

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

O. Gurbannazarow

Elektrik ölçegleri we metrologiýa

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

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; Ölçeğiň 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 talyplar üçin niýetlenilýär. Mundan başgada ölçeg we ölçeg tehnika 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 baglanşygy takyk gurnamaga mümkinçilik berdi.

Ölçeg barada alymlaryň aýdan sözleri:

1. D. I. Mendeleýew: “Ylym ölçeg başlandan soň başlanýar, takyk ylymy ölçeg birliksiz göz önüne 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 harçlanşynyň 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° we ş. M. kesgitlemek.
4. Senagatda – elektrik energiýanyň harçlanşyna gözegçilik etmek.
5. Söwdadäde–jisimleriň uzynlygyny, agramyny kesgitlemek.

- a) Awtomobil, uçar we ş. m. alnyp barylán ölçeşler.
6. Täze maşynlary döretmekde, önümiň hilini ýokarlandyrmakda ölçeş uly rol oýnaýar. Meselem: “Электросила” zawodynda ýerine ýetirilen 1200 MWt kuwwatly dünýäde uly turbogeneratory, desga synagyndan geçirilen wagtynda, onuň dürli, ýagny 1500 nokatlarynda ölçeş 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 ölçeş tehnikasynyň ösmeginde rus elektrotehnigi M. O. Doliwo-Dobrowolskiý köp işler etdi. Ol tarapyndan elektromagnit ulgamly ampermetr, woltmetr işlenilip düzülen, induksion ölçeş mehanizmi taýarlanan we ol wattmetriň we fazometriň esasyňa goýulan.

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

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

Häzirki wagtda elektrik ölçeş tehnikasyndaky ösüşi-ölçeş 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 ölçeş abzallar).

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

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 elektrikleşiş 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 ylmydyr.

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.

Metrologiýa 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 takykylygy, olaryň netijeleriniň ölçenilýän ululygynyň hakyky bahasyna ýakynlygy bilen häsiýetlendirilýär.

Şeýlelikde, metrologiýanyň wajyp meseleleriniň biri bolup ölçeğiň ýeketäkligini we hökmany takykylygyny 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 takykylygynyň ýokarlanmagy adam tarapyndan tebigatyň, hadysalarynyň Kanunlaryny öwrenmäge, täze tehnologiýalary, maşynlary işläp düzmäge mümkinçilik berýär.

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

Şeýle-de takykyly 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 otnositellik nazarynyň esasynda goýuldy. Suwuň dykzylygynyň ölçeğiniň takykylygynyň ulalmagy, 1923 ýylda adaty suwda az mukdarda bolmagy hem onuň dykzylygynyň 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 tutýandyр:

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

1. Önümiň hiliniň we tehniki derejesiniň ýokarlanmagynda we onuň önümçiliginde: maşyn gurluşykda, metallurgiýada we ş. m. aktif gözegçiligiň üsti bilen ýetilýär.
2. Elektrik energiýanyň hilini gözegçilik etmek. U-napryáženiýanyň durnuklygyna we f-ýygylygyň durnuklylygyna.
3. Gurşap alýan giňeşligiň (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: köpriler, napryáženiýany bölüjiler.
5. Sanly ölçeg abzallary. SÖA
6. Awtomatiki ölçeg toplumy. AÖS
7. Tehnologiki prosessleri dolandyrmagyň awtomatiki sistemasy (TII)DAS
8. ATHS(CAIIIP) (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 graduirlmek (düzmek, sazlamak) üçin ulanylýar.

ÖMT – özara aragatnaşyk kanallary bilen birleşen ölçeg serişdeleriniň we kömekçi gurnamalaryň toplumy (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^o – 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 ululugyň 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 ululugy önümden degişli birlige graduirlenen ölçeg abzallaryň şnalasynda gös-göni kesgitlenýär. Bu ýagdaýda ölçenilýän ululyk göniden – göni täsirli ölçeg abzalynyň hasaplaýjy gurluşy boýunça kesgitlenilýär (togy ampermetr bilen ölçemek). Usul – ýönekeý, emma takyklygy pes we ol has giňden ýaýran.

Deňeşdirme usuly – ölçenilýän ululygy gös-göni ölçeg bilen deňeşdirýärler, (agramy girilen bilen terezirlerde ölçemek, garşylygy – garşylygyň nusgalyk tegekleri bilen ölçemek). Deňeşdirme usulynyň 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 ölçemek 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 ýalňyslyklaryň 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 metrologuýa 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 normatiw – 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 bahalandyryr.

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

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

$S = \text{const}$; göni çyzykly häsiýetnamada $\alpha = f(x)$.

Eger $S = \text{const}$ bolsa, onda abzallaryň şkalasy deňölçegli, ýagny bölünmeleriniň 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 böleklerara 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 getirilen ýalňyşlyk γ , β otnositel 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 ýygyllyk häsiýetnamasy (AÝH), giriş funksiýasy).

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

häsiýetnamalaryň ululyklarydyr (söndürme koeffisiýenti – köşeşme derejesi β , ÖS reaksiýa wagty; rezonans ýygylýkda 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 ykpylylyk, 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 döwriniň bu işleme döwriniň 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 guralalarynyň metrologiki gulluklary.

Ministrligiň (pudaklaryň) metrologiki gullugynyň esasy meseleleri.

- a) Ministrligiň guralalarynda 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 deňeşdirme enjamlaryny ornaşdyrmak;
- g) DÖS standartlaryny ornaşdyrmak we gaýtadan işlemek;
- d) Gaýtadan işlenen we çykarylan ölçeg serişdelerini, deňeşdirme enjamlaryny, taýýarlamalary, bejergini we işletmänidowlet synagyndan geçirmek we planlaşdyrmak;
- e) Taslamalaryň, standartlaryň we tehniki şertleriň, möhüm önümleriň taslamasynyň, tehnologiýa we konstruktor dokumentleriň metrologiki ekspertizasy (derňemesini) geçirmek;
- j) Pudaklarda ulanylýan ölçeg serişdeleriniň bejergisini we barlagyny üpjün etmek, olaryň ýagdaýyna we ulanylyşyna 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 yzygider gözegçilik (analiz) geçirmek we metrologiýa üpjünçiliginiň kämilleşmegi boýunça teklipleri gaýtadan işlemek we kärhananyň önümçilik tematiki meýilnamasyna (planyna) girizmek üçin ýolbaşçylara teklipl 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 ylalaşmak.

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 tehnologiýa dokumentleriniň metrologiýa (ekspertizasyny) barlagynyň geçirmegini gurnamak we oňa gatnaşmak.

5. Önümi synag edýän we kabul edýän tehnologiýa prosesleri 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 baglanyşykly 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 toplumlaryň 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 — Ölçegleriň 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 — Ölçegleriň we agramlaryň baş konferensiýasyna çygyrylýar — ol metriki sistemanyň giňden ýaýramagy we kämilleşmegi üçin hökmany gerek ölçegleri kabul etmek we ara alyp maslahatlaşmak üçindir.

4. Ölçeğiň we agramyň halkara guramasy ÖAHG — Sewra şäherinde (Parižiň galaýynda) ýerleşýär, ol ölçegleriň 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 deňeşdirmesini, we şeýle-de başlangyç nusgalyk ölçegleriň halkara deňeşdirmesini (garşylygyň platina termometri, has ýokary ýygtylykdaky 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 masşabynda 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 sözlüginin 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 döwletlerinniň 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 ýygnaýynda kabul edildi.

Bu heniz häzirki zaman düşündedäki 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 tehnikaýyň ösmegi bilen aşakdaky sistemalar ýüze çykdy. (Gaussyň sistemasy ylmy we tehnikaýy kanagatlandyrmadyr).

Santimetr, gram sekunt **SGS sistemasy** – bu ýerde esasy birlikler: uzynlygyň birlihi hökmünde santimetr, agramyň birlihi hökmünde gramm we wagtyň birlihi hökmünde sekunda. Bu sistemany Gaussyň teklibi boýunça 1881 ý. Elektrikleriň halkara kongressi girizdi. Mundan başga-da olar önüm birliklerini: dina-güýjiň birlihi üçin we Erg işiň birlihi 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 **MKGGS**. 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 teklipe etdi. Esasy birlikleri: metr, kilogramm, sekunda, amper. Güýç – nýutonlarda, kuwwat – watlarda ölçenildi.

Halkara birlikler sistemasy (SI).

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

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

Halkara birlikler sistemasynyň artykmaçlyklary:

1. Uniwersallyk – halk hojalygynyň ylm 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 (baglanyşklylyk, ylalaşklylyk) (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 prosessleri 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 esasyň 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 şöhlemenäniň periodyna deň.
4. Amper, wakuumda biri-birinden 1m uzaklykda ýerleşen, ujypsyz 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 ýyglylykly monohromatiki şöhlemenme (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)	μ
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 ölçeği serişdeleriniň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Etalon – ölçeği birliğin nusgalyklara, ondan bolsa işçi ölçeği serişdelerine geçirmek maksady bilen fiziki ululygyň birliginiň saklanmasy we gaýtadan işläp çykarylmany üçin ölçeği 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 – ölçeği 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 in az bozulmasyny we saklanyp galmasyny üpjün etmek üçin döredilýär we tassyklanylýar. (Meselem, agramyň birlihi 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) deňeşdirme – 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.

Deňeşdirme etalony – bu ol ýa-da beýleki sebäplere görä göniden-göni biri-biri bilen deňeşdirip bolmaýan etalonlaryň deňeşdirmesi üçin ulanylýan ikinji etalon. (Meselem – Türkmenistanyň woltynyň döwlet etalonyny ölçegler we agramlar boýunça Halkara gullugyň woltynyň etalony bilen deňeşdirmek 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 toplумы – birligi saklamak ýa-da kesgitli çäklerde ölçemek üçin ölçeg abzallarynyň ýa-da ölçegleriň toplумы. (Meselem: araçägiň dürli böleklerinde suwuklygyny

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 deňeşdirmesi göz önüne tutulan – Metriň we kilogramyň etalony 25 ýyldan 1 gezek, Elektrik we ýygtylyk (Wolt, Om, Kandela, lýmens) etalonlary 3 ýyldan 1 gezek.

Ölçegi (synagy) geçirmek we gurnamak.

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

Ölçeg prosessi aşaky düzgünlerden durýar:

- 1 . Ölçeglere taýýarlyk
- 2 . Ölçegleri ýerine ýetirmek
- 3 . Ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek.

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

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

Ölçeg meselelerini dogry goýmak üçin, haýsy fiziki ululyklaryň ölçege degişlidigine, ölçegiň netijesi nähili takyklykda bolmalydygyny, ölçegiň netijesi nähili görnüşde görkezilmelidigini hökmany anyklamalydyr. Ölçeg 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.

Ölçeğiň 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.

Ölçeğiň takyklygyna ölçegi geçirýän adamyň taýýarlygy hem täsir edýär. Onuň ýörite taýýarlygy, degişli bilimleri, başaraňlygy 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.

Ölçeğiň 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.

Ölçeğiň 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 başsýsý).

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 gelýän 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 **termostatirlmek** 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 usulyňy, ölçegiň aralygyny, ölçegleriň ýalňyşlyklarynyň häsiýetnamasyny, ölçegiň ygtyýar berlen ýalňyşlygyny, ölçeg serişdeleriniň bahasyny, işletmede ýönekeýligine we ygtybarlylygyny.

Ölçeg serişdeleriniň jemleýji ýalňyşlygy aşakdaky ýagdaýda kesgitlenilýär.

$$\Delta = \Delta u + \Delta \text{ös} + \Delta \text{tş} + \Delta o, \Delta \leq \Delta y \quad (3)$$

№	Täsir ediji ululyk	Täsir ediji ululygyň ylaýyk bahasy
1.	Ölçeğiň ähli görnüşleri üçin temperatura	+ 20 ⁰ C (293 K)
2.	Gurşap alýan howanyň basyşy (elektrik, magnit ölçegler, aralyk söhlelenmeler, t ⁰ , 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, spektroskopiýa üçin howanyň otnositel çyglylygy.	58%
5.	Elektrik garşylygy ölçemek üçin howanyň otnositel çyglylygy.	55%
6.	Temperaturany, güýji, gatylygy, üýtgeýän elektrik togy, aralyk şöhlelermeleri ölçemek üçin howanyň otnositel çyglylygy.	65%
7.	Ölçeğiň beýleki görnüşleri üçin.	60%
8.	Howanyň dykzlylygy.	1,2 kg/m ³
9.	Erkin düşmäniň tizlenmesi	9,8 m/s ²
10.	Magnit induksiýa (magnit meýdanynyň dartgynlylygy, elektrik we magnit ululyklary ölçemek üçin elektrostati meýdanyň.).	0

Δ - jemleýji ýalňyşlyk.

Δu - ölçeğiň usulynyň ýalňyşlygy.

Δös - ulanylýan ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlygy (ygtyýar berilen ýalňyşlygyň çägi).

Δt - təsir ediji şərtlərin araçak yalňışlyg.
 Δo – operatoryň yalňışlygy
 Δy - ölçegleriň ygtyýar berilen yalňışlygy.

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

1. Göniden-göni bahalandyrma usuly - awtomatlaşdyrmak ýeňil bolan, örän sada ululyk, göniden-göni abzaldan kesgitlenilýär. Ölçeğiň takyklygy, abzallaryň yalňışlyklary we təsir ediji faktorlaryň təsiri 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 yalňışlygy, ulanylýan ölçegiň yalňışlygy 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 prosessiniň 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 ýoetmeli, toplumlary we beýleki ýalňyslyklaryň bolup biljek çeşmelerini kesgitlemeli. Ölçege başlanmazynan ön operator ölçeg serişdelerini önünden 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 ýalňyslyklaryny kesgitlemek $\Delta A, \beta, \gamma$
2. Birnäçe ölçegleri gaýtadan işlemek (ΔA_{or} boýunça) we tötänleýin ululygy hasaba almak

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

Ölçeğiň ýalňyslyklary.

Ölçelýän ululyklaryň netijeleri olaryň diňe ýakynlaşan bahalaryny berýärler.

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

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

Absolýut ýalňyslyk - $\Delta A = A_X - A$; (5)

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

Otnasitel ýalňyslyk

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

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 çykyan Sistematiki ýalňyşlyk – hemişelik ýa-da belli kanun boýunça üýtgeýän ýalňyşlyk. Olary, düzetmäni girizmek bilen aýyryp bolar (t° , U – yrgyldysy, abzalyň graduirlemesiniň ýalňyşlygy). Tötänleýin ýalňyşlyk Δ -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 aňladylşy:

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

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

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

σ – ρ gözegçilikleriň netijesindeki tötänleýin ýalňyşlyklaryň üsti bilen kesgitlenýär.

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

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

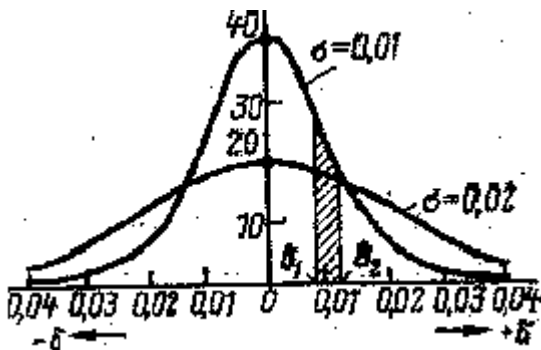
A_{or} – orta arifmetik bahasy (eger $\delta = 0$, onda netije = A_{or} alyp bolýar):

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

a_1, a_2, a_n – aýratyň ölçegleriň netijeleri;

n – ölçegleriň sany;

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



Çyz. 4.

4-nji Çyzatdan görnüşi ýaly, σ 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 ýyggy düşýarlar.

Eger ölçegiň netijesi hakyky bahasyndan uly bolsa položitel ýalňyşlyklar

Adaty kanunda δ_1 den δ_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} ölçeğiň 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 σ_A keçilýär.

Tötänleýin ýalňyşlyklaryň bölünme kanuny belli bolsa, käbir kabul edilen çäklerden çykmaýan ýalňyşlyklaryň 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 dälidiginiň 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 σ uly bolýar, $1-0,68=0,32$ deň, başgaça takmynan üç ölçeğiň diňe biri σ – uly ýalňyşlygy bolar.

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

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 ölçeğiň 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 çykyan 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.

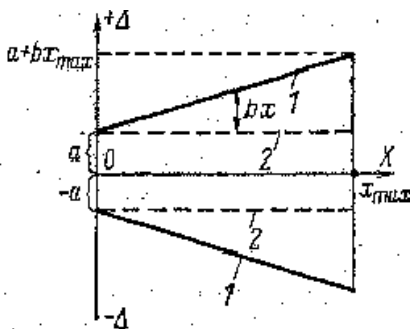
Birtarap şkalaly abzallar üçin

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

Δ 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.

Δ_{\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 döreýär.

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 Δ we γ 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%;



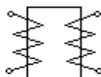
- magnitoelektrik sistemaly abzal;



- logometr;



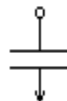
- elektromagnit sistemaly abzal;



- 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.

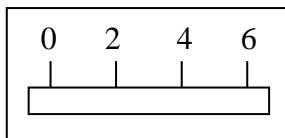
Ölçeg abzalyň görnüşi – Э 59, М265.

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_{tak} . Dost – şeýle klimat şertleri goýýar – 7 topar. Meselem: 4-nji topar üçin: howanyň t° – iş şertleri -10°C – dan $+40^{\circ}\text{C}$ – çenli, howanyň in 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. $X_{\text{baş}}=0$; $X_{\text{soň}}=6$.

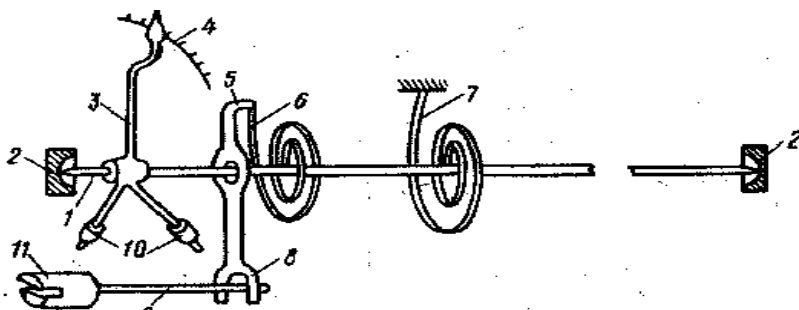
Görkezýän aralygy 0 – 6 deň (ýagny X_b we X_s aňladylýan nokatlar) ýalňyşlygyň tertip sany görkezilýän ýerinde. 2 – 6 ölçeg aralykly Çyzat üçin. Bu Çyzatda ölçegiň aşaky çägi – 2; ýokarkysy – 6. Şkala boýunça ölçegiň hasabaty ugrukdyryjy bilen ýerine ýetirilýän: a) Dilli; b) Ýagtylyk şöhlendirijisi ýagtylyk 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, şöhlelenip ol reňkli aýnanyň inçe çyzygyna düşýär, ol şkalanyň aşagyndaky san görkezijisinde 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.

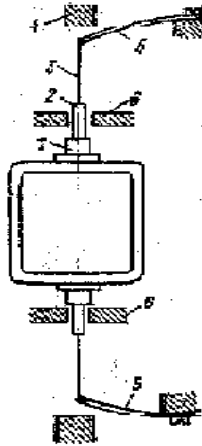
Ters täsir ediji pursaty döretmek üçin gurnama.

Ters täsir ediji ýaýjyk we giňeltmeler. Ýaýjygyň ters täsiri – bronzadan ýasalan burma şekilli saralan sim görnüşinde. Burma şekilli saralan simli ýaýjygyň bir içki uýy ölçenilýän mehanizmiň hereket edýän bölegine, beýleki daşky uýy 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 ulanylýarlar, 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.

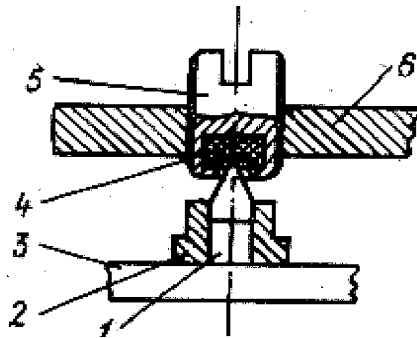
Geňeltmeler bronzadan, platinadan, kobalt – nikel – hrom ergininden ýasalan.



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 hereketli bölegiň 2 tarapyndan berkidilýär, beýleki iki ujy bolsa berk berkidilen. Şeýlelikde diňeltmeler diňe bir M_{ters} täs döretmän, eýsem hereketli bölegi hem berkidýärler. Giňeltmäni ýörite diregli gurluşlarda ulanmagyň zerurlygy ýok (kernalarda, podpýatniklerde) kerna – polatdan özen, ol hereketli bölege berkidilýär.

Podpýatnik – konusa gaty materialdan korund çuňluk görnüşinde.



Çyz. 8.

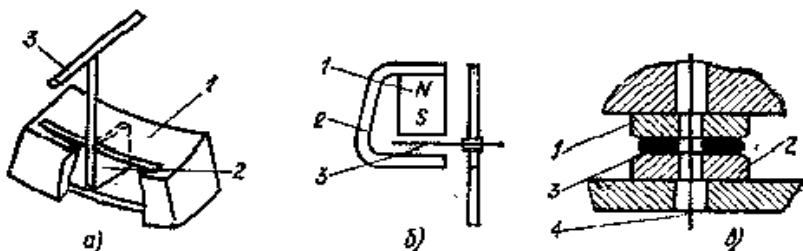
Konusa kern edilen: $l = 3 \div 7 \text{ mm}$; $d = 0,5 \div 0,75 \text{ mm}$.

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

Köşeşdiriji pursaty döretmek üçin gurnama.

Abzalda düzgün $M_{aýl} = -M_{ters}$ 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 (şçýotçik). Hereket edýän böleginiň hereketinde we

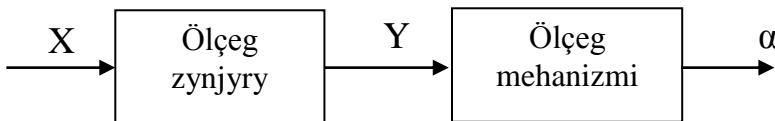
degişlilikde 3 onda meýdanyň kesişmesiniň täsirinde onda (1) köwlenme toklar gönükdirilýär. Köwlenme toklaryň hemişelik magnit meýdany bilen gatnaşygynda köşeşdiriji pursat döreýär.

Howaly köşeşdiriji bilen deňeşdireniňde artykmaçlygy, onda $M_{k\ddot{o}ş}$ (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 arasyna ýörite haýalguraýan suwuklyklar guýulýar, olar suýunmäniň ýokarsyndaky deşikde saklanýar. $M_{k\ddot{o}ş}$ 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 α süýşmesi üçin, ýagny $\alpha = f_2(Y)$; α – köplenç, burç süýşmesi.

Hereketli bölegiň aýlanma pursaty $M_{aýl}$. $M = F_1$
 (X, α) – 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 α aýlanma burçunyň ulalmagy bilen
 ýüze çykýar, we M garşy ugrukdyrylan.

$$M_{t.äs.} = F_2(\alpha). \quad (21)$$

Hereketli bölegiň deňagramlylygy haçanda:

$$M + M_{t.äs.} = 0. \quad (22)$$

Onda bahalaryny goýup abzalyň mehanizminiň
 özgerme deňlemesini alarys:

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

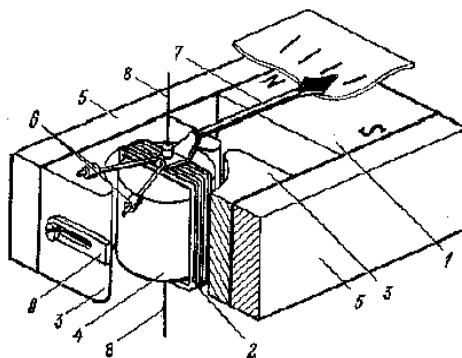
Magnitoelektrik ölçeg mehanizmler.

