

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

“ Ölçeg serişdeleriniň düzümi we elementleri”
dersi boýunça okuw gollanmasy

Taýýarlan mugallym: K. Garrybaýew

Aşgabat 2010 ý.

Giriş

Ata Watanymyzyň geljegi bolan bilimli – terbiýeli, edepli, ýokary ahlakly şahsyýet kemala gelip, ýurdumyzyň halk hojalygynyň ähli pudaklarynda ak ýürekden zähmet çekýärler.

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň «Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda» 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki wagtda milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep-terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Okuw maksatnamasy Täze Galkynyş we Beýik özgertmeler zamanasynda ýokary bilimli hünärmenleri taýýarlamaklyga bildirilýän talaplary göz önünde tutup taýýarlanylady.

Okuw maksatnamasy taýýarlanylanda ýokary okuw mekdepleriniň talyplaryna – geljekki inženerlere dersi doly öwredip, olaryň hünär ugurlary boýunça ýörite dersleri özleşdirmeklerine taýýarlyklaryny üpjün etmek wezipelerinden ugur alyndy.

Halk hojalygynyň pudaklary üçin ýokary hünärli, şol sanda dolandyryş bölüminiň işgärlerini taýýarlamak ýurduň ösüşini hil taýdan täze derejä çykarmak babatda ýaýbaňlandyrylan onuň özgertmeleriniň özeni bolup durýar.

Beýik Galkynyşlar eýýamynda täze desgalary gurmak işi has giň gerime eýe boldy. Diňe soňky iki ýyla golaý wagtyň içinde ýurdumyzda iňňän möhüm ähmiýetli desgalaryň onlarçasynyň ulanylmaga berilmegi, wajyp taslamalaryň ençemesiniň durmuşa geçirilmegine badalga berilmegi hem munuň aýdyň subutnamasydyr.

Häzir Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek, dünýä ülnülerine laýyk getirmek, ýaş nesle döwrebap bilim - terbiýe bermek boýunça düýpli özgertmeler amala aşyrylýar.

Hormatly Prezidentimiz öz çykyşlarynyň birinde şeýle diýdi: „Milletimiziň ruhy we aň taýdan ösüşini, onuň özboluşly milli mirasynyň umumyadamzat gymmatlyklary bilen hemme taraplaýyn sazlaşykly ösmegini üpjün etmek bilen, biz eziz Watanymyzyň gülläp ösmegini, onuň dünýäniň ösen ýurtlarynyň birine öwrülmeğini gazanarys“.

Bilşimiz ýaly, türkmeniň kerem – keramatly söz şalygynda ata Watan bilen, ene bolsa, toprak bilen, ýagny, göbek ganyň daman ýeri bilen deňelýär.

Watanyň ýeke – täkligi, onuň duzunyň mukaddesligi, oňa dirikän eden hyzmatyň üçin bu dünýäden gideniňden soň hem ruhuňy gorap durýandygy baradaky ynanç – ygtykatlar hem pederlerden bize galan mukaddesliklerdir.

Ýurdumyzda täze – täze binalaryň gurulmagy we täze – täzetechnologiýalaryň önümçilige ornaşmagy bilen ýokary mekdebi tamamlayan hünärmenlere bolan talap hem artýar.

Normirlenen metrologik häsiýetleri bolan,ölçemek üçin ulanylýan tehniki serişdelere ölçeg serişdeleri diýilýär.

Ölçeg serişdeleri şu aşakdakylara bölünýärler: **mera, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary, maglumat – ölçeg ulgamlary, ölçeg desgalary, ölçejiler toplumy** we başgalar.

Fiziki ululyklary berlen ölçeginde ýüze çykarmak üçin ulanylýan ölçeg serişdelerine mera diýilýär. Meselem, rezistor mera bolup, ýalňyşlygy belli kesgitli ölçegde garşylygyň bahasyny ýüze çykarýar.

Ölçeg maglumatlarynyň signalyny oňaly görnüşde gowşurmak, täzedan öwürmek, gaýtadan işlemek ýa – da gorap saklamak üçin ulanylýan ölçeg serişdelerine **ölçeg özgerdijileri** diýilýär.

Ölçenilmeli ululyk berilýän ölçeg özgerdijilerine deslapky **ölçeg özgerdijileri** diýilýär. Ululygyň ölçegini birnäçe gezek üýtgetmek üçin niýetlenen ölçeg özgerdijilerine **masştab ölçeg ölgerdijileri** diýilýär.

Ölçenilýän ululygyň görnüşine baglylykda ölçeg özgerdijileriniň girişinde elektrik ölçegler üçin, elektrik ululyklary özgerdijiler we elektrik däl ululyklary özgerdijiler ýaly böleklere bölýärler. Elektrik ululyklary elektrik ýagdaýa özgerdijiler hökmünde güýjenme bölüjileri, güýjenme güýçlendirijileri görkezmek bolar. Elektrik däl ululyklary elektrik usul bilen ölçemeklik giňden ulanylýar. Şeýle özgerdijilere mysal hökmünde temperaturany ölçemek üçin ulanylýan termorezistorlary görkezmek bolar.

Ölçeg özgerdijileri giriş we çykyş signallarynyň görnüşine baglylykda aşakdaky ýaly toparlara bölýärler:

- analog ölçeg özgerdijileri, bularda giriş we çykyş signallary analog görnüşindedir;
- analog-sanly ölçeg özgerdijileri, bularda giriş signaly analog bolup, çykyş signaly kodirlenendir;
- sanly-analog ölçeg özgerdijileri, bularda giriş signaly kodirlenen bolup, çykyş signaly analog (kwantly) signaldyr.

Göniden-göni barlag geçirilýän obýektde ýerleşdijilen we ölçeg maglumatlaryny hasaba alýan, gaýtadan işlenilýän yerinden daşda ýerleşen deslapky ölçeg özgerdijilerine käwagtlar **datçikler** diýip atlandyryýarlar. Olara **ölçeg transformatorlary, güýjenme bölüjiler, şuntlar, rezistorlar, ölçeg güýçlendirijileri** degişlidir.

Ölçeg geçirýän adamyň göniden – göni ölçeg maglumatlarynyň signalyny oňaly görnüşde Kabul etmegi üçin niýetlenen ölçeg serişdelerine **ölçeg abzallary** diýilýär. Olara A, W, Wt, Om, Hz, hasaplaýyş ölçeg serişdeleri we başgalar girýär.

Ölçeg geçirýäniň göniden – göni ölçeg maglumatlaryny Kabul etmegi üçin niýetlenen, ýerine ýetirýän funksiýasy boýunça birleşdirilen ölçeg serişdeleriniň toplumyna (mera, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary) we kömekçi gurluşlara ölçeg desgalary diýilýär. Bular ölçeg serişdelerini **graduirlmek** we **derňew (powerka)** etmek üçin ulanylýarlar.

Ölçeg maglumatlarynyň signalyny awtomaniki usulda gaýtadan işlemek, bir ýerden başga bir ýere geçirmek, awtomatik dolandyryş ulgamynda ulanmak üçin niýetlenen, öz aralarynda aragatnaşyk kanaly arkaly birikdirilen ölçeg serişdeleriniň (**mera, ölçeg özgerdijileri, ölçeg abzallary**) we kömekçi gurluşlaryň jemlenmegine ölçeg – maglumat ulgamlary diýilýär.

Ölçeg serişdeleri özläriniň metrologik maksatlaryna baglylykda **etalonlara, nusgalyk** we **iş ölçeg serişdelerine bölünýärler**.

Häzirki zaman ylmy we tehnikasy fiziki ululyklaryň ölçegleriniň netijesine daýanýar. **Ölçemek** diýmek, bu ýörite tehniki serişdeleriň kömegi bilen tejribe arkaly fiziki ululyklaryň bahasynyň tapylmagyna aýdylýar. Şeýlelikde, ölçeg netijesi fiziki ululyklaryň bahasy barada maglumat berýär. Ölçegleriň netijesi ölçegleriň esasy deňlemesiniň üsti bilen aňladylýar:

$$X = Ax,$$

Bu ýerde, X-ölçenilýän fiziki ululyk; A- ölçenilýän ululygyň san bahsy; x- fiziki ululygyň ölçeg birligi.

Ölçeg ululyklary özläriniň fiziki tebigatyna baglylykda **ýylylyk, mehaniki, elektriki, akustiki** we beýleki ölçeglere bölünýärler.

Elektrik we magnit ululyklarynyň ölçeglerine, şeýle-de elektrik zynjyrlarynyň parametrleriniň ölçeglerine, şol sanda öňünden elektrik ululyklaryna özgerdilen elektrik däl ululyklaryň ölçeglerine **elektrik ölçegleri** diýilýär.

Elektrik ölçegler örän köp dürlüdür. Bu ölçeg ululyklarynyň köplügi, olaryň wagt boýunça üýtgame häsiýetleri, netije almagyň dçrli usullary we beýleki faktorlar bilen düşündirilýär.

Fiziki ululyk - munuň özi hil taýdan birnäce obýekte degişli bolup, san taýdan her bir obýektiň özüne degişlidir.

Adalga “ululyk” sözüni her obýektiň häsiýetine ýa-da häsiýetnamasyna degişlilikde san taýdan baha berýäris, ýagny ölçeýäris. Emma alamatlary we häsiýetleri boýunça baha berip bolmaýan obýektler hem bardyr, biz olary ölçemäge synanyşýarys. Ölçemek mümkinçiligi döreyänçä biz olary ululyk diýip atlandyрмаýarys - da, alamatlary boýunça atlandyrýarys.

Çuň manyda alanyňda “ululyk” köp görnüşli düşünjedir. Standartda “fiziki ululyk” atly adalga ulanylýar.

Ölçegler alynýan netijelerine baglylykda şu aşakdakylara bölünýärler: **göni,gytaklaýyn, jemlenen we bilelikdäki ölçegler**.

Fiziki ululyklaryň başlangyç bahasynyň göniden-göni tejribe arkaly tapylmagyna göni ölçegler diýilýär. Bu usulda dürli fiziki ululyklar, şu ululyklara degişli ölçeg abzallarynyň üsti bilen tapylýar. Meselem, tok güýji-ampermetriň,

güýjenme- woltmetriň, garşylyklar- ommetriň, üýtgeýän toguň ýygylygy-fazometriň we beýlekileriň kömegi bilen tapylýar.

Göni ölçegler ýerine ýetiriliş tizligi we amatlylygy bilen tapawutlanýarlar. Şonuň üçin durmuşda giňden ulanylýar.

Kesgitlenýän ululygyň bahasynyň tapylmagy bize belli bolan baglahyşygyň esasynda göniden – göni ölçege sezewar edilen ululyklaryň kömegi bilen kesgitlenen ululyklaryň bahasynyň tapylmagyna gytaklaýyn ölçegler diýilýär. Ölçegleriň bu görnüşi goşmaça hasaplamalary talap edýär. Şonuň üçin hem göni ölçegleriň kömegi bilen gerek takyklygy almak kyn ýa-da mümkin bolmadyk ýagdaýynda gytaklaýyn ölçegler ulanylýar.

Bir wagtyň özünde birnäçe biratly ululyklaryň birnäçe gezek göni ölçegleriň netijesinde ortaça bahasynyň tapylmagyna **jemlenen ölçegler** diýilýär. Munda kesgitlenýän ululygy deňlemeler sistemasyny çözmek arkaly tapýarlar. Durmuşda jemlenen ölçegler seýrek ulanulýar.

Iki ýa-da birnäçe biratly ululyklaryň arasyndaky baglanyşygy tapmak üçin geçirilýän ölçeglere **bilelikdäki ölçegler** diýilýär. Bilelikdäki ölçegler seýrek ulanylýar.

$$F(X_1, X_2, X_3 \dots X_n, X'_1, X'_2, X'_3 \dots X'_n) = 0$$

$$F(X_1, X_2, X_3, \dots X_n, X''_1, X''_2, X''_3 \dots X''_n) = 0$$

$$\dots\dots\dots F(X_1, X_2, X_3, \dots X_n, X^{(n)}_1, X^{(n)}_2, X^{(n)}_3) = 0$$

Bu ýerde $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ - kesgitlenýän ululyklar.

Meselem, gyzgynlyga baglylykda rezistoryň garşylygyny hasaplaýarlar:

$$R_1 = R_0(1 + At + Bt^2),$$

Dürli temperaturada üç gezek rezistoryň garşylygyny ölçäp, üç sany deňleme düzýärler we şonda R_0 , A we B tapýarlar.

Ölçeg abzallary şu alamatlary boýunça aşakdaky toparlara bölünýärler:

1. Funksional aýratynlyklary boýunça ölçeg abzallary iki topara bölünýärler:
 - a) ölçeg maglumatlarynyň alnyşy we gaýtadan işlenilişi;
 - b) ölçeg abzallarynyň attestasiýa edilişi we derňewi (powerka);
2. Ölçeg netijeleriniň alnyşy boýunça ölçeg abzallary görkeziji, ýazyjy, ýagny registrasiýa ediji ýaly böleklere bölünýärler.
3. Ölçeýis usuly boýunça ölçeg abzallaryny göniden – göni we deňeşdirme ölçeg usulyna bölýärler.
4. Ulanylyşy we gurluşy boýunça ölçeg abzallary şite birikdirilen, elde göterilýän ýa – da göçürilýän we stasionar böleklere bölünýärler.
5. Takyklygy boýunça ölçeg abzallaryny normallaşdyrylan ýalňyşlyklar boýunça, inidkatorlar ýa – da klassyz abzallar we görkeziji ýaly bölünýär. Görkezijileriň ýalňyşlyklary norma salynmaýar.

6. İşleyiş düzgüni boýunça ölçeg abzallaryny elektromehaniki, elektron, ýylylyk ýaly toparlara bölmek mümkin;
7. Ölçeýän ululygyna baglylykda ölçeg abzallary elektrikli, magnitli, ýylylygy ölçeýän, himiki ululygy ölçeýän we başga – da elektrik däl ululyklary (basyş, temperatura, çyglyk, tizlik we ş.m.) ölçeýjilere bölünýärler.
8. Toguň görnüşi boýunça ölçeg abzallary hemişelik, üýtgeýän we üç fazaly togy ölçeýjilere bölünýärler;
9. Daşky gurşawyň täsirinden goralysy boýunça ölçeg abzallary adaty, çygdan, gazdan we tozandan goragly, hemme ýeri jebis ýapylan, ýarylmadan howpsuz ýagdaýda ýaly böleklere bölünýärler.

Esasy we gşmaça ýalňyslyklaryň mümkin bolan çägi bilen kesgitlenýän umumy häsiýetnama, şeýle – de takyklyga täsir edýän beýleki häsiýetlere **öl çeg serişdeleriniň takyklyk klasy diýilýär**. Bu ölçeg serişdeleriniň aýry – aýry görnüşleri üçin standartda kesgitlenendir.

Ölçeg abzallarynyň şkalasynda takyklyk klasy san görnüşinde belleniş, ol göterin hasabynda ýalňyslygyň normallaşdyrylan manysyny görkezýär. Ol şu aşakdaky sanlardan durýar: **6; 4; 2,5; 1,5; 1,0; 0,5; 0,2; 0,1; 0,02; 0,001; 0,005; 0,002; 0,001** we başgalar.

Eger ölçeg abzalyň şkalasynda takyklyk klasynyň daşy tegelenen bolsa, bu abzalyň duýgurlyk ýalňyslygydyr.

Ölçeg abzalyň duýgurlygy bu abzakdan çykýan signalynyň üýtgemeginiň, şoňa täsir edýän ölçeg ululygyna bolan gatnaşygydyr. Ölçeg abzalyň duýgurlygyny **absolýut** we **otnositel** duýgurlyga bölýärler.

Absolýut duýgurlyk şu aşakdaky deňleme bilen kesgitlenýär:

$$S = \Delta I / \Delta X$$

Bu ýerde ΔI – ölçeg abzalyndan çykýan signalynyň üýtgemegi;

ΔX - ölçenilýän ululygyň üýtgemegi.

Otnositel duýgurlyk

$$S_0 = \Delta I / (\Delta X / X)$$

Bu ýerde X - ölçenilýän ululyk.

Masştab özgerdijiler duýgurlyk ýalňyslyklary bilen bellenişýär. Bulara güýjenme bölüjiler, şuntlar, toguň we güýjenmäniň transformatorlary we ş.m. girýär.

Eger ölçeg abzalyň şkalasy deň böleklere bölünmedik bolsa (meselem Ommetrlerde), onda takyklyk klasy şkalanyň uzynlygynyň bölegine 1,5 diýlip görkezmek bilen sanyň aşagyna “burç” goýulýar.

Eger ölçeg abzalynda takyklyk klasy drob görnüşinde berlen bolsa (meselem, 0,02/0,01), bu getirilen ýalňyslygyň diapazonyň başynda $\delta_{get.b} = \pm 0,01\%$, diapazonyň soňynda $\delta_{get.s} = \pm 0,02\%$ -e deňdigini görkezýär.

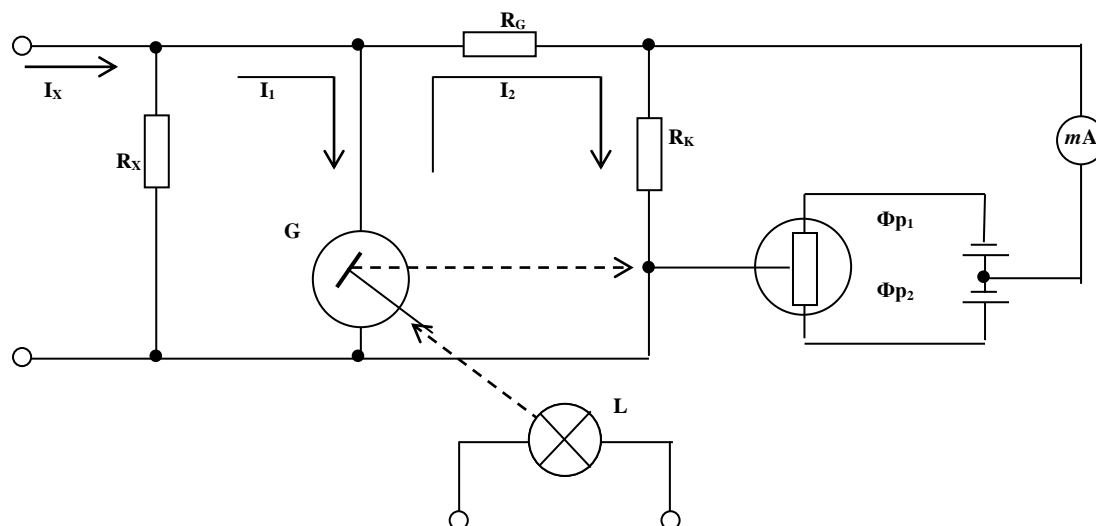
Elektrik ululyklarynyň ölçenilişi.

Elektrik zynjyrynyň düzgünini häsiýetlendirýän esasy parametrler- bu tok bilen naprýaženiýedir. Bu ululyklary ölçemek üçin ulanylýan abzallar we ölçeg usullary dürli-dürli bolup, ol toguň ýygylgyna, ölçegiň ululygyna, talap edilýän takyklyga we ş.m. baglydyr.

Ampermetri ýa-da woltmetri elektrik zynjyryna birikdirmek bilen ölçenilýän ululygyň üýtgemeginiň mümkindigini göz önünde tutmalydyr. Sebäbi birikdirilýän ölçeg abzallarynyň özleriniň hususy garşylyklary bardyr.

Kiçi toklary we naprýaženiýeleri kesgitlemek üçin **göni** ýa-da **gytaklaýyn** ölçeg usullaryny ulanmak mümkindir. Göni ölçeg usullary ulanylanda magnitoelektrik ulgamly ölçeg abzalyny ulanmak amatly. Olara ýokary duýgurlyk, ýokary takyklyk we giň ölçeg diapazony mahsusdyr. Aýnaly galwanometr bilen ölçemek mümkinçiligi bolan has kiçi toklary takmynan 10^{-11} A-e, peýkamly magnitoelektrik abzalda bolsa 10^{-6} A-e çenli ölçäp bolar. Duýgurlygy ýokarlandyrmak üçin hemişelik togy güýçlendirijiniň girişine ölçenilýän tok berýärler, çykyşyna bolsa peýkamly magnitoelektrik ölçeg abzalyny birikdirýärler. Munuň üçin fotogalwanometrik güýçlendirijileri we hemişelik togy üýtgeýän toga öwürýän ýarymgeçiriji güýçlendirijileri ulanýarlar. Güýçlendirijileriň kömegi bilen togy 10^{-12} A-e çenli ölçäp bolýar.

Fotogalwanometrik güýçlendirijiniň prinsipuai çyzgysy aşakda görkezilendir.



Çyzgynyň esasy elementleri **G** galwanometr, ýagtylandyryjy lampa **L**, fotorezistorlar Φ_{p1} we Φ_{p2} , mikroampermetr we kompensirleýji garşylyk R_k . Eger barlanýan zynjyrdan galwanometre bölünýän I_1 tok I_2 toga deň bolmasa, ondan R_k we R_d rezistorlaryň üstünden geçip zynjyryň çykyşyna barýan tok galwanometriň üstünden geçýär. Galwanometriň aýnasy aýlanýar we Φ_{p1} we Φ_{p2} fotorezistorlaryň arasyndaky ýagtylygyň bölünmegi üýtgeýär. Bu

rezistorlaryň zynjyryndaky toguň üýtgemegine we R_k -nyň üstünden geçýän toguň ýagny I_2 -niň üýtgemegine getirýär. Galwanometriň aýna berkidilen ramkasyny ölçenilýän I_x bilen baglansykly I_1 togy I_2 tok bilen deňagramlaşar ýaly edip gurnaýarlar. Mikroampermetriň peýkamynyň gyşarmagy bilen toguň bahasyny kesgitleýärler. Rezistor R_x ölçege diapazonyny sazlamaga mümkinçilik berýär.

Kiçi hemişelik naprýaženiýeleri ölçemek üçin **magnitoelektrik galwanometrler, hemişelik toguň potensiometrleri, peýkamly magnitoelektrik ölçege abzallaryny peýdalanmak mümkindir.** Magnitoelektrik ölçege abzallaryny **özbaşdak hem-de elektron we fotogalwanometrik güýçlendirijiler** bilen bilelikde-de ulanýarlar. Magnitoelektrik galwanometrleriň kömegi bilen $10^{-7}-10^{-8}$ W çenli naprýaženiýäni ölçemek mümkindir.

Galwanometrler bilen deňşdireniňde hemişelik toguň potensiometrlerini ulanmaklyk gural we metodik ýalňyşlyklary peseldýär, ýöne ölçege geçirilýän wagty köp alýar.

Ululygy $10^{-6}-10^{-7}$ W bolan naprýaženiýäni ölçemek üçin **nanowoltmetrler** ulanylýar. Olar **fotogalwanometrden we ýarymgeçiriji güýçlendirijilerden** durýar. Olaryň çykyşyna magnitoelektrik ulgamly ölçege mehanizmi birikdirilýär. Bu abzallaryň **takyklyk klasy 1,0 – 1,5** deňdir.

Magnitoelektrik ulgamly milliowoltmetrler 10^{-4} W-dan ýokary naprýaženiýeleri ölçemek üçin ulanylýar we olar ýönekeýligi we ulanmaga amatlylygy bilen tapawutlanýarlar. **Milliowoltmetrleriň takyklyk klasy 0,2; 0,5** -den gowý däl.

1 mA – den **6 kA**-e çenli hemişelik togy we **1 mW**-dan **1,5 kW**-a çenli naprýaženiýäni ölçemek üçin magnitoelektrik ulgamly ölçege abzallary ulanylýar. Bu ulgamdaky mikro – we milliamperlerde ähli tok ölçege mehanizminiň ramkasynyň üstünden geçýär. Bu tok **30 - 50 mA**-den ýokary geçmeýär. Ölçege çäginini ýokarlandyrmak üçin tok boýunça şunt, naprýaženiýe boýunça bolsa **goşmaça rezistorlar** ulanylýar.

Hemişelik we üýtgeýän toklary ölçemek üçin niýetlenen, **10 mA**-den **100 A**-e çenli togy we **600 W**-a çenli naprýaženiýäni ölçemek üçin elektrodinamik ulgamly ölçege abzallary ulanylýar. Olar takyklygy boýunça magnitoelektrik ulgamly ölçege abzallaryna meňzeşdir, ýöne olara seredeniňde hususy kuwwaty köp harçlaýarlar we deňölçeýsiz şkalasy bardyr.

Hemişelik we üýtgeýän toklary ölçemek üçin niýetlenen, **10 mA**-den **200 A**-e çenli togy we **600 W**-a çenli naprýaženiýäni ölçemek üçin elektromagnit ulgamly ölçege abzallary ulanylýar. Bu ölçege abzallarynyň **takyklyk klasy 0,2; 0,5-e** deňdir we bularyň esasy artykmaçlygy – pes bahalylygydyr.

Birnäçe woltadan birnäçe ýüz kilowolta çenli hemişelik naprýaženiýäni ölçemek üçin elektrostatik woltmetrler ulanylýar. Olaryň esasy artykmaçlygy – az kuwwaty sarp etmekligidir. Has takyk bu abzallaryň **takyklyk klasy 0,05** –e deňdir. Emma bu takyk, elektrostatik abzallar çylşyrymly we gymmat bolanlygy sebäpli az mukdarda goýberilýär. Esasan bu ulgamyň woltmetrleriniň **takyklyk klasy 0,5; 1,0; 1,5** deňdir.

Magnitoelektrik abzallary şuntlamak bilen hemişelik togy birnäçe mün ampere çenli ölçmäge mümkinçilik berýär.

Adatça 6 kW-a çenli hemişelik güýjenmäni ölçemek üçin goşmaça garşylykly magnitoelektrik woltmetrleri ulanýarlar. Has uly naprýaženiýeleri ölçemekde goşmaça garşylyklary ulanmak amatsyz, sebäbi olaryň göwrümi uly we özlerine kuwwaty köp sarp edýärler. Munuň ýaly ýagdaýda **elektrostatik woltmetrleri** ulanýarlar.

Birfazaly zynjyrdan wattmetriň kömegi bilen kuwwatyň ölçenilişi

Belli bir wagtda edilen işiň wagta bolan gatnaşygyna kuwwat diýilýär we ol P harpy bilen belgilenýär.

$$P = A / t \quad (1)$$

Kuwwat – bu tizlik bolup, şol tizlikde iş edilýär ýa – da şol tizlikde energiýanyň öwrülişi bolup geçýär.

Iýmit çeşmesinde mehniki energiýanyň elektrik energiýasyna öwürlmegine tizligine generatoryň (çeşmäniň) kuwwaty diýilýär.

$$P_g = \frac{EIt}{t} = EI \quad (2)$$

Elektrik energiýasynyň zynjyryň daşky böleginde başga energina öwürme tizligine kabul edijiniň kuwwaty diýilýär.

$$P = \frac{UIt}{t} = UI \quad (3)$$

Generatorda elektrik energiýasynyň önümçiliksiz harçlanmagyny kesgitleýän kuwwata kuwwat ýitgisi diýilýär

$$P_0 = \frac{W_0}{t} = \frac{U_0 It}{t} = U_0 I \quad (4)$$

Energiýanyň saklanma kanuny boýunça generatordan çykan kuwwat kabuledijilerdäki ahli kuwwata we generatoryň kuwwat ýitgisine deňdir.

$$P_g = P + P_0 \quad (5)$$

SI ulgamynda kuwwatyň ölçeg birligi watt (Wt) bolup, ol bir sekuntda bir joula ýa – da kuwwata deň bolup, bir sekuntda bir joule elektrik energiýasynyň başga bir energiýa öwrülmeğine deňdir

$$1 \text{ Wt} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s},$$

Ýa – da

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Wt} * 1 \text{ s} = 1 \text{ Wt} * \text{s}$$

(3) deňlemeden görnüşi ýaly $[P] = [UI]$

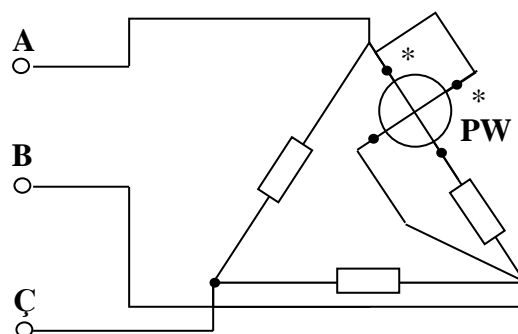
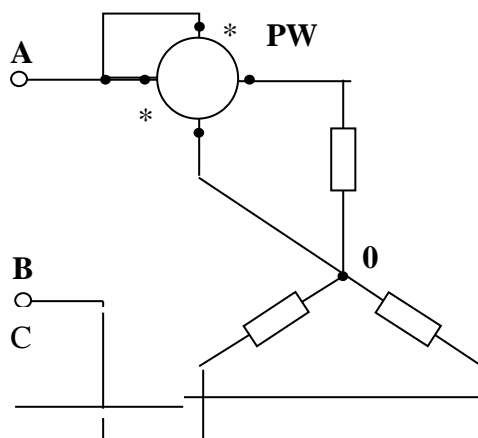
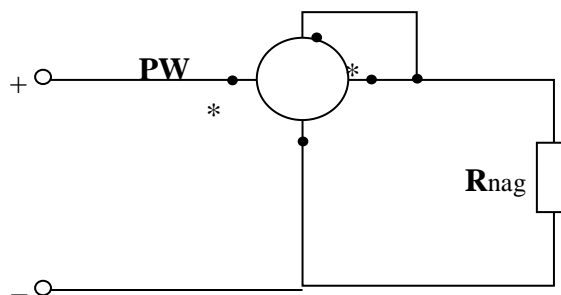
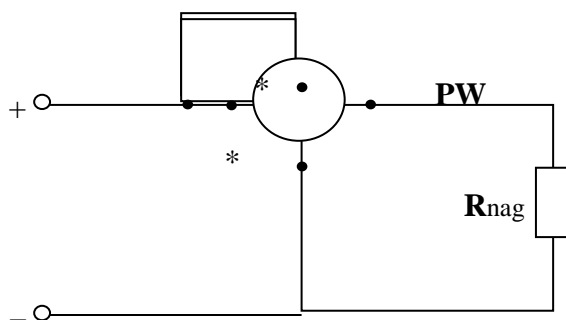
Şeýlelik bilen $1 \text{ Wt} = 1 \text{ W} * 1 \text{ A}$, ýagny watt – bu 1 A tok güýjündäki we 1 W naprýaženiýedäki kuwwatdyr.

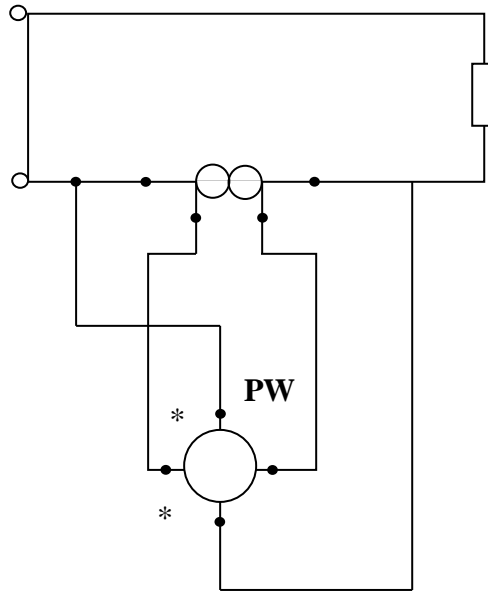
Meselem. 10 kWt kuwwatly lektroýörediji 225 W naprýaženiýeli sete birikdirilen. Elektroýöredijidäki tok güýjüni kesgitleýäris:

$$P=UI, \text{ bu ýerden } I = \frac{P}{U} = \frac{10000}{225} \approx 44 \text{ A}$$

Hemişelik tokda kuwwaty ampermetriň we woltmetriň kömegi bilen ölçäp bolýar. Bu usul shemasynyň ýönekeýligi bilen giňden ýaýrandyr. Ýöne bu usulda bir wagtda iki ölçeg abzalynda ölçeg we hasaplama geçirmeli bolýar, bu bolsa ölçegi çylşyrymlaşdyrýar we onuň takyklygyny peseldýär.

Has ýönekeý we takyk kuwwaty elektrodinamiki wattmetriň kömegi bilen tapýarlar. Aşakdaky çyzgyda kuwwaty ölçemek üçin wattmetriň birikdirilişi görkezilendir.





Üçburçlyk görnüşinde birikdirilen kabul ediji üç fazaly tok çeşmesine birikdirilende onuň fazasyndaky aktiw garşylygy $r = 24 \text{ Om}$, induktiw garşylygy $x_L = 32 \text{ Om}$. Liniýa naprýaženiýesi $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_L = 220 \text{ V}$. Kabul edijiniň aktiw kuwwatyny we wattmetrleriň görkezijilerini kesgitleýäris.

Wattmetrleriň görkezijileri

$$P_1 = U_{AC} I_A \cos (U_{AC}, I_A),$$

$$P_2 = U_{BC} I_B \cos (U_{BC}, I_B).$$

Üç fazaly ulgamda doly simmetriýa bolanda, ýagny

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_L; I_A = I_B = I_C = I_L; \varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$$

bolanda deňleme aşakdaky ýaly görnüşe geler

$$P_1 = U_L I_L \cos (\varphi - 30^\circ);$$

$$P_2 = U_L I_L (\cos(\varphi + 30^\circ)).$$

Fazadaky tok

$$I_f = \frac{U_f}{z} = \frac{U_f}{\sqrt{r^2 + x_L^2}} = \frac{220}{\sqrt{24^2 + 32^2}} = 5,5 \text{ A}.$$

Liniýadaky tok

$$I_L = \sqrt{3}I_f = 1,73 \cdot 5,5 \approx 9,52 \text{ A.}$$

Kabul edijiniň kuwwat koeffisiýenti

$$\cos \varphi = \frac{r}{\sqrt{r^2 + x_L^2}} = \frac{24}{\sqrt{24^2 + 32^2}} = 0,6 \text{ diýmek } \varphi = 53^\circ 10'$$

San bahalaryny formula goýup aşakdakylary alýarys

$$P_1 = U_L I_L \cos (\varphi - 30^\circ) = 220 \cdot 9,52 \cdot \cos(53^\circ 10' - 30^\circ) = 1924 \text{ Wt;}$$

$$P_2 = U_L I \cos (\varphi + 30^\circ) = 220 \cdot 9,52 \cdot \cos(53^\circ 10' + 30^\circ) = 249 \text{ Wt}$$

Kabul edijiniň aktiw kuwwaty

$$P = P_1 + P_2 = 1924 + 249 = 2173 \text{ Wt}$$

Ýa – da

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi = 1,73 \cdot 220 \cdot 9,52 \cdot 0,6 = 2173 \text{ Wt}$$

Indi fazalar “ýyldyz” görnüşinde birikdirilende fazalardaky togy, wattmetrleriň görkezijilerini, zynjyryň aktiw kuwwatyny kesgitleýäris.

Liniýa naprýaženiýesi

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_L = 380 \text{ W.}$$

Rezistoryň garşylygy $R = 50 \text{ Om}$; induttiw garşylyk $x_L = 50 \text{ Om}$
we sygym garşylygy $x_C = 50 \text{ Om}$.

Generatoryň fazalaryndaky naprýaženie

$$U_A = U_B = U_C \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} \approx 220 \text{ W}$$

Naprýaženiýe wektorlaryny kompleks görnüşde aňladýarys. Bu ýagdaýda \dot{U}_A naprýaženiýäniň wektoryny hakyky ok boýunça položitel ugra ugrukdyrýarys, onda $\dot{U}_A = U_A = 220 \text{ W}$;

$$\dot{U}_B = \dot{U}_A e^{-j120^\circ} = U_A (\cos 120^\circ - j \sin 120^\circ) = 220 \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -110 - j190,5 \text{ W};$$

$$\dot{U}_C = \dot{U}_A e^{-j240^\circ} = U_A (\cos 240^\circ - j \sin 240^\circ) = 220 \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -110 + j190,5 \text{ W}.$$

Simwoliki görnüşde fazalaryň garşylygyny we geçirijiligini aňladýarys:

$$Z_A = R = 50 \text{ Om}; Z_B = jx_L = j50 \text{ Om}; Z_C = -jx_C = -j50 \text{ Om}.$$

$$Y_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{50} + j0,02 \text{ 1/Om}, \quad Y_B = \frac{1}{Z_B} = \frac{1}{j50} = -j0,02 \text{ 1/Om},$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{-j50} = j0,02 \text{ 1/Om}.$$

Fazalaryň ýüki deňölçegli bolmanlygy üçin kabul edijiniň neýtral nokady generatoryň neýtral nokady bilen gabat gelmeýär.

Generator bilen kabul edijiniň neýtral nokatlarynyň arasyndaky naprýaženiýe

$$\dot{U}_N = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} = \frac{220 \cdot 0,02 + (-110 - j190,5) \cdot (-j0,02) + (-110 + j190,5) \cdot j0,02}{0,02 - j0,02 + j0,02} = -161 \text{ W}$$

Ýüküň fazalaryndaky naprýaženiýe

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_N = 220 + 161 = 381 \text{ W}; \quad \dot{U}'_A = 381 \text{ W};$$

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_N = -110 - j190,5 + 161 = 51 - j190,5 \text{ W}; \quad \dot{U}'_B \approx 197 \text{ W};$$

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_N = -110 + j190,5 + 161 = 51 + j190,5 \text{ W}; \quad \dot{U}'_C \approx 197 \text{ W}.$$

Toklary kesgitlevqris:

$$\dot{I}_A = \dot{U}'_A Y_A = 381 \cdot 0,02 = 7,62 \text{ A}; \quad I_A = 7,62;$$

I_A toguň wektory faza boýunca U_A naprýaženiýäniň wektory bilen gabat gelýär.

$$\dot{I}_B = \dot{U}'_B Y_B = (51 - j190,5) \cdot (-j0,02) = -3,81 - j1,02 \text{ A};$$

$$I_B = \sqrt{3,81^2 + 1,02^2} = 3,94 \text{ A};$$

I_B toguň wektory \dot{U}_B naprýaženiýe wektoryndan 90° yza galýar.

$$\dot{I}_C = \dot{U}'_C Y_C = (51 + j190,5) j0,02 = -3,81 + j1,02 \text{ A}; I_C \approx 3,94 \text{ A};$$

I_C toguň wektory \dot{U}'_C naprýaženiýe wektoryndan 90° öňe gidýär.

Birinji wattmetriň W_1 görkezýän aktiw kuwwaty aşakdaky formula boýunça aňladylýar:

$$P_1 = \operatorname{Re} [U_{AC} I_A] = \operatorname{Re} [(330 - j190,5) 7,62] = 2514 \text{ Wt};$$

Bu ýerde

$$\dot{U}_{AC} = -\dot{U}_{CA} = -(\dot{U}'_C - \dot{U}'_A) = -(51 + j190,5 - 381) = 330 - j190,5 \text{ W}.$$

Ikinji wattmetriň W_2 görkezýän aktiw kuwwaty aşakdaky formula boýunça aňladylýar:

$$P_2 = \operatorname{Re} [\dot{U}_{BC} \dot{I}_B] = \operatorname{Re} [(\dot{U}'_B - \dot{U}'_C) \dot{I}_B] =$$

$$= \operatorname{Re} [51 - j190,5 - 51 - j190,5) * (-3,81 + j1,02)] = 389 \text{ Wt}$$

Zynjyryň aktiw kuwwaty wattmetrleriň görkezijileriniň jemine deňdir:

$$P = P_1 + P_2 = 2514 + 389 = 2903 \text{ Wt}$$

Ýa – da

$$P = \dot{U}'_A I_A = 381 * 7,62 = 2903 \text{ Wt}.$$

Naprýaženiýesi 380 W bolan üçfazaly dörtsimli tok çeşmesine garşylygy $R_1 = 10 \text{ Om}$; $R_2 = 6 \text{ Om}$; $R_3 = 7 \text{ Om}$ bolan rezistorlar, garşylygy $X_L = 8 \text{ Om}$ bolan induktiw tegek we garşylygy $X_C = -24 \text{ Om}$ bolan kondensator birikdirilen. Liniýadaky toklary, neýtral simdäki togy we kabul edijiniň sarp edýän ähli görnüşdäki kuwwatyny kesgitleýäris.

Fazadaky naprýaženiýe simmetrik bolany sebäpli aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$U_F = U_L / \sqrt{3} = 220 / \sqrt{3} = 127 \text{ W}.$$

Fazalaryň hemmesine birikdirilen doly garşylyklar:

$$Z_A = R_1 = 10 \text{ Om};$$

$$Z_B = \sqrt{R_2^2 + X_L^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Om};$$

$$Z_C = \sqrt{R_3^2 + X_C^2} = \sqrt{7^2 + 24^2} = 25 \text{ Om}.$$

Fazalarda hereket edýän toklaryň bahasy:

$$I_A = \frac{127}{10} = 12,7 \text{ A};$$

$$I_B = I_A = 12,7 \text{ A};$$

$$I_C = \frac{U_F}{Z_C} = \frac{127}{25} = 5,08 \text{ A}.$$

Neytral simdäki togy wektor diagrammasyny gurmak arkaly tapýarys. Wektor diagrammasyny gurmak üçin fazalaryň tok bilen naprýaženiýäniň arasyndaky burç süýşmesini tapýarys:

$$\operatorname{tg} \varphi_B = X_L / R_2 = 8/6; \quad \varphi_B = 53,1^\circ;$$

$$\operatorname{tg} \varphi_C = X_C / R_3 = -24/7; \quad \varphi_C = -73,7^\circ.$$

Ýüküň harçlaýan aktiw kuwwatyny fazalaryň aktiw kuwwatlaryny goşmak arkaly kesgitleýäris:

$$P = I_A^2 R_1 + I_B^2 R_2 + I_C^2 R_3 = 12,7^2 * 10 + 12,7^2 * 6 + 5,08^2 * 7 = 2761,3 \text{ Wt}.$$

Reaktiw kuwwat

$$Q = I_B^2 \cdot X_L + I_C^2 X_C = 12,7^2 \cdot 8 - 5,08^2 \cdot 24 = 671 \text{ var};$$

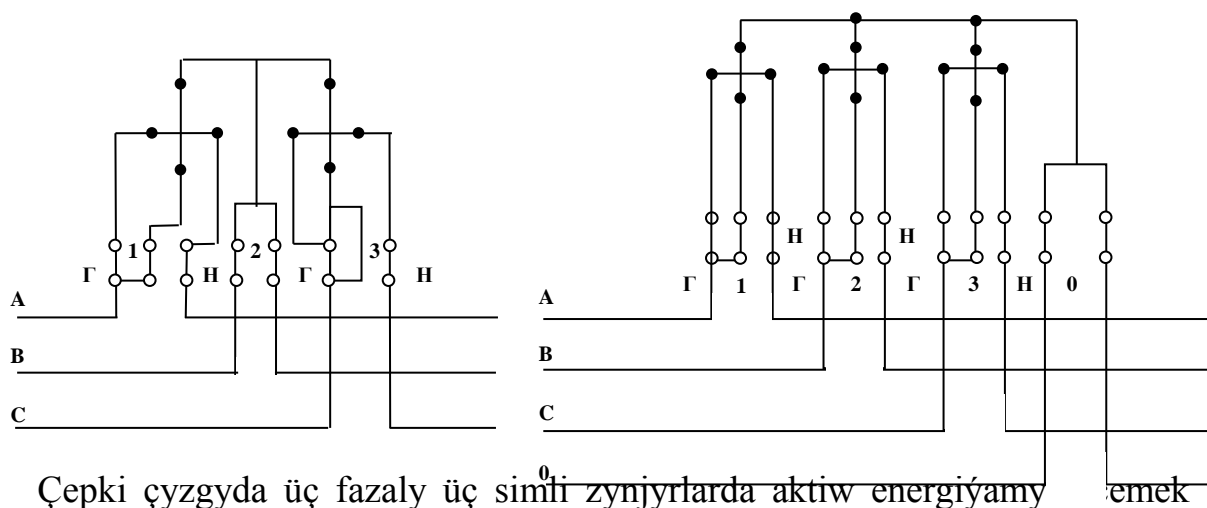
Doly kuwwat

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2761,3^2 + 671^2} = 2841,7 \text{ W} \cdot \text{A}.$$

Üçfazly hasaplaýyş ölçeg abzallary.

Elektroüpjünjilik ulgamynda aktiw we reaktiw energiýany ölçemek üçin iki we üç elementli hasaplaýyş ölçeg abzallary ulanylýar. Aktiw energiýa watt – sekuntda ýa – da kilowatt – sagatda ölçenilýär.

Üç fazaly zynjyrlarda reaktiw energiýa üç fazaly üç elementli hasaplaýyş ölçeg abzallary bilen hasaba alynýar. Aktiw energiýany hasaba alýan hasaplaýyş ölçeg abzallary SA, reaktiw energiýany hasaba alýan hasaplaýyş ölçeg abzallary bolsa SR bilen belgilenýärler.



Çepki çyzgyda üç fazaly üç simli zynjyrlarda aktiw energiýany ölçemek üçin üç elementli hasaplaýyş ölçeg abzalyňyň birikdirilişi görkezilendir. Bir sany iki elementli hasaplaýyş ölçeg abzalyňyň deregine iki sany bir fazaly hasaplaýyş ölçeg abzalyňy ulanmak hem mümkindir. Sagdaky çyzgyda üç fazaly dört simli zynjyrlarda aktiw energiýany ölçemek üçin üç fazaly üç elementli hasaplaýyş ölçeg abzalyňyň birikdirilişi görkezilendir.

Üç fazaly dört simli zynjyrlarda aýlaw momentini döredýän hasaplaýyş ölçeg abzallaryňyň hem aktiw kuwwaty ölçemek üçin üç sany wattmetriň birikdirilişi ýaly birikdirilýänligini aňmak kyn däldir.

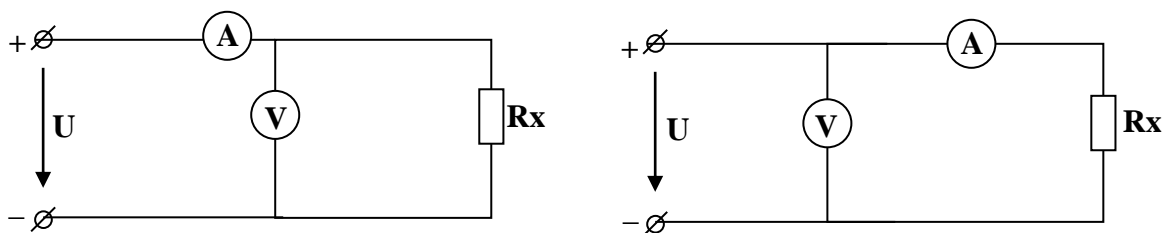
Elektrotehnika elektrik garşylyklaryny ölçemeklik ýygy - ýygydan ýerine ýetirilýär. Ähli elektrotehniki maşynlarda, gurluşlarda, abzallarda, awtomatlaşdyrmak serişdelerinde zynjyryň garşylygyna gözegçilik etmek möhümdir. Elektrotehnik gurluşlaryň aýratyn elementlerini ýasamak üçin, ilkinji nobatda rezistorlary ýasamakda, olaryň garşylygyny ölçemek zerur bolup durýar. Garşylygy ölçemekligiň iň ýönekeý usuly Omyň kanuny bilen baglanyşyklydyr. Hakykatdan hem zynjyrdaky togy we naprýaženiýäni ölçesek, onda Omyň kanuny boýunça garşylygy hasaplap bilýäris: $R=U/I$.

Elektrik gurluşlaryň hemişelik tokdaky elektrik garşylyklaryny (tegekler, rezistorlar we ş.m.) şertli kiçi (1 Oma çenli), orta ($1 \text{ Omdan } 10^5 \text{ Oma}$ çenli) we uly ($10^5 \text{ Omdan ýokary}$) ýaly böleklre bölýärler.

Kiçi garşylyklary ölçemek üçin ampermetr – woltmetr ýa – da köpri usulyňy ulanýarlar. Orta garşylyklary ölçemek üçin ampermetr – woltmetr usuly, göniden – göni baha bermek (Ommetrler), köprüler (ýekegat köpri) we kompensasiýa usuly ulanylýar. Uly garşylyklary ölçemek üçin göniden – göni megaohmmetrler ulanylýar.

Garşylyklary ölçemek üçin ohmmetr, megohmmetr ýa – da ampermetr, woltmetr usullary ulanylýar. Eger – de elektrik zynjyrynyň belli bir böleginde ampermetriň

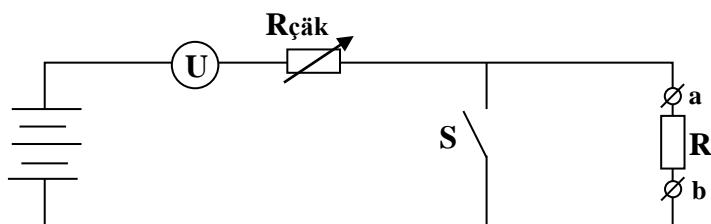
we woltmetriň kömegi bilen garşylygy ölçemeli bolsa, onda şol zynjyrdaky kabul edijilere ampermetri yzygiderli, woltmetri bolsa parallel birkidirýärler.



1-nji we 2-nji çyzgylarda görkezilişi ýaly ampermetri we woltmetri birikdirýärler – de toguň we naprýaženiýäniň bahasyny ölçeyärler. Toguň we naprýaženiýäniň bahalary anyklanandan soň, şu aşakdaky deňleme boýunça elektrik garşylygyny kesgitleýärler.

$$R_x = U/I$$

Garşylygy ommetriň kömegi bilen hem kesgitleýärler. Ommetriň esasy shemasy 3-nji çyzgyda görkezildi



Mälim bolan $R_{\text{çäk}}$ çäklendirilen garşylyk, rezistiw R_x we magnitoelektrik ulgamly tok ölçeyji I hem – de tok çeşmesiniň zynjyryndaky elektrik hereketlendiriji güýji E bilen yzygiderli birikdirilendir.

Zynjyrdaky toguň güýji şu aşakdaky deňleme bilen kesgitlenilýär.

$$I = E / (R_{\text{çäk}} + R_x)$$

Eger – de E elektrik hereketlendiriji güýjüniň we gäklendirilen garşylygyň $R_{\text{çäk}}$ bahalary hemişelik bolsa, onda zynjyrdaky tok diňe şol zynjyrdaky R_x garşylyga baglydyr, şonuň üçin – de bu garşylygyň her bir ululygyna toguň belli bir ululygy laýyk gelýär. Diýmek tok ölçeyjiniň şkalasyna gös – göni garşylygyň Om birliginde graduirlemek mümkindir. Ommetriň şkalasy tersinedir, ýagny onuň nuly sag tarapynda ýerleşýär, bu bolsa has kiçi bolan garşylyga we has uly bolan toga laýyk gelýär. Ommetriň kömegi bilen ölçege başlamazdan öň, onuň peýkamyny nula getirmelidir. Munuň üçin S ýazdyryjyny birikdirmek, R_x -y nula

deňlemek, $R_{\text{çäk}}$ çäklendirilen garşylygy el bilen sazlap, ölçeýjiniň peýkamyny nula getirmek zerurdyr. Ondan soňra S ýazdyryjyny ýazdyrmaly. Eger – de ölçeýji guralyň çyzgysynda ýazdyryjy S ulanylmadyk bolsa, onda ölçeýji abzalyň peýkamyny nula getirmek üçin a we b gysgyçlaryň aralaryny sim bilen birikdirmeli.

Ampermetr – woltmetr usuly kiçi we orta garşylyklary hasaplamak üçin iň ýönekeý we giňden ýaýran usul hasaplanylýar. Ölçenilýän garşylygy aşakdaky aňlatmadan tapýarlar:

Magnit ululyklarynyň ölçenilişi.

Hemişelik magnitli magnit ulgamyny taslamakda esasy mesele magnitiň görnüşini we ölçegini saýlamaklyk onuň ulanylýan we niýetlenen ýerine bagly bolup durýar. Köplenç ýagdaýda hereketlenýän tegekli ölçeý mehanizmlerindäki iş zatoryny ýa – da hereketlenýän magnitli ölçeý mehanizmindäki magnit momentini şeýle – de iş göwrümindäki meýdan güýjenmesini göz önünde tutýarlar. Emma bu tehnologik we ykdysady görkezijileriň hilini gowulandyrmaklygy – da aradan aýyрмаýar.

Islendik hemişelik magnit dürli parametrli magnit çeşmesi bolup durýar. Bu ýerde hasaplama diňe elektromagnit meýdanynyň deňlemelerini ulanmaklyk bilen ýerine ýetirip bolar. Ýöne bu deňlemeleriň çylşyrymlydygy üçin magnit ulgamy hasaplananda ýönekeý usullary ulanýarlar.

Ölçeý abzallarynyň we awtomatlaşdyrylan serişdeleriň magnit ulgamy hasaplananda esasan üç sany usuly peýdalanýarlar: gatnaşyk usuly, magnitsizlendirme faktorynyň usuly we ekwiwalent solenoid usuly. Bu sanalyp geçilen usullar durmuşda giňden ulanylýar. Usullaryň haýsyny ulanmaklyk ulanylýan magnit materiallarynyň häsiýetnamalaryny hasaba almak zerurlygyny ýüze çykarýar.

Armaturaly magnitleriň gatnaşyk usuly bilen hasaplanylşy.

Hemişelik magnitden durýan magnit ulgamyny, armaturaly magniti we magnit akymynyň howa ýollaryny adatça gatnaşyl usuly (Ewersed – Piku usuly) bilen hasaplaýarlar. Bu hasaplama magnit zynjyry ikidüwünli ekwiwalent shema getirilýär. Magnit naprýaženiýesiniň magnitiň boýuna ýaýramagyny çyzykly hasaplap armaturanyň magnit garşylygyny nula deň diýip alýarlar. Magnit we elektrik zynjyrlarynyň arasyndaky meňzeşligi grafoanalitik usul bilen magnit zynjyrlaryny hasaplamak üçin ulanýarlar, bu çyzyksyz elektrik zynjyrlaryny hasaplamak üçin giňden ulanylýar. Bu ýerde I toguň analogy bolup Φ magnit akymy, E elektrik hereketlendiriji güýjüniň analogy bolup F magnit hereketlendiriji güýji, g elektrik geçirijiliginiň analogy bolup λ magnit geçirijiligi,

generatoryň Wolt – Amper häsiýetnamasynyň analogy bolup magnitiň Weber – Amper häsiýetnamasy hyzmat edýär.

Çyzyksyz elektrik zynjyrlarynyň nukdaý nazaryndan generatordan durýan, elektrik hereketlendiriji güýgli we ýükli zynjyryň toguny kesgitlemek üçin, onuň **g** geçirijiligiň Wolt – Amper häsiýetnamasyny gurmaly (**OA** gyşarma), absissa oky boýunça **EG** deň bolan **OB** uzynlyk geçirmeli, b nokatdan α burç boýunça **bs** göniçyzyk geçirmeli, onuň tg-i **tg** $\alpha = g$ şert bilen kesgitlenilýär. Bu çyzygy adatça daşky geçiriş häsiýetnamasy diýip atlandyrýarlar. Onuň generatoryň häsiýetnamasy bilen galtaşýan nokady **I_g** toguň bahasyny kesgitleýär (**sd** kesik). **Bd** kesik ýüküň gysgyçlaryndaky naprýaženiýäni kesgitleýär, od kesik bolsa generatoryň içki naprýaženiýesiniň pese düşmesini kesgitleýär. Bdsf göniburçlugyň meýdany bolsa **P_n = I_g U_n** ýükden çykýan peýdaly kuwwatyň bahasyna proporsionaldyr, **oesd** göniburçlugyň meýdany – generatoryň içki kuwwat ýitgisini aňladýar **P_i I_g U_i**.

Elektrik hasaplamalardan magnit hasaplamalaryna geçende ýokardaky ýaly düzgün doly saklanýar. Bu ýerde **oa** magnitiň Beber – Amper häsiýetnamasyny, ob kesim **F_m** magnitiň magnit hereketlendiriji güýjüni kesgitleýär. **Od** we **db** kesimler magnitiň içki (**F_i**) we daşky (**F_a**) magnit akymyny saklamagy üpjün edýär.

Eger armaturyň magnit ýagdaýy doýmakdan daşda bolsa, onuň daşky geçirijiligi $\lambda = \text{const}$ we daşky geçiriş häsiýetnamasy **bs** göniçyzyk emele getirýär, α burç gyşarmasy $\text{tg } \alpha = \lambda = \Phi_m / F_n$ şert boýunça kesgitlenilýär we çyzgyda masştaby hasaba almak bilen koordinatlar okunda gurulýar. Eger – de armaturyň magnit ýagdaýy doýmaga ýakyn bolsa, onda $\lambda = \text{var}$ we daşky geçirijiligiň häsiýetnamast çyzyksyz ýagdaýa eýe bolýar. Armatura bilen magnitiň Weber – Amper häsiýetnamasynyň galtaşýan nokady hemişelik magnitiň neýtralynda **Φ_m** magnit akymyny kesgitleýär. Oesd göniburçlugyň meýdany magnitsiz **W_n = Φ_m F_n / 2** magnit meýdanynyň energiýasyna proporsionaldyr. H nokat daşky energiýanyň maks. Şertini kesgitleýär, onda

$$W_n \left(\frac{\Phi_m F_n}{2} \right)_{\max}$$

Magnit zynjyrlary elektrik zynjyrlaryndan izolatorynyň ýoklugy bilen tapawutlanýar. Şonuň üçin bularda magnit dargamasy gutulgysyzdyr we iş boşlugyndaky daşky enenrgiýa peýdaly bolup durýar. Magnit akymyny **Φ_m** iş akymy **Φ_i** we dargama akymy **Φ_d** akymalarynyň jemi hökmünde seredip bolar:

$$\Phi_m = \Phi_i + \Phi_d$$

Diýmek

$$\lambda = \lambda_i + \lambda_d \quad \text{we} \quad W_n = W_i + W_d$$

Sebäbi

$$\Phi_i / F_n = \lambda_i \text{ we } \Phi_d / F_n = \lambda_d$$

$$\text{Onda } \frac{W_n}{W} = \frac{\Phi_m}{\Phi_i} = \frac{\lambda}{\lambda_i} = \sigma$$

Bu ýerde σ - dargama koeffisiýenti

Hemişelik magnitli zynjrlary hasaplanlarynda Weber – Amper häsiýetnamasynyň deregine magnitsizlenme gyşarmasyny $\mathbf{B} = \mathbf{f}(\mathbf{n})$ ulanýarlar. Sebäbi $\mathbf{B} = \mathbf{f}(\mathbf{n})$ gyşarma $\Phi = f$ (F_0 gyşarmadan diňe mashtaby we $B = \Phi / S_m$ koordinatanyň başlangyç nokadynyň beleşiş bilen tapawutlanýar. Bu ýerde S_m neýtral çyzyk boýunça magnitiň kese kesiginiň meýdany, $\mathbf{H} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{l}_m$

Bu ýerde \mathbf{l}_m – magnitiň uzynlygy. Mashtabyň beýle üýtgemegi \mathbf{sd} kesimde magnitiň neýtralynda \mathbf{B}_m induksiýany, db kesim – magnit meýdanynyň daşky böleginiň \mathbf{H}_b güýjenmesini, ob kesim – induksiýa boýunça \mathbf{H}_{sb} koersitiw güýji, burç α bolsa daşky geçirijilik ulgamynyň getirilen häsiýetnamasynyň gyşarmasyny kesgitleýär, ol bolsa aşakdaky gatnaşyk bilen tapylýar

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_m}{H_m} = \frac{\Phi_m l_m}{F_n S_m} = \lambda \frac{l_m}{S_m}$$

Nokat h $B_m H_n$ köpeldilme maksimumyna laýyk gelýär we adaty energetiki köpeldilme maksimum hokady diýip atlandyrylýar, sebäbi bu köpeldilme magnit meýdanynyň daşky energiýasyny kesgitleme formulasyna girýär:

$$W_n = \frac{\Phi_m F_n}{2} = \frac{B_m S_m H_n l_m}{2} = \frac{B_m H_n}{2} V_m$$

Bu ýerde $V_m = B_m l_m$ – magnitiň göwrümi.

$$\Phi_m = B_m S_m; \quad F_b = H_b l_m; \quad F_m = H_{cb} l_m$$

$H = H_{cb}$; $B=0$; $M=M_0$; $B=\mu_0(M-H)$ bolanda $H_{cb} = M_0$ görnüşe gelýär. Şonuň üçin magnitiň magnit hereketlendiriji F_m güýjini aşakdaky ýaly formula boýunça kesgitlep bolýar

$$F_m M_0 l_m$$

Bu ýerde M_0 magnitlenme $B=0$ bolanda.

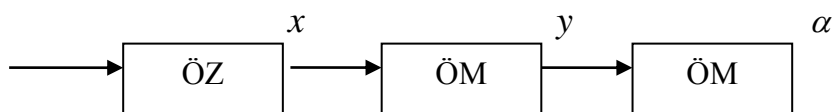
Elektromehaniki ölçeg abzallary.

Elektromehaniki ölçeg abzallarynda ölçeg zynjyryna berilýän elektromagnit energiýasy abzalyň hereket etmeýän bölegine baglylykda hereketlenýän böleginiň burç süýşmesiniň mehaniki energiýasyna öwrülýär.

Elektromehaniki ölçeg abzallarynyň durmuşda has giň ýaýrany elektrik zynjyrlarynda esasy elektrik ululyklaryny: güýjenmäni, togy, kuwwaty, garşylygy elektrik energiýasyny, ýygylgy, fazalaryň burç süýşmesini we beýlekileri ölçemek üçin niýetlenendir.

Elektromehaniki ölçeg abzallary adaty göniden-göni özgerdiş usuly boýunça ýerine ýetirilýär we ölçeg zynjyryndan (ÖZ), ölçeg mehanizminden (ÖM) we hasaplaýyş desgasyndan (HD) durýar.

Elektromehaniki ölçeg abzalyň gurluş çyzgysy aşakdaky ýalydyr:



Ölçeg abzalyň ölçeg zynjyry x ululygy bilen funksional baglanşykly käbir aralykdaky y elektrik ululygyny ölçenilýän x ululygyna özgerdiji bolup hyzmat edýär. Ululyk y göniden-göni ölçeg mehanizmine täsir edýär.

Ölçeg zynjyry özära birikdirilen dürli elementlerden, ýagny rezistorlardan, kondensatorlardan, induktiw tegeklerden, göneldijilerden (wyprýamitellerden), termopardan we ş.m. durýar.

Ölçeg mehanizmi abzalyň esasy bölegi bolup, y ululygy mehaniki α (adaty burç) süýşmesine özgerdýär.

$$\alpha = f(y) = F(x)$$

Ölçeg abzalyna berilen elektromagnit energiýasynyň mehaniki energiýa özgerdişi usuly boýunça elektromehaniki ölçeg abzallary aşakdaky ýaly esasy toparlara bölünýärler.

- a) magnitoelektrikli;
- b) elektromagnitli;
- c) elektrodinamiki;
- d) elektrostatiki;
- e) induksion;
- f) termoelektriki.

Ölçeg mehanizmleriniň gurluş aýratynlyklaryna baglylykda ölçeg abzallarynyň elektromehaniki topary hem öz içinde birnäçe kiçi toparlara bölünýärler, meselem hereketlenýän äpişgeli magnitoelektriki ölçeg abzallary we hereketlenýän magnitli magnitoelektriki ölçeg abzallary.

Ölçeg abzallarynyň elektromehaniki toparynyň işine daşardan täsir edýän zatlardan şu aşakdakylary hasaplap bolar.

- a) daşky gurşawyň temperaturasy;
- b) daşky magnit meýdany.

Ölçeg abzalyň görkezijilerine daşky temperaturanyň täsirini azaltmagy adaty çyzgy usuly bilen amala aşyrýarlar. Şonuň üçin ölçeg abzallarynyň dürli topary öwrenilende temperaturany kompensirlemek çyzgysy getiriler we öwreniler.

Ölçeg mehanizmlerini daşky magnit meýdanynyň täsirinden goramak üçin ony ekramlaýarlar.

Bu usuly arzan hem-de ygtybarly gorag usuly hökmünde ýygy-ýygydan ulanýarlar. Bu usulda ölçeg mehanizmini ferromagnit korpusa ýerleşdirýärler (oňa ekran diýilýär) onda daşky magnit meýdanynyň çyzyklary gysga utgaşýarlar.

Daşky görnüşleriniň, gurluşlarynyň we ölçeg mehanizmleriniň dürli bolmagyna goramazdan olaryň hemmesiniň şol bir umumy detallary bardyr, olar diňe gurluşy, niýetlenen ýerleri, ulanylýan şertleri hem-de ölçeg ulgamlary boýunça tapawutlanýarlar. Umumy detallara ölçeg abzalynyň daşy, hasaplaýyş desgasy, hereketlenýän bölekleriň deňagramlylygyny saklaýjy we garşylyklaryň moment dörediji, rahatlandyryjy, düzediş giriziji-korrektor, ýokary duýgurlykly ölçeg abzallarynda arretir we başgala girýär.

Ölçeg abzalynyň daşy ölçeg mehanizmini tozandan, çygdan, daşky mehaniki täsirlerden goraýar.

Aýratyn şertlerde ulanylmaga niýetlenen ölçeg abzallarynda daşky karnisy suwdan, bugdan, gazdan urydan, sandyramadan goraýar.

Induksion hasaplaýyş ölçeg abzaly oka birikdirilen alýuminiý diskinden, iki sany elektromagnitden (yzygiderli A we parallel B), bökdençlik döredýän magnitden M we şesternýadan Ç herekete getirilýän hasaplaýyş mehanizminden durýar.

Elektromagnitleriň tegekleriniň üstünden tok geçen wagtynda iki magnit akymy döreýär, ol akymlar diski deşip geçip onda köwlenýän I_A we I_B toklary induktirleýär. Tok I_A bilen magnit akymy Φ_B we tok I_B bilen magnit akymy Φ_A özara täsir edip, kabul edijiniň kuwwatyna proporsional aýlaw momentini M döredýärler

$$M = k_1 P = k_1 IU \cos \varphi, \quad (1)$$

Munuň täsiri astynda hasaplaýyş ölçeg abzalynyň diskiniň aýlanmagy bolup geçýär.

Disk aýlananda päsgelçilik magnitiniň meýdanynda diskde köwlenme toklar induktirlenýär. Bu toklaryň şol magnitiň meýdany bilen özara täsiri netijesinde diskiň n aýlaw ýygyllygyna nproporsional päsgelçilik momenti döreýär, ýagny

$$M_T = k_2 n \quad (2)$$

Diskiň hemişelik aýlaw ýygyllygy onuň aýlaw we päsgelçilik momentlerine deň bolanda:

$$M = M_T \text{ ýa-da } k_1 P = k_2 n,$$

Bu ýerden kabuledijiniň kuwwaty

$$P = \frac{k_2}{k_1} n = kn$$

Şeýlelik bilen hasaplaýjynyň diskiniň aýlaw ýygylgy kuwwata proporsionaldyr.

Eger setden harçlanan energiýa $W=Pt$ bolsa, onda şol wagtda hasaplaýjynyň diskini N aýlaw edýär:

$$W = Pt = knt = k N \quad (3)$$

Diýmek, hasaplaýjynyň aýlaw sany harçlanan energiýa proporsionaldyr.

Hasaplaýjynyň diskiniň bir aýlaw edýän wagtyndaky setden harçlanan energiýanyň mukdaryna

$$W / N = C \quad (4)$$

hasaplaýjynyň hemişeligi diýilýär.

Setden harçlanan energiýa hasaplaýjynyň hasaplaýyş mehanizminde hasaba alynýar.

Hasaba alnan energiýanyň diskiniň aýlaw sanyna bolan gatnaşygyna abzalyň C_{nom} nominal hemişeligi diýilýär. Diskiniň bir aýlaw sanyna laýyk gelýän energiýanyň mukdaryna abzalyň hakyky C hemişeligi diýilýär. Onda hasaplaýjynyň oňnositel ýalňşlygy

$$\delta = (W' - W) / (C_{nom} - C) / C$$

Magnitoelektriki ölçeg abzallaryny.

Magnitoelektrik ölçeg abzallarynyň ulgamy üstünden ölçenilýän tok akyp geçýän ramka (tegek) bilen hemişelik magnitiň magnit meýdanynyň özara täsir ediş düzgüninde işleýär. Bu özara täsir ediş netijesinde aýlaw pursaty döreýär. Bu hem ölçeg mehanizminiň hereketlenýän bölegini hereketlenmeýän bölegine görä gysardýar. Bu iki elementiň (ramkanyň ýa-da magnitiň) hereketlenişine baglylykda hereketlenýän ramkaly ýa-da hereketlenýän magnitli mehanizmler ýaly böleklere bölýärler. Gurluşy boýunça hereketlenýän ramkaly mehanizmi bolan magnit ulgamyny daşky we içki magnitli mehanizmler ýaly böleklere bölmek bolar.

Daşky magnitli magnitoelektrik ulgamynyň ölçeg mehanizmi şu aşakdakylardan durýar:

Mehanizmiň magnit ulgamy hemişelik magnitden, silindr şekilli uçlandyrylan polýus hakoneçniklerden, silindr şekilli özenden we ýumşak magnit materialyndan

ýerine ýetirilen magnit geçirijiden durýar. Özen bilen polýus nakoneçnikleriniň arasyndaky howa boşlugynda güýçli deňölçegli magnit meýdany döreýär.

Mehanizmiň hereketlenýän bölegi inçe mis ýa-da alýiminiý simden bolan göniburç şekilli tegekden (ramkadan) durýar. Ramkanyň iki tarapyna kern ýa-da rastýažka berkitmek üçin alýuminiý buksy ýelimlenýär. Hereketlenýän bölegini deňagramlykda saklamak üçin ýükjagazlar ulanylýar. Şkalaly san görkeziji we strelka (dili) hasaplaýyş bölegini emele getirýär.

Ölçenilýän tok iki spiral şekilli ýaýjygyň üsti bilen ramkanyň sarymlaryna berilýär

Hereketlenýän ramkaly ölçeg mehanizminiň dürli görnüşleriniň biri-de ramkanyň içi magnitli mehanizmler bolup durýar. Şeýle magnit ulgamynyň mehanizmi hemişelik magnitden, polýus hakoneçniklerden we magnitgeçirijilerden durýar. Bu gurluşyň artykmaçlygy magnitiň magnit energiýasyndan gowy peýdalanmagy bolup, kiçi göwrümlü abzallary döretmäge mümkinçilik berýär.

Hereketlenýän bölegi hemişelik magnit bolan magnitoelektrik mehanizmler hem bardyr, olarda hemişelik magnit hereketlenmeýän tegegiň daşyndan aýlanýar. Ýöne bu mehanizmler seýrek ulanylýar. Bularyň kemçiligi: gowşak hususy magnit meýdany, pes duýgurlyk, şeýle-de pes takyklyk. Artykmaçlygy: ýönekeý gurluş, göwrüm ölçegleriniň kiçiligi, agyr ýüklere durnuklylygy we ş.m.

Magnitoelektrik abzallary diňe hemişelik togy ölçemek üçin ýaramlydyr. Ramkadaky toguň ugruny üýtgetmek aýlaw pursadynyň ugrunyň üýtgemegine we abzalyň diliniň ters tarapa gyşarmasyna getirer.

Magnitoelektrik ölçeg abzallarynyň artykmaçlygy: ýokary duýgurlyk, özüne kuwwaty az harçlamak, ýokary takyklyk we deňölçegli şkala. Bu abzallaryň takyklyk klasy: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0.

Magnitoelektrik ölçeg abzallarynyň kemçiligi: çylşyrymly ýasalyşy, ýokary bahasy, diňe hemişelik tokda ölçeg geçirmäge ýaramlylygy, aşa ýokary ýüklere ukybynyň pesligi we ş.m.

Magnitoelektrik ölçeg abzallary hemişelik toguň ampermetrleri we woltmetrleri hökmünde giňden ulanylýar. Olaryň ölçeg çäkleri ujypsyz mikroamperden ýüz ampere, ujypsyz woltadan ýüz wolta çenli baryp ýetýär, şeýle-de ommetr we hemişelik toguň zynjyrynda deňölçegliligi görkeziji – galwanometr hökmünde ulanylýar. Dürli fiziki ululyklary ölçemek üçin ulanylýan elektron ölçeg desgalarynda magnitoelektrik mehanizmler abzallaryň çykyş gökezijileri hökmünde ulanylýar.

Magnitoelektrik galwanometrler we logometrler

Galwanometr diýip, şkalasy graduirlenmedik, toga ýa – da naprýaženiýä ýokary duýgurly elektrik ölçeg abzalyna aýdylýar. Galwanometrler nul – indikator hökmünde giňden ulanylýar, şeýle – de galwanometriň hemişeligi belli bolsa kiçi toklary, naprýaženiýeleri we elektrik mukdaryny ölçemek üçin ulanylýar.

Magnitoelektrik galwanometrlerden başga – da meselem elektromer diýip atlandyrylýan elektrostatik galwanometrler bardyr. Emma olaryň ulanylyşy örän çäklidir.

Galwanometrlere bildirilýän esasy talaplar aşakdakylardan ybarat: ýokary duýgurlyk, bu ýagtylykly görkezijiniň şöhlesiniň uzynlygyny ulanmak bilen we garşylyklaýyn momenti azaltmak ýoly bilen ýerine ýetirilýär.

Gurluşy boýunça bir ýerden başga ýere geçirilýän (şkalasy goşmaça birikdirilen) görkezijisi peýkamly, şeýle – de ýagtylyk bilen görkeziji, aýnaly galwanometrler, dereje boýunça stasionar oturtmaklygy talap edýän aýratyn şkalaly we ş.m.

Aýnaly galwanometriň hemişeligi aýna bilen şkalanyň arasyndaky uzaklyga baglydyr.

Galwanometrleriň gurluşy hem adaty ampermetriň gurluşy ýaly ölçenilýän tokly tegek hemişelik magnitiň meýdanynda ýerleşdirilendir.

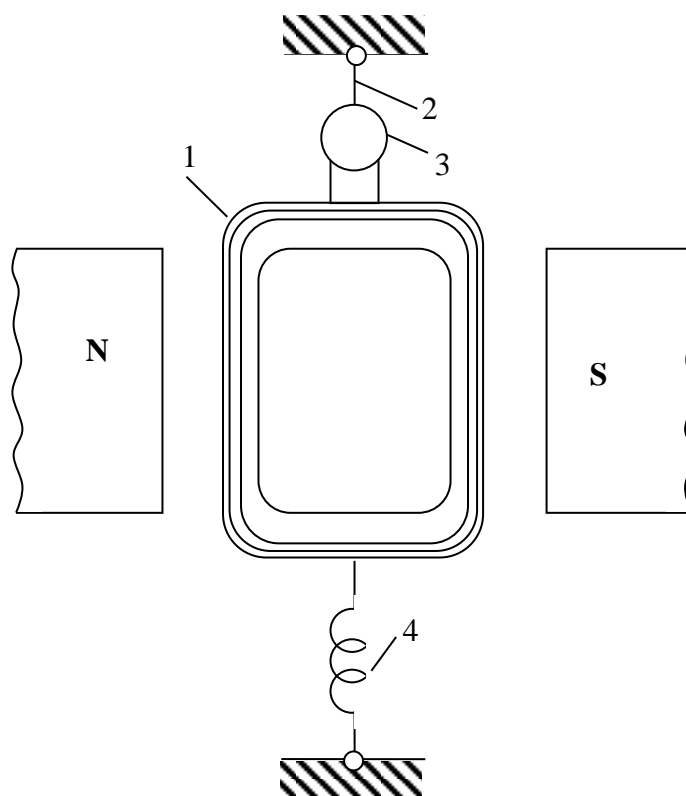
Bir ýerden başga ýere göçürilýän galwanometrlerde hereketlenýän bölek çekilme ýagdaýda, aýnaly galwanometrler bolsa asma gurnalýar. Aýnaly galwanometrlerde ramkanyň sarymlaryna tok bermek asma 2 we momentsiz sapak 4 arkaly amala aşyrylýar. Ramkanyň burç aýlawyny ölçemek üçin 3 aýna hyzmat edýär, onda ýörite ýagtylandyryjynyň kömegi bilen ýagtylyk şöhlesi fokuslanýar.

Häzirki zaman has duýgur aýnaly galwanometrleriň hemişeligi 10^{-11} A * m/mm çenli, göçürme galwanometrleriň hemişeligi bolsa takmynan $10^{-8} - 10^{-9}$ A / böl çenlidir.

Galwanometrleriň hemişeligi standart boýunça $\pm 10\%$ berlenden gyşarmaga ygtyýar berilýär we ol pasportynda görkezilýär.

Galwanometriň möhüm häsiýetnamalarynyň biri – de görkezijiniň nul ýagdaýynyň hemişeligidir. Muňa görkezijini şkalanyň çetki ýagdaýyndan ýuwaşjadan süýşürilende onuň nul belgä gaýdyp gelmezligine düşünmeli. Bu parametrler boýunça galwanometrleri hemişelik toparlara bölýärler.

Köp galwanometrler magnit şuntlary bilen üpjün edilýärler. Şuntyny ýagdaýyny üýtgetmek bilen iş zatoryndaky magnit induksiýasyny sazlamak mümkindir. Munda galwanometriň hemişeligi we beýleki parametrleri üýtgeýär. Standartyň talap etmegi boýunça magnit şunt hemişeligi tok boýunça üç esseden köp üýtgetmeli däl. Galwanometriň pasportynda şuntynyň iki ýagdaýynda – şunt girizilende we şunt doly çykarylanda- hemişeligiň bahasy görkezilýär.



Surat. Asma galwanometriň gurluş shemasy.

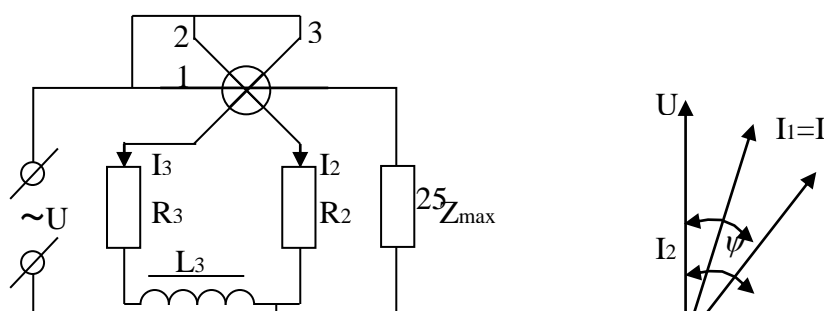
Galwanometrleriň örän duýgur bolýanlygy sebäpli olary daşky päsgelçiliklerden gorumak zerurlygy ýüze çykýar. Galwanometrleri mehaniki sandyramadan gorumak maksady bilen berk diwarlara ýa – da ýörite fundamentlere oturdýarlar, tok syzyjylykdan bolsa elektrostatik ekranlamak bilen goraýarlar.

Galwanometriň hereketlenýän bölegi ölçeg geçirilende onuň rahatlanmasyna baglydyr, ol daşky zynjyryň garşylygy bilen kesgitlenilýär. Galwanometr bilen işlemek amatly bolar ýaly bu garşylygy galwanometriň pasportynda görkezilen garşylyga ýakyn saýlaýarlar.

Ballistik galwanometrler gysga wagtlyk akyp geçýän elektrikleriň mukdaryny ölçemäge mümkinçilik berýär. Şeýlelik bilen ballistic galwanometler impuls ölçegleri üçin niýetlenendir.

Elektrik kabuledijileriň togunyň we naprýaženiýesiniň arasyndaky burç süýşmesini we kuwwat naprýaženiýesini ölçemek üçin niýetlenen fazometr hömünde elektrodinamiki we ferrodinamiki logometrler ulanylýar.

Elektrodinamiki fazometriň shemasy we oňa degişli wektor diagrammasy aşakda görkezilendir.



Okjagazyň üstünde berkidilen özara 60^0 burç boýunça birikdirilen iki sany guralyň hereket edýän bölegini düzýär.

Fazometriň hereketlenýän tegeginiň üstünden geçýän toguň, ramkanyň sim sargysyny üstünden geçýän tok bilen täsiri netijesinde, hereketlenýän we hereket etmeýän tegegiň özara burçy 150^0 bolup, nula deň bolanda aýlaw momenti döredýär

$$M_1 = C_1 I_1 I_2 \cos (I_1 \wedge I_2) \sin (150^0 - \gamma)$$

Tok I_1 bilen I_3 özara täsir etmek bilen M_1 - iň garşysyna aýlaw momentini döredýär

$$M_2 = C_2 I_1 I_3 \cos (I_1 \wedge I_3) \sin (150^0 - 60^0 - \gamma)$$

Wektor diagrammasyndan görnüşi ýaly $\cos (I_1 \wedge I_3) = \cos \varphi$ zynjyra ramkanyň sim sargysyny, ýagny induktiw tegegi L_3 we rezistory R_3 birikdirmek arkaly naprýaženiýäniň U we toguň I_3 faza süýşmek burçy $\psi = 60^0$ alynýar. Onda $\cos (I_1 \wedge I_3) = \cos (60^0 - \gamma)$.

Durnukly düzgün $M_1 = M_2$ bolan ýagdaýynda ýüze çykýar, onda $\gamma = \varphi$

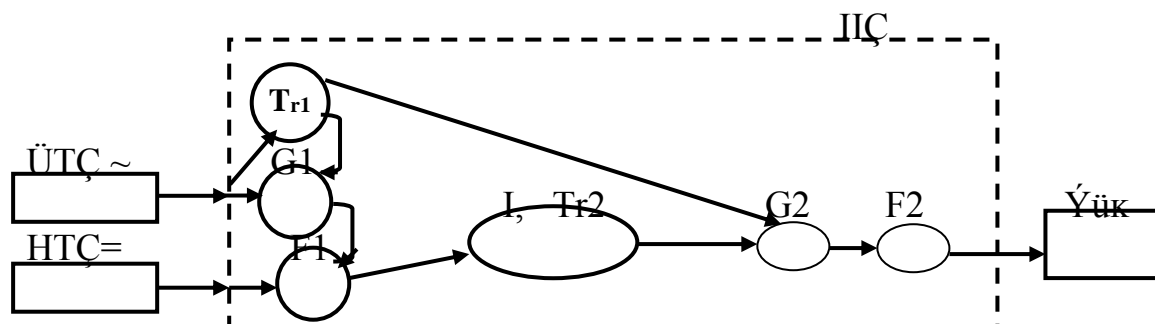
$$C_1 I_2 = C_2 I_3$$

Şeýlelikde fazometriň hereket edýän böleginiň aýlaw burçy, kabuledijiniň we toguň arasyndaky faza süýşmesine deňdir, şeýle ýagdaýda fazometriň şkalasy göniçyzyklydyr. Fazometriň şkalasy kuwwat koeffisiýentiniň bahasynda – da graduirlenip bilner.

Göneldiji ulgamly ölçeg abzallary.

Iýmitlendiriji elektrik çeşmelerini, umuman iki topara bölmek adaty ýagdaý hasap edilýär:

Mysal hökmünde 10.1-nji çyzgyda görkezilen çykalgasy diňe hemişelik tok üçin, birkanally stabilsiz IIÇ-leriň funksional shemasyna seredeliň.



Çyzgydaky şertli belgileriň okalyşlary

ÜTÇ- Üýtgeýän toguň çeşmesi; HTC-Hemişelik toguň çeşmesi; G1 we G2- göneldijileriň shemasy; I- inwertor; Ý- ýük, IIÇ- ikilenji iýmitlendiriji çeşme; Tr1- Çeşmäniň transformatory, Tr2 –inwertoryň transformatory, F1-hemişelik toguň çeşmesini goraýjy, F2- Düzleýji (filtr) süzgüç.

Göneldijileriň görnüşleri we olaryň parametrleri.

Göneldijileriň nyşanlaryna laýyklykda şu aşakdaky görnüşlere bölmek bolýar:

- Göneldiji elementleriň görnüşlerine görä: - elektronly, ionly, ýarymgeçirijili, dolandyryp bolýan we dolandyryp bolmaýan;
- Göneldilmeli naprýaženiýeniň ululygyna görä: -pes **1000 W** –a çenli, we ýokary **1000 W** –dan ylu naprýaženiýeler üçin;
- Çykalgasyndaky kuwwatyna görä: - kiçi kuwwatly (**1kWt**- a çenli), uly kuwwatly (**1kWt**-dan ýokary) göneldijiler;
- Iş düzgünleri boýunça görnüşleri: -uzak wagtlaýyn, gysga wagtlaýyn, impulsly, gaýtalany-p-gysgawagtdan işläp bilýän göneldijiler;
- Yüküň häsiýetlerine görä: - aktiw, induktiw, sygym we aktiw-induktiv ýa-da aktiw-sygym häsiýetli;
- Göneldiji shemalaryň ýygnaýşyna görä: - birtakly, köpfazaly, birtakly, ikitakly, naprýaženiýeni köpeldijiler;

Göneldijileriň shemalary dürli-dürli görnüşde bolup bilerler:

a) Her ýarymperiodda elektrik ýükünden akyp geýän toguň häsiýetlerine görä;- şular ýaly göneldijiler birýarymperiodly (birtakly) we ikiýarymperiodly (ikitakly) shemalara bölünýärler.

Birýarymperiodly göneldiji çeşmelerde transformatoryň ikinji sargysyndaky togunyň diňe ýarym peridy akyp geýär, ikiýarymperiodly göneldijilerde bolsa ýarymperiodlaryň ikisi-de ýüküň garşylygynda belli (takyk) bir tarapa akdyrylýar.

b) Göneldijilere berilýän üýtgeýän toguň fazalarynyň sanyna görä bölünýärler.

Çeşmeleriň ýa-da transformatorlaryň gurluşlaryna we görnüşlerine laýyklykda göneldijiler birfazaly, üçfazaly, altyfazaly we köpfazaly ýaly görnüşlere bölünýärler.

ç) Göneldilýän fazalaryň **m**-sanyna görä shemalary **m=p·q** formula bilen düşündirip bolýar.

Bu ýerde: **p** – üýtgeýän naprýaženiýelerde göneldilýän fazalaryň sany,

q – işleýän göneldiji elementlerdäki üýtgeýän naprýaženiýeniň ýarymperiodlarynyň sany.

Göneldiji gurnamalary (ikilenji çeşmeleri diýseň-de bolýar) şu aşakdaky parametrleri bilen häsiýetlendirýärler:

1.Çykalgasyndaky parametrleri bilen;

2.Göneldiji elementleriň parametrleri bilen;

3.Çeşmedäki transformatoryň parametrleri bilen.

Bu parametrlere aýratynlykda seredip geçeliň.

1.Çykalgasyndaky parametrleri:

a) **U_d** – göneldilen naprýaženiýeniň ortaça bahasy;

b) **I_d** – göneldilen toguň ortaça bahasy;

ç) **P_d = U_d · I_d** – göneldilen toguň zynjyryndaky kuwwaty;

c) **f_{p1}** – göneldilen (pulsirlenen diýseňde ýalňyş bolmaz) naprýaženiýeniň esasy (birinji) gormonikasynyň ýygylgy;

$$k_p = \frac{U_{1m}}{U_d} - \text{pulsyň ululygyny anyklaýan koeffisiýent.}$$

2.Göneldiji elementleriň parametrleri:

a) **I_{ort}, I_{täs}, I_{max}** –göneldilen toguň ortaça, täsir we maksimal bahalary;

c) **U_{ters, max}** –dioda düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy.

3.Çeşmä birikdirilen transformatoryň parametrleri:

I₁, I₂ ; U₁, U₂ – birinji we ikinji sargylardaky toklaryň we naprýaženiýeleriň täsir bahalary ;

b) **S₁=m₁ · U₁ · I₁** – birinji sargynyň doly kuwwaty;

S₂=m₂ · U₂ · I₂ – ikinji sargynyň doly kuwwaty;

m₁ - birinji sargydaky fazalaryň sany;

m₂ – ikinji sargydaky fazalaryň sany;

$$S_{tr} = \frac{S_1 + S_2}{2} - \text{Transformatoryň doly kuwwaty.}$$

ç) Transformatoryň birinji we ikinji sargylarynda ulanylýan koeffisiýentler.

$$k_1 = \frac{P_d}{S_1} ; \quad k_2 = \frac{P_d}{S_2} ; \quad k_{Tr} = \frac{P_d}{S_{Tr}} ;$$

Göneldijileriň birfazaly shemalary.

Kesgitlemesi: Göneldijiler diýlip, üýtgeýän toguň naprýaženiýesini hemişelik toguň naprýaženiýesine talabalaýyk göneldip bilýän gurnamalara aýdylýar.

Göneldijileriň düzümi (gurluşlary) Mysal hökmünde 10.2-nji çyzgyda üýtgeýän naprýaženiýe bilen togy hemişelik toga we naprýaženiýä öwürýän göneldijiniň funksional shemasy görkezildi.



10.2-nji çyzgy. Göneldijiniň funksional shemasy.

Görkezilen shema, dolandyryp bolmaýan birfazaly transformatorly göneldijileriň içinde iň köp ýaýranydyr. Muňa garamazdan bular ýaly göneldijileriň kem tarapy-da bardyr, ol hem **50Gs** işleýän birfazaly transformatorlaryň aşa uly göwrümi bilen massasy umumy göwrüminiň we massasynyň **50%** -nden-de köpdügidir. Düzleýji **F2**-süzgüç (filtr) hem özüniň induktiw tegegi bilen ullakan göwrümi we massasy bilen tapawutlanýarlar.

Häzirki döwürde şu aşakdaky funksional shema has giňişleýin ulanyp başlady.



10.3-nji çyzgy. Inwertorly, tranzistorly göneldijiniň funksional shemasy.

Bu hödürlenilýän funksional shemanyň gowy diýlip hasap edilýänliginiň sebäpleri:

a) Shemasyna hiç hili üýtgeşmeler girizmezden bu shemalary **50, 400** we **1000Gs** ýygylklarda işledip bolýanlygyndadyr;

b) Şeýle shemalarda ulanylýan iki sany transformatoryň kuwwatlarynyň özära deňliklerine garamazdan, inwertli **Tr2** –transformator çeşmäniň **Tr1** – transformatoryň massasyndan we göwrüminden 10÷100 esse kiçidir we onlarça kilogerslerde-de işläp bilýänligindedir.

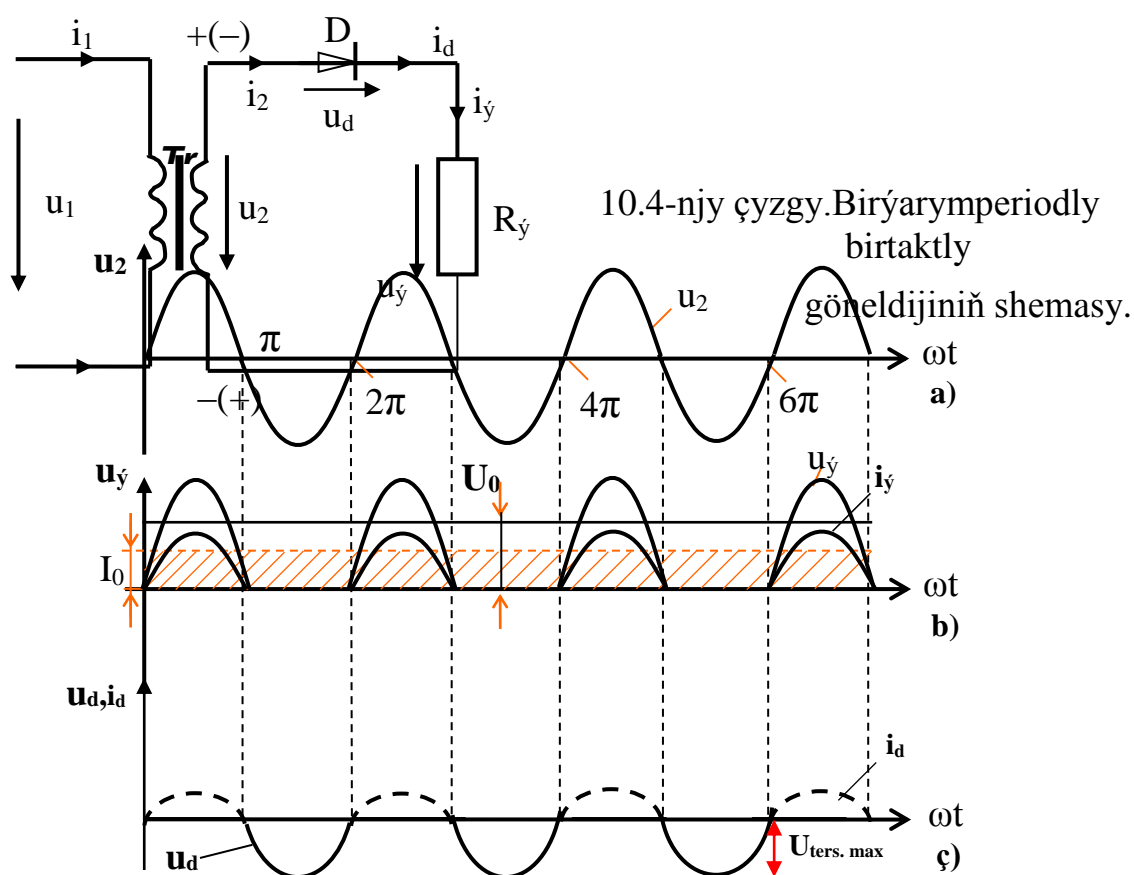
10.3-nji çyzgydaky F_1 we F_2 süzgüçler (filtrler) göneldilen impulslaryň örküçlerini düzleýji süzgüçleriň funksiýalaryny ýerine ýetirýärler. G_1 we G_2 – göneldiji elementler.

Bir we ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalary.

Birfazaly göneldijileriň iş düzgünlerine düşünmek üçin transformatorly çeşmä birikdirilen göneldijileriň iň ýönekeýine seredeliň. Göneldijilerde bolup geýýän fiziki hadysalar özleşdirilende transformator bilen diodlary **ideal** diýlip kabul edýärler. Şonuň üçin-de, ideal transformatorlaryň sargylaryndaky aktiw we reaktiw garşylyklary nula deňdir, ýagny $R_{Tr} \approx 0$; $X_{Tr} \approx 0$.

Ideal diodlaryň hem göni (geçirýän) tarapyna garşylyklary nula deň diýlip, ters (geçirmeýän) tarapynda bolsa garşylyklary tükeniksizlige ymtylýar diýlip kabul edilýär.

10.4-nji çyzgyda birfazaly, birýarymperiodly göneldijiniň shemasy hem-de onuň t -wagt boýunça iş diagrammasy 10.5-nji çyzgyda görkezildi.



10.5-nji çyzgy. Birýarymperiodly göneldijiniň t -wagta görä diagrammasy : **a**-ikilenji çeşmäň diagrammasy, **b**-göneldilen tok we naprýaženiýe, **ç**-dioda düşýän ters naprýaženiýe.

10.4-nji we 10.5-nji çyzgylarda ulanylan şertli belgiler:

U_1 – transformatoryň birinji sarymyndaky naprýaženiýe;

U_2 – transformatoryň ikinji sarymyndaky naprýaženiýe;

i_a we U_a – diodyň degişlilikde togy we naprýaženiýesi;

i_2 – transformatoryň ikinji sargysyndaky tok;

$U_{\text{tres,max}}$ – dioda düşýän ikinji ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy;

D – ýarymgeçiriji diod;

T – elektrik çeşmesine birikdirilýän transformator ;

Eger-de göneldijiniň T_r – transformatoryny sinus görnüşli üýtgeýän

(10.4-nji çyzgy) U_1 – naprýaženiýe bilen iýmitlendirsek, onda transformatoryň ikinji sargysynda sinus görnüşli **e₂-EHG** döreyär. Bu **e₂-EHG** ululygy we formasy boýunça U_2 – naprýaženiýä deňdir. (10.5-nji a-çyzgy)

Diagrammadan we shemadan görnüşi ýaly **O**-dan π - aralykda diodyň anody (+)-plýus alamatly naprýaženiýä duçar bolýar, **D**-diod açylýar we

U_2 – naprýaženiýäniň täsirinden transformatoryň ikinji sargysynda i_2 – dioddan i_a , elektrik ýükünden i_y toklar akar. Diýmek, **D**-diod **0**-dan tä π çenli naprýaženiýeniň plýus potensialynda açyklygyna galýar we beýleki (+)-plýus ýarymperiodlarda-da bu proses gaýtalanýar (10.5-nji **b**-çyzgy).

Şeýle polýarlyk 10.4-nji çyzgyda (+) we (-) alamatlar ýaý içine alynmady. Polýarnostyň üýtgeýän pursatlaryny bolsa ýaý içine (+) we (-) alyndy. Şeýle ýagdaýda diodyň anodyna (-), katodyna bolsa (+) alamatly potensiallar düşýär. Bu aralyk π -den tä **2** π çenli dowam edýär. Diýmek, dioda ters alamatly naprýaženiýe berilýär. Ters polýarnostda dioddan, ýüküň R_y -garşylygyndan we transformatoryň ikinji sargysyndan tok akmaýar.

Şeýlelikde, R_y – garşylykdan akýan tok puls görnüşli bolar. Bu impulslaryň dowamy (+) ýarymperioda deň bolup, formasy we ugry diňe birtaraplaýyndyr hem-de (+) plýus alamatlydyr (10.5-nji **b**-çyzga seret).

Diýmek göneldilen U_1 – naprýaženiýeniň-de formasy 10.5-nji **b**-çyzgyda görkezilen diagramma meňzeşdir.

Göneldiji naprýaženiýe öz düzüminde hemişelik U_0 – düzüjisinden hem-de birnäçe garmoniki düzüjilerinden emele gelip, olaryň özära garylmaklarynyň netijesinde pulsirleýji formanyň döremegine sebäp bolýarlar. Ýokarda seredilen göneldijiniň shemasy üçin (10.4-nji çyzgy seret) fazanyň sany **m=1**, sebäbi bir periodyň dowamynda elektrik ýüküniň R_y – garşylygynyň üstünden bir impuls geçýär. Toguň I_0 – hemişelik düzüjisi transformatoryň ikinji sargysyndan akyp geçende transformatoryň poladyny magnitlendirýär. Magnitleniş hadysa transformatoryň parametrleriniň hiliniň peselmegine getirýär hem-de polat-demirdäki ýitginiň artmagyna, transformatoryň boş iş düzgünindäki toguň ulalmagyna getirýär. Bu ýitgileri azaltmak üçin polat-demiriň kese-kesiginiň meýdanyny ulaltmaly bolýar, bu bolsa transformatoryň göwrüminiň we massasynyň artmagyna getirýär. Seredilýän shema üçin, göneldilen

naprýaženiýeniň impulsynyň ýygylgy **50Gs** (senagatlarda ulanylýan ýygylgy) diýlip alyndy, hemişelik düzüjisi bolsa

$$U_0 = \frac{U_m}{\pi} =$$

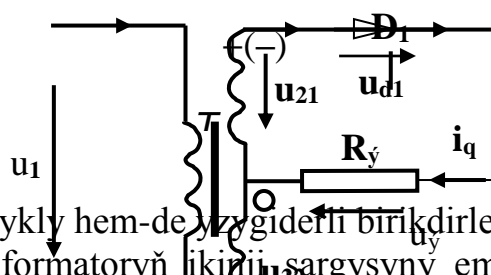
Ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalaryna seredeliň.

Ikiýarymperiodly göneldijileriň iki görnüşli shemalary bardyr.

Birinji transformatoryň ikinji sargysy ýörite neýtrallaşdyrylyp, bary-ýogy iki sany ýarymgeçiriji diod bilen (10.6-njy çyzgy) amala aşyrylýar. Degişli diagrammalary 10.7-nji çyzgyda görkezildi.

Ikinji köprüli shemadyr (10.8-nji çyzga seret). Bu shemada transformatoryň ikinji sargysynda dört sany diodly-ýörite shema bilen birleşdirilip, olaryň bir dioganylyna transformatoryň ikinji sargysy, beýleki dioganylyna bolsa R_y – garşylyk birleşdirýärler. Şeýle shema köprüni ýada salýar, şonuň üçin-de köprüli shema diýilýär.

Degişli diagrammalary 10.9-njy çyzgyda görkezildi. Bu iki shemalaryň işleýiş düzgünlerine aýratynlykda seredeliň. 10.6-njy çyzgyda çeşmä birikdirilen **T** – transformatoryň birinji sargysy bir sany tegekden gurnalan bolsa, onda ikinji sargysynyň ortarasyndan **0** – potensialy sim çykarýanlygy üçin, bu transformatoryň ikinji sargysy iki tegekden gurnalan diýseňde kän bir ýalňyş bolmaz. Şonuň üçin-de, transformatoryň ikinji sargylary



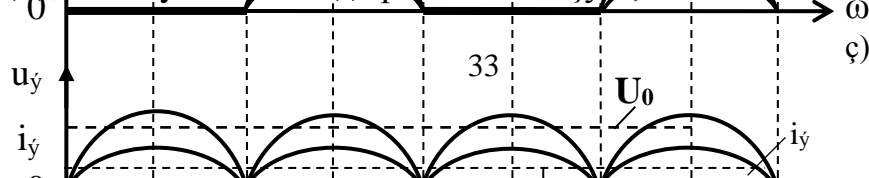
özara ylaşykly hem-de yzygiderli birikdirilen tegekler diýip-de bileris.

Transformatoryň ikinji sargysynyň emele getirýan her bir tegek öz diody hemde **O**-nokada birleşdirilen ýükiň R_y garşylygy bilen birleşdirýär. Diodlar ýüke göre anody ýa-da katody bilen birleşdirilip bilner. Berilen shema iki sany birýarymperiodly göneldijileriň gezekli gezegine goşulyp işlemekleriniň netijesidir diýip bileris. Shemanyň işleýiş düzgünini su aşakdaky tertinde düşündirip bileris:

Eger-de, birinji ýarymperiodda ($0 < \omega t < \pi$ aralyk) ýokarky tegegiň çykalgasy **O**-nokada göre (+), aşaky tegegiň çykalgasy (-) minus potensial diýip kabul etsek (10.6-njy çyzgyda ýaý içine salynmadyk „+“ we „-“ alamatlar), onda

D_1 – diod açyk bolar sebäbi onuň anody (+), katody bolsa (-) potensiallara eýe bolarlar. Netijede, D_1 – diod bilen R_y – ýükiň üstlenişinden $i_{d1} = i_y$ tok akar (10.9-njy çyzga seret). Emma, diod D_2 – ýapyk bolar we oňa ters naprýaženiýeniň iki esse ($U_{\text{ters}} = 2U_{2m}$) maksimal bahasy düşer. Bu ýerde U_{2m} – transformatoryň ikinji sargysy hasap edilýän tegekleriň ikinjisiniň maksimal naprýaženiýesiniň san bahasydyr, minun sebäbi D_1 – diodyň açyk wagty D_2 – diodyň katodyna (+) potensial, anodyna bolsa (-) potensial düşýär.

Ikinji ýarymperiodda bolsa D_2 – diod açylýar, çünki ikinji D_2 – diodyň anodyna (+), katodyna bolsa (-) potensial düşýär, sebäbi transformatoryň ikinji



sargysyny emele getirýän tegekleriň birinjisiniň çykalgasy (-) minus potensiala öwrülýänligi üçindir.

Şeýlelikde ikinji D_2 – diod bilen R_Y – ýüküň üstlerinden $i_2 = i_Y$ tok akar (10.7-nji çyzyga seret). Diýmek, D_1 we D_2 diodlar gezekli-gezegine işleýärler. Şonuň üçin-de bir periodyň dowamynda R_Y – garşylykdan akýan i_Y -tok i_{d1} -bilen i_{d2} – toklaryň jemine deň bolar, ýagny $i_Y = i_{d1} + i_{d2}$ bolar. Impulsyň sany bolsa $m=2$ bolar, ýagny iýmitlendiriji EHG-niň ýygylgy **50Gs** bolsa, onda impulslaryň ýygylgy iki esse köp bolar. ($f_{puls} = 2f_{çeşme} = 2 \cdot 50 = 100Gs$ bolar).

Ikiýarymperiodly göneldijilerde transformatoryň ferromagnit demiri magnitlenmeýär, sebäbi göneldilen toguň hemişelik düzüjileri özara tersdirler. Bu shemalarda göneldilen naprýaženiýeniň we toguň hemişelik düzüjisi birýarymperiodly bilen deňeşdirilende iki esse köpdür. $U_0 = 0,634 \cdot U_m$;

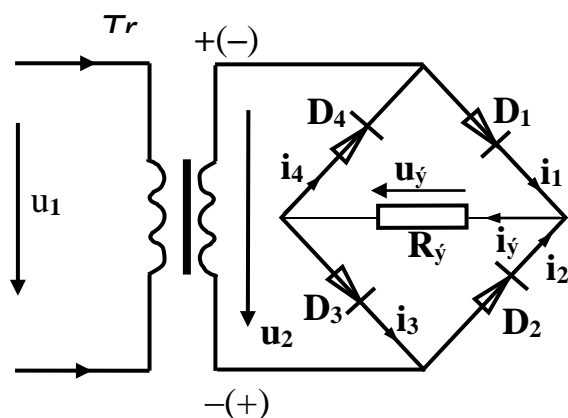
$$I_0 = 0,634 \cdot I_m$$

Ikiýarymperiodly göneldijiniň köprüli shemasy 10.8-nji çyzygyda, onuň iş düzgüniň diagrammalary 10.9-njy çyzygyda görkezildi.

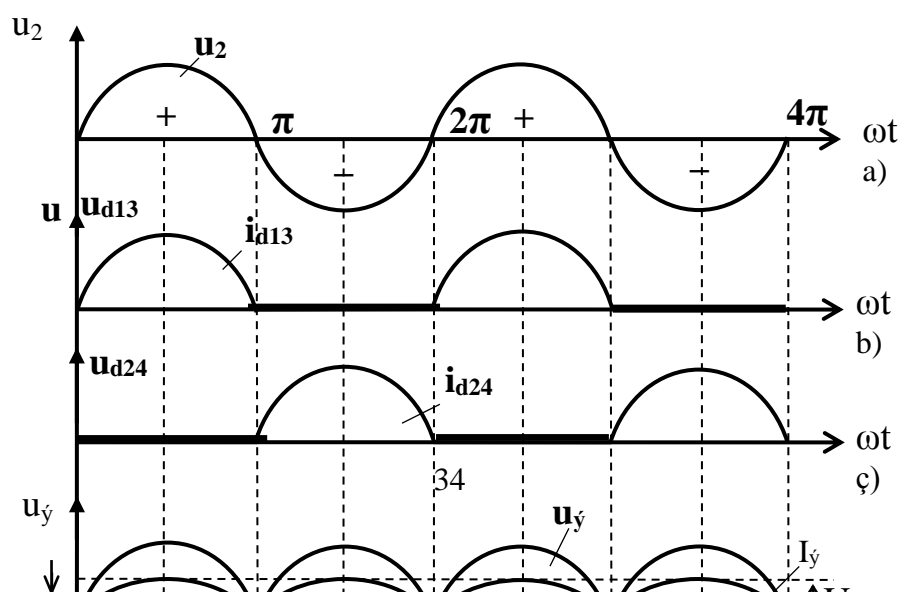
Çeşmä birikdirilen transformatoryň ikinji sargysynda bary-ýogy bir sany tegek bolup, köprini emele getirýän diodlaryň sany dörde deňdir. (D_1, D_2, D_3 we D_4).

Köprüli shemanyň bir dioganaly transformatora birleşdirilse, ikinji dioganaly ýüküň R_Y – garşylygyna birleşdirilýär.

Köprüli shemany emele getirýän diodlar özara birleşdirilende naprýaženiýeniň her bir ýarymperiodyna iki sany yzygider birleşdirilen diod düşýär.



10.8-nji çyzygy. Köprüli ikiýarymperiodly göneldijiniň shemasy



Shema üns berip seretseniz **D₁** bilen **D₂** diodlaryň umumy nokady emele getirýän katodlary (+) – plýus potensiala eýe bolsa, onda **D₃** bilen **D₄** diodlaryň umumy nokady emele getirýan anodlary (-) – minus potensiala eýe bolýarlar.

Eger-de, transformatoryň ikinji sargysynyň ýokarky çykalgasynyň potensialyny (+) – plýus, aşaky çykalgasyny bolsa (-) – minus diýip kabul etsek, onda sinus boýunça üýtgeýän **U₂** – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodyna gabat gelýär diýildigidir (10.9-njy **a** hem-de **b** – çyzgylardaky diagrammalara serediň). Netijede, **D₁**, **D₃** – diodlardan akýan göni **i_{d1}** we **i_{d3}** – toklar **R_ý** – garşylygyň üstünden akýan tok sagdan – çep tarapa bolar (10.8-nji çyzgydaky shemany yzarla!). Diýmek **U₂** – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodynda **D₂** bilen **D₄** – diodlardan tok akmaz, sebäbi olaryň anodlary bilen katodlaryna düşýän naprýaženiýe alamatlary boýunça tersdirler. Şonuň üçin-de birinji ýarymperiodyda bu diodlar ýapykdyrlar. Sinus grafigiň ikinji ýarymperiodynda **D₁** bilen **D₃** – diodlar ýapyk bolup, **D₂** bilen **D₄** – diodlar açylýar. Sebäbi bu diodlaryň anodlaryna (+) – plýus, katodlaryna bolsa (-) – minus potensiallar düşýär (10.8-nji çyzgyda transformatoryň ikinji sarymynda görkezilen ýaýiçindäki (+) we (-) alamatlaryna serediň).

Diýmek **R_ý** – garşylykdan akýan **i_ý** tok **i_ý = i_{d13} + i_{d24}** bolar. Bu toklaryň ikisi-de **R_ý** – garşylykda ugurlary boýunça bir tarapa akarlar (meselem, biziň seredýