen baglydyr. Ölçegiň görnüşleriniň we serişdeleriniň köpdürliligi artýar, we ol **ölçegiň ýeketäkligini** üpjün etmegiň tertibinde gitmeli – bu ýalňyşlyklaryň häsiýetnamalarynyň bahasyny görkezmek bilen kabul edilen berliklerde ölçegiň netijeleriniň aňlatmasy.

**Metrologiki üpjünçilik (MÜ)** – ölçegiň talap edilýän takyklygyna we birligine ýetmek üçin zerur bolan ylmy, guramaçylyk, tehniki we kanuny esaslary (düzgünler we kadalar) gurnamakdan ybaratdyr.

**MÜ-ň ylmy esaslary** – bu ölçeg baradaky metrologiýa ylmy bolup, ölçegiň talap edilýän takyklygyny we birligini üpjün etmegiň usullary we serişdeleridir.

**MÜ-ň guramaçylygy esaslary** – bu MÜ gönükdirilen döwlet we pudak gulluklaryndan durýan, döwletiň metrologiýa gullugydyr.

**MÜ-ň tehniki esaslary** – döwlet etalonlarynyň, fiziki ululyklaryň birikleriniň toplumy; nusgalyk ölçeg serişdelerleriniň we deňeşdirme serişdelerleriniň kömegi bilen fiziki ululyklaryň birlikleriniň ölçeglerini etalonlardan ähli ölçeg serişdelerine geçirmek toplumy; ölçeg serişdeleriniň döwlet synaglarynyň toplumy; ölçeg serişdeleriniň hökmany deňeşdirmesiniň ýa-da metrologiki barlagynyň toplumy; jisimleriň we materiallaryň häsiýetiniň we düzüminiň standart nusgalyk toplumy; jisimleriň we materiallaryň häsiýeti we fiziki hemişelikleri barada standart habar berijiniň (sprawoçnik) berlenleriniň toplumy.

**MÜ kanuny esaslary** – ölçegiň birligini üpjün etmek we bahalandyrmak üçinözara baglanşykly standart düzgünleri we kadalary, talaplary we möçberleri ornaşdyrýan düzgüni normativ – tehniki dokumentleriň kompleksini görkezýän ölçegiň birligini üpjün etmegiň döwlet sistemasy (ÖDS).

**DS 8.009 – 84.** ÖS metrologiki häsiýetnamalaryny kadalaşdyrmak we ulanmakdan ybaratdyr.

### **Metrologiki häsiýetnamalary.**

Metrologiki häsiýetnamalar ölçegleriň netijeleriniň takyklygyny bahalandyrmakda zerur bolan ölçeg serişdeleriniň häsiýetlerini bahalandyryar.

1. Ölçeg serişdeleriniň duýujylygy – bu  $\Delta\alpha$  çykyş signalyň ösmeginiň bu ösüşi çagyran giriş signalyň üýtgemegine (ölçenilýän ululygyň)  $\Delta X$  gatnaşygy.

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta X} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta X}; \quad (1)$$

$S$  – const; göni çyzykly häsiýetnamada  $\alpha = f(x)$ .

Eger  $S = \text{const}$  bolsa, onda abzallaryň şkalasy deňölçegli, ýagny bölümleriň uzynlygy birmeňzeş, ýagny  $S = \alpha/x$ ; meselem  $S_1 = \text{böl}/A$ .

Duýujylygy duýgurlyk bosagasy bilen çalyşmaly däl – abzalyň ýüze çykaryp bilýän giriş signalynyň iň kiçi bahasy.

2.  $C=1/S$  abzalyň hemişelikleri – duýujylyga gapmagarşy ululyk.

3. **Ölçeg çägi** – ölçeg serişdeleriniň ygtyýar berilen ýalňyşlyklary kadalaşdyrylan ölçeg ululyklarynyň bahalarynyň meýdany. Ölçeg araçägi iň uly we iň kiçi bahalar bilen çäklenýär. Taklygyny ýokarlandyrmak maksady bilen araçäk birnäçe böleklere araçäklere bölünýärler.

4. **Skalanyň bölekleriniň bahasy** – ululygyň iki goňşy belligine gabat gelýän ululyklaryň bahalarynyň tapawudy

$$C_1 = A/\text{böl}. \quad (2)$$

5. **Takyklyk klasy** – ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlyklary. Abzallar üçin – ol hasaplaýjy (sçýotçik) üçin getirlen ýalňyşlyk  $\gamma$ ,  $\beta$  odnositel ýalňyşlykdyr.

Esasy ýalňyşlyk – ylaýyk şertlerde ýüze çykýar.

Goşmaça ýalňyşlyk – täsir edýän ululyklaryň üýtgemesinde ýüze çykýar.

6. **Çykyş signalyň özgermesi** – giriş signalynyň, şol bir täsir ediji bahasyna gabat gelýän çykyş signalyň bahalarynyň arasyndaky tapawutdyr.

7. **Doly dinamiki häsiýetnama** – giriş signalyň ululyklarynyň şol bir wagtda dürli hili üýtgemesinde ÖS çykyş signalynyň üýtgemesi, täsir edýän ululyklar ýa-da ýüklenmelere baglydyr.

(Meselem: Amplituda faza häsiýetnamasy (AFH), amplituda ýygylýk häsiýetnamasy (AÝH), giriş funksiýasy).

8. **Ýygylýk dinamiki häsiýetnamasy ÖS dinamiki häsiýetini doly şöhlendirmeyär** – sebäbi ol esasan dinamiki

häsiýetnamalaryň ululyklarydyr (söndürme koeffisiýenti – köşeşme derejesi  $\beta$ , ÖS reaksiýa wagty; rezonans ýygylkda AÝH bahasy).

9. Abzalyň görkezmeleriniň gurnalma wagty – bu ölçenilýän ululygyň bökme şekilli üýtgeме pursatyndan, ölçenilýän ululygyň durnuklaşan bahasyna ylaýyk gelýän görkezmäniň kesgitli ýalňyşlyk bilen ornaşdyrmak pursatyna bolan çenli wagt.

10. Abzalyň köşeşdirijisiniň togtama koeffisiýenti (köşeşme derejesi).

**Metrologiki däl häsiýetnamalar:** ýgtybarlylygynyň görkezijisi, elektrik berkligi, garşylygyň goragy (izolýasiýasy), howa şertleriniň we mehaniki täsirlere durnuklylygy, iş düzgüniniň kadalaşma wagty we ş. m.

1. **Ygtybarlylyk** – berlen wagtyň dowamynda, işiň kesgitli şertlerinde ÖS berlen durnuklylygy saklamak mümkinçilikleri.

2. **Bozulma** – ÖS işe ukyplylygynyň togtamagy (ýitirmegi).

**Duýdansyz bozulma** – haçan-da ÖS iş ukyplylygyny doly ýitirende (zynjyryň üzülmegi) we gitdigiçe bozulma – wagtyň geçmegi bilen metrologiki häsiýetnamalar ygtyýar berlen çäklerden çykmagy.

**Ygtybarlygy görkezijiler** – (bökdençsizlik, bejergä ukyplylyk, uzak işläp bilmeklik) 22261-82 DS ornaşdyrýar.

Elektrik we magnit ululyklaryň ölçeg serişdeleri.

Bökdençsizligiň görkezijileri – işleme döwri, bozulmada işleme döwri.

3. **ÖS işleme döwri** – ÖS işlemeginiň dowamlylygy.

4. **Bozulmada işleme döwri** – bejerilýän serişdäniň işleme döwrüniň bu işleme döwrüniň bozulma sanyna gatnaşygy.

**Çydamlylygy görkezijiler.**

5. Gulluk möhleti – adaty işletmede laýyk ululykly ÖS işletmesiniň ortaça kalendar dowamlylygy.

6. Baýlyklar – onuň başyndan ÖS soňraky işletmesi tamamlanmaýan çäklendirilen ýagdaýyna çenli ortaça işleme döwri.

Bejergä ukyplygynyň görkezijileri bolup durýarlar:

7. ÖS dikeltmegiň ortaça möhleti.

### **Türkmenistanyň metrologiki gulluklary.**

1. Metrologiýa we standartizasiýa boýunça baş döwlet gullugy. Ol köpçülik işleriniň uly toplumyny amala aşyrýar: ölçegiň birligini we talap edilýän takyklygyny üpjün etmek boýunça; önümçiliň, synaglaryň, önümi ulanmaklygyň, ölçeg serişdelerini ulanmaklygyň we bejermekligiň metrologiki üpjünçiligi boýunça; kärhanalaryň metrologiki gullugynyň işine, täze ölçeg tehnikasyny ornaşdyrmagyň düzgünine we ýagdaýyna, kärhanalara hödürlenýän ölçeg serişdelerini we synaglaryna, bu synaglar üçin dokumentasiýalaryna döwlet gözegçiligini amala aşyrýar.

**Ministrlikleriň (pudaklaryň) metrologiki gulluklary aşakdakylardan durýar:**

- a) ministrligiň baş metrology gullugy;
- b) metrologiki gullugyň baş guramasy;
- w) metrologiki gullugyň düýpli guramasy;
- g)kärhanalaryň, ylmy – gözleg, taslama – konstruktor we tehnologi guralarynyň metrologiki gulluklary.

**Ministrligiň (pudaklaryň) metrologiki gullugynyň esasy meseleleri.**

- a) Ministrligiň guramalarynda we kärhanalarynda barlagy, synagy, ölçeg tehnikasynyň ösüşini we derejesiniň ýokarlanmagyny, ölçegiň talap edilýän takyklygyny we birligini üpjün etmek;
- b) Ministrligiň kärhanalarynda çykarylýan önümiň işletmesiniň we synagynyň, önümçiligiň, gaýtadan işletmesiniň metrologiki üpjünçiligiboýunça metodiki ylalaşmasy, ýolbaşçylygy we amala aşyrylmasy;

- w) Barlagyň we synagyň häzirki zaman ölçeg serişdelerini we usullaryny, şeýle-de kärhanalarda degişli deňşdirme enjamlaryny ornaşdyrmak;
- g) DÖS standartlaryny ornaşdyrmak we gaýtadan işlemek;
- d) Gaýtadan işlenen we çykarylan ölçeg serişdelerini, deňşdirme enjamlaryny, taýýarlamalary, bejergini we işletmäni döwlet synagyndan geçirmek we planlaşdyrmak;
- e) Taslamalaryň, standartlaryň we tehniki şertleriň, möhüm önümleriň taslamasynyň, tehnologiýa we konstruktor dokumentleriň metrologiki ekspertizasyny (derňemesini) geçirmek;
- j) Pudaklarda ulanylýan ölçeg serişdeleriniň bejergisini we barlagyny üpjün etmek, olaryň ýagdaýyna we ulanyşyna gözegçiligi amala aşyrmak.

### **Senagat kärhanalarynyň metrologiki gullugynyň esasy meseleleri.**

1. Ölçeğiň birligini we talap edilýän takyklygyny üpjün etmek, ölçegiň tehnikasynyň we kärhanalarda gözegçiligiň kämilleşmegi we derejesiniň ýokarlanmagyny amala aşyrmak .

2. Kärhananyň ähli iş ýerlerinde metrologik üpjünçiliginiň kämilleşmegi we taýýarlygy boýunça işleri geçirmek.

3. Aşakdakylary üpjün edýän, önümçiligiň we ylmyň häzirki zaman talaplaryna laýyk gelýän ölçegiň, synagyň we barlagyň ýerine ýetirilşiniň usullarynyň we serişdeleriniň düzgüne laýyk ornaşdyrylmagyny üpjün etmek:

- a) tehnologik prosessleriň berlen düzgünlerini goldamak;
- b) önümiň hiliniň doly barlagy we zähmet öndürijiliginiň ýokarlanmagy;
- w) ylmy barlaglaryň, taslama, konstruktor we tejribe işleriniň täsirliligini güýçlendirmek;



- g) zähmetiň howpsuzlyk şertleriniň ýerine ýetirilşini barlamak;
- d) material we energetiki baýlyklaryň tygşytlý peýdalanylmagy we takykhasaby.

### **Kärhanalaryň metrologiýa gulluklarynyň borçlary.**

1. Ylmy barlag işleri (YBT) we Konstruktor gaýtadan işlemeleriniň gurnamasy (KGIG), önümçiligiň metrologiki üpjünçiliginiň ýagdaýynda zýygider gözegçilik (analiz) geçirmek we metrologiýa üpjünçiliginiň kämilleşmegi boýunça teklipleri gaýtadan işlemek we kärhananyň önümçilik tematiki meýilnamasyna (planyna) girizmek üçin ýolbaşçylara teklip edilýän köpçilik işleriniň amala aşyrylmagy.

2. Ölçeg tehnikasyny ornaşdyrmagyň, gaýtadan işlemegiň we özleşdirmegiň planlarynyň, metrologiýa gullugynyň işiniň (geljegi bar bolan) perspektiwaly we ýyllyk planlarynyň ýolbaşçylara tassyklamaga hödürlemek we düýpli (bazaly) guramalar bilen gaýtadan işlemek we ylaşmak.

3. Döwlet we reglamentirleýän kärhanalaryň standartlaryny, ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalaryny, ölçegi geçirmegiň usullaryny, degşirmäniň usullaryny we serişdelerini ornaşdyrmak.

4. Kärhanada önüme işlenilip düzülen, konstruktor we tehnologiki dokumentleriniň metrologiýa (ekspertizasyny) barlagynyň geçirmegini gurnamak we oňa gatnaşmak.

5. Önümi synag edýän we kabul edýän tehnologiki prosessleri dolandyrmak we anyk barlagy üpjün edýän ölçegleriň ýerine ýetirilşiniň usullaryny we serişdelerini bellemäge gatnaşmak.

6. Beýleki kärhanalar tarapyndan ölçeg serişdelerini taýýarlamaga we taslamaga tehniki meseleleri gaýtadan işlemek.

7. Kärhanalara gerek boljak ölçeg , synag we barlag serişdelerini gaýtadan işlemek.

8. Ölçegleriň awtomatizasiýasy we ölçeg serişdeleriniň degşirmesi bilen baglanyşkly işlere gatnaşmak.

9. Standartlaşdyrylmadyk ölçeg serişdelerini we ölçegleriň ýerine ýetirilşiniň usullarynyň metrologiki attestasiýasyny (bahalandyrmasyňy) geçirmek.

10. Kärhanada öndürilýän önümiň attestasiýa taýýarlygy boýunça işlere gatnaşmak.

11. Önümiň täze görnüşleriniň synagynyň, şeýle-de toplumlaýyn önümleriň barlag we ulanma synaglarynyň geçirilşine gatnaşmak.

12. Işçi etalonlarynyň degşirmesini we saklanmasyny üpjün etmek, gerekli ýagdaýda nusgalyk ölçeg serişdelerini we olaryň işletmesini goldamak.

13. Kärhana degişli ölçeg serişdeleriniň bejirmesini geçirmek we gurnamak.

14. Ölçeg serişdeleriniň operator hasaplamasyny alyp barmak, ölçeg serişdeleriniň kireýne berilýän we alyş-çalyş fonduny gurnamak.

15. Ölçegi geçirmek bilen bagly kärhanadaky işgärleriň iş derejesini ýokarlandyrmak boýunça işleri geçirmek.

### **Halkara metrologiýa guramalary.**

Döwletleriň arasyndaky ykdysady we medeni gatnaşyklaryň ösmegi, ölçegiň halkara birmeňzeşligini üpjün etmegi gaýragoýulmasyz mesele hökmünde goýdy.

1870 ýylda Peterburgyň ylymlar Akademiýasynyň teklibi boýunça Parižde, agramyň we uzynlygyň ölçeginiň prototipini taýýarlamak tabşyryldy, halkara komissiýasyny döretmeklik teklip edilen ýygnak geçirildi.

Bular ýaly komissiýa 1872 ýylda hem guraldy, ol metriki sistemanyň esasy ölçeglerini görkezmeli kilogrammyň we metriň platina – iridiýe etalonlaryny döretmek barada karar kabul etdi.

1875 ýylyň 20 maýynda 17 döwlet, şol sonda Orsýet hem, metr boýunça Halkara diplomatiki konferensiýada metriki sistemanyň halkara birligini we kämilleşmegini üpjün etmek üçin (oňa bu döwletleriň diplomatiki wekilleri

gatnaşdy)aşakdakylar göz önünde tutulan Halkara konweksiýa gol çekdiler:

1. Ylmy edaranyň döredilmegi — Ölçeğleriň we agramlaryň halkara gullugy (býurosy) (ÖAHG) konweksiýa gol çeken ähli döwletleriň serişdelerinden durýar.

2. Gurama– **Ölçeğiň we agramyň halkara komiteti (ÖAHK) guramasynyň** onuň düzümine dürli döwletleriň alymlary girýär. ÖAHK-yň işine ýolbaşçylygy amala aşyrýar.

3. 6 ýylda 1 gezekden köp bolmadyk ÖABK – Ölçeğleriň we agramlaryň baş konferensiýasyna çygyrylýar – ol metriki sistemanyň giňden ýaýramagy we kämilleşmegi üçin hökmany gerek ölçegli kabul etmek we ara alyp maslahatlaşmak üçindir.

4. Ölçeğiň we agramyň halkara guramasy ÖAHG – Sewra şäherinde (Parižiň galaýynda) ýerleşýär, ol ölçegliň halkara prototipini saklaýar (metriň we kilogramyň), onda elektrik we ýagtylyk birlikleriniň we radioaktiwliginiň halkara etalony bar, ol uzynlygyň, agramyň Ehg-iň, elektrik garşylygyň, ýagtylyk güýjiniň ýagtylyk akymynyň, ionizirleýji şöhlelenmäniň çeşmesiniň, milli etalonlarynyň yzygider halkara deňşdirmesini, we şeýle-de başlangyç nusgalyk ölçegliň halkara deňşdirmesini (garşylygyň platina termometri, has ýokary ýygylykdaky ölçeg abzallary we ş. m.) gurnaýar.

1956 ýylda – Kanunçykaryjy metrologiýanyň halkara guramasyny KMHG döretmek barada döwletara konwensiýa gol çekildi.

### **Kanuny metrologiýanyň halkara guramasynyň önünde durýan meseleleri.**

1. Düzgünlere, kabul edilen kanunlara, we daryň degşirmesine laýyklykda gözegçilige degişli ölçeg abzallaryna barlagyň milli gulluklary barada maglumatyň dokumentasiýa merkezini döretmek.

2. Ölçegabzallary we olaryň ulanylşy barada kanunçykaryjy düzgünleriň ýazgylaryny (tekstlerine) çap etmek we terjime etmek.

3. Halkara gyzyklanma döretýän, kanunçykaryjy metrologiýanyň çäginde düzgünleri we usullary umumylaşdyrmak maksady bilen öwrenmek.

4. Ölçeg abzallaryna we olaryň ulanylşyna degişli kanunyň umumy taslamasyny düzmek.

5. ölçeg abzallaryny barlamak we olary ulanmak boýunça umumy gullugyň material guramasynyň taslamasyny işläp taýýarlamak.

6. halkara masştabynda ulanmaklyga niýetlenen ölçeg abzallarynyň häsiýetnamasyny we hilini kabul etmek.

Kanunçykaryjy metrologiýanyň halkara gullugy ýa-da býurosy bar, KMHG-da **KMHB** ol Parižde ýerleşýär. KMHB işine – kanunçykaryjy metrologiýanyň halkara komiteti KMHK ýolbaşçylyk edýär.

KMHG girýän ähli döwletleriň wekilleriniň gatnaşmagynda kanunçykaryjy metrologiýa boýunça halkara konferensiýasyna 6 ýylyň içinde bir gezekden köp çagyrylmaýar.

### **Metrologiýa boýunça Kanunçykaryjy halkara konferensiýa kanunçykaryjy metrologiýanyň umumy soraglaryny işläp düzýär:**

- a) ölçeg abzallarynyň toplумы, nusgasy we görnüşi (tipi) barada düşünje.
- b) ölçeg abzallarynyň takyklyk klaslary;
- w) ölçegleriň we ölçeg abzallarynyň kleýmalanmasy we tagmalanmasy;
- g) kanunçykaryjy metrologiýanyň sözlüginini düzülmegi.

Şeýle-de ölçeg abzallarynyň aýratyň görnüşlerine degişli bolan soraglary işläp düzýär (terezilere, tahometrler,de,

manometrlere, elektrik sçýotçiklere, dänäniň çyglyk ölçeýjilerine, spirtomerlere, medisina termometrlerine we ş. m.)

1958 ýylda ölçeg tehnikasy we abzal öndüriş boýunça Halkara konferensiýasy geçirilöär (ÖAHK) – ol dünýäniň dürli döwletleriniň ylmy-tehniki jemgyýetini jemleýär. ÖAHK 3 ýylda bir gezek ölçeg tehnikasy we abzal öndürmek boýunça halkara kongresslerini çagyýar. Kongressleriň aralygynda metrologiýanyň, ölçeg tehnikasynyň we abzal öndürişiň tehnologiýasynyň kynçylyklary boýunça simpoziumlar geçirilýär. ÖAHK baş komiteti Budapeştda (Wengriýa) ýerleşýär.

### **Fiziki ululyklaryň birlikler sistemasy.**

Ilkinji birlikler sistemasy 1791 ýylda Fransiýanyň milli ýygnağynda kabul edildi.

Bu heniz häzirkî zaman düşünjedäki birlikler sistemasy bolup bilmedi. Onuň esasynda iki birlik goýuldy: metr we kilogramm.

1832 ýylda nemes matematigi Gauss esasy bolup biri – birine garaşsyz üç sany önümçilik birlik kabul edildi: we uzynlyk, agram we wagt, birlikler sistemasyny döretdi. Esasy birlikler hökmünde: millimetr, milligramm, sekund kabul edilipdir. Beýleki galan birlikleri şu üçüsiniň kömegi bilen kesgitläp bolýar. Ylmyň we tehnikanyň ösmegi bilen aşakdaky sistemalar ýüze çykdy. (Gaussyň sistemasy ylmy we tehnikany kanagatlandyrmadyr).

Santimetr, gram sekunt **SGS sistemasy** – bu ýerde esasy birlikler: uzynlygyň birligi hökmünde santimetr, agramyň birligi hökmünde gramm we wagtyň birligi hökmünde sekunda. Bu sistemany Gaussyň teklibi boýunça 1881 ý. Elektrikleriň halkara kongressi girizdi. Mundan başga-da olar önüm birliklerini: dina-güýjiň birligi üçin we Erg işiň birligi üçin girizdiler.

Santimetr, gram sekunt elektrik **SGSE sistemasy** – santimetr, gram, sekunda, otnositel birliklerde wakuumyň dielektrik geçirijiligi – sistema elektrik ölçegler üçin ulanylýar.

**SGSM sistemasy** - santimetr, gram, sekunda, otnositel birliklerde wakuumyň magnit geçirijiligi. Bu sistema magnit ölçegleri üçin ulanylýar.

Metr kilogramm – güýç-güýjiň birligi kgs, sekunda **MKGGG**. Bu sistema mehanikada we tehnikada giňden ulanylýar. Güýji agyrlygyň birliginde aňlatmak has amatly bolýar. Bu ýerde kilogramm agramyň birlegi bolman güýjiň birligi bolup hyzmat edýär. Güýç birligiň sistemasynyň ýetmezçiligi onuň agramyň birliginden takyklygy pes. Bu ýetmezçilik soňra şekillendirilip başlandy. Güýjiň birligi hökmünde kilogramm – güýjiň we agramyň birligi hökmünde kilogrammyň ikinji ýetizçiligi ol bulaşyklyga getirýär. Meselem bu bulaşyklygy aýyrmak üçin Awstriýada, GDR we FRG kilogramm güýji **kilopond** diýip atlandyrdylar. Üçünji ýetmezçilik – elektrik we magnit ululyklar bilen ylalaşyklygydyr.

**MTS sistemasy** – metr – uzynlyk; tonna – agram; sekund – wagt. Bu sistema 1927 ýylda sowet standartlary tarapyndan hödürlendi, 1919 ýylda Fransiýada agramyň birligi hökmünde saýlanmagy şowly görüldi, ýagny, uzynlygyň we göwrümiň birlikleriniň arasynda bir tarapdan we agramyň birligi bilen beýleki tarapdan laýyklyga ýetildi (ýeterlik takyklykly:  $1t - 1m^3$  suwuň agramyna laýyk gelýär). Bu sistema tejribede ornuny tapmady we 1995 ýylda SSSR-de ýatyryldy.

**MKSA sistemasy** – ony italýan alymy Džordži teklip etdi. Esasy birlikleri: metr, kilogramm, sekunda, amper. Güýç – nyutonlarda, kuwwat – watlarda ölçenildi.

### **Halkara birlikler sistemasy (SI).**

Fiziki ululyklaryň birlikleriniň birnäçe sistemasynyň bolmagy amatsyzlygy döretýär – bir sistemadan beýlekä

hasaplamak üçin ölçeg birliklerini hökmany unifikirlemeli. Onda-da ylmy – tehniki we ykdysady baglansyklaryň ösmegi bilen bu halkara masştabanda talap edilýär. 1956 ýylda XI Ölçegler we agramlar boýunça Baş konferensiýa Halkara birlikler sistemasyny SI (sistema internasional) sistemany tassyklady. Biziň döwletimizde SI 1961 ýylda standartlaryň komiteti tarapyndan kabul edildi.

Halkara birlikler sistemasynyň artykmaçlyklary:

1. Uniwersallyk – halk hojalygynyň ylym we tehnika toplumlarynyň ählisini öz içine alýar.
2. Ölçeğiň ähli görnüşleriniň birlikleriniň umumylaşdyrmasy.
3. Tejribe üçin esasy we köplenç önüm birliklerini ulanmak (meýdan –  $m^2$ , göwrüm –  $m^3$ , R – Om we ş.m.).
4. Sistemanyň kogerentligi (baglansyklylyk, ylalaşyklyk) (deňlemelerdäki proporsionallyk koeffisiýenti – ol ölçegsiz birlige deň bolan ululyklaryň önümlerini kesgitleýär).
5. Agramyň (kilogramm) we güýjiň (Nýuton) SI-de takyk çäklendirmesi.
6. Deňlemeleriň we formulalaryň ýazgysyny ýönekeýleşdirmek.
7. Orta we ýokary mekdeplerde pedagogiki prosesleri ýeňilleşdirmek (dürli birlikler sistemasynyň takyk öwrenmeklik zerurlygy aýrylýar).
8. Dürli döwletleriň arasyndaky ylmy – tehniki we ykdysady gatnaşyklarda soňky ösüşlerde has gowy özara düşüňmekligi gazanmak.

1982 ýylyň 1 ýanwarynda başlap DS 8.417 – 81 herekete girizildi (standart (st) SEW 1052-7) DÖS. Oňa laýyklykda ylmyň we tehnikanyň ähli bölümlerinde we okuw prosesinde halkara birlikler sistemasyna SI geçmeklik amala aşyrylýar.

HA (SI) esasy birlikleri.

HA (SI) esasy birlikleri 1954 ýylda Ölçegler we agramlar boýunça X Baş konferensiýada kabul edildi, olar 6 birliklerden ybarat. Birlikler saýlanylanda şulardan başlanypdyr:

1. Ylmyň we tehnikanyň ähli ugurlaryny öz içine almaly;
2. Dürli fiziki ululyklar üçin önüm birlikleri gurmagyň esasy döretmeli;
3. Tejribe üçin amatly bolan, eýýäm dünýäde giňden ýaýran esasy birlikleriň ölçeglerini kabul etmek;
4. Has ýokary takyklykly etalonlaryň kömegi bilen işläp düzülýän ululyklaryň birliklerini saýlamaly.

1971 ýylda agramlar we ölçegler boýunça XIV Baş konferensiýada SI ýedinji esasy birligi – maddanyň mukdarynyň birligi – mol kabul edildi.

HA (SI) esasy birlikleri.

№	Ululyk	Şertli belgilensi	Ölçeg birlikleri	Birliğin gysgaldylyp aňladylyşy
				Halkara
1	Uzynlyk	L	Metr	m
2	Agram	M	Kilogram m	kg
3	Wagt	T	Sekunda	S
4	Elektrik toguň güýji	I	Amper	A
5	Termodinamiki temperatura	Ö	Kelwin	K
6	Ýagtylyk güýji	J	Kandela	cd(kd)
7	Maddanyň mukdary	N	Mol	mol



HA (SI) esasy birlikleriniň kesgitlemesi.

1. Metr – wakuumda ýagtylygyň 1/299792458 sekundyň ülüşinde geçýän ýolunyň uzynlygyna deň.
2. Kilogramm kilogrammyň halkara prototipiniň agramyna deň.
3. Sekunda atom seziýanyň – 133 esasy ýagdaýynyň iki sany has inçe derejeleriniň arasyndakygeçilgä laýyk gelýän 9192631770 şöhlenenmäniň periodyna deň.
4. Amper, wakuumda biri-birinden 1m uzaklykda ýerleşen, ujupsyz kiçi töwerek kesişme meýdanly we tükeniksiz uzynlykly 2 parallel göniçyzykly geçirijiden geçende, 1m uzynlykly geçirijiniň her bir böleginde  $2 \cdot 10^{-7}$  N özaratäsir güýjini döretýän, üýtgemeyän toguň güýjüne deň.
5. Kelwin, suwuň üçlik nokadynyň termodinamiki temperaturasynyň 1/273,16 bölegine deň.
6. Mol, 0,012 kg agramly 12 – uglerodda näçe atom bar bolsa, şonça-da düzüji (struktura) elementleri bolan sistemanyň maddalarynyň mukdaryna deň.
7. Kandela, ýagtylygyň energetiki güýji bu ugurda 1/683 Wt/sr düzýän,  $540 \cdot 10^{12}$  Gs ýygylykly monohromatiki şöhlenenme ( bir reňkli) ýaýratýan, çeşmäniň berlen ugrundaky ýagtylyk güýjüne deň (sr – steradian).

Esselik we bölekbirlikleriň özgerdijileri üçin köpeldijiler we goşulmalar.

№	Köpeldiji	Goşulma	Goşulmanyň aňladyşy
1	$10^{18}$	EKSTA(latin)	E
2	$10^{15}$	PETA(latin)	P
3	$10^{12}$	TERA(latin)	T
4	$10^9$	GIGA(latin)	G
5	$10^6$	MEGA(latin)	M
6	$10^3$	KILO(latin)	K
7	$10^2$	GEKTO(latin)	h (g)
8	$10^1$	DEKA(latin)	da
9	$10^{-1}$	DESI(latin)	d
10	$10^{-2}$	SANTI(latin)	S (c)
11	$10^{-3}$	MILLI(latin)	m
12	$10^{-6}$	MIKRO(latin)	$\mu$
13	$10^{-9}$	NANO(latin)	n
14	$10^{-12}$	PIKO(latin)	p
15	$10^{-15}$	FEMTO(datsk )	f
16	$10^{-18}$	ATTO(datsk)	a

### **Etalonlaryň klassifikasiýasy.**

Ölçeği birlikleriň gaýtadan işlenmesi, çaklanmasy we geçirilmesi (ölçeği birliğini üpjün etmek üçin) etalonlaryň we nusgalyk ölçeg serişdeleriniň kömegi bilen amala aşyrylýar.

**Etalon** – ölçeg birliğin nusgalyklara, ondan bolsa işçi ölçeg serişdelerine geçirmek maksady bilen fiziki ululygyň birliginiň saklanmasy we gaýtadan işläp çykarylmagy üçin ölçeg serişdesi (ýa-da kompleks).

**Birinji etalon** – ýurtda iň uly takyklygy bolan birliği gaýtadan işläp çykarýar, (platina – iridiý prototipiniň we etalon terezileriniň kömegi bilen kilogrammyň gaýtadan işlenmesi).

**Ýörite etalon** – ölçeg birliği aýratyň şertlerde gaýtadan döretýär we birinji etalonyň ornuny çalyşýar.

Ýörite etalon birlik etalonyň ornuny, birinji etalondan talap edilýän takyklykly (ýokary, has ýokary ýyglyklar, energiýa, basyş, temperatura we ş. m.) birlikleriň ölçegleriniň geçirilmesi tehniki taýdan mümkin bolmadyk ýagdaýlarynda, aýratyn şertlerde birlikleriň gaýtadan işlenip çykarylmagy üçin çalyşýar. Birinji we ýörite etalonlar döwlet üçin diýip atlandyrylýar. Döwlet etalonlary Türkmenistanyň ministrler kabineti tarapyndan tassyklanylýar.

**Ikinji etalonlar** – olaryň bahalary birinjiňki boýunça düzülýär. Olar barlag işleriniň guramaçylygy we döwlet etalonynyň iň az bozulmasyny we saklanyp galmasyny üpjün etmek üçin döredilýär we tassyklanylýar. (Meselem, agramyň birliги hökmmünde etalon-kopiýasy (kilogram) №26 platina-iridiý görnüşindäki çekuw daşlary we kilogrammyň poslamaýan polatdan ýasalan işçi etalonlary).

Ugry boýunça ikinji etalonlar şu aşakdakylara bölünýärler:

- a) kopiýa – etalonlary;
- b) deňşdirme – etalonlary;
- w) şaýat – etalonlary;
- g) işçi – etalonlar.

**Kopiýa etalonlary** – bu onuň ölçegini işçi etalonlara geçirmek we saklamak üçin niýetlenen ikinji etalonlar. Ol hemişe döwlet etalonlarynyň fiziki kopiýasy bolup bilmeýär.

**Deňşdirme etalony** – bu ol ýa-da beýleki sebäplere görä göniden-göni biri-biri bilen deňşdirip bolmaýan etalonlaryň deňşdirmesi üçin ulanylýan ikinji etalon. (Meselem – Türkmenistanyň woltynyň döwlet etalonyny ölçegler we agramlar boýunça Halkara gullugyň woltynyň etalony bilen deňşdirmek üçin ulanylýan, adaty elementleriň topary).

**Şaýat etalon** – bu döwlet etalonynyň abatlygyny barlamak üçin we bozulan ýa-da ýiten ýagdaýynda ony çalyşmak üçin ikinji etalon.

**Işçi etalon** – birligiň saklanmagy we onuň ölçeginiň ýokary takykly ölçeg serişdelerine we zerur bolan ýagdaýynda – has ýokary takyklykly işçi ölçeglere we ölçeg abzallaryna geçirmek üçin ikinji etalonlar.

Eger-de ol saklanmak we ulanmak kadalarynda bar bolsa, döwlet etalonynyň işçi etalon hökmünde ulanylmagyna hem ygtyýar berilýär.

Döwlet etalonlary hemişe ölçeg serişdeleriniň kompleksi we kömekçi gurluşlar hökmünde amala aşyrylýär.

Ikinji etalonlar amala aşyrylýär:

- a) ölçeg serişdeleriniň kompleksi görnüşinde;
- b) ekelikdäki etalonlar görnüşinde;
- w) toparlaýyn etalonlar görnüşinde;
- g) etalon toplumlary görnüşinde.

**Ýeketäk etalony** – şol bir tipdäki görnüşdäki we beýleki ölçeg serişdeleri gatnaşmazdak birligi özbaşdak saklamagy we gaýtadan döretmegi üpjün edýän – bir ölçeg gurnamasyndan ýa-da bir ölçeg abzalyndar, bir ölçegden durýar. (Meselem: agramyň birliginiň ikinji etalony-platino-iridiý we polat taslar görnüşinde kilogram.

**Toparlaýyn etalon** – birligiň saklanmasynyň ygtybarlylygyny ýokarlandyrmak üçin bir görnüşli beýleki ölçeg serişdeleriniň ýa-da ölçeg abzallaryň, ölçegleriň jeminden durýar.

Toparlaýyn etalon tarapyndan saklanylýan birligiň ölçegi, etalonlar torapyna girýän aýratyn ölçegleriň we ölçeg abzallaryň bahasyndan gelip çykýan orta arifmetiki bahasy hökmünde kesgitlenilýär.

**Etalonlaryň toplumu** – birligi saklamak ýa-da kesgitli çäklerde ölçemek üçin ölçeg abzallarynyň ýa-da ölçegleriň toplumu. (Meselem: araçagiň dürli böleklerinde suwuklygynyň

dykzlygyny kesgitlemek üçin gulluk edýän densimetrleriňtohlumy görnüşinde suwuklygyň dykzlygynyň birliginiň işçi etalony).

Döwlet etalonlary Türkmenistanyň Döwlet Standartlary gullugynda saklanylýar. Olar bilen ýörite bellenen adamlar – alymlar, etalony saklaýjylar işleýärler.

Fiziki ululyklaryň birlikleriniň milli etalonlaryndan başga-da Agramyň we ölçegiň Halkara gullugynda saklanylýan **Halkara etalonlar** bar.

AÖHG – düzgünnamasynda milli etalonlaryň Halkara etalonlary bilen deňşdirmesi göz önüne tutulan – Metriň we kilogramyň etalony 25 ýyldan 1 gezek, Elektrik we ýygtylyk (Wolt, Om, Kandela, lýmens) etalonlary 3 ýyldan 1 gezek.

### **Ölçeği (synagy) geçirmek we gurnamak.**

Ölçeğ - Netijeleri önümçilik, ylmy, sosial, ykdysady we beýleki meseleleri çözmekde ulanylýan, fiziki obýektleriň, prosessleriň we hadysalaryň häsiýetleri barada ýeketäk maglumat berýän çeşmesidir.

Ölçeğ prosessi aşaky düzgünlerden durýar:

1. Ölçeğlere taýýarlyk
2. Ölçeğleri ýerine ýetirmek
3. Ölçeğleriň netijelerini gaýtadan işlemek.

Ölçeğiň hilini üpjün etmek üçin her döwür takyk düzgünlere laýyklykda geçirilýär.

Ölçege taýýarlyk aşakdakylardan ybarat: a) goýylan meseläni derňemek; b) ölçeğ üçin şertleri döretmek; w) ölçeğ usullaryny we serişdelerini saýlamak; g) ölçeğ sanyny saýlamak; d) hünärmeni (operator) taýýarlamak; ç) ölçeğ serişdelerini synlamak.

Ölçeğ meselelerini dogry goýmak üçin, haýsy fiziki ululyklaryň ölçeğe degişlidigine, ölçeğiň netijesi nähili takyklykda bolmalydygyny, ölçeğiň netijesi nähili görnüşde görkezilmelidigini hökmany anyklamalydyr. Ölçeğ başlanmazýndan öň ululyklaryny hökmany ölçemeli bolan

objektiň görnüşini saýlamaga ymtyýarlar. Saýlanýan görnüş iki sany talaby kanagatlandyrmaly:

1. Onuň hakyky objekte gabat gelmegi; 2. Doly ölçegiň geçirilýän wagtynda ölçeg ululyklarynyň durnuklylygyny gazanmalydyr.

Başga söz bilen aýtsak, diňe hemişelik fiziki ululyklary ölçemeli, haçan-da üýtgeýän fiziki ululyklary ölçejek bolsak, ýa onuň bu ululygynyň hemişelik birliklerini ölçemeli, ýa-da ölçegi wagtyň kesgitli aralygynda geçirmeli.

**Ölçegiň netijesiniň takyklygy** ölçeg serişdeleriniň hiline bagly, ölçeg serişdesi näçe takyk boldygyça, şonça-da netije hem takykdyr. Şol bir wagtda hem ölçeg serişdeleriniň kynlaşmagy, işleriň bahasynyň dürli hili ýokarlanmagyna getirýär. Şonuň üçin talaplaryň ölçegiň geçirilmegine we taýýarlygyna çykdaýjylar bilen, ölçegiň netijesiniň takyklygyna laýyk getirmeli.

**Ölçegiň takyklygyna** ölçegi geçirýän adamyň taýýarlygy hem täsir edýär. Onuň ýörite taýýarlygy, degişli bilimleri, başarjaňlygy bolmaly we tejribe täzeliklerini bilmeli. Zähmetiň we dynç alyşyň düzgüne, synag geçirijiniň ýagdaýyna onuň ünsiligi we ykjamlygy hem uly orun tutýar.

Zähmetiň sanitar-gigiýena şertlerine hem uly üns berilýär: mikroklimat, howanyň arassalygy, ýagtylandyрма, önümçilik gohy (sesi), titreme we ş.m.

**Ölçegiň alynan netijesi,** köplenç ölçegiň beýleki netijeleri bilen deňeşdirmek üçin, ýa-da soňky hasaplamalar üçin ulanylýar, şonuň üçin diňe bir alynan netijäni görkezmän, eýsem tötänleýin we aýrylmadyk sistematiki ýalňyşlyklaryň bahasy hem görkezilýär.

Ölçegiň netijeleriniň anyk bahalary alynanda içki täsir ediji ululyklar hasaba alynýar.

Şeýlelikde, meselem, gowşak ýagtylandyrmada operator ölegiň netijesini nätakyk almagy mümkin.

Gurşap alnan howanyň temperaturasy üýtgäninde, abzallarda ýaýjygyň maýyşganlygy ýa-da şaýyň uzynlygy göniden-göni üýtgeýär.

Täsir ediji ululyklar aşakdaky toparlara bölünýär:

1. Klimatiki (howa) (gurşap alýan sredanyň  $t^0$ -sy, odnositel çyglylyk, atmosfera başsyy).

2. Elektrik we magnit (elektrik togunyň yrgyldysy, elektrik setdäki güýjenme, üýtgeýän toguň ýyglylygy, magnit meýdany we ş.m.).

3. Daşky ýüklenmeler (yrgyldylýar, yrgyly ýüklenmeler, aralyk şölenenme, atmosferanyň gaz düzümi we ş.m.)

Ölçegleriň belli bir bölegi üçin takyk şertleri (adaty) döredýärler. Adaty şertlere gabat gelyän fiziki ululygyň bahasyna ylaýyk baha diýilýär.

Daşky şertler ölçegiň düýpli ýalňyşlygyny döredýärler, olaryň peselmegi möhüm meseleleriň biri bolup durýar. Şeýlelikde ýalňyşlygy azaltmak üçin ölçegleriň awtomatizasiýasy ulanylýar. Temperaturanyň täsirini **termostatirlemek** üsti bilen ýok edýärler. Amortizatorlaryň ulanylmagy bilen yrgyldynyň täsirini ýok edýärler we ş.m.

**Ölçeg serişdeleriniň saýlanyşy**, ölçegiň hilini kesgitleýär. Ölçeg serişdeleri bilen ýerine ýetirilýän has kiçi takyklyk klasly bolan abzallar bilen hiliniň ölçegler önümiň zaýalygyna, nätakyk ylmy netijelere alyp barýar. Has ýokary takyklyk klasly geçirilende bolan ölçeg serişdelerini ulanmaklyk uly material (enjam) ýitgilerine getirýär.

**Köplenç ölçeg serişdeleriniň saýlawynda** hasaba alýarlar: ölçenilýän ululygy, ölçegiň usulyny, ölçegiň aralygyny, ölçegleriň ýalňyşlyklarynyň häsiýetnamasyny, ölçegiň ygtyýar berlen ýalňyşlygyny, ölçeg serişdeleriniň bahasyny, işletmede ýönekeýligine we ygtybarlylygyny.

Ölçeg serişdeleriniň jemleýji ýalňyşlygy aşakdaky ýagdaýda kesgitlenilýär.

$$\Delta = \Delta u + \Delta \delta s + \Delta t_s + \Delta o, \Delta \leq \Delta y \quad (3)$$

№	Täsir ediji ululyk	Täsir ediji ululygynyň ylaýyk bahasy
1.	Ölçeğiň ähli görnüşleri üçin temperatura	+ 20 <sup>0</sup> C (293 K)
2.	Gurşap alýan howanyň basyşy (elektrik, magnit ölçegler, aralyk söhledenmeler, t <sup>0</sup> , teplotehniki ölçegler).	100 kPa (750 mm.rt.st.)
3.	Agramy göni çyzykly, burçly ölçemek üçin, ýagtylyk güýjini ölçemek üçin gurşap alýan howanyň basyşy.	101,3 kPa (760 mrta)
4.	Göni çyzykly, burçly ölçegler üçin, agramy ölçemek üçin, spektroskopıya üçin howanyň otnositel çyglylygy.	58%
5.	Elektrik garşylygy ölçemek üçin howanyň otnositel çyglylygy.	55%
6.	Temperaturany, güýji, gatylygy, üýtgeýän elektrik togy, aralyk şöhlenmeleri ölçemek üçin howanyň otnositel çyglylygy.	65%
7.	Ölçeğiň beýleki görnüşleri üçin.	60%
8.	Howanyň dykzlylygy.	1,2 kg/m <sup>3</sup>
9.	Erkin düşmäniň tizlenmesi	9,8 m/s <sup>2</sup>
10.	Magnit induksiya (magnit meýdanynyň dartgynlylygy, elektrik we magnit ululyklary ölçemek üçin elektrostati meýdanyň.).	0

$\Delta$  - jemleýji ýalňyşlyk.

$\Delta u$  - ölçegiň usulynyň ýalňyşlygy.

$\Delta \text{ös}$  - ulanylýan ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlygy (ygtyýar berilen ýalňyşlygynyň çägi).



$\Delta t$  - täsir ediji şertleriň araçak ýalňyşlyg.

$\Delta o$  – operatoryň ýalňyşlygy

$\Delta y$  - ölçegleriň ygtyýar berilen ýalňyşlygy.

**Takyk** meseleleri çözmek üçin ölçegleriň dürli **usullaryny** ulanýarlar.

1. Göniden-göni bahalandyрма usuly - awtomatlaşdyrmak ýeňil bolan, örän sada ululyk, göniden-göni abzaldan kesgitlenilýär. Ölçeğiň takyklygy, abzallaryň ýaňlyşlyklary we täsir ediji faktorlaryň täsiri sebäpli uly däl.

2. Has takyk ölçegleri giçirilende differensial ýa-da nul usuly ulanylýar.

Differensial usulda ölçeg abzalyna göniden-göni ölçenilýän ululygyň we gaýtadan işlenen ölçegiň ululygynyň tapawudy berilýär. Bu ýerde usulyň ýalňyşlygy, ulanylýan ölçegiň ýalňyşlygy bilen kesgitlenilýär.

**Usulyň artykmaçlygy:** uly bolmadyk ululyklary ölçemek üçin takyk ölçegi we degişlilikde gödek abzaly ýasamak, umumylykda, ululyklary ölçemek üçin ýokary takyklykly ölçeg serişdelerini ýasanyňdan ýeňil.

**Nul usuly:** ölçenilýän ululygyň, bahasy belli bolan, ýöne indikatora biri-birine gapma garşy signallar berilýän we deňeşdirilende olar nul sany bolýan, ulululyk bilen deňeşdirmesinden durýar.

**Çalşyрма usuly:** bu takyk usul sebäbi, ölçenilýän ululyk we gaýtadan işlenilýän ölçeg şol bir şertlerde işlenilip düzülýär.

### **Ölçeğiň geçirilşi**

Ölçenleri geçirmek we gurnamak ygtybarly netijäni almak üçin uly orny eýeleýär.

Ölçeğiň netijesi aşakdakylara bagly:

1. Operatoryň hünär derejesine;
2. Onuň tehniki we tejribe taýýarlygyna

- 3 . Ölçeğ prosesiniň başlanmagyna çenli ölçegleriň we serişdeleriň barlagyna;
- 4 . Ölçeğiň saýlanan usulyňa.