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 magnit meýdany diýilýär.



Çyz. 11.

1 – güýçli hemişelik magnit;

2 – hereket edýän tegek (gönü burçly şekilli tegek), alýumin özene saralan;

3 – polýusly uçluklar;

4 – magnitgeçiriji.

Aýlanma pursaty hemişelik magnitiň Φ we tegekden geçýän toguň özara täsiriniň hasabyna döreýär.

Özeniň (5) we polyusly uçuklaryň 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.

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

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

Şkalanyň deňlemesi:

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

W_m – magnit meýdanynyň energiýasy.

Tegegiň da 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 α burça öwürilende tegegiň sargysynyň akymy tirkemäniň üýtgemägi.

Hereketli bölegiň gurnalan üýtgemesi.

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

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

bu ýerde $S'_I = \alpha / I$ — 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, yzyndan bolsa α ölçemek mümkin.

Köşeşdiriji — magnitoiduksion — köwlenme toklary (alýumin) esasyda, tegegiň magnitlenýän ýerinde döreýär.

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.

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

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

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 betere.

Milliampermetrlere derrew berilýär, ampermetrlere bolsa şuntuň üsti bilen.

A we V hökmünde ulanylýar.

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

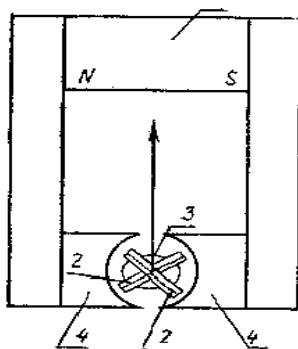
$$I_0 = U/(R_0 + R_g); \quad (32)$$

I_0 – doly üýtgeме тогы;

R_g – U-ny ölçemek üçin bahasy formuladan tapylýar.

Logometriki magnitoelektrik mehanizm.

Munuň hereket edýän bölegi oka gaty berkidilen iki sany tegekdən 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 saýlanylýar.

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

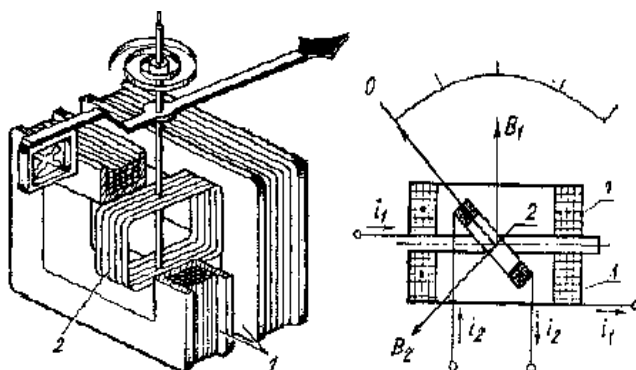
$$I_1 \cdot F_2(\alpha) = I_2 \cdot F_1(\alpha); \quad (34)$$

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 deňşililikde ölçeyär.

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 ulanylýär.

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.

Köşüşme howaly ýa-da magnitinduksion.

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:

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

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

akanda hereket edýän bölegi M_{or} täsir eder.

$$\begin{aligned} M &= i_1 \cdot i_2 \cdot dM_{12} / d\alpha; \\ M_{or} &= \frac{1}{T} \int_0^T M dt = \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T I_{1m} \cdot I_{2m} \cdot \sin \omega t \cdot \sin (\omega t - \psi) dt = \\ &= I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi \cdot dM_{12} / d\alpha; \quad (38) \end{aligned}$$

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 ψ), 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 ýaýjaklar 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 α – 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 $\psi = 0$

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

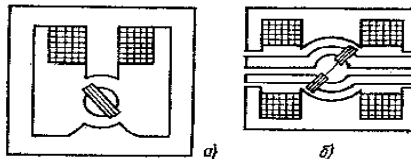
Bular ýaly sistemalaryň esasy artykmaçlyklary: hemişelik we üýtgeýän tokda birmeňzeş görkezmeli (tegekleriň zygydier birikmesinde), ýagny birmeňzeş graduirläp bolýar.

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 Φ magnit geçiriji arkaly $M_{aýl}$ düýpli ulalýar. Şonuň üçin tegegiň MHG kiçelip we yzygiderlikde mehanizmiň hususy kuwwat sarp edişi kiçelýär. Hereket edýän tegek özensiz ýerine ýetirilýär. $M_{t.täs.} = -W\alpha - \text{ýaýjyklar döredýär.}$

FDM (ferrodinamiki mehanizm) hususy magnit meýdany güýçli, şonuň üçin daşky magnit meýdan az täsir adýär. Magnitgeçiriji şol bir wagtda ekran hem bolup durýar. Köşeşdirijileri – magnitinduksion 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 $M_{aý}$ 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, $\beta_1 \equiv I_1$, β_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

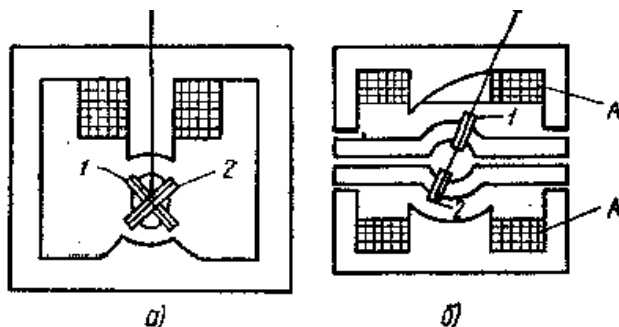
$$\alpha = \frac{C_1}{W} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \text{Cos } \psi. \quad (44)$$

Artykmaçlyklary: daşky meýdanlara täsiriniň azlygy, hususy P sarp edişiniň kiçiligi, $M_{aý}$ 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, dyklyklaryň, 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 tegeklerden 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

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

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

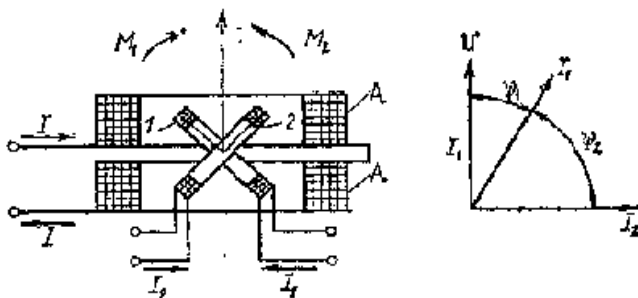
ψ ($I^{\wedge}I_1$); ψ_2 ($I^{\wedge}I_2$); C_1 , C_2 – düzüşine bagly koeffisiýentler.

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

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

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

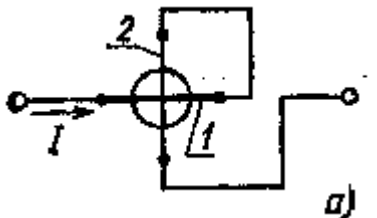
(47) – den elektrodinamiki logometriň öwürme burçy hereketli tegeklerdäki toklaryň wektorynyň hereketsiz tegekdeki toguň wektoryna gatnaşygynyň proyeksiýasy bilen kesgitlenýär.



Çyz. 16.

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

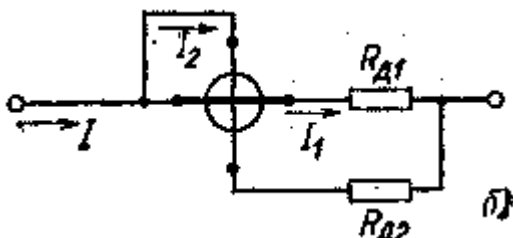
- 1) **Elektrodinamiki sistemadaky milliampermetrler** – bu ýerde ähli ölçenilýän tok yzygider birleşdirilen hereketli 2 we hereketsiz 1 tegekleriň üstünden geçýär, onda



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.



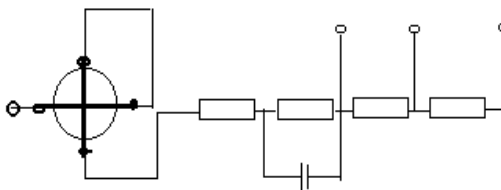
Çyz. 18.

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

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

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.

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

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° bolsa (hereketli bölek 0 – belgide), onda hereketli bölegiň başlangyç ýagdaýdan α 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° çenli üýtgeýänligi üçin – $\sin(\beta - \alpha)$ 0-dan 45° burçda ulalar, 45° -dan soň bolsa kiçeler. Şonuň üçin (1÷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° , f , β (A) tegekleriň yzygider birikmesinde olaryň garşylygy tempnyň üýtgemegi bilen üýtgeýär, ýerleşişine täsir etmeýär, ýöne burum şekilli simli ýaýjyklaryň maýyşgak häsiýetini ölçäniinde t° – temperatura ýalňyşlygy bölýar.

Tegekleriň parallel birikdireniňde temperaturanyň görkezmesine täsir edýänligi sebäpli tegekleriň garşylygyny ölçeninde I_1 , I_2 toklaryň täzeden ýaýramasy üýtgeýär. t^0 -ra ýalňyşlygy parallel şahalarydaky (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 bilen öwedi doldurylýar – ol bolsa goşmaça garşylygyň bölegini şuntirleýär.

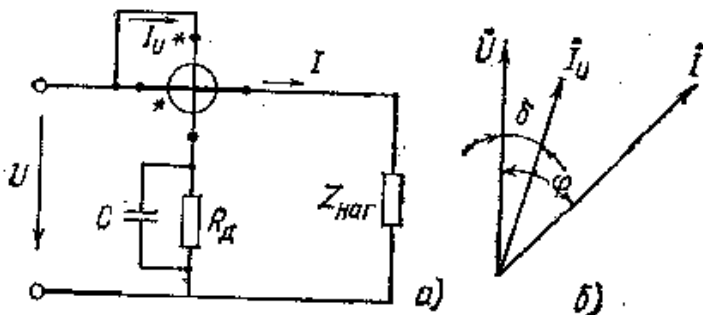
Ferrodinamiki A we V hem şuna meňzeş.

Elektrodinamiki we ferrodinamiki sistemanyň wattmetrleri.

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

Elektrodinamiki wattmetr.

I -const kuwati 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

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

görşümüz ýaly hasan-da $dM_{12}/d\alpha = \text{const}$ bolanda deňölçegli 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 $U = U_m \cdot \sin \omega t$, onda $i = I_m \cdot \sin (\omega t - \psi)$, onda parallel zynjyrdaky tok

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

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 tutup, $Z_u = R_u/\cos \delta$ 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

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

δ burçy Csygym bilen wattmetriň parallel zynjyrynda goşmaça rezistory R_g şuntirläp azaldyp bolýar (ýygylýgyň käbir bölümlerinde).

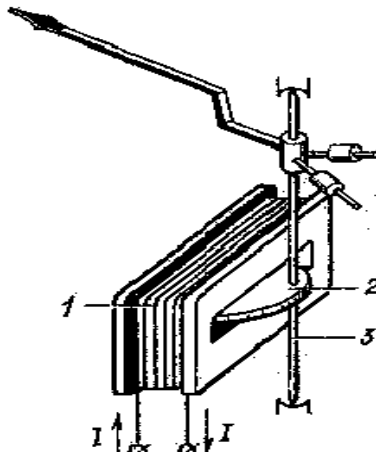
$R_u = Z_u$ ýerine ýetirilmesi derňewi we gradurowkany ýokary takyklyk bilen geçirmäge mümkinçilik berýär.

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.

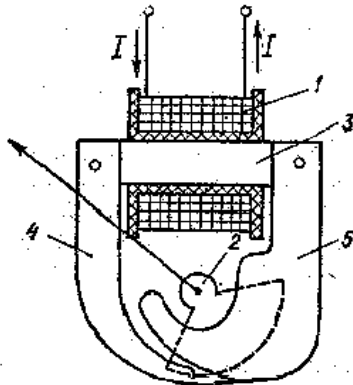


Çyz. 21.

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 magnetgeçirijili mehanizmler – has täze
 (häzirki zaman) bolup durýarlar.



Çyz. 22.

1 Tegek hereket etmeýän magnetgeçirijide 3 iki jubut halkary 4 we 5 bilen ýerleşen.

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

Suwuklykly köşeşme.

Tegekden I akyp geçende hereket edýän özene 2 täsir edip meýdanyň energiýasy has uly bolar ýaly, ony ýerleşdirmäge ymtylýan magnet 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 ulanylý 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 tegekdən geçýär:

100 A – haçan-da hereketli bölege direglere berkidilen bolsa;

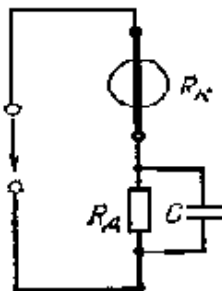
50 A – haçan-da hereketli bölegi giňeltmelere berkidilen bolsa;

20 A – çatyk magnitgeçirijili mehanizmlerde.

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

t^o , ýygylýk ýalňyşlyklaruly däl – sebäbi ähli I tegegiň üstünden geçýär.

Elektromagnit sistemaly woltmetrler.



Çyz. 23.

R_g (manganinden) yzygider 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.

Göýberilýär: 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

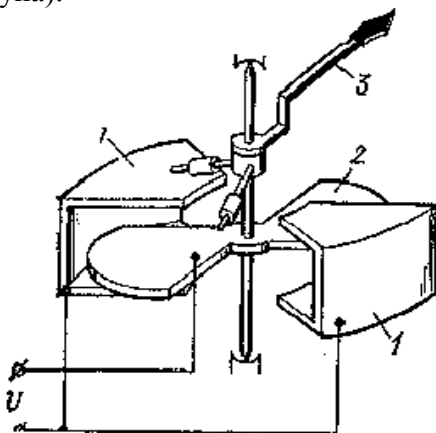
Germewli: 0,5-den 600 V çenli

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 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 döreýär.

$W_3 = U^2 \cdot C / 2$, ($2 - 1$ -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 $M=-M_{\text{t.т.с.}}$.

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

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

Ýagny şkala kwadratik görnüşde we deňölçeşsiz 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 deňölçepli 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 giňelmegi üýtgeýän tokda goşmaça kondensatoryň C_g , ýa-da sygym bölüjiniň U birikmegi bilen amala aşyrylýar.

Goşmaça C_g sygym bölüjili.

Hemişelik tokda çägiň giňelmegi 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

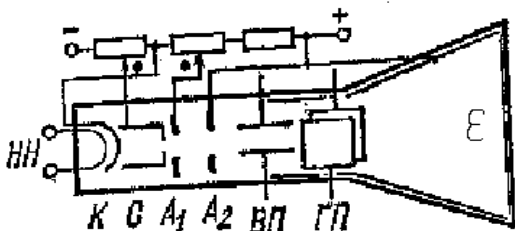
hili bagly däl diýen ýaly we şkala ýoýulmaýar.

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

Elektron – şöhle ossillografy (EŞO).

EŞO – hemişelik tokdan onlarça megagers ýygylýyklaryň 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, gyзма sapagy (gs) bilen gyзdyrylý a.
{ (C)T – tor, A₁, A₂ – anodlar.

“elektron puşka” – elektron şöhlesini almak üçin.

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

E – turbajygyň ekrany, ýörite jisim – lýuminofor bilen örtülen, onuň oňa urulýan elektronlaryň täsiri astynda şöhlelenme ukyby bar. Katodyň üsti gyзма sapaganyň kömegi bilen gyздыrmada elektronlaryny ýeňil berýän, oksid jisimi bilen öztülen. Kese kesigi deşikli silindr şekili bar bolan tora katoda degişlilikde otirisatel we sazlanýlýan 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 A₁ kömegi bilen elektron şöhle ekranda fokusirlenýär, A₂ ikinji bilen bolsa, hökman gerek tizlige çenli tizlenýär. A₁ – öňdäki gata – “Fokus” – çykarylýar, onuň üsti bilen A₁ 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 döreýän, 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;

φ_{A2} – A_2 anodyň katoda degişlilikde potensialy;

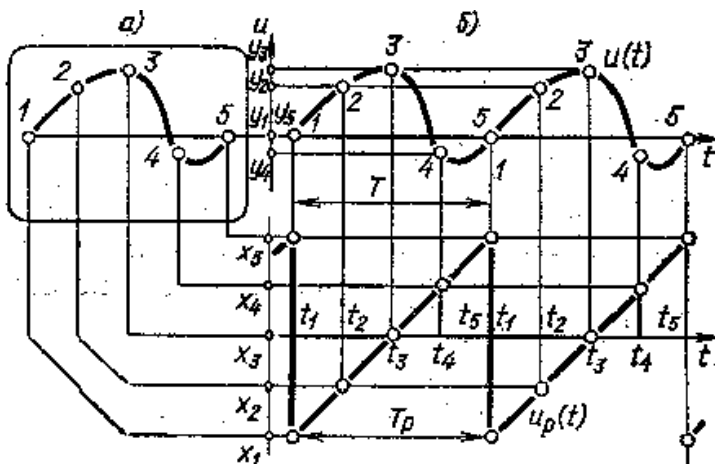
U – gatlara ertilýän güýjenme.

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 örtüge ýerleşdirýärler.

Ossillografyň 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

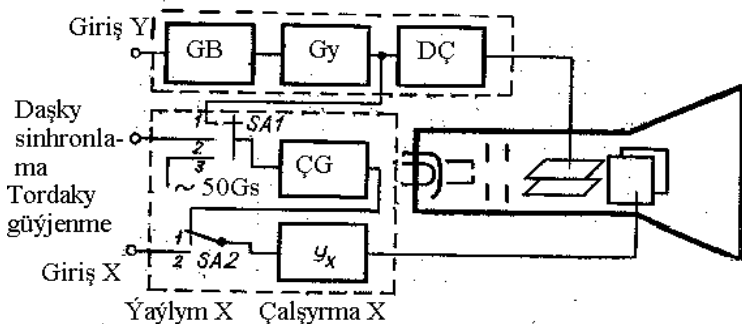


Çyz. 26.

üçin 1 nokady almak üçin KÜ hem güýjenme bolmaly).

X ýaýlymynda çöwürme generatorynyň ýygylgy ýeterlik däl durnuklaşdyrylan. Ossillografyň 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 ön tarapyna gözegçilik etmek üçin.

$SA_1 \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow 1 - \text{içki sinhronlama} \\ \quad 2 - \text{daşas sinhronlama} \\ \quad 3 - \text{setiň güýjenmesinden sinhronlama} \end{array} \right.$

$SA_2 \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow 1 - \text{çöwürme generatory birikdiril ýär} \\ \rightarrow 2 - \text{X - kanaly boýunça güýçlenme} \\ \quad \text{düzgüninde ulanylýar} \end{array} \right.$

Şöhläniň X we Y oky boýunça çalşyrmasy, zynjyrda 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 ulylyga) endigan ýakynlaşmagy bilen kesgitlenýär.

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

2. **Duýujylyk.**

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

α – 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 ulanýan 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 ölçeyji 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.

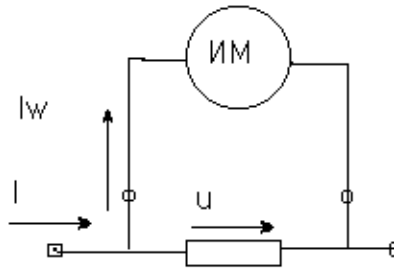
Nusgalyk ölçegler – işçi ölçegleriň we ölçeg abzallaryň barlagy we gradirowkasy üçin niýetlenen 3 derejä bölünýär. I – derejeli nusgalyk ölçegler has takygy, olar işçi etalonlar bilen barlanylýar. II – derejeliler I - derejeli nusgalyk ölçegler boýunça barlanylýar.

Toklaryň we napryáženiýäniň özgerdijileri.

Şuntlar we goşmaça rezistorlar.

Şunt – togy I – 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_{tak} we U_{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 şuntndan, 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 naprýaženiye tok I garşylyk akýar:

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

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

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

$$(1) - \text{den } nR_{\text{ş}} = R_{\text{ş}} + R_t; \quad \boxed{R_{\text{ş}} = R_t/(n - 1)} \quad (72)$$

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

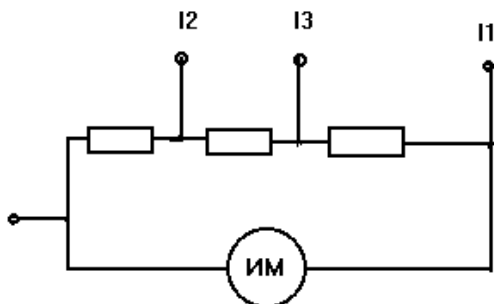
Şuntlar manganinden taýýarlanýar.

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 ölçmek üçin daşky şuntly abzallar ulanylýar, onda şuntlyň gyzmagy abzalyň gyzmagyna getirmeýär. 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.

$$I_1 < I_2 < I_3.$$

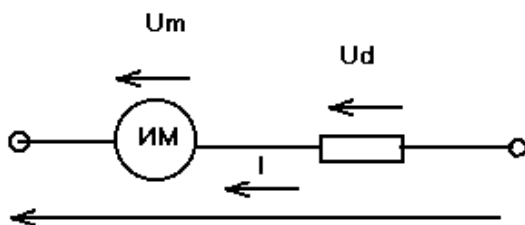
Abzallaryň beýleki sistemalary (magnitoelektrikden başga) üçin şuntlary ulanmak maksadalaýyk däl, sebäbi olar. $R_{\text{ş}}$, ýagny daşky ölçegleriň we harçlanýlan kuwwatyň ulalmagyna getirýän uly kuwwat harçlaýarlar.

Ölçeg mehanizmli şuntlary üýtgeýän tokda ulanylanda, f – üýtgemegi bilen goşmaça ýalňyşlyk ýüze çykýar, sebäbi R_s 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_s 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 (\bar{I}) 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 (watmetrlar, öçürijiler we ş. m.) üçin gulluk edýärler.



Çyz. 30.

Omuň kanuny boýunça: $U \equiv R$.

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

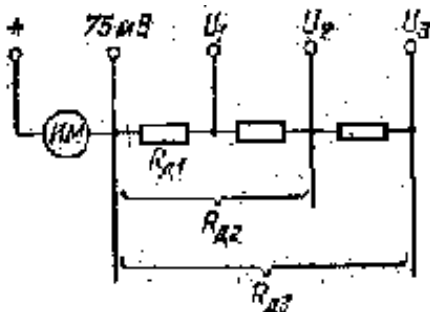
$$\frac{U}{U_t} = \frac{R_t + R_g}{R_t}; \quad \frac{U}{U_t} = n; \quad \text{onda :}$$

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

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.



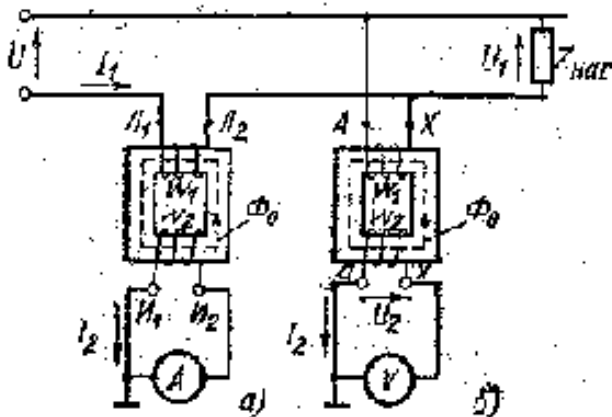
Çyz. 31.

$$U_1 < U_2 < U_3.$$

Ölçeg transformatory (ÖT).

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

Ölçeg transformatorlarynyň birikdiriliş çatgysy.



Çyz. 32.

I-togyň we U- napryženiýanyň ölçeg 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 şına 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 napryženiýanyň 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, napryáženíýa 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 döreýär (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

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

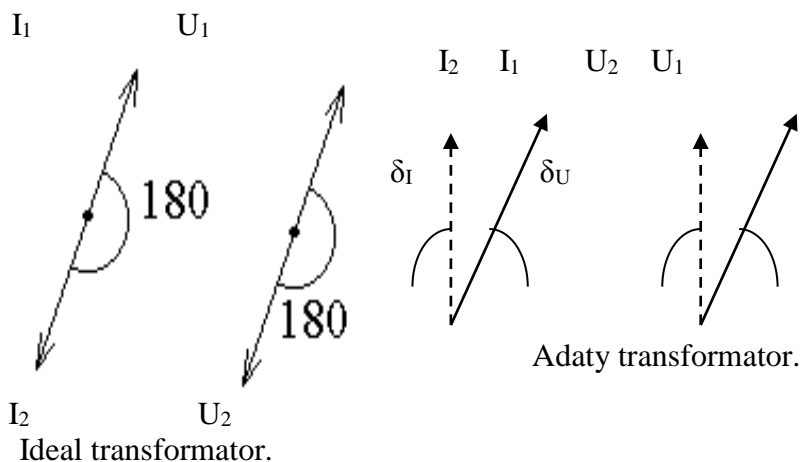
$\gamma_I; \gamma_U$ – tok we güýjenme ýalňşlyklary U .

Bu ýalňyşlyklardan başgada ölçeg transformatorlarynda burç ýalňyşlygy – δ – 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 transformatorda I_1 we I_2 arasyndaky burç 180° – TT – üçin. U_1 we U_2 arasy GT üçin. Adaty transformatorda: (Çyzat 6).

Bu ýerde I_2 we U_2 180° öwürlen.

δ_I ; δ_U – “+”, “–” bolup bilýär (eger 180° öwürilen I_2 ; I_1 -den öňe gidýän bolsa, onda δ_I = “+”).



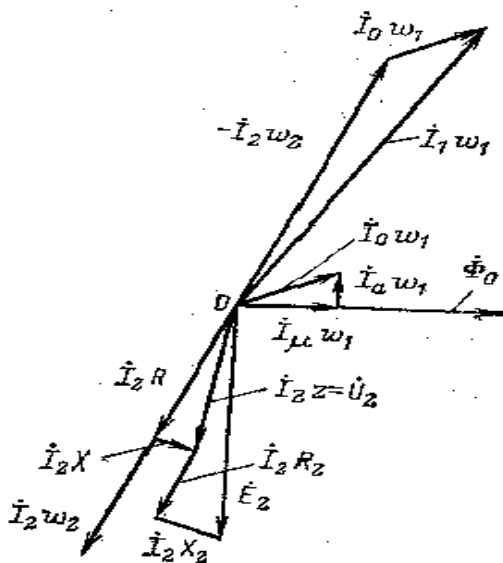
Çyz. 33.

Ölçeg transformatorlarynyň burç ýalňyşlygy diňe abzalyň görkezmesine täsir edýär. Olaryň hereket edýän böleginiň üýtgemegi bu abzallaryň zynjyryndaky toklaryň arasyndaky faza süýşmesine bagly bolýar (wattmetrler, sçyotçikler, 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 – magnit 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 – iň 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,

Φ_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, Φ_0 -dan 90° 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 Φ_0 -ň ulalmagyna getirýär. E_2 (birnäçe yüz V – çenli), ol adam saglygyna howuply.

Wektor diagrammadan (1) – netijeler:

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

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

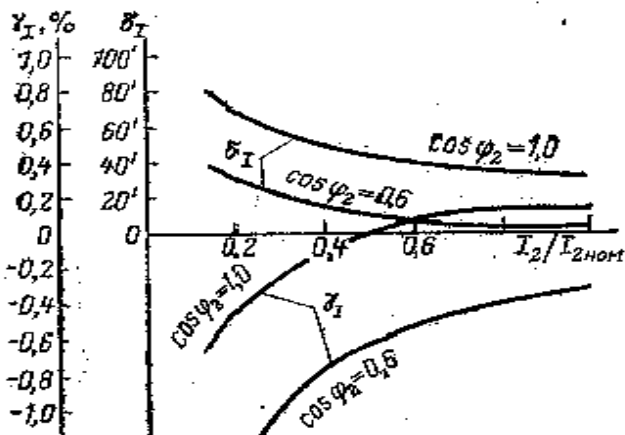
Ikinji sargynyň garşylygynyň ulanmagy we ýüklenmäniň ulalmagy (abzallaryň köpsanynyň birikmesi).

E_2 , Φ_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 ölçenilmeýän ýüklenmede we ölçenilmeýän toguň kiçelmegi bilen transformatoryň ýalňyslygy 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 deňişli toklar bilen utgaşdyrmaly.

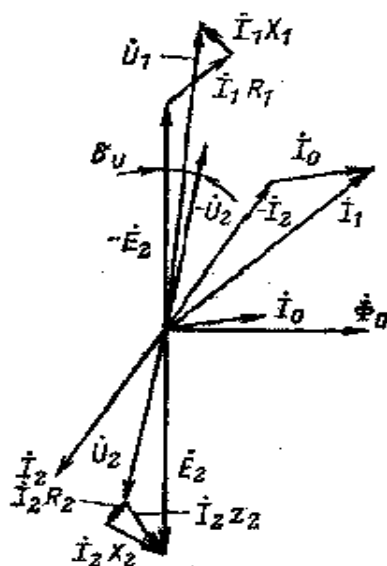
Düzülmesi edil TT ýaly.

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

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

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

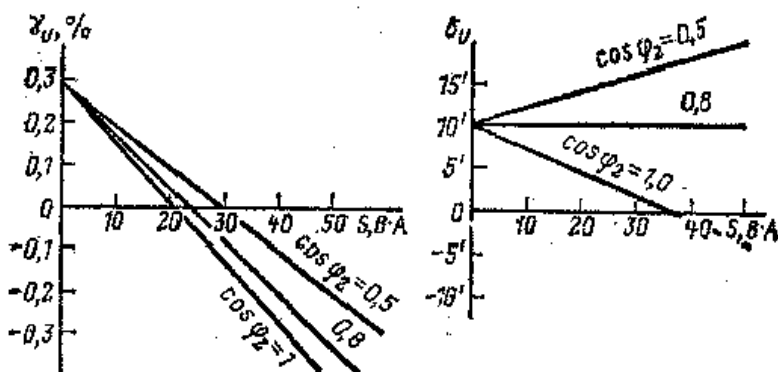
$$\begin{aligned} \dot{U}_1 = & -\dot{U}_2 + \dot{I}_0 R_1 + \dot{I}_0 jX_1 - \\ & - \dot{I}_2 (R_1 + R_2) - j\dot{I}_2 (X_1 + X_2). \end{aligned} \quad (84)$$



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 γ_U we burç δ_U ýalňyşlyklary I_2 we I_0 toklaryna we transformatoryň sarymlarynyň garşylyklaryna bagly.

Transformatoryň ikinji zynjyryndaky ýalňyşlygy has köp täsir edýär.



Çyz. 37.

Cos φ_2 dürli bahalarynda ikinji zynjyrdaky gyzdurma baglanşygy.

(84) deňlemä laýyklykda: ýalňyşyklar kiçeltýärler:

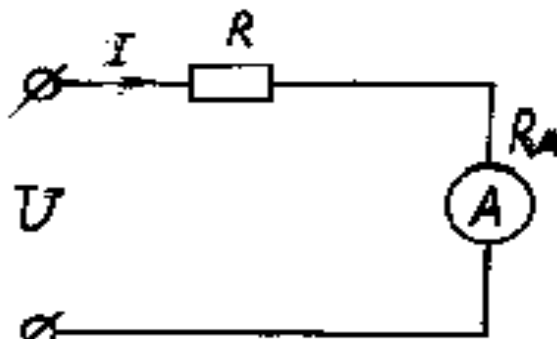
- X_1, X_2 kiçelýär – GT magnitgeçirijisini kremnili polatyň iň gowy hilinden ýasaýarlar, ýagny dorgama akymy kiçelýär.
- R_1, R_2 kiçeldende – geçirijiniň kesiçmesi ulalýar. 3 fazaly güýjenme transformatorlary hem bardyr.

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 birikdirenimizden soň:

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

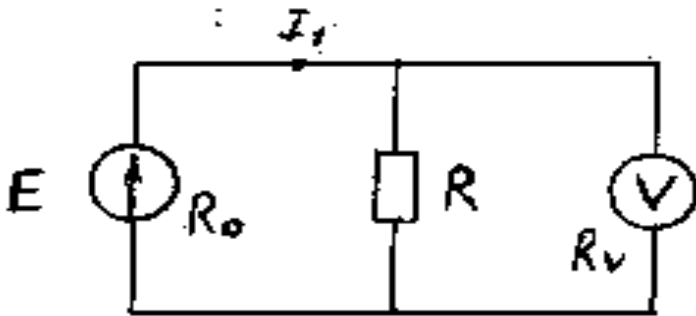
Ýagny I_w togy ölçeýän ampermetr, I_x togy ölçeýär.
Metodiki ýalňyşlyk.

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

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:

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

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

$$U_x = \frac{E}{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V} + R_0} \times \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{E(R + R_V)}{R \cdot R_V + R(R + R_V)} \times \quad (88)$$

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

Metodiki ýalnyşyk:

$$\begin{aligned} \delta_V &= \frac{U_x \cdot U}{U} = \frac{\frac{E \cdot R \cdot R_V}{R \cdot R_V + R \cdot R_0 + R_0 \cdot R_V} - \frac{E \cdot R}{R + R_0}}{\frac{E \cdot R}{R + R_0}} = \\ &= \frac{-R \cdot R_0}{R \cdot R_V + R \cdot R_0 + R_0 \cdot R_V} = \end{aligned}$$

Sanawjy we maýdalaýjy $R_0 R_V$ bölünýär, onda

$$= -\frac{R / R_V}{R / R_0 + R / R_V + 1} \approx -\frac{R}{R_V (R / R_0 + 1)}; \quad (89)$$

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.

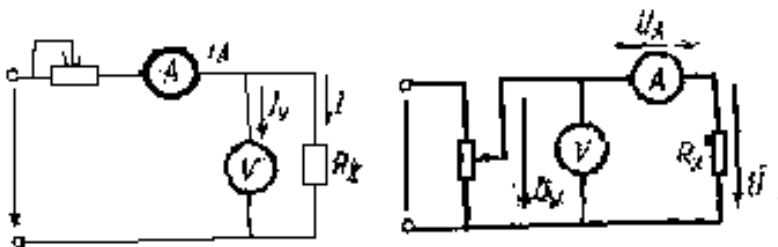
Garşylygy, sygymy, induktiwligi ölçemek.

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.

Artýkmaçlygy onuň – ýönekeýligidir;

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

Metodiki ýalňyşlygy 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 – ölçeginiň netijesi;

R – täsir ediji garsylyk;

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

Otnositel ýalňyşlyk.

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

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:

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

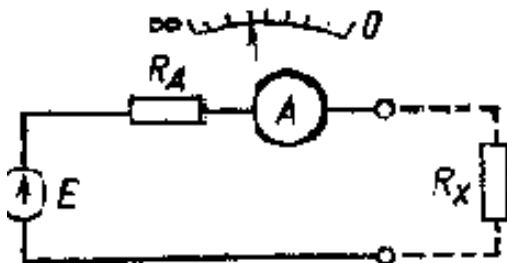
Eger δ üçin aňlatmalary deňeşdirsek, onda birinji çatgy üçin δ kiçeltmegi üçin R_V mümkin boldygyça uly bolmagy gerek we çatgynyň kiçi R_X üçin dogrulygy görüňär.

Ilkinji ýagdaýda δ 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 graduirlmek mümkindir.

Şu esasyda ampermetrler gurulan.(ýygñalan)



Çyz. 41.

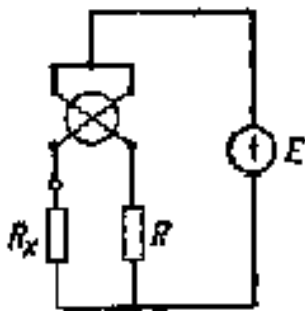
$$\alpha = \frac{E}{C_I} \cdot \frac{1}{R_g + R_A + R_X}; \quad (92)$$

C_I – ampermetriň (hemişelik) bölünme bahasy.

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

Amperwoltmetrlerde - C_I sazlanman R_g sazlanýar, sebäbi C_I sazlanmasy I we U ölçeniş düzgüninde abzal graduirlemekde 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 – garşylygynyň 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 tygсыtly işlär, ýagny kuwwatyň ýitgisi az bolar.

φ burç, we deňşililikde $\cos\varphi$ 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 φ burçyň ulalmagy esasan hem torlarda kuwwatyň ýitgisini bilen şertlendirýan artykmaç toguň reaktiw düzüjisiniň (induktiw) ulalmagynyň hasabyna şertlendirilen. Sebäbi: $\cos\varphi = P/U \cdot I$; bu ýerde

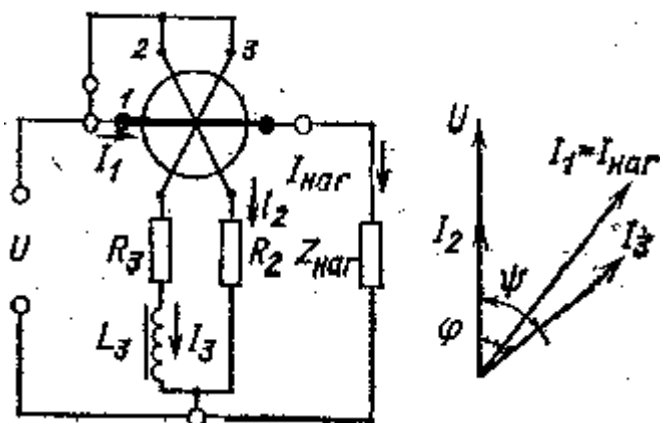
$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} ; \quad (93)$$

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, $\tan\varphi$ ölçenilýär, sebäbi kada boýunça $\cos\varphi = 0,92 \div 0,95$ bolanda $\tan\varphi = 0,42 \div 0,32$. Bu ýerden görnüşi ýaly $\tan\varphi$ ölçenilende abzalyň şkalasy amatly we giňeldilendir.

φ 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° 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 tegeginin α_3 we R_3 rezistoryň birikdirelmeginiň hasabyna $\varphi = 60^\circ$ deň edip ýerine ýetirilýär, onda $\cos(I_1 \wedge I_3) = \cos(60 - \varphi)$.

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

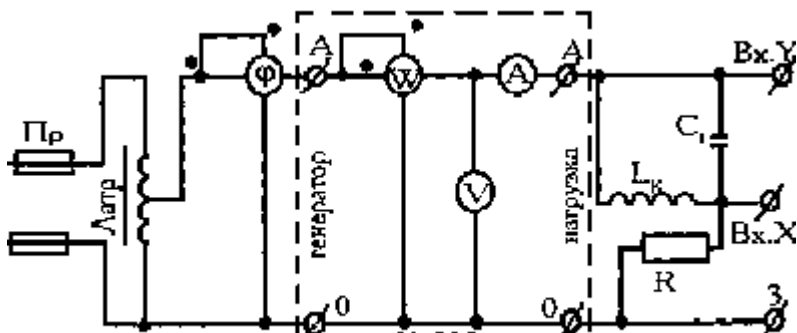
$$= C_2 I_1 I_3 \cos(60 - \varphi) \cos \alpha;$$

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 бурçyna proporsional, $\cos \varphi$ – de hem graduirlemek mümkin.

2. A, V, W usullary.



Çyz. 44.

Üç sany abzalyň görkezmesi boýunça kesgitläp bolar:

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

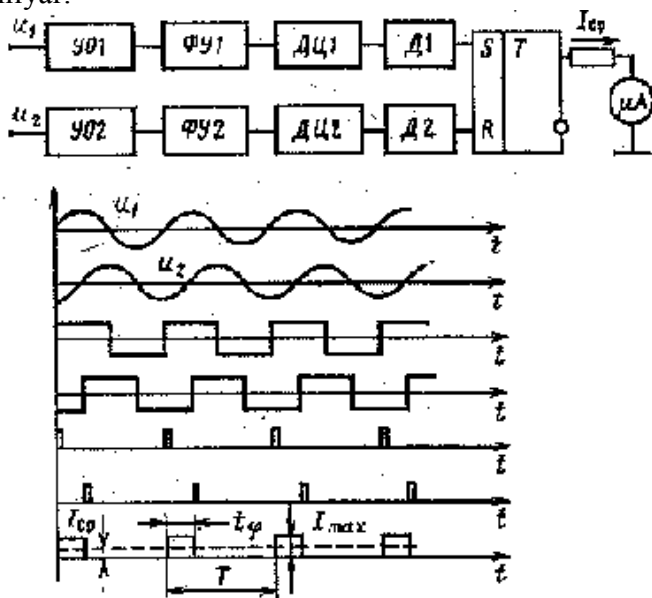
3. φ бурçы şeýle hem praktikada kärhanalarda gurnalýan aktiw we reaktiw şýotçikleriň görkezmesi boýunça kesgitlemek mümkin.

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

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

4. Elektron fazometr.

ÖM – ölçeg mehanizmi. Bu ýerde φ_x τ wagt aralygyna özgerýär. Bu ýerde birmeňzeş ýygylkly U_1 , U_2 iki sinusoidal güýjenmeleriň arasyndaky faza süýşmesiniň φ_x burçy ölçenilýär.



Çyz. 45.

Faza boýunça deňeşdirilýän güýjenme U_1 , U_2 IF₁ we IF₂ (Impulsyň formirleýjisi) kömegi bilen impulsalaryň gysga zyzgiderligine (periodiki) U_3 we U_4 özgerýär.

Impulsalaryň arasyndaky τ wagt aralygy φ_x bilen aşakdaky gatnaşykda bagly: T – U_1 we U_2 güýjenmäniň üýtgemeginiň periody.

Impulsalaryň formirleýjisi U_1 we U_2 güýjenmeleriň geçiş pursatynda nulyň üsti bilen otrisatelden položitel baha impulsary formirleýär.

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

A açar utgaşan wagty τ wagtyň dowamynda ölçeg mehanizmi boýunça I tok geçýar.

Döwür aralygynda abzaldaky toguň orta bahasy:

$$I_{or} = I_m \cdot \tau / T = I_m \cdot \varphi_x / 360^\circ; \text{ ýagny} \\ \alpha = S_I I_m \varphi_x / 360^\circ. \quad (96)$$

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

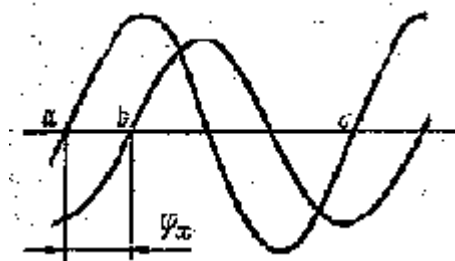
Elektron fazometrlr $\varphi_x = 0 \div 180^\circ$, takyklykklasy 1 – 1,5% ölçemek üçin ulanylýar.

5. Fazany ölçemegiň ossillografiki usuly.

Düzgün bolşy ýaly ol sinusoidal güýjenmelerin arasyndaky φ 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.

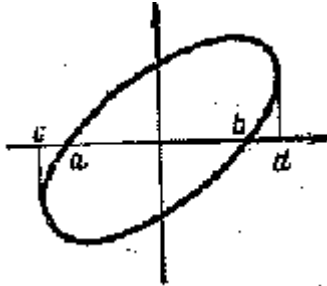
Bu ýerde: $U_1 = U_m \sin wt$, $U_2 = U_m \sin(wt + \varphi)$.

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 φ burçy ölçemek üçin EHM ulanmak.

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

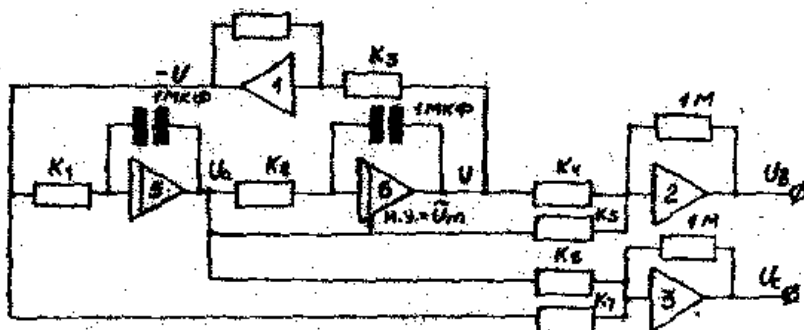
U_a , U_b , U_c faza güýjenmelerini şekillendireliň:

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

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

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

EHM-de görünüşün çatgysy:



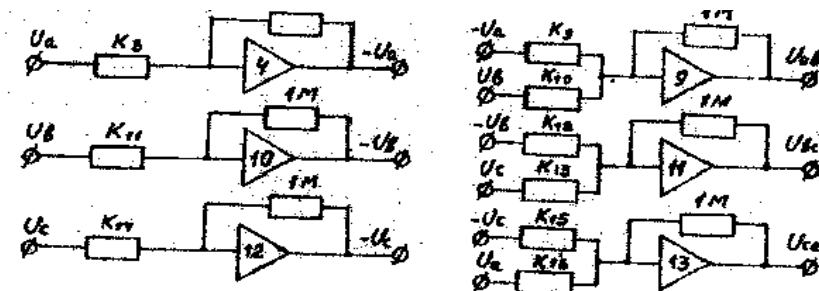
Çyz. 48.

Göni çyzykly güýjenmeleri şekillendirmek.

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

Görnüşin blok – çatgysy.

Ossillografyň perdesine dürli güýjenmeleri berip, öwürilen usullar bilen ϕ kesgitläp bolýar.



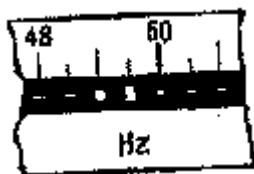
Çyz. 49.

Ýygylgyň ölçenilşi.

Elektromehaniki ýygylgyk ölçeyjiler. Olar elektromagnet we elektrokinamiki (ferrodinamiki) mehanizmleň esasynda ýetirilip, $20 \div 2500$ Gs aralygy ölçemekde ulanylýar.

Elektromagnet rezonans ýygylgy ölçeyji.

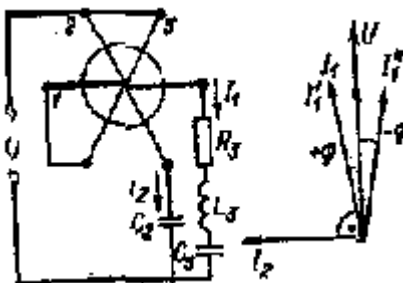
Ölçenýän ýygylgyň güýjenmesi elektromagnet sarymyna giterilýän. Elektromagnitiň meýdanynda polat tagtaça ýerleşen, onuň bir uýy gozganmaz ýaly berkidilen. Her bir tagtaçanyň (plastinka) öz belli yrgyldama ýygylgy bar. Elektromagnet meýdanyň we maýyşgaklyky täsiri netijesinde tagtajak yrgylygyna laýyk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



Çyz. 50.

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

Elektrodinamik ýygýlyk ölçeýji (logometr esasynda)
 Çyzat.



Çyz. 51.

Hereketlenýän bölegiň tegegi 90° burçda berkidilen.
 Olaryň ululyklary L_3 , C_3 , R_3 , güýjenme rezonansynyň
 ýygýlygy orta ýygýlyga $f_{\text{ort}} = (f_H + f_K)/2$ 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 , α -dan we I_1 we I_2 -iň arasyndaky süýşme burça
 bagly, ol hem f_x ölçeg ýygýlyga bagly.

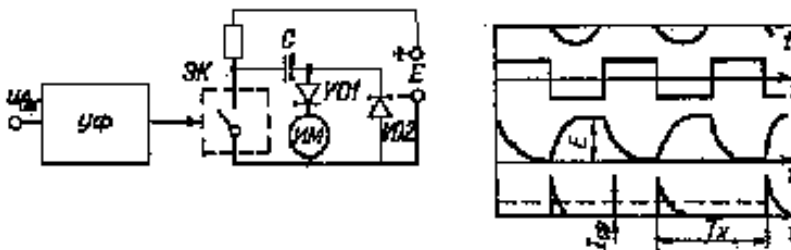
$M_1 = M_2$, I_1 we I_2 f ölçegiň üýtgemegi bilen az
 üýtgeýär.

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

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

Elektron kondensator ýygylýk ölçäjileri.

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



Çyz. 52.

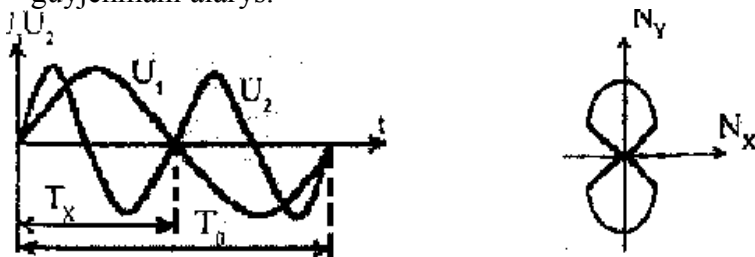
U_{gir} – üýtgeýän ýygylýgyň güjenmesi şekillendirmäni güýçlendirijiniň (усилитель формирования) f_g girişine getirilýän. Güýçlenýär U_{gir} we formirleýji göni burçly güýjenmede hem getirilýär.

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 periotda ($T_x = 1/f_x$) 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.



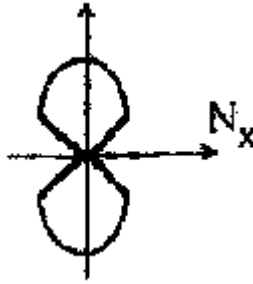
Çyz. 53.

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

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.

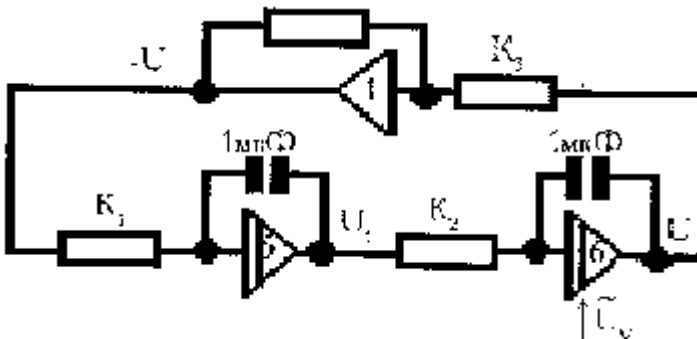
AHM ýyglygyň ossillogram usul bilen ölçenilşinde ulanmak $f_0 = 50\text{Gs}$ belli ýyglykly we näbelli f_x ýyglykly sinusoidal güýjenmäni formulaşdysak:

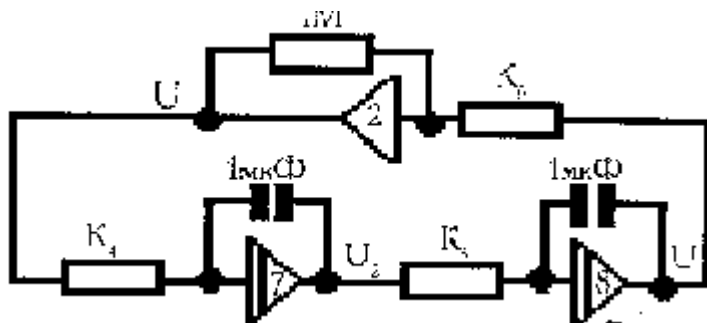
$$U_1 = U_m \sin \omega t; \omega = 2\pi f_0; U = U_m \cos \omega t;$$

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

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

Bölek çatgy.





Çyz. 55.

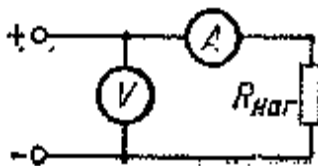
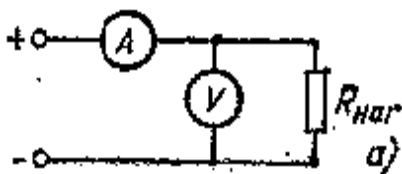
$$K_3 = 1,0; K_1 = K_2 = \frac{w}{mt} = \frac{2\pi f_0}{mt} mt = 157.$$

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.

Kuwwaty 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.

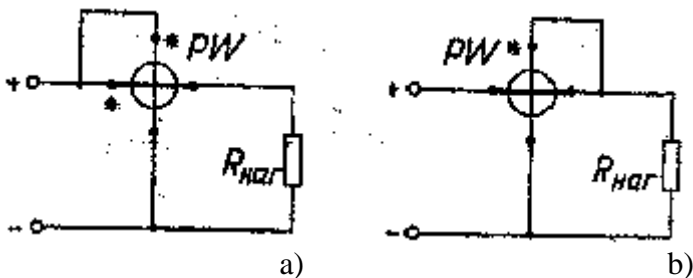


Çyz. 56.

$$R_{\text{yük}} \ll R_v$$

$$R_{\text{yük}} \gg R_v$$

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).

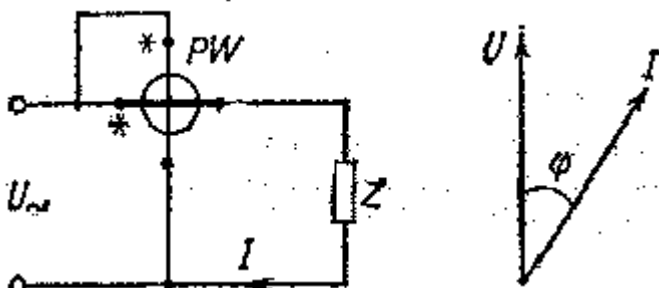
Köplenç (2) çatgy ulanylýar.

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

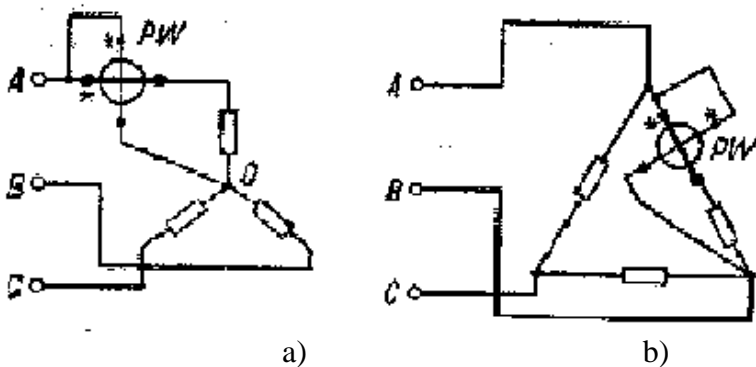


Çyz. 58.

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

Wattmetriň görkezmesi $\varphi = \angle(V, I)$

3 fazaly simmetrik zynjyr üçin

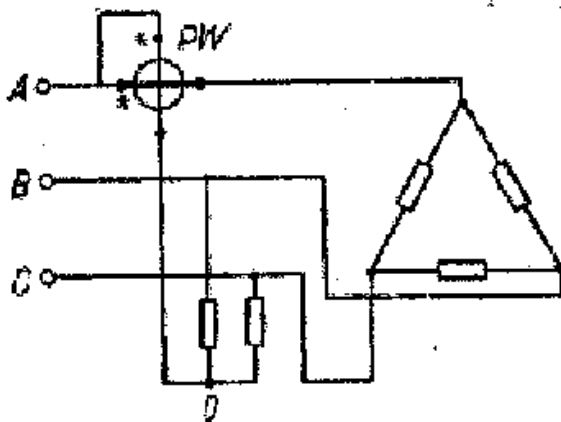


Çyz. 59.

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

b) Ýüklenme Δ - 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.

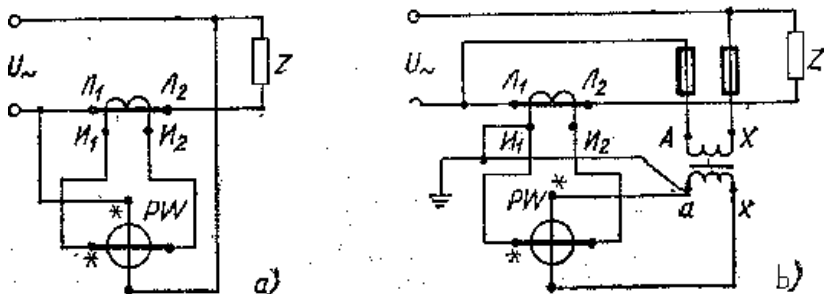
Ähli üç çatgyda: $P_w = V_a I_a \cos \varphi$ (105)

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 ölçeğ çäklerini giňeltmek üçin toguň we naprýaženiýanyň transformatorlary ulanylýar.

Olaryň birikdiriliş çatgysy:

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



Çyz. 61.

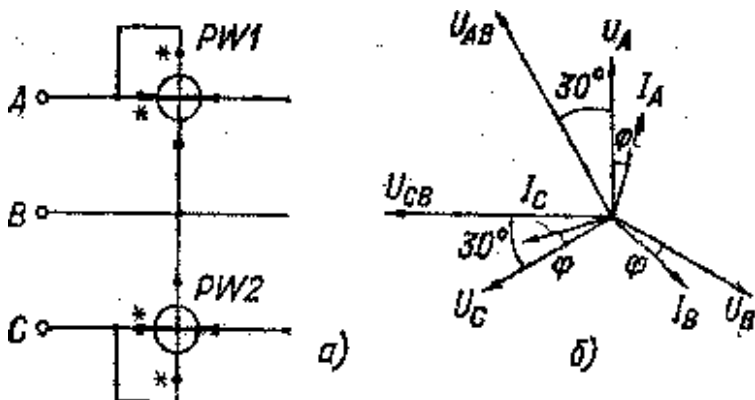
P_w - wattmetriň görkezmesi;

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.

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

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

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

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

$$P_{W1}=V_{AB}I_A\cos(30^0+\varphi)=V_gI_g\cos(30^0+\varphi); \quad (107)$$

Onda umumy kuwwat

$$P= P_{W1}+ P_{W2}= V_gI_g\cos(30^0+\varphi)+ V_gI_g\cos(30^0-\varphi)$$

özürtmeden soň

$$P=V_gI_g2\cos30^0\cos\varphi=\sqrt{3} V_gI_g\cos\varphi; \quad (108)$$

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

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

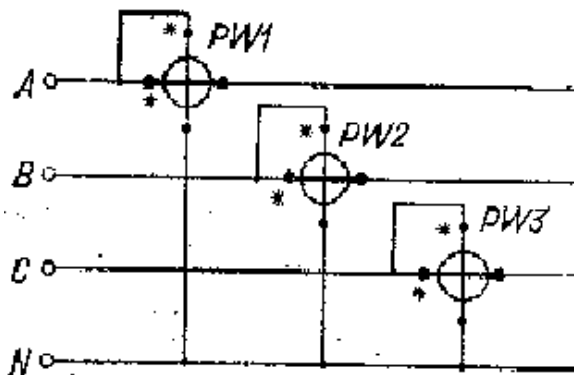
3 abzal usuly - üç fazaly 4 simli zynjyrlarda ulanylýar {dürli ýüklenmede (simetrik ýa-da simmetrik däl) we ýüklenme birikdirilişiniň dürli çatgylaryna görä}.

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

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

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

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

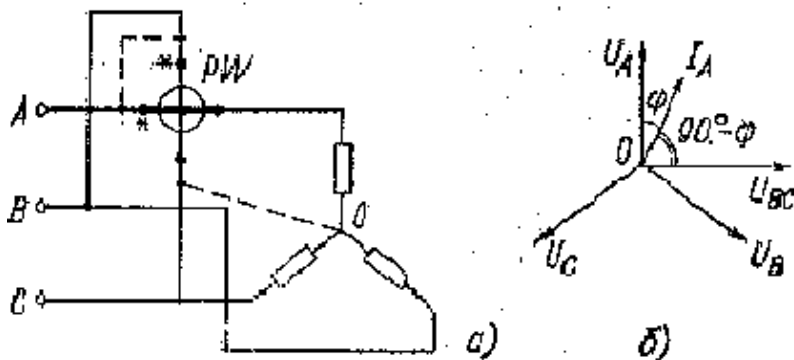


Çyz. 63.

Reaktiw kuwwaty ölçemek

Üç fazaly simmetrik topluma üçin bir abzal bilen ölçeniş usuly.

Bu ýerde wattmetriň V sargysy göni çyzykly güýjenmä birikdirilen.



Çyz. 64.

$$P_W = V_{AC} I_A \cos(V_{AC} \wedge I_A) = V_g I_a \cos(90^\circ - \varphi) = V_g I_a \cos \varphi$$

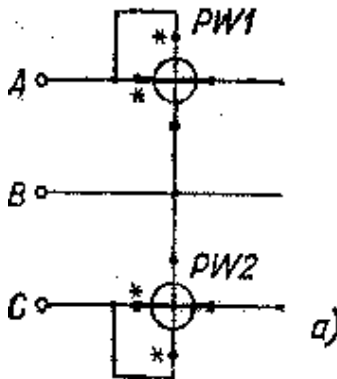
3 fazaly zynjyryň θ almak üçin P_W görkezýänleriniň $\sqrt{3}$ köpeltmeli.

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

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

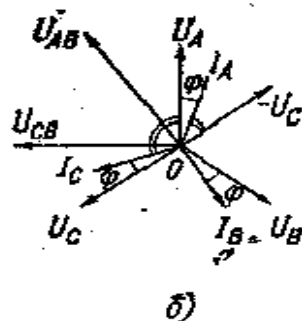
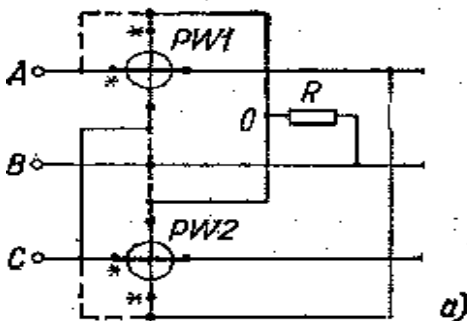
2 elementli wattmetriň çatgysy

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



Çyz. 65.

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



Çyz. 66.

3 fazaly zynjyrda θ 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.

$$P_{W1} = (-V_C)I_A \cos(-V_C \wedge I_A)$$

$$P_{W2} = V_A I_C \cos(V_A \wedge I_C)$$

$$\begin{array}{ll} (-V_C \wedge I_A) = 60^\circ - \varphi & \text{Wektor} \\ (V_A \wedge I_C) = & 120^\circ - \varphi \end{array}$$

diagrammadan

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

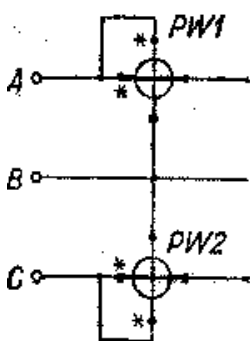
$$P_{W2} = V_A I_C \cos(120^\circ - \varphi) = V_f I_f \cos(120^\circ - \varphi)$$

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

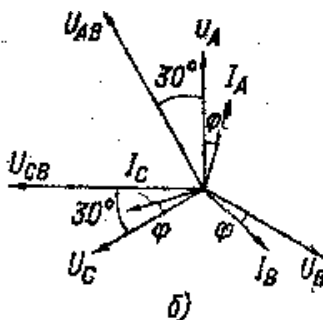
Ýagny (derejeleşdirmede) $\sqrt{3}$ köpeltmeli

2 abzal usuly.

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



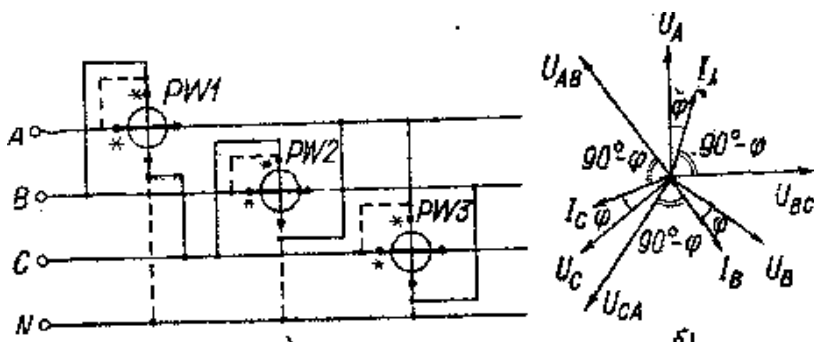
a)



b)

Çyz. 67.

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



Çyz. 68.

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

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

$\sqrt{3}$ bölmeli.

Energiýanyň ölçenilşi.

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

Induktiv ölçýiş mehanizimi – onuň işini induktiw şçýotçigiň iş wagtynda görkezýeris.

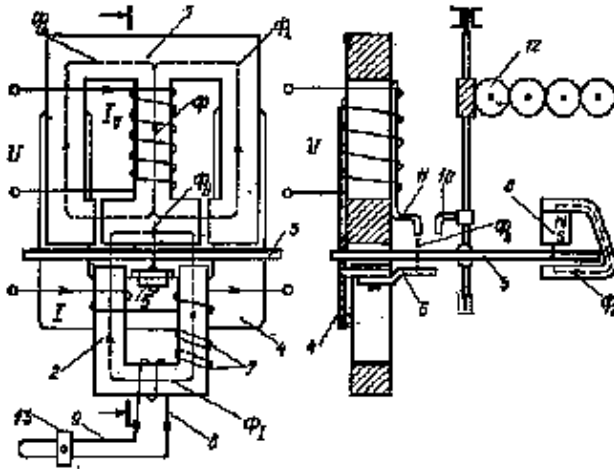
Bir elementli induktiw şçýotçik – ol üýtgeýän tokly bir fazaly zynjyrlaň aktiw energiýasyny ölçemek üçin ulanylýar. Induktiv ölçýji mehanizimiň işleýiş prinsipi şeýle, ýagny 2 ýa-da birnäçe üýtgeýän magnit akymlyaryň toklar bilen täsiri netijesinde, indusirlenen ýa-da hereket edýän alýumin disk.

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

$\Phi_1 \Phi_2$ – diski kesip geçýän akymlar;

f - $\Phi_1 \Phi_2$ akymlaryň üýtgeýän akymlary;

ψ - Φ_1 we Φ_2 arasyndaky burçuň faza süýşmesi.



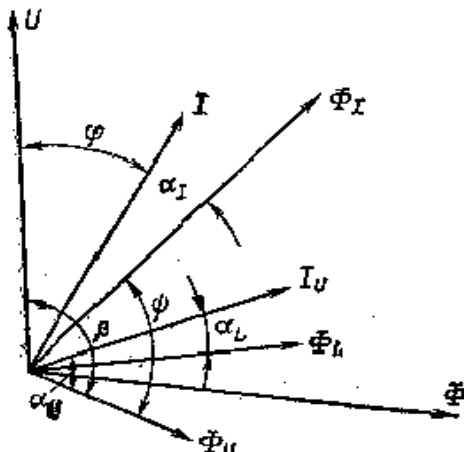
Çyz.69.

Çatgyda CO tipli şýotçiginiň täsir prinsipi düşündirilýär.

1. Zynjyryň sarymyndaky güjenmäniň üçörenli magnit geçirijisi.
2. Üç sany yzygider birikdirilen tok sarymlarynyň Π – şekilli magnit geçirijisi.
3. Öka berk birikdirilen alýumin disk.
4. Magnitometrik materialdan polýusa garşylyk. Onuň üsti bilen Φ_u magnit akymlary utgaşýar.
5. Kompensasiýa momendini döretmek we sazlamak üçin polat simjagary.

6. Duruzyjy pursady döretmek üçin magnitoinduksion rahatlandyryjynyň hemişelik magnidi.
7. α_I takmanan sazlaýjy üçin gysga utgasdyrylan sarymlar.
8. Simli rezistora utgaşdyrylan sarym.
9. Anyk α_I sazlamak.
10. Özbaşdak hereketlenmäni aýyrmak üçin – polat gaňyrçak.
11. Magnitometrik materialdan baýdajykly tagtajyk (baýdajyk Φ_3 akym bilen magnitlenýar we 10-a çekilýär).
12. Ölçeyji mehanizim.
13. 9 garşylygy üýtgetmek üçin germew.
14. Gurçuk şekilli mehanizm.

Ölçeyjiň wektor diagrammasy.



Çyz. 70.

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

faza gyşarma burçy güýjenmeden 90° -sa ýakyn. Tok I_U orta tagtajykdaky magnit geçirijide Φ akymy döredýär. Φ_t iki akyma bölünýär. Φ_L (M_{ayl} – döretmekde ulanmaýar) we Φ_U , Φ_L we Φ_U I_U tokdan, α_L we α_U burç ýitgilerine bölünmeýärler. $\alpha_U > \alpha_L$, sebäbi Φ_U garşy polýusyň üsti bilen utgaşýar we şonuň üçin ýitgi köp (garşy polýusdaky goşmaça ýitginiň ölçegi). Tok I magnit geçirijide Φ_I magnit akymyny döredýär. Ol bolsa disk iki gezek kesip geçýär we orta tagtajygyň aşaky böleginden geçýär. Φ_I , I -dan α_I burç uza galýar. Şeýlelik bilen disk Φ_U we Φ_I magnit akymalary kesip geçýär. Φ_I ony iki gezek geçýär.

Biziň ýagdaýymyzda deňleme şeýle görnüşli alýar.

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

Egriniň çyzykly böleginiň içinde 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.

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

$$K = C K_1 K_3.$$

(119) görnüşi ýaly, $M_{a\dot{y}l} = P$, 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 Φ_m akyma proporsional bolan I_m tok we diskiň burç tizligi w döreýär.

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

I_m we Φ_m täsir edişmegi netijesinde duruzma pursady döreýär.

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

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.

$$M = M_T; \quad k \cdot P = C_3 \omega = C_3 \cdot d\alpha/dt; \\ K \cdot P \cdot dt = C_3 \cdot d\alpha.$$

t_1 -den, t_2 -ä çenli

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

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

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

onda

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

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

Ölçeýjiň nominal hemişeligi.

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

Mysal

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

Onda

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

Ölçeýjiniň 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 ýalňyslygy keçeltmek üçin ölçeýjilerde goşmaça kompleks pursadyny döredýärler M_{komp} .

Ol aşakdaky usullardan ybarat:

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

Güýjenme sarymynyň döredýän iki akymynyň täsirleşmesi netijesinde kompleks momendi döreýär.

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

Φ_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 $I=10\% I_{nom}$).

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

Yzygider zynjyrdaky tok bolman, güýjenmäň täsiri astynda ölçeýjiniň 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 Φ_s akym bilen magnitlenýär we gaňyrçagy 10 özüne çekmek bilen öz-özünden aýlanmany aýyrýar.

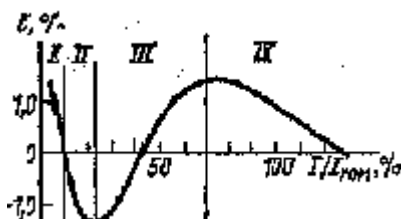
Gaňyrçak we baýdajygyň arasyndaky täsir güýji, haçanda ölçýji duýujy pursata güýç eýe bolanda şeýle sazlanmaly. Muňa togyň in kiçi bahasynda diskiň üznüksiz aýlanmafyna düşinilýär. $U=U_H$ $f=f_H$, aktiw energiýa ölçýjiniň takyklyk klasy: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; reaktiw energiýa üçin ölçýjiler: 1,5; 2,0;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

Takyklyk klasy otnositel ýalňyşlyga görä tapylýar. Bu ýerden otnositel ýalňyşlyk

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

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 induktiw 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 ölçeyjilerde iki sany bîrfazaly ölçeyjiler otyrdylan.

Üç elementli ölçeyjiler – üçfazaly dörtgeçirijili zynjyrlarda aktiw we reaktiw energiýany ölçeyär. Ýene-de üýtgeýän toguň üç fazaly 3 we 4 geçirijili zynjyrlarda reaktiw energiýany ölçeyär.

Olar 2 elementli bir diskli we 3 elementli 2 diskli ölçeyjiler bolýarlar. Elementleň aýlanmagy biri-birine täsiri we ölçeyjileň ýalňyşlygynyň köpeltmegi sebäpli praktikada ulanmaýarlar.

Hasaplaýjy abzallaryň şertli belgisi.

BFZ – Bir fazaly zynjyrdä (aktiw energiýany hasap etmek üçin) bir fazaly sçýotçik.

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 sçýotçik.

RS4 – 3, 4 – geçirijili, 3-fazaly zynjyryň reaktiw energiýasyny hasap etmek üçin sçýotçik.

Eger Y goşulsa – mysal üçin AS3Y, ÇS4Y – onda Y – uniwersallygy aňladýar, tok transformatorynyň we U üstinden çatylýar.

Wh – aktiw energiýa hasap ediş sçýotçigi.

Varh – reaktiw energiýany hasap ediş sçýotçigi (hasaplaýjy)..

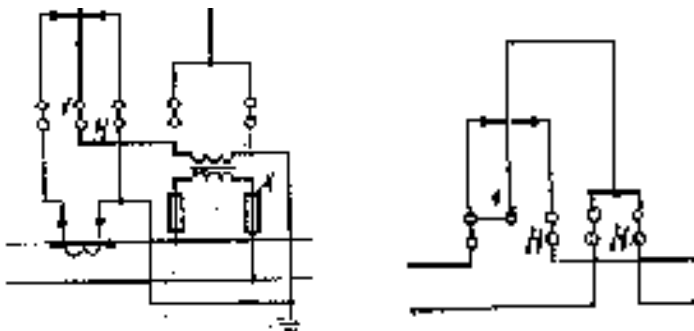
r – tok sarymlarynyň generator gysgyçlary.

H – ýük birikdirilýän gysgyç.

0, 1, 2, 3 – 3 ýa-da 4 geçirijili zynjyra çatmak üçin güjenme gysgyçlary.

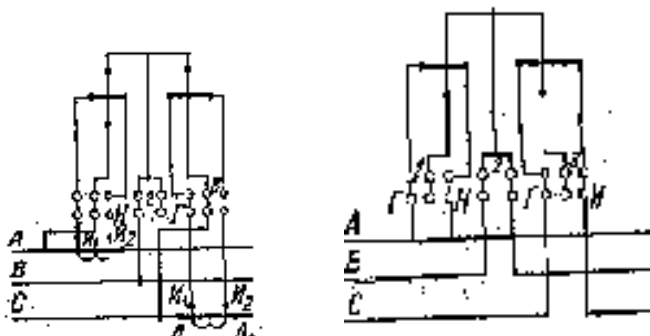
Aktiw we reaktiw energiýany hasaba almak üçin ölçeyjileriň birikdirliş çatgysy.

1. Bfz – bir fazaly ölçýjiniň birikdirme çatgysy. Ol bir fazaly wattmetr ýaly çatylýar.



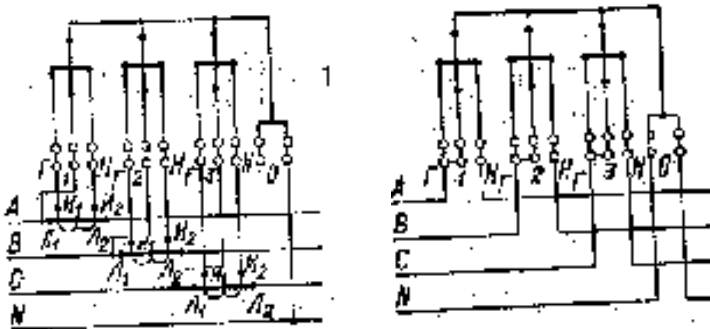
Çyz. 72.

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.



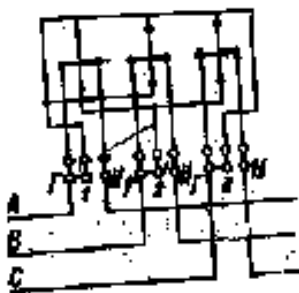
Çyz. 73.

3. 3 elementli ölçýjileriň aktiw energiýany hasaba almak üçin birikdirme çatgysy (4 geçirijili zynjrlarda).



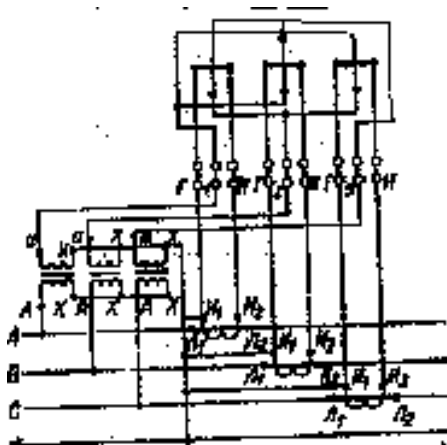
Çyz. 74.

4. 3 elementli ölçeyjilerin reaktiw energiýany hasaba almak üçin birikdirme çatgysy.
- a) 3 geçirijili zynjyrdarda reaktiw energiýany hasaba almak üçin.



Çyz.75.

- b) 4 geçirijili zynjyrlarda reaktiw energiýany hasaba almak üçin.



Çyz. 76.

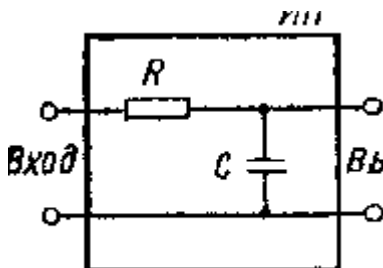
Elektrik ölçeg zynjyrlary.

(ÖÖ) Ölçeg özgerdijiniň dinamiki ýalňyşlygynyň düzetmesi.

Her bir ÖÖ kesgitli inersionlygy bar we onuň ululygy täsir prinsipine we düzüşine 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.

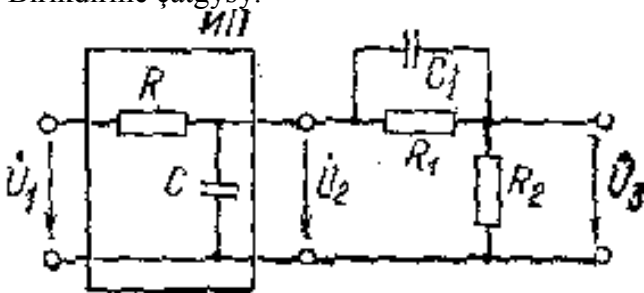
Onuň çalt täsirlilikini ýokarlandyrmak, ýagny tazalmagy bilen ýüze çykyan dinamiki ýalňyşlygy azaltmak Mesele çözülýär

- a) Zynjyrlaryň düzetmesi arkaly;
- b) analogik we sanly hasaplaýjy gurluşlar arkaly;
- w) otrisatel tersbaglanşygyň kömegi bilen.

Praktikada T-10 esse kiçeldip bolýar (prinsipial taýdan dolylygyna). Doly düzetme ýolunda çaklendirme – bu düzediji elementleriň özüniň gowşaklygy aňladýar.

Inersiýaly düwün bilen yzygider birikdirilen RC düzediji zynjyrlaryň kömegi bilen dinamiki ýalňyşlygyň düzetmesine seredeliň.

Birikdirme çatgysy.



Çyz. 78.

Bu ýerde R_1 , R_2 , 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.

$$W_1(j\omega) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{Z_{cyk}}{Z_{gir}} \quad (127)$$

$$\begin{aligned} W_2(j\omega) &= \frac{U_2}{U_2} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{R_1}{j\omega C_1(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1})}} = \frac{R_2(1 + j\omega C_1 R_1)}{R_2 + R_2 R_1 j\omega C_1 + R_1} = \\ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega C_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (128) \end{aligned}$$

$W(j\omega)$ 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

$$T_{ek} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} T \quad (129)$$

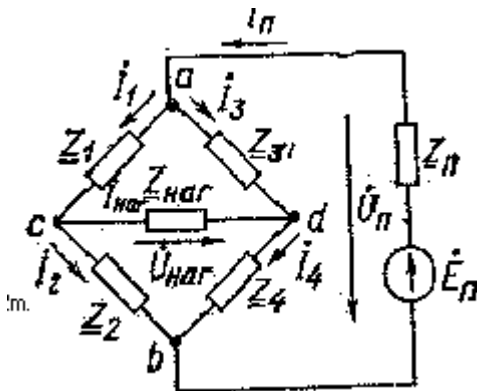
Bu ýerden $T/T_{ek} = 1 + R_1/R_2$;

Şeýlelikde düzediji zynjyr ÖA inersiýalylygyny $1 + R_1/R_2$ gezek kiçeltmäge mümkinçilik berýär.

Köpri zynjyrlary.

Elektrik zynjyrlaryň ululyklaryny (R , L , C , $\operatorname{tg} \delta$, θ 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 köprü 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 arasyna aýyrlyp 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 ulanýarlar.

Deňagramly köpriler – haçan-da deňagramlyk ýagdaýyny eginleriň garşylygyny sazlamak bilen gazanylanda mümkindir.

Hemişelik togyň köprilerinde ölçenilýän ululyk – bu K – hakyky baha.

Bular ýaly zynjyry deňagramlaşdyrmak üçin diňe bir sazlanýan ululyk talap edilýär. Hemişelik togyň köprilerinde ölçenilýän ululyk kompleks san bilen aňladylýar – bu ýagdaýda iki ululygy sazmalydyr (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 kesgitlep bolýar. Indi ölçenilýän garşylygy birinji eGINE 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:

$$\begin{array}{ll} Z_{10} = Z_{10} e^{j\varphi_{10}}; & Z_3 = Z_3 e^{j\varphi_3} \\ Z_2 = Z_2 e^{j\varphi_2}; & Z_4 = Z_4 e^{j\varphi_4} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{6 rukoýatka bar:} \\ 1 - \text{köpeldiji;} \\ 2 \times 100 \text{ om} \\ 3 \times 10 \text{ om} \\ 4 \times 1 \text{ om} \end{array}$$

Z – modul

$$\text{Onda } \frac{Z_{10}e^{j\varphi_{10}}}{Z_2e^{j\varphi_2}} = \frac{Z_3e^{j\varphi_3}}{Z_4e^{j\varphi_4}}; \quad \begin{array}{l} 5 \times 0,1 \text{ om} \\ 6 \times 0,01 \text{ om} \end{array}$$

$$\text{Bu ýerde} \quad Z_{10}e^{j\varphi_{10}} = Z_3 \frac{Z_2}{Z_4} e^{j(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4)} \quad (132)$$

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:

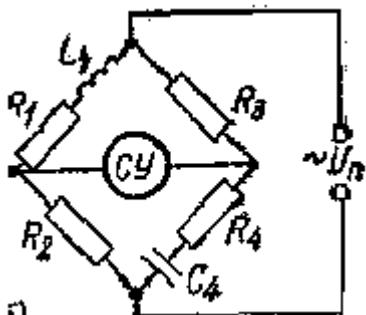
$$Z_{10} = Z_3 \frac{Z_2}{Z_4}; \quad \varphi_{10} = \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4 \quad (134)$$

(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 döredýän 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

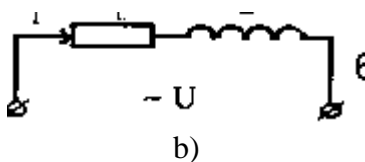
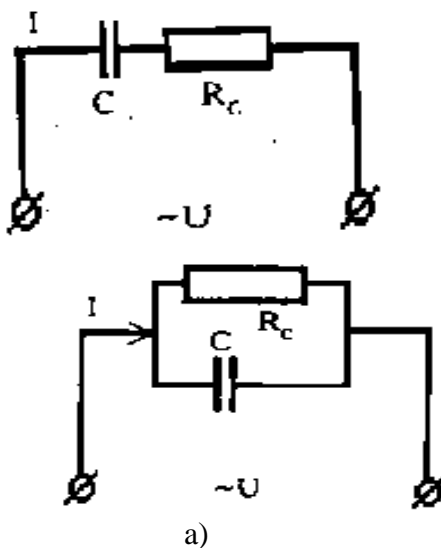
sazlanmasy başdaky şerti bozýar $R_{10} = \frac{R_2 R_3}{R_4}$. Şonuň

üçin deňagramlylyk hadysasynda köprini deňagramlylyk ýagdaýyna getirmek üçin R_2 we R_3 garşylyklaryň birnäçe gezek sazlamasyny ýerine ýetirmeli bolýar.

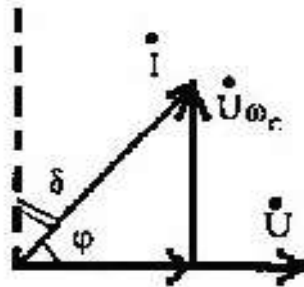
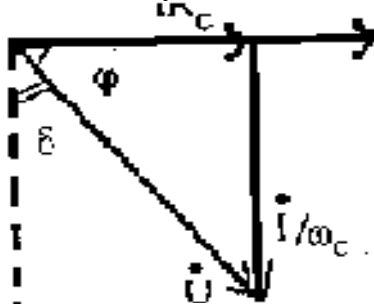
C we L ölçemek.

C we L tebigatda arassa görnüşde duş gelmeýär, hemişe ýitgi garşylygy bar. Praktikada aşadaky çalşyрма çatgylary ulanylýar.

- Sygymyň görkezilşi
- Induktivli tegegeniň görkezilşi



Үыз. 81.



Үыз. 82.

Теgeгiн pugтaлыгы:

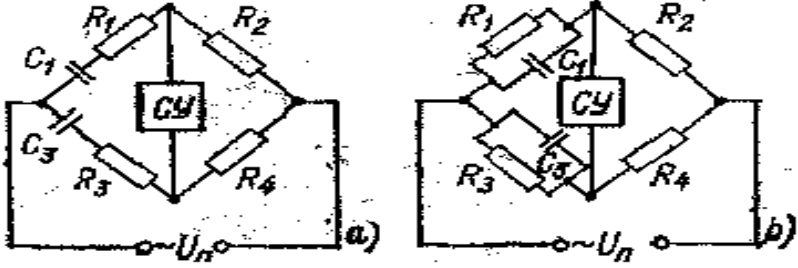
$$\theta = X_4 / R = \omega L / R; \quad (136)$$

$$\boxed{\frac{IR}{IX_c} = \operatorname{tg} \delta = R \omega C; \quad (137)}$$

$$\frac{\frac{U}{R}}{\frac{U}{X_c}} = \operatorname{tg} \delta = \frac{UX_c}{RU} = \frac{1}{R \omega C};$$

C we tgδ ölçmek için köprilər.

a) Yzygider çalışırma çatgysy üçün, bu ýerde C_1 – ölçenilýän sygym.



Çyz. 83.

b) Parallel çalışırma çatgysy üçün.

Goý 83 Çyzat üçün deňagramlaşan bolsun, onda

$$Z_1 = Z_2 Z_3 / Z_4$$

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3 + \frac{1}{j\omega C}; \quad Z_4 = R_4$$

$$R_1 + \frac{1}{j\omega C} = \frac{R_2}{R_1} \left(R_3 + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2};$$

$$\operatorname{tg} \delta = \omega R_1 C_1 = \omega R_3 C_3 \quad (138)$$

83 çatgy üçün

$$z_1 = \frac{R_1 \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$Z_2 = R_2; \quad Z_3 = \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3} \quad Z_4 = R_4;$$

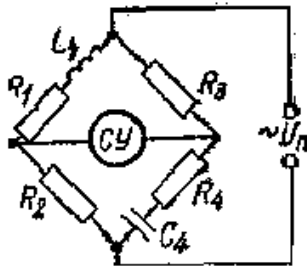
$$\frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} = \frac{R_2}{R_4} \times \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3}$$

Köpri R_3 , R_4 sazlamak bilen deňagramlaşýar.

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2};$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R_1 C_1} = \frac{1}{\omega R_3 C_3} \cdot (139)$$

Induktiwligi ölçemek üçin kopriler.



Çyz. 84.

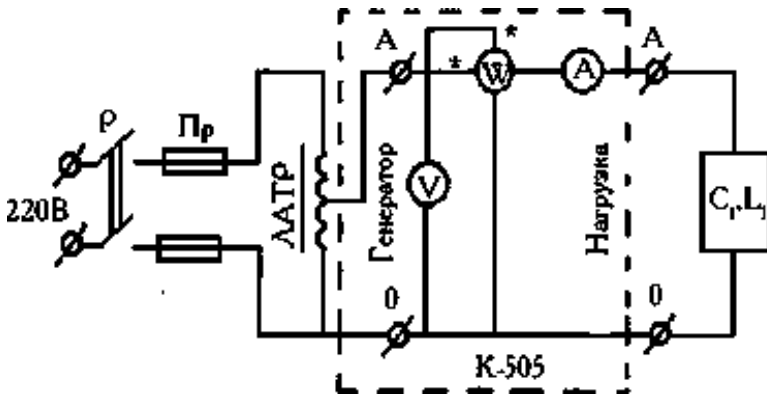
$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1; Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3; \quad Z_4 = R_4 / (1 + j\omega R_4 C_4);$$

$$R_1 + j\omega L_1 = R_2 R_3 / R_4 (1 + j\omega R_4 C_4)$$

$$R_1 = R_3 \frac{R_2}{R_4} ; \quad L_1 = R_2 R_3 C_4 ; \quad Q = \omega L_1 / R_1 = \omega R_4 C_4$$

Köpri $R_3=L_1$ we $R_4=Q$ sazlamak arkaly deňagramlaşýar.

A, V we W kömegi bilen L, C, $\text{tg}\delta$, θ 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

$$Q_L = \frac{X_L}{R_L} = \frac{2\pi f L}{R_L} ; \quad (142)$$

$$R_L = P / I^2 \quad Q_L\text{-pugtalyk}$$

$$Q_L = \frac{I^2 2\pi f L}{P} ; \quad (143)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} ; \quad C = \frac{1}{\omega X_c} ; \quad (144)$$

$$X_c = \frac{Q}{I^2} = \frac{\sqrt{U^2 I^2 - P^2}}{I^2} \quad (145)$$

$$C = \frac{I^2}{2\pi f \sqrt{U^2 I^2 - P^2}} ;$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I}{\omega R_c C} \quad (146)$$

$$R_c = \frac{U^2}{P} ; \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{P}{2\pi f U^2 C} ; \quad (147)$$

EHM-iň kömegi bilen abzallaryň köşeşdirijileriniň optimal sazlamasyna we AÖA geçiş prosesslerine gözegçilik 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 öçmesi, ulalmagy, signalyň kiçelmegi we ş.m. Bu ýagdaýda AÖA hereketli bölegi (dili) nähili üýtgeýändigini takyklamak 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);

ω - 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

$$P = B^2 S^2 \left(\frac{1}{R_0} + \frac{W^2}{R} \right) \cdot 10^{-8} [N \cdot MS / rad] \quad (150)$$

P - magnitinduksion köşeşdirijiniň köşeşme koeffisiýenti;

B - magnit sistemasynyň [Tl] işçi howa boşlugyndaky magnit induksiýasy;

S - tegegiň meýdany, sm^2 ;

R_0 - tegegiň özeniniň garşylyg, Om;

R - tegegiň zynjyrynyň garşylygy, Om;
 α - abzalyň hereketli böleginiň üýtgemesi;

$\frac{d\alpha}{dt}$ - hereketli bölegiň hereket tizligi;

Ters täsir ediji pursat

$$M_{t.t.} = M\alpha \text{ [2] (151)}$$

bu ýerde: W - ýaýjygyň udel ters täsir ediji pursaty.

Kern - podpýatnik dereginde [2] sürtülme pursaty.

$$M_{sür} = \frac{400fG^{1,5}}{\sqrt{\sigma_k}} ; \text{ (152)}$$

bu ýerde: f - podpýatnik boýunça kerniň typma sürtülme koeffisiýenti.

G - hereketli bölegiň agramy, Γ ;

σ_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 pursatlarynyň 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 ω_0 - hereketli bölegiň hususy yrgyldylarynyň ýygylgy;

d_c - hereketli bölegiň durnuklaşan üýtgemesi;

β - hereketli begiň köşeşme derejesi;

τ - 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

$$X_1 = -\beta + \sqrt{\beta^2 - 1}; \quad X_2 = -\beta - \sqrt{\beta^2 - 1} \quad (157)$$

Köşeşdiriji dürli görnüşde düzülende AÖA geçiş proseslerini hasaplamak üçün inžener aňlatmalary.

(154) gözenek üçin [3] peýdalanyň, geçiş proseslerini hasaplamak üçin aňlatma getireliň.

$$1. \beta < 1$$

Abzalyň birikdirilişi:

$$= \alpha_c \left[1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \sin \left(\tau \sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] \quad (158)$$

Abzalyň öçürilmesi:

$$\left[1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \sin \left(\tau \sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] \quad (159)$$

(158) we (159)-den hereketli bölgiň hereket tizligini tapalyň:

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{d\tau};$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \left[\beta - e^{-\beta\tau} \cos \left\{ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right\} \right] - \alpha_{\text{bir}} \beta \quad (160)$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c e^{-\beta\tau} \cos \left[\sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\text{öç}} \beta \quad (161)$$

(158 ÷ 161) deňlemelerde trigonometrik funksiýanyň barlygy yrgyldy proses hakynda aýdýar. Onda-da $\alpha = f(\tau)$ funksiýa in uly we in kiçi bahalary alýar, haçan-da:

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c \left[\frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{\beta^2 - 1}} \operatorname{sh}(\sqrt{\beta^2 - 1}\tau) + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta} \right]; \quad (162)$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \left[\beta - e^{-\beta\tau} \operatorname{ch} \left(\sqrt{\beta^2 - 1}\tau + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\text{bir}}\beta \quad (163)$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = \left[-\alpha_c e^{-\beta\tau} \operatorname{ch} \left(\sqrt{\beta^2 - 1}\tau + \operatorname{ath} \frac{\sqrt{\beta^2 - 1}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\text{öç}}\beta \quad (164)$$

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. $\beta = 1$

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c \left[1 - e^{-\tau} (1 + \tau) \right] \quad (166)$$

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c \left[e^{-\tau} (1 + \tau) \right] \quad (167)$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \operatorname{Sin} \tau \quad (168)$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c \operatorname{Sint} \tau \quad (169)$$

(158 ÷ 169) alynan inžener aňlatmalary boýunça köşeşdirijileri dürli hili sazlananda ölçeg abzallarynda geçiş proseslerini hasaplar bolýar.

1) $\alpha_c = 127, \beta_1 = 0.$

$K = 0,2$

$$\tau = K\pi = 0,2 \cdot 3,14 = 0,628$$

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c(1 - \cos(\tau)) = 127(1 - \cos(0,628)) = 127(1 - 0,81) = 24,25$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \sin(\tau) = 127 \sin(0,628) = 127 \cdot 0,588 = 74,6$$

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c \cos(\tau) = 127 \cos(0,628) = 127 \cdot 0,81 = 102,74$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c \sin(\tau) = -127 \cdot 0,588 = -74,6$$

Galan hasaplamalary 1. gözenege salalyň.

1.gözenek

Nö	K	τ	α_{bir}	$\alpha_{\text{öç}}$	α'_{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	229,7452	-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	74,65	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 ölçemesiz teoretiki yrgyldy edýär, ýagny, abzalda $\beta = 0$ bolanda köşeşdiriji bolanok.

Ýöne tejribede prosessler uzak wagtyň dowamynda öçýärler.

2) $\alpha_c = 127$, $\beta_2 = 1$.

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c \left[1 - e^{-\tau} (1 + \tau) \right] = 127 [1 - e^{-0,15} (1 + 0,15)] =$$

$$127 \cdot 0,0102 = 1,2936$$

$$\alpha'_{\text{bir}} = \alpha_c \tau \cdot e^{-\tau} = 127 \cdot 0,15 \cdot e^{-0,15} = 127 \cdot 0,129 = 16,3964$$

$$\alpha_{\text{öç}} = \alpha_c e^{-\tau} (1 + \tau) = 127 \cdot e^{-0,15} (1 + 0,15) = 127 \cdot 0,9898 =$$

$$125,7064$$

$$\alpha'_{\text{öç}} = -\alpha_c \tau \cdot e^{-\tau} = -127 \cdot 0,15 \cdot e^{-0,15} = -16,3964$$

2. gözenegiň berlenleri boýunça (96, 97, 98) Çyzatlarda abzalyň üýtgemesiniň, tizliginiň we faza meýdan çyzygynyň şkilini guralyň. Abzalyň hereketli böleginiň gurnamasy eksponenta boýunça takmynan $6 \div 8$ sek bolup geçýär.

3) $\alpha_c = 127$, $\beta_3 = 0,15$. $0 < \beta < 1$

$$\tau = \frac{K\pi}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{0,2 \cdot 3,14}{\sqrt{(1 - (0,15)^2)}} = \frac{0,628}{0,988} = 0,635$$

Galan hesaplamalar 2. gözenekte yerleştirilen.

2. gözenek

Nö	τ	α_{bir}	$\alpha_{\text{öç}}$	α'_{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

$$\alpha_{\text{bir}} = \alpha_c \left[1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \sin \left(\tau \sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right]$$

$$\alpha_{\text{bir}} = 127 \left[1 - \frac{e^{-0,150,635}}{\sqrt{1-0,15^2}} \sin \left(0,635 \sqrt{1-(0,15)^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-0,15^2}}{0,15} \right) \right]$$

$$\alpha_{\text{bir}} = 127 \left[1 - \frac{e^{-0,09525}}{0,988} \sin \left\{ 0,635 \cdot 0,988 + \arctg \left(\frac{0,988}{0,15} \right) \right\} \right] =$$

$$127 \cdot 0,18347 = 23,301$$

$$\alpha'_{bir} = \alpha_c \left[\beta - e^{-\beta\tau} \text{Cos} \left\{ \sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right\} \right] - \alpha_{bir} \beta$$

$$\alpha'_{bir} = 127 \left[0,15 - e^{-0,09525} \text{Cos} \{ 0,988 \cdot 0,635 + \arctg(65,93) \} \right] - 23,3011 \cdot 0,15$$

$$\alpha'_{bir} = 127 \cdot 0,5679 - 3,495165 = 68,63$$

$$\alpha_{\delta\zeta} = \alpha_c \left[1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{Sin} \left(\tau \sqrt{1-\beta^2} + \arctg \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right]$$

$$\alpha = 127 \left[\frac{e^{-0,09525}}{0,988} \text{Sin} \left\{ 0,988 \cdot 0,635 + \arctg \left(\frac{0,988}{0,15} \right) \right\} \right] = \frac{127 \cdot 0,9092 \cdot 0,888}{0,988} = 103,6989$$

$$\alpha'_{\delta\zeta} =$$

$$- \alpha_c e^{-\beta\tau} \text{Cos} \left[\sqrt{1-\beta^2} \tau + \arctg \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right) \right] - \alpha_{\delta\zeta} \beta$$

$$\alpha'_{\delta\zeta} =$$

$$127 \cdot e^{-0,09525} \text{Cos} [0,988 \cdot 0,635 + \arctg(65,93)] - 103,6989 \cdot 0,15$$

$$\alpha'_{\delta\zeta} = 127 \cdot 0,9092 \cdot 0,14997 - 103,6989 \cdot 0,15 = 68,63$$

Galan hesaplamalar 3. gözenekte yerleştirilen.

3.gözenek

№	K	τ	α_{bir}	$\alpha_{üç}$	α'_{bir}	$\alpha'_{üç}$
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; $\beta_4 = 2,0$. $\tau=0,15$

$$A = \sqrt{\beta^2 - 1} = \sqrt{2^2 - 1} = 1,73$$

$$B = \frac{A}{\beta} = \frac{1,73}{2} = 0,865$$

$$\text{Arth}(B) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+B}{1-B}\right) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1,865}{0,135}\right) = 1,31$$

$$C = A \cdot \tau + \text{Arth}(B) = 1,73 \cdot 0,15 + 1,31 = 1,57$$

$$\text{Sh}(C) = \frac{(e^{-C} + e^{+C})}{2} = 2,51$$

$$\text{Ch}(C) = \frac{(e^{-c} - e^c)}{2} = -2,31$$

$$e^{-\beta\tau} = e^{-2,0,15} = e^{-0,3} = 0,741$$

$$\begin{aligned}\alpha_{bir} &= \alpha_c \left[1 - \frac{e^{-\beta\tau}}{A} \text{Sh}\{\tau \cdot A + \text{arth}(B)\} \right] \\ &= 127 \left[1 - \frac{0,74 \cdot 2,51}{1,73} \right] = 1,1791\end{aligned}$$

$$\alpha'_{bir} = \alpha_c [\beta - e^{-\beta\tau} \text{ch}(C)] - \alpha_{bir} \beta = 127 \cdot$$

$$\cdot [0,15 - 0,741 \cdot (-2,31)] - 1,1791 \cdot 2,0 = 14,271$$

$$\alpha_{\delta\zeta} = \alpha_c \frac{e^{-\beta\tau} \text{sh}(C)}{A} = \frac{127 \cdot 0,741 \cdot 2,51}{1,73} = 136,54$$

$$\begin{aligned}\alpha'_{\delta\zeta} &= \\ &= -\alpha_c e^{-\beta\tau} \text{ch}(C) - \alpha_{\delta\zeta} \beta = \\ &= \frac{-127 \cdot 0,741 \cdot (-2,31)}{-136,54 \cdot 2,0} = -16,396\end{aligned}$$

4. gözenegini netijeleri boyunca (88, 89, 90) supatlarda abzalyň hereketli böleginiň hereket tizliginiň, üýtgemesiniň, faza meýdan çyzygynyň şekilleri gurulan. Prosessler yrgyldysyz, eksponenta boyunca geçýänligini bellemelidir, ýöne gurnama wagty $\tau=15$ s. düzýär.

4.5. Geçiş prosessleriniň hasaplamalary üçin EHM ulanmak we abzallaryň köşeşdirijileriniň amatly sazlamasy.

Galan hasaplamalar 4. gözenege salynan.

4.gözenek

№	τ	α_{bir}	$\alpha_{\text{öç}}$	α'_{bir}	$\alpha'_{\text{öç}}$
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 hasaplamasy has kän 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 hereketiniň (2.) deňlemesini aşakdaky görnüşde göçürelň:

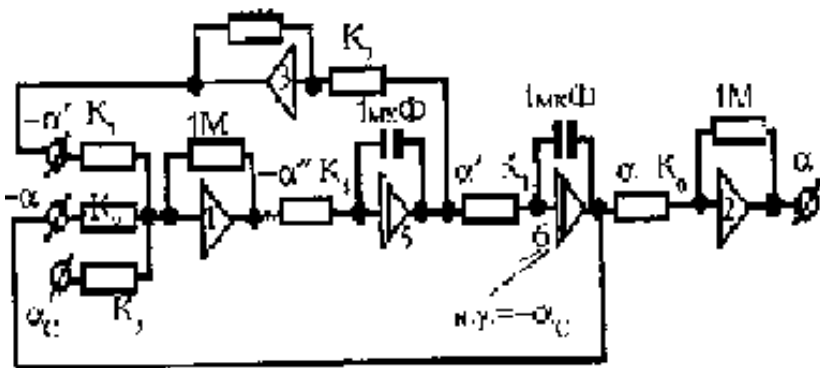
$$\frac{d^2\alpha}{d\tau^2} + 2\beta \frac{d\alpha}{d\tau} + \alpha = \alpha_c \quad (170)$$

$$\alpha'' + 2\beta\alpha' + \alpha = \alpha_c$$

Uly önüme deňişlilikde (170) deňlemäni çözelň.

$$\alpha'' = -2\beta\alpha' + \alpha + \alpha_c \quad (171)$$

(171) esasynda blok - görnüşiniň çatgysyny MH-7 AHM-de düzeliň.



Çyz. 86. Ölçeğ abzallarynyň geçiş prosessleriniň deňlemelerini çözmek üçin görnüşiniň blok çatgysy.

Çyz. 86: 1 - jemleýji (summator); 5,6 - integrizleýji; 2,3 - inwertor.

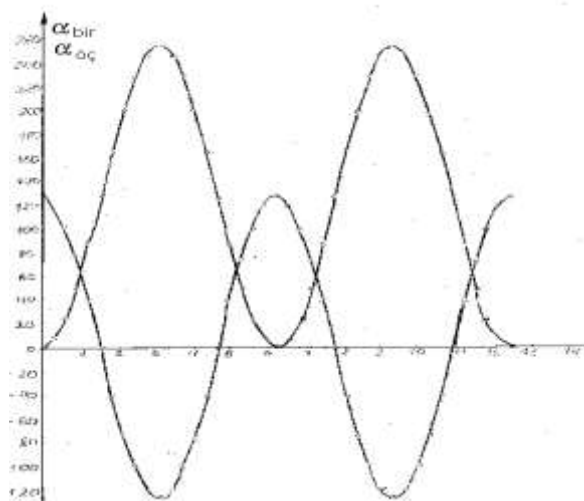
Görnüşiniň geçirme koeffisiýenti:

$$K_1=2\beta; K_2, K_4 \div K_7=1; K_3 = \frac{V_{\max}}{\alpha_c} = \frac{100}{127} = 0,785$$

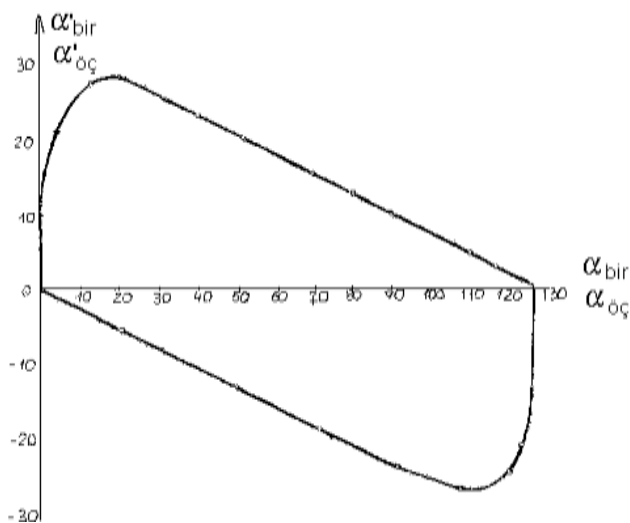
K_1 geçirme koeffisiýentini üýtgedip toruň β - baglylykda ossilografda ölçeg abzallarynyň geçiş prosesslerine gözegçilik etmek mümkin.

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 prosesslerini hasaplamak üçin matematiki modele meňzeş. Amatlaşdyrmak maksady bilen geçiş prosesslerine gözegçilik edeliň. Amatly (optimal) prosessler diýip iň az wagtyň dowamynda (real 4-5 sek.) we aýratyn gaýtadan sazlamasyz (yrgyldy) gurnalýan prosesslere düşüneliň.

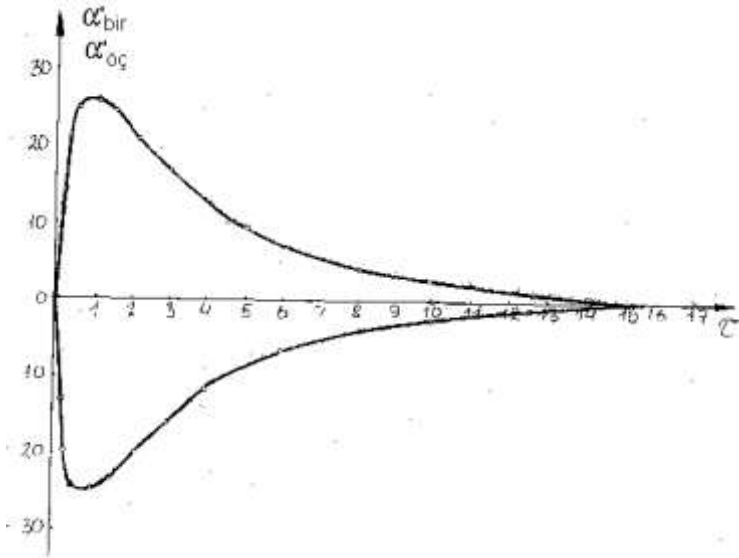
Geçirilen gözegçilikler $\beta=0,7 \div 0,9$ bolanda, iň gowy prosessler bolýandygyny görkezdi (amatly). Gözegçilikleriň netijeleri 3. Çyz. görkezilen. Şeýlelik-de abzallaryň köşeşdirijilerini amatly sazlama üçin $\beta=0,7 \div 0,9$ sazlamak gerek.



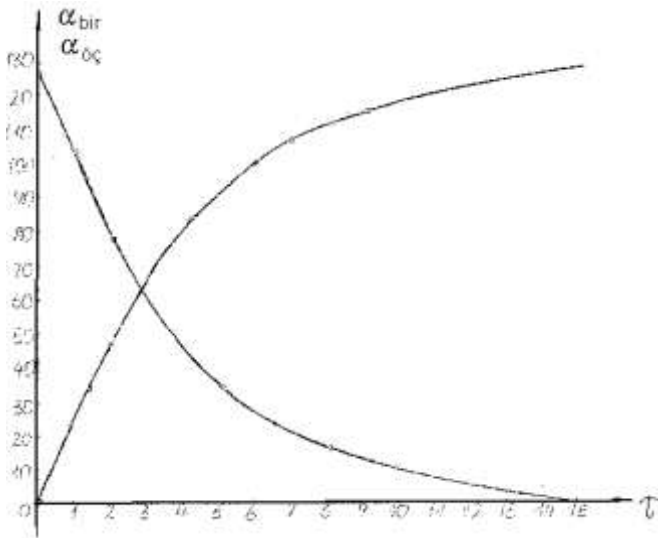
Çyz. 87.



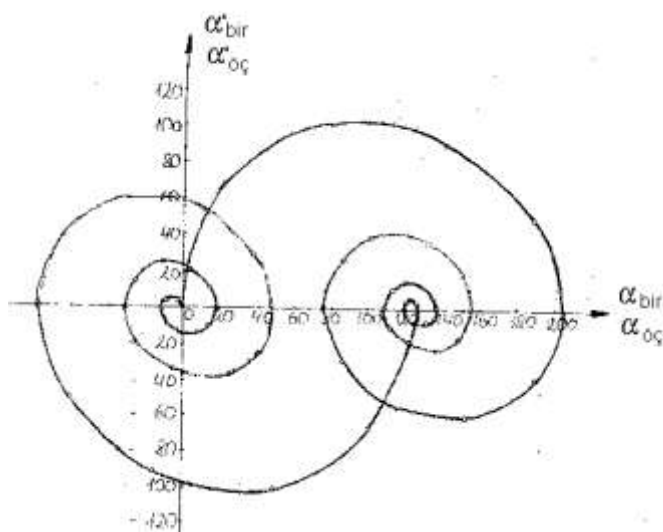
Çyz. 88.



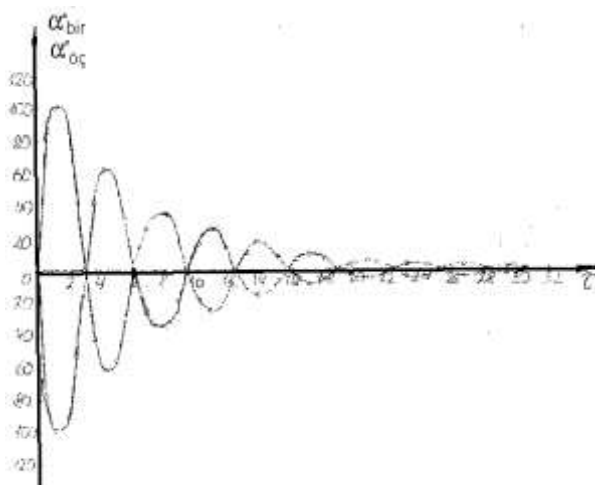
Çyz. 89.



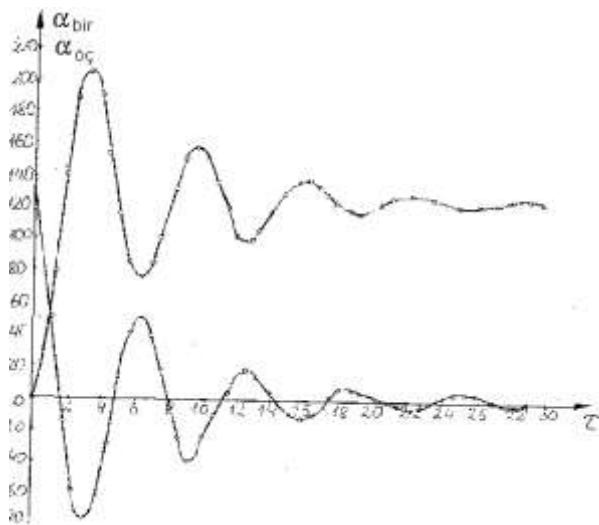
Çyz. 90.



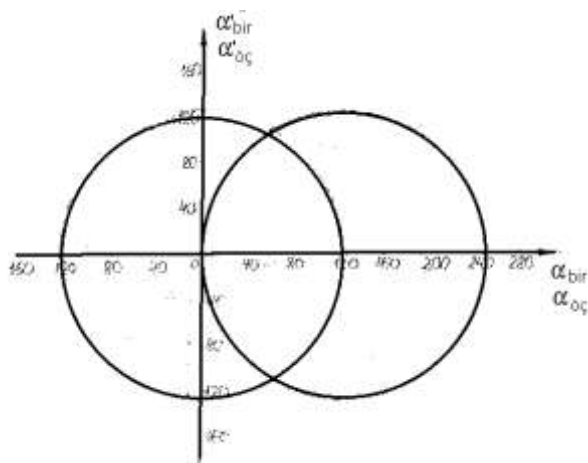
Çyz. 91.



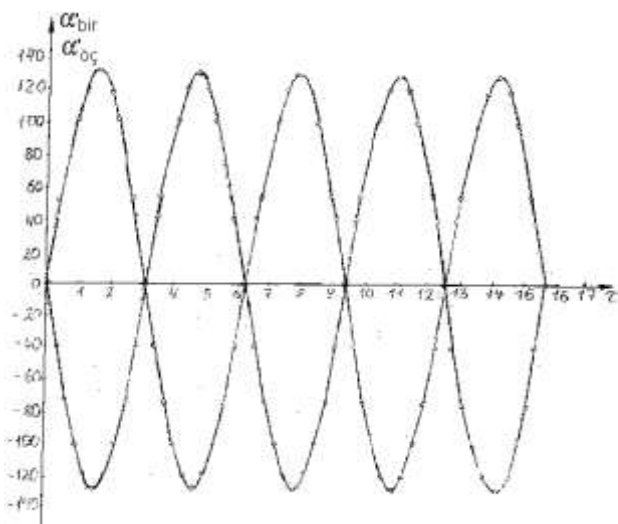
Çyz. 92.



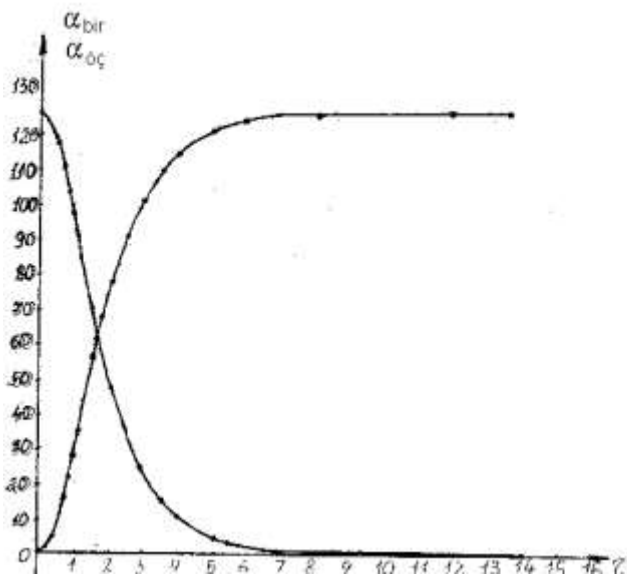
Çyz. 93.



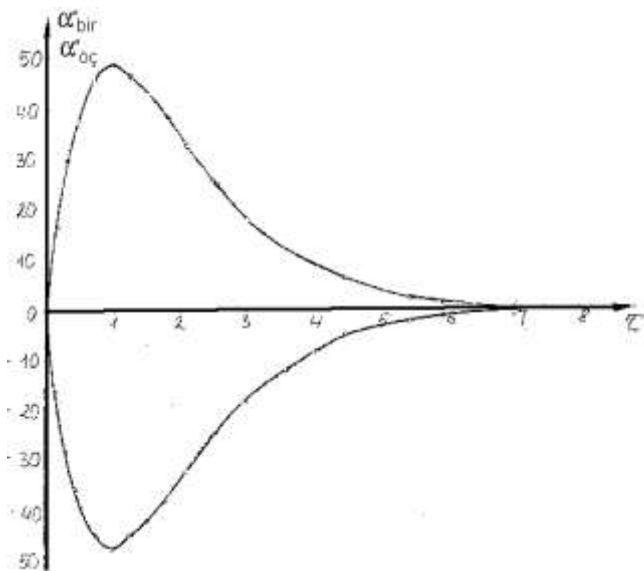
Çyz. 94.



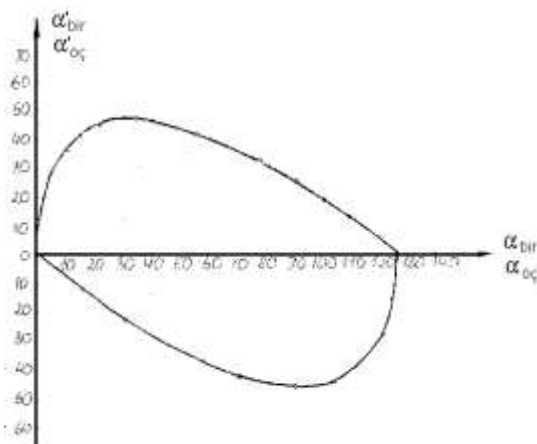
Çyz. 95.



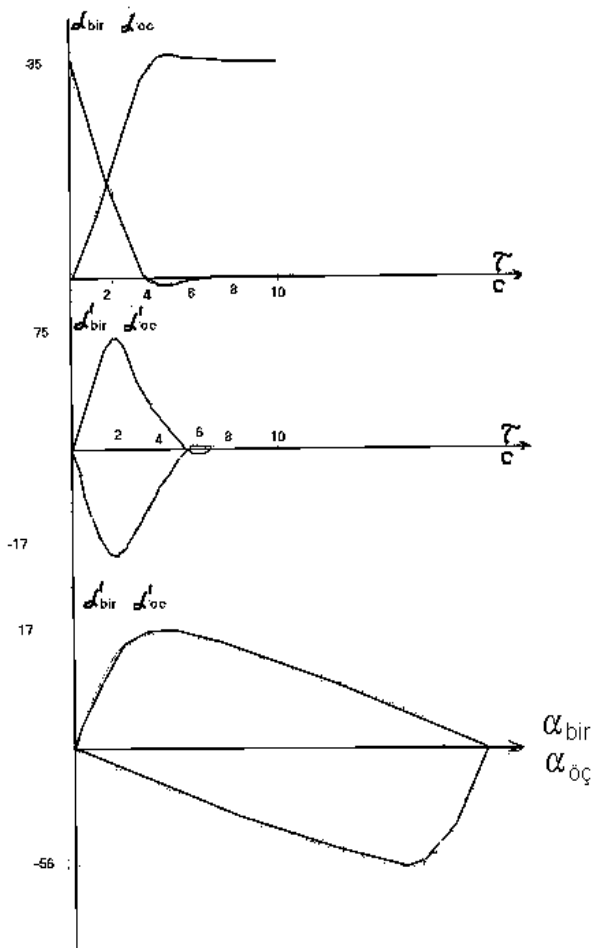
Çyz. 96.



Çyz. 97.



Çyz. 98.

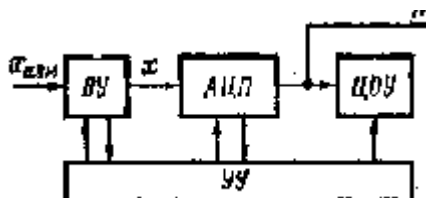


Çyz. 99.

San abzallary bilen ölçemek.

San enjamlary – bu san görnüşde maglumaty ölçeyän awtomatik signaly öndürýän abzallar.

SÖA (sanölçeýiş 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 üznüksiz 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.

$$N = \sum_{i=0}^n K_i 10^i. \quad (172)$$

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, deňeşdireniňde aňsat ýaýaraýar, ýagny islendik sanýönekeý 1 simwollaryň jemlenmegi bilen emele gelýär. Mysal üçin 3 – 111, 4 – 1111.

Ýöne SÖA-ň iş prosesinde ferasiýa geçirilende ulanylyanybilen, 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.

$$1 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0001;$$

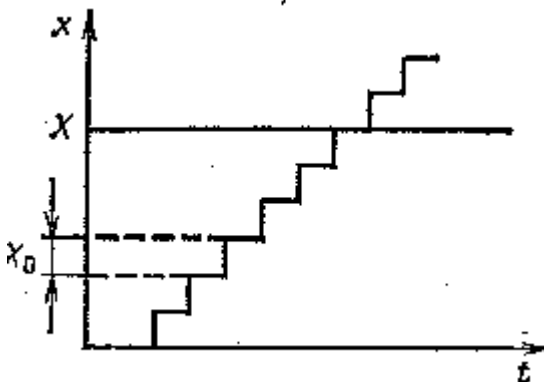
$$3 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0011;$$

$$5 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0101.$$

Şeýlelikde 135 san ikilik onluk kod 0001 – ýüzlik, 0011 – onluk, 0101 – birlik.

Üznüksiz ölçenýän ululyklaryň koda öwrüliş usuly.

Yzgider ölçeyiş usuly – ölçenýän Xululuk bilen belli ululuk wagtda yzgider deňşdirilýär.



Çyz. 101.

X – kwant, belli ululukda bökme.

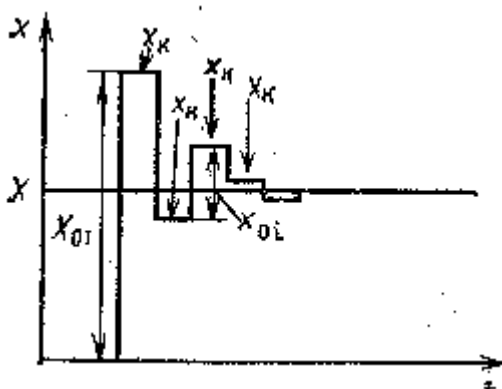
Kwantlaryň hemişelik däl sanynda.

N – belli ululukda deňlik amala aşýar (iň kiçi ýalňyşlyk bilen) ölçenilýär:

$$X = n \cdot X_0. (173)$$

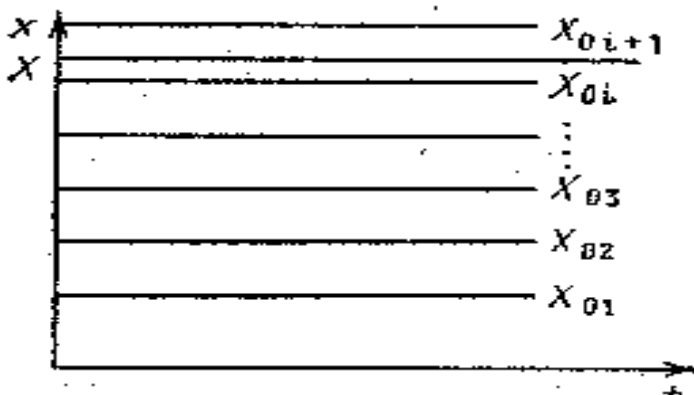
Dereje boýunça deňagramlaşma usuly (kod impulsy, deňşdirme we aýyрма).

Bu usulda ölçenýän ululuk bilen belli X_k ululuk wagta görä yzgider deňşdirilýär we belli algoritimde üznüksiz bökme boýunça özaňlatmasyny üýtgedýär. Özgerme prosesi X_i X_{01} uly baha bilen deňşdirmeden başlaýar. Yzgider deňşdirme 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 deňeşdirmesi bolup-geçýär, olaryň bahalary belli bir düzgünde gabat gelýär. Ölçenýän ululugyň kody X_{0i} bahasy boýunça emele gelýär, X -ň bahasyna ol has ýakyn.

San enjamlarynyň düwünleri.

SÖE (san olçýji enjamlar) – ol çalşyrmly 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.

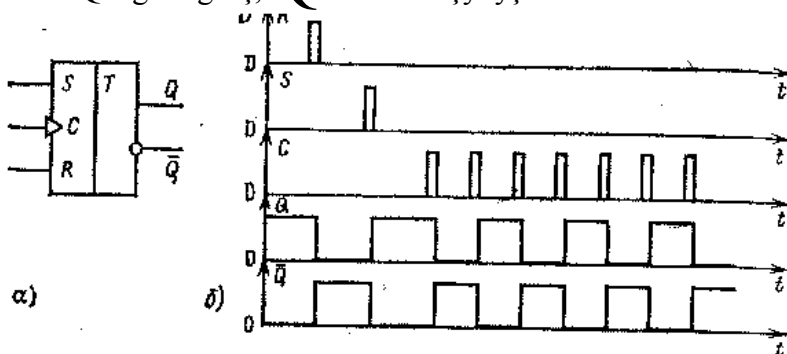
3 girişli trigger Çyzatda görkezilen.

R – gurluşyň nol ýagdaýa girelgesi.

S – gurluşyň birlik ýagdaýa girelgesi.

S – sanow girelgesi, impulslaryň sanalmagy üçin.

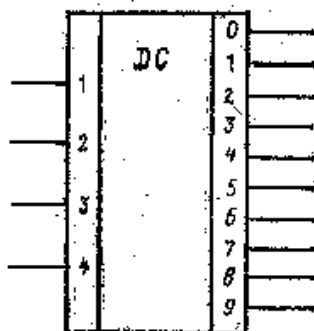
Q – göni giriş, \overline{Q} – inwers çykyş.



Çyz. 104.

Triggerler onluk sanlary ikilige öwürmek üçin ulanýar.

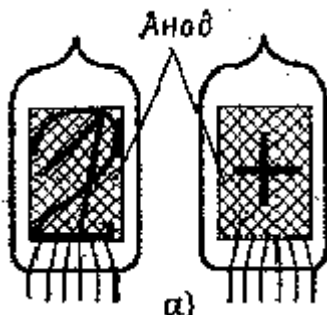
Deşifrator – bir kody beýlekä özgertmek üçin ulanylýar (2-gi 10-luga).



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.

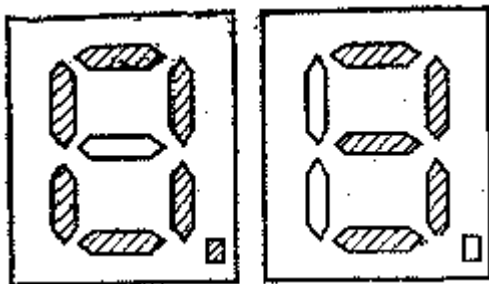
Egerde anod bilen haýsy-da bolsa bir katodyň arasyna $170 \div 200W$ güýjenme akdysak, ol san görkezip ýanar.

Sanly indikasiýa üçin şeýle-de.

(2) Segment bellekli indikatorlar ulanylýar.

Söhlenenýan segment hökmünde ýagtylyk diodlary, elektroilýuminaryň çyzyklary we ş. m. ulanylýar.

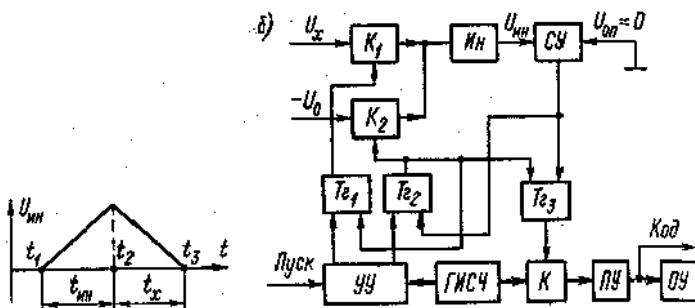
(1) we (2) ýokary hilli şekillendirme, ýöne uly kuwwat harçlanmasy.



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.

$$\left. \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{matrix} \right\} \text{elektron acarlar.}$$

U_X – ölçenýän güýjenmäň giriş üýtgeýjisi.

DG (CY) – dolandyryş gurluşy.

I – integrirleýji.

U_0 - U_X bahasyna gapma – garşy güýjenme.

НÝГ (ГОЧ) – nusgalyk ýygylýk generatory.

IS (CH) – impuls sçýotçigi.

DG (CY) – deňeşdiriji 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 ýygylýgyň generatoryndan NYG impuls geler. t_3 wagty pursady $U_H = 0$ bolanda, deňeşdirme gurluş K_3 açary açýar we I_s sçýotçige impulsyň barماسyny kesýär, dolandyryş gurluş K_2 açary açar.

Is 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 päsgeçilige 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 göwranıň, podşibnikleriň, sarymyň esasy bölekleriniň titremesi, poladyň aktiw böleginiň, geçirijileriň, ýagyň çykdaýjysy we başga-da elektrik we elektrik däl ululyklar ölçenilse.

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 daldigi 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 ýygnaýyp, gaýtadan işlenip we amatly görnüşde operatora berilmeli. Munuň öçin ölçeg serişdeleriniň ýörite görnüşi – ÖMS ulanylýar.

ÖMS birnäçe fiziki ululyklaryň we kömekçi gurluşlaryň ölçeg serişdeleriniň toplumyň 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, tehnologiiki prosessleriň işini barlamak üçin niýetlenen.
3. Tehniki anyklaýyş sistemalary – dürli önümleriň tehniki düzedilmesizligini ýüze çykarmak üçin niýetlenen.
4. Teleölçeg sistemalary – uzak aralyklarda ýerleşýän desgalaradan 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 özüni 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.

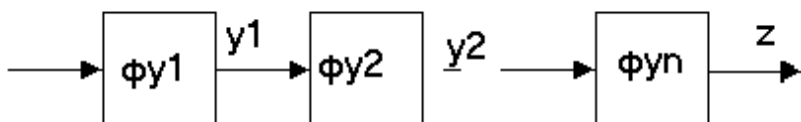
ETSA – (ASET) – elektroölçeg tehnikasynyň serişdeleriniň agregat kompleksi.

HTSA – (ACWT) – hasaplaýyş tehnikasynyň serişdeleriniň agregat kompleksi.

BSSA – (ASIP) – berklige synagyn serişdeleriniň agregat kompleksi.

ÖMS – esasy düzümleri (strukturalary).

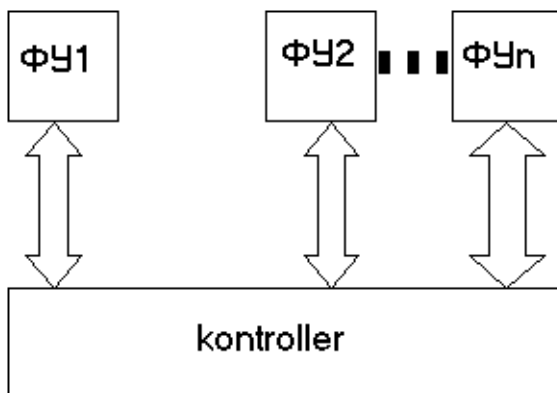
1. Zynjyrlý düzümi.



Çyz. 109.

Ähli signallar her bir Fd hususy şinalary boýunça geçýär, Fd özi bolsa, maglumat signalynyň üstünden öňünden berlen operasiýany ýerine ýetirýär. Meselem: tehnologiki prosessleriň ululyklarynyň barlagy. Şeýlede sistemada birnäçe birlik ÖÖ, sikliki kommutatorlar bar, onuň kömegi bilen her bir ÖÖ ÖMS birikýär.

2. Radial düzümi.

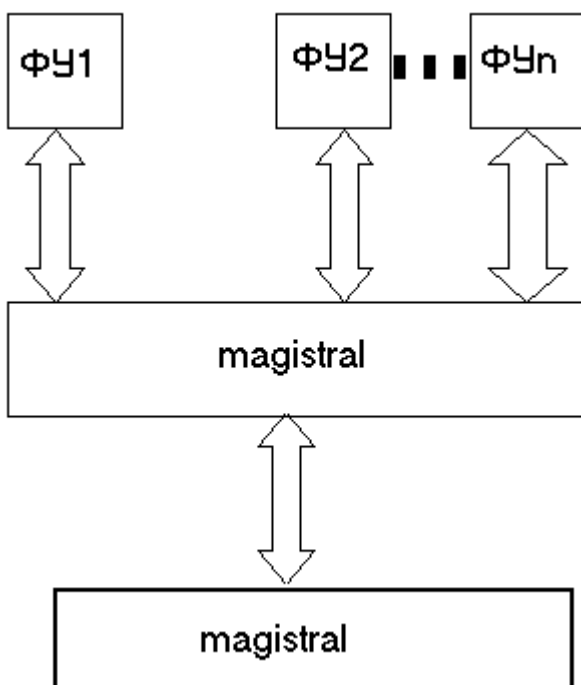


Çyz. 110.

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.**

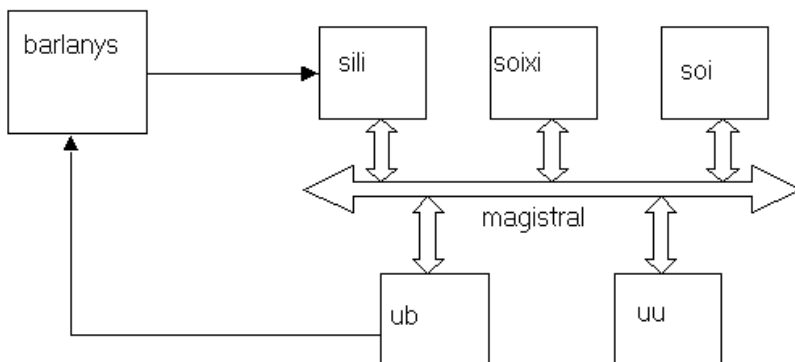


Çyz.111.

Berlen düzümiň aýratynlygy, ähli Fd üçin umumy, özara täsir signallary geçýän (birgeçirijili ýa-da köp geçirijili magistrallar) şinalaryň bolmagyndan ybarat.

Magistral düzüm sistemada F_d – 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 aşakdaky operasiýalara duçar bolýarlar: **süzmeclige, 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^o ölçemek).

Barlanylýan elektrik däl ululyklaryň mukdary elektrik ululyklaryňkydan köp, şonuň üçin elektrik däl ululyklary ölçemek üçin elektrik abzallaryň köpdürliligi peýdalanylýar.

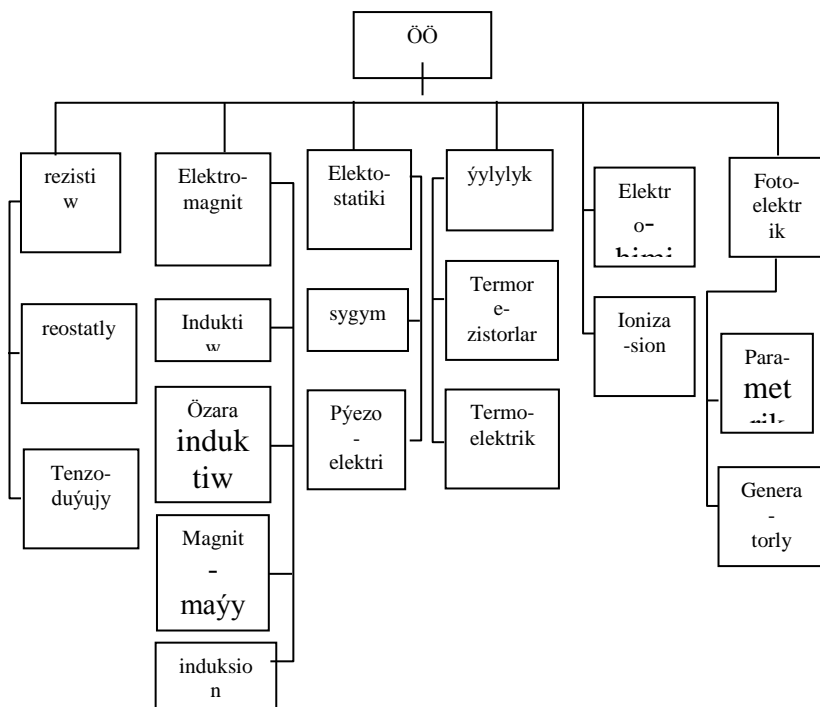
Elektrik däl ululyklary elektrik abzallar bilen ölçemek maksadalaýykdyr:

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 awtomatizirlemä ölçegiň netijelerine düzedişleri girizmäge, integrirlemäge, differenstirlemäge 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.

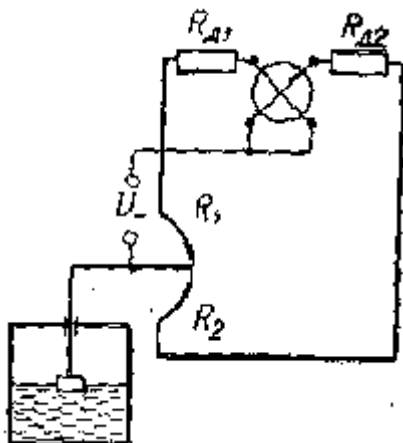
Ölçeg özgerdijileriniň klassifikasiýasy.



Çyz. 113.

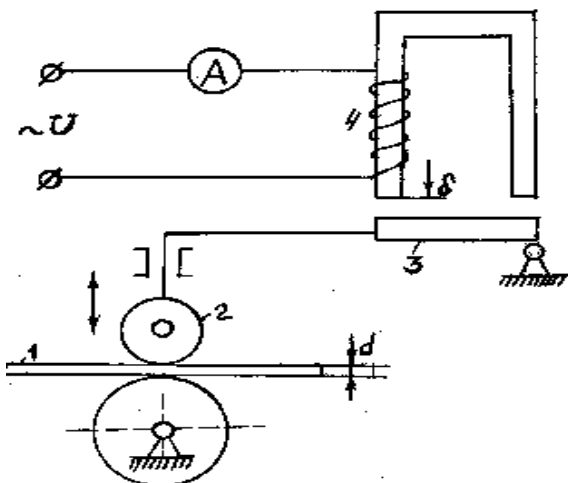
Rezestiw ÖÖ işi süýşgüjiniň (reostat) oruny üýtgetmegine ýa-da geçirijiniň ýa ýarym geçirijiniň, mehaniki diformasiýasyna (tenzometriki) baglylykda elektrik garşylygyň üýtgemegine esaslanandyr.

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} yzygider 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 magnitgeçirijisiniň 3 ýakory bilen bagly 2 tigirçeğiň orun üýtgemegine alyp barýar. Howa deşiginiň δ üýtgemegi 4 sarymyň induktiw garşylygynyň we şoňa laýyklykda tegigiň zynjyryndaky toguň ululugynyň üýtgemegine getirýär .

$$L = W_1^2 \mu_0 S / \delta; \quad (177)$$

μ_0 – magnit hemişeligi = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m,

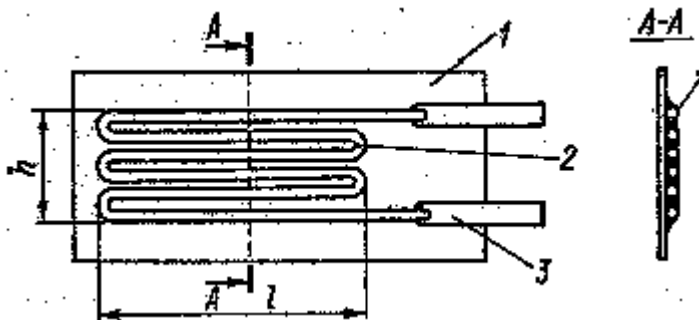
W_1 – sargynyň saryň sany,

S – howa deşiginiň kese – keseginiň meýdany.

Tenzoduýujy ÖÖ (tenzorezistorlar) Olaryň işi geçirijiniň ýa – da ýarymgeçirijiniň elektrň garşylygynyň onda döreýän mehaniki güýjenmä (tizlenme) baglansygyna

esaslanan. Olar metaliki ýa – da ýarymgeçiriji bolup bilýärler. Metalliklerden simlileri we folgalylary 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).

$l = 0,5 - 150 \text{ mm}$,

$h = 0,8 - 60 \text{ mm}$.

Eger geçirijini mehaniki täsire sezewar etsek (süýnme), onda onuň garşylygy üýtgär (uzynlygynyň we diametriniň ýütgemeginiň hasabyna).

Garşylygyň otnositel (degişlilikde) üýtgemegi.

$$\Delta R/R = K \Delta l/l,$$

K – tenzoduýujylyk koeffisiýenti, $\Delta l/l$ – otnositel deformasiýa.

Tenzoözgerdijiniň garşylygy $R = 50 - 200 \text{ Om}$.

Konstantandan sim $D = 0,02 - 0,05 \text{ mm}$, $K = 1,9 - 2,1$

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 zynjyrylyk häsiýeti uly $K = (-200 - +850)$ ýöne kiçi mehaniki ýalňyslyga eýe **şahsy** derejeleşdirmede tenzoözgerdijileriň **esasy ýalňyslygy** 0,2 - 0,5% dürýär.

Tenzoözgerdijileriň temperatura ýalňyslygy özgerdijiniň materialynyň we ölçeg obýektiniň göni çyzykly giňelmesiniň temperatura koeffisiýentiniň tapawudy bilen şertlenýär.

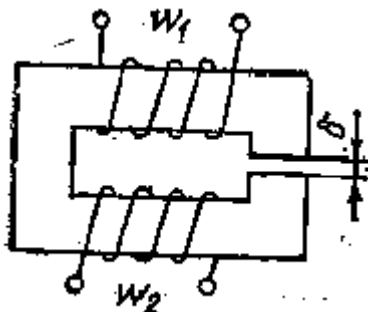
Tenzoözgerdijileriň garşylygyny ölçemek üçin deňagramsyz köpriler ulanylýar.

Tenzoözgerdijiler güýji, basyşy, aýlanma pursatyny, tizlenmäni we başga-da maýyşgak deformasiýada özgeren ululyklary ölçemek üçin ulanylýar.

Elektromagnit ölçeg özgerdijileri.

Induktiv özgerdiji (IÖ) induktivlik tegek bolup durýar özarainduktiv (transformator) (ÖIÖ) özara induktivlik tegek bolup durýar.

Induktivlik tegegi alyp göreliň.



Çyz. 117.

1) Goý $W_2 = 0$ – ikillik sarym ýok, $R_1 = 0$, - magnitgeçirijiniň magnit garşylygy $= 0$, onda

$$L = W_1^2 / R_\delta ; \quad (178)$$

R_δ - howa başlygynyň magnit garşylygy.

$$R_\delta = \delta / \mu_0 S, \quad (179)$$

δ - howa başlygynyň uzynlygy,

μ_0 – magnit hemişeligi $= 4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m,

S – howa başlygynyň kese – keseginiň meýdany

$$L = W_1^2 \mu_0 S / \delta ; \quad (180)$$

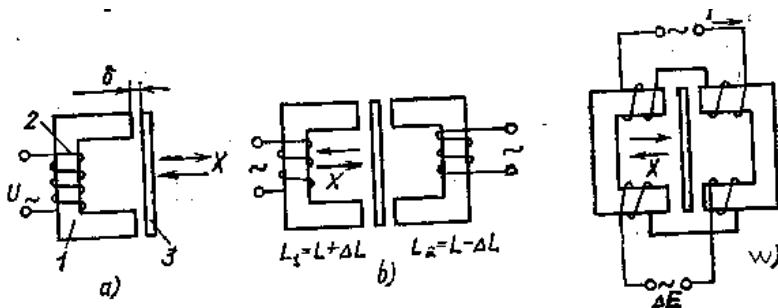
2. $W = 0$,

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 δ 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

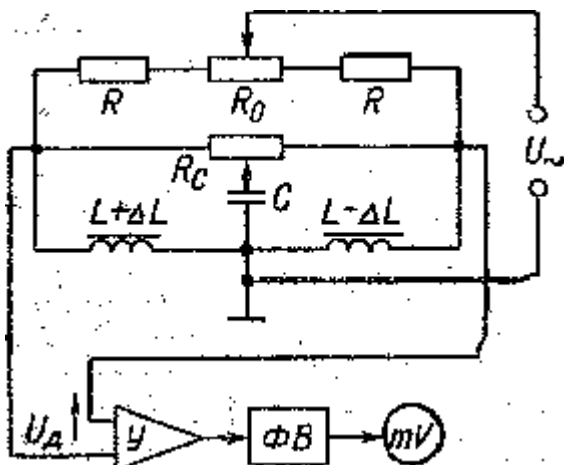
Induktiv

1 – elektromagnit, 2 – sargy, 3 – hereketli ýakor, x – üýtgeýän ululygyň täsiri astynda ornyny üýtgedýär.

δ - 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 induktiv differensial ÖÖ (δ) 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 ýalňyşlyga eýe.



Çyz. 119.

Differensial ÖÖ köpri zynjyrynyň iki ýanaşyk egrine birikdirýärler. Ölçeği 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, ikillik sargynyň iki bölümi bolsa – gapma – garşy birikdirilen.

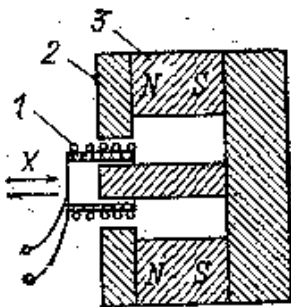
Elektromagnitlere degişlilikde ýakoryň simmetrik ýagdaýynda çykyş gysgyçlardaky EHG 0 – a deň ($\Delta E = 0$). Ýakoryň orun üýtgemesi $\Delta E = f(x)$ signaly çagyryýar. Çykyş

güýjenme güýçlenýär we üýtgeýän toguň abzaly bilen ölçenilýär.

Induktiv we transformator ÖÖ: mikrometrlerde, galyňlyk ölçeýjilerde, dereje ölçeýjilerde, we şeýle – de tizlenmäni, basyşy, aýlanma pursatyny ölçemek üçin abzallarda ulanylýar.

Magnimaýyşgak ÖÖ utgaşykly magnitgeçirijili ÖÖ ködürililigini görkezýär.

Induksion ölçeg özgerdijileri.



Çyz. 120.

Olarda elektromagnet induksiýa kanuny ulanylýar:

$$\mathbf{e} = -W \frac{d\Phi}{dt}; \quad (182)$$

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 baglanşykly 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 ýygylýk boýunça kesgitläp bolýar

$$\omega = \frac{60f}{P} ; (183)$$

Artykmaçlygy: ýönekeýlik, ýokary duýujlyk.

Ýalnyslyklar (0,2 – 0,5%) sarymlaryň garşylygynyň temperatura üýtgemesi bilen, wagtyň deçmegi bilen magnit meýdanynyň üýtgemegi bilen ýüze çykýar.

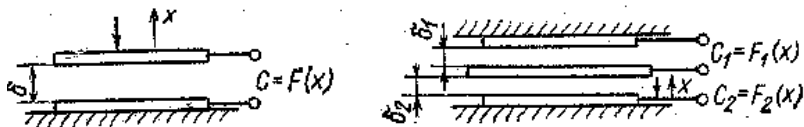
Elektrostatiki ÖÖ.

Sygym ÖÖ, olarda C we tgδ ölçenilýän ululygyň täsiri astynda üýtgeýär.

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / \delta ; (184)$$

S – elektrodларыň meýdany; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – dielektrikhemişelik; ϵ - sredanyň otnositel dielektrikdeçirijiligi; δ - elektrodларыň arasyndaky deşik;

S, ϵ , δ üýtgedip, C üýtgetmek mümkin.



Çyz. 121.

X üýtgeýän ululygyň täsiri astyndaheraket edýän elektrodларыň ornyny üýtgetmegi bilen δ we C üýtgeýär. $C = f(\delta)$ funksiä göniçyzykly däl. ÖÖ duýujylygy δ 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 δ_1 , δ_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 gyzyklandyrýan 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 baglanyşyk.

1. Magnit meýdanyň esasy häsiýetnamasynyň biri – magnit induksiýasynyň wektory – B

$$\mathbf{F} = q[\mathbf{v}\overline{\mathbf{B}}],$$

$$B \rightarrow \text{Тл (tesla)} - \text{СИ (185)}$$

$F - q$ zaryada täsir edýän meýdanyň güýji, meýdanda \vec{V} tizlik bilen garyşýar.

2. Magnit akym diýlip – Süst boýunça \vec{B} wektor magnit induksiýanyň akymyna aýdylýar.

$$\Phi = \int_s \vec{B} dS, \quad \Phi \rightarrow BS \rightarrow CИ$$

(186)

3. Magnit meýdanyň güýjenmesi

$$\vec{H} \rightarrow A / m \rightarrow CИ$$

\vec{B} we \vec{H} wektorlar öz-arasynda wakum we howa arkaly baglanşykly

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}. \quad (187)$$

4. Magnit meýdanyň esasy häsiýetnamasy \vec{M} magnit moment.
a) tokly kontur üçin

$$\vec{M}_m = I \cdot \vec{S}; \quad (188)$$

I – konturdaky tok, \vec{S} – kontur meýdanynyň wektory.
b) göwre üçin

$$\vec{M}_m = \vec{J}V; \quad (189)$$

\vec{J} – göwräniň magnitlemegi, V – göwräniň göwrümi.

$$\overline{M}_m \rightarrow A \cdot m^2 \rightarrow CH.$$

5. Göwräniň magnitlenmegi.

$$\overline{J} = \overline{M}_m / V, \quad \overline{J} \rightarrow A/m; \quad (190)$$

\overline{J} we \overline{H} arasyndaky baglaňşyk.

$$\overline{J} = \overline{H} \cdot \mathcal{K} \quad (191)$$

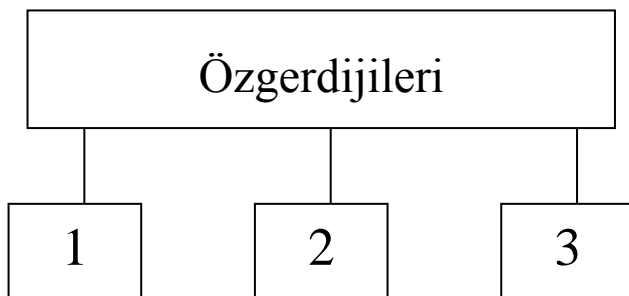
\mathcal{K} – magnit kabuletmesi. Esasy ululuklar,

- 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, Φ , H ölçegi hökmünde dürli düzülişli, tegekler we hemişelik magnitler ulanylýar.

B, Φ , H magnit meýdanynyň ölçenilşi.

Kanun bolşy ýaly magnit ululyklary ölçeýän 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.

\overline{B} , \overline{H} , \overline{J} sredasyndaky magnit meýdanynyň häsiýetnamasy. Olaryň arasyndaky baglanşyk

$$\overline{B} = \mu_0 (\overline{H} + \overline{J}) \quad (192)$$

$$\mu_r = \mathcal{K} + 1.$$

Magnit ölçenişiniň metrologik bazasy.

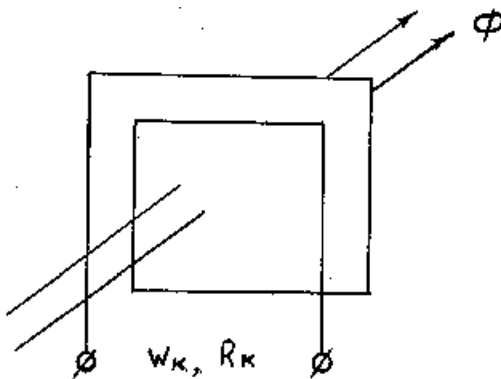
Magnit ölçenilşi birligi B, Φ , M birlik (perwiçnyý) döwlet etalonlaryň BH ýorite döwlet etalonlary bilen üpjün edilýär.

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	Ortakwa drat gaşarma ň ululygy, etalonyň garşylyg y %- lerde	Sistema ýalňyşlygy %-de uly däl
Döwletin birlik etalony birligi B induksiýa	$5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-4}$ Tl	0,0001	0,00025
Döwletin birlik etalony, birligi Φ magnit akym	0,0100176 Wb	0,001	0,0007
Döwletin birlik etalony birligi M magnit pursady	$1 \cdot 10^{-2} \div 1,5$ $A \cdot m^2$	0,02	$0,03 \div 0,05$
Döwlet ýörite etalony birligi B induksiýa	$2 \div 6$ Tl	0,003	0,001
Üýtgeýän meýdanyň döwletin ýörite etalony birligi B	$1 \cdot 10^{-6} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ Tl 1-10000 Gs ýygylyk arasynda	$0,01 \div 0,05$	0,03
0,01-dan 30mGs aralygyndakyýygy lygyň 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 hökminde magnit meýdany bilen birikýän sarymly tegekler hyzmat edýärler.



Çyz. 123.

Tegekte Φ 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 Φ tekizlikdäki tegegiň sarymlaryna perpendikulýar bolsa Φ , B , H arasyndaky matematiki baglanşygy esasynda

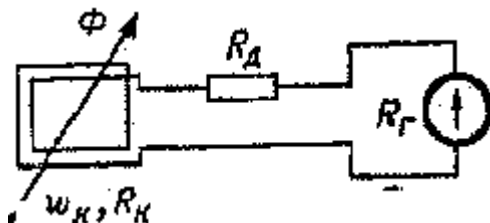
$$e = -W_k \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -W_k S_k \cdot \frac{dB}{dt} = -\mu_0 W_k S_k \cdot \frac{dH}{dt}; \quad (194)$$

bu ýerde S_k – ölçenýän tegegiň sarym meýdany.

Hemişelik magnit meýdanlarynda ballistik galwonometriň kömegi bilen ölçemek.

Ballistik galwonometriň kömegi bilen induksiýa-impulsynyň usuly bilen kesgitlenşi, 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 baglanşykly zarýad sany.

Ahyrky aňlatmalary Q -dan t_1 – çenli, magnit akym bolsa Φ – magnit akymdan O -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 ölçeýji 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 ölçeýän zarýad sany.

$$Q = C_Q \cdot \alpha_{1m}; \quad (200)$$

Bu ýerde C_Q – magnit meýdanynyň galwonometirde bölünmesiniň san bahasy.

α_{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 magnit meýdanyň Φ -dan 0-a çenli üýtgände, magnit meýdanyň $+\Phi$ -dan $-\Phi$ -a çenli üýtgände

$$\Phi = \frac{C_{\Phi}}{2W_k} \cdot \alpha_{1m}. \quad (202)$$

Şeýlelikde ballastik galwonometriň görkezijisiniň gyşarmasy netijesinde magnit meýdany kesgitläp bolýar.

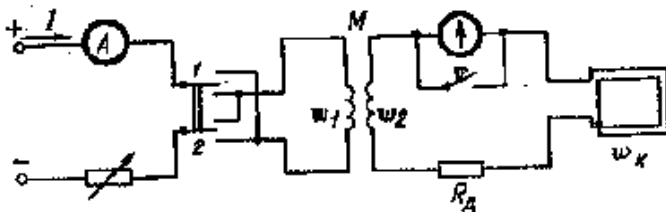
Eger giňişlikdäki tegegiň alýan meýdany bir atly bolsa we okyň ugry \vec{B} , \vec{H} . Wektorlarynyň ugry bilen gabat gelse, ýagny magnit meýdany tegegiň sarym tekizligine perpendikulýar bolsa onda,

$$B = \left(\frac{C_{\Phi}}{W_k S_k} \right) \cdot \alpha_{1m};$$

$$H = \left(\frac{C_{\Phi}}{\mu_0 W_k S_k} \right) \cdot \alpha_{1m}. \quad (203)$$

Bu ýerde R zynjyryň aktiw garşylygyna bagly, C_{Φ} -ň bölünmesiniň san bahasyny bilmek zerur (galwonometriň rahatlandyрма ýagdaýyndan). C_{Φ} 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_Φ -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 üýtgeşe şeýle aňladylýar.

$$2W_r \cdot \Phi_1 = 2M \cdot I = C_\Phi \cdot \alpha_{1m}; \quad (204)$$

Bu ýerde Φ_1 – I toguň döreden akymy, ol W_1 akyp geçýär.

$$C_\Phi = 2MI/\alpha_{1m}. \quad (205)$$

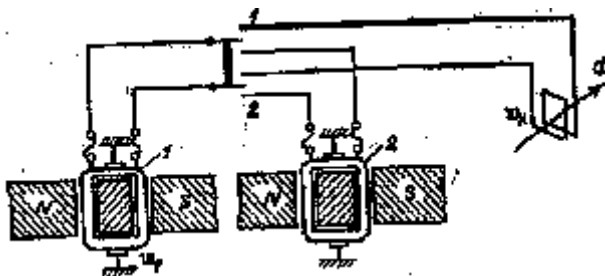
$M 197/1, M 197/2.$

$C_\Phi = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ Wb/del}; \quad 0,35 \cdot 10^{-5} \text{ Wb/del}.$

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 α_1 diliň başlangyç ýagdaýy üýtgeşsiz. Hemişelik magnitiň polýus uçluklarynyň arasynda karkassyz hereketlenýän tegekde täsir ediji deşik ýerleşdirilen we SA

täzeden gatyлма “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 gyşarýar (şunlukda webermetriniň dili α_1 ýagdaýdan α_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_Φ – webermetriň bölünme bahasy.

$$\Delta \alpha = |\alpha_1 - \alpha_2|. \quad (208)$$

Dili başlangyç ýagdaýa getirmek üçin kömekçi magnit mehanizimi peýdalanýar. Diliň koreksiýa 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 zynjyrdaky 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”.

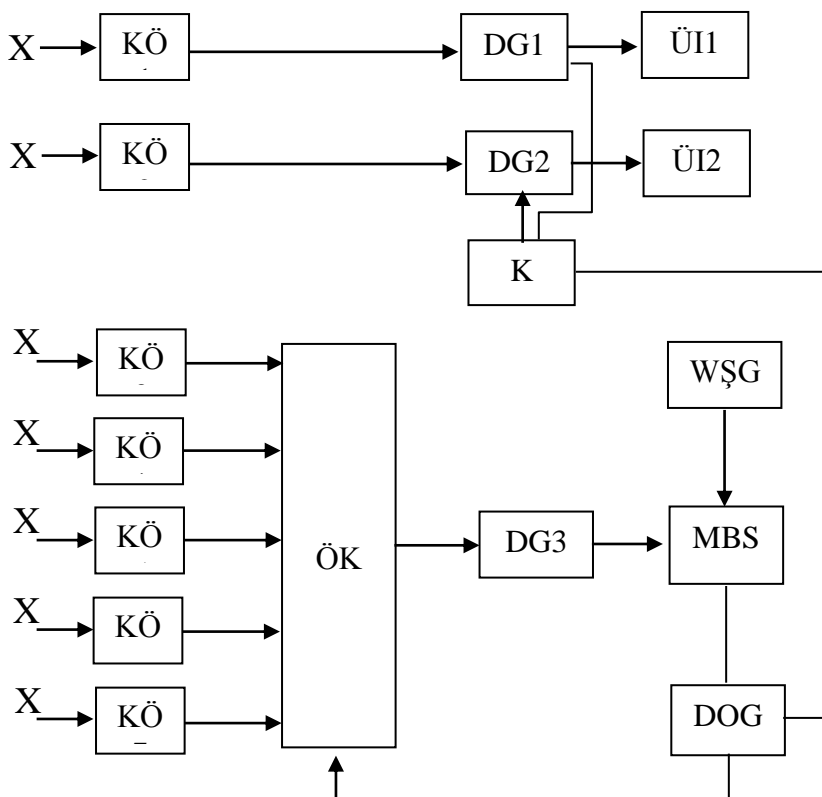
Awtomatiki barlag sistemasy (ABS) ölçeg maglumat sistemasynyň (ÖMS) köpdürliligi bolup durýar.

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 harçlanşy; x_4 – gazyň harçlanylşy; x_5 – humdaky seýreklandirmäniň barlagy; x_6 – ýanýan ýeriň önündäki gazyň basyşyna gözegçilik; x_7 – humlardaky temperatura gözegçilik.

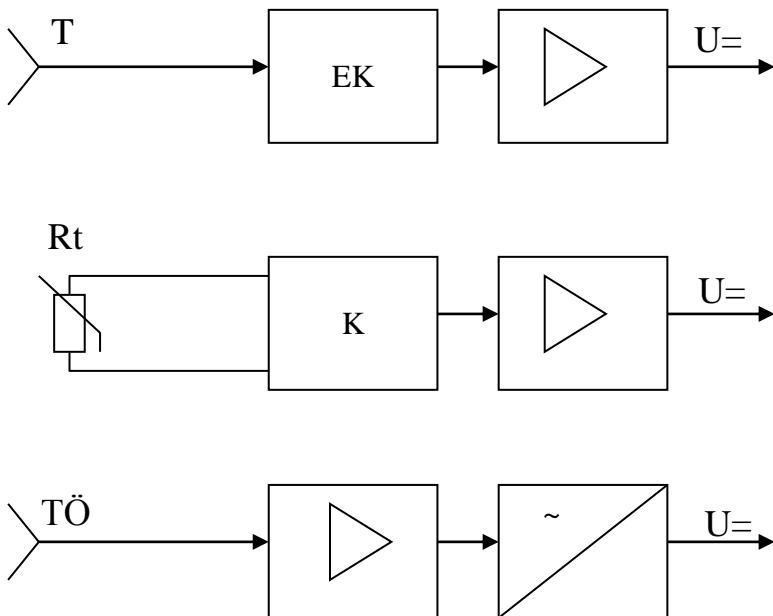
Häzirki zaman ABS üznüksiz barlag amala aşyrylýan sistemalara bölýärler (x_1, x_2 iki ululyk üçin), düzgün bolşy ýaly ol barlagyň ýokary ygtybarlylygyny we barlagyň netijesiniň öz wagtynda berilmegini üpjün etmek hökmany bolan, ýöne köp enjam talap edýän jogap kär ululyklar üçin bölünýär.

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”, bozulýşly “az” we bozulýşly “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 ($K\ddot{O}_3 \div K\ddot{O}_7$) unifisirlenen 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 wagty (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 unifikirlenen 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_1 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) reledde ýada öçügsi gözleýjilerde gurulýar. Kontaktsyz gaýta ulaşdyryjylar ýarym geçiriji elementlerde – diodlarda we transformatorlarda gurulýar.

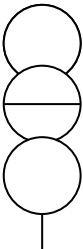

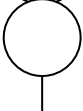
Ölçenilýän ululygyň ornaşmadan üýtgemegini habar beriji gurluşy häzirkä wagtda EHM ýerine ýetirýär. Bu ýagdaýda ornaşma sanly görnüşde berilýär we maşynyň huşunda saklanylýar. Kyn sistemalarda ornaşmany komandalar boýunça dolandyryjy hasaplaýjy maşyndan awtomatiki berip we düzedip bolýar. ornaşmalar bilen deňeşdirmäniň netijeleri köplenç dispetcheriň 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.).

Töweregiň ýokarky ýarymyna ilki bilen ölçenilýän ýa-da sazlanýlýan 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 – düzümlük, konsentrasiýa	E – elektrik ululyk

Şertli belgisi, ululyklary takykklamak.

(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 pnevmatika 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), oturdyň dolandyryjy stansiýaly (K) abzal. Abzal bilen bile şitde çykdaýjyny sazlaýjy (FC) gurnalan.

EDEBIÝAT

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	Ölçeği (synagy) geçirmek we gurnamak...	33
5-nji sapak	Analog elektroölçeğ abzallary.....	45
6-njy sapak	Elektrodinamiki mehanizmler.....	57
7-nji sapak	Elektron – şöhle ossillografy (EŞO).....	73
8-nji sapak	Ölçeğ 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 tgđ ölçemek üçin köprüler.....	141
13-nji sapak	San abzallary bilen ölçemek.....	167
14-nji sapak	Ölçeğ – maglumat sistemasy (ÖMS).....	176
15-nji sapak	Elektrik däl ululyklaryň ölçenilşi.....	181
16-njy sapak	Elektromagnit ölçeğ özgerdijileri.....	186
17-nji sapak	Elektrostatiki ÖÖ.....	191
18-nji sapak	Awtomatiki barlag sistemasynyň (ABS) gaýtadan işlemesi.....	204
	Edebiýat.....	210