Ölçeğ geçirilýän wagt operator ölçeg şertlerine gözegçilik hökmany etmeli, olary berlen düzgünde saklamaly hem-de howpsuzlyk düzgünlerini ýerine ýetirmeli, jemleýşi netijede talap edilýänden iki esse köp, sanlaryň bazasy bilen görkezmeleriň ýazgysyny ýöretmeli, toplumlary we beýleki ýalňyşlyklaryň bolup biljek çeşmelerini kesgitlemeli. Ölçege başlanmazdan öň operator ölçeg serişdelerini öňünden barlamaly, ýagny, dolandyryjy, sazlaýjy, düzüji we ş. m. organlaryň täsirini barlaýar, gaýtadan ulaşdyryjylaryň ýagdaýyny, elektrik üpjüjilik çeşmesiniň düzüwligini, ýere birikdiriji gurluşlary barlamaly.

### **Ölçeğiň netijelerini gaýtadan işlemek.**

- 1 . Ölçeğiň ýalňyşlyklaryny kesgitlemek  $\Delta A, \beta, \gamma$
2. Birnäçe ölçegleri gaýtadan işlemek ( $\Delta A_{or}$  boýunça) we tötänleýin ululygy hasaba almak

$$\Delta A = A_{or} \pm tu\sigma_A \quad (4)$$

### **Ölçeğiň ýalňyşlyklary.**

Ölçelýän ululyklaryň netijeleri olaryň diňe ýakynlaşan bahalaryny berýärler.

Ölçeğiň netijesiniň, ölçenilýän ululygyň hakyky bahasyndan üýtgemegine **ýalňyşlyk** diýilýär.

Absolýut ýalňyşlyk abzalyň görkezýäni bilen ölçelýän ululygyň hakyky bahasy aralaryndaky tapawuda deňdir.

$$\text{Absolýut ýalňyşlyk} - \Delta A = A_X - A; \quad (5)$$

$A_X$  – ölçeğiň netijesi;  $A$  – ölçenilýän ululygyň hakyky bahasy. Ölçelýän ululygyň bahasy nusga ölçeg serişdesi bilen abzal barlananda ýüze çykýar.

### **Otnasitel ýalňyşlyk**

$$\delta_A = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%; \quad (6)$$

A – belli dældigi üçin, A – ýerine praktikada synagyň netijesinde tapylýan (nusgalyk abzallary bilen) hakyky bahany goýýarlar we ol A örän ýakyndyr.

**Düzetme** – garşylykly alamaty bilen alynan absolýut ýalňyşlyk.  $G=\Delta A$

Ölçenilýän ululygyň hakyky bahasyny almak üçin, köp ýagdaýlarda ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlyklaryna düzetme girizmek ýoly bilen hasaplaýarlar. (Mesele: ölçegiň netijesi  $U_x = 209V$ , onuň hakyky bahasy bolsa  $U = 220V$ ,  $\Delta U = U_x - U = 209 - 220 = -11V$ ;  $\delta_u = \Delta U/U \cdot 100 = -11/220 \cdot 100 = -5\%$ .)

**Yzygider ýüze çykýan Sistematiki ýalňyşlyk** – hemişelik ýa-da belli kanun boýunça üýtgeýän ýalňyşlyk. Olary, düzetmäni girizmek bilen aýyryp bolar ( $t^\circ$ ,  $U$  – yrgyldysy, abzalyň graduirlemesiniň ýalňyşlygy). Tötänleýin ýalňyşlyk  $\Delta$ -ýeketäk we matematiki garaşylýan netijeleriniň arasyndaky tapawut.  $\Delta = x - M(x) = x - Jf(x)$

**Tötänleýin ýalňyşlyk** – şol bir ululygy birnäçe gezek ölçelenende tötänleýin ýagdaýda üýtgeýän ýalňyşlyk (ölçeg abzallarynyň daýançlaryndaky sürtülmedäki ýalňyşlyk). Olary synag üsti bilen aýyryp bolmaýar. Tötänleýin ýalňyşlyklaryň täsirini azaltmak – ol bir şertlerde birnäçe gezek ölçemekligiň üsti bilen ýetilýär, elektrik ölçegiň praktikasynda tötänleýik ýalňyşlygyň giňden ýaýran kanuny (Gaussyň) adaty kanundyr..

Onuň matematiki aňladyşy:

$$P(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\delta^2/2\sigma^2}; \quad (7)$$

bu ýerde  $P(\delta)$  – tötänleýin ýalňyşlygyň ähtimallygynyň dykzlygy –  $\delta$ ,  $\sigma$  – orta kwadrat üýtgemesi.

$$\delta = 0 \text{ bolanda } P(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}; \quad (8)$$

$\sigma - \rho$  gözegçilikleriň netijesindeki tötänleýin ýalňyşlyklaryň üsti bilen kesgitlenýär.

$$\sigma = \sqrt{(\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_n^2)/(n-1)}; \quad (9)$$

$$\rho_1 = a_1 - A_{or}; \quad \rho_2 = a_2 - A_{or}; \quad \rho_n = a_n - A_{or}.$$

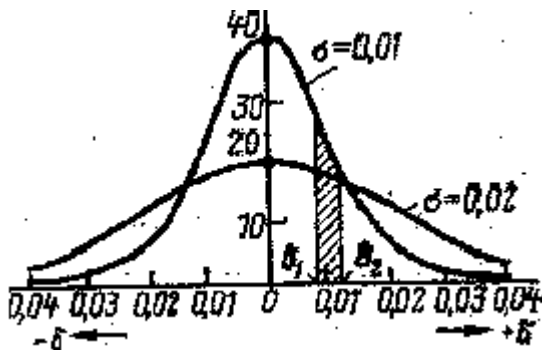
$A_{or}$  – orta arifmetik bahasy (eger  $\delta = 0$ , onda netije =  $A_{or}$  alyp bolýar):

$$A_{or} = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n)/n, \quad (10)$$

$a_1, a_2, a_n$  – aýratyň ölçegleriň netijeleri;

$n$  - ölçegleriň sany;

4-nji Çyzatda  $\sigma$  iki bahasy üçin (tötänleýin ululygy adaty bölmek) (1) deňleme boýunça egrileriň häsiýetnamasy görkezilen.



Çyz. 4.

4-nji Çyzatdan görnüşi ýaly,  $\sigma$  kiçi boldygyça, şonça-da kiçi bolan tötänleýin ýalňyşlyklar köp düşýär, başgaça aýdylanda ölçeg takyk ýerine ýetirilendir.

Egriler ordinata okuna simmetrik, sebäbi položitel we otrisatel ýalňyşlyklar birmeňzeş ýygy düşýarlar.

Eger ölçegiň netijesi hakyky bahasyndan uly bolsa položitel ýalňyşlyklar

Adaty kanunda  $\delta_1$  den  $\delta_2$  aralykda tötänleýin ýalňyşlygyň döremeginiň ähtimallygyny kesgitlemek üçin:

$$P = \int_{\delta_2 = -\infty}^{\delta_2 = +\infty} P(\delta) d\delta = 1. \quad (11)$$

şeylelikde tötänleýin ulululyklar üçin  $A_{or}$  – orta arifmetiki baha– ölçenilýän ululygyň has takygygy bolup durýar.

$A_{or}$  ölçegiň netijesiniň takyklygyny orta kwadrat we ähtimal ýalňyşlyklar bilen bahalandyryp bolýar.

Eger tötänleýin ýalňyşlyklar adaty kanun boýunça bölünen bolsa, onda orta arifmetik bahanyň orta kwadrat ýalňyşlygy:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_n^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad (12)$$

$n$  – ulalmagy bilen  $\sigma_A$  keçilýär.

Tötänleýin ýalňyşlyklaryň bölünme kanuny belli bolsa, käbir kabul edilen çäklerden çykmaýan dýalňyşlyklaryň döremeginiň ähtimallygyny kesgitläp bolar. Bu aralyga ynançly aralyk – onuň ähtimallygyna bolsa ynançly ähtimallyk diýilýär.

Ähtimallygyň  $\int$  - lynyň gözenegi boýunça bölmegiň adaty kanunynda ynançly aralygyň bahasyny kesgitläp bolýar.

Ynançly aralyklaryň ulalmagy bilen ynançly ähtimallygyň bahasy 1-iň çäginde ymtylyp ulalýar.

**Meselem:** ynançly aralyk üçin  $\delta_1 = -\sigma$  den  $\delta_1 = +\sigma$  çenli, ähtimallygyň ynançlygy  $P=0,68$ ; başgaça  $\delta - \sigma$  – dan uly dældiginiň ähtimallygy  $0,68$  deň.  $\delta_1 = -\infty$  dan  $\delta_2 = +\infty$  çenli tötänleýin ýalňyşlygynyň döremeginiň ähtimallygyň 1-e deň, onda absolýut bahasy boýunça ýalňyşlygyň döremeginiň ähtimallygy  $\sigma$  uly bolýar,  $1-0,68=0,32$  deň, başgaça takmynan üç ölçegiň diňe biri  $\sigma$  – uly ýalňyşlygy bolar.

**Ähtimal ýalňyşlyk** – ynançly ähtimallyk  $P=0,5$  bolanda ynançly aralyga deň – bu degişlilikde gaýtalanýan ölçeglerde  $\delta$

bir bölegi ähtimal ýalňyşlykdan kiçi, ikinji bölegi uly bolan ýalňyşlyk.

Ölçeğiň netijesiniň ähtimal ýalňyşlygy, başgaça  $A_{or}$  adaty kanunda:

$$E_A = \frac{2}{3} \sigma_A = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_n^2}{n(n-1)}}; \quad (13)$$

görkezilen usulda ynançly aralyklary kesgitlemek  $n > 20 \div 30$  bolanda kesgitlenilýär.

Praktikada  $E_A$   $n$  –uly bolmadyk ýagdaýynda kesgitlemeli bolýar, bu ýagdaýda Stýudentiň  $t_n$  koeffisiýentini ulanmak bolýar, ol habar kitapçalarynda  $P$  ynançly aralykda we ölçegiň mukdarynda  $n(t_n = f(P, n))$  getirilýär, başgaça:

$$E_A = \pm t_n \sigma_A; \quad (14)$$

Ölçeğiň otnositel netijesi:

$$A = A_{or} \pm t_n \sigma_A; \quad (15)$$

### Ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlyklary:

1. **Statiki ýalňyşlyk** – wagta görä hemişelik bolan ululyklary ölçenilendäki ýalňyşlyk.
2. **Dinamiki ýalňyşlyk** – bu dinamiki we statiki düzgünlerdäki ýalňyşlyklaryň aratapawudy.
3. **Esasy ýalňyşlyk** – adat şertlerdäki  $t_{kes.giň.}^0 = 20 \pm 5^\circ$  C ýalňyşlyk, içki elektrik we magnit meýdanlarynyň ýoklygy we ş. m.
4. **goşmaça ýalňyşlyk** – işletme şertleri adaty şertlerden üýtgände ýüze çykýan ýalňyşlyk.

### Ölçeg birliginiň ýalňyşlygy.

- a) **absolýut ýalňyşlyk** – onuň takyk (nominal) we hakyky bahalarynyň aratapawudy, sebäbi takyk bahasynyň onuň

hakyky bahasyna gabat gelýän ölçeg birligi taýýarlamak mümkin däl.

### Elektrik ölçeg abzallarynyň ýalňyşlyklary.

1. **Absolýut**  $\Delta = X_g - X$ ; (16)

$X_g$  – abzalyň görkezmesi;  $X$  – ölçeg ululygynyň hakyky bahasy.

2. **Otnositel**

$$\delta = \frac{X_g - X}{X} \cdot 100\% = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%; \quad (17)$$

$X$  – ýerine hakyky bahany ulanmak bolýar.

3. **Getirilen ýalňyşlyk**

$$\gamma = \frac{X_g - X}{X_N} \cdot 100\%; \quad (18)$$

$X_N$  – kadalaşdyryjy bahasy.

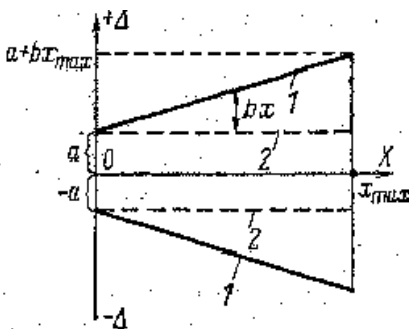
Birtarap şkalaly abzallar üçin

$X_N$  – abzalyň soňky bahasyna deň.

Şkalalysy ikitaraply abzal üçin

$X_N$  – soňky bahalaryň arifmetiki jemi.

Abzallar üçin  $\Delta = f(x)$  baglansygy (abzallaryň könelmegi we hatardan çykmagy) tötänleýin ýalňyşlyk bilen şertlenýär.



Çyz. 5

$\Delta$  bahasy iki sany 1 göni bilen çäklenen, X (ölçenilýän ululyk) artanda,  $\Delta \uparrow$ .

$|\Delta_{\max}| = |a| + |bx|$  maksimal bahasy – bu koordinatanyň başyndan geçmeýän çyzygyň deňlemesi.

$\Delta_{\max}$  – položitel we otrisatel bolup bilýär (ugurlara gyşarýar).

a – **additiw ýalňyşlygyň** çäklenen bahasy;

bx – **multiplikatiw ýalňyşlygyň** çäklenen bahasy;

a – x-e bagly däl; bx – x-e göni proporsional.

Additiw ýalňyşlygyň çeşmeleri – daýançlardaky sürtülme, hasaplamanýň ýalňyşlygy, ses, döretme, titreme. a – x-iň iň kiçi bahasyna täsir edýär.

bx – daşky täsiri netijesinde, abzallaryň düwünleriniň könelmegi bilen döreyär.

DOST esasynda abzallara kesgitli takyklyk klasy goýulýar. **Takyklyk klasy** – ygtyýar berilýän esasy we goşmaça ýalňyşlyklaryň çäklerini häsiýetlendirýär.

a > bx bolandaky abzallarda ýalňyşlyklaryň ähli bahalary 2 göniniň çäginde bolýar. şonuň çäin abzallaryň  $\Delta$  we  $\gamma$  şkalanyň işlendik nokadynda hemişelik bolýar. bular ýaly abzallarda hatardaky sonlaryň biri bilen görkezilýär:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$  bu ýerde  $n = 0; 1 - 1$ ; - 2 we ş. m.

meselem  $n = 0$ : takyklyk klasy 1; 1,5 we ş. m.

takyklyk klasy bir baha bilen görkezilýän abzallarda olaryň takyklyk klasy getirilen ýalňyşlygy %-de anladýar – bu dilli we özbaşdak ýazyjy abzallar.

a = bx bolan abzallarda takyklyk klasy gytak çyzyk bilen bölünen iki saň bilen bellenýär: 0,1 / 0,05, onda otnositel ýalňyşlygyň çäklendirilen bahasy %-de:  $|\delta_{\max}| = [c+d(|x_k/x| - 1)]\%$ ; (19)

$x_k$  – ölçeg aralygynyň soňky bahasy;

c we d – hemişelik sanlar; c/d – abzalyň takyklyk klasyny aňladýar. Olara köpriler, sanly abzallar, öwedi dolduryjylar degişlidir.



Analog abzallarynda hereketdäki böleginiň orun üýtgemeginde görkezmesi ölçenilýän ululygyň üznüksiz funksiýasy bolup durýar. Ol esasan hen görkeziji abzal bolup durýar.

### **Analog ölçeg abzallary:**

1. Hasaplaýjy gurluş (şkala + ugrukdyryjy) ugrukdyryjy ölçenilýän ölçeg ululygy ugrukdyryjynyň burç öwrülmesi, ölçeg mehanizmiň hereket edýän bölegi bilen bagly bolup hereket edýän böleginiň aýlanmasy  $M_{aýl.}$  ölçenilýän ululugyň täsiri bilen ýerine ýetirilýär. Hereket edýän böleginiň we ölçenilýän ululygyň bahasynyň arasyndaky birmeňzeş baglansyk üçin hökman hereket edýän bölegiň aýlanma burçuna göni baglansykly (proporsional)  $M_{t.täs}$  (terstäsir ediji pursaty)  $M_{t.täs}$  döretmeli.
2.  $M_{t.täs}$  döretmek üçin gurnama;
3.  $M_{köş}$  döretmek üçin gurnama;
4. Kiçi sürtülme pursatly hereket edýän bölegiň direg gurnamasy.

Analog we sanly abzallara we özgerdijilere tehniki talaplary umumy DOST 22261-76 gurnaýar. Bu DOST esasynda işlenilip düzülen aýratyn abzallar üçin DOST-ler bar, meselem DOST 8476-78 (Wattmetrler, warmetler).

DOST takyklyk klaslary, elektrik ýalňyşlyklara talaplary, şertli belgileri gurnaýar.

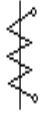
Adaty şertler:  $t^{\circ}=+20^{\circ}\text{C}$ ;  $P=760$  mm. Rt.st. çyglylyk=58%;



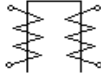
- magnitoelektrik sistemaly abzal;



- logometr;



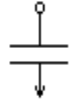
- elektromagnit sistemaly abzal;



- ferrodinamiki sistemaly abzal;



- induksion sistemaly abzal;



- elektrostatik sistemaly abzal;



- I const;



- I var;



- I const – I var;



- 3 fazaly tok;



- abzalyň iş ýagdaýy;

1,5; 1,5;



- takyklyk klaslary;



- synag edilen naprýaženiýe 2 kV.

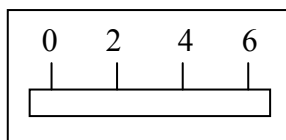
Ölçeg abzalyň görnüşi – Э 59, M265.

Düst laýyklykda analog abzallary 2 sagadyň dowamynda soňky bahasyndan 120%-deň, U naprýaženiýe ýa-

da I togyň ýuklenmesini saklamaly. 0,5-5,0 takyklyk klasy üçin abzallaryň tok urmasy 0,5c – dowamynda  $10_{\text{tak}}$ . Dost – şeýle klimat şertleri goýýar – 7 topar. Meselem: 4-nji topar üçin: howanyň  $t^{\circ}$  – iş şertleri  $-10^{\circ}\text{C}$  – dan  $+40^{\circ}\text{C}$  – çenli, howanyň iň uly otnositel çyglylygy 90%; haçanda howanyň kesgitlenen temperaturasy  $+30^{\circ}\text{C}$  we atmosfera basyşy 86 - 106 kPa. Abzalyň san görkezjisinde kinematiki howa şertler şular ýaly bellenilýär.

Hasaplaýjy gurnama:

Şkala san görkeziji + ugrukdyryja goýulýar. Şkala deňagramly we deňagramsyz. (deň agrmamsyz we dolylygy deň bolmadyk).



- deňagramsyz şkala.  $X_{\text{baş}}=0$ ;  $X_{\text{soň}}=6$ .

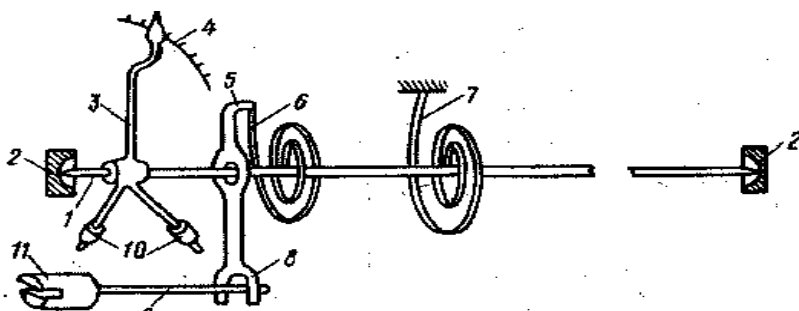
Görkezýän aralygy 0 – 6 deň (ýagny  $X_b$  we  $X_s$  aňladylýan nokatlar) ýalňyşlygyň tertip sany görkezilýän ýerinde. 2 – 6 ölçeg aralykly Çyzat üçin. Bu Çyzatda ölçegiň aşaky çägi – 2; ýokarkysy – 6. Şkala boýunça ölçegiň hasabaty ugrukdyryjy bilen ýerine ýetirilýän: a) Dilli; b) Ýagtylyk şöhlendirijisi ýagtylyk tegmil görnüşde ýagtylygyň şöhlesini emele getirýär. Ölçeg mehanizmininiň hereket edýän böleginde uly bolmadyk aýna goýulýar. Ýagtylygyň şöhlesi inçe görnüşli nokal çyrasy bilen döredilýär. Optikanyň kömegi bilen aýna tarap ugrukýar, şöhledenip ol reňkli aýnanyň inçe çyzygyna düşýär, ol şkalanyň aşagyndaky san görkezjisinde ýerleşen we sapak şekilli indikator görnüşi bilen ýagtylyk termilini emele getirýär. Aýna hereket edýän bölek bilen ornuny üýtgetýär. Diller: klin şekilli, pyçak şekilli, ok şekilli;

Hasabatnyň ýalňyşlygyny “parallaksdan“ kiçeltmek üçin “aýnaly şkalanyň dilli ugrukdyrjylary üçin ulanylýar. Şkalanyň aşagyndaky san görkezijide şkalanyň doly uzynlygyna inçe aýna çyzyklary ýerleşdirilýär. Gözegçi başda aýnadaky diliň şöhlelenmesini diliň özi bilen ornuny çalşyrýar.

Parallaks – gözegçiniň synlaýan burçy abzalyň şkalasynyň tekizligine degişlilikde göniden tapawutlanýar.

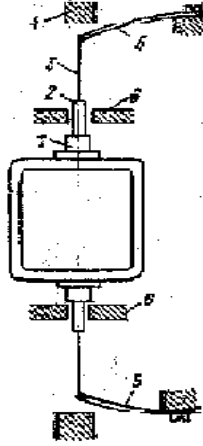
### **Ters täsir ediji pursaty döretmek üçin gurnama.**

Ters täsir ediji ýaýjyk we geňeltmeler. Ýaýjygyň ters täsiri – bronzadan ýasalan burma şekilli saralan sim görnüşinde. Burma şekilli saralan simli ýaýjygyň bir içki ujjy ölçenilýän mehanizmiň hereket edýän bölegine, beýleki daşky ujjy abzalyň hereketsiz bölegine berkidilýär. Şeýlelikde, ölçenilýän mehanizmde dörän aýlanma pursaty  $M_{aýl}$  aýlanma pursaty ters täsir ediji pursata deň bolýunça ters täsir ediji ýaýjygy aýlaýar. Köplenç  $M_{t.täs}$  döretmek üçin iki ýaýjyk ulanylýar, we olary  $t^0$  – ýalňyşlygyny kiçeltmek üçin ölçeg mehanizminiň hereket edýän böleginiň iki tarapyndan gurnaýarlar. Burma şekilli saralan simli ýaýjygy abzalyň hereketli bölegine tok geçirmek we dili üsti ýagdaýa gaýtarmak üçin hem ulanylýarlar.



Çyz. 6.

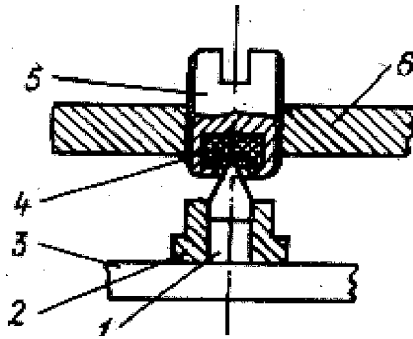
**Geňeltmeler** bronzadan, platinadan, kobalt – nikel – hrom ergininden ýasalan.



Çyz. 7.

Bu ini 0,08 den 0,35 mm çenli we diňligi 0,01 g-den 0,04 mm çenli bolan tasmalar. Köplenç 2 sany giňeltme ulanylýar, olar hareketli bölegiň 2 tarapyndan berkidilýär, beýleki iki ujy bolsa berk berkidelen. Şeýlelikde diňeltmeler diňe bir  $M_{ters}$  täs döretmän, eýsem hareketli bölegi hem berkidýärler. Giňeltmäni ýörite diregli gurluşlarda ulanmagyň zerurlygy ýok (kernalarda, podpýatniklerde) kerna – polatdan özen, ol hareketli bölege berkidilýär.

Podpýatnik – konusa gaty materialdan korund çuňluk görmüşinde.



Çyz. 8.

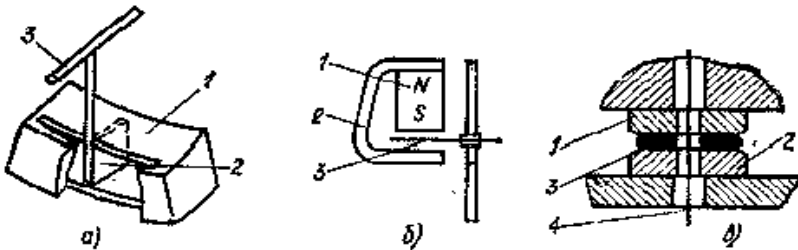
Konusa kern edilen:  $l = 3 \div 7 \text{ mm}$ ;  $d = 0,5 \div 0,75 \text{ mm}$ .

Togy giňeltmäniň üsti bilen eltýärler. Giňeltme abzalyň duýujylygyny ýokarlandyrýar. Burma şekilli simli ters täsir ediji ýájjeklaryň biriniň daşky ujy ýaly giňeltmeleriň biri hem, abzalyň hereketli bölegine däl-de, korridor diýip atlandyrylýan ýörite nurbata dili nula getirmek üçin berkidilýär.

### Köşeşdiriji pursaty döretmek üçin gurnama.

Abzalda düzgün  $M_{aýl} = -M_{ters} \text{ täs}$  bolanda gurnalýar, ölçenilýän ululyk üýtgände  $M_{aýl}$  üýtgeýär, we ol  $M_{t.täs}$  deň bolýança dil ol ya-da beýleki tarapa deňlik goýulýança ornuny üýtgeder. Hereketli böleginiň köşeşme wagtyny kiçeltmeli. Ýörite gurnamalar köşeşdiriji pursaty döredýär.

**Köşeşdirijiler** (uspokoiteli) – howaly, magnitinduksion ýa-da suwuklykly bolýarlar. Alýumin ganatdan (hereket edýän bölege berkidilýär) we kameradan (gözenek) durýar. Ganatyň howa bilen sürtülmesi netijesinde köşeşdiriji pursat döreýär (ýagny, howa kameranyň bir böleginden beýleki bölegine hereket edýär).



Çyz. 9.

**Magnitinduksion köşeşdiriji** – hereket etmeýän hemişelik magnit geçirijili 2 magnitdan (1) (birnäçe hemişelik magnitler mümkin) we hereket edýän bölek bilen berk berkidilen köşeşdirijiniň ganatyndan 3 durýar. Köşeşdirijiniň magnit däl materialdan ýasalan ganaty köplenç alýuminiden bolýar (sçýotçik). Hereket edýän böleginiň hereketinde we

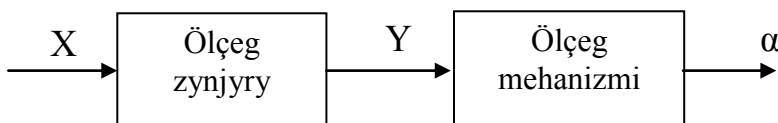
degişlilikde 3 onda meýdanyň kesişmesiniň täsirinde onda (1) köwlenme toklar gönükdirilýär. Köwlenme toklaryň hemişelik magnit meýdany bilen gatnaşygynda köşeşdiriji pursat döreýär.

Howaly köşeşdiriji bilen deňeşdireniňde artykmaçlygy, onda  $M_{k\ddot{o}s\ddot{s}}$  (magnitinduksion) sazlanşygy ýeňil bolýar ((1) mehanizmde sargy bilen goşmakmümkin), ýöne hemişelik magnit meýdany hereket edýän bölege täsir etmeýän ýagdaýda (sçýotçik) ulanylýar. **Suwuklykly köşeşdiriji** – 2 ýasy tegekden durýar. Bir ýasy tegek hereketli bölege, beýlekisi bolsa hereketsir bölege berkidilýär, olaryň arasyndaky boşluk  $0,1 \div 0,15$  mm. Ýasy tegekleriň arasynda ýörite haýalguraýan suwuklyklar guýulýar, olar suýunmäniň ýokarsyndaky deşikde saklanýar.  $M_{k\ddot{o}s\ddot{s}}$  şepbeşikligi bolan suwuklykdaky seplemedäki sürtülme esasynda ýüze çykýär

Suwuklyk köşeşdirijileri hereketli bölegi geňeltmelere birkidilen abzallarda ulanylýar. Geňeltme ýasy tegeklerdäki uly bolmadyk deşiklerden geçýär.

#### **Abzallaryň ölçeg mehanizmleri.**

Ähli elektromehaniki abzallar ölçeg zynjyryndan we ölçeg mehanizminden durýar.



Çyz. 10.

**Ölçeg zynjyry** ölçenilýän ululygy käbir aralykda X elektrik ululyga Y özgerdýär, ýagny  $Y = f_1(X)$ ; Y – bu I ýa-da U – ölçeg mehanizmine täsir edýär (giriş ululyk).

**Ölçeg mehanizmi** getirilen elektrik energiýany mehaniki energiýa özgerdýär ýagny hereketli bölegiň  $\alpha$  süýşmesi üçin, ýagny  $\alpha = f_2(Y)$ ;  $\alpha$  – köplenç, burç süýşmesi.

Hereketli bölegiň aýlanma pursaty  $M_{\text{aýl.}}$   $M = F_1$   
 $(X, \alpha)$  – funksiýa bolýa, ony elektromehaniki abzallar üçin  
aşakdaky görnüşde getirip bolýar:

$$M = \frac{dW_m}{d\alpha}; \quad (20)$$

$W_m$  – ölçeg mehanizminde toplanan (elektrik) magnit  
meýdanyň energiýasy.

Ters täsir ediji  $\alpha$  aýlanma burçunyň ulalmagy bilen  
ýüze çykýar, we  $M$  garşy ugrukdyrylan.

$$M_{t.\text{tä.s.}} = F_2(\alpha). \quad (21)$$

Hereketli bölegiň deňagramlylygy haçanda:

$$M + M_{t.\text{tä.s.}} = 0. \quad (22)$$

Onda bahalaryny goýup abzalyň mehanizminiň  
özgerme deňlemesini alarys:

$$\alpha = F(X); (F_1(X, \alpha) + F_2(\alpha) = 0). \quad (23)$$

### **Magnitoelektrik ölçeg mehanizmler.**

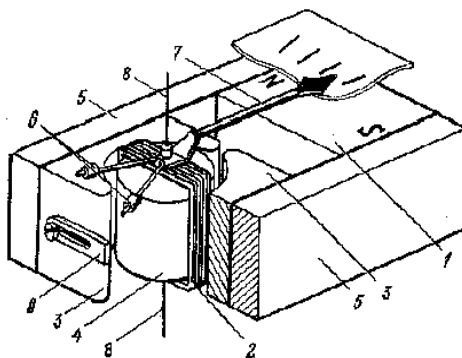
Onuň artykmaçlygy – bu hemişelik magnitiň  
energiýasynyň has gowy ulanylşy, ol (has kiçi) miniatýur  
abzallary döretmäge mümkinçilik berýär.

Magnit elektrik ölçeg mehanizmiň işleýşi hemişelik  
magnitiň magnit akymy bilen tokly tegegiň özara täsirine  
esaslanandyr. Özara täsir edýän elementleriň biri – tokly tegek  
(çarçuwajyk) ýa-da hemişelik magnit hereketdäki çarçuwajykly  
we daşky magnitli ölçeg mehanizmi has giňden  
ýaýrandyr. ölçeg mehanizmi şu aşakdakylardan durýar: daşky  
magnitlenýän, magnit geçirijiden we silindriki özendir.

Daşky magnit gaty magnit, silindriki özen bolsa  
ýumşak materialyndan taýýarlamak.



Hereketdäki silindriki özen magnitiň polýus mehanizmleriň arasyndaky howa boşlugynda deň ölçegli radial magnet meýdany diýilýär.



Çyz. 11.

- 1 – güýçli hemişelik magnet;
- 2 – hereket edýän tegek (gönü burçly şekilli tegek), alýumin özene saralan;
- 3 – polýusly uçluklar;
- 4 – magnetgeçiriji.

Aýlanma pursaty hemişelik magnitiň  $\Phi$  we tegekden geçýän toguň özara täsiriniň hasabyna döreýär.

Özeniň (5) we polyusly uçluklaryň arasyndaky howa deşiginde güýçli, deňagramly, radikal meýdan döreýär.

Ölçenilýän hemişelik tok  $I$  tegegiň sargysyna iki geňeltmäniň ýa-da iki burulma şekil sim ýaýjyklarynyň üsti bilen ertilýär.

$$M_{t.täs.} = \alpha, \quad (24) \quad \text{ýagny } M_{t.täs.} = -W\alpha,$$

bu ýerde  $W$  – udel ters täsir ediji pursat – ol berlen gurnama üçin hemişelikdir.

$$W = - \frac{M_{t.täs.}}{\alpha} \left[ \frac{Hm}{\text{grad}} \right]; \quad (25)$$

Tegekden I – const akyp geçende, tegege F – F goşa guýç täsir edýär, ol aýlanma pursaty döredýär.

**Şkalanyň deňlemesi:**

$$M = \frac{dWm}{d\alpha} = I \frac{d\psi}{d\alpha}; \quad (26)$$

$Wm$  – magnit meýdanynyň energiýasy.

Tegegiň  $d\alpha$  burça aýlanmasynda deňagramly magnit meýdanynda akymy tirkeme üýtgeýär:

$$d\psi = \beta \cdot l \cdot b \cdot w \cdot d\alpha = B \cdot S \cdot w \cdot d\alpha; \quad (27)$$

$B$  – howa deşigindäki magnit induksiýa;  
 $l$  – sargylaryň aktiw tarypynyň uzynlyga;  
 $b$  – tegegiň sarymynyň ortaça (giňligi) ini;  
 $w$  - tegegiň sarym sany;

$S = b \cdot l$  -tegegiň reaktiwlik meýdany.

(27) goýup, alýarys

$$M = B \cdot S \cdot w \cdot I = \psi_0 \cdot I; \quad (28)$$

bu ýerde  $B \cdot S \cdot w = \psi_0$  - 1 grad. deň bolan  $\alpha$  burça öwürlende tegegiň sargysynyň akymy tirkemäniň üýtgemägi.

Hereketli bölegiň gurnalan üýtgemesi.

$$M = - M_{t.täs.} \quad \text{ýa-da} \quad \psi_0 \cdot I = w \cdot \alpha;$$

$$\alpha = \frac{\psi_0 \cdot I}{W} = \frac{B \cdot S \cdot W}{W} \cdot I = S', I; \quad (29)$$

bu ýerde  $S'_1 = \alpha / I$  – tok boýunça mehanizmiň duýujylygy.

(29) – den hereketli bölegiň üýtgemesi toga göni baglansykly (proporsional), ýagny abzalyň deňagramly şkalasy bar.

Hereket bölegiň deňagramlylygy üçin ýükjagazlar ulanylýar.

Üýtgemäniň takyk burçyny sazlamak üçin mehanizmlerde magnit şuntly bar. Buýumşak magnit materialyndan ýasy gat, onuň üsti bilen magnit akymynyň bir bölegi geçýär. Onuň ornuny üýtgedip magnit şuntuna magnit akymy şahalandyrmagy sazlamak mümkin, we şunuň bilen belelikde howa deşiginde B-ni, zyzndan bolsa  $\alpha$  ölçemek mümkin.

**Köşeşdiriji** – magnitoinduksion – köwlenme toklary (alýumin) esasyda, tegegiň magnitlenýän ýerinde döreyär.

Magnit elektrik mehanizmleriň uly inersiýa pursaty bar, we diňe  $I = \text{const}$  ulanylýan. Sarym boýunça :

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \quad (30)$$

goýberilinde, T döwürde onuň ortaça bahasy 0.

$$I_{\text{or}} = I_m \cdot \int \sin \omega t \cdot dt = 0. \quad (31)$$

Onda  $M_{\text{or}} = 0$  bolar, ýagny  $\alpha = 0$ , şeýlelikde dil durar (temperatura ýalňyşlyklary döreyär).

**Artykmaçlyklary:** uly duýujylyk, kuwwatyň az sarplanmagy, içki magnit meýdanlarynyň az täsiri, göni çyzykly şkalaly.

**Ýetmezçilikleri:** düzülşiniň kynlygy, hemişelik magnit magnitsizlenýär, ýokary bahasy, şeýle – de üýtgeýäntoga we aşa ýüklenmä duýujylygy.

**Takyklyk klasy** – 0,1 we betar.

Milliampermetrlere derrew berilýär, ampermetrlere bolsa şuntuň üsti bilen.

**A we V hökmünde ulanylýar.**

V – birikdirmek üçin ölçenilýän U toga özgerdilýär. Munuň üçin ÖM zygiderlikde  $R_g$  birikdirilýär (manganinden).

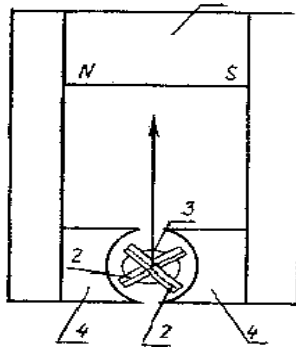
$$I_0 = U / (R_0 + R_g); \quad (32)$$

$I_0$  – doly üýtgame togy;

$R_g$  – U-ny ölçemek üçin bahasy formuladan tapylýar.

**Logometriki magnitoelektrik mehanizm.**

Munuň hereket edýän bölegi oka gaty berkidilen iki sany tegekten durýar.



Çyz. 12.

Bu ýerde  $M_{t.täs.}$  döretmek üçin ýaýjyklar gerek däl.  $I_1$  we  $I_2$  toklar tegeklere “pursatsyz tok geçirijileriniň” kömegi bilen ertilýär, olaryň  $M_{t.täs.}$  örän kiçi we hasaba alynmaýar. Tegeklere garşylykly taraplara ugrukdyrylan pursatlar täsir edýärler (biri aýlaýan, beýlekisi ters täsir edýän).

Serdeçnigiň (özeniň) (12) we polýusly uçluklaryň (12) şekili B howa deşiginde deňagramsyz bolan ýaly edip saýlanýlar.

Tegeklerniň induksiýasy:  $\beta_1 = f_1(\alpha)$ ,  $\beta_2 = f_2(\alpha)$ , onda pursat:  $M_1 = I_1 \cdot F_2(\alpha)$ ;  $-M_2 = I_2 \cdot F_2(\alpha)$ . (33)

Durnuklaşan bahasy  $M_1 = -M_2$  ýa-da

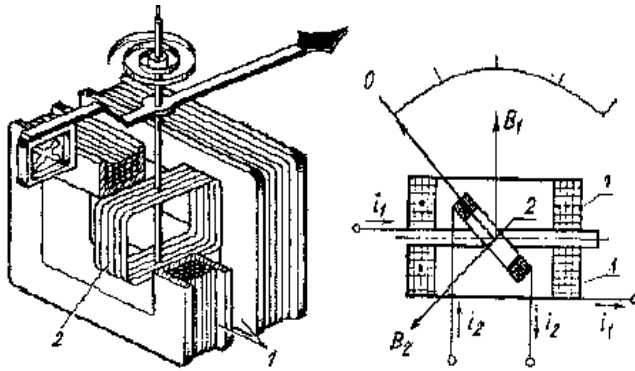
$$I_1 \cdot F_2(\alpha) = I_2 \cdot F_1(\alpha); \quad (34)$$

bu ýerden  $I_1 / I_2 = F_2(\alpha) / F_1(\alpha) = F_3(\alpha)$ ;

$$\alpha = F \cdot (I_1 / I_2); \quad (35)$$

şeyle ýagdaýda lagometr tegekleriň sargysyndan akýan toklara degişlilikde ölçýär.

### Elektrodinamiki mehanizmler.



Çyz. 13.

1 – hereketsiz tegekler (2 sany);

2 – hereket edýän tegekler - giňeltmelere berkidilýär we hereketsiziň içinde aýlanyp bilýär.

$i_1$  we  $i_2$  toklar akanda hereketli we hereketsiz bölekleriň magnit akymy gabat geler ýaly edip, hereket edýän bölegini aýlamaga ymtylýan elektromagnit güýçleri döreyär.

1 – 2 – bölekden ýerine ýetirilýär, olar deşik bilen bölünen, şoňa görä de magnit meýdanyň talap edilýän konfigurasiýasyna ýetilýär.

Togy hereket edýän bölege burum şekilli simli ýaýjygyň ýa-da giňeltmäniň üsti bilen eltilýär. Dilli ýa-da ýagtylyk ugrukdyryjylary ulanylýar.

Beýle sistemalaryň hususy magnit meýdany az, şonuň üçin oňa daşky magnit meýdany täsir edýär. Gorag üçin ekranlama ulanylýar, ýagny ÖM – ferromagnitmaterialyndan bolan ekranýň içinde ýerleşdirýäler.

Köşeşme howaly ýa-da magnitoinduksion.

**Şkalanyň deňlemesini çykaralyň:**

$I_1$  we  $I_2$  tokly tegekleriň magnit meýdanynyň energiýasy:

$$W_m = L_1 \cdot I_1^2 / 2 + L_2 \cdot I_2^2 / 2 + M_{12} \cdot I_1 \cdot I_2; \quad (36)$$

bu ýerde

$L_1, L_2$  – tegekleriň induktiwligi;

$M_{12}$  – tegekleriň biri – birine (özara) induktiwligi;

Ýone,  $M_{12} = \alpha$  – bagly, onda aýlanma pursaty:

$$M = \frac{dW_m}{d\alpha} = I_1 \cdot I_2 \cdot dM_{12} / d\alpha; \quad (37)$$

$$i_1 = I_{1m} \cdot \sin wt; \quad i_2 = I_{2m} \cdot \sin (wt + \psi)$$

akanda hereket edýän bölegi  $M_{or}$  täsir eder.

$$M = i_1 \cdot i_2 \cdot dM_{12} / d\alpha;$$

$$M_{or} = \frac{1}{T} \int_0^T M dt = \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T I_{1m} \cdot I_{2m} \cdot \sin wt \cdot \sin (wt - \psi) dt = \\ = I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi \cdot dM_{12} / d\alpha; \quad (38)$$

bu ýerde  $I_1, I_2$  – toklaryň täsir ediji bahasy.

Şeýlelikde  $M_{aý} = I_1 : I_2$ , şeýle hem  $\cos \psi$  ( $I_1 \wedge I_2$  arasyndaky  $\psi$ ), ýagny sistemanyň fazaduýujy häsiýetleri bar, şonuň üçin ol diňe  $I, U$ , ölçemek üçin däl-de  $P$  – ölçemek üçin hem ulanylýar. Eger  $M_{t.täs.}$  maýyşgak ýajjaklar bilen döreýän bolsa, durnuklaşan düzgüni  $M = -M_{t.täs.}$

$$I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi \cdot dM_{12} / d\alpha = W\alpha_1; \quad (39)$$

bu ýerden abzalyň üýtgemegi  $\alpha$  – üýtgeýän tok üçin.

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi \cdot dM_{12} / d\alpha; \quad (40)$$

ýagny şkalanyň häsiýeti  $I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi$  we  $dM_{12} / d\alpha$  önümine bagly.  $M_{12}$  – şekile, ölçeglere we tegekleriň özara ýerleşişine bagly, ýagny  $M_{12} = f(\alpha)$ .

$I$  – const akanda ( $I_1, I_2$ ), sebäpli  $\psi = 0$

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot dM_{12} / d\alpha. \quad (41)$$

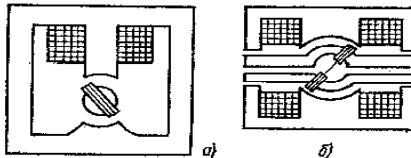
Bular ýaly sistemalaryň esasy artykmaçlyklary: hemişelik we üýtgeýän tokda birmeňzeş görkezmeli (tegekleriň zygider birikmesinde), ýagny birmeňzeş graduirläp bolýar.

**Ýetmezçilikleri:** uly bolmadyk duýujylyk, hususy uly kuwwatyň harçlanylşy, aşa ýüklenmä duýujylyk, daşky magnit meýdanlarynyň täsir etmegi.

$I$  – const we  $I$  var üçin tejribe abzallary goýberilýär (0,5; 0,2; 0,1) (A, V, W).

### Ferrodinamiki mehanizmler:

Elektrodinamikden hereket etmeyän tegeginde magnit ýumşak materialdan ýasalan magnit geçirijisiniň barlagy bilen tapawutlanýar.



Çyz. 14.

Olar 1 we 2 tegekli bolýarlar  $\Phi$  magnit geçiriji arkaly  $M_{a\dot{y}l}$  düýpli ulalýar. Şonuň üçin tegegiň MHG kiçelip we zzygiderlikde mehanizmiň hususy kuwwat sarp edişi kiçelýär. Hereket edýän tegek özensiz ýerine ýetirilýär.  $M_{t.täs.} = -W\alpha - \dot{\alpha}y$  ýajyklar döredýär.

FDM (ferrodinamiki mehanizm) hususy magnit meýdany güýçli, şonuň üçin daşky magnit meýdan az täsir adýär. Magnitgeçiriji şol bir wagtda ekran hem bolup durýar. Köşeşdirijileri – magnitoinduksion we suwuklyk görnüşde bolýar. Ýöne, magnitgeçirijiniň bolmagy gisterezislerden we aýlanma toklardan döreýän ýalňyşlyklary şertlendirýär, şonuň üçin FDM elektrodinamiki mehanizmiňkiden uly esasy ýalňyşlyga eýe.

FDM-de hereketsiz tegek magnitgeçirijilerde ýerleşýär, hereket edýän bolsa oka berkidilýär we howaly deşikde deňagramly we radial meýdanly ornuny üýtgedýär. Elektrodinamiki sistemalardan tapawutlylykda, deşikdäki magnit meýdany deňagramly we radial, onda  $dM_{12}/d\alpha = \text{const}$ , aňlatma bolsa adalatly bolýar. Mundan başga-da  $M_{12}$  bu ýerde magnitgeçirijiniň deşigindäki  $B_1$  özara täsiriniň netijesinde we hereket edýän tegekdäki toguň  $I_2$  netijesinde döreýär, onda  $M_{a\dot{y}}$  üçin aňlatma  $\text{Cos } \psi = \text{Cos } (I_1 \wedge I_2)$  girmän,  $\text{Cos } (\beta_1 \wedge I_2)$  girer. Onda aýlanma pursatynyň orta bahasy:

$$M = C \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot (\beta_1 \wedge I_2); \quad (42)$$

$C$  – const düzülýän ululylardan kesgitlenilýär. Magnitgeçirijiniň magnitlenme materilynyň göni çyzykly burçy ulanylýanlygy üçin,  $\beta_1 \equiv I_1$ ,  $\beta_1$  we  $I_1$  arasyndaky burç örän kiçi, ol polatdaky ýitgileriniň örän azlygy bilen şertlenýär, onda

$$M = C_1 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \text{Cos } \psi; \quad (43)$$

şkala deňlemesi bolsa

$$\alpha = \frac{C_1}{W} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \text{Cos } \psi. \quad (44)$$

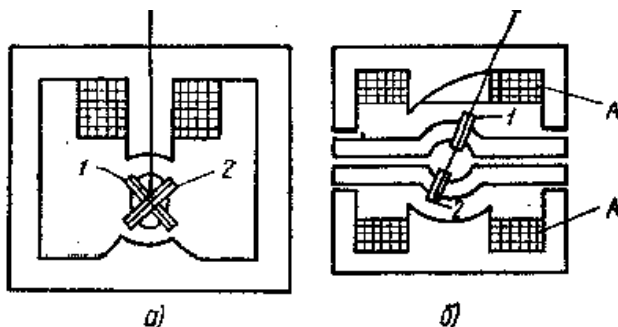
**Artykmaçlyklary:** daşky meýdanlara täsiriniň azlygy, hususy P sarp edişiniň kiçiligi,  $M_{a\dot{y}}$  ululygy.



**Ýetmezçilikleri:** elektrodinamikden takyklygy we ýyglyk aralygy erbet. Şonuň üçin hemişelik tokda diregli we ornuny üýtgedip bolýar. (A we V, t, kl. 1,5; 2,5 – üýtgeýänler 0,5; diregliler 0,2 we 0,5) I-Varulanyňsy artykmaçlygydyr.

**Elektrodinamiki we ferrodinamiki lagometrler** – olaryň esasynda fazalaryň, dykzlyklaryň, induktiwligiň we ýyglyklaryň we ş.m. burç süýşmesini ölçemek üçin abzallary ýasaýarlar (döredýärlerz).

Elektrodinamiki logometre seredeliň:



Çyz. 15.

Ol hereket etmeýän A tegekden (2 bölekden) we hereket etmeýän burç astynda berk berkidilen hereket edýän 1,2 tegeklere durýar. Hereket edýän tegeklere toklar pursatsyz tokgeçirijiniň üsti bilen ertilýär. Hereket etmeýän tegekden I akýar I we  $I_1$ ,  $I_2$  toklaryň özara täsirinde, ters ýerleşen taraplara ugrukdyrylan we hereket edýän böleginiň öwrülme burçuna bagly iki sany aýlanma pursaty  $M_1$ ,  $M_2$  ýüze çykýar.

Pursatyň orta bahalary

$$M_1 = C_1 \cdot I \cdot I_1 \cdot \cos \psi_1 f_1(\alpha); \quad (45)$$

$$-M_2 = C_2 \cdot I \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2 f_2(\alpha); \quad (46)$$

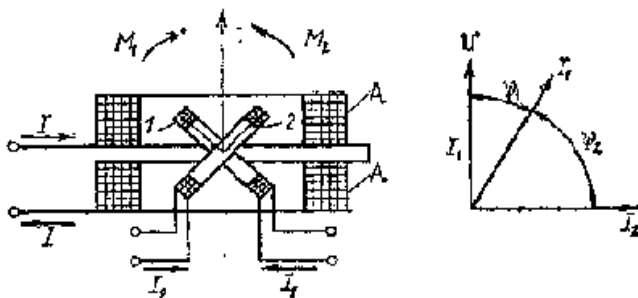
$\psi$  ( $I \wedge I_1$ );  $\psi_2$  ( $I \wedge I_2$ );  $C_1$ ,  $C_2$  – düzülşine bagly koeffisiýentler.

Bu pursatlaryň täsiri astynda hereket edýän bölegi  $M_1 = -M_2$  bolýança aýlanýar.

$$C_1 \cdot I \cdot I_1 \cdot \cos \psi_1 f_1(\alpha) = C_2 \cdot I \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2 f_2(\alpha),$$

$$I_2 \cdot \cos \psi_2 / I_1 \cdot \cos \psi_1 = C_1 \cdot f_1(\alpha) / C_2 \cdot f_2(\alpha) = f_3(\alpha). \quad (47)$$

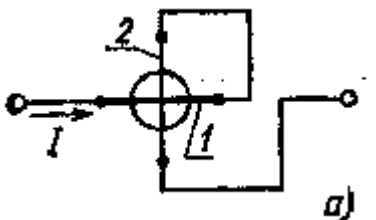
(47) – den elektrodinamiki logometriň öwrülme burçy hereketli tegeklerdäki toklaryň wektorynyň hereketsiz tegekdeki toguň wektoryna gatnaşygynyň proyeksiýasy bilen kesgitlenýär.



Çyz. 16.

Ferrodinamikilagometriň gurnamasy hem şuna meňzeş. Elektrodinamiki we ferrodinamiki sistemalaryň ampermetrleri we voltmetrleri.

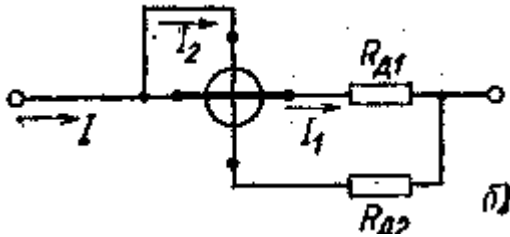
- 1) **Elektrodinamiki sistemadaky milliampermetrler** – bu ýerde ähli ölçenilýän tok yzygider birleşdirilen hereketli 2 we hereketsiz 1 tegekleriň üstünden geçýär, onda



Çyz. 17.

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot I^2 \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}; \quad (48)$$

- 2) 0,5 A we ýokary ampermetrler parallel birikdirilýär. Parallel zynjyrlaryň garşylygy ( $R_{g1}$ ,  $R_{g2}$ )  $I_2$  goşmaça bahasyndan uly bolmaz ýaly edip saýlanylýar.



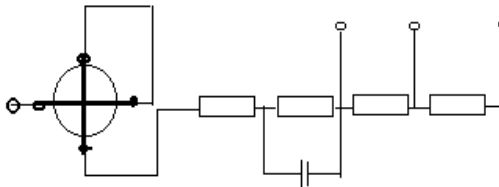
Çyz. 18.

$$I_1 = K_1 \cdot I; \quad I_2 = K_2 \cdot I; \quad K_1 + K_2 = 1, \text{ onda}$$

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot I^2 \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}. \quad (49)$$

ýagny elektrodinamiki sistemaalardaky ampermetrleriň toklary bilen kwadrat ( $I^2$ ) alynýar..

### Elektrodinamiki woltmetr.



Çyz. 19.

Bu ýerde tegekler manganinden ýasalan goşmaça ( $R_g$ ) garşylyga yzygider çatylan.

$$I = \frac{U}{Z_{v-woltmetra}}; \quad (50)$$

onda

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot \frac{U^2}{Z_v^2} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}; \quad (51)$$

ýagny ampermetrdäki ýaly kwadrat baglanşyklydyr.

Deňagramlyga ýakyn şkalany almak üçin ampermetrlerde we woltmetrlerde hereketli tegekleriň ölçegi, hereketli tegek bütünleýin diýen ýaly deňagramly magnit meýdanynda ýerleşer ýaly edip saýlaýarlar. Bu ýagdaýda, eger  $\beta - \alpha = 0$ -da ýasy tegekleriň arasyndaky başlangyç bur  $135^\circ$  bolsa (hereketli bölek  $0$  – belgide), onda hereketli bölegiň başlangyç ýagdaýdan  $\alpha$  burça gyşarmasynda:

$$M_{12} = C_1 \cdot \cos(\beta - \alpha), \text{ beýleki bolsa}$$

$$\frac{dM_{12}}{d\alpha} = C_1 \cdot \sin(\beta - \alpha). \quad (52)$$

$\alpha - 0$ -dan  $90^\circ$  çenli üýtgeýänligi üçin –  $\sin(\beta - \alpha)$   $0$ -dan  $45^\circ$  burçda ulalar,  $45^\circ$ -dan soň bolsa kiçeler. Şonuň üçin  $(1 \div 3)$  görnüşi ýaly ampermetrlerde we woltmetrlerde elektrodinamiki sistemanyň EHG takmynan şkala deň (başlangyç böleginden başgasyny) etmek mümkin bolýar.

A we V görkezmesine içki magnit meýdany,  $t^\circ$ ,  $f$ ,  $\beta$  (A) tegekleriň yzygider birikmesinde olaryň garşylygy tempnyň üýtgemegi bilen üýtgeýär, ýerleşişine täsir etmeýär, ýöne burum şekilli simli ýaýjyklaryň maýyşgak häsiýetini ölçäniňde  $t^\circ$  – temperatura ýalňyşlygy bölýär.

Tegekleriň parallel birikdireniňde temperaturanyň görkezmesine täsir edýänligi sebäpli tegekleriň garşylygyny ölçeniňde  $I_1$ ,  $I_2$  toklaryň täzeden ýaýramasy üýtgeýär.  $t^0$ -ra ýalňyşlygy parallel şahalardaky (olarda  $t^0$ -dan  $R$  az üýtgeýär) manganinden garşylyklary (goşmaça) saýlamak bilen öwezi doldurylýar.

**Ampermetrlerde ýygylýk ýalňyşlyklary** ( $f > 100$  Gs başlap) parallel şahalarda  $R_{g1}$ ,  $R_{g2}$  saýlanmagy bilen öwezi doldurylýar, ýagny  $L_1/R_1 = L_2/R_2$  parallel şahalaryň,  $L_1$ ,  $L_2$  – tegekleriň induktiwliginiň,  $R_1$ ,  $R_2$  – şahalaryň doly garşylyklarynyň wagtynyň hemişeligini birmeňzeşedýär.

**Woltmetrlerdäki ýygylýk ýalňyşlyklary** ( $f$  üýtgemegi woltmetriň doly garşylygynyň reaktiw düzüjisiniň üýtgemegine getirýär)  $C$  – birikdirilmegi bilenöwedi doldurylýar – ol bolsa goşmaça garşylygyň bölegini şuntirleýär.

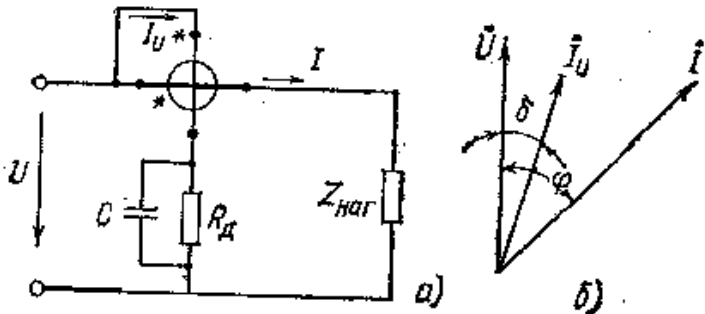
Ferrodinamiki  $A$  we  $V$  hem şuňa meňzeş.

### Elektrodinamiki we ferrodinamiki sistemanyň wattmetrleri.

Kuwwati  $P$  ölçemek üçin  $I$ -const we  $I$ -var praktikada elektrodinamiki we ferrodinamiki wattmetrler ulanylýar.

#### Elektrodinamiki wattmetr.

$I$ -const kuwwaty ölçenilende – hereketsiz tegek (iki bölegi hem) ýüklenme bilen yzygider birikdirilýär we ondan ýüklenme  $I$  togy geçýär.



Çyz. 20.

Hereketli tegege  $R_g$  bilen yzygiderlikde  $U$  güýjenme ertilýär we ondan  $I_u = U/R_u$  geçýär;  $R_u$  – parallel zynjyryň doly garşylygy.

Onda wattmetr üçin

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot \frac{U}{R_u} \cdot I \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} = \frac{K_1}{W} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot P ; \quad (53)$$

görsümiz ýaly hasan-da  $dM_{12}/d\alpha = \text{const}$  bolanda deňölçeqli bolýar.

Elektrodinamiki wattmetrde şkalanyň işçi böleginde bu şert hemişe tegekleriň kesgitli ölçeginiň saýlawynyň we olaryň başlangyç özara ýerleşişiniň ýoly bilen üpjün edilýär.

Wattmetri üýtgeýän toguň zynjyryna birikdirenimizde  $U = U_m \cdot \sin wt$ , onda  $i = I_m \cdot \sin (wt - \psi)$ , onda parallel zynjyrdaky tok

$$i = U_m \cdot \sin (wt - \delta) / Z_u,$$

$Z_u$  – parallel zynjyryň doly garşylygy, – induktiwlik üçin  $U$ -nuň  $I_u$ -dan yza galmagynyň burçy, parallel zynjyrd.

Onda

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot \frac{UI}{Z_u} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot \cos(\varphi - \delta) ; \quad (54)$$

$dM_{12}/d\alpha = \text{const}$  göz önüne tutp,  $Z_u = R_u/\cos \delta$  olarys

$$\alpha = \frac{K_1}{W} \cdot \frac{UI}{R_u} \cdot \cos \delta \cdot \cos(\varphi - \delta) ;$$

ýagny, gyşarma  $\alpha \equiv$  aktiw kuwwata şu şertde  $\delta=0$  ( $Z_u = R_u$ ). Şeýlelikde parallel zynjyrdaky tok  $U$  bilen faza boýunça gabat gelmeli (parallel zynjyrynyň aktiw garşylygy bolmaly), onda

$$\alpha = K_2 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = K_2 \cdot P; \quad (55)$$

$\delta$  burçy Csygym bilen wattmetriň parallel zynjyrynda goşmaça rezistory  $R_g$  şuntirläp azaldyp bolýar (ýgylygyň käbir bölümlerinde).

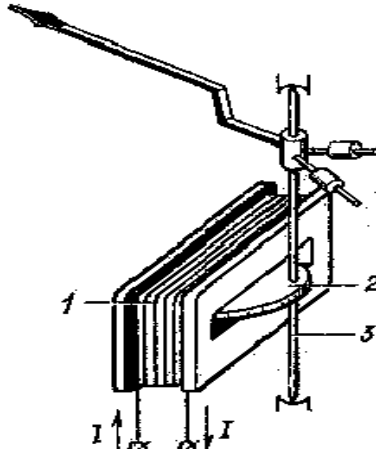
$R_u = Z_u$  ýerine ýetirilmesi derňewi we gradurowkany ýokary takyklyk bilen geçirmäge mümkinçilik berýär.

Ýalňyşlyklary elektrodinamiki A we V-däki ýaly we şolardaky ýaly aýyryp bolýar.

### **Elektromagnit sistemanyň mehanizmi.**

Işleýşi ber oka adatdan daşary berkidilen, bir ýa-da birnäçe ferromagnit özenli, sargysyndan ölçenilýäntok akyp geçýän, hereket etmeýän tegek tarapyndan döredilen magnit meýdanynyň özara täsirine esaslanan.

ÖM – tekiz we tegelek tegekli we çatylan magnitgeçirijili bolýar. Özeniň iteklemesinde işleýär.

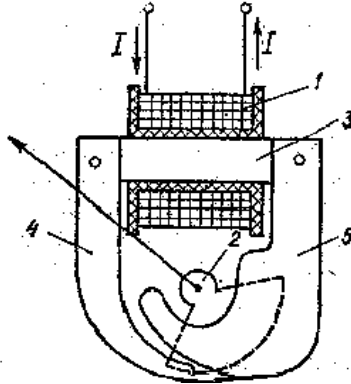


Çyz. 21.

Tekiz tegekli (1) (sargysy mis simden), 2 – disk, 3 – ýokary magnit geçirijilikli ferromagnit materialyndan bolan

özen.  $M_{t.täs.}$  (burum şekilli simli ýaýjykly we geňeltmeli).  
 Köşeşme – magnitin iduksion ýa-da suwuklykly.

**Çatylan magnitgeçirijili mehanizmler** – has täze  
 (häzirki zaman) bolup durýarlar.



Çyz. 22.

1 Tegek hereket etmeýän magnitgeçirijide 3 iki jubit halkary 4 we 5 bilen ýerleşen.

3, 4, 5 – magnit ýumşak materialdan ýerine ýetirilen. Hereket edýän özen – 2 geňeltmä berkidilen magnit ýumşak (permanoýa) materialdan, polýus uçlularyň arasyndaky deşikde ýerleşip bilýär.

Suwuklykly köşeşme.

Tegekden I akyp geçende hereket edýän özene 2 täsir edip meýdanyň energiýasy has uly bolar ýaly, ony ýerleş dirmäge ymtylýan magnit meýdany ýüze çykýar.

$$W_m = I^2 \cdot L / 2; \quad (56)$$

L – tegegiň induktiwligi.

Onda

$$M = \frac{dM_m}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2 ; \quad (57)$$

Haçanda-da  $i = I_m \cdot \sin \omega t$ .



$$M_{or} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot \frac{i}{T} \int_0^T i^2 dt = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2 ; \quad (58)$$

I – toguň täsir ediji bahasy.

Haçan-da  $M = -M_{t.täs.}$ ,

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2 = W\alpha ; \quad (59)$$

$$\alpha = \frac{1}{2W} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2 ; \quad (60)$$

Şonuň üçin elektromagnit sistemanyň abzallaryň şkalasy deňölçegli дәl. Köplenç elektromagnit mehanizmlerinde özeniň şekili, şkala doly diýen ýaly deňölçegli bolar ýaly edip, onuň soňky bahasyndan başlap 15 – 20% saýlanylýar.

I – Var-da elektromagnit sistemaly ÖM işlände özende we metalliki bölejiklerde (gurşap alýan) özeniň magnitsizlenmegi, köwlenme toklary ýüze çykýar. Munuň netijesinde I – Var-daky görkezme I-const – bizazyrak az. Gözkezilen tapawut f – ulalmagy bilen ulalýar, ýöne f=50Gs bolanda ol uly дәl. Magnit meýdanynyň täsirinden ekranlama ulanylýar.

**Ýetmezçilikler:** deňölçeksiz şkala, daşky magnit meýdanlarynyň täsiri, uly hususy kuwwat harçlamasy.

**Artykmaçlyklary:** I – const we I-Var ulanylýp bolýar, ýönekeýligi, aşa ýüklenme toklaryna çydamlylygy. Germewli A we V ulanylýar (t. Kl. 1,0) we has kiçi tak. Klasy I- Var zynjyrlarynda.

Üýtgetýän köpçäkli abzallar t. Kl. 0,5.

Lagometrler A we V.

Ampermetrlerde ähli ölçenilýän tok tegekden geçýär:

100 A – haçan-da hereketrlil bölege direglere berkidilen

bolsa;

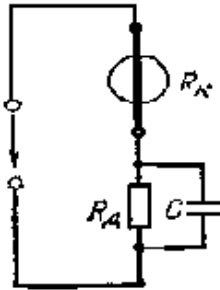
50 A – haçan-da hereketli bölegi giňeltmelere berkidilen bolsa;

20 A – çatyk magnitgeçirijili mehanizmlerde.

$I_{\text{laý}} = 100$  A bolan ampermetrlerde tegekde şinanyň ýogyn misinden bir sarym bar. Göni birikdirmede 200 A çenli, ýokary bolsa ölçeg tok transformatorynyň üstünden birikdirilýär.

$t^{\circ}$ , ýygylýk ýalňyşlyklaruly däl – sebäbi ähli I tegegiň üstünden geçýär.

### Elektromagnit sistemaly woltmetrler.



Çyz. 23.

$R_g$  (manganinden) zygider birikdirilýär.  $f$  – üýtgemegi bu ýerde köp bolýar.  $f$  – ulalmagu bilen woltmetriň tegeginiň garşylygynyň reaktiw ýagdaýy ulalýar ( $R_g$ ), ( $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ ). Şonuň üçin onuň düzüjisini kiçeltmek üçin  $C$  birikdirýärler.

**Goýberilýär:** üýtgeýän 10 mA-den 10 A çenli, germewli: 300 A çenli, içki tok transformatory bilen. 15 kA çenli, daşky tok transformatory bilen.

Göşme V: 1,5-den 600 V çenli

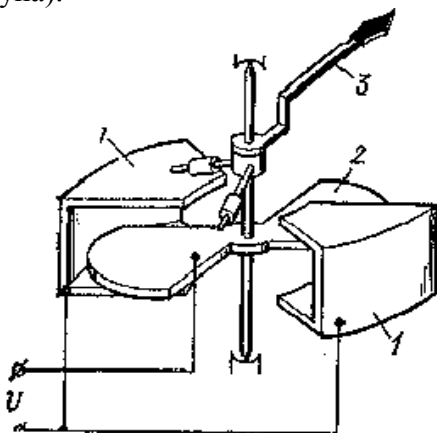
Germewli: 0,5-den 600 V çenli

450 kV çenli U güýjenme transformatory bilen birikdirilýär.

şeyle-de

### Elektrostatiki ölçeg mehanizmleri.

Üýtgeýän we hemişelik toguň woltmetrleri hökmünde ulanylýar. Munda hereketli bölegiň orun üýtgetmesi 2 ýa-da birnäçe elektrik zarýadlanan simleriň elektrik meýdanynyň täsiri astynda amala aşyrylýar, ýagny ornuny üýtgetmegi goýulan  $U$ -ň hasabyna amala aşyrylýar. Şonuň üçin olar woltmetrlerde ulanylýar. Hereketli bölegiň ornuny üýtgemegi sistemanyň sygymynyň üýtgemegi bilen bagly (elektrodlaryň meýdanynyň hasabyna ýa-da elektrodlaryň arasyndaky aralygyň hasabyna).



Çyz. 24.

1 – hereketsiz elektrodlar, elektriki birikdirilen.

2 – hereketli bölegi.

$U$  – täsiri astynda hereketli bölegi aýlamaga ymtylýan elektrik meýdan döreyär.

$W_0 = U^2 \cdot C / 2$ , (2 – 1-e çekilerýaly).

$C$  – hereketli we hereketsiz bölegleriň arasyndaky sygym. Hereketli bölek diregleri, getirmelerde. Elektrodlar alýuminden. Köşeşdirijileri magnitoinduksion, käwagtlar howaly aýlanma pursaty:

$$M = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot \frac{dC}{d\alpha}; \quad (61)$$

Haçan-da  $U=U_m \sin \omega t$ , hereketli bölegi özüniň inertliliginiň netijesinde orta pursata täsir edýär.

$$M_{\text{or}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dC}{d\alpha} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot \frac{dC}{d\alpha}; \quad (62)$$

$U$  – täsir ediji baha.

Statiki deňagramlylyk  $M=-M_{\text{t.äs.}}$ .

$$\frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dC}{d\alpha} = W\alpha; \quad (63)$$

$$\alpha = \frac{1}{2W} \cdot \frac{dC}{d\alpha} \cdot U^2; \quad (64)$$

Ýagny şkala kwadratik görnüşde we deňölçegsiz we  $\frac{dC}{d\alpha}$  göni baglanşykly. Elektrodларыň laýyk şekilini saýlamagyň we olaryň özara täsiriniň ýoly bilen ölçegiň ýokarky çäginde 15%-den 100% çenli doly diýen ýaly deňölçegli şkalany üpjün etmäge mümkinçilik berýän  $\frac{dC}{d\alpha}$  ýaly baglanşygy alýarlar.

$V$  hususy harçlamasy uly däl, şonuň üçin daşky meýdanlardan ekranlaýarlar (metalliki göwre, metalliki falga – haçanda göwre plastmassadan bolanda, abzalyň içki üsti örtülýän alýumin kraskasy(reňki)). Ekran elektrodларыň biri bilen birleşýär we ýere birikýär (zeminlenýär).

Elektrostatiki woltmetrleriň ölçeg aralygynyň giňelmeği üýtgeýän tokda goşmaça kondensatoryň  $C_g$ , ýa-da sygym bölüjiniň  $U$  birikmeği bilen amala aşyrylýar.

Goşmaça  $C_g$  sygym bölüjili.

Hemişelik tokda çägiň giňelmesi üçin rezistiw bölüji  $U$  ulanylýar.

$$\frac{U}{U_v} = \frac{R_1 + R_2 + R_v}{R_2}. \quad (65)$$

$$\frac{U}{U_v} = \frac{C_v + C_g}{C_g}; \quad (66)$$

$U$  – ölçenilýän güýjenme.

$U_v$  –  $V$  – güýjenmesi.

$$\frac{U}{U_v} = \frac{C_1 + C_2 + C_v}{C_2}. \quad (67)$$

Eger  $C_1 \gg C_v$  onda  $\frac{U}{U_v}$  woltmetriň görkezmesine hiç

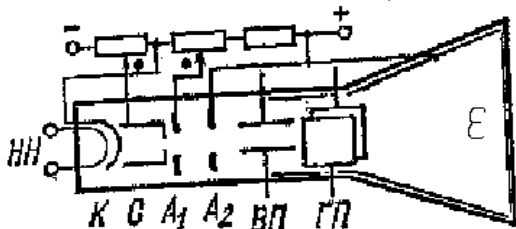
hili bagly däl diýen ýaly we şkala ýoýulmaýar.

Ýerli senagatda göçme we diregli  $V$   $U=10W$ -dan  $300 kW$  – çenli goýberilýär.

### **Elektron – şöhle ossillografy (EŞO).**

EŞO – hemişelik tokdan onlarça megagers ýygylklaryň aralygynda (güýjenme şeklinde) elektrik signallaryň şekiline uzak aralykdan gözegçilik etmek, ölçemek, hasaba almak üçin ulanylýar. (Sinusoidal güýjenmäniň,  $f$ , we düzüji kompleks garşylygyň arasyndaky faza süýşmesini ölçemek üçin ulanylýar.

EŞO esasy düwüni, elektrik signaly ýagtylyk şekline özgerdýän, aýna kolba görnüşli, özünde wakuum (boşluk) eredilýär elektron şöhle turbajyk bolup durýar.



{ K – katod, gyzma sapagy (gs) bilen gyzdyrylý a.  
 { (C)T – tor, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> – anodlar.

“elektron puşka” – elektron şöhlesini almak üçin.

Üýtgeýji sistema – şöhläni dikligine üýtgetmek çäin – gorizonta gatlar – DÜ(dikligine üýtgeýän gatlar), dik gatlar – şöhläni keseligine üýtgetmek (gatyň keseligine üýtgemegi KÜ).

E – turbajygyň ekran, ýörite jisim – lýuminofor bilen örtülen, onuň oňa urulýan elektronlaryň täsiri astynda şöhlelenme ukyby bar. Katodyň üsti gyzma sapaganyň kömegi bilen gyzdyrmada elektronlaryny ýeňil berýän, oksid jisimi bilen öztülen. Kese kesigi deşikli silindr şekili bar bolan tora katoda degişlilikde otirisatel we sazlanýlan güýjenme U berilýär; ol şöhledäki elektronlaryň mukdaryny üýtgetmek, we şonuň hasabyna ekrandaky tegmiliň ýagtylygyny sazlamak üçin ulanylýar. Görkezilen sazlama “Ýagtylyk” öňdäki gata çykarylýar.

Birinji anodyň A<sub>1</sub> kömegi bilen elektron şöhle ekranda fokusirlenýär, A<sub>2</sub> ikinji bilen bolsa, hökman gerek tizlige çenli tizlenýär. A<sub>1</sub> – öňdäki gata – “Fokus” – çykarylýar, onuň üsti bilen A<sub>1</sub> berilýän güýjenme sazlanýlar. Elektronlaryň ekran E bilen çaknyşmagynda olaryň kinetiki energiýasy lýuminofor jisiniň gatnaşmagy bilen ýagtylyk şöhlelenmesine özgerýär.

Gatlaryň arasynda uçýan elektronlaryň üýtgemegi, gatlara birilýän güýjenme bilen döreyän, elektrik meýdanyň täsiri astynda bolup geçýär.

Çalşyрма netijesinde ekranda şöhlelenýäntegmiliň döremegi:

$$h = lLU/d \cdot \varphi_{A2} \quad (68)$$

formula bilen kesgitlenilýär.

$l$  – elektronlaryň hereketine ugrukdyrylan gatyň uzynlygy;

$L$  – gatyň ortasyndan ekrana çenli aralyk;

$d$  – gatlaryň arasyndaky aralyk;

$\varphi_{A2}$  –  $A_2$  anodyň katoda degişlilikde potensialy;

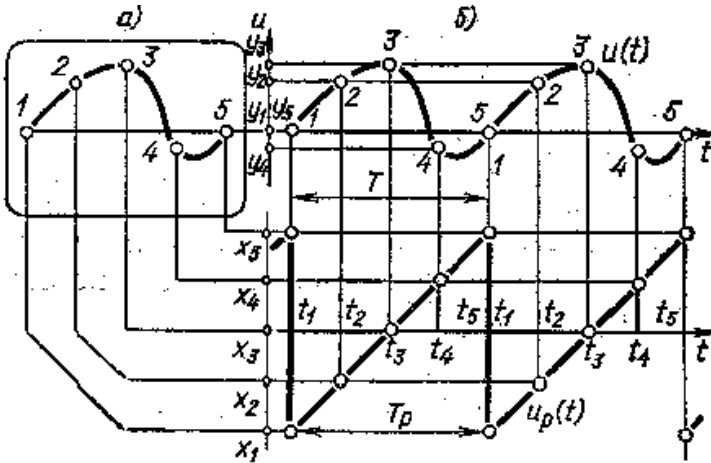
$U$  – gatlara ertilýän güýjenme.

Turbajygyň içki üsti  $A_2$  bilen birleşýän, metallyň ýa-da grafitiň geçiriji gatlagy bilen örtülen. Bu gatlak elektrostatiki ekran bolup durýar we turbajygy daşky elektrik meýdanyň täsirinden goraýar. Daşky magnit meýdandan goramak üçin turbajygy magnit ýumşak materialdan ýasalan örtüğe yerleşdirýärler.

Ossillografiýň ekranynda (perdesinde) şekili almak.

Gözegçilik edilýän signal  $U_y(t)$  dikligine üýtgän gata  $D\ddot{U}$  ( $y$  ýaýlymy) berilýär.

Şekil almak üçin, göwürmäniň  $U_x(t)$  göni çyzykly ösýän güýjenmesiniň keseligine üýtgän gata berilmegi bilen üpjün edilýän şöhle, şol bir wagtyň özünde hemişelik tizlik bilen ( $x$  oky boýunça) keseligine hökman ornuny üýtgetmeli. (Şöhläniň bir özi  $t_1$ -e keseligine ( $K\ddot{U}$ ) ornuny üýtgetýär, şonuň



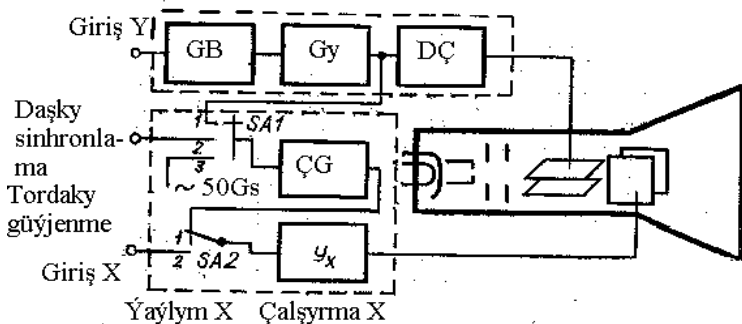
Çyz. 26.

üçin 1 nokady almak üçin KÜ hem güýjenme bolmaly).

X ýaýlymynda çöwürme generatorynyň ýygylgy ýeterlik däl durnuklaşdyrylan. Ossillografiýň ekranynda durnukly şekili almak üçin hökman  $T_p = nT$  deňligi ýerine ýetirmeli, bu ýerde  $T_p$  – çöwürmäniň güýjenmesiniň döwri ( $U_x$ ),  $T$  – gözegçilik edilýän güýjenmäniň döwri  $U(t)$ ;  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Bu deňlik, çöwürme generatorynyň ýygylgyny, gözegçilik edilýän güýjenmäniň ýygylgyna görä düzýän sinhronlama gurluşy bilen üpjün edilýär. Eger düzme gözegçilik edilýän signalyň öze tarapyndan amala aşyrylsa, onda ol “içki sinhronlama” diýip, eger haýsydyr bir başga signal tarapyndan bolsa “daşky sinhronlama” diýip atlandyrylýar.



## Elektron ossillografyň hurluşy we häsiýetnemesy.



Çyz. 27.

Ýaýlam Y (GB – güýjenme bölüji, güýçlendiriji Gy, duruzma çyzygy DÇ).

Ýaýlam X (ÇG – çöwürme generatory, güýçlendiriji Gx).

DÇ – güýjenmäniň itergileriniň oň tarapyna gözegçilik etmek üçin.

SA<sub>1</sub> { → 1 – içki sinhronlama  
2 – daşaş sinhronlama  
3 – setiň güýjenmesinden sinhronlama

SA<sub>2</sub> { → 1 – çöwürme generatory birikdiril ýär  
→ 2 – X - kanaly boýunça güýçlenme düzgüninde ulanylýar

Şöhläniň X we Y oky boýunça çalşymasy, zynjyrdak dik ýa-da kese gatlara birikdirilýan potensiometr bilen amala aşyrylýar.

## Ölçeg abzallarynyň häsiýetnamasy.

1. **Abzalyň görkezmeleriniň özgermesi** – bu ölçenilýän ululygyň şol bir bahasynda abzalyň görkezmesiniň iň uly tapawudy. Ol şkalanyň birinji gezek başyndaky, ikinji gezek şonundaky belliginden hereket edende, diliň synag edilýän bellige (ölçenilýän ululyga) endigan ýakynlaşmagy bilen kesgitlenýär.

Özgerme abzalyň görkezmesiniň durnuklylygyny häsiýetlendirýär. Özgerme (вариация) hereket edýän bölegiň daýançlaryndaky süýtülmeden ýüze çykyp bilýär.

2. **Duýujylyk.**

$$S = \frac{d\alpha}{dx} = F(x); \quad (69)$$

$\alpha$  – gönükdirijiniň ornuny üýtgemesi.

$S$  – düşünje sanly abzallarda ulanylmaýar.

Eger  $S$  –  $x$ -e bagly däl bolsa, başgaça  $x = \text{const}$ , onda  $S = \alpha/x$ ;  $S = \text{const}$  abzallarda  $\alpha \equiv x$ , ýagny abzalyň şkalasy deňölçegi. Duýujylygyň öz ululygy bar, şonuň üçin ampermetr üçin toguň duýujylygy we ş. m. diýilýär.

$$S_I = 10 \text{ böl}/A.$$

3. **Duýujylyga ters ululyk** –  $1/S$  – abzalyň bölünme bahasy (hemişelik),  $c = 0,1 \text{ V/böl}$ .
4. **Abzalyň ulanyan kuwwaty** – örän biz  $10^{-12} - 15 \text{ Wt}$ .
5. **Abzalyň görkezmesini bellemek wagty** – ölçenilýän ululygyň üýtgame pursatyndan onuň bellenen bahasyna çenli wagty (bellenen bahadan  $1,5\%$  üýtgemäge ygtyýar berilýär).
6. **Ölçeg wagty** (sanly abzallar üçin) – ölçenilýän ululygyň üýtgän pursatyndan, täze netije alýan pursatyna çenli wagty.

7. **Ygtybarlylyk** – berlen wagt aralygynda kesgitli şertlerde abzalyň berlen häsiýetnamalary saklap bilmek ukyby.
8. **Bosumasyz işlemek ähtimallygy** – üznüksiz işlemeginiň kesgitlemen wagty aralygynda bir gezek hem bozulmazlygynyň ähtimallygy.  
Meselem Э8027 tipli woltmetrler we ampermetrler üçin bozulmasyz işlemeginiň ähtimallygynyň minimal bahasy 2000 sagatda 0,96. Ýagny 2000 s. işleýän 100 abzalyň 4-sine bejergi gezek bolar.
9. **Kepillendirilen möhlet** - öndüriji – zawodyň abzalyň işletmesiniň düzgünlerini ýerine ýetireniňde, abzalyň düzedilen işwagt aralygyna kepilnamasy.  
Meselem Э373 – tipli çastotomerler (ýygrylyk ölçýji gural) – 11 ýyl, mikroampermetrler – 36 ýyl.

### **Esasy elektrik ululyklaryň ölçegleri.**

Etalon – onuň ölçegini beýleki ölçeg serişdelerine geçirmek üçin fiziki ululyklaryň birligini ýygnamagy we gaýtadan işlemegi üpjün edýän ölçeg serişdesi.

**Işçi ölçegler** – ululyklaryň takyk bahalarynyň diň aralyklary üçin, ölçeg abzallarynyň degşirmesinde ulanmak üçin we önümçilik kärhanalarynda, ylmy guramalarda ölçemek üçin taýýarlanylýar.

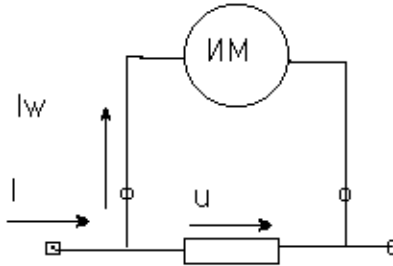
**Nusgalyk ölçegler** – işçi ölçegleriň we ölçeg abzallaryň barlagy we gradirowkasy üçin niýetlenen 3 derejä bölünýär. I – derejeli nusgalyk ölçegler has takygy, olar işçi etalonlar bilen barlanylýar. II – derejeliler I - derejeli nusgalyk ölçegler boýunça barlanylýar.

### **Toklaryň we napryženiýäniň özgerdijileri.**

#### **Şuntlar we goşmaça rezistorlar.**

**Şunt** – togy  $U$  – güýjenmä özgerdýän ýönekeý özgerdijidir. Bu 4 gysgyçly rezistor. Iki sany I tok berilýän

giriş gysgyçlary we iki sany U alynýan çykyş gysgyçlary. Potensial gysgyçlara abzalyň ölçeg mehanizmini (ÖM) birleşdirýärler.



Çyz. 28.

Şunt  $I_{\text{tak}}$  we  $U_{\text{tak}}$  bilen häsiýetlendirilýär, onda

$$R_{\text{Ş}} = \frac{U_{\text{tak}}}{I_{\text{tak}}} \cdot (70)$$

Şuntlar ölçeg mehanizmleriniň tok boýunça ölçeg çäklerini giňeltmek üçin ulanylýar (ampermetrler 5 A-e), bu ýagdaýda ölçenilýän toguň uly bölegini şuntandan, kiçi bölegine bolsa ÖM geçirýärler. Şuntlaryň uly bolmadyk garşylyklary bar, we esasan hem  $I - \text{const}$  bolan zynjyrlarda we magnitoelektrik ölçeg mehanizmlerinde ulanylýar.

1 Çyzatdan Omyň kanuny boýunça toklar garşylyga ters proporsional we naprýaženiýe tok  $I$  garşylyk akýar:

$$\frac{R_t \cdot R_{\text{Ş}}}{R_{\text{Ş}} \cdot R_t}; \quad I_t \text{ tok bolsa } R_t - \text{dan, onda :}$$

$$\frac{I}{I_t} = \frac{(R_{\text{Ş}} + R_t) \cancel{R_t}}{\cancel{R_t} R_{\text{Ş}}} = \frac{R_{\text{Ş}} + R_t}{R_{\text{Ş}}}; \quad (71)$$

$$n = \frac{I}{I_t} \quad \text{-şuntirleme koeffisiýenti;}$$

$$(1) - \text{den } nR_S = R_S + R_t; \quad \boxed{R_S = R_t/(n - 1)} \quad (72)$$

Mesele:  $I = 50 \text{ A}$  togy ölçemek üçin,  $R_t=0,1 \text{ Om}$  bolmaly;  $n = 50/5 = 10$ ,  $R_S = 0,1/(10 - 1)=0,091\text{Om}$ .

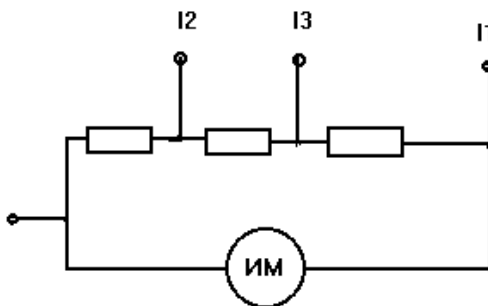
Şuntlar manganinden taýýarlanýar.

Manganin 1. (Mn, Ni, Co, Ca)

2. Mn, Ni, Co, Al, Fe.

Eger şuntlar uly bolmadyk tok üçin (30 A çenli) niýetlenen bolsa, onda ony abzalyň korpusyna oturtýarlar (içki şuntlar).  $U_y$   $I$  ölçemek üçin daşky şuntly abzallar ulanylýar, onda şuntlyň gyzmagy abzalyň gyzmagyna getirmeyär. Daşky şuntlar ölçegleri barlanan we kesgitli toklara we  $U$ -ň düşmesinde (10, 15, 30 ... 300 mW) ýerine ýetirilýär.

Üýtgeýän magnitoelektrik abzallarda 30 A tok üçin içki şuntlar birnäçe çäkli edip ýasalýar (gaýtalaşdyryp bolýar).



Çyz. 29.

$$I_1 < I_2 < I_3.$$

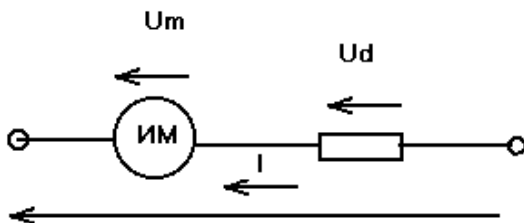
Abzallaryň beýleki sistemalary (magnitoelektrikden başga) üçin şuntlary ulanmak maksadalaýyk däl, sebäbi olar.  $R_S$ , ýagny daşky ölçegleriň we harçlanýlan kuwwatyň ulalmagyna getirýän uly kuwwaty harçlaýarlar.

Ölçeg mehanizmlı şuntlary üýtgeýän tokda ulanylanda, f – üýtgemegi bilen goşmaça ýalňyşlyk ýüze çykýar, sebäbi  $R_{\text{ş}}$  we  $R_t$  f-e aýratynlykda bagly.

Şuntlar: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 takykly klaslaryna bölünýärler. Takyklyk klasy %-de  $R_{\text{ş}}$  onuň takyk bahasyndan, ygtyýar berilýän bahasynyň üýtgesimini aňladýar.

Seriýaly (köp sanly) şuntlar  $I \leq 5000$  A-den uly bolmadyk ýagdaýy üçin ýerine ýetirilýär,  $I > 5000$  A bolsa, şuntlar ( $\text{Ш}$ ) parallel birikdirilýär.

**Goşmaça garşylyklar** – togy güýjenmä özgerdiji, toguň bahasyna bolsa göniden-göni ähli sistemalardaky (elektrostatiki we elektrondan başga) dilli woltmetrleriň ölçeg mehanizmleri täsir edýär. **Goşmaça rezistorlar** –  $R_g$  – woltmetrleriň U boýunça ölçeg çäklerini giňeltmek üçin (100 W ýerine ýet) we zynjyrynda U bar bolan beýleke abzallar (watmetrler, ölçürijiler we ş. m.) üçin gulluk edýärler.



Çyz. 30.

Omuň kanuny boýunça:  $U \equiv R \cdot I$ .

$U$  – ölçenilýän güýjenme  $U$ ,  $U_t$  – woltmetriň takyk güýjenmesi (100 W);

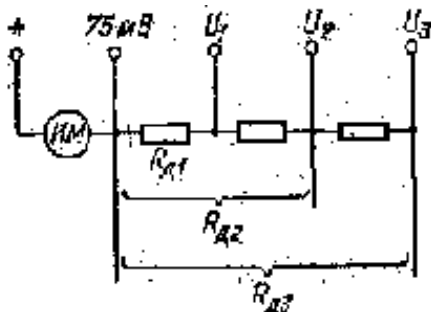
$$\frac{U}{U_t} = \frac{R_t + R_g}{R_t}; \quad \frac{U}{U_t} = n; \quad \text{onda :}$$

$$nR_t = R_t + R_g; \quad \boxed{R_g = R_t(n - 1)} \quad (73)$$

Goşmaça rezistorlary köplenç gaty jisimi ýa-da özene (izolirlenen materialdan) saralan izolirlenen magnit siminden ýasalýarlar. Olar  $I = \text{const}$  we  $I$  Var zynjrlarynda ulanylýar.  $R_g$ -da abzalyň temperatura ýalňyşlygy kiçelýär.

0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 takyklyk klaslarynda goýberilýär, 0,5 den 30 mA takyk toklar üçin.

### Köpçäkli woltmetr.



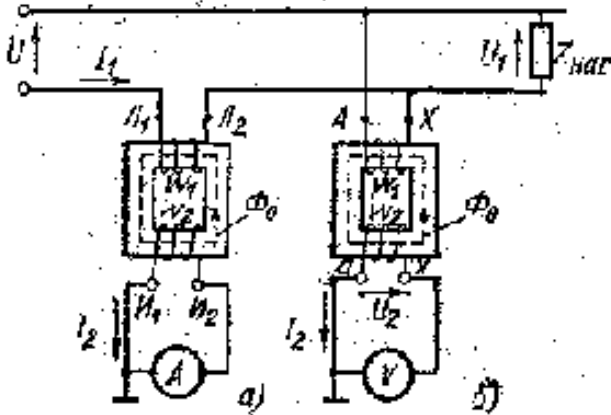
Çyz. 31.

$$U_1 < U_2 < U_3.$$

### Ölçeg transformatory (ÖT).

Toguň  $I$  we naprýaženiýanyň  $U$  ölçeg transformatory uly  $I$  togy we  $U$  naprýaženiýany kiçi ululyga (5A, 100W) özgertmek üçin ýokarywolty zynjyrlara çatylýar.

## Ölçeç transformatorlarynyň birikdiriliş çatgysy.



Çyz. 32.

I-togyň we U- naprýażeniýanyň ölçeç transformatorlarynyň sarymlary magnitgeçirijide (birinji  $W_1$ , ikinji  $W_2$ ) ýerleşdirilen, biri-birinden aýryla 2-sany simden durýar. Hyzmat edýän personalyň howpsuzlygyny, sargylaryň bölünmegi we metallik göwräniň we transformatorlaryň ikinji sargylarynyň ýere utgaşdyrylyşy bilen ýetilýär.

I togyň transformatory üçin ( $I_1 > I_2$ ), eger  $I_{1tak} > 500A$  bolsa, onda  $W_1$  – göni mis şina görnüşinde bir sargydan durýar. Ikinji sargy DS 7746 – 78E boýunça uly bolmaýan kesişmeli simler bilen saralýar..

$I_{1tak} = 0,8 \div 40000$  A bolanda,  $I_{2tak} = 1; 2; 2,5; 5$  A bolup bilýär.

U naprýażeniýanyň trnsformatorlarynda  $U_1 > U_2$ , şonuň üçin  $W_1 > W_2$ . Iki sargy hem şular ýaly simden (birinji sarymyň ikinjiden has inçe).

Ýerli U trnsformatorlarda:

$U_{2tak} = 100W$  we  $100/\sqrt{3}$  W,  $U_{1tak} = 750 / \sqrt{3}$  W ( $U_1$  35 kW çenli).



Tok transformatorlary yzygider, naprýaženiýa transformatory bolsa parallel birikdirilýär. Çatgylarda gysgyçlar ýaly ( $J_1, J_2$ ) belgilenýär.

Ölçenilýän ululyklaryň bahalaryny kesgitlemek üçin olary transformatoryň täsir ediji koeffisiýentine kopeltmeli.

$$K_I = \frac{I_1}{I_2}; \quad K_U = \frac{U_1}{U_2}; \quad (74)$$

Ýöne täsir ediji  $K_I$  we  $K_U$  belli däl, sebäbi olar  $I, U$  bagly bolýar,  $f$  we ikinji bahaly garşylygyň ýüklenmesini hem häsiýetlidir. Şonuň üçin abzalyň görkezýäni transformator koeffisiýentine köpeldilmegine deňdir. Olar transformatoryň galkanynda görkezilen ( $K_{Itak}; K_{Utak}$ );

$K_I$  we  $K_{Itak}$ ;  $K_U$  we  $K_{Utak}$  gabatlaşmaýanlygy sebäbi, transformatoryň koeffisiýenti otnositel ýalňşlyk % - görnüşinde döreyär (görkezilýär).

ÖTT – üçin:

$$\gamma_I = \frac{I_1' - I_1}{I_1} \cdot 100\% = \frac{K_{Itak} - K_I}{K_I} \cdot 100\%; \quad (75)$$

nirede

$$I_1' = K_{Itak} \cdot I_2; \quad I_1 = K_I I_2; \quad (76)$$

Güýjenme transformatory (GT) üçin:

$$\gamma_U = \frac{U_1' - U_1}{U_1} \cdot 100\% = \frac{K_{Utak} - K_U}{K_U} \cdot 100\%; \quad (77)$$

bu ýerde

$$U_1' = K_{Utak} \cdot U_2; \quad U_1 = K_U U_2; \quad (78)$$

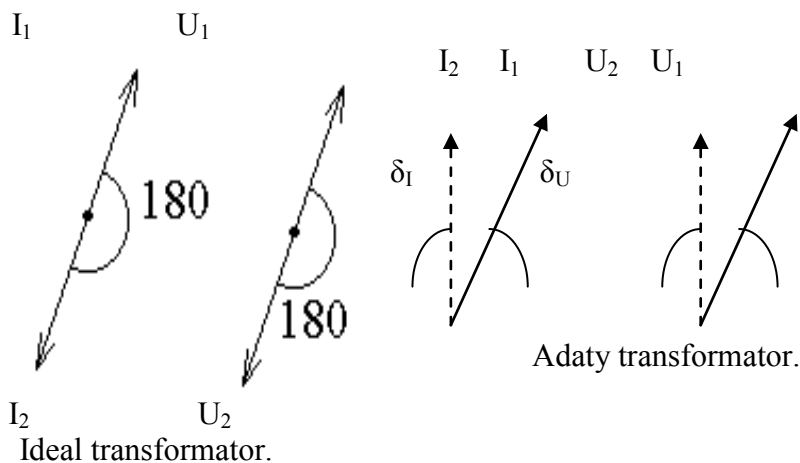
$\gamma_I; \gamma_U$  – tok we güýjenme ýalňşlyklary  $U$ .

Bu ýalňyşlyklardan başgada ölçeg transformatorlarynda burç ýalňyşlygy –  $\delta$  – ýüze çykýar. Olar 1-nji we 2-nji ululyklaryň arasyndaky faza süýşmesiniň netijesinde ýüze çykýar ( $I_1, I_2$  we  $U_1, U_2$  arasynda).

İdeal transformatorada  $I_1$  we  $I_2$  arasyndaky burç  $180^\circ$  – TT – üçin.  $U_1$  we  $U_2$  arasy GT üçin. Adaty transformatorada: (Çyzat 6).

Bu ýerde  $I_2$  we  $U_2$   $180^\circ$  öwürlen.

$\delta_I; \delta_U$  – “+”, “-“ bolup bilýär (eger  $180^\circ$  öwürilen  $I_2$ ;  $I_1$ -den öňe gidýän bolsa, onda  $\delta_I$  = “+“).



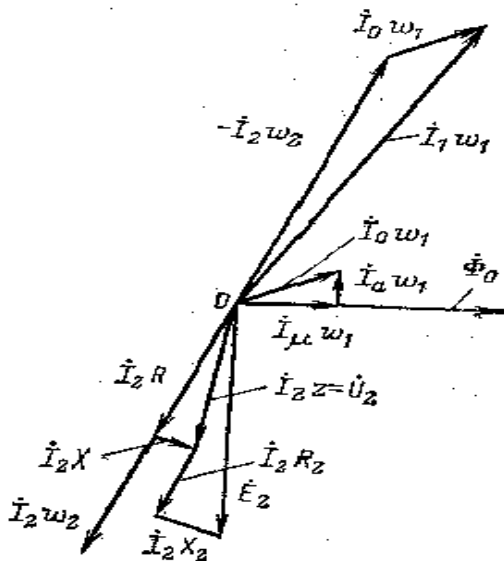
Çyz. 33.

Ölçeg transformatorlarynyň burç ýalňyşlygy diňe abzalyň görkezmesine täsir edýär. Olaryň hereket edýän böleginiň üýtgemegi bu abzallaryň zynjyryndaky toklaryň arasyndaky faza süýşmesine bagly bolýar (wattmetrler, şçyotçikler, fazometrler).

Togy ölçeyän transformatorlary.

TT – g. U. Ýakym düzgünde işleýär, sebäbi ikilik saryma diňe abzallar birikdirilýär, olaryň garşylygy bolsa R-az ( $A = 0,1\text{Om}$  we ş. m.).

Wektor diagramma.



Çyz. 34.

MHG – magnet hereketlendiriji güýç.

R, X, Z – ýüklenmäniň aktiw, reaktiw we doly garşylygy (2-nji sarymda)  $R_2$ ;  $X_2$  – ikinji sargyň garşylygy. Gurnama  $I_2 \cdot w_2$  – ikilik sargynyň MHG – in wektoryndan başlanýar.

$$\dot{I}_0 w_1 = \dot{I}_1 w_1 + \dot{I}_2 w_2. \quad (79)$$

$I_2 w_2$  – magnitsizlenme täsirini berýär,

$\Phi_0$  netijeleýji  $I_0 w_1$  MGH – bilen döredilýär.

$I_0$  – magnitleýji tok (transformatoryň BI (boş iş) – toguna deň, - ýagny ikilik sargy çatyk däl, MGH – bolsa, birinji sargy boýunça döredilýär.  $I_0 w_1 - \Phi - 8$  döretýän jiden düzülen.  $I_a$  – aktiw düzüli,  $\Phi_0$ -dan  $90^\circ$  öňe gidýär. adaty düzgünde  $I_0 w_1 - I_1 w_1$  – den 1%-den köp däl (ýa-da  $I_2 w_2$ ).

TT-nyň ikinji zynjyryny çatgysyz galdyrmak howuplydyr!!!

Sebäbi bu ýagdaýda (1)-den  $I_0 w_1 = I_1 w_1$  – bu  $\Phi_0$ -ň ulalmagyna getirýär.  $E_2$  (birnäçe yüz V – çenli), ol adam saglygyna howuply.

**Wektor diagrammadan (1) – netijeler:**

$I_2$  – bir bahasy üçin tok ýalňşylygyny ikinji sargydan  $w_2$  – saýlanmagy bilen nula deň bolup bilmek, sebäbi  $I_0 \equiv I_2$ .

$I_0 w_1$  – MGH – ulanmagy bilen TT – ýalňşylygy ulalýar.

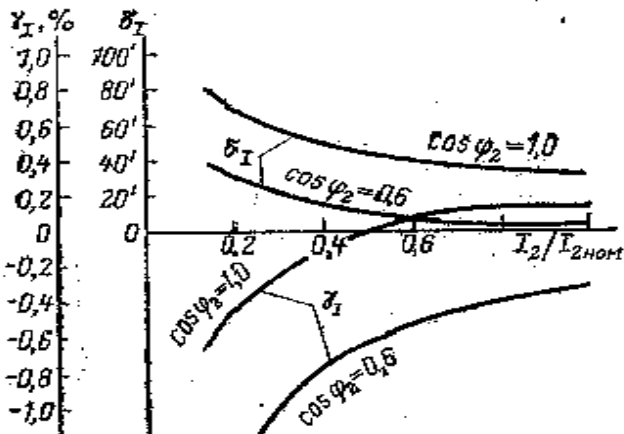
Ikinji sargynyň / garşylygynyň ulanmagy we ýüklenmäniň ulalmagy (abzallaryň köpsanynyň birikmesi).

$E_2$ ,  $\Phi_0$  we  $I_0 w_1$  – ulalmagyna getirýär. Şonuň üçin TT – üçin onuň adaty ikinji ýüklenmesi  $Om$  – larda ýa-da  $S_{tak}$  – (WA)-da görkezilýär.

$$S_{tak} = I_{2tak}^2 Z_{tak} ; \quad (80)$$

$I_0$  – näçe kiçi bolsa, şonça-da magnitgeçirijiniň materialynyň magnit giçirijiligi uly we şonça-da olaryň gisterezis we köwlenme toklaryndaky ýitgisi kiçi (gatlary izolirleýärler).

$Z_2$  ölçenilmeyän ýüklenmede we ölçenilmeyän toguň kiçelmeği bilen transformatoryň ýalňşylygy  $I_0$  üçin ulalýar.



Çyz. 35.

$I_0$  kiçeltmek üçin:

Magnitgeçirijiler gatlar ýokary hilli transformator poladyndan ýasalýar, ýokary takykly transformatorlary üçin – permaloýyň ergininden – ýokary magnit geçirijili materialdan ýasalýar.

Köwlenme toklarda ýitgileri azaltmak üçin gatlar biri birinden izolirlenýärler (aýrylanýarlar). Ölçeg tokly geçirijiniň üznüksizligini ölçemek üçin üýtgeýän tok ölçeýji gysyçlar ulanylýar. (A göni korpusda), takyklygy uly däl. TT 10 – sany takyklyk klaslaryna bölünýärler: 0,01 den 10 çenli.

**Güýjenme ölçeg transformatory** – B. I. ýakyn düzgünde işleýärler (sebäbi abzalyň garşylygy  $R_V = 10^6$  Om).

$w_1 = w_2$  diýip hasap ediliň ( $w_1 > w_2$  bolsa), aýdyňlyk üçin, mhg-iň wektorlaryny degişli toklar bilen utgaşdyrmaly.

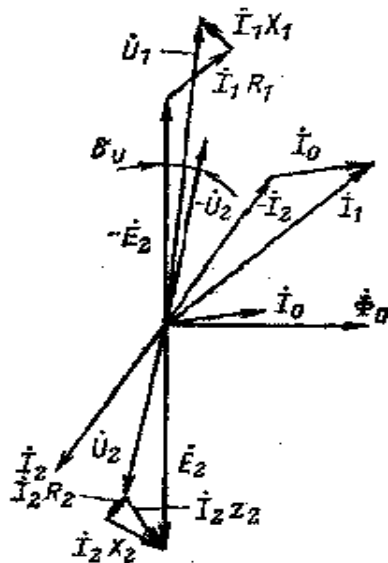
**Düzülmesi edil TT ýaly.**

$$\begin{cases} \dot{U}_2 = \dot{I}_2 (R_2 + jX_2) \\ \dot{E}_2 = \dot{U}_2 + \dot{I}_2 (R_2 + jX_2) \end{cases} \quad (81)$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_2 + I_1 (R_1 + jX_1). \quad (82)$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2; \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2; \quad (83)$$

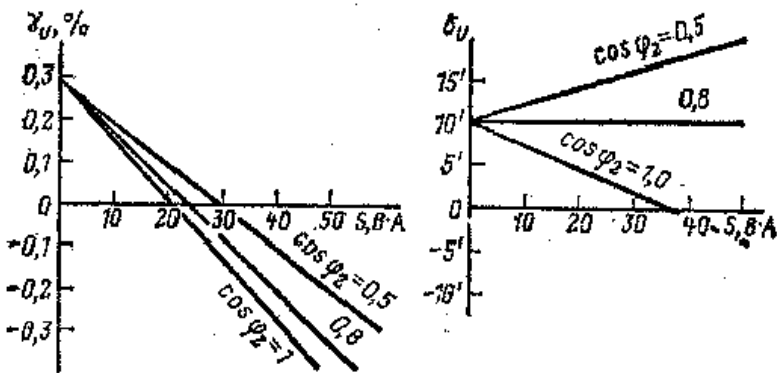
$$\begin{aligned} \dot{U}_1 = & -\dot{U}_2 + \dot{I}_0 R_1 + \dot{I}_0 jX_1 - \\ & - \dot{I}_2 (R_1 + R_2) - j\dot{I}_2 (X_1 + X_2). \end{aligned} \quad (84)$$



Çyz. 36.

(84) görnüşi ýaly,  $w_1 = w_2$  diýip kabul edilenine garamazdan  $U_1 \neq U_2$ .  $U_1$  we  $U_2$  tapawudy, yzygiderlikde bolsa güýjenmäniň  $\gamma_U$  we burç  $\delta_U$  ýalňyşlyklary  $I_2$  we  $I_0$  toklaryna we transformatoryň sarymlarynyň garşylyklaryna bagly.

Transformatoryň ikinji zynjyryndaky ýalňyşlygy has köp täsir edýär.



Çyz. 37.

Cos  $\varphi_2$  dürli bahalarynda ikinji zynjyrdaky gyzdyrma baglanşygy.

(84) deňlemä laýyklykda: ýalňyşyklar kiçeltýärler:

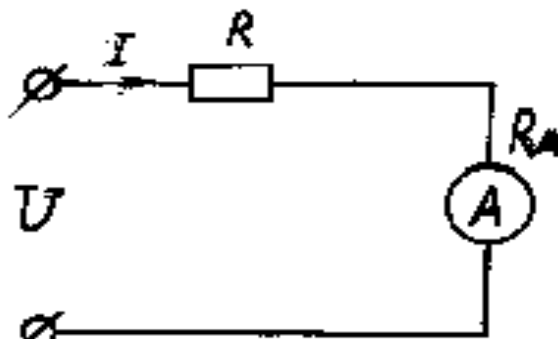
- $X_1, X_2$  kiçelýär – GT magnitgeçirijisini kremnili polatyň iň gowy hilinden ýasaýarlar, ýagny dorgama akymy kiçelýär.
- $R_1, R_2$  kiçeldende – geçirijiniň kesişmesi ulalýar. 3 fazaly güýjenme transformatorlary hem bardyr.

### Toklaryň we naprýaženiýalaryň ölçenilşi.

(A,V) Ampermetr woltmetr bilen ölçenilende metodiki ýalňyşyklara seredeliň.

Ampermetr ýa–da woltmetr bilen togy ýa–da naprýaženiýany ölçemek üçin abzallar zynjyra birikdiriňde üýtgeýän ululyk ölçenilýär, sebäbi  $R_A \neq 0$ ;  $R_V \neq \infty$ ; ýagny abzallar hem kuwwat harçlaýarlar, bu ýalňyşyklara **metodiki** ýalňyşyk diýilýär.

R garşylykly zynjyra Ampermetr birikdirelendäki metodiki ýalňyşygy kesgitläliň.



Çyz. 38.

Haçanda Ampermetri birikdirmezden ozal  $I = \frac{U}{R}$

deň bolsa;

Ampermetri birikdirenmezden soň:

$$I_x = \frac{U}{R_A + R};$$

Ýagny  $I_w$  togy ölçeyän ampermetr,  $I_x$  togy ölçeyär.  
Metodiki ýalňyşlyk.

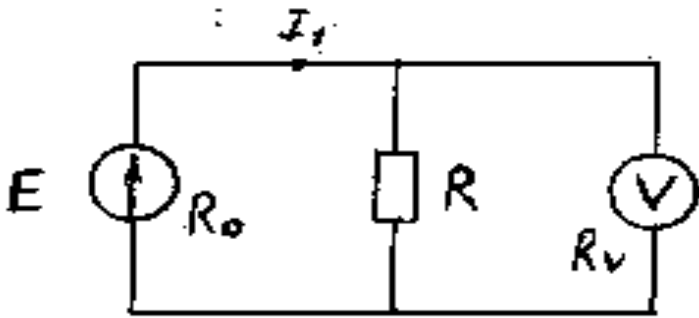
$$\begin{aligned} \delta_A &= \frac{I_x - I}{I} = \frac{\frac{U}{R_A + R} - \frac{U}{R}}{\frac{U}{R}} = \frac{[R - (R_A + R)]}{R_A + R} = \\ &= -\frac{R_A}{R_A + R} = \frac{-R_A/R}{1 + R_A/R}; \end{aligned}$$

Köplenç ýagdaýda  $R_A \ll R$ , onda  $\delta_A \approx -R_A/R$

$$\frac{R_A}{R} = \frac{I^2 R_A}{I^2 R} = \frac{P_A}{P}; \quad \delta_A \approx -P_A/P \quad (85)$$



$P_A$  - ampermetriň harçlaýan kuwwaty;  
 $P$  – elektrik zynjyryň harçlaýan kuwwaty;



Çyz. 39.

(V) Woltmetr birikdirilendäki ýalnyşlyk  $V$  birikdirilenden ozal:

$$U = IR; \quad (86)$$

$$I = \frac{E}{R + R_0}; U = \frac{E * R}{R + R_0} \quad (87)$$

v – brikdirilenden soň:

$$U_x = I_1 * R_1; \text{ bu ýerde } I_1 = \frac{E}{R_{umumy}};$$

$$R_{UM} = \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} + R_0; R_1 = \frac{R \cdot R_V}{R + R_V};$$

$$U_X = \frac{E}{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V} + R_0} \times \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{E(R + R_V)}{R \cdot R_V + R(R + R_V)} \times$$

$$\times \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{E \cdot R \cdot R_V}{R \cdot R_V + R_0 \cdot R + R_0 \cdot R_V};$$

Metodiki ýalnyşyk:

$$\delta_V = \frac{U_X \cdot U}{U} = \frac{\frac{E \cdot R \cdot R_V}{R \cdot R_V + R \cdot R_0 + R_0 \cdot R_V} - \frac{E \cdot R}{R + R_0}}{\frac{E \cdot R}{R + R_0}} =$$

$$= \frac{-R \cdot R_0}{R \cdot R_V + R \cdot R_0 + R_0 \cdot R_V} =$$

Sanawjy we maýdalaýjy  $R_0 R_V$  bölünýär, onda

$$= - \frac{R / R_V}{R / R_0 + R / R_V + 1} \approx - \frac{R}{R_V (R / R_0 + 1)};$$

(89)

haçan – da  $R_V \gg R$ ;  
sebäbi:

$$\frac{R}{R_V} = \frac{U^2 / R_V}{U^2 / R} = \frac{P_V}{P};$$

$P_V$  – woltmetriň harçlaýan kuwwaty;  $P$  – garşylygyň harçlaýan kuwwaty;

Sebäbi  $R_V \gg R$ , alarys:

$$\delta_V = -\frac{P_V / P}{1 + R / R_0}; \quad (90)$$

(85) we (90) görnüşi ýaly  $P_V$  we  $P_a$  az gerek, bu bolsa  $R_A$  kiçi we  $R_V$  uly bolanda mümkindir.

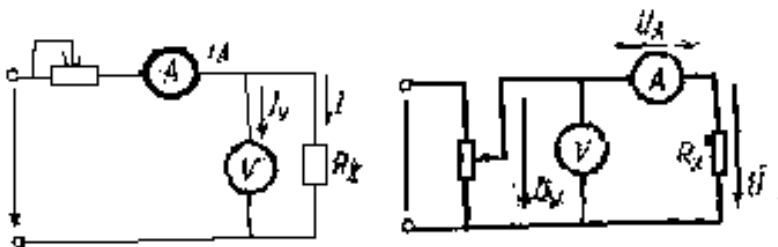
### Garşylygy, sygymy, induktiwligi ölçemek.

Ampermetr we woltmetr usuly bilen (hemişelik tok  $R$  ölçemek ).

Aýray-aýry  $I(A)$  we  $U(V)$  ölçenilýär ý, soňra bolsa  $R_X = U/I$  hasaplanylýarlar.

Uly  $R$  ölçemek üçin ( $I_{az}$ ), bilen milliampermetrler, mikroampermetrler ýa – da galwanometrler ulanylýar. Kiçiomly garşylyklar ölçenilende  $U$ -ň bahasy kiçi bolýar we ölçemek üçin milliwoltmetrleri, mikrowoltmetrleri, galwanometrleri ulanylýar.

Birikdirmäniň mümkin bolan usullary.



Çyz. 40.

$R_X$  – ölçenilýän garşylyk.

Artykmaçlygy onuň – ýönekeýligidir;

Ýetmezçiligi – netijäniň uly bolmadyk takyklygy – ol abzallaryň takyklyk klasy we metodiki ýalnyşlygy bilen çäklenýär(ýagny  $R_A$  we  $R_V$  täsiri astynda).

Metodiki ýalnyşlygy tapalyň.

1 Çyz. üçin,  $V R_X$  – gysgyçlanyndaky güýjenmäni görkezýär,  $A$  bolsa  $I_V+I$  toklaryň jemini görkezýär. Şonuň üçin abzallaryň görkezmesi boýunça hasaplanan  $R$  ölçeginiň netijesi  $R_X$  – den tapawutlanýar.

$$R_X = \frac{U}{I+I_V} = \frac{U}{U/R+U/R_V} = \frac{R}{1+R/R_V};$$

$$R = \frac{R_V}{1 - R_X / R_V}; \quad (91)$$

$R_X$  – ölçegiň netijesi;

$R$  – täsir ediji garsylyk;

$1 - R_X/R_V$  – haçan  $R_V$  belli bolanda.

Otnositel ýalnyşlyk.

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{R_X - R}{R} = \frac{R / 1 + R / R_V - R}{R} = \\ &= \frac{R_X - R(1 + R / R_V)}{R_X \cdot R(1 + R / R_V)} = \frac{R^2 / R_V}{R(1 + R / R_V)} = \\ &= - \frac{R / R_V}{1 + R / R_V} = - \frac{R}{R_V} \cdot 100\%, \end{aligned}$$

Sebäbi  $R_V \gg R_X$ , onda ýakynlaşan aňlatma dogrydyr. 2Çyz. üçin  $A - R_X$ , zynjyrdaky togy görkezýär,  $V$  bolsa  $R_X$  – de we  $A - de U -$  düşmesini görkezýär, onda  $U_V = U + U_A$

$$R_X = \frac{U + U_A}{I_A} = \frac{I_A R_X + I_A R_A}{I_A} = R + R_A ;$$

onda (90)  $R = R_X - R_A$ , ýagny haçan abzalyň  $R_A$  garşylygyny diýsek:

$$R_X = \frac{U + U_A}{I_A} = \frac{I_A R_X + I_A R_A}{I_A} = R + R_A ;$$

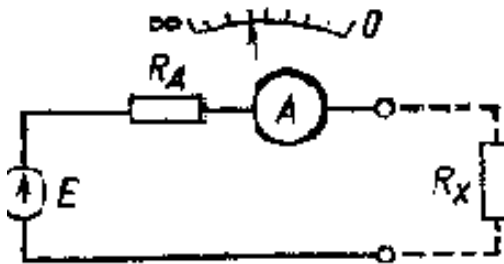
Eger  $\delta$  üçin aňlatmalary deňeşdirsek, onda birinji çatgy üçin  $\delta$  kiçeltmegi üçin  $R_V$  mümkin boldygyça uly bolmagy gerek we çatgynyň kiçi  $R_X$  üçin dogrulygy görünýär.

Ilkinji ýagdaýda  $\delta$  kiçeltmek üçin  $R_X$  uly we  $R_A$  kiçi bolmak gerek.

Eger  $R_A$ ,  $R_V$  belli bolsa, onda (85) we (90) boýunça  $R_X$  hakyky bahasyny kesgitlemek üçin düzetmeler girizmek gerek.

Eger bu usulda ugurlara öňünden belli çeşme ulanylsa onda  $U$  ugurly ölçemegiň zerurlygy ýok bolýar, ampermetriň şkalasyny bolsa ölçenilýän garşylygyň bahasynda graduirmek mümkindir.

Şu esasta ampermetrler gurulan.(ýygňalan)



Çyz. 41.

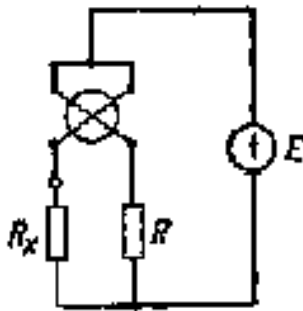
$$\alpha = \frac{E}{C_1} \cdot \frac{1}{R_g + R_A + R_X}; \quad (92)$$

$C_1$  – ampermetriň (hemişelik) bölünme bahasy.

Ampermetriň şkalasy göni çyzykly däl. Bu ýerde energiýa çeşmesi ýuwaş – ýuwaşdan bölünýär. Şonuň üçin  $E$  düzetme girizmeli,  $C_1$  ýa – da  $R_g$  sazlamak bilen mümkin. Köplenç  $C_1$  magnit şuntynyň kömegi bilen sazlanýar, hemişe  $E/C_1 = \text{const}$  bolar ýaly etmeli. (Bu ýerde  $\beta$  üýtgeýär, onda  $E \equiv \beta$ ).  $C_1$  aşakdaky ýagdaýda sazlanýar. Abzalyň  $R_X$  garşylygyň birikdirilen gysgyçlary gysgaça utgaşýarlar ( $R_X = 0$ ) we magnit şuntynyň sazlanýlan ýagdaýy bilen sagda ýerleşýan şkalasynyň nul bahasyna ugrukdyryjynyň ýerleşmesini gazanýarlar.

Amperwoltometrlerde -  $C_1$  sazlanman  $R_g$  sazlanýar, sebäbi  $C_1$  sazlanmasy  $I$  we  $U$  ölçeniş düzgüninde abzal graduirlmekde ýalňyşlyga getirer.

$R$  sazlamanyň logometrik usuly hem bar (ýagny, hereket edýän bölege yzygider ýa – da parallel). A logometr toklaryň gatnaşytgyny hasaplaýar, onda logometriň aýlanma burçy garşylyga bagly,  $\alpha = F(R_X/R)$  bu ýerde:  $R_X$  – ölçenilýän garşylyk;  $R$  – garşylygyň ölçeg diapazonyny berýän beýleki tegege birikdirilen garşylyk.



Çyz. 42.

Mundan başga – da R ölçemek üçin köpriler ulanylýar.

### Faza süýşmesini (kuwat koeffisientini) ölçemek.

Praktikada ýüklenme togunuň we güýjenmäniň wektorrynyň arasyndaky süýşme burçy ölçenilýär. Bu burçyň ölçenilmeginiň halk hojalygynada orny bar, sebäbi ol kuwwatyň ýitgisini häsiýetlendirýär. Praktikada bu burç takmynan  $23 \div 18$  gradusy düzmeli we şonda  $\cos\varphi$  0,92 – 0,95 kadany (normatiw) düzer, bu ýagdaýda kärhana elektrik energiýasynyň harçlanyşy hukdaý nazaryndan tygstyly işlär, ýagny kuwwatyň ýitgisi az bolar.

$\varphi$  burç, we degişlilikde  $\cos\varphi$  ýüklenmäniň häsiýetine baglydyr. Aktiv ýüklenmede (ýagtylandyрма, ýyladyjy peçler, durmuş abzallar we ş.m.)  $\varphi = 0$ ,  $\cos\varphi = 1$ . Senagat kärhanalarynda düzgün bolsy ýaly aktiv - induktiw ýüklenme (esasy sarp ediji asinhron ýöredijiler).  $\cos\varphi$  kiçelmegi we  $\varphi$  burçyň ulalmagy esasan hem torlarda kuwwatyň ýitgisini bilen şertlendirýän artykmaç toguň reaktiw düzüjisiniň (induktiw) ulalmagynyň hasabyna şertlendirilen. Sebäbi:  $\cos\varphi = P/U \cdot I$ ; bu ýerde

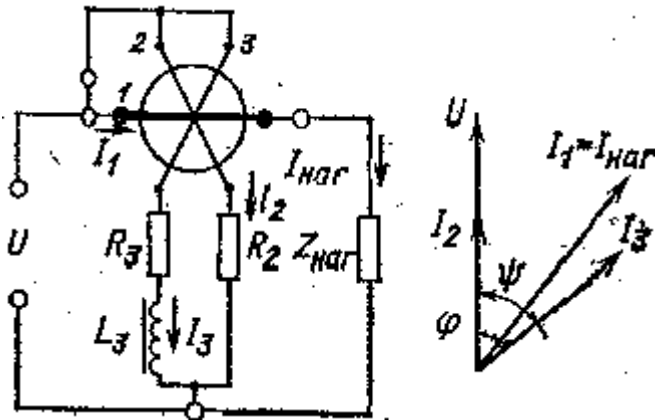
$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} ; \quad (93)$$

bu ýerde  $I$  – jemleýji tok  $I_a$ ,  $I_r$  – toguň aktiv we reaktiw düzüjisi.

$P$  we  $U$  hemişeliginde  $\cos\varphi$  elektrik akymynyň  $I$  bagly. Soňky wagtlarda praktikada  $\cos\varphi$  ölçemän,  $t\varphi$  ölçenilýär, sebäbi kada boýunça  $\cos\varphi = 0,92 \div 0,95$  bolanda  $t\varphi = 0,42 \div 0,32$ . Bu ýerden görnüşi ýaly  $t\varphi$  ölçenilende abzalyň şkalasy amatly we giňeldilendir.

$\varphi$  burçuň we  $\cos\varphi$  ölçenilşiniň amaly we tejribe ussularyna seredeliň.

1. Elektromekaniki fazometr (elektrodinamiki logometriň esasynda).



Çyz. 43.

I we U arasyndaky faza süýşmesi ýüklenmede ölçenilýär. 2 we 3 hereket edýän tegekler  $60^\circ$  burç astynda özara berk berkidilen we oklarda we direglerde berkidilýär. Mehanizmde mehaniki ters täsir ediji pursat ýok.  $I_1$  we  $I_2$  toklaryň özara täsiri aýlanma pursatyny döredýär.

$$\begin{aligned}
 M_1 &= C_1 I_1 I_2 \cos(I_1 \wedge I_2) \sin(\beta_1 - \alpha); \\
 \beta_1 &= 150^\circ; \cos(I_1 \wedge I_2) = \cos\varphi; \\
 M_1 &= C_1 I_1 I_2 \cos\varphi \sin(150 - \alpha) = \\
 &= C_1 I_1 I_2 \cos\varphi \cos(60 - \alpha).
 \end{aligned}$$

Täsir edýän  $M_2$  aýlanma pursatyny döredýär.

$$M_2 = C_2 I_1 I_3 \cos(I_1 \wedge I_3) \sin(150 - 60 - \alpha);$$

$I_2$  we  $I_3$  - iň arasyndaky faza süýşmesi tegegiň zynjyryna 3 induktiwlik tegegininiň  $\alpha_3$  we  $R_3$  rezistoryň birikdirelmeginiň hasabyna  $\varphi = 60^\circ$  deň edip ýerine ýetirilýär, onda  $\cos(I_1 \wedge I_3) = 60 - \varphi$ .

$$M_2 = C_2 I_1 I_3 \cos(60 - \varphi) \sin(90 - \alpha) =$$



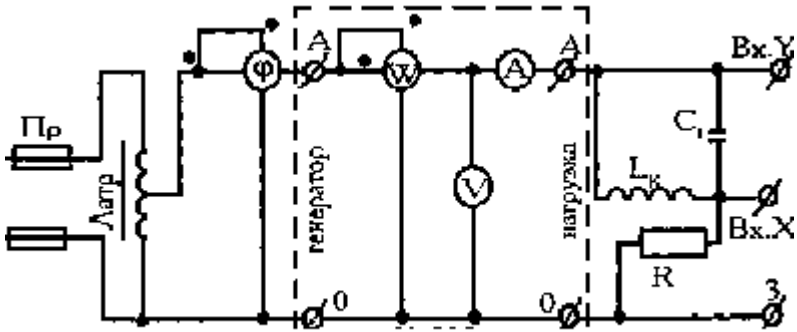
$$= C_2 I_1 I_3 \cos(60 - \varphi) \cos \alpha;$$

durnukly düzgün  $M_1 = M_2$ .

$$C_2 I_1 I_3 \cos \varphi \cos(60 - \alpha) = C_2 I_1 I_3 \cos(60 - \varphi) \cos \alpha$$

Eger  $C_1 I_2 = C_2 I_3$ , onda  $M_1 = M_2$  deňlik, ýagny  $\alpha = \varphi$  bolanda ýerine ýeter ýagny, hereket edýän bölegi üýtgeме burçyna proporsional,  $\cos \varphi$  – de hem graduirmek mümkin.

2. A, V, W usullary.



Чыз. 44.

Üç sany abzalyň görkezmesi boýunça kesgitläp bolar:

$$\cos \varphi = P/UI. \quad (94)$$

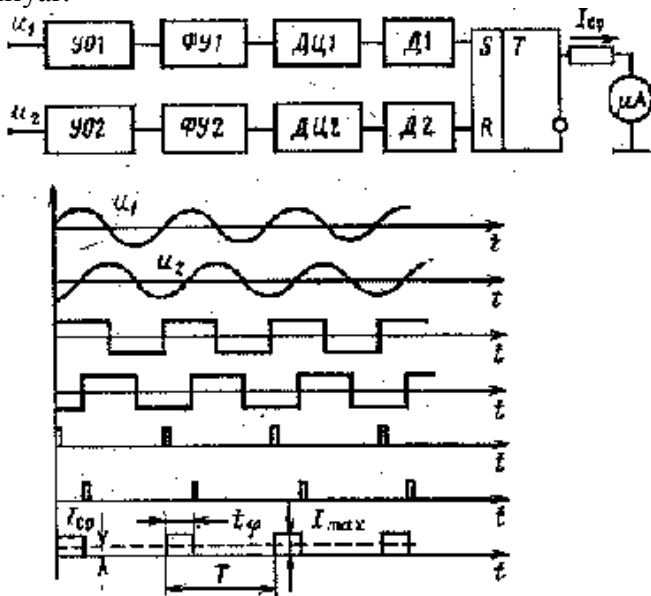
3.  $\varphi$  burçy şeýle hem praktikada kärhanalarda gurnalýan aktiw we reaktiw şýotçikleriň görkezmesi boýunça kesgitlemek mümkin.

$$\operatorname{tg} \varphi = W_r/W_a; \quad (95)$$

bu ýerde  $W_r$ ,  $W_a$  – reaktiw we aktiw energiýa şýotçikleriň görkezmesi boýunça.

#### 4. Elektron fazometr.

ÖM – ölçeg mehanizmi. Bu ýerde  $\varphi_x \tau$  wagt aralygyna özgerýär. Bu ýerde birmeňzeş ýygylkly  $U_1, U_2$  iki sinusoidal güýjenmeleriň arasyndaky faza süýşmesiniň  $\varphi_x$  burçy ölçenilýär.



Çyz. 45.

Faza boýunça deňşdirilýän güýjenme  $U_1, U_2$  IF<sub>1</sub> we IF<sub>2</sub> (Impulslaryň formirleýjisi) kömegi bilen impulslaryň gysga zygiderligine (periodiki)  $U_3$  we  $U_4$  özgerýär.

Impulslaryň arasyndaky  $\tau$  wagt aralygy  $\varphi_x$  bilen aşakdaky gatnaşykda bagly:  $T$  –  $U_1$  we  $U_2$  güýjenmäniň üýtgemeginiň periody.

Impulslaryň formirleýjisi  $U_1$  we  $U_2$  güýjenmeleriň geçiş pursatynda nulyň üsti bilen otrisatelden položitel baha impulslary formirleýär.

Formirlenen impulsalary  $IF_1$  – den impuls gelende utgaşýan we  $IF_2$  – den impuls gelende üzülýän A elektron açar bilen dolandyrylýar.

A açar utgaşan wagty  $\tau$  wagtyň dowamynda ölçeg mehanizmi boýunça I tok geçýar.

Döwür aralygynda abzaldaky toguň orta bahasy:

$$I_{or} = I_m \cdot \tau / T = I_m \cdot \varphi_x / 360^\circ; \text{ ýagny}$$

$$\alpha = S_1 I_m \varphi_x / 360^\circ. \quad (96)$$

Haçan-da  $S_1 = \text{const}$ ,  $I_m = \text{const}$  bolanda, şkala faza süýşmesiniň burçunyň birliginde graduirlenýär.

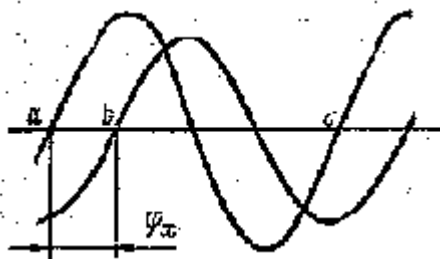
Elektron fazometrler  $\varphi_x = 0 \div 180^\circ$ , takyklykklasy 1 – 1,5% ölçemek üçin ulanylýar.

### 5. Fazany ölçemegiň ossillografiki usuly.

Düzgün bolşy ýaly ol sinusoidal güýjenmeleriň arasyndaky  $\varphi$  burçy ölçemek üçin ulanylýar.

a) Göni çyzykly çöwürme usuly, bu ýagdaýda iki şöhleli ossillograf ulanylýar.

Iki güýjenme hem ossillografyň Y okuna düşýär, onda perdede (ekranda) alarys:



Çyz. 46.

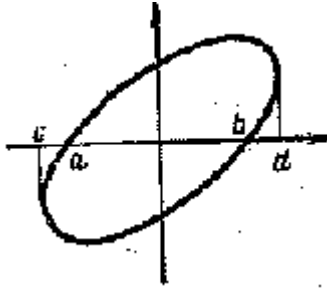
Bu ýerde:  $U_1 = U_m \sin wt$ ,  $U_2 = U_m \sin(wt + \varphi)$ .

Onda faza süýşmesi ab, ac kesimleri ölçemek bilen we aňlatmanyň kömegi bilen kesgitlenýär.

$$\varphi_x = 360^\circ \cdot ab/ac; (97)$$

b) Ellips usuly.

Ýokuna  $U_1$  güýjenme, x okuna bolsa  $U_2$  güýjenme berilende we ossillografiýň çöwürmesini öçürenimizde perdede ellips alarys.



Çyz. 47.

Ellipse degýän çyzyklary (perpendikulýarlary) geçirip c we d nokatlary alarys, onda:

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{ab}{cd}\right)^2}. (98)$$

**Ossillografiki usul bilen  $\varphi$  burçy ölçemek üçin EHM ulanmak.**

Işlenik düzülen görnüş ossillografik usulda göni çyzykly we faza güýjenmeleriň arasyndaky faza süýşmesiniň burçuny ölçemäge mümkinçilik berýär.

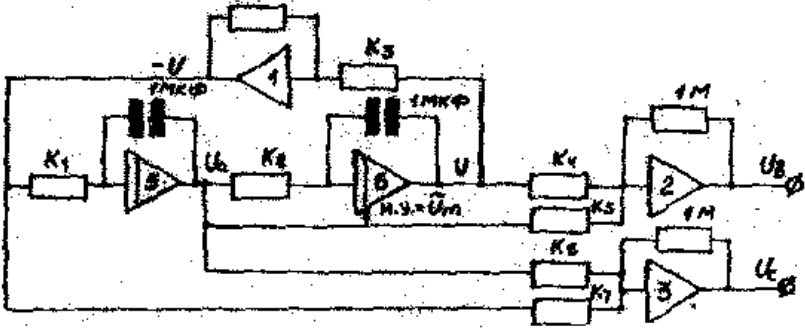
$U_a, U_b, U_c$  faza güýjenmelerini şekillendireliň:

$$\begin{cases} U_a = U_m \sin \omega t; \\ U_b = U_m \sin(\omega t - 120^\circ) = U_m [\sin \omega t \cdot \cos 120^\circ - \cos \omega t \cdot \sin 120^\circ] = -0,5U_a - 0,866U; \\ U_c = U_m \sin(\omega t + 120^\circ) = U_m [\sin \omega t \cdot \cos 120^\circ + \cos \omega t \cdot \sin 120^\circ] = -0,5U_a + 0,866U; \end{cases}$$

$$U_x = \int U dt = \int U_m \cos \omega t dt = \frac{U_m}{\omega} \sin \omega t;$$

$$U_a = U_x \cdot \omega. \quad (99)$$

EHM-de görmüşin çatgysy:



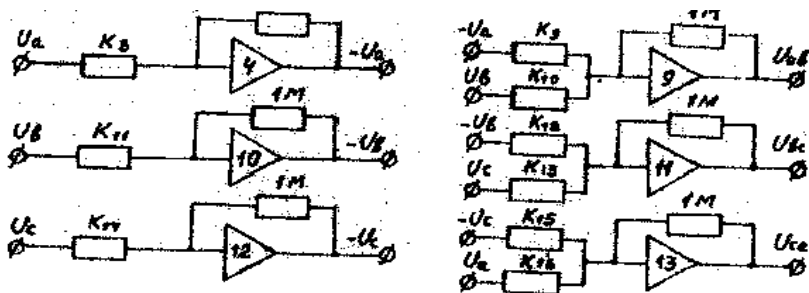
Çyz. 48.

Göni çyzykly güýgenmeleri şekillendirmek.

$$U_{ab} = U_a - U_b; \quad U_{bc} = U_b - U_c; \quad U_{ca} = U_c - U_a.$$

Görnüşin blok – çatgysy.

Ossilografyň perdesine dürli güýgenmeleri berip, öwürenilen usullar bilen  $\phi$  kesgitläp bolýar.



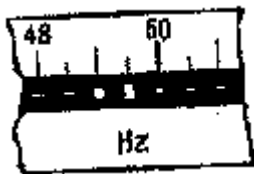
Çyz. 49.

### Ýyglygyň ölçenilşi.

**Elektromehaniki ýyglyk ölçýjiler.** Olar elektromagnit we elektrodinamiki (ferrodinamiki) mehanizmlen esasynda ýetirilip,  $20 \div 2500$  Gs aralygy ölçemekde ulanylýar.

### Elektromagnit rezonans ýyglygy ölçýji.

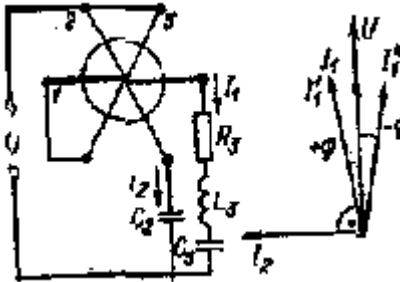
Ölçenýän ýyglygyň güýjenmesi elektromagnit sarymyna giterilýän. Elektromagnitiň meýdanynda polat tagtaça ýerleşen, onuň bir uýy gozganmaz ýaly berkidilen. Her bir tagtaçanyň (plastinka) öz belli yrgyldama ýyglygy bar. Elektromagnit meýdanyň we maýyşgaklyky täsiri netijesinde tagtajak yrgylygyna laýyk gelýän, öz yzgyldy ýyglygy bolan tagtaçalar has ýokary amplituda bilen yrgyldaýarlar (üýtgeýän magnit meýdan we tagtaçalar iki gezek elektromagnitga gekilýärler). Şkala tarapdan şeýle görüner.



Çyz. 50.

Ýygylklaryň ölçeg çäkleri  $45 \div 55$  ýa-da  $450 \div 550$  Gs  
 otnositel ýalňyşlyk  $1,0 \div 2,5$  %.

Elektrodinamik ýygylýk ölçýji (logometr esasynda)  
 Çyzat.



Çyz. 51.

Hereketlenýän bölegiň tegegi  $90^\circ$  burçda berkidilen.  
 Olaryň ululyklary  $L_3$ ,  $C_3$ ,  $R_3$ , güýjenme rezonansynyň  
 ýygylýgy orta ýygylýga  $f_{ort} = (f_H + f_K)/2$  ýakyn bolar ýaly  
 saýlanan.

$f_H$ ,  $f_K$  – enjamyň şkalasynyň başlangyç we ahyrky  
 belgileri.

Hereketlenýän bölegiň hereket pursatynyň aýlanmasy.

$$M_1 = C_1 I_1 I_2 \sin(\beta_1 - \alpha) \cdot \cos(90^\circ \pm \varphi) = C_1 I_1 I_2 \cdot \cos(45^\circ - \alpha) \cdot \sin(\pm \varphi);$$

$$M_2 = C_2 I_1^2 \sin(\beta_2 - \alpha) \cdot \cos 0^\circ = C_2 I_1^2 \cdot \sin(45^\circ - \alpha);$$

Bu ýerde  $\beta_1 = 135^\circ$ ;  $\beta_2 = 45^\circ$ ;  $\alpha = 0^\circ$  bolandaky  
 hereketlenmeýän tegek we (2, 3) hereketlenýän tekizlikler  
 arasyndaky burç.

$M_1$ ,  $\alpha$ -dan we  $I_1$  we  $I_2$ -iň arasyndaky süýşme burça  
 bagly, ol hem  $f_X$  ölçeg ýygylýga bagly.

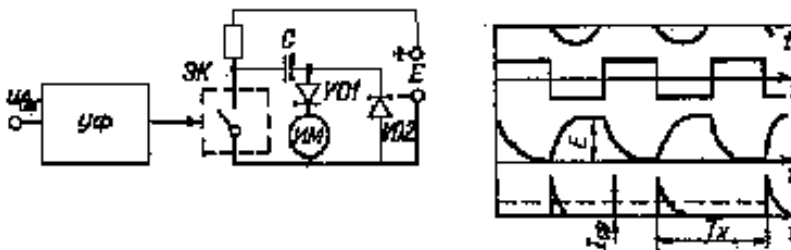
$M_1 = M_2$ ,  $I_1$  we  $I_2$   $f$  ölçegiň üýtgemegi bilen az  
 üýtgeýär.

$$C_1 I_1 I_2 \cos(45^\circ - \alpha) \cdot \sin(\pm \varphi) = C_2 I_2^2 \cdot \sin(45^\circ - \alpha) = C \cdot \sin(\pm \varphi).$$

$f_x = f_{or}$  ( $\varphi = 0$ )  $\alpha = 45^\circ$ , bolanda.  $f_x = f_H$  bolanda dil çetki çep ýagdaýy eýeleýär,  $f_x = f_K$  bolanda çetgi sag ýagdaýy eýeleýär.

### Elektron kondensator ýygylýk ölçäýjileri.

0,5 ÷ 2,5% getirilen ýalňyşlygy 20Gs ÷ 500kGs aralygyndaky periodik güýjenmäniň ýygylýgyny ölçemek üçin ulanylýar.



Çyz. 52.

$U_{gir}$  – üýtgeýän ýygylýgyň güjenmesi şekillendirmäni güýçlendirijiniň (усилитель формирования)  $f_g$  girişine getirilýän. Güýçlenýär  $U_{gir}$  we formirleýji göni burçly güýjenmede hem getirilýär.

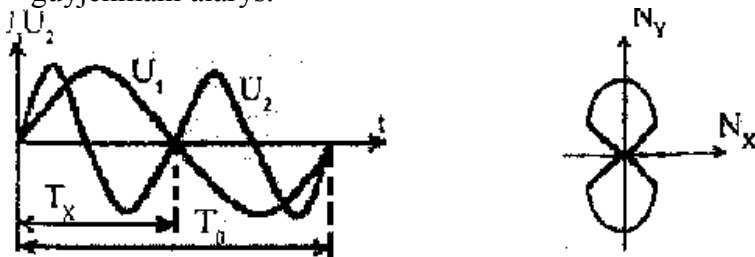
Bu güýjenme bilen elektron açar-EA dolandyrylýan. Diýeli  $U_{gir}$  položitel ýazymtolkunda EA ýapyk, onda ol otrisasel bolanda açyk bolýar. EA açyk wagtynda ýarym period dowamynda, kondensator C rezistoryň kömegi bilen E baha çenli zarýatlanýar. Zarýadyň togy R, C, VD1 we HM sarymyň ramkalaryndan akyp geçýär (ölçeýän mehanizm). EA açaryň ýapylmagy C kondensatoryň (EA we VD2) zarýatsyzlanmagyna getirýär. Şeýlelikde ölçenýän ýygylýgyň bir periodda ( $T_x = 1/f_x$ ) HM üstinden  $q = CE$  zarýad geçýär, şonuň üçin zynjyrdaky togyň orta bahasy aşaka-den.

$$I_{cp} = q/T_x = C \cdot E/T_x = C \cdot E \cdot f_x. (100)$$



### Ýygýlyklaryň ossillografik ölçeniş usullary.

a) Çyzykly göwürme usuly (метод линейной развёртки).  
Ossillografyň ekranynda dürli ýygýlykly sinusoidal güýjenmäni alarys.



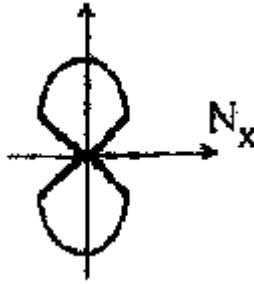
Çyz. 53.

$$f_1 = \frac{1}{T_x}; \quad f_0 = \frac{1}{T_0}. \quad (101)$$

b) Lissažunyň şekilleri usuly – bu usul sinusoidal güýjenmeli ýygýlyklary ölçemek üçin ulanylýar. Girişleriň birine  $f_x$  ölçenýän ýygýlykly güýjenmeler getirilýär. Onda ekranda çylşyrymly egri çyzylýar.

$$f_x = f_0 \frac{N_x}{N_y}. \quad (102)$$

$N_x = O_x$  ok bilen şekiliň kesişýän sany,  
 $N_y = O_y$  ok bolen, şekiliň kesişýän sany,  
 $N_x = 2$ ;  $N_y = 50Gs$ ;  $f_x = 50 \cdot 2/4 = 25Gs$ .



Çyz. 54.

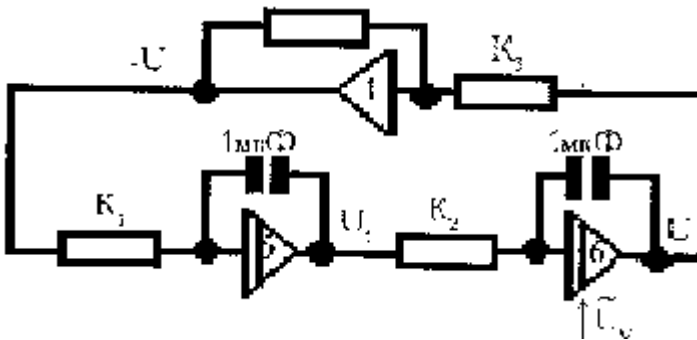
AHM ýyglygyň ossillogram usul bilen ölçenilşinde ulanmak  $f_0 = 50\text{Gs}$  belli ýyglykly we näbelli  $f_x$  ýyglykly sinusoidal güýjenmäni formulaşdyrsak:

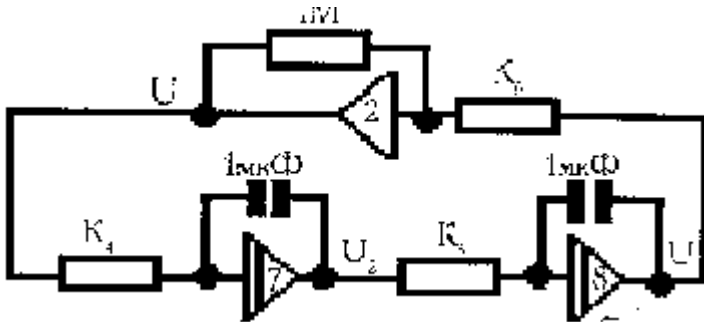
$$U_1 = U_m \sin \omega t; \quad \omega = 2\pi f_0; \quad U = U_m \cos \omega t;$$

$$\int U dt = \int U_m \cos \omega t dt = \frac{U_m}{\omega} \sin \omega t; \quad (103)$$

$$U_1 = U_m \sin \omega t = \omega \int U dt. \quad (104)$$

Bölek çatgy.





Çyz. 55.

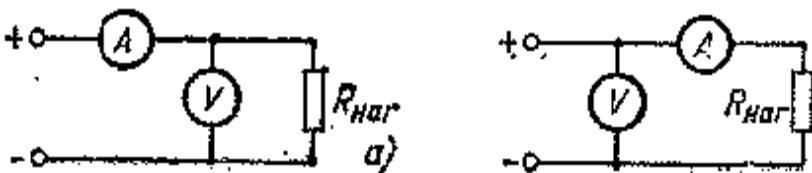
$$K_3 = 1,0; K_1 = K_2 = \omega / mt = \frac{2\pi f_0}{mt} mt = 157.$$

Soňra edil sonyň ýaly çatgy bilen formirleýär,  $f_x$ , bu ýerde  $K_4$ ,  $K_5$  bagly bolar  $W_x = \frac{2\pi f_x}{mt}$  formuladan.

### Kuwwati ölçemek.

Elektrodinamiki we ferrodinamiki sistemanyň abzallary arkaly amala aşyrylýar.

a) I - const zynjyrlarynda kuwwaty ölçemek  
 $P=V \cdot I$  bolany üçin, P A we V bilen ölçemek bolýar.

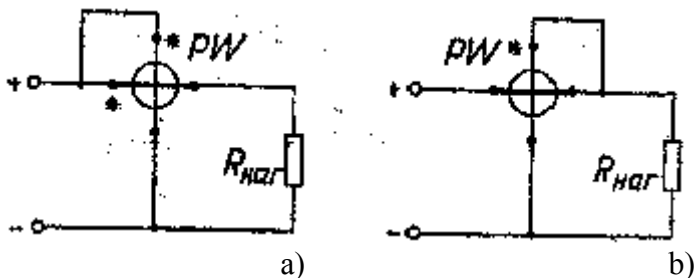


Çyz. 56.

$$R_{\text{yük}} \ll R_v$$

$$R_{\text{yük}} \gg R_v$$

Bu usul praktikada seýrek ulanylýar, sebäbi iki abzal ulanmaly bolýar. Has ýönekeý usuly elektrodinamiki wattmetr bilen ölçemek.



Çyz. 57.

Uly  $R_{\text{yük}}$  bolanda (b Çyz. meňzeş). Kiçi  $R_{\text{yük}}$  bolanda (a Çyz.meňzeş).

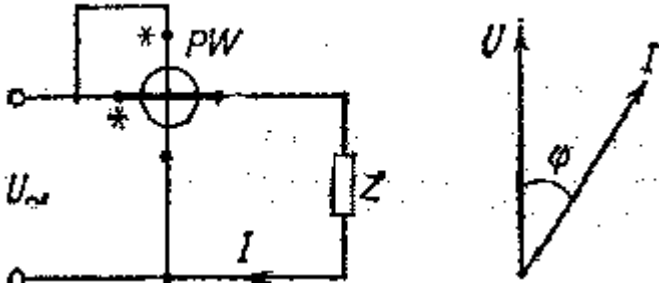
Köplenç (2) çatgy ulanylýar.

Tok sargysynyň generator gysgyjy hemişe energiýa çeşmesiniň tarapyna birikdirilýär, güýjenme sargysynyň generator gysgyjy bolsa zynjyrlarda kiçelýär, metodiki ýalňyşlyklar dürli bolup bilýär (Çyz. ýaly)

### Üýtgeýän togyň (I-Var) zynjyrlarynda aktiw kuwwaty ölçemek

**Bir abzal usuly** - bir elektrodinamiki wattmetriň usuly bilen. Usuly bir fazaly zynjyrlarda ýa-da 3 fazaly simmetrik zynjyrlarda ulanylýar.

**Bir fazaly zynjyr üçin çatgy**

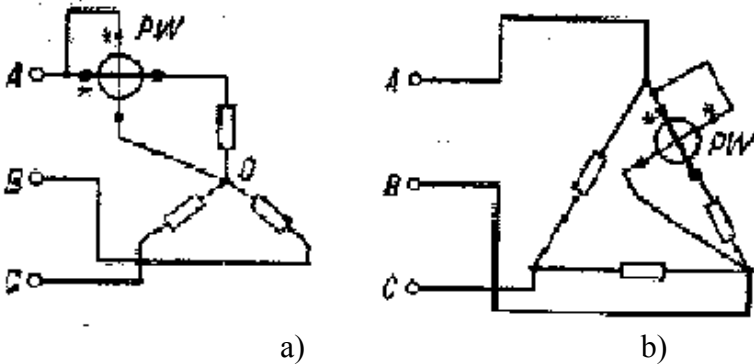


Çyz. 58.

$P_w = VI \cdot \cos\varphi$  napýaženiýanyň we elektrik akymynyň  $V$  we  $I$  täsir ediji bahalary.

Wattmetriň görkezmesi  $\varphi = \angle(V_1 I)$

### 3 fazaly simmetrik zynjyr üçin

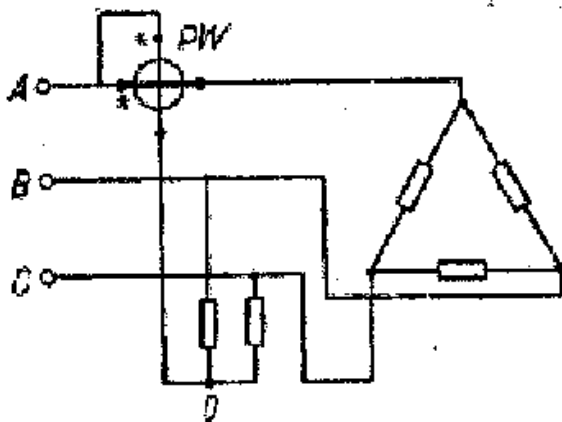


Çyz. 59.

a) Ýüklenme  $\lambda$  birikdirilende we haçan-da nul nokat mümkin bolanda ( $P_w$ -fazalaryň birine çatylyar).

b) Ýüklenme  $\Delta$  - bilen çatylanda.

Eger nul nokada ýetilmesi, onda emeli nul nokat döredilýär.



Çyz. 60.

$R_1$ ,  $R_2$  we  $R_{sar}$  garşylyklary döretmek bilen wattmetriň naprýaženiýasy ulanylýar.  $R_1=R_2=R_{güý.sar}$

$R_{güý.sar}$  - wattmetriň sanly ýüzünde ýa-da pasportynda görkezilýär.

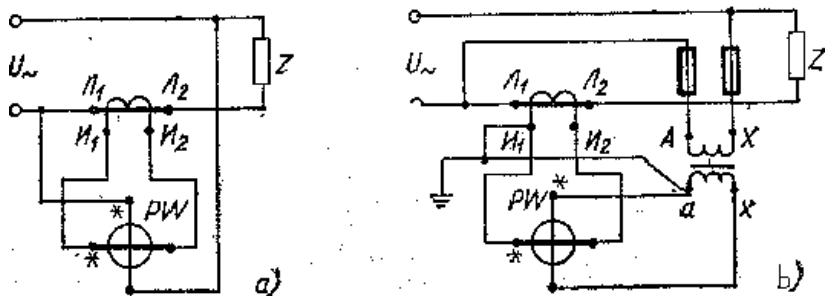
Ähli üç çatgyda:  $P_w = V_a I_a \cos\varphi$  (105)

Ähli üç fazaly zynjyryň kuwwatyny bilmek üçin, hökmany wattmetriň görkezmesini 3 köpeltmelidir.  $P=3P_w$   
Bularyň hemmesi fazalardaky naprýaženiýalaryň simmetrikliginde we birmeňzeş  $Z$  mümkindir.

Wattmetriň ölçeg çaklerini giňeltmek üçin toguň we naprýaženiýanyň transformatorlary ulanylýar.

Olaryň birikdiriliş çatgysy:

$$P = P_w \cdot K_{IV} \cdot K_{UY} \quad (106)$$



Çyz. 61.

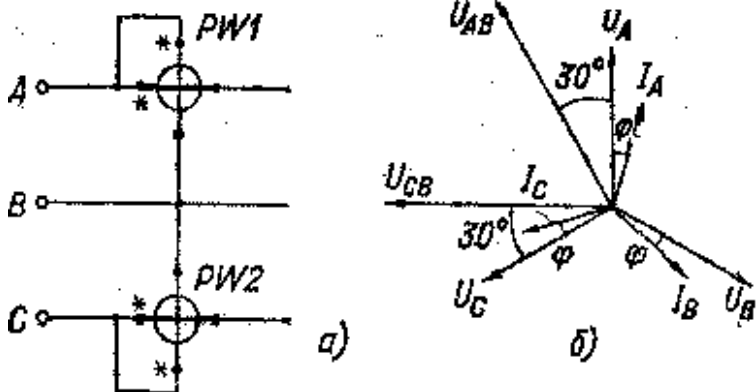
$P_w$  - wattmetriň görkezmesi;

$P$  - zynjyryň kuwwaty.

Bir elementli 2 abzal usuly bilen kuwwaty ölçmek - 3 fazly zynjyr üçin (simmetrik we şeýle-de simmetrik däl ýüklenme üçin, ýüklenmäniň birikdirilişiniň dürli çatgysy).

Tok sargylary A we C fazalara çatylýar (köplenç), wattmetriň güýjenme sargysy bolsa göni çyzykly V çatylýar.

**Mysalda simmetrik ýüklenme ýagdaýy üçin görkezeliň**



Çyz.62.

$$V_{AB}=V_A - V_B$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha + \beta}{2} \cos\frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$V_{CB}=V_C - V_B$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha + \beta}{2} \cos\frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$P_{W1}=V_{AB}I_A \cos(30^\circ + \varphi) = V_g I_g \cos(30^\circ + \varphi); \quad (107)$$

Onda umumy kuwwat

$$P = P_{W1} + P_{W2} = V_g I_g \cos(30^\circ + \varphi) + V_g I_g \cos(30^\circ - \varphi)$$

özgertmeden soň

$$P = V_g I_g 2 \cos 30^\circ \cos \varphi = \sqrt{3} V_g I_g \cos \varphi; \quad (108)$$

bu hem üç fazaly sistemanyň kuwwaty; Wattmetriň görkezmesi ýüklenmä bagly, ýagny

- 1 .  $\varphi=0$  - aktiw ýüklenme, onda görkezme  $P_{W1}=P_{W2}$
- 2 .  $\varphi=+60^\circ$ ,  $P_{W1}=0$
- 3 .  $\varphi=-60^\circ$ ,  $P_{W2}=0$  Bu deňlemeden bellidir.

**3 abzal usuly** - üç fazaly 4 simli zynjyrlarda ulanylýar {dürli ýüklenmede (simetrik ýa-da simmetrik däl) we ýüklenme birikdirilişiniň dürli çatgylaryna görä}.

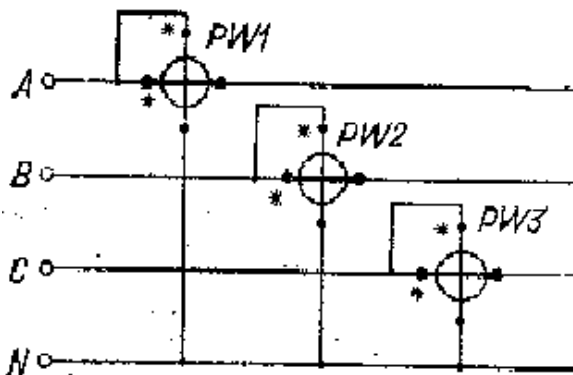
$$P_{W1} = V_A I_A \cos\varphi_A; \quad (109)$$

$$P_{W2} = V_A I_A \cos\varphi_B; \quad (110)$$

$$P_{W3} = V_C I_C \cos\varphi_C; \quad (111)$$

$$P = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}; \quad (112)$$



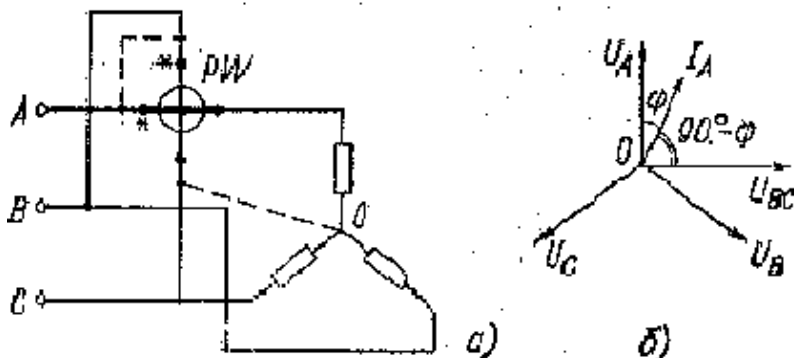


Çyz. 63.

### Reaktiw kuwwaty ölçemek

Üç fazaly simmetrik topluma üçin bir abzal bilen ölçeniş usuly.

Bu ýerde wattmetriň V sargysy göni çyzykly güýjenmä birikdirilen.



Çyz. 64.

$$P_W = V_{AC} I_A \cos(\angle V_{AC} I_A) = V_g I_{\bar{a}} \cos(90^\circ - \varphi) = V_g I_{\bar{a}} \cos \varphi$$

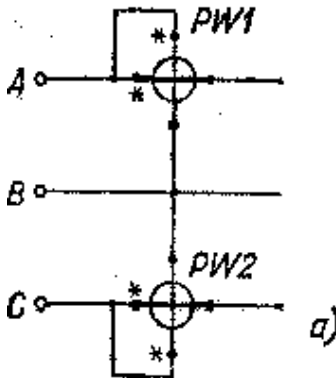
3 fazaly zynjyryň  $\theta$  almak üçin  $P_W$  görkezýänleriniň  $\sqrt{3}$  köpeltmeli.

$$\theta = \sqrt{3} V_g I_a \cos \varphi$$

Eger wattmetri  $\theta$  ölçmek için goýsak onda  $\sqrt{3}$  köpeltmäni derejeleşdirmekde (graduirlmekde) hasaba almak bolar.

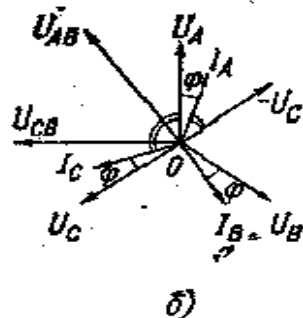
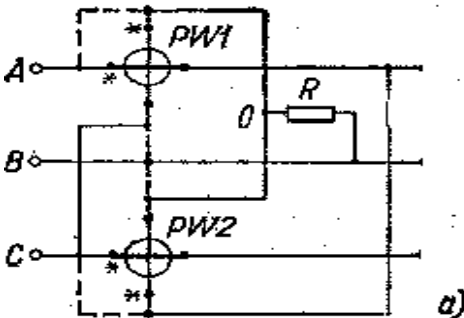
## 2 elementli wattmetriň çatgysy

3 fazaly zynjyryň aktiw kuwwatyny ölçemek için.  $P_{3f} = P_{W1} + P_{W2}$  (113)



Çyz. 65.

R - wattmetriň parallel sargysynyň garşylygyna (pasportda ýa-da sanly ýüzünde görkezilýär) deň.



Çyz. 66.

### 3 fazaly zynjyrda $\theta$ ölçmek üçin çatgy.

$$\theta = (P_{W1} + P_{W2}) \cdot \sqrt{3} \quad (114)$$

ýagny, 2 elementli wattmetriň görkezmesini  $\sqrt{3}$  köpeltmeli, ýagny şkalany çalt derejeleşdirmek mümkin.

$$\begin{aligned} P_{W1} &= (-V_C)I_A \cos(-V_C \wedge I_A) \\ P_{W2} &= V_A I_C \cos(V_A \wedge I_C) \\ (-V_C \wedge I_A) &= 60^\circ - \varphi && \text{Wektor} \\ (V_A \wedge I_C) &= && 120^\circ - \varphi \end{aligned}$$

diagrammadan

$$P_{W1} = (-V_C)I_A \cos(60^\circ - \varphi) = V_{fI} \cos(60^\circ - \varphi)$$

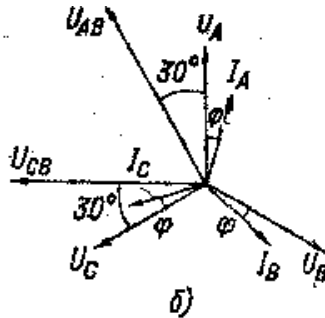
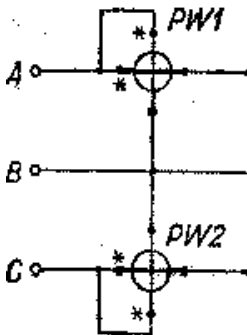
$$P_{W2} = V_A I_C \cos(120^\circ - \varphi) = V_{fI} \cos(120^\circ - \varphi)$$

$$P_\Sigma = P_{W1} + P_{W2} = V_{fI} \cos \varphi. \quad \theta = \sqrt{3} P_\Sigma$$

Ýagny (derejeleşdirmede)  $\sqrt{3}$  köpeltmeli

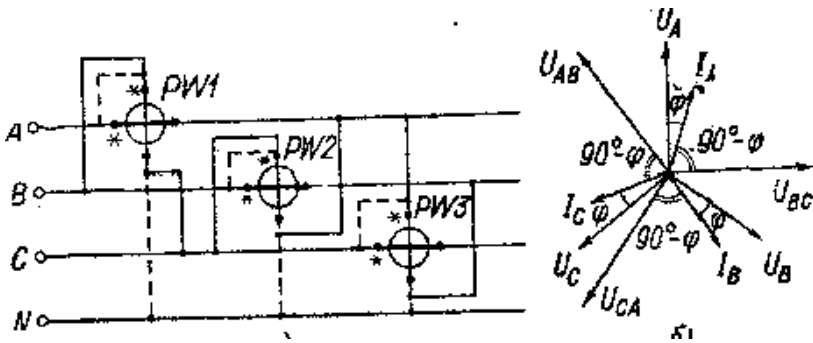
### 2 abzal usuly.

$$\theta = \sqrt{3} (P_{W1} - P_{W2}) \quad (115)$$



Çyz. 67.

3 abzal usuly 3 fazaly 4 simli zynjyrlarda simmetrik we şeýle-de simmetrik däl düzgünlerde ulanylýar.



Çyz. 68.

$$P_{\Sigma} = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3} = 3V_g I_g \cos\varphi; \quad (116)$$

$$\theta = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3}} - \text{ýagny ähli wattmetleriň görkezmelerini}$$

$\sqrt{3}$  bölmeli.

### Energiýanyň ölçenilşi.

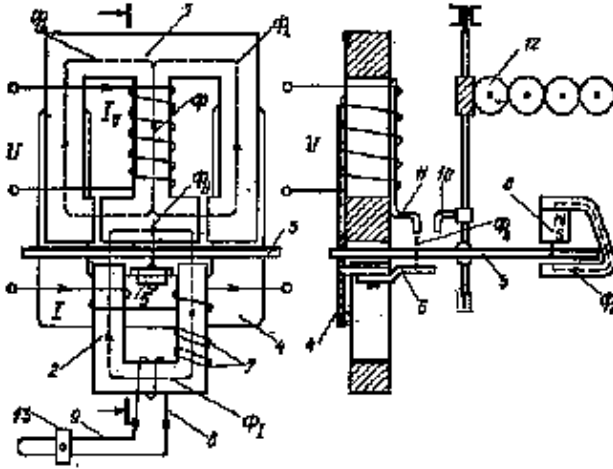
Bir we üç fazaly zynjyryň aktiw we reaktiv energiýasyny bir we üç fazaly energiýa ölçýjiniň kömegi bilen amala aşyrylýar. Elektrik ölçýjilerde induktiw ölçýiş mehanizm ulanylýar.

**Induktiv ölçýiş mehanizimi** – onuň işini induktiw şçyotçigiň iş wagtynda görkezeris.

**Bir elementli induktiw şçyotçik** – ol üýtgeýän tokly bir fazaly zynjyrlaň aktiw energiýasyny ölçemek üçin ulanylýar. Induktiv ölçýji mehanizimiň işleýiş prinsipi şeýle, ýagny 2 ýa-da birnäçe üýtgeýän magnit akymlyryň toklar bilen täsiri netijesinde, indusirlenen ýa-da hereket edýän alýumin disk.

$$M_{ayl} = cf\Phi_1\Phi_2\text{Sin}\psi; \quad (117)$$

$\Phi_1 \Phi_2$  – diski kesip geçýän akymlyar;  
 $f$  -  $\Phi_1 \Phi_2$  akymlaryň üýtgeýän akymlyary;  
 $\psi$  -  $\Phi_1$  we  $\Phi_2$  arasyndaky burçuň faza süýşmesi.



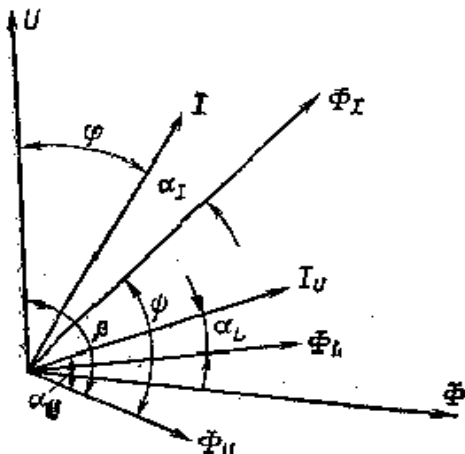
Çyz.69.

Çatgyda CO tipli şçyotçigiň täsir prinsipi düşündirilýär.

1. Zynjyryň sarymyndaky güjenmäniň üçörenli magnit geçirijisi.
2. Üç sany zzygider birikdirilen tok sarymlarynyň  $\Pi$  – şekilli magnit geçirijisi.
3. Öka berk birikdirilen alýumin disk.
4. Magnitometrik materialdan polýusa garşylyk. Onuň üsti bilen  $\Phi_u$  magnit akymlyary utgaşýar.
5. Kompensasiýa momendini döretmek we sazlamak üçin polat simjagary.

6. Duruzyjy pursady döretmek üçin magnitoiduksion rahatlandyryjynyň hemişelik magnidi.
7.  $\alpha_1$  takmanan sazlaýjy üçin gysga utgasdyrylan sarymlar.
8. Simli rezistora utgaşdyrylan sarym.
9. Anyk  $\alpha_1$  sazlamak.
10. Özbaşdak hereketlenmäni aýyrmak üçin – polat gaňyrçak.
11. Magnitometrik materialdan baýdajykly tagtajyk (baýdajyk  $\Phi_3$  akym bilen magnitlenýar we 10-a çekilýär).
12. Ölçýji mehanizim.
13. 9 garşylygy üýtgetmek üçin germew.
14. Gurçuk şekilli mehanizm.

### Ölçýjiň wektor diagrammasy.



Çyz. 70.

Güýjenmäniň sarymyna çatylan  $U$  güýjenme sarymda  $I_U$  togy döredýär, onda sarymdaky uly induktiw garşylygyň

faza gyşarma burçy güýjenmeden  $90^\circ$ -sa ýakyn. Tok  $I_U$  orta tagtajykda magnit geçirijide  $\Phi$  akymy döredýär.  $\Phi_I$  iki akyma bölünýär.  $\Phi_L$  ( $M_{ayl}$  – döretmekde ulanmaýar) we  $\Phi_U$ ,  $\Phi_L$  we  $\Phi_U$   $I_U$  tokdan,  $\alpha_L$  we  $\alpha_U$  burç ýitgilerine bölünmeýärler.  $\alpha_U > \alpha_L$ , sebäbi  $\Phi_U$  garşy polýusyň üsti bilen utgaşýar we şonuň üçin ýitgi köp (garşy polýusdaky goşmaça ýitginiň ölçegi). Tok I magnit geçirijide  $\Phi_I$  magnit akymyny döredýär. Ol bolsa diski iki gezek kesip geçýär we orta tagtajygyň aşaky böleginden geçýär.  $\Phi_I$ , I-dan  $\alpha_I$  burç uza galýar. Şeýlelik bilen diski  $\Phi_U$  we  $\Phi_I$  magnit akymlyry kesip geçýär.  $\Phi_I$  ony iki gezek geçýär.

Biziň ýagdaýymyzda deňleme şeýle görnüşli alýar.

$$M = c f \Phi_I \Phi_U \sin \psi; \quad (118)$$

Egriniň çyzykly böleginiň işinde magnitlenen magnitometrik magnit geçiriji şeýle görnüşli alýar.

Şeýlelikde.

$$\begin{cases} \Phi_I = K_1 I; \\ \Phi_U = K_2 I_U = K_2 \frac{U}{Z_U}. \end{cases}$$

$Z_U$  – sarymdaky güýjenme garşylygynyň doly moduly.

$R_U \ll X_U$ , onda  $Z_U \approx X_U = 2\pi f L_U$ ;

$L_U$  – sarymdaky güýjenmäniň induktiwligi .

Onda

$$\Phi_U = \frac{K_2 U}{2\pi f L_U} = K_3 \frac{U}{f};$$

$$K_3 = K_2 / 2\pi L_U.$$

(118) ýerine goýup alýarys.

$$M = K \cdot U \cdot I \cdot \sin \psi; \quad (119)$$

$$K = CK_1 K_3.$$

(119) görnüşi ýaly,  $M_{a\gamma l} = P$ , onda

$$\sin\psi = \cos\varphi \quad (120).$$

$\varphi - U$  we  $I$  burç süýşmesi.

(120) aňlatma  $\psi + \varphi = 90^\circ$  bolanda ýerine ýetýär, onuň üçin  $\beta > 90^\circ$  bolmagy hökman.

$$\beta = \psi + \varphi + \alpha_I.$$

Ölçenjileriň hakyky gürlüşynda  $\Phi_L \gg \Phi_U$ , bu bolsa  $\beta > 90^\circ$  almaga mümkinçilik berýär.

$\psi + \varphi = 90^\circ$  üpjünjiligi  $\beta > 90^\circ$  bolanda, gysga utgaşdyrylan sargylaryň 7 (takmynan sazlaýjy) we sarymlaryň 8, rezistora utgaşdyrylmagy 9 (13 kontaktyň kömegi netijesinde takyk sazlamasy). Şularyň kömegi bilen  $\beta > 90^\circ$  alynýar. Onda (119) şeýle görnüşi alar.

$$M = k \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = k \cdot P.$$

Rahatlaýjy duruzyjy pursatyny döretmek üçin we diskiň her ýükiniň deň ölçegli burç tizligini üpjün etmek üçin magnitoinduksion rahatlandyryjy – 6 ulanylýar. Hemişelik magnit akymynyň  $\Phi_m$  akyma proporsional bolan  $I_m$  tok we diskiň burç tizligi  $w$  döreyär.

$$I_m = C_1 \cdot \Phi_m \cdot w. \quad (121)$$

$I_m$  we  $\Phi_m$  täsir edişmegi netijesinde duruzma pursady döreyär.

$$M_T = C_2 \cdot \Phi_m \cdot I_m. \quad (122)$$

$I_m$  (121)-den (122)-a gaýsak.

$$M_T = C_3 w, \quad \text{bu ýerde } C_3 = C_1 \cdot C_2 \cdot \Phi_m^2.$$

Deňlederejeli aýlanma ýüze çykýar.



$$M = M_T; \quad k \cdot P = C_3 w = C_3 \cdot d\alpha/dt;$$

$$K \cdot P \cdot dt = C_3 \cdot d\alpha.$$

$t_1$ -den,  $t_2$ -ä çenli

$$k \int_{t_1}^{t_2} P \cdot dt = C_3 \int_{t_1}^{t_2} d\alpha.$$

$$\int_{t_1}^{t_2} P dt = W - \text{aktiw energiýa}.$$

$$\int_{t_1}^{t_2} P \cdot d\alpha = 2\pi N; \quad (123)$$

onda

$$k \cdot W = C_3 \cdot 2\pi \cdot N, \quad W = C_3 \cdot 2\pi \cdot N/k = CN; \quad \underline{W = N}.$$

Ölçýjide berilýän san görkezilýär –  $N_0 = \text{aýlaw/kWt} \cdot \text{s}$  mysal  
 $1 \text{ kWt} \cdot \text{s} = 1800$  tegek aýlawna.

Ölçýjiň nominal hemişeligi.

$$C_n = \frac{1}{N_0} \cdot (124)$$

Mysal

$$C_n = \frac{3600 \cdot 1000}{1800} = 2000 \text{ Wt} \cdot \text{s} / \text{aýlaw}.$$

Onda

$$W = C_n \cdot N. \quad (125)$$

Ölçýjiniň nominal hemişeligini bilip we tegegiň aýlaw sanyny  $W$  kesgitläp bolýar.

I kiçi ýüklenmelerinde sçýotçigiň dogry görkezmelerine hasaplama mehanizmindäki sürtülme pursaty düýpli täsir edýär. Aýlanma pursatyna gapma – garşy täsir edýän sürtülme pursaty tegekdäki  $w$  kiçelder we hasaba alýan energiýa harçlandan az bolar.

Bu ýalňyşlygy keçeltmek üçin ölçýjilerde goşmaça kompleks pursadyny döredýärler  $M_{komp}$ .

Ol aşakdaky usullardan ybarat:

1. Ölçýjiň diskiniň aşagynda polýusa garşy dolanyp ýerleşdirilen, magnitometrik materialdan bolan nurbatyň kömegi bilen.
2. Ölçýjiň diskiniň aşagynda  $\Phi_U$  akymyň ugrunda ýerleşen, gysga utgaşdyrylan sargyň kömegi bilen.
3. Ölçýjiň aşagynda polýusa garşy berkidilen, simiň 5 kömegi bilen ( $M_{komp} = 0$   $\Phi_U$  bilen radiusynyň deň gelmegi bilen,  $M_{komp}$  garyşyk sazlanýar).

Güýjenme sarymynyň döredýän iki akymynyň täsirleşmesi netijesinde kompleks momendi döreýär.

$$M_{komp} = C \cdot f \cdot \Phi_U \cdot \Phi_S \cdot \sin \Psi. \quad (126)$$

$\Phi_S$  akym baýdajykly tagtajak 11 we polýusa garşy 4 bilen utgaşýar.

$M_{TP}$  – üýtgeýän ululyk, şonuň üçin bir tok bolanda  $M_{komp} = M_{TP}$  gurup bolýar (adatça  $I = 10\% I_{nom}$ ).

Ölçýji eksplotirlenende,  $M_{komp} > M_{TP}$  bolmagy mümkin, we ölçýjiniň diski  $I = 0$  bolanda hem aýlanyp başlaýar (ýagny ulanyjy energiýany sarp etmeýär).

Zygyder zynjyrdak tok bolman, güýjenmäň täsiri astynda ölçýjiniň diskiniň aýlanmasyna **öz-özünden aýlanma diýilýär** (bir aýlawdan köp).

Öz-özünden aýlanmany aýyrmak üçin diskiň akyna ferromagnit materialyndan bolan 10 gaňyrçagy berkidýärler. Gaňyrçak (krýuçok) 11  $\Phi_S$  akym bilen magnitlenýär we gaňyrçagy 10 özüne çekmek bilen öz-özünden aýlanmany aýyryýar.

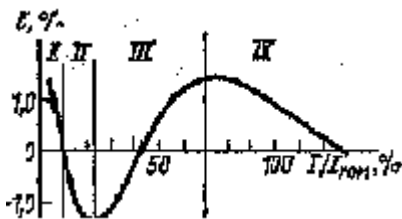
Gaňyrçak we baýdajygyň arasyndaky täsir güýji, haçanda ölçýji duýujy pursata güýç eýe bolanda şeýle sazlanmaly. Muňa togyň iň kiçi bahasynda diskiň üzüksiz aýlanmafyna düşinilýär.  $U=U_H$   $f=f_H$ , aktiw energiýa ölçýjiniň takyklyk klasy: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; reaktiw energiýa üçin ölçýjiler: 1,5; 2,0; 3,0.

Takyklyk klasy odnositel ýalňшыlyga görä tapylýar. Bu ýerden odnositel ýalňшыlyk

$$\delta = \frac{W_{C_2} - W}{W} \cdot 100\%; \quad (127)$$

$W_{C_2}$  – energiýaň ölçenilýän bahasy (degşirme ölçýjisine görä);

$W$  – energiýaň hakyky bahasy (görkezme ölçýjisine görä, Wattmetr ýa-da sekunt ölçýjä görä).



Çyz. 71.

### Iki we üç elementli induktiv ölçýjiler.

**Iki elementli ölçýjiler** – üýtgeýän togyň üç geçirijeli zynjyrlan aktiw energiýasyny ölçemekde ulanylýar.

Aýlanan elementli (diskleň) diskler bir okda berkidilen. Ol umumy aýlaw momendi almaga mümkinçilik berýär. Bu

bolsa aýry elementleň aýlaw momendiniň elementli ölçýjilerde iki sany birtazaly ölçýjiler otyrdylan.

**Üç elementli ölçýjiler** – üçfazaly dörtgeçirijili zynjyrlarda aktiw we reaktiw energiýany ölçýär. Ýene-de üýtgeýän toguň üç fazaly 3 we 4 geçirijili zynjyrlarda reaktiw energiýany ölçýär.

Olar 2 elementli bir diskli we 3 elementli 2 diskli ölçýjiler bolýarlar. Elementleň aýlanmagy biri-birine täsiri we ölçýjileň ýalňyşlygynyň köpeltmegi sebäpli praktikada ulanmaýarlar.

### **Hasaplaýjy abzallaryň şertli belgisi.**

BFZ – Bir fazaly zynjyrda (aktiw energiýany hasap etmek üçin) bir fazaly şçýotçik.

AS3 – üç geçirijili, 3 fazaly zynjyryň aktiw energiýany hasap etmek üçin hasaba alyş abzaly .

AS4 – 4 geçirijili, 3 fazaly zynjyryň aktiw energiýany hasap etmek üçin şçýotçik.

RS4 – 3, 4 – geçirijili, 3-fazaly zynjyryň reaktiw energiýasyny hasap etmek üçin şçýotçik.

Eger  $Y$  goşulsa – mysal üçin AS3 $Y$ , ÇS4 $Y$  – onda  $Y$  – uniwersallygy aňladýar, tok transformatorynyň we  $U$  üstinden çatylýar.

$W_h$  – aktiw energiýa hasap ediş şçýotçigi.

$Var_h$  – reaktiw energiýany hasap ediş şçýotçigi (hasaplaýjy)..

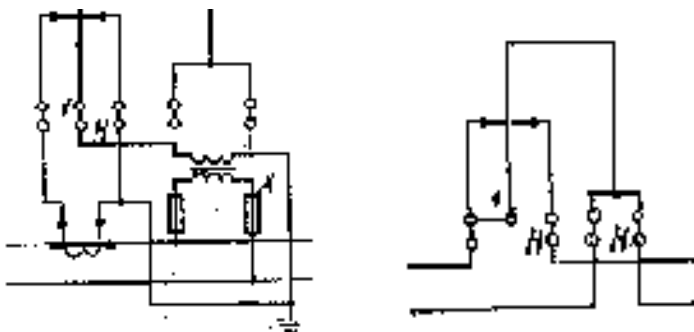
$r$  – tok sarymlarynyň generator gysgyçlary.

$H$  – ýük birikdirilýän gysgyç.

0, 1, 2, 3 – 3 ýa-da 4 geçirijili zynjyra çatmak üçin güjenme gysgyçlary.

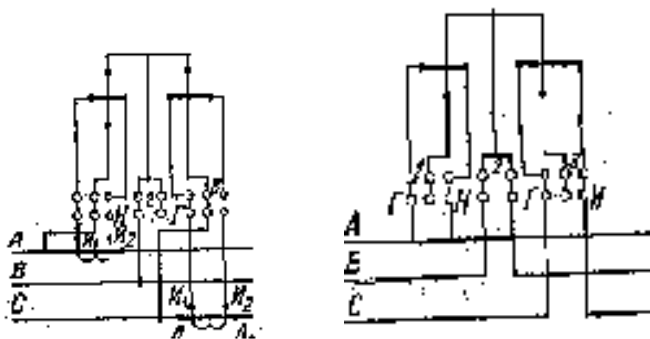
Aktiw we reaktiw energiýany hasaba almak üçin ölçýjileriň birikdirliş çatgysy.

1. Bfz – bir fazaly ölçýjiniň birikdirme çatgysy. Ol bir fazaly wattmetr ýaly çatylýar.



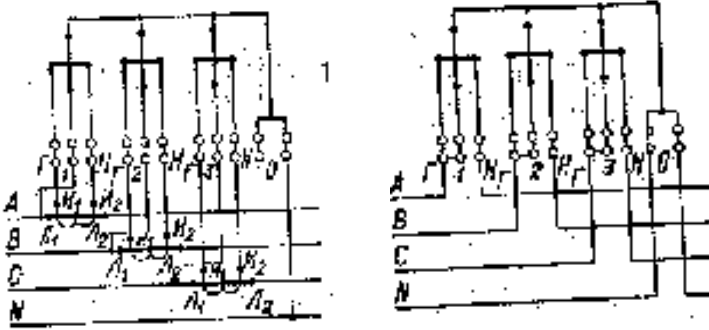
Çyz. 72.

2. 2-elementli 3 fazaly ölçýjileriň birikdirme çatgysy (3 geçirijili, 3 fazaly zynjrlaryň aktiw energiýasyny hasaba almak üçin, ýagny simmetrik ýükde). Ol 2 Wattmetirleň birikdirme çatgysyny amala aşyrylýar.



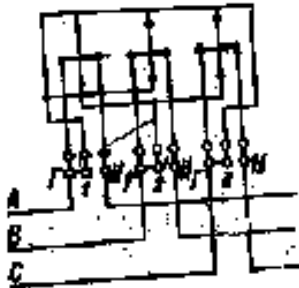
Çyz. 73.

3. 3 elementli ölçýjileriň aktiw energiýany hasaba almak üçin birikdirme çatgysy (4 geçirijili zynjrlarda).



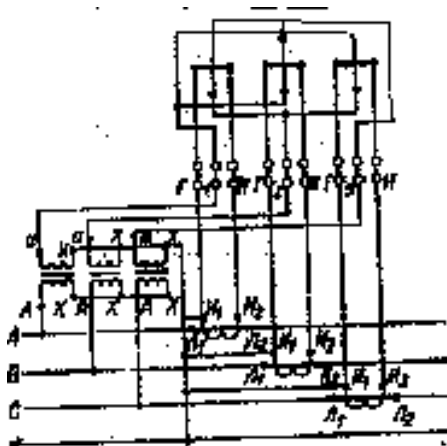
Çyz. 74.

4. 3 elementli ölçýjileriň reaktiw energiýany hasaba almak üçin birikdirme çatgysy.
- a) 3 geçirijili zynjyrdak reaktiw energiýany hasaba almak üçin.



Çyz.75.

- b) 4 geçirijili zynjyrlarda reaktiw energiýany hasaba almak üçin.



Çyz. 76.

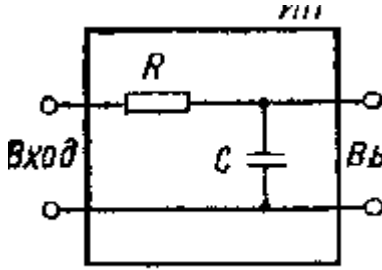
### Elektrik ölçeg zynjyrlary.

#### (ÖÖ) Ölçeg özgerdijiniň dinamiki ýalňyşlygynyň düzetmesi.

Her bir ÖÖ kesgitli inersionlygy bar we onuň ululygy täsir prinsipine we düzülşine bagly. ÖÖ inersiýalylygy ony çalt üýtgeýän signallar üçin ulanmaga mümkinçilik berenok. Dinamiki ýalňyşlygyň ýüze çykmagynyň sebäbi – ÖÖ inersiýalylygy ÖÖ dinamiki ýalňyşlygynyň düzetmesi düzediji zynjyrlary girizmek bilen ÖÖ inersiýalylygyny peseltmekden durýar.

Köp ÖÖ (güýçlendiriji, elektrik özgerdiji we ş.m. birinji ýakynlaşmada wagtyň hemişeligi  $T$  bilen häsiýetlenýän inersiýaly düwün hökmünde sezetmek mümkin.

Inersiýaly düwün bilen ÖÖ çalşyrma çatgysy Bu düwün üçin  $T = RC$



Çyz. 77.

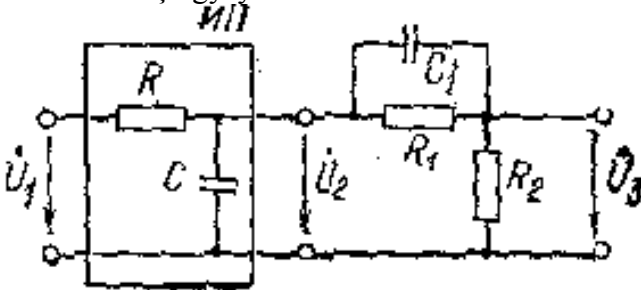
Onuň çalt täsiriligini ýokarlandyrmak, ýagny tazalmagy bilen ýüze çykyan dinamiki ýalňyşlygy azaltmak mesele çözülyär

- a) Zynjrlaryň düzetmesi arkaly;
- b) analogik we sanly hasaplaýjy gurluşlar arkaly;
- w) otrisatel tersbaglanşygyň kömegi bilen.

Praktikada T-10 esse içeldip bolýar (prinsipial taýdan dolylygyna). Doly düzetme ýolunda çaklendirme – bu düzediji elementleriň özüniň gowşaklygy aňladýar.

Inersiýaly düwün bilen zzygider birikdirilen RC düzediji zynjrlaryň kömegi bilen dinamiki ýalňyşlygyň düzetmesine seredeliň.

Birikdirme çatgysy.



Çyz. 78.

Bu ýerde R1, R2, C düzediji zynjyr.



$W_1(j\omega)$ ,  $W_2(j\omega)$  bellaliň – ÖA we düzediji zynjyrlaryň ýygylýk häsiýetnamasy – bu çykyjy signalyň amplitudasynyň ýygylýga baglylygy.  
Bulary zynjyryň ululyklary arkaly aňladalyň.

$$W_1(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + g\omega RC} = \frac{Z_{cyk}}{Z_{gir}} \quad (127)$$

$$\begin{aligned} W_2(j\omega) &= \frac{U_2}{U_2} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{R_1}{j\omega C_1(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1})}} = \frac{R_2(1 + R_1 j\omega C_1)}{R_2 + R_2 R_1 j\omega C_1 + R_1} \\ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega C_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (128) \end{aligned}$$

$W(j\omega)$  ähli zynjyrlaryň häsiýetnamasyny düzeliň.

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= W_1(j\omega) W_2(j\omega) = \\ &= \frac{1}{1 + j\omega RC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega C_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \end{aligned}$$

$R_1 C_1 = RC = T$  şerte degişlilikde  $R_1$  we  $C_1$  saýlasak, soňky aňlatda ýönekeýleşýär.

$$W(j\omega) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times \frac{1}{1 + j\omega \frac{R_2}{R_1 + R_2} T}$$

Alynan aňlatma ekwiwalent hemişelikli  $T_{ek}$  inersiýaly düwüniň häsiýetnamasy bolup dirýar

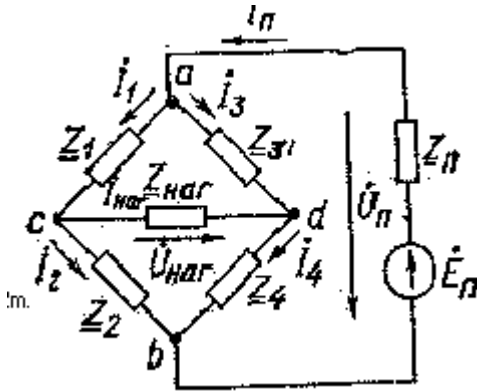
$$T_{ek} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} T \quad (129)$$

Bu ýerden  $T/T_{ek} = 1 + R_1/R_2$ ;  
Şeýlelikde düzediji zynjyr ÖA inersiýalylygyny  $1 + R_1/R_2$  gezek kiçeltmäge mümkinçilik berýär.

### Köpri zynjyrlary.

Elektrik zynjyrlaryň ululyklaryny ( $R, L, C, tg\delta, \theta$  we ş.m.) ölçemek üçin, şeýle-de bu ululyklara göni bagly signallary işläp çykarmak üçin, bu ululyklary elektrik signala özgertmek üçin ulanylýar.

Ýönekeý 4 eginli köprä seredeliň.



Çyz. 79.

$Z_1 \div Z_4$  – kompleks garşylygy,  
a, b, c, d – köpriniň depeleri,  
ab – energiýa çeşmesine birikdirilen diagonal,

cd – ýüklenme diagonalý (çykyş ýa-da ugrukdyryjy diagonal). Ölçeg köprilerinde bu diagonal DG-deňeşdiriji gurluş birikdirilýär (galwanometrler).

$E_{\text{ç}}$  – energiýa çeşmesi,  $Z_n$  – onuň içki garşylygy,

$U_g$  – güýjenme çeşmesi. Haçan-da  $Z_n=0$ ,  $U_g=E_{\text{ç}}$

Ýüklenme diagonalý – cd –  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  garşylykly şahalaryň arasynda aýyrylyp goýulan köprüjik hökmünde bolýar – bu ýerden hem ady gelip çykýar.

Üýtgeýän we hemişelik tok köprileri bolýar.

Hemişelik toguň köprileri – R ölçemek üçin, şeýle-de R, I ýa-da U özgertmek üçin ulanylýar.

Üýtgeýän toguň köprileri – kompleks garşylyklary elektrik signallara özgertmek ýa-da ölçemek üçin, şeýle-de süzgüçler hökmünde ulanylýar.

Köpriniň esasy häsiýeti – kesgitli  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  c – d ýüklenme diagonalýnda  $I_{\text{yük}}$  we  $U_{\text{yük}}$  ýoklugy-deňagramlyk ýagdaýy – köprileriň eginleriniň garşylyklarynyň gatnaşyklar bolsa deňagramlyk deňlemesini düzýändir.

Eger köpriniň deňagramlyk deňlemesine köprini üpjün edýän güýjenmäniň ýygylgy girýän bolsa, onda köprini üpjün edýän güýjenmäniň ýygylgyny ölçemek üçin we süzgüçler hökmünde ulanylýarlar.

Deňagramly köpriler – haçan-da deňagramlyk ýagdaýyny eginleriň garşylygyny sazlamak bilen gazanylanda mümkindir.

Hemişelik toguň köprilerinde ölçenilýän ululyk – bu K – hakyky baha.

Bular ýaly zynjyry deňagramlaşdyrmak üçin diňe bir sazlanýan ululyk talap edilýär. Hemişelik toguň köprilerinde ölçenilýän ululyk kompleks san bilen aňladylýar – bu ýagdaýda iki ululygy sazlamalydyr (garşylygyň moduly we argumenti ýa-da aktiw we reaktiw düzüjisi üçin).

### Köpriniň deňagramlyk şerti.

Köpri deňagramlaşan, ýagny  $I_{yük}=0$ ,  $U_{yük}=0$  haçan-da  $U_y \neq 0$  – bu haçan c we d potensiallary deň bolanda mümkin, ol bolsa, köpriniň II we IV eginlerinde U – I we III birmeňzeş düşmesinde mümkin

$$I_1 Z_1 = I_3 Z_3;$$

$$I_2 Z_2 = I_4 Z_4.$$

Mundan başga-da  $I_{yük}=0$ , onda  $I_1=I_2$ ,  $I_3=I_4$  onda köpriniň deňagramlaşma şerti:

$$Z_1/Z_2 = Z_3/Z_4$$

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad (130)$$

(130) Eger köpriniň üç egniniň garşylygy belli bolsa, 4-nji garşylygy kesgitläp bolýar. Indi ölçenilýän garşylygy birinji eginde birikdireriş  $Z_1=Z_{10}$ . Hemişelik tokly köprülerde MO-62 hakyky ululyklar baglansýarlar.

$$R_{10} = R_3 \frac{R_2}{R_4} \quad (131)$$

(131)-den beýle köpri sazlanýlýan  $R_3$  deňagramlaşmagyna getirýär.

$R_2/R_4$  gatnaşyk – masştab köpeldiji diýilýär, onuň bahasy  $10^n$  bahadan saýlanýar, bu ýerde  $n=0, -1, +1, -2, +2$  we ş.m.

Hemişelik tok köprülerinde deňagramlyk deňlemelerine kompleks bahalar girýär, şonuň üçin iki şekil üçin alarys:

$Z_{10} = Z_{10} e^{j\varphi_{10}};$	$Z_3 = Z_3 e^{j\varphi_3}$	6 rukoýatka bar:
		1 – köpeldiji;
$Z_2 = Z_2 e^{j\varphi_2};$	$Z_4 = Z_4 e^{j\varphi_4}$	2 x 100 om
		3 x 10 om
		4 x 1 om
Z – modul		

$$\text{Onda } \frac{Z_{10}e^{j\varphi_{10}}}{Z_2e^{j\varphi_2}} = \frac{Z_3e^{j\varphi_3}}{Z_4e^{j\varphi_4}}; \quad \begin{array}{l} 5 \times 0,1 \text{ om} \\ 6 \times 0,01 \text{ om} \end{array}$$

$$\text{Bu ýerde } Z_{10}e^{j\varphi_{10}} = Z_3 \frac{Z_2}{Z_4} e^{j(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4)} \quad (132)$$

Ýa-da başga şekilde:

$$\begin{array}{ll} Z_{10} = R_{10} + jX_{10} & Z_3 = R_3 + jX_3 \\ Z_2 = R_2 + jX_2 & Z_4 = R_4 + jX_4 \end{array}$$

$$R_{10} + jX_{10} = (R_3 + jX_3) \frac{R_2 + jX_2}{R_4 + jX_4} \quad (133)$$

Haçan-da modullary we argumenti ýa-da hakyky we hyýaly bölekleri deň bolanda iki kompleks baha deňdir.

Onda (132) iki deňagramlylyk şerti:

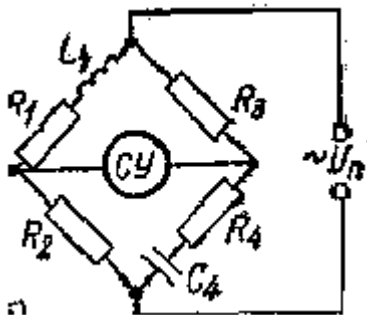
$$Z_{10} = Z_3 \frac{Z_2}{Z_4}; \quad \varphi_{10} = \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4 \quad (134)$$

(133) iki deňagramlylyk şerti

$$R_{10} = R_3 \frac{R_2}{R_4}; \quad X_{10} = X_3 \frac{X_2}{X_4} \quad (135)$$

Bu ýerden sazlamanyň iki şerti görünýär.

Praktikada iki egni diňe aktiw garşylygy, beýleki iki egni bolsa reaktiw garşylygy dördýän köpriler giňden peýdalanylýar.



Çyz. 80.

(134) we (135) şertden:

a) eger aktiw garşylyk  $R_3$ ,  $R_4$  ýanaşyk eginlerde ýerleşýän bolsa (79, 80 çatgy), ýagny  $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$ , onda beýleki iki egni  $\varphi_{10} = \varphi_2$  deňlik ýerlikli bolar ýaly ýa induktiwligi ýa-da sygymy döretmeli.

b) eger aktiw garşylyklar gapma-garşy eginlerde ýerleşen bolsa, meselem  $\varphi_2 = \varphi_3 = 0$ , onda beýleki eginleriň  $\varphi_{10} = -\varphi_4$  deňlik ýerlikli bolar ýaly biri-induktiwlik, beýlekisi-sygym döretmeli.

Meselem 1 Çyz. üçin:

Deňagramlylyk şerti:

$$R_{10} + j\omega L_{10} = \frac{R_3}{R_4} (R_2 + j\omega L_2)$$

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4}; \quad L_1 = L_2 \frac{R_3}{R_4}$$

Sazlamak üçin  $R$  aktiwi aljak bolmaly, sebäbi  $L$  we  $C$  ýerine ýetirmek kyn. 1 Çatgy üçin. Ilki bilen  $R_2$  sazlaýarlar we deňlemäniň hakyky bahalarynyň deňligini gazanýarlar. Soňra sazlanýan  $R_3$  – hyýaly. Ýöne  $R_3$  hakyky bölekler üçin aňlatma hem girýär, onuň hyýaly bölekleri deňleşdirmekdäki

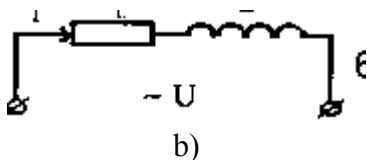
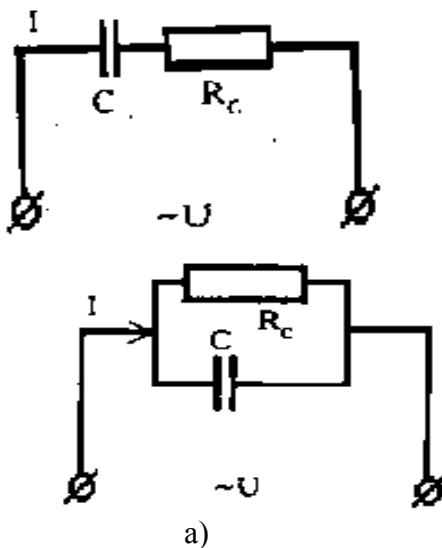
sazlanmasy başdaky şerti bozýar  $R_{10} = \frac{R_2 R_3}{R_4}$ . Şonuň

üçin deňagramlylyk hadysasynda köprini deňagramlylyk ýagdaýyna getirmek üçin  $R_2$  we  $R_3$  garşylyklaryň birnäçe gezek sazlamasyny ýerine ýetirmeli bolýar.

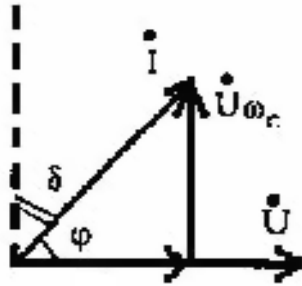
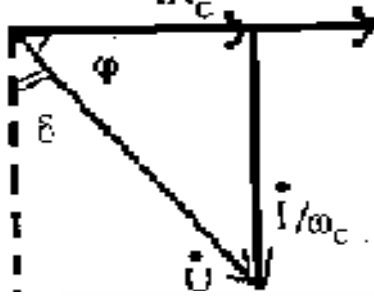
### C we L ölçemek.

C we L tebigatda arassa görnüşde duş gelmeýär, hemişe ýitgi garşylygy bar. Praktikada aşakdaky çalşyрма çatgylary ulanylýar.

- Sygymyň görkezilşi
- Induktivli tegegeniň görkezilşi



Çyz. 81.



Çyz. 82.

Tegegiň pugtalylygy:

$$\theta = X_4 / R = \omega L / R; \quad (136)$$

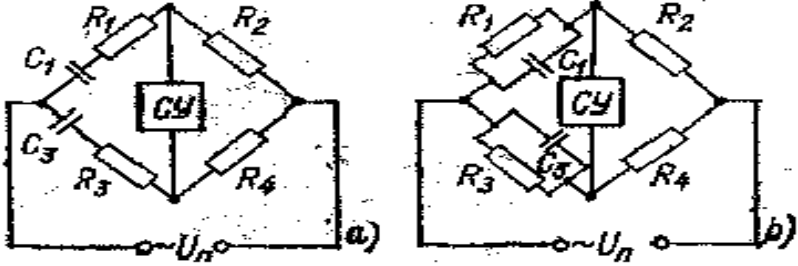
$$\boxed{\frac{IR}{IX_c} = \operatorname{tg} \delta = R \omega C; \quad (137)}$$

$$\frac{U}{R} = \operatorname{tg} \delta = \frac{UX_c}{RU} = \frac{1}{R \omega C};$$



### C we tgδ ölçmek için köprilər.

a) Yzygider çalşyrma çatgysy üçün, bu ýerde  $C_1$  – ölçenilýän sygym.



Çyz. 83.

b) Parallel çalşyrma çatgysy üçün.

Goý 83 Çyzat üçün deňagramlaşan bolsun, onda

$$Z_1 = Z_2 Z_3 / Z_4$$

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3 + \frac{1}{j\omega C_3}; \quad Z_4 = R_4$$

$$R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{R_2}{R_1} \left( R_3 + \frac{1}{j\omega C_3} \right)$$

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2};$$

$$\operatorname{tg} \delta = \omega R_1 C_1 = \omega R_3 C_3 \quad (138)$$

83 çatgy üçün

$$z_1 = \frac{R_1 \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$Z_2 = R_2; \quad Z_3 = \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3} \quad Z_4 = R_4;$$

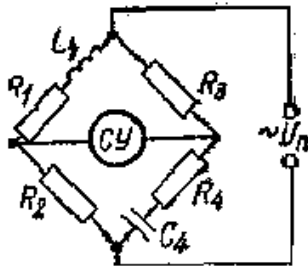
$$\frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} = \frac{R_2}{R_4} \times \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3}$$

Köpri  $R_3$ ,  $R_4$  sazlamak bilen deňagramlaşýar.

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2};$$

$$\text{tg } \delta = \frac{1}{\omega R_1 C_1} = \frac{1}{\omega R_3 C_3} \cdot (139)$$

**Induktiwligi ölçemek üçin kopriler.**



Çyz. 84.

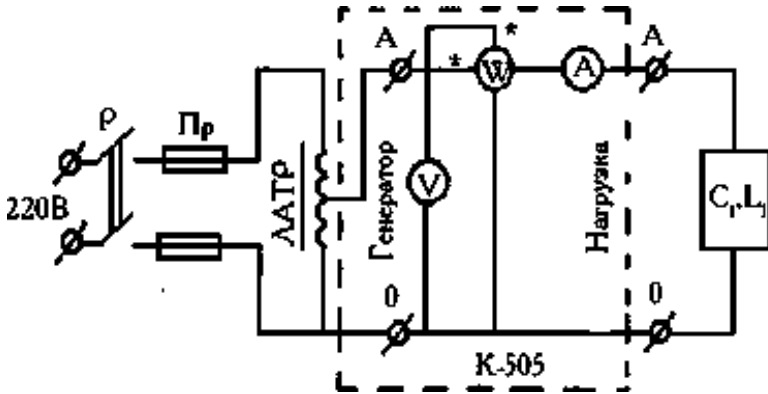
$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1; Z_2 = R_2; Z_3 = R_3; Z_4 = R_4 / (1 + j\omega R_4 C_4);$$

$$R_1 + j\omega L_1 = R_2 R_3 / R_4 (1 + j\omega R_4 C_4)$$

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4} ; \quad L_1 = R_2 R_3 C_4 ; \quad Q = \omega L_1 / R_1 = \omega R_4 C_4$$

Köpri  $R_3=L_1$  we  $R_4=Q$  sazlamak arkaly deňagramlaşýar.

A, V we W kömegi bilen L, C,  $\text{tg}\delta$ ,  $\theta$  ölçeg.



Çyz. 85.

$$L = \frac{X_L}{\omega} ; \quad X_L = \frac{Q}{I^2} ;$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{U^2 I^2 - P^2} \quad (140)$$

$$L = \frac{\sqrt{U^2 I^2 - P^2}}{I^2 2\pi f} ; \quad (141)$$

I – A; P – W; U – V

$$Q_L = \frac{X_L}{R_L} = \frac{2\pi fL}{R_L} ; \quad (142)$$

$$R_L = P / I^2 \quad Q_L\text{-pugtalyk}$$

$$Q_L = \frac{I^2 2\pi fL}{P} ; \quad (143)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} ; \quad C = \frac{1}{\omega X_c} ; \quad (144)$$

$$X_c = \frac{Q}{I^2} = \frac{\sqrt{U^2 I^2 - P^2}}{I^2} \quad (145)$$

$$C = \frac{I^2}{2\pi f \sqrt{U^2 I^2 - P^2}} ;$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I}{\omega R_c C} \quad (146)$$

$$R_c = \frac{U^2}{P} ; \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{P}{2\pi f U^2 C} ; \quad (147)$$

EHM-iň kömegi bilen abzallaryň köşeşdirijileriniň optimal sazlamasyna we AÖA geçiş prosesslerine gözgeçilik etmek üçin matematiki modeli gaýtadan işlemek.

Analog ölçeg abzalynyň (AÖA) hereketli böleginiň hereketiniň deňlemesi.

AÖA geçiş prosessi diýip hereket edýän böleginiň bir ýagdaýdan beýleki ýagdaýa geçmegine düşüneriş. Meselem:

giriş signalynyň (t) abzala bökme görnüşli birikmesi ýa-da ölçmesi, ulalmagy, signalyň kiçelmegi we ş.m. Bu ýagdaýda AÖA hereketli bölegi (dili) nähili üýtgeýändigini takykklamak hökmandyr. Geçiş prosessleri esasan hem köşeşdirijiniň ululygyna bagly. Kanun bolşy ýaly köşeşdirijileriň optimal düzedilmesi üçin, prosessiň akym wagtyny hasaplamak üçin, maksimal bahasy üçin synag geçirmeli.

Magnitelektrik abzalyň mysalynda AÖA hereketiniň deňlemesini düzeliň. Munuň üçin abzalyň hereket edýän bölegine täsir edýän pursatlara seredeliň.

Aýlanma pursaty {1}

$$M_{ay} = BS\omega I, \quad (148)$$

bu ýerde B - hemişelik magnitiň polýus tirsekleriniň we abzalyň tegeginiň arasyndaky deşiğiň magnit induksiýasy;

S - tegegiň meýdany (aktiw);

$\omega$  - tegegiň sarym sany;

I - tegekdäki tok;

Düzgün bolşy ýaly magnitoelektrik abzallarda magnitinduksion köşeşdirijiler ulanylýar, onda

Köşeşme pursaty {2}

$$M_{köş} = - P \frac{d\alpha}{dt}; \quad (149)$$

bu ýerde

$$P = B^2 S^2 \left( \frac{1}{R_0} + \frac{W^2}{R} \right) \cdot 10^{-8} \text{ [N}\cdot\text{MS/rad]} \quad (150)$$

P - magnitinduksion köşeşdirijiniň köşeşme koeffisiýenti;

B - magnit sistemasynyň [Tl] işçi howa boşlugyndaky magnit induksiýasy;

S - tegegiň meýdany,  $\text{sm}^2$ ;

$R_0$  - tegegiň özeniniň garşylyg, Om;

R - tegegiň zynjyrynyň garşylygy, Om;  
 $\alpha$  - abzalyň hereketli böleginiň üýtgemesi;

$\frac{d\alpha}{dt}$  - hereketli bölegiň hereket tizligi;

Ters täsir ediji pursat

$$M_{t.t.} = M\alpha \quad [2] \quad (151)$$

bu ýerde: W - ýaýjygyň udel ters täsir ediji pursaty.

**Kern - podpýatnik** dereginde [2] sürtülme pursaty.

$$M_{sür} = \frac{400fG^{1,5}}{\sqrt{\sigma_k}} ; \quad (152)$$

bu ýerde: f - podpýatnik boýunça kerniň typma sürtülme koeffisiýenti.

G - hereketli bölegiň agramy,  $\Gamma$ ;

$\sigma_k$  - diregdäki kontaktly güýjenme, Pa.

$M_{sür}$  kiçidigini göz önünde tutup, hasaplamalarda getirmäliň, ýagny  $M_{sür} \approx 0$  diýip kabul edeliň.

Teoretiki mehanika dersinden belli bolşy ýaly, gaty jisim okuň daşyndan aýlananda (deňagramlyk deňlemesi) burç tizlenmede jisimiň inersiýa pursatynyň (J) önümi şol bir oka degişlilikde jisime täsir edýän güýçleriň pursatларыnyň jemine deň, ýagny

$$J \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \sum_{i=1}^n M_i \quad (153)$$

Ähli pursatlary (149 - 151) (152) deňlemä goýalyň, onda

$$J \frac{d^2\alpha}{dt^2} + P \frac{d\alpha}{dt} + W\alpha = B\Omega I$$

(153) deňleme - hereketli bölegiň deňlemesi.

AÖA hereketli böleginiň hereketiniň häsiýeti. AÖA hereketli böleginiň hereketiniň häsiýetini ýüze çykarmak üçin (153) geňlemäni çözeliň, onuň üçin ölçegsiz ululylyklary girizeliň.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{w}{J}}, \beta = \frac{p}{2\sqrt{y_w}}, \tau = \omega_0 t;$$

$$\alpha_c = \frac{BS\Omega I}{W}; \quad (154)$$

bu ýerde  $\omega_0$  - hereketli bölegiň hususy yrgyldylarynyň ýygylgy;

$d_c$  - hereketli bölegiň durnuklaşan üýtgemesi;

$\beta$  - hereketli begiň köşeşme derejesi;

$\tau$  - otnositel wagty;

$t$  - ölçegli wagty.

(154) hasaba almak bilen (153) deňlemäni şu görnüşde göçüreläň:

$$\frac{d^2\alpha}{d\tau^2} + 2\beta \frac{d\alpha}{d\tau} + \alpha = \alpha_c \quad (155)$$

(155) çözmek üçin häsiýetli deňlemesini düzeliň.

$$X^2 + 2\beta X + 1 = 0 \quad (156)$$

Deňlemäniň kökleri

$$X_1 = -\beta + \sqrt{\beta^2 - 1}; \quad X_2 = -\beta - \sqrt{\beta^2 - 1}$$

(157)

Köşeşdiriji dürli görnüşde düzülende AÖA geçiş proseslerini hasaplamak için inžener aňlatmalary.

(154) gözenek için [3] peýdalanyp, geçiş proseslerini hasaplamak için aňlatma getireliň.

$$1. \beta < 1$$

Abzalyň birikdirilişi:

$$= \alpha_c \left[ 1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \operatorname{Sin} \left( \tau\sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] \quad (158)$$

Abzalyň öçürilmesi:

$$\left[ 1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \operatorname{Sin} \left( \tau\sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] \quad (159)$$

(158) we (159)-den hereketli bölegiň hereket tizligini tapalyň:

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{d\tau};$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \left[ \beta - e^{-\beta\tau} \operatorname{Cos} \left\{ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left( \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right\} \right] - \alpha_{\text{bir}} \beta \quad (160)$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c e^{-\beta\tau} \operatorname{Cos} \left[ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left( \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\text{öç}} \beta \quad (161)$$

(158 ÷ 161) deňlemelerde trigonometrik funksiýanyň barlygy yrgyldy proses hakynda aýdýar. Onda-da  $\alpha = f(\tau)$  funksiýa iň uly we iň kiçi bahalary alýar, haçan-da:



$$\alpha_{\ddot{o}\zeta} = \alpha_c \left[ \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{\beta^2 - 1}} \operatorname{sh}(\sqrt{\beta^2 - 1}\tau + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta}) \right]; \quad (162)$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \left[ \beta - e^{-\beta\tau} \operatorname{ch} \left( \sqrt{\beta^2 - 1}\tau + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\text{bir}}\beta \quad (163)$$

$$\alpha'_{\ddot{o}\zeta} = \left[ -\alpha_c e^{-\beta\tau} \operatorname{ch} \left( \sqrt{\beta^2 - 1}\tau + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\ddot{o}\zeta}\beta \quad (164)$$

bu ýerde sh, ch - sinusyň we kosinusyň giperboliki funksiýasy.  
ath - giperboliki arktangens.

x argument üçin kesgitlenilýär:

$$\operatorname{sh}x = \frac{e^{-x} + e^x}{2}; \quad \operatorname{ch}x = \frac{e^{-x} - e^x}{2};$$

$$\operatorname{ath}x = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+x}{1-x} \right); \quad (165)$$

4.  $\beta = 1$

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c \left[ 1 - e^{-\tau} (1 + \tau) \right] \quad (166)$$

$$\alpha_{\ddot{o}\zeta} = \alpha_c \left[ e^{-\tau} (1 + \tau) \right] \quad (167)$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \operatorname{Sin}\tau \quad (168)$$

$$\alpha'_{\ddot{o}\zeta} = -\alpha_c \operatorname{Sin}\tau \quad (169)$$

(158 ÷ 169) alynan inžener aňlatmalary boýunça köşeşdirijileri dürli hili sazlananda ölçeg abzallarynda geçiş proseslerini hasaplar bolýar.

1)  $\alpha_c = 127, \beta_1 = 0.$

$K = 0,2$

$$\tau = K\pi = 0,2 \cdot 3,14 = 0,628$$

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c(1 - \text{Cos}(\tau)) = 127(1 - \text{Cos}(0,628)) = 127(1 - 0,81) = 24,25$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \text{Sin}(\tau) = 127 \text{Sin}(0,628) = 127 \cdot 0,588 = 74,6$$

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c \text{Cos}(\tau) = 127 \text{Cos}(0,628) = 127 \cdot 0,81 = 102,74$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c \text{Sin}(\tau) = -127 \cdot 0,588 = -74,6$$

Galan hasaplamalary 1. gözenege salalyň.

1. gözenek

№	K	$\tau$	$\alpha_{\text{bir}}$	$\alpha_{\text{öç}}$	$\alpha'_{\text{bir}}$	$\alpha'_{\text{öç}}$
1.	0	0	0	127	0	0
2.	0,2	0,628	24,25	74,6	102,74	-74,6
3.	0,4	1,2566	87,7548	39,24	120,7842	-120,78
4.	0,6	1,8850	166,2452	-39,2425	120,7842	-120,78
5.	0,8	2,5133	229,7452	-102,7452	0	-74,65
6.	1,0	3,1416	254,00	-127,0	-74,6487	0
7.	1,2	3,7699	229,7452	-102,7452	-120,78	74,65
8.	1,4	4,3982	166,2452	-39,2452	-120,78	120,78
9.	1,6	5,0265	87,7548	39,2452	-74,65	120,78
10.	1,8	5,6549	24,2548	102,7452	0	74,65
11.	2,0	6,2832	0	127,0	74,65	0
12.	2,2	6,9115	24,2548	102,7452	120,78	-74,65
13.	2,4	7,5398	87,7548	39,2452	120,78	-120,78
14.	2,6	8,1681	166,2452	-39,2452	74,65	-120,78
15.	2,8	8,7965	299,7452	-102,7452	0	-74,65
16.	3,0	9,4248	254,0	-127,0	-74,65	0
17.	3,2	10,0531	229,7452	-102,7452	-120,78	74,65
18.	3,4	10,6814	166,2452	-39,2452	-120,78	120,78
19.	3,6	11,3097	87,7548	39,2452	-74,65	120,78
20.	3,8	11,9381	24,2548	102,7452	0	74,65
21.	4,0	12,5664	0	127		0
22.	4,2	13,1947	24,2548	102,7452	74,65	-74,65
23.	4,4	13,8230	87,7548	39,2452	120,78	-120,78
24.	4,6	14,4513	166,2452	-39,2452	120,78	-120,78
25.	4,8	15,0796	229,7452	-102,7452	74,65	-74,65
26.	5,0	15,7079	254,0	-127,0	0	0

1. gözenegiň netijeleri boýunça 87, 94, 95 Çyzatdan baglanşyk boýunça grafik düzeliň:  $\alpha_{\text{bir}} = f(\tau)$ ,  $\alpha_{\text{öç}} = f(\tau)$ ,  $\alpha'_{\text{bir}} = f(\alpha_{\text{bir}})$ ,  $\alpha'_{\text{öç}} = f(\alpha_{\text{öç}})$ ;

$\alpha'_{\text{bir}} = f(\alpha_{\text{bir}})$ , we  $\alpha'_{\text{öç}} = f(\alpha_{\text{öç}})$  abzalyň hereketli böleginiň fazasynyň meýdan çyzygy görkezýändigini bellemek hökmandyr.

(87, 94, 95) Çyz. görnüşi ýaly abzalyň hereketli bölegi öçmesiz teoretiki yrgyldy edýär, ýagny, abzalda  $\beta = 0$  bolanda köşeşdiriji bolanok.

Ýöne tejribede prosessler uzak wagtyň dowamynda öçýärler.

2)  $\alpha_c = 127, \beta_2 = 1$ .

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c \left[ 1 - e^{-\tau} (1 + \tau) \right] = 127 \left[ 1 - e^{-0,15} (1 + 0,15) \right] = 127 \cdot 0,0102 = 1,2936$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \tau \cdot e^{-\tau} = 127 \cdot 0,15 \cdot e^{-0,15} = 127 \cdot 0,129 = 16,3964$$

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c e^{-\tau} (1 + \tau) = 127 \cdot e^{-0,15} (1 + 0,15) = 127 \cdot 0,9898 = 125,7064$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c \tau \cdot e^{-\tau} = -127 \cdot 0,15 \cdot e^{-0,15} = -16,3964$$

2. gözenegiň berlenleri boýunça (96, 97, 98) Çyzatlarda abzalyň üýtgemesiniň, tizliginiň we faza meýdan çyzygynyň şkilini guralyň. Abzalyň hereketli böleginiň gurnamasy eksponenta boýunça takmynan 6÷8 sek bolup geçýär.

3)  $\alpha_c = 127, \beta_3 = 0,15. \quad 0 < \beta < 1$

$$\tau = \frac{K\pi}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{0,2 \cdot 3,14}{\sqrt{(1 - (0,15)^2)}} = \frac{0,628}{0,988} = 0,635$$

Galan hesaplamalar 2. gözenekte yerleştirilen.

2. gözeneğe

№	$\tau$	$\alpha_{\text{bir}}$	$\alpha_{\text{öç}}$	$\alpha'_{\text{bir}}$	$\alpha'_{\text{öç}}$
1.	0	0	127	0	0
2.	0,15	1,2936	125,71	16,3964	-16,3964
3.	0,3	4,69093	122,31	28,225	-28,225
4.	0,45	9,581	117,42	36,44	-36,44
5.	0,6	15,48	111,52	41,82	-41,82
6.	0,75	22,017	104,98	44,993	-44,993
7.	0,9	28,895	98,11	46,47	-46,47
8.	1,05	35,89	91,106	46,66	-46,66
9.	1,5	56,156	70,84	42,506	-42,506
10.	2,1	78,789	48,21	32,659	-32,659
11.	3,0	101,71	25,29	18,9688	-18,9688
12.	3,6	111,04	15,96	12,492	-12,492
13.	4,05	115,83	11,17	8,96	-8,96
14.	5,1	122,28	4,72	3,9489	-3,9489
15.	5,55	123,766	3,234	2,74	-2,74
16.	6,9	125,988	1,011	0,883	-0,883
17.	8,1	126,65	0,35	0,31	-0,31
18.	11,99	126,989	0,01	0,009	-0,009

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_{\text{c}} \left[ 1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{Sin} \left( \tau\sqrt{1-\beta^2} + \text{arctg} \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right]$$

$$\alpha_{\text{bir}} = 127 \left[ 1 - \frac{e^{-0,150,635}}{\sqrt{1-0,15^2}} \text{Sin} \left( 0,635\sqrt{1-(0,15)^2} + \text{arctg} \frac{\sqrt{1-0,15^2}}{0,15} \right) \right]$$

$$\alpha_{\text{bir}} = 127 \left[ 1 - \frac{e^{-0,09525}}{0,988} \text{Sin} \left\{ 0,635 \cdot 0,988 + \text{arctg} \left( \frac{0,988}{0,15} \right) \right\} \right] =$$

$$127 \cdot 0,18347 = 23,301$$

$$\alpha'_{bir} = \alpha_c \left[ \beta - e^{-\beta\tau} \text{Cos} \left\{ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \text{arctg} \left( \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right\} \right] - \alpha_{bir} \beta$$

$$\alpha'_{bir} = 127 \left[ 0,15 - e^{-0,09525} \text{Cos} \{ 0,988 \cdot 0,635 + \text{arctg} (65,93) \} \right] - 23,3011 \cdot 0,15$$

$$\alpha'_{bir} = 127 \cdot 0,5679 - 3,495165 = 68,63$$

$$\alpha_{\delta\phi} = \alpha_c \left[ 1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{Sin} \left( \tau \sqrt{1-\beta^2} + \text{arctg} \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right]$$

$$\alpha = 127 \left[ \frac{e^{-0,09525}}{0,988} \text{Sin} \left\{ 0,988 \cdot 0,635 + \text{arctg} \left( \frac{0,988}{0,15} \right) \right\} \right]$$

$$= \frac{127 \cdot 0,9092 \cdot 0,888}{0,988} = 103,6989$$

$$\alpha'_{\delta\phi} =$$

$$- \alpha_c e^{-\beta\tau} \text{Cos} \left[ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \text{arctg} \left( \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\delta\phi} \beta$$

$$\alpha'_{\delta\phi} =$$

$$127 \cdot e^{-0,09525} \text{Cos} [ 0,988 \cdot 0,635 + \text{arctg} (65,93) ] - 103,6989 \cdot 0,15$$

$$\alpha'_{\delta\phi} = 127 \cdot 0,9092 \cdot 0,14997 - 103,6989 \cdot 0,15 = 68,63$$

Galan hesaplamalar 3. gözeneğe yerleştirilen.

3. gözeneğe

№	K	$\tau$	$\alpha_{\text{bir}}$	$\alpha_{\text{üç}}$	$\alpha'_{\text{bir}}$	$\alpha'_{\text{üç}}$
1.	0	0	0	127	0	0
2.	0,2	0,638	23,3011	103,6989	68,638	-68,638
3.	0,4	1,271 0	79,4229	47,58	100,96	-100,96
4.	0,6	1,906 5	142,7169	-15,72	91,78	-91,78
5.	0,8	2,542 0	189,4369	-62,44	51,5662	-51,5662
6.	1,0	3,177 5	205,8507	-78,85	0	0
7.	1,2	3,813 1	191,3837	-64,38	-42,615	42,615
8.	1,4	4,448 6	156,5392	-29,54	-62,6836	62,6836
9.	1,6	5,084 1	117,2418	9,7582	-56,9842	56,9842
10.	1,8	5,719 6	88,2347	38,7653	-32,0160	32,0160
11.	2,0	6,355 1	78,0439	48,9561	0	0
12.	2,2	6,990 6	87,0260	39,9740	26,4586	-26,4586
13.	2,4	7,626 1	108,6599	18,3401	38,9184	-38,9184
14.	2,6	8,261 6	133,0586	-6,0586	35,3798	-35,3798
15.	2,8	8,897 1	151,0682	-24,0682	19,8778	-19,8778
16.	3,0	9,532 6	157,3954	-30,3954	0	0
17.	3,2	10,16 81	151,8187	-24,8187	-16,4274	16,4274
18.	3,4	10,80 36	138,3868	-11,3868	-24,1633	24,1633
19.	3,6	11,43 92	123,2384	3,762	-21,9663	21,9663

20.	3,8	12,07 47	112,0567	14,94	-12,3116	12,3116
21.	4,0	12,71 02	108,1283	18,87	0	0
22.	4,2	13,34 57	111,5908	15,41	10,1993	-10,1993
23.	4,4	13,98 12	119,9303	7,1	15,00	-15,00
24.	4,6	14,61 67	129,3355	-2,3	13,638	-13,638
25.	4,8	15,25 22	136,2719	-9,3	7,66,	-7,66,
26.	5,0	15,88 77	138,7169	-11,72	0	0
27.	10	31,76	127	0	0	0

3. gözenegiň netijeleri boýunça (91, 92, 93) Çyzatlarda  $\beta=0,15$ , ýagny  $<1$  bolanda abzalyň hereketli böleginiň üýtgemesiniň, tizliginiň we faza meýdan çyzygynyň baglanyşyklary gurulan.  $\beta=0,15$  bolanda prosessleriň yrgyldyly häsiýete eýedigini we  $\tau=31$  s. wagtda durnuklaşýanlygyny bellemelidir.

4)  $\alpha_c = 127$  B;  $\beta_4 = 2,0$ .  $\tau=0,15$

$$A = \sqrt{\beta^2 - 1} = \sqrt{2^2 - 1} = 1,73$$

$$B = \frac{A}{\beta} = \frac{1,73}{2} = 0,865$$

$$\text{Arth}(B) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+B}{1-B}\right) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1,865}{0,135}\right) = 1,31$$

$$C = A \cdot \tau + \text{Arth}(B) = 1,73 \cdot 0,15 + 1,31 = 1,57$$

$$\text{Sh}(C) = \frac{(e^{-c} + e^{+c})}{2} = 2,51$$

$$\text{Ch}(C) = \frac{(e^{-c} - e^c)}{2} = -2,31$$

$$e^{-\beta\tau} = e^{-2 \cdot 0,15} = e^{-0,3} = 0,741$$

$$\begin{aligned} \alpha_{bir} &= \alpha_c \left[ 1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{A} \text{Sh}\{\tau \cdot A + \text{arth}(B)\} \right] \\ &= 127 \left[ 1 - \frac{0,74 \cdot 2,51}{1,73} \right] = 1,1791 \end{aligned}$$

$$\alpha'_{bir} = \alpha_c [\beta - e^{-\beta\tau} \text{ch}(C)] - \alpha_{bir} \beta = 127 \cdot$$

$$\cdot [0,15 - 0,741 \cdot (-2,31)] - 1,1791 \cdot 2,0 = 14,271$$

$$\alpha_{\delta\zeta} = \alpha_c \frac{e^{-\beta\tau} \text{sh}(C)}{A} = \frac{127 \cdot 0,741 \cdot 2,51}{1,73} = 136,54$$

$$\begin{aligned} \alpha'_{\delta\zeta} &= \\ &= -\alpha_c e^{-\beta\tau} \text{ch}(C) - \alpha_{\delta\zeta} \beta = \\ &= \frac{-127 \cdot 0,741 \cdot (-2,31)}{-136,54 \cdot 2,0} = -16,396 \end{aligned}$$

4. gözenegiñ netijeleri boyunca (88, 89, 90) supatlarda abzalyň hereketli böleginiñ hereket tizliginiñ, üýtgesiminiñ, faza meýdan çyzygynyñ şekilleri gurulan. Prosesler yrgyldysyz, eksponenta boyunca geçýänligini bellemelidir, ýöne gurnama wagty  $\tau=15$  s. düzýär.

4.5. Geçiş prosesleriniñ hasaplamalary üçin EHM ulanmak we abzalaryň köşeşdirijileriniñ amatly sazlamasy.



Galan hasaplamalar 4. gözenege salynan.

4.gözenek

№	$\tau$	$\alpha_{\text{bir}}$	$\alpha_{\text{öc}}$	$\alpha'_{\text{bir}}$	$\alpha'_{\text{öc}}$
1.	0	0	126,99	0	0
2.	0,3	3,95	123,04	21,86	-21,86
3.	0,6	11,54	115,46	27,31	-27,31
4.	1,05	23,92	103,1	26,94	-26,94
5.	2,10	49,06	77,94	20,87	-20,87
6.	3,0	65,76	61,24	16,0	-16,0
7.	4,05	80,77	46,22	12,38	-12,38
8.	5,10	92,11	34,88	9,35	-9,35
9.	6,0	99,58	27,41	7,34	-7,34
10.	7,05	106,31	20,68	5,54	-5,54
11.	8,10	111,38	15,61	4,18	-4,18
12.	9,0	114,73	12,26	3,28	-3,28
13.	10,0	117,35 9	9,64	2,58	-2,58
14.	11,05	120,53	7,22	2,04	-2,04
15.	12,10	123,04	3,95	1,87	-1,87
16.	15,0	127,0	0,001	0	0

Geçiş prosesleriniň kalkuýatorda hasaplamaşy has kân wagt eýelýär. Täze abzallar taslanylanda hasaplamalaryň operatiw çalt geçirilmegi zerurdyr, has hem, haçan-da köp ululyklar üýtgände hasaplamalary geçirmek gerek bolanda. Şonuň üçin bu maksat üçin netijeleri basym almaga mümkinçilik berýän EHM ulanmak has gowudyr. Ýokarda görkezilişi ýaly geçiş prosesleri ikinji derejeli differensial deňleme bilen beýan edilýär. Bu maksat üçin MH-7 tipli EHM-i ulanmak ýeterlik, ol operasion güýçlendirijileriň kömegi bilen 7-nji derejä çenli differensial deňlemeleri çözmäge mümkinçilik berýär. Bu maşyn ýönekeýligi bilen tapawutlanýar we hasaplamalar ossilografda ossilogramma görnüşinde berilýär. AHM MH-7 görnüşiniň blok - çatgysyny

düzeliň. Onuň üçin abzalyň hareketiniň (2.) deňlemesini aşakdaky görnüşde göçürelin:

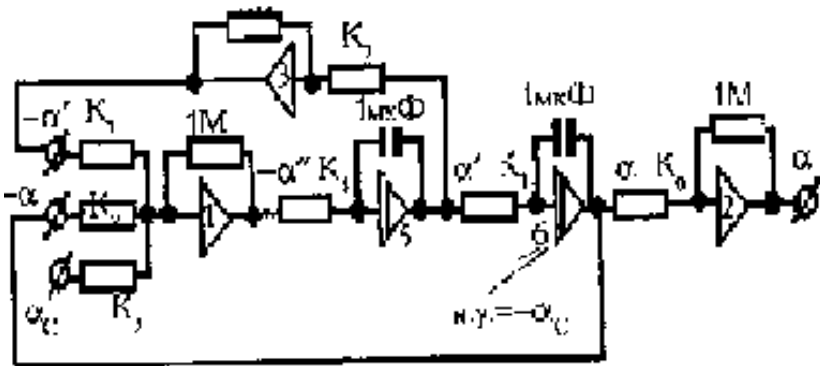
$$\frac{d^2\alpha}{d\tau^2} + 2\beta \frac{d\alpha}{d\tau} + \alpha = \alpha_c \quad (170)$$

$$\alpha'' + 2\beta\alpha' + \alpha = \alpha_c$$

Uly önüme degişlilikde (170) deňlemäni çözelin.

$$\alpha'' = -2\beta\alpha' + \alpha + \alpha_c \quad (171)$$

(171) esasynda blok - görnüşiň çatgysyny MH-7 AHM-de düzeliň.



Çyz. 86. Ölçeg abzalarynyň geçiş prosesleriniň deňlemelerini çözmek üçin görnüşiň blok çatgysy.

Çyz. 86: 1 - jemleýji (summatör); 5,6 - integrizleýji; 2,3 - inwertör.

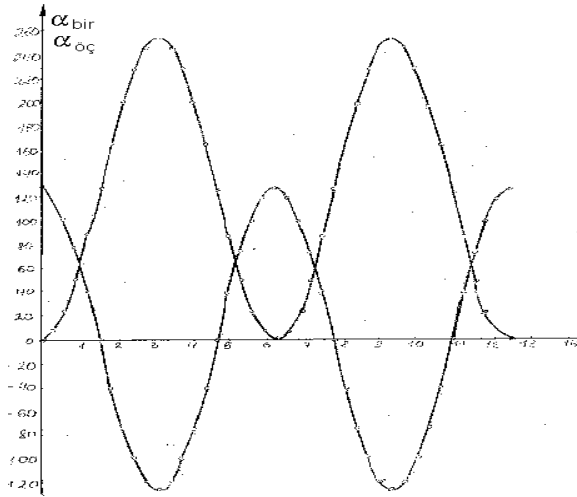
Görnüşiň geçirme koeffisiýenti:

$$K_1=2\beta; K_2, K_4 \div K_7=1; K_3 = \frac{V_{\max}}{\alpha_c} = \frac{100}{127} = 0,785$$

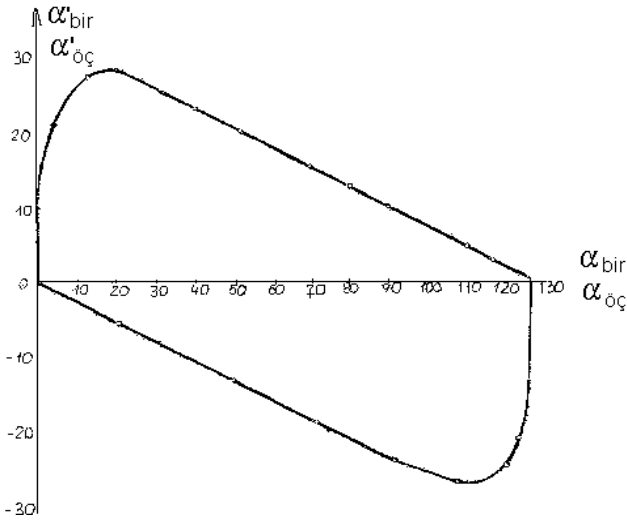
$K_1$  geçirme koeffisiýentini üýtgedip toruň  $\beta$  - baglylykda ossilogramda ölçeg abzallarynyň geçiş proseslerine gözegçilik etmek mümkin.

TPA kafedrasynda MH-7 maşyn bar, onda gözegçilikler geçirilen we ossilogrammalar alynan, 4.5.2. Çyzatdaky ossilogrammalaryň netijelerini (4.4.1, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.6) Çyzatlardaky egriler bilen deňeşdirip, inžener aňlatmalary we ossilogrammalar boýunça hasaplanylýan we düzülen egriler doly gabat gelýärler diýip netije çykarmak mümkin, şonuň üçin EHM-de düzülen görnüş. Ölçeg abzallarynda geçiş proseslerini hasaplamak üçin matematiki modele meňzeş. Amatlaşdyrmak maksady bilen geçiş proseslerine gözegçilik edeliň. Amatly (optimal) prosesler diýip iň az wagtyň dowamynda (real 4-5 sek.) we aýratyn gaýtadan sazlamasyz (yrgyldy) gurnalýan proseslere düşüneliň.

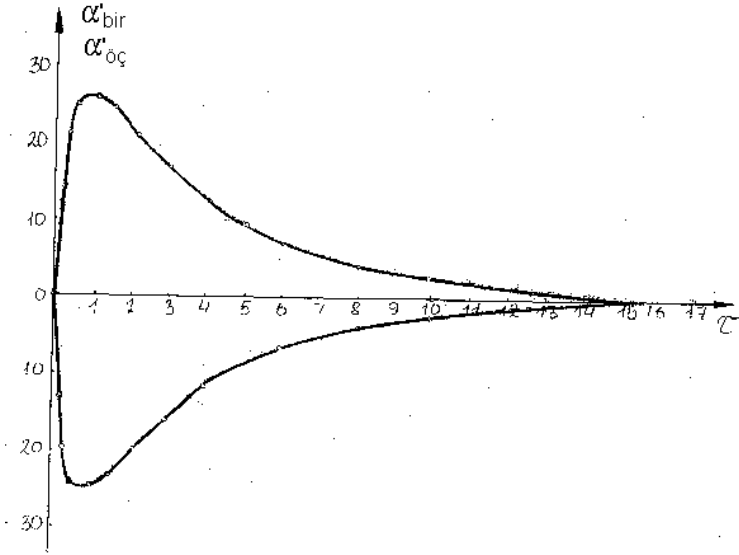
Geçirilen gözegçilikler  $\beta=0,7 \div 0,9$  bolanda, iň gowy prosesler bolýandygyny görkezdi (amatly). Gözegçilikleriň netijeleri 3. Çyz. görkezilen. Şeýlelik-de abzallaryň köşeşdirijilerini amatly sazlama üçin  $\beta=0,7 \div 0,9$  sazlamak gerek.



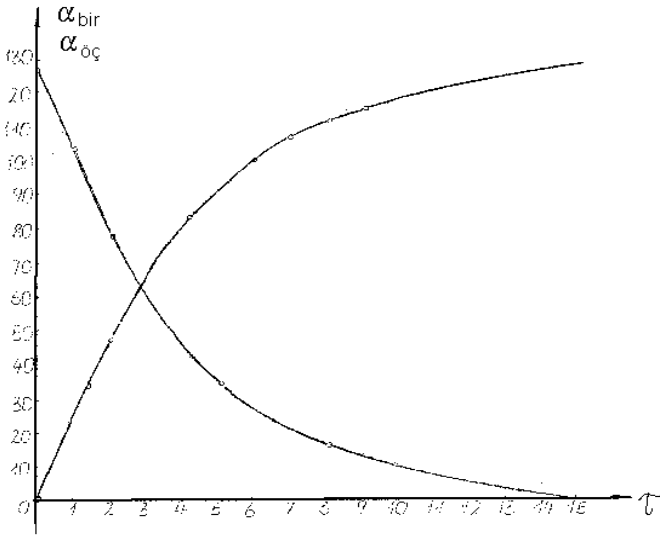
Çyz. 87.



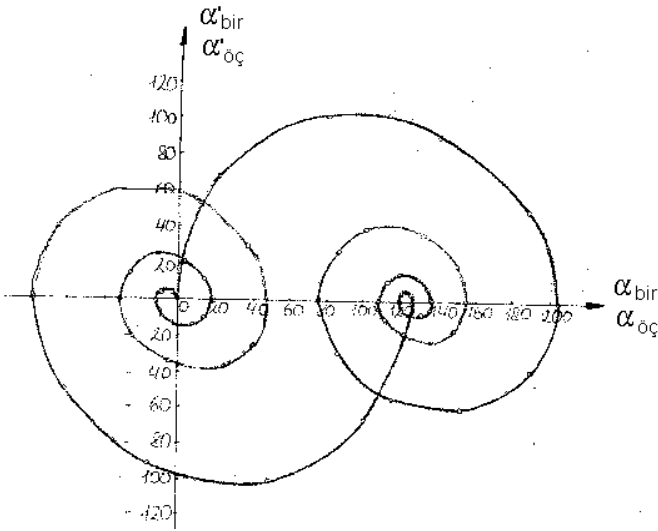
Çyz. 88.



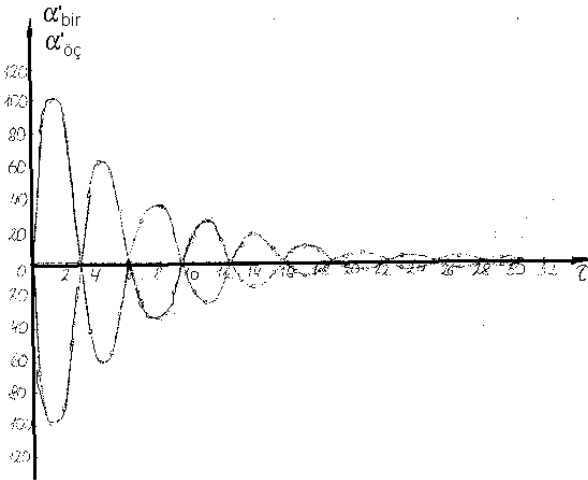
Çyz. 89.



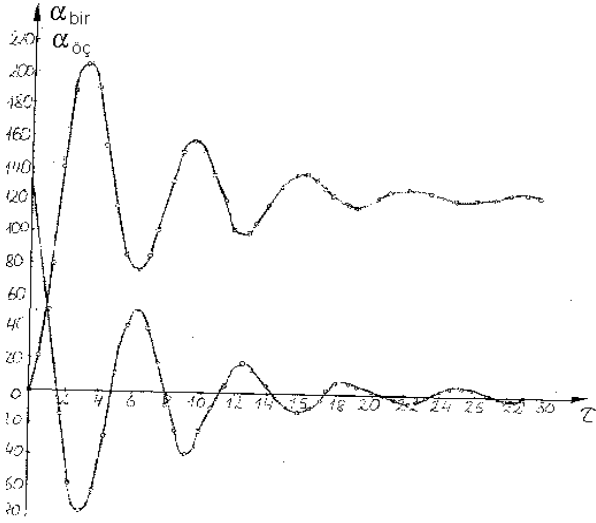
Çyz. 90.



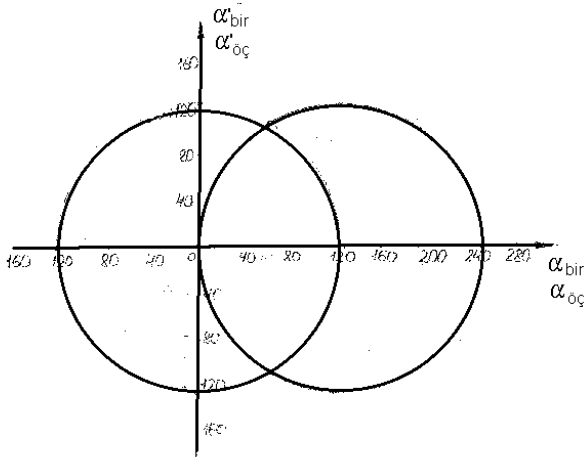
Çyz. 91.



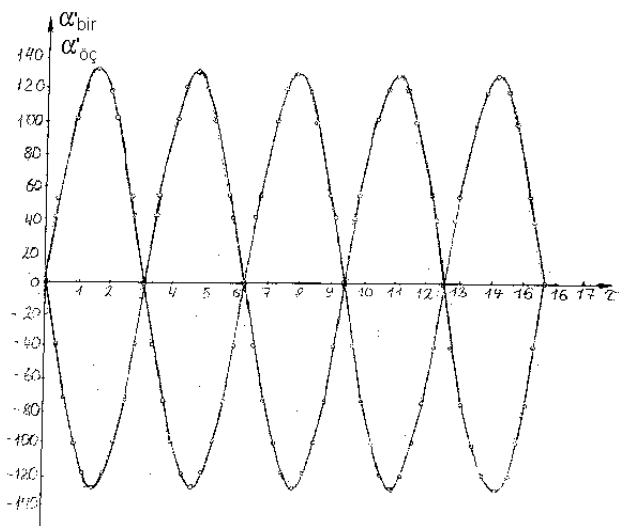
Çyz. 92.



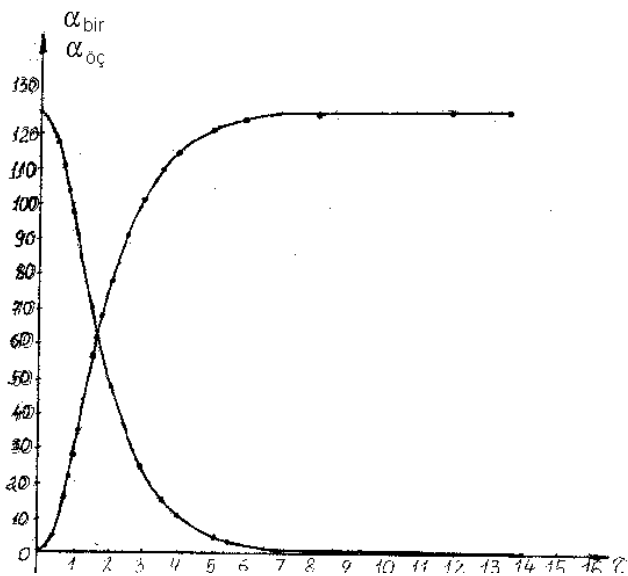
Çyz. 93.



Çyz. 94.

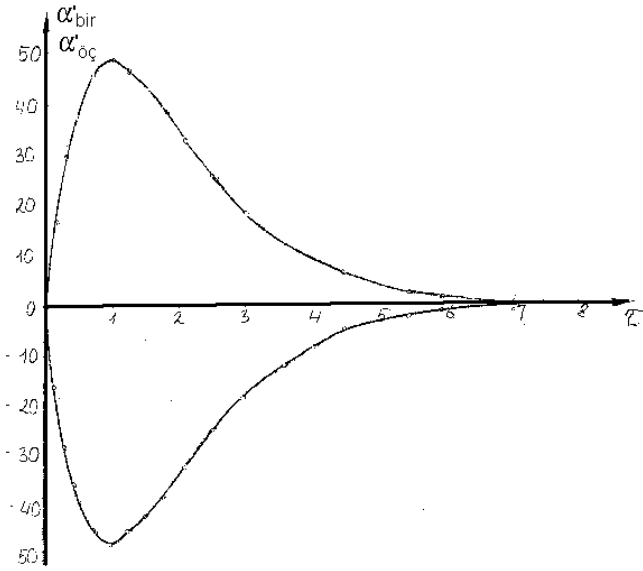


Çyz. 95.

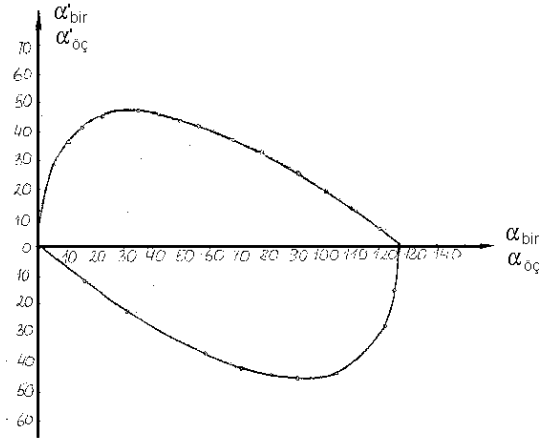


Çyz. 96.

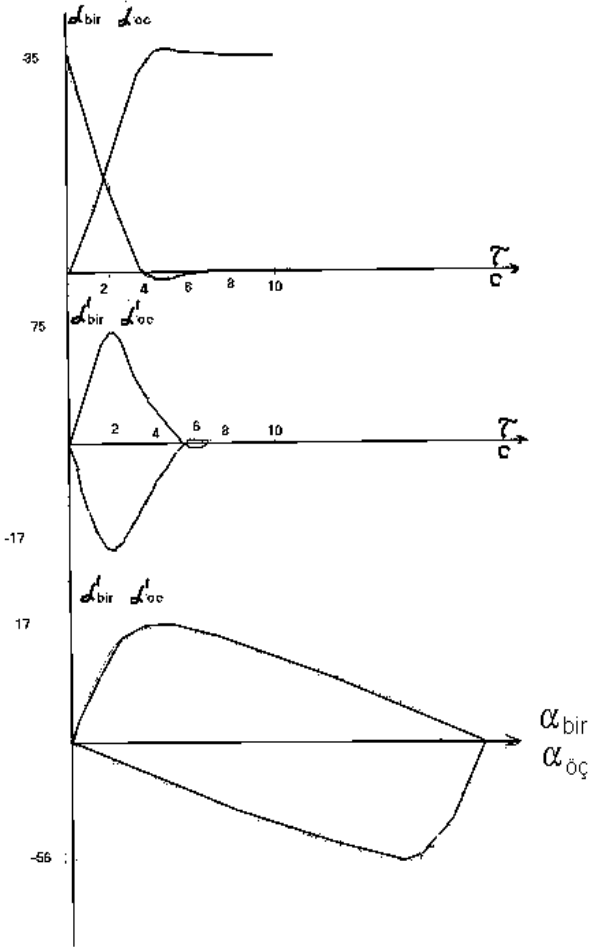




Çyz. 97.



Çyz. 98.

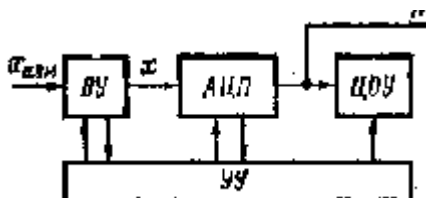


Çyz. 99.

### San abzallary bilen ölçemek.

San enjamlary – bu san görnüşde maglumaty ölçýän awtomatik signaly öndürýän abzallar.

SÖA (sanölçeyiş abzallar) struktura çatgysy.



Çyz. 100.

Gir.G – uly giriş garşylygyny göredýän giriş gurluşy.

D.G. – dolandyryş gurluşy. SÖA-ň işini we hemme düwünleň işini dolandyryar.

AÖ – analog özgerdijiler X ululyga öwürilmegi  $y = f(x)$ .

ASÖ – analog san özgerdijiler – awtomatiki üzüksiz giriş ululyklaryny san kodyna öwürýär.

SHG – san hasabat gurluşy. Kod signalyny san signalyna onluk sistemada öwürýär.

San kody – san sistemasynda berilen san.

Giriş garşylygy  $R_{gir.} 10^7 - 10^9 \text{ Om}$ .

San sistemasy.

Onluk sistemasy.

$$N = \sum_{i=0}^n K_i 10^i. (172)$$

N – kodyň sany;  $K_i$  – on sany mümkin bahalaryň içinde alyp bolýan koeffisiýent.

i – 10-lyk derejäniň nomer. n – 10-lyk derejeli san meselem, 135 şeýle ýazylýar  $1 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$ .

Gatnaşyk üçin birinji koeffisiýentini çepden saga ýazylýar.

Tehniki ýaýratma üçin 2-k sistema has ýönekeý.

$$N = \sum_{i=0}^n K_i 2^i.$$

$n$  – 2-ikderejäniň sany;  $K_i$  – 2 ugurly aňlatmalaň islendik kabul edip biljek koeffisiýenti. Oýa-da 1.

$$1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

ýagny bu san 10000111.

Has ýönekeý sistema, deňşdireniňde aňsat ýaýaraýar, ýagny islendik sanýönekeý 1 simwollaryň jemlenmegi bilen emele gelýär. Mysal üçin 3 – 111, 4 – 1111.

Ýöne SÖA-ň iş prosesinde ferasiýa geçirilende ulanylanybilen, ahyrky netijede 10-lyk kotda sanly hasabat gurluşa çykarmaly, şonuň üçin ikilik – onluk sistemasynyň san görkezmesi ulanylýar:

$$N = \sum_{j=0}^m 10^j \sum_{i=0}^3 K_i 2^i.$$

Bu sistemada islendik san 10-lyk derejeli sany emele getirýär, ýöne her razrýadyň sany 8-likden 2-lik sistemada kodirlenýär.

$J$  – onluk derejeli san.

$K_i$  – oýa-da 1 deň bolan koeffisiýent.

Her bir 10-lyk razrýada 4 ikilik razrýadly san gerek.  
135 san.

$$1 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0001;$$

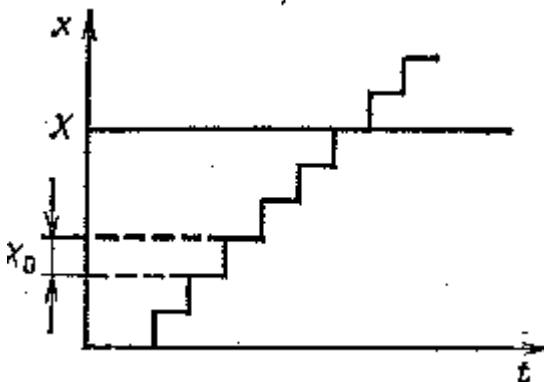
$$3 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0011;$$

$$5 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0101.$$

Şeýlelikde 135 san ikilik onluk kod 0001 – ýüzlik, 0011 – onluk, 0101 – birlik.

**Üznüksiz ölçenýän ululyklaryň koda öwrüliş usuly.**

Yzgider ölçeyiş usuly – ölçenýän  $X$  ululuk bilen belli ululuk wagtda yzgider deňeşdirilýär.



**Çyz. 101.**

$X$  – kwant, belli ululukda bökme.

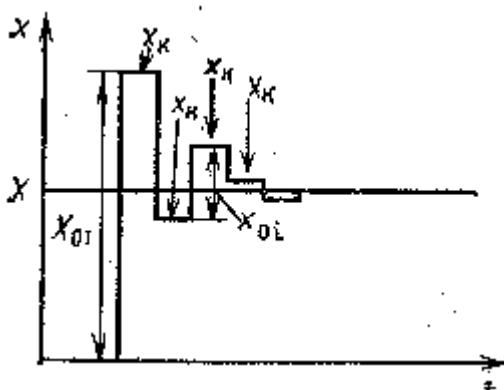
Kwantlaryň hemişelik däl sanynda.

$N$  – belli ululukda deňlik amala aşýar (iň kiçi ýalňyşlyk bilen) ölçenilýär:

$$X = n \cdot X_0. (173)$$

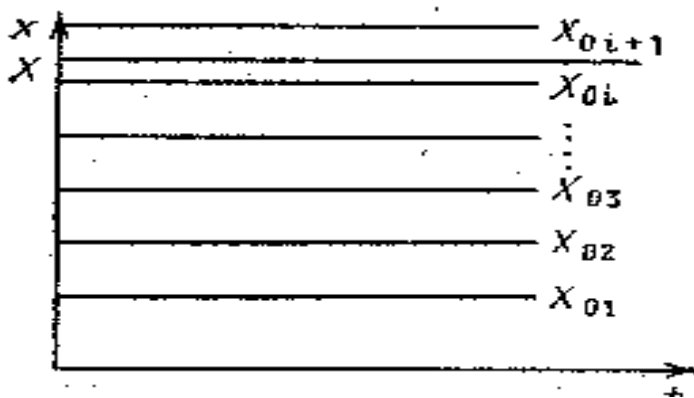
Dereje boýunça deňagramlaşma usuly (kod impulsy, deňeşdirme we aýyрма).

Bu usulda ölçenýän ululuk bilen belli  $X_k$  ululuk wagta görä yzgider deňeşdirilýär we belli algoritimde üznüksiz bökme boýunça özaňlatmasyny üýtgedýär. Özgerme prosesi  $X$ -i  $X_{01}$  uly baha bilen deňeşdirmeden başlaýar. Yzgider deňeşdirme prosesinde dereje boýunça, uly derejeden kiçä, ikilik-onluk  $X$  kod öndürilýär.



Çyz. 102.

**Bir wagytda sanama usuly.**



Çyz. 103.

Bu usulda käbir belli ululuk bilen ölçenýär ululygyň bir wagytda deňşdirmesi bolup-geçýär, olaryň bahalary belli bir düzgünde gabat gelýär. Ölçenýän ululygyň kody  $X_{0i}$  bahasy boýunça emele gelýär,  $X$ -ň bahasyna ol has ýakyn.

**San enjamlarynyň düwünleri.**

SÖE (san ölçýji enjamlar) – ol çalşyrymly gurluş bolup onuň funksiýalaryny elektrotehnikanyň esasynda ýerine ýetirilýär we ikinji bolup funksiýal mikroschemalaň esasynda ýerine ýetirilýär.

Trigger – bu iki mümkin bolan durnukly deňagramly elektron gurluş.

Triggeri bir beýläkä giriş signalyň kömegi bilen amala aşyrylýar.

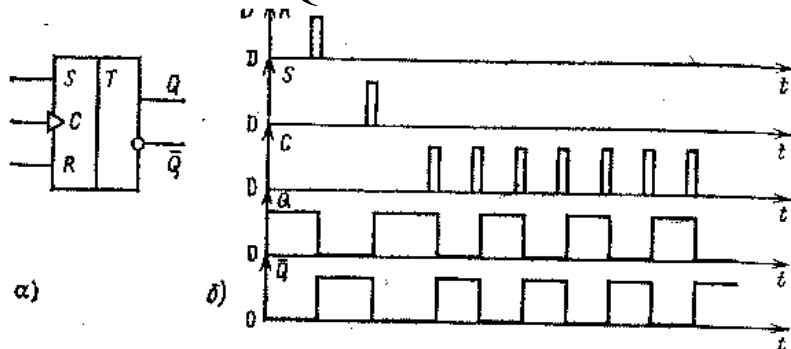
3 girişli trigger Çyzatda görkezilen.

R – gurluşyň nol ýagdaýa girelgesi.

S – gurluşyň birlik ýagdaýa girelgesi.

S – sanow girelgesi, impulslaryň sanalmagy üçin.

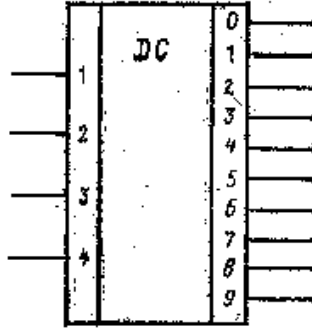
Q – göni giriş,  $\overline{Q}$  - inwers çykyş.



Çyz. 104.

Triggerler onluk sanlary ikilige öwürmek üçin ulanylýar.

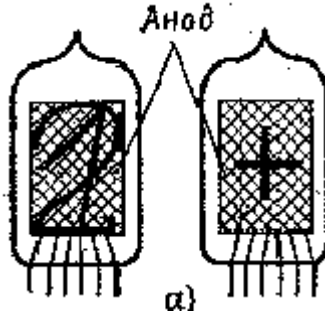
Deşifrator – bir kody beýlekä özgertmek üçin ulanylýar (2-gi 10-luga).



Çyz. 105.

$X_1, X_2, X_3, X_4$  – 4 derejeli ikilik kodyň girelgesi.

**Bellikli görkeziler (znakowyýe indikatory)** – elektrik signaly adamyň kabul etmäge amatly bolan ýagtylyk signalyna öwürýär.



Çyz. 106.

(1) Ýörite gazrazýadly çyra görnüşde, neon bilen doldurylan, içinde katod ýerleşdirilen, ýuka nihrom simden 0-dan 9 – çenli san görnüşde ýasalan aýna balony. Anod bolsa siým setkasy görnüşde.

Egerde anod bilen haýsy-da bolsa bir katodyň arasyna  $170 \div 200W$  güýjenme akdysak, ol san görkezip ýanar.

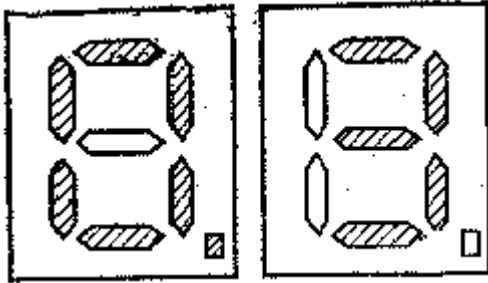
Sanly indikasiýa üçin şeýle-de.

(2) Segment bellekli indikatorlar ulanylýar.



Söhlenenýan segment hökmünde ýagtylyk diodlary, elektroilýuminaryň çyzyklary we ş. m. ulanylýar.

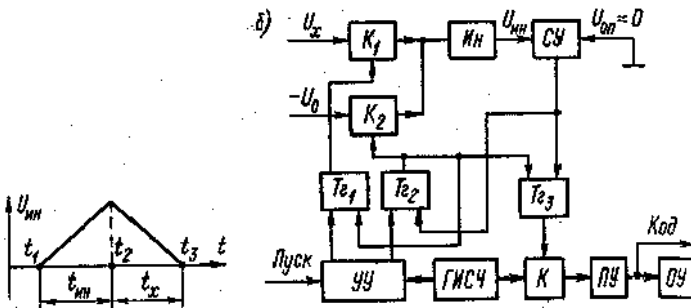
(1) we (2) ýokary hilli şekillendirme, ýöne uly kuwwat harçlanmasy.



Çyz. 107.

(3) Soňky wagtlarda segment suwuklyk kristally indikatorlar ulanylýar, olarda suwuk kristallar – organiki jisimler ulanylýar, olarda goýlan güýjenme astynda elektrik meýdan döräp aňyrsy görünmeýän bolýar. artykmaçlygy – kuwwat sarp edenok diýen ýaly.

## 2 – taktly integrirleýji san woltmetiri.



Çyz. 108.

Olar ýokary metrologiki görkezilere eýe.

$$\left. \begin{array}{l} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{array} \right\} \text{elektron acarlar.}$$

$U_X$  – ölçenýän güýjenmäň giriş üýtgeýjisi.

DG (CY) – dolandyryş gurluşy.

I – integrirleýji.

$U_0$  -  $U_X$  bahasyna gapma – garşy güýjenme.

NÝG (ГОЧ) – nusgalyk ýygylyk generatory.

IS (СИ) – impuls sçýotçigi.

DG (CY) – deňşdiriji gurluş.

$U_p$  üýtgeýän togyň päsgellik güýjenmesi.

SHG (ЦОУ) – sanly hasabat gurluşy.

### Işin gidişi.

Başlangyç ýagdaýda  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  açarlar açyk ýagdaýda. Wagtyň başlangyç pursatynda DG  $K_1$  açar ýapýar we integratoryň girişine ölçenýän güýjenme  $U_X$  gelýär.  $t_1$  wagt aralygynyň üsti bilen, haçan integratoryň çykyşyndaky güýjenme:

$$U_H = K \int_0^{t_u} U_X dt. \quad (174)$$

Haçanda integratoryň girişindäki dolandyryjy gurluş DG  $K_1$  açary açanda we  $K_2$ ,  $K_3$  açarlary ýapanda, integratoryň girişine  $U_0$  güýjenme çatylýar,  $U_X$  – a gapma – garşy  $U_0$  –la,  $I_s$  impuls sçýotçigine bolsa görkezme ýygylygyň generatoryndan NYG impuls geler.  $t_3$  wagyt pursady  $U_H = 0$  bolanda, deňşdirme gurluş  $K_3$  açary açýar we  $I_s$  sçýotçige impulsyň barماسyny kesýär, dolandyryş gurluş  $K_2$  açary açar.

$I_s$  şçýotçige gelen wagt  $t_x$  impulslary formuladan kesgitleýärler.

$$U_H = K \int_0^{t_H} U_X dt = K \int_0^{t_0} U_0 dt = K t_x U_0;$$

$$t_x = \frac{\int_0^{t_H} U_X dt}{U_0} = \frac{t_H}{U_0} U_X. \quad (175)$$

Sany hasabat gurluşyň  $t_x$  wagtda bellän impulslarynyň sany  $N$ .

$$N = \frac{t_x}{T_0} = \frac{t_H}{T_0 U_0} U_X; \quad (176)$$

$T_0$  – impulslar arasyndaky wagt aralygy.

Ýagny ol ölçenýän güýjenmä  $U_X$  proporsional.

Iki takly san woltmetrleri üýt geýän tok ýygylygynyň päsgelçilige ýokary durnuklulugu sebäpli giňden ulanylýar.  $f_n = n/t_H$ ,  $n$  – bitin san.

Bu integralyň nula diňlegi bilen düşindirilýär.

$$\int_0^{t_H} U_n dt = 0.$$

Praktiki çatgylarda  $t_H$  interwallary 50 we 100Gs.  
Gurallaryň ýalňyşlygy 0,005% derejesinde.

## **Ölçeg – maglumat sistemasy (ÖMS).**

Häzirki zaman maşynlarynyň we desgalarynyň işletmesi we döretmesi, ulululyklarynyň we tehnologi prosessleriniň barlagy köp sanly dürli fiziki ululyklaryň ölçeginiň we barlagynyň gurnalmagyny talap edýär.

**Meselem:** Dünýäde iň uly turbogenerator 1200 MWt kuwwatly Leningradyň “Elektrosila” zawodynda Kostroma GRES-i üçin döredildi, Synaglarda 1500 birlik ölçeg özgerdijileriniň kömegi bilen stendde gözegçilik edildi, bu ýagdaýda göwräniň, podşibnikleriň, sarymyň esasy bölekleriniň titremesi, poladyň aktiw böleginiň, geçirijileriň, ýagyň çykdaýjysy we başga-da elektrik we elektrik däl ululyklar ölçenilde.

**Başga mysal:** gidrotehniki desgalaryň ýagdaýynyň we Soýano-Şuşin GES-iň enjamlarynyň we elektrotehniki sistemalarynyň agregatlarynyň işiniň barlagy 3000 birlik Ölçeg özgerdijileriniň (ÖÖ) kömegi bilen amala aşyrylýar.

Bular ýaly meseleleri belli usullar bilen – her bir ÖÖ şahsy ÖÖ birikdirmek bilen çözmek mümkin däldigi düşnükli, ýönekeý bir sebäbi abzallaryň sanynyň köplügi üçin olaryň görkezmelerine gözegçilik etmäge operatoryň ýagdaýy yok, has hemçal akyp geçýän prosesslere, mundan başga-da ÖÖ signallar ýygnalyp, gaýtadan işlenip we amatly görnüşde operatora berilmeli. Munuň öçin ölçeg serişdeleriniň ýörite görnüşi – ÖMS ulanylýar.

ÖMS birnäçe fiziki ululyklaryň we kömekçi gurluşlaryň ölçeg serişdeleriniň toplумыň funksional birleşmesi bolup durýar, we onuň funksionirlenme we saklanma şertlerinde synag desga barada ölçeg maglumatyny almak üçin niýetlenen.

### **Wezipesine baglylykda ÖMS klassifikasiýasy.**

1. Synag edilýän desgadan ölçeg maglumatyny ýygnamak sistemasy – ölçeg sistemasy.

2. Awtomatiki barlag sistemalary – dürli hili maşynlaryň, agregatlaryň, tehnologi prosessleriň işini barlamak üçin niýetlenen.
3. Tehniki anyklaýyş sistemalary – dürli önümleriň tehniki düzedilmesizligini ýüze çykarmak üçin niýetlenen.
4. Teleölçeg sistemalary – uzak aralyklarda ýerleşýän desgalardan ölçeg maglumatyny ýygnamak üçin niýetlenen.

ÖMS esasy görnüşiniň biri hem soňky ýyllarda has köp ulanylýan Ölçeg-hasaplaýyş kompleksidir (ÖHK).

ÖHK-iň wezipeleri hem, edil ÖMS-ky ýalydyr, ýöne onuň esasy aýratynlygy olarda EHM barlygydyr, şonuň üçin ol diňe bir ölçeg netijelerini gaýtadan işlemek üçin däl-de, eýsem ölçeg prosessiniň özünü dolandyrmak üçin, şeýle-de synag desgasyňa täsiri dolandyrmak üçin ulanylýar. Ilki başda ÖMS her bir takyk ölçeg meselesi üçin işlenip düzülýär, onda-da her gezek diňe bir sistemanyň strukturasy däl-de, eýsem, ähli funksional düwünler täzeden işlenilip düzülýärdi. Bular ýaly işe girişme durnukly bolmady – sebäbi, gaýtadan işleme wagty uzaga çekýär, ÖMS bahasy ýokary bolýar. Şonuň üçin häzirki wagtda agregat prinsipiniň kursy alyndy, oňa laýyklykda ÖMS umumy funksionirleme algoritmi bilen birleşen, konstruktiv tamamlanan we toparlaýyn goýberilýän funksional düwünlerden gurulýar. Agregat kompleksiniň gurulmagyna halkara jemgyýetleriniň wekilleriniň döwletliri gatnaşýar.

(MEK) HEK – halkara elektrotehniki komissiýasy tarapyndan halkara standart hökmünde interfeýsler tekliplenen:

- a) KAMAK; b) abzal interfeýsi.

Häzirki wagtda 20 golaý agregat kompleksleri gurulýar.

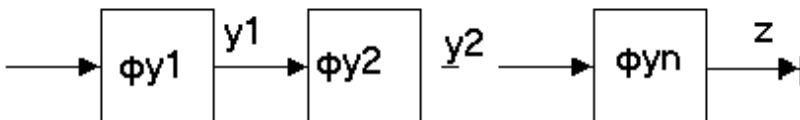
ETSA – (ASET) – elektroölçeg tehnikasynyň serişdeleriniň agregat kompleksi.

HTSA – (ACWT) – hasaplaýyş tehnikasynyň serişdeleriniň agregat kompleksi.

BSSA – (ASIP) – berklige synagyn serişdeleriniň agregat kompleksi.

**ÖMS – esasy düzümleri (strukturalary).**

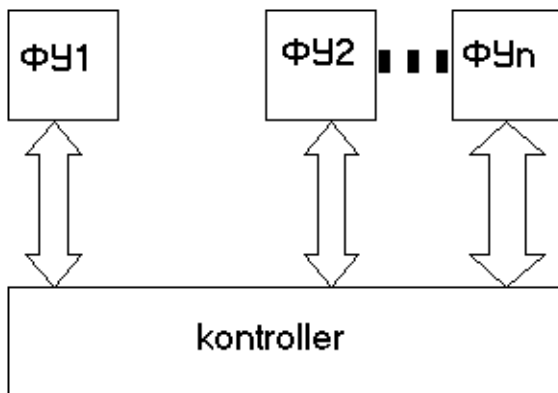
**1. Zynjyrlý düzümi.**



**Çyz. 109.**

Ähli signallar her bir Fd hususy şinalary boýunça geçýär, Fd özi bolsa, maglumat signalynyň üstünden öňünden berlen operasiýany ýerine ýetirýär. Meselem: tehnologiki prosesleriň ululyklarynyň barlagy. Şeýlede sistemada birnäçe birlik ÖÖ, sikliki kommutatorlar bar, onuň kömegi bilen her bir ÖÖ ÖMS birikýär.

**2. Radial düzümi.**

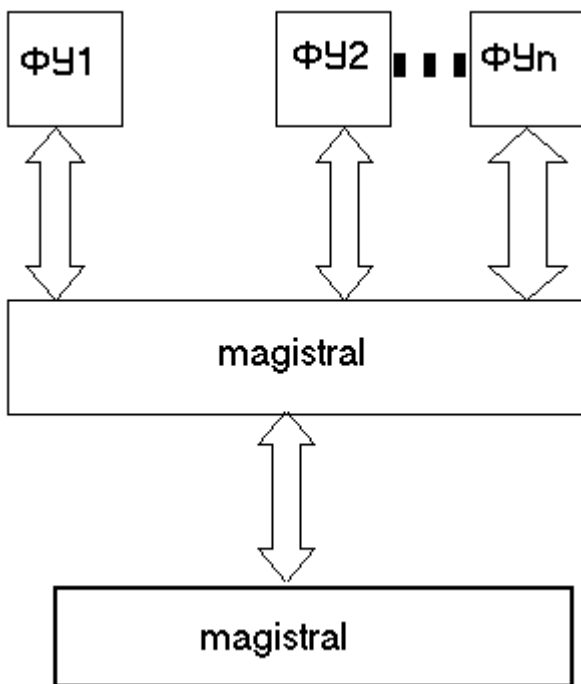


**Çyz. 110.**

Fd arasyndaky özara täsir signallarynyň çalşygy kontrolleriň üsti bilen bolup geçýär. Bu Fd-ni kontrollerden programma signallaryny bermek ýoly bilen programmirlenmäge, maglumatyň gaýtadan işleniş düzgünini we ş. m. mümkinçilik berýär.

Berlen düzümde her bir Fd şahsy şinalaryň üsti bilen kontrollere birikdirilýär, ýöne kontrolleriň kynlaşýanlygy üçin beýle sistemada Fd sanany artdyrmak kyn.

### 3. Magistral düzümi.

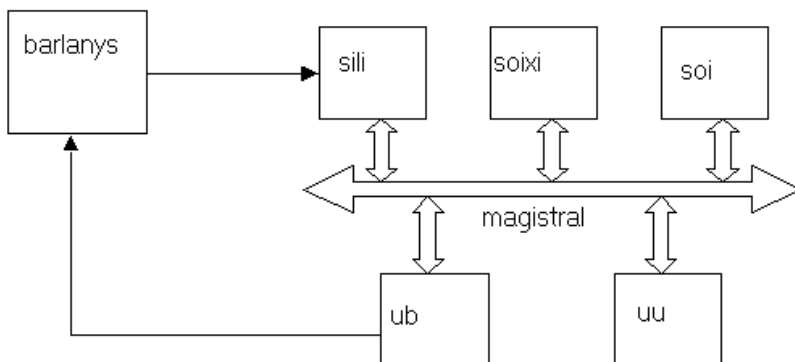


Çyz.111.

Berlen düzümiň aýratynlygy, ähli Fd üçin umumy, özara täsir signallary geçýän (birgeçirijili ýa-da köp geçirijili magistrallar) şinalaryň bolmagyndan ybarat.

Magistral düzüm sistemada Fd – sanynyň ýeňil artmagyna mümkinçilik berýär. Bu düzüm dürli synag gözegçilikleriniň awtomatizasiýasynyň meselelerini çözmek üçin ulanylýar.

### ÖMS umumylaşdyrylan düzümi.



Çyz. 112.

Maglumat gözegçilik obýektinden birlik ölçeg özgerdijileriniň (BÖÖ) kesgitli köplüğine düşýär, elektrik görnüş özgerýär we maglumat ölçeýji we özgerdiji serişdelerine (MÖÖS) geçýär, olaryň BÖÖ çykyş signallary aşadaky operasiýalara duçar bolýarlar: **süzmeçlige, masştablaşdyrma, göneltmä, analog – sanly özgermä.**

Soňra signallar sanly görnüşde, maglumaty gaýtadan işleme we saklama serişdelerine (sanly) (MGiSS), takyk programmalar boýunça gaýtadan işlemek ýa-da ýygnamak üçin, şeýle-de indikasiýa ýa-da hasaba almak üçin maglumaty gaýtadan işlemek serişdelerine (MGiS) geçirilýär.



DTŞG – dolandyryjy täsirleri şekillendiriji gurluş, berlen ýerine ýetiriji gurluşyň YG köplügi arkaly göaegçilik, sazlaýjy, derňeýzi we ş. M. obýektlere täsir edýär.

MgiSS hökmünde MÖS-de ýeriteleşdirilen hasaplaýjy gurluşlardan we mikroprosessorlardan başlap, Uniwersal EHM-lere çenli dürli gurluşlar ulanylýar. DG – ähli prosessi dolandyryýan dolandyryş gurluş (bu EHM hem bolup bilýär).

### **Elektrik däl ululyklaryň ölçenilişi“.**

1. Elektrik ölçeg serişdeleri bilen elektrik däl ululyklaryň ölçenilişiň aýratyňlyklary.

Tehnologiki hadysalaryň we ylmy gözlegleriň barlagynda dürli elektrik däl ululyklaryň ölçegini geçirmek gerek bolýar (meselem: elektrostansiýanyň turbinalarynda buguň basyşyny,  $t^0$  ölçemek).

Barlanylýan elektrik däl ululyklaryň mukdary elektrik ululyklaryňkydan köp, şonuň üçin elektrik däl ululyklary ölçemek üçin elektrik abzallaryň köpdürliligi peýdalanylýar.

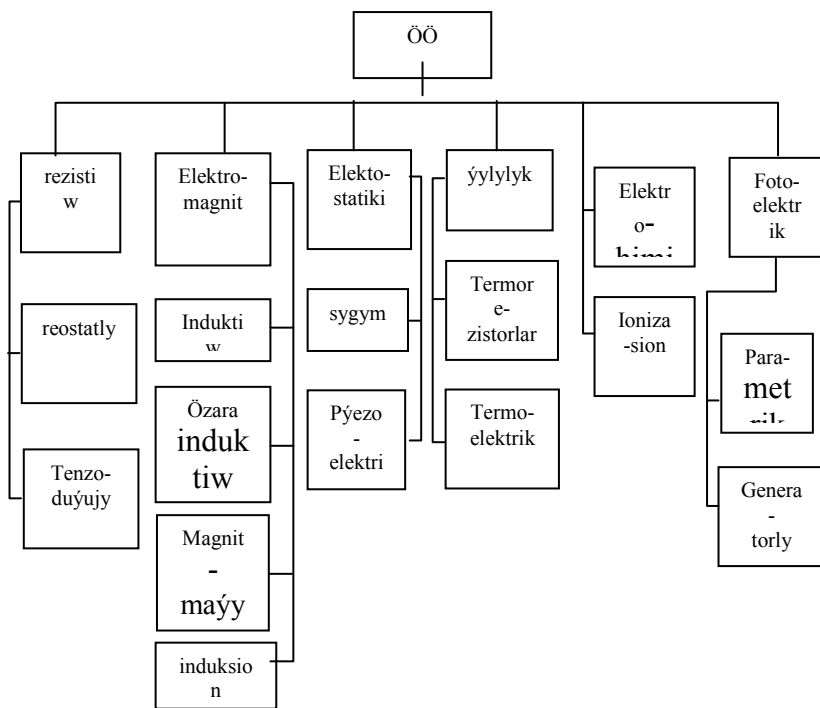
Elektrik däl ululyklary elektrik abzallar bilen ölçemek maksadalaýykdyr:

1. Elektrik ölçeg abzallaryň kömegi bilen birnäçe ululyklaryň uzak aralyklardan ölçegini amala aşyrmak ýenil (ýagny uzak aralyga basyşy geçireniňden togy geçirmek eňil we ş. m.).
2. Elektrik ölçeg abzallary awtomatizirlenmä eňil boýun bolýarlar, elektrik ululyklaryň üstünden dürli matematiki amalary geçirmek bolýar, bu bolsa awtomatizirlenmä ölçegiň netijelerine düzedişleri girizmäge, integrirlenmäge, differenstirlenmäge mümkinçilik berýär.
3. Elektrik ölçeg abzallary awtomatiki dolandyrmak meselelerini çözmäg has has amatly.

4. Elektrik abzallar haýal üýtgeýän we çalt üýtgeýän ululyklary hasaba almaga mümkinçilik berýär (elektrik ossillograflar).

Elektrik däl ululyklary ölçemek üçin elektrik abzallar özünde elektrik däl ululyklary elektrik ululyklara ölçeg özgerdijileri (ÖÖ) saklaýar.

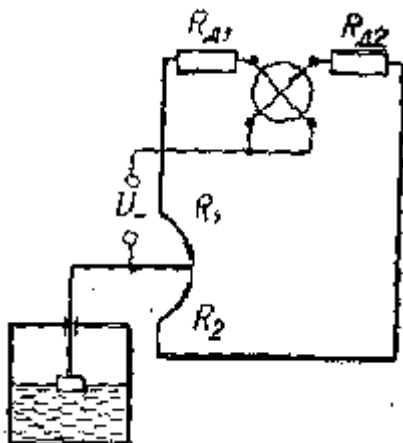
### Ölçeg özgerdijeleriniň klassifikasiýasy.



Çyz. 113.

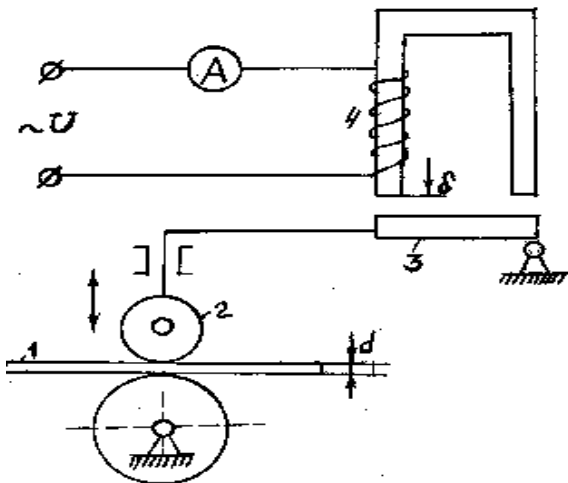
Rezestiw ÖÖ işi süýşgüjiniň (reostat) oruny üýtgetmegine ýa-da geçirijiniň ýa ýarym geçirijiniň, mehaniki diformasiýasyna (tenzometriki) baglylykda elektrik garşylygyň üýtgemegine esaslanandyr.

**Reostat ÖÖ** burçly we göni çyzykly orun üýtgemeleri we bu orun üýtgemelere özgerip bilýän ululyklary ölçemek üçin ulanylýar (tizlenme, basyş, suwuklarynyň göwrümi we derejesi we ş. m.). Reostatyň sürýşgüjisi elektrik däl ululyk boýunça ornuny üýtgetýär. Reostatly ÖÖ suwuklygyň derejesini ölçemek üçin ulanylşynyň mysaly.



Çyz. 114.

Suwuklygyň derejesiniň üýtgemeginiň netijesinde ýüzgüjiň ýagdaýynyň üýtgetmegi bilen logometriň tegegi bilen  $R_{g1}$ ,  $R_{g2}$  zygider birikdirilen,  $R_1$ ,  $R_2$  üýtgeýär. Netijede logometriň tegegindäki toklaryň gatnaşygy we onuň görkezmesi üýtgeýär. Logometriň şkalasy suwuklygyň göwrüminiň ýa-da derejesiniň bahalaryna graduirlenen.



Çyz. 115.

### Induktiv datçik bilen galyňlygy ölçemek.

Tasmanyň (lenta) galyňlygyny barlamak üçin gurnama. Tasmanyň 1 galyňlygynyň üýtgemegi özgerdijiniň magnetgeçirijisiniň 3 ýakory bilen bagly 2 tigrçeğiň orun üýtgemegine alyp barýar. Howa deşiginiň  $\delta$  üýtgemegi 4 sarymyň induktiv garşylygynyň we şoňa laýyklykda tegigiň zynjyryndaky toguň ululugynyň üýtgemegine getirýär .

$$L = W_1^2 \mu_0 S / \delta; \quad (177)$$

$\mu_0$  – magnit hemişeligi =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Gn/m,

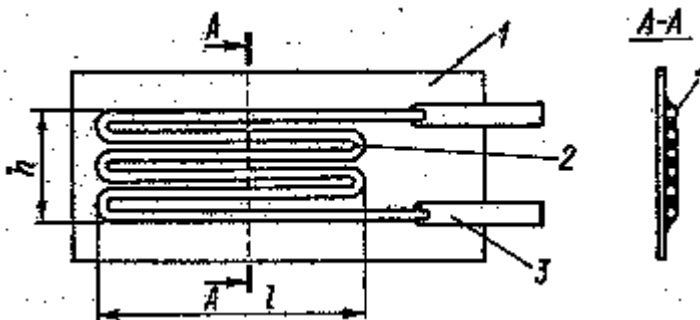
$W_1$  – sargynyň saryň sany,

$S$  – howa deşiginiň kese – keseginiň meýdany.

**Tenzoduýujy ÖÖ** (tenzorezistorlar) Olaryň işi geçirijiniň ýa – da ýarymgeçirijiniň elektrň garşylygynyň onda döreyän mehaniki güýjenmä (tizlenme) baglansygyna

esaslanan. Olar metaliki ýa – da ýarymgeçiriji bolup bilýärler. Metalliklerden simlileri we folgalyary giňden ýaýran.

Simli tenzorezistorlar.



Çyz. 116.

1. – kagyzyň çyzygy (podložka) - 0,03 - 0,05 mm.
2. – inçe zigzag şekilli sim, kagyza ýelmenen.
3. – baglaýjylar (kontaktlar).

$l = 0,5 - 150$  mm,

$h = 0,8 - 60$  mm.

Eger geçirijini mehaniki täsire sezewar etsek (süýnme), onda onuň garşylygy üýtgär (uzynlygynyň we diametriniň ýütgemeginiň hasabyna).

Garşylygyň nispetel (degişlilikde) üýtgemegi.

$$\Delta R/R = K \Delta l/l,$$

$K$  – tenzoduýujylyk koeffisiýenti,  $\Delta l/l$  – nispetel deformasiýa.

Tenzoözgerdijiniň garşylygy  $R = 50 - 200$  Om.

Konstantandan sim  $D = 0,02 - 0,05$  mm,  $K = 1,9 - 2,1$

Folga tenzoözgerdijilerinde duýujy elementiň bir tarapy lak ýa – da ýelim bilen örtülen folgany **oýmak** arkaly alýarlar. **Oýulanda** folgada galan metall duýujy elemente emele getirer ýaly edip metallyň bir bölegini saýlap alýarlar.

Folga tenzoözgerdijiler seçilmäniň uly kuwwatynyň üstüni dolýarlar, sebäbi onuň obýekt bilen gowy baglansygy bar.

Tenzorezistory içlik bilen bile garaşylýan deformasiýa ugry simiň halkalarynyň tarapyndaky okuň uzynlygy bilen gabat geler ýaly edip ýelmenýär.

Soňky wagtlarda senagatda tenzoözgerdijileri kremniý, germaniý, galiý arsenedi we ş. m. ýaly ýarymgeçirijileriň monokristalaryndan ýerine ýetirýärler. Olaryň zynjyrlyk häsiýeti uly  $K = (-200 - +850)$  ýöne kiçi mehaniki ýalňşlyga eýe **şahsy** derejeleşdirmede tenzoözgerdijileriň **esasy ýalňşlygy** 0,2 - 0,5% dürýär.

Tenzoözgerdijileriň temperatura ýalňşlygy özgerdijiniň materialynyň we ölçeg obýektiniň göni çyzykly giňelmesiniň temperatura koeffisiýentiniň tapawudy bilen şertlenýär.

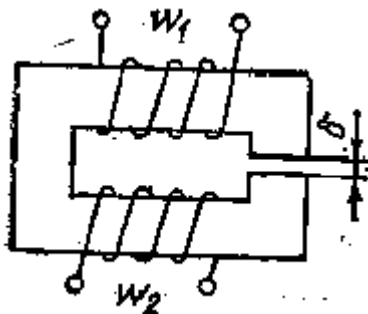
Tenzoözgerdijileriň garşylygyny ölçemek üçin deňagramsyz köpriler ulanylýar.

**Tenzoözgerdijiler** güýji, basyşy, aýlanma pursatyny, tizlenmäni we başga-da maýyşgak deformasiýada özgeren ululyklary ölçemek üçin ulanylýar.

### **Elektromagnit ölçeg özgerdijileri.**

Induktiv özgerdiji (IÖ) induktiwlik tegek bolup durýar özarainduktiw (transformator) (ÖIÖ) özara induktiwlik tegek bolup durýar.

Induktiwlik tegegi alyp göreliň.



Çyz. 117.

1) Goý  $W_2 = 0$  – ikilik sarym ýok,  $R_1 = 0$ , - magnitgeçirijiniň magnit garşylygy = 0, onda

$$L = W_1^2 / R_\delta ; \quad (178)$$

$R_\delta$  - howa başlygynyň magnit garşylygy.

$$R_\delta = \delta / \mu_0 S, \quad (179)$$

$\delta$  - howa başlygynyň uzynlygy,  
 $\mu_0$  – magnit hemişeligi =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Gn/m,  
 $S$  – howa başlygynyň kese – keseginiň meýdany

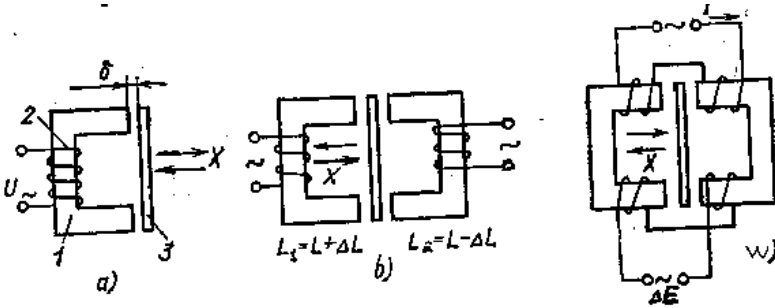
$$L = W_1^2 \mu_0 S / \delta ; \quad (180)$$

2.  $W = 0$ ,  
 Sargylaryň özara induktiw koeffisienti .

$$M = W_1 W_2 / R_\delta = W_1 W_2 \mu_0 S / \delta, \quad (181)$$

Formulalardan görünişi ýaly ,  $L$  we  $M$  –  $s$  we  $\delta$  ululuklaryüýtgetmek bilen üýtgedip bolar.

**Induktiv we transformator özgerdijileriniň gurnamasyny görkezeliň.**



Çyz. 118.

a)

w)

birlik

differensial

induktiv

transformator.

b)

$$L_1 = L + \Delta L,$$

$$L_2 = L - \Delta L$$

Diferensial

Induktiv

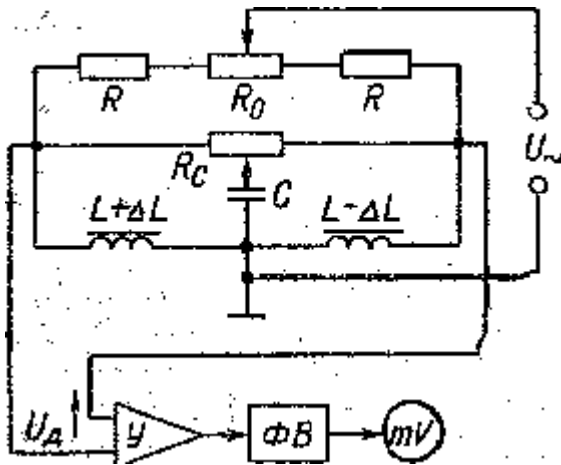
1 – elektromagnit, 2 – sargy, 3 – hereketli ýakor, x – üýtgeýän ululygyň täsiri astynda ornyny üýtgedýär.

$\delta$  - üýtgemegi bilen  $L$  – üýtgeýär,  $L = f(\delta)$  göni çyzykly däl.

a) ýakoryň 0,01 – 5 mm ornyny üýtgetmesinde ulanylýar. Induktiv ÖÖ ýakor elektromagnit tarapyndan dartyлма tizlennesini sanaýar. Bu ýetmezçilik ýakorynyň ornuny üýtgemegi bilen bir tegegiň  $L$  ulalýar we beýlekiniň  $L$  kiçeltýär induktiw differensial ÖÖ ( $\delta$ ) ýok edilýär. 2 elektromagnit tarapyndan ýakora täsir edýän dartyлма güýçleri takmynan biri – birine deň we özara deňagramlaşýarlar. Differensial ÖÖ birlik ÖÖ görä uly



duýylyga, kiçi göniçyzykly dällige we kiçi ýalňşlyga eýe.



Çyz. 119.

Differensial ÖÖ köpri zynjyrynyň iki ýanaşyk egrine birikdirýärler. Ölçegi başlamazdan öň köprini deňagramlaşdyrýarlar.  $R_c$  rezistor we  $C$  - sygym reaktiw  $R_0$  bolsa – aktiw düzüji boýunça köprini deňagramlaşdyrmak üçin gulluk edýärler. Eger  $\Delta L/L$  otnositel üýtgemesi az bolsa, onda köpriniň diagonalyndaky  $U_g$  güýjenme ýakoryň ornuny üýtgetmesine göni proporsional  $U_g$  güýjenmäni,  $G$  – güýçlendirijiniň we  $FG$  – fazaduýujy göneldijiniň üsti bilen köpriniň diagonalyna birikdirilen, magnitoelektrik (mV) milliwoltmetr bilen kesgitlenilýär.

Differensial transformator ÖÖ (b), üstünden üýtgeýän  $I$  tok geçirilýän birliksargynyň iki bölümi ylalaşykly birikdirilen, ikilik sargynyň iki bölümi bolsa – gapma – garşy birikdirilen.

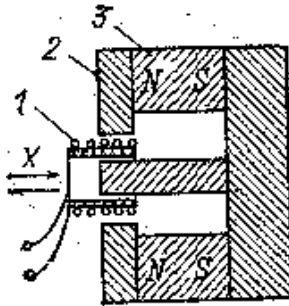
Elektromagnitlere degişlilikde ýakoryň simmetrik ýagdaýynda çykyş gysgyçlardaky EHG 0 – a deň ( $\Delta E = 0$ ). Ýakoryň orun üýtgemesi  $\Delta E = f(x)$  signaly çagyryýar. Çykyş

güýjenme güýçlenýär we üýtgeýän toguň abzaly bilen ölçenilýär.

Induktiv we transformator ÖÖ: mikrometrlerde, galyňlyk ölçýjilerde, dereje ölçýjilerde, we şeýle – de tizlenmäni, basyşy, aýlanma pursatyny ölçemek üçin abzallarda ulanylýar.

Magnimaýyşgak ÖÖ utgaşykly magnitgeçirijili ÖÖ ködürililigini görkezýär.

### Induksion ölçeg özgerdijileri.



Çyz. 120.

Olarda elektromagnit induksiýa kanuny ulanylýar:

$$\mathbf{e} = -\mathbf{W} \frac{d\Phi}{dt}; \quad (182)$$

W – tegegiň sarym sany;

1 – silindr şekilli tegek, magnit geçirijiniň 2 halka şekilli deşiginde ornyny üýtgedýär; 3 – silindr şekilli hemişelik magnit halka şekilli deşikde radial magnit meýdanyny döredýär. Tegekler orun üýtgemede (X üýtgemeginiň täsiri astynda) magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryny kesip geçýär, we onda orun üýtgetmäniň tizligine proporsional EHG ýüze çykýar. Göni çyzykly we burç astynda orun üýtgetmelerde

tizligi ölçemek üçin ulanylýar. ÖÖ çykyş signalyny elektrik integrallaryň we differensiallaryň kömegi bilen integräp we differensirläp bolýar we onda signal göni çyzykly we burç astyndaky orun üýtgetmelere proporsional bolýar. Olar aýlanma ýygylgyny ölçemek üçin (tahometrler), yrgyldy ululyklaryny ölçemek üçin, ýagny göni çyzykly we burç astyndaky orun üýtgetmeleri we tizlenmeleri (wibratorlar, ampermetrler) ölçemek üçin abzallarda giňdeň ulanylýar.

Induksion tahometrler hemişelik toguň ýa – da rotory synag adilýan ok bilen mehaniki baglansykly bolan, hemişelik magnite garaşsyz oýandyrmaly üýtgeýän toguň uly bolmadyk (1 – 100 Wt) generatory bolup durýar.

Hemişelik tok generatory ulanylanda okuň tizligi deneratoryň ehg-si boýunça ( $E = k\Phi\omega$ ) derňeýärler, üýtgeýän toguň generatory ulanylýan ýagdaýynda bolsa tizligi ehg özi boýunça şeýlede ýygylk boýunça kesgitläp bolýar

$$\omega = \frac{60f}{P}; \quad (183)$$

Artykmaçlygy: ýönekeýlik, ýokary duýujlyk.

Ýalňyşlyklar (0,2 – 0,5%) sarymlaryň garşylygynyň temperatura üýtgemesi bilen, wagtyň deçmegi bilen magnit meýdanynyň üýtgemegi bilen ýüze çykýar.

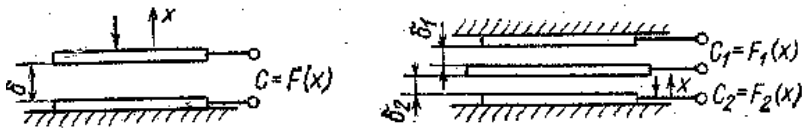
### Elektrostatiki ÖÖ.

Sygym ÖÖ, olarda C we tgδ ölçenilýän ululygyň täsiri astynda üýtgeýär.

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / \delta; \quad (184)$$

S – elektrodlaryň meýdany;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – dielektrikhemişelik;  $\epsilon$  - sredanyň otnositel dielektrikdeçirijiligi;  $\delta$  - elektrodlaryň arasyndaky deşik;

S,  $\epsilon$ ,  $\delta$  üýtgedip, C üýtgetmek mümkin.



Çyz. 121.

X üýtgeýän ululygyň täsiri astyndaheraket edýän elektrodларыň ornyny üýtgetmegi bilen  $\delta$  we  $C$  üýtgeýär.  $C = f(\delta)$  funksiä göniçyzykly däl. ÖÖ duýujylygy  $\delta$  kiçelmegi bilen ösýär, şonuň üçin beýle ÖÖ kiçi orun üýtgetmeleri ölçemek üçin ulanylýar (1 mm az).

Gatlarynyň arasyndaky başlangyç aralyk saýlanylanda  $U_{\text{howa geçdi}} = 10 \text{ kW/sm}$  hökmany hasaba almaly.  $C = f(S)$ ,  $C = f(\varepsilon)$  funksiýalar göni çyzykly. Şonuň üçin üýtgetmeleri ölçemek üçin ulanylýar.

Ýeke ÖÖ gatlaryň arasynda dartyлма güýji ýüze çykýar. Bu ýetmezçilik differensial ÖÖ ýok edilýän (olarda iki hereket etmeýän elektrod bar). Ölçenilýän  $x$  ululygyň bir wagtyň özünde, ýöne dürli alamatly täsirinde  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  we degişlikde  $C_1$ ,  $C_2$  üýtgeýär.

Differensial ÖÖ birlik bilen deňeşdireniňde has uly duýujylyga eýe  $t^0$ , basyş, howanyň çyglylygy az täsir edýär.

Differensial ÖÖ hereket edýän gaty herket etmeýän gatlar tarapyndan kiçi dartyлма güýjini duýýar, sebäbi oňa gapma – garşy ugurly güýçler täsir edýär.

Sygym ÖÖ ölçeg zynjyrlary hökmünde köplenç deňagramsyz köprüler ulanylýar. ÖÖ zynjyrlary köplenç ýokary duýujylykly tok bilen üpjün edilýär (10 MGs çenli), ol ÖÖ degişlilikde köpriniň ölçeg diadonalyna gelýän kuwwaty,  $S = U^2 \omega C$ , ýokarlandyrýar.

Artykmaçlygy: ýünekeýlik, ýokary duýujylyk, kiçi inersiýalylyk.

Ýetmezçilik : kiçi çykyş kuwwat; ýyglylygy ýokarlandyrtmagyň çeşmesiniň ulanylmagy, dürli sygymларыň täsir etmegi,

Güýji, basyşy, orun üýtgetmäni, jisimiň mukdaryny ölçemek üçin ulanylýar.

### **Magnit ululuklaryň ölçenilşi.**

#### **Magnit ölçenilşiň roly.**

Magnit ölçegleri magnit meýdanlaryň, maddalaryň we materiallaň häsiýetnamasyny kesgitlenen üçin ulanylýar.

Magnit ölçenişleriniň kömegi bilen ylmy we amaly meseleň köpüsi gözülýär: magnit materiallaryň häsiýetiniň barlagy, hemişelen magnitleriň synagy we olaryň magnit meýdanynyň ölçenilşi, magnit materiallaryň hiliniň barlagy, ýeriň we beýleki planetalaryň magnit meýdanynyň öwrenilşi, peýdaly garylyp alynýan baýlyklaryň gözlegi, kosmos giňişliginiň gowşak magnit meýdanlarynyň öwrenilşi.

Meseleleriň dürlilikine garamazdan, magnit ölçegleriň kömegi bilen işlenýän, adatça birnäçe esasy magnit ululyklary kesgitlenýär: ferromagnit akym, magnit induksiýasy –  $B$ , magnit meýdanlaň güýjenmesi  $H$ , magnitlanma  $J$ , magnit pursady  $M$  we başgalar. Köp halatlarda magnit ululygy ölçenede, magnit ululuk bolsa ölçeniş prosesinde emele gelýär.

Bizi gyzyklandyryýan magnit ululuk elektrik we magnit ululuklaryň arasyndaky belli baglylyk hasaplama usuly bilen kesgitlenýär. Beýle usullaň teoretiki esasy Maksweliň ikinji deňlemesi bolup durýar, ol magnit meýdany bilen elektrik meýdany baglaýar. Bu meýdanlar esasy material görnüşiniň iki ýüze çykarmasy bolup durýar, oňa bolsa elektromagnit meýdany diýilýär.

Magnit ululuklar we olaryň arasyndaky baglansyk.

1. Magnit meýdanyň esasy häsiýetnamasynyň biri – magnit induksiýasynyň wektory –  $B$

$$\mathbf{F} = q[\mathbf{v}\overline{\mathbf{B}}],$$
$$\mathbf{B} \rightarrow \text{Tл (tesla) – Cи (185)}$$

F – q zaryada täsir edýän meýdanyň güýji, meýdanda  $\bar{V}$  tizlik bilen garyşýar.

2. Magnit akym diýlip – Süst boýunça  $\bar{B}$  wektor magnit induksiýanyň akymyna aýdylýar.

$$\Phi = \int_s \bar{B} dS, \quad \Phi \rightarrow BS \rightarrow CИ$$

(186)

3. Magnit meýdanyň güýjenmesi

$$\bar{H} \rightarrow A / m \rightarrow CИ$$

$\bar{B}$  we  $\bar{H}$  wektorlar öz-arasynda wakum we howa arkaly baglanşykly

$$\bar{B} = \mu_0 \bar{H}. \quad (187)$$

4. Magnit meýdanyň esasy häsiýetnamasy  $\bar{M}$  magnit moment.  
a) tokly kontur üçin

$$\bar{M}_m = I \cdot \bar{S}; \quad (188)$$

I – konturdaky tok,  $\bar{S}$  – kontur meýdanynyň wektory.

- b) göwre üçin

$$\bar{M}_m = \bar{J}V; \quad (189)$$

$\bar{J}$  – göwräniň magnitlemegi, V – göwräniň göwrümi.

$$\overline{M}_m \rightarrow A \cdot m^2 \rightarrow \text{СИ}.$$

5. Göwräniň magnitlenmegi.

$$\overline{J} = \overline{M}_m / V, \quad \overline{J} \rightarrow A/m; \quad (190)$$

$\overline{J}$  we  $\overline{H}$  arasyndaky baglansyk.

$$\overline{J} = \overline{H} \cdot \mathcal{K} \quad (191)$$

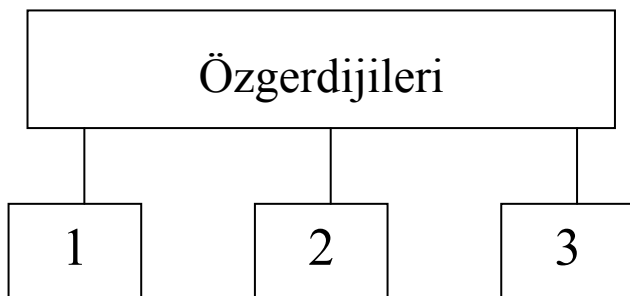
$\mathcal{K}$  – magnit kabuletmesi. Esasy ululuklar,

- 1) – dört burç karkasda duran etalon tegek, onda stabilizatoryň kömegi bilen sarymda tok saklanýar.
- 2) – özara induksiýaly tegek.
- 3) – ol tegek görnüşinde magnit pursadynyň 4 hasaplaýyş ölçegini özünde saklaýar.
- 4) – ol çylşyrymly radiotehniki ölçeg kompleksi, geometrik ölçegleriň ölçegine we toguň birligine esaslanan.

B,  $\Phi$ , H ölçegi hökmünde dürli düzülişli, tegekler we hemişelik magnitler ulanylýar.

### **B, $\Phi$ , H magnit meýdanynyň ölçenilşi.**

Kanun bolşy ýaly magnit ululyklary ölçeyän abzal iki bölekden durýar, ölçeg özgerdijisi – magnit ululygy başga ululyga öwürýär (elektrik, mehaniki) we ölçeg gurluşlary .



Çyz. 122.

- 1 – magnitoelektrik (çykyş ululygy elektrik).
- 2 – magnitomehaniki (çykyş ululygy mehaniki).
- 3 – magnitooptiki (çykyş ululygy optiki).

Magnit ölçeyji enjamlar magnit we elektrik ululuklarynda gradulirlenýär, onda magnit ululyklar yzygider ýagdaýda hasap ýoly bilen kesgitlenýär.

**Magnit ululyklary ölçemek üçin, ölçeg özgerdijileriň gurluş prinsipi.**

$\bar{B}$ ,  $\bar{H}$ ,  $\bar{J}$  sredasyndaky magnit meýdanynyň häsiýetnamasy. Olaryň arasyndaky baglansyk

$$\bar{B} = \mu_0(\bar{H} + \bar{J}) \quad (192)$$

$$\mu_r = \mathcal{K} + 1.$$

**Magnit ölçenişiniň metrologik bazasy.**

Magnit ölçenilşi birligi B,  $\Phi$ , M birlik (perwiçnyý) döwlet etalonlaryň BH ýorite döwlet etalonlary bilen üpjün edilýär.

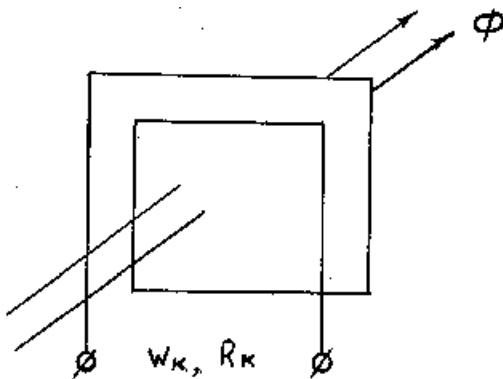
Magnit ululyklar birlikleriň esasy ölçeginiň geçimesi, döwlet etalon iş sredasynyň ölçegi, döwlet boýunça işlenip taýarlanan barlaýjy Çatgylar boýunça amala aşyrylýar.

Döwlet etalonlaryň metrologik häsiýetnamasy gözenekde getirilen.



Etalon	Ölçenýän ulululygyň bahasy	Ortakwadrat gaşarmaň ululygy, etalonyň garşylygy %-lerde	Sistema ýalňyşlygy %-de uly däl
Döwletniň birlik etalony birligi B induksiýa	$5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-4}$ Tl	0,0001	0,00025
Döwletniň birlik etalony, birligi $\Phi$ magnit akym	0,0100176 Wb	0,001	0,0007
Döwletniň birlik etalony birligi M magnit pursady	$1 \cdot 10^{-2} \div 1,5$ A·m <sup>2</sup>	0,02	0,03 ÷ 0,05
Döwlet ýörite etalony birligi B induksiýa	2 ÷ 6 Tl	0,003	0,001
Üýtgeýän meýdanyň döwletniň ýörite etalony birligi B	$1 \cdot 10^{-6} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ Tl 1-10000 Gs ýygylyk arasynda	0,01 ÷ 0,05	0,03
0,01-dan 30mGs aralygyndaky ýygylygyň ýörite döwlet etalon birligi H güýjenme	$2 \cdot 10^{-3} \div 0,5 \cdot 10^{-5}$ A/m	0,4	1,0

1. Elektromagnit induksiýa hadysasynyň ulanylyşy. Bu ýerde ölçeg hökmünde magnit meýdany bilen birikýän sarymly tegekler hyzmat edýärler.



Çyz. 123.

Tegekde  $\Phi$  ölçenende we sarym sany bilen elektrik hereketlendiriji güýç ýüze çykýar.

$$e = -W_k d\Phi/dt. \quad (193)$$

Eger tegegiň gurşap alýan giňişligindäkimeýdany bolsa we tegegiň ony wektoryň  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$  ugry bilen gabat gelse ýagny  $\Phi$  tekizlikdäki tegegiň sarymlaryna perpendikulýar bolsa  $\Phi$ ,  $B$ ,  $H$  arasyndaky matematiki baglanşygy esasynda

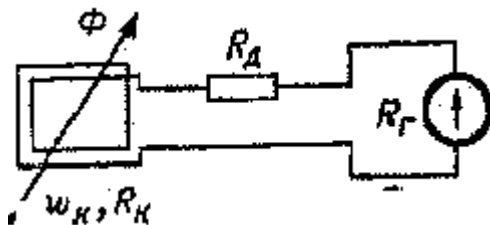
$$e = -W_k \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -W_k S_k \cdot \frac{dB}{dt} = -\mu_0 W_k S_k \cdot \frac{dH}{dt}; \quad (194)$$

bu ýerde  $S_k$  – ölçenýän tegegiň sarym meýdany.

### **Hemişelik magnit meýdanlarynda ballistik galwonometriň kömegi bilen ölçemek.**

Ballistik galwonometriň kömegi bilen induksiýa-impulsynyň usuly bilen kesgitleňşi, impuls togynda zarýad

mukdarynyň ölçenilşine esaslanan. Ol bolsa ölçeg tegeğine akym birikmesiniň üýtgemegi bilen getirilýär. Magnit akymynyň ölçenşiniň çatgysy Çyz. görkezilen.



Çyz. 124.

Ölçenýän tegegiň  $W_k$  sarym sany we garşylyk  $R_k$ , ölçenýän magnit akymy alýar. Ölçeg tegek ballistik galwonometire goşmaça garşylyk  $R_g$  bilen yzygider çatylýar, ol bolsa kritiki garşylygyň deň bahasyna çenli, galwonometiriň umumy garşylygyna getirmek üçin hyzmat edýär (kritiki rahatlandyрма bolmagy üçin).

Magnit akymy ölçemek üçin ölçenýän ýük magnit akymyň meýdanyna çalt salynýar we soňra aýrylýar, şunuň bilen birlikde magnit akymyň üýtgemegi esasynda Elektrik hereketlendiriji güýje getirilýär.

$$e = - W_k d\Phi/dt. \quad (195)$$

Şu Elektrik hereketlendiriji güýjüň täsiri netijesinde zynjyrdaky impuls togy döreýär.

$$i = \frac{e}{R} = - \left( \frac{W_k}{R} \right) \frac{d\Phi}{dt}; \quad (196)$$

$$R = R_g + R_k + R_d;$$

$$i dt = Q = -\frac{W_k}{R} d\Phi; \quad (197)$$

$Q$  – magnit akymynyň üýtgemegi bilen baglansykly zarýad sany.

Ahyrky aňlatmalary  $Q$ -dan  $t_1$  – çenli, magnit akym bolsa  $\Phi$  – magnit akymdan  $0$ -la çenli (tegegiň meýdandan aýrylmagy) rirlese.

$$Q = \int_0^{t_1} i dt = -\frac{W_k}{R} \int_{\Phi}^0 d\Phi = \frac{W_k}{R} \Phi. \quad (198)$$

Eger ölçeyji tegek hereketsiz bolsa, magnit meýdanyň bolsa  $+\Phi$ -dan  $-\Phi$ -a togyň gaýta utgaşdyrmasy bilen ýetilen (aýandyryjy magnit akym) onda  $+I$ -den  $-I$ -a çenli, onda tok impulsynda zarýat sany iki esse köp bolýar.

$$Q = 2 \frac{W_k}{R} \Phi. \quad (199)$$

Ballistik galwonometiriň ölçeyän zarýad sany.

$$Q = C_Q \cdot \alpha_{1m}; \quad (200)$$

Bu ýerde  $C_Q$  – magnit meýdanynyň galwonometirde bölünmesiniň san bahasy.

$\alpha_{1m}$  – galwonometiriň görkezijisiniň maksimal gyşarmasy.

$$\Phi = \frac{R}{W_r} \cdot C_Q \cdot \alpha_{1m} \quad \text{ýa-da} \quad \Phi = \frac{C_\Phi}{W_k} \cdot \alpha_{1m}; \quad (201)$$

bu ýerde  $C_\Phi = C_Q \cdot R$ .

(201) formula magnet meýdanyň  $\Phi$ -dan 0-a çenli üýtgände, magnet meýdanyň  $+\Phi$ -dan  $-\Phi$ -a çenli üýtgände

$$\Phi = \frac{C_{\Phi}}{2W_k} \cdot \alpha_{1m}. \quad (202)$$

Şeýlelikde ballastik galwonometriň görkezijisiniň gyşarmasy netijesinde magnet meýdany kesgitläp bolýar.

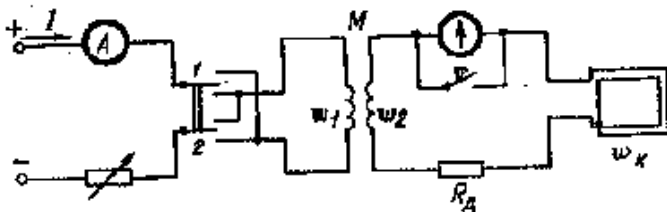
Eger giňişlikdäki tegegiň alýan meýdany bir atly bolsa we okyň ugry  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$ . Wektorlarynyň ugry bilen gabat gelse, ýagny magnet meýdany tegegiň sarym tekizligine perpendikulýar bolsa onda,

$$\mathbf{B} = \left( \frac{C_{\Phi}}{W_k S_k} \right) \cdot \alpha_{1m};$$

$$\mathbf{H} = \left( \frac{C_{\Phi}}{\mu_0 W_k S_k} \right) \cdot \alpha_{1m}. \quad (203)$$

Bu ýerde  $R$  zynjyryň aktiw garşylygyna bagly,  $C_{\Phi}$ -ň bölünmesiniň san bahasyny bilmek zerur (galwonometriň rahatlandyрма ýagdaýyndan).  $C_{\Phi}$  eksperimental kesgitlenýär, ölçenýän tegek we  $R_d$  garşylygyň magazinini peýdalanyp birikdirilende, duýujylygy sazlamak we durmanyň hökmany düzgünini üpjün etmek üçin niýetlenen.

$K$  -  $C_{\Phi}$  kesgitlenende ýapyk.



Çyz. 125.

$C_\Phi$ -ny kesgitlemek üçin SA gaýtadan birikmäni 1 we 2 ýagdaýdan aýyryýarlar (ýagny polýarlygy üýtgeýär).

Toguň +I-dan -I-çenli üýtgemesi tegegiň ikinji sarymynyň bilelikdäki induksiýasynyň akym birikmesiniň üýtgemegine getirýär. Ol bolsa magnit akymyň ölçegi hökmünde ulanylýar, ýagny ikinji tegekde tok impulsy döreýär.

Bu üýtgame şeýle aňladylýar.

$$2W_r \cdot \Phi_1 = 2M \cdot I = C_\Phi \cdot \alpha_{1m}; \quad (204)$$

Bu ýerde  $\Phi_1$  – I toguň döreden akymy, ol  $W_1$  akyp geçýär.

$$C_\Phi = 2MI/\alpha_{1m}. \quad (205)$$

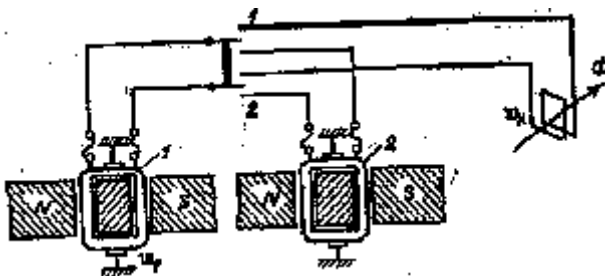
*M 197/1, M 197/2.*

*$C_\Phi = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ Wb/del}; 0,35 \cdot 10^{-5} \text{ Wb/del}.$*

### **Webermetriň kömegi bilen hemişelik magnit meýdanyň ölçenilşi.**

Webermetr magnit akymyň induktiw – impuls usuly bilen ölçemek üçin niýetlenen.

Webermetr garşy täsir edýän pursaty bolmadyk magnitoelektrik galwonometri aňladýar,



**Çyz. 126.**

şonuň üçin  $\alpha_1$  diliň başlangyç ýagdaýy üýtgewsiz. Hemişelik magnitiň polýus uçluklarynyň arasynda karkassyz hereketlenýän tegekde täsir ediji deşik ýerleşdirilen we SA

täzeden gatylyma “pursatsyz” tok geçirijilen birikdirilen. SA täzeden çatylşyn 1 ýagdaýy ölçenýäne laýyk gelýär. Magnit meýdandan ölçenýän tegegi aýyrsan onuň akym birikmesi kiçilýär. Tok impulsynyň döremeginiň hasabyna 1 tegek şeýle burça gýşarýar (şunlukda webermetriniň dili  $\alpha_1$  ýagdaýdan  $\alpha_2$  saýşýär), şeýlelikde ramkaň akym birikmesiniň ulalmasy bolup geçýär, ol ÖK akym birikmesiniň kiçelmesine deň, sebäbi webermetriniň iş dişiginde magnit meýdany biratly, tegegiň akym birikmäniň üýtgemegi onuň aýlanma burçuna deň bolar.

$$W_k \Phi = W_p \Phi_p = W_p B S \alpha.$$

$$\Phi = \left( \frac{W_p B S}{W_k} \right) \cdot \alpha = \frac{C_\Phi}{W_k} \cdot B \cdot \alpha. \quad (207)$$

Temperatura graduirlemesi zynjyryň garşylyk ululygyna bagly däl, eger pasportda görkezilen bahadan üýtgemese, şonuň üçin  $C_\Phi = \text{const}$ ,  $W_p$  – tegegiň sarym sany,  $S$  – tegegiň meýdany,  $B$  – täsir ediji, deşikde induktiwlik,  $C_\Phi$  – webermetriň bölünme bahasy.

$$\Delta \alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|. \quad (208)$$

Dili başlangyç ýagdaýa getirmek üçin kömekçi magnit mehanizimi peýdalanýar. Diliň korreksiýa ýagdaýy üçin gaýta ulaşmany 2-i ýagdaýa geçýärler, şunlukda webermetriň 1 – tegegi 2-i tegege çatylýar. Kömekçi magnitoelektrik mehanizimiň 2-i tegegi, enjamyň ýokarky paneline çykarylan tutowaç (ruçka) bilen mehaniki baglanyşan. Aýlanma wagtynda döreýän Elektrik hereketlendiriji güýji zynjyrda we 1 tegekde tok döredýär, ol bolsa 1-i tegegiň käbir burça aýlaýan aýlaw pursadyň döremegine getirýär.

Webermetirler M 199, M1119 C

$$C_\Phi = 5 \cdot 10^{-6} \text{ we } 10^{-4} \text{ Wb/del.}$$

Mikrowebermetr üçin M 1119  $\pm 1,5\%$ -dan geçmez, daşky zynjyryň garşylygy 50 Om köp däl.

Milliwebermetr üçin M 1119  $\pm 1\%$ -dan geçmez, daşky zynjyryň W. Aýlaw tizligi 10 Om köp däl.

### **Awtomatiki barlag sistemasynyň (ABS) gaýtadan işlemesi”.**

Awtomatiki barlag sistemasy (ABS) ölçeg maglumat sistemasynyň (ÖMS) köpdürliligi bolup durýar.

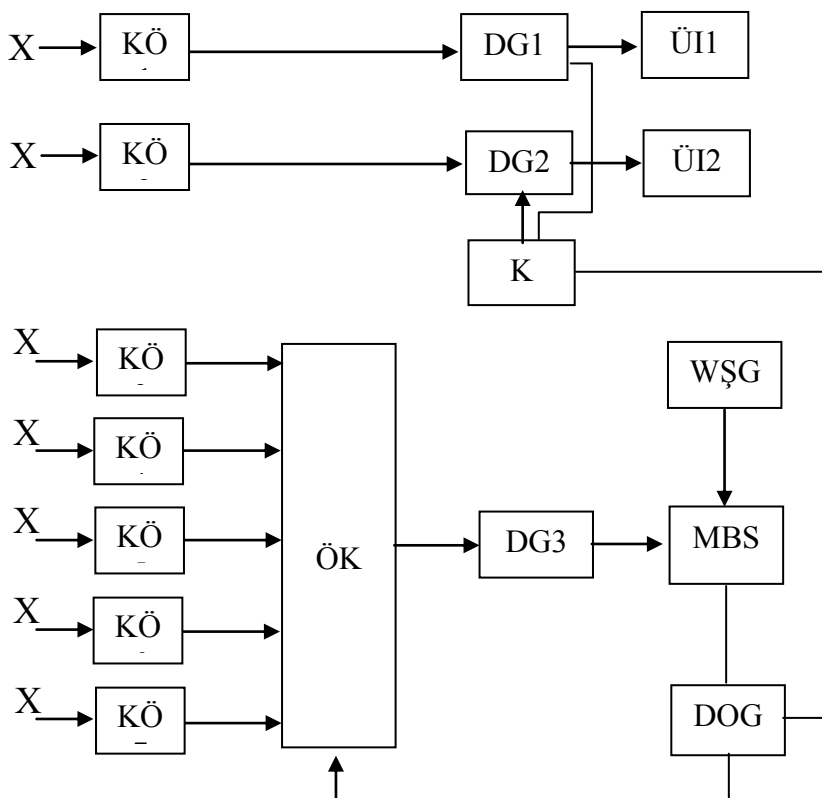
ABS barlanylýar ulgamyň düzüwligi ýa-da düzüw dälligi barada maglumat berýär. Barlanylýan ululyklar hökmünde saýlanan:  $x_1$  – bişiriji (pekarnýa) gözenegiň (kameranyň) sredasynyň temperaturasy;  $x_2$  —oduň ýanmagyna gözegçilik;  $x_3$  – bişiriji gözenegiň sredasynyň çyglanmagy üçin buguň harçlansy;  $x_4$  – gazyň harçlanylşy;  $x_5$  – humdaky seýreklandirmäniň barlagy;  $x_6$  – ýanýan ýeriň önündäki gazyň basyşyna gözegçilik;  $x_7$  – humlardaky temperatura gözegçilik.

Häzirki zaman ABS üznüksiz barlag amala aşyrylýan sistemalara bölýärler ( $x_1$ ,  $x_2$  iki ululyk üçin), düzgün bolşy ýaly ol barlagyň ýokary ygtybarlylygyny we barlagyň netijesiniň öz wagtynda berilmegini üpjün etmek hökmany bolan, ýöne köp enjam talap edýän jogap kär ululyklar üçin bölünýär.

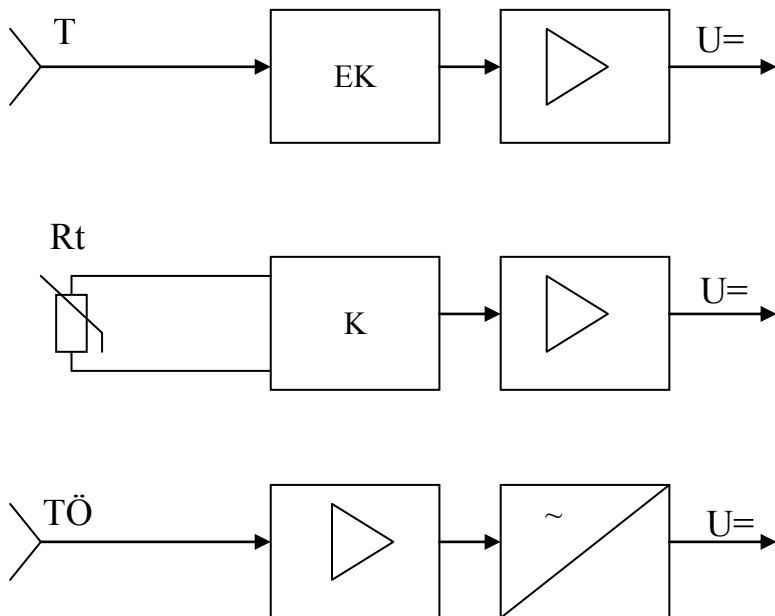
Bu ýerde her barlanylýan ýaýlymda deňeşdiriji gurluş (DG) we üýtgame indikasiýa gurluşy (ÜJ) bar, ond-da bu gurluşlaryň her ýaýlymdaky sany ululygyň üýtgemesiniň kabul edilen çäkleriniň sanyna bagly. Hakykatda beýle çäkler ÇK (kada) birden – dörde çenli bolup bilýär: önünden habar beriji “az”, önünden habar beriji “köp”, bozulyşly “az” we bozulyşly “köp”. Işläp çykaryjy we kada K saklaýjy gyrluş köp ýaýlymlar üçin umumy ýa-da aýratyn ýaýlymlar üçin şahsy bolup biler. Kadadan çykmaklyk operatora habar berilýär, çap ediji gurluş bilen hasaba alynýar, ýa-da awtomatikanyň serişdeleriniň bejerilşi bolýar. diskret yzygider barlagly ABS ( $x_3 \div x_7$  ululyklar üçin) enjamyň az mukdaryny talap edýär, şonuň üçin



hem has arzan. Kadalaşdyryjy özgerdijiler arkaly ( $K\ddot{O}_3 \div K\ddot{O}_7$ ) unifikirlenen signala özgeren barlanylýan ululyklar (meselem hemişelik toguň güýjenmesi  $U_u = 0 \div 10 \text{ W}$ ) ölçeg kommutatorynyň  $\ddot{O}K$  üsti bilen nobat boýunça kada bilen deňeşdirilýän, deňeşdiriliji gurluşa  $DG_3$  gelýärler. Bir barlanylýan ululygyň birnäçe kadasy bolanda kadanyň berlen ululyk barlanylýan wagtynda üýtgemegi mümkin. Kadanyň üýtgemegi we  $\ddot{O}K$  gaýta ulaşdyrmasy dolandyryjy gurluşyň (DoG) kömegi bilen amala aşyrylýar.



Çyz. 127. Çörek bişirmäniň ABS düzülmesi



Çyz. 128. Kadalaşdyryjy özgerdijiler.

Maglumat beriji serişde (MBS) üýtgame indikasiýasynyň gurluşyndan, sanly hasaba alyjy gurluşdan durýar, mundan başga-da DoG – dan barlanylýan ýaýlamyň nomerini we habaryň gelen wagtyny (wagtyň signallaryny şekillendiriji gurluşdan (WŞG)) hasaba alýar we berýär.

Diskret ABS ýetmezçiligi – hyzmata garaşmagyň netijesinde bir ýa-da birnäçe ululyklaryň kadanyň çäklerinden çykýan ýagdaýlary ýüze çykyp bilýär we ulgamyň işiniň bozulýşdan öňki ýa-da hatda bozuluş düzgündi hem goýberilmegi mümkin, şonuň üçin jogapkär ululyklar ( $x_1, x_2$ ) üznüksiz barlanylýar.

128 Çyzatda unifisirlenen signallary (elektrik) işläp çykarmak üçin has giňden ýaýran kadalaşdyryjy özgerdijiler görkezilen, ýagny dürli ululyklaryň datçikleri araçägi we görnüşi boýunça dürli signallary işläp çykarýar. Unifisirlenen

signallar ABS we ÖMS dürli bölümlerinde we düwünlerinde ulanylýar. Olaryň hemmesi 0-dan 10W çenli unifisirlenen araçäkli hemişeli güýjenmüniň  $U = 0 \div 10 \text{ W}$  signalyny berýar.

Kadalaşdyryjy özgerdijiler termoparalar, garşylygyň termometrleri we differensial – transformator datçikleri üçin görkezilen.

Termoparalar üçin çatgy – sowuk seplemäniň temperaturasynyň kompensasiýa elementini KE, hemişelik toguň güýçlendirijisini HTG özünde saklaýar. Garşylygy termometrleri üçin çatgy – eginleriniň biri termorezistor  $R_t$  we hemişelik toguň güýçlendirijisi HTG bolup durýan köprüni K özünde saklaýar. Differensial-transformator datçikleri üçin çatgy-üýtgeýän toguň güýçlendirijisini G we fazaduýujy göneldijini FDG özünde saklaýar. Kadalaşdyryjy özgerdijiler şahsy we toparlaýyn bolup bilýärler.

Giriş we çykyş gaýta ulaşdyryjylar (kommutatorlar) reledede ýada öçügsi gözleýjilerde gurulýar. Kontaktsyz gaýta ulaşdyryjylar ýarym geçiriji elementlerde – diodlarda we transformatorlarda gurulýar.



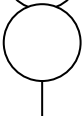
Ölçenilýän ululygyň ornaşmadan üýtgemegini habar beriji gurluşy häzirkä wagtda EHM ýerine ýetirýär. Bu ýagdaýda ornaşma sanly görnüşde berilýär we maşynyň huşunda saklanylýar. Kyn sistemalarda ornaşmany komandalar boýunça dolandyryjy hasaplaýjy maşyndan awtomatiki berip we düzedip bolýar. ornaşmalar bilen deňeşdirmäniň netijeleri köplenç dispetçeriň şitindäki ýagtylyk gözenegine çykarylýar we seslenme görnüşinde umumy sesli signal bilen ugradylýar.

### **Awtomatizasiýa çatgylaryny grafiki resmileşdirmek.**

Funksional çatgy tehnologiýa prosessiň we barlag serişdeleriniň arasyndaky baglanyşygy görkezýän esasy tehniki dokument bolup durýar. Funksional çatgyda şertli belgileriň kömegi bilen tehnologiýa enjamlar, turbogeçirijiler we awtomatizasiýa serişdeleri shematiki görkezilýär.

Turbogeçirijileri ugry görkeziji – çyzyklar bilen, we şeýle-de transportirleýji sredany aňladýan sanlar – 1 → – 20 → bilen görkezýärler. Meselem: 1 – suw, 20 – etan we ş. m.

**Awtomatizasiýa serişdeleriniň şertli belgilenşi DS 21.404-85.**

-  - datçik, şitden daşary gurnalan abzal (ýeri buýunça, manometriň turbogeçirijisinde).
-  - datçik, şitde, pulda gurnalan abzal.
-  - ýerine ýetiriji mehanizm (pnewmatik, elektrik we ş. m.).

Töwregiň ýokarky ýarymyna ilki bilen ölçenilýän ýada sazlanýlan ululyklaryň bahalaryny ýazýarlar (gözenek 1), soňra zerur bolsa ululyklary takyklaýarlar (göz. 2), soňra bolsa, bu gurnama bilen ýerine ýetirilýän esasy funksiýalaryň aňladylşyny ýazýarlar. Aşaky bölekde abzal, sanly datçik (1a, 1S we ş. m.) belgilenýän, şeýle ýagdaýda tekstde ugrukmak aňsat.

Ululyklaryň şertli belgilenşi.

(göz. 1)

P – basyş, seýreklendirme (wakuum)	T – temperatura
L – dereje	D – dykyzlyk
F – çykdaýjy (harçlanma)	V – şepbeşiklik
W – agram (massa)	M – çyglylyk
Q – düzüm, konsentrasiýa	E – elektrik ululyk

Şertli belgisi, ululyklary takyklamak.

(göz. 2)

D, d – tapawut, düşme F, f - gatnaşyk	Q, q – integrirleme I – awtomatiki gaýta ulaşdyrma
--	---

Awtomatizasiýa serişdeleriniň funksiýasynyň şertli belgilenşi.

(göz. 3)

I – görkezme R – hasaba alma C – sazlama dolandyрма K – uzak aralykdan dolandyrmak (dolandyрма stansiýalary, gurnalan abzal) A – signalizasiýa S – baglaýjy (kontakt) gurluş (birikdirme, öçürme)	H – abzala ornaşdyrylmadyk aralykdan dolandyрма (nokat, açar we ş. m.) E – datçik (datçigiň çykyş signaly) T – görkezmeleri uzak aralyklara bermek Y – signaly özgertmek (elektrigi pneumatika ýa-da tersine we ş. m.)
--	---

Mysal üçin:



- temperaturanyň T datçigi E, datçik ýerlerde gurnalan.



- (T) temperaturany ölçemek üçin görkeziji (I) we hasaba alyjy (R) abzal – şitde gurnalan (köpri, potensiometr).



- çykdaýjyny (F) ölçemek üçin görkeziji (I), hasaba alyjy (R), oturdylan dolandyryjy stansiýaly (K) abzal. Abzal bilen bile şitde çykdaýjyny sazlaýjy (FC) gurnalan.

## EDEBIYAT

1. Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии. – М.: Изд-во стандартов, 1978.
2. Основы метрологии и электрические измерения. Под ред. Е. М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Фарзана Н. Г., Илясов Л. В., Азим-заде А. Ю. Технологические измерения и приборы. – М.: Высшая школа, 1989.
4. Неакович Р. Я. Технологические измерения и приборы. – М.: Недра, 1979.
5. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник под ред. В. В. Черенкова. – Л.: Машиностроение, 1987.
6. Mamadaliýew I. H., Suhanow S. Metrologiýa we tehnologiki ölçegler. – Aşgabat, TPI, 2002 ý.
7. Mamadaliýew I. H., Suhanow S. Metrologiýa we maglumat ölçeg tehnikalary boýunça tejribe işleri. - Aşgabat, TPI, 2002 ý.
8. Mamadaliýew I. H., Suhanow S. Maglumat ölçeg tehnikasy. - Aşgabat, TPI, 2002 ý.

## MAZMUNY

1-nji sapak	Giriş. Elektrik ölçeg serişdeleri.....	8
2-nji sapak	Metrologiki üpjünçilik.....	16
3-nji sapak	Fiziki ululyklaryň birlikler sistemasy.....	25
4-nji sapak	Ölçegi (synagy) geçirmek we gurnamak...	33
5-nji sapak	Analog elektroölçeg abzallary.....	45
6-njy sapak	Elektrodinamiki mehanizmler.....	57
7-nji sapak	Elektron – şöhle ossillografy (EŞO).....	73
8-nji sapak	Ölçeg abzallarynyň häsiýetnamasy.....	78
9-njy sapak	Kuwwaty ölçemek.....	111
10-njy sapak	Energiýanyň ölçenilşi.....	120
11-nji sapak	Elektrik ölçeg zynjyrlary.....	131
12-nji sapak	C we tgδ ölçemek üçin köprüler.....	141
13-nji sapak	San abzallary bilen ölçemek.....	167
14-nji sapak	Ölçeg – maglumat sistemasy (ÖMS).....	176
15-nji sapak	Elektrik däl ululyklaryň ölçenilşi.....	181
16-njy sapak	Elektromagnit ölçeg özgerdijileri.....	186
17-nji sapak	Elektrostatiki ÖÖ.....	191
18-nji sapak	Awtomatiki barlag sistemasynyň (ABS) gaýtadan işlemesi.....	204
	Edebiýat.....	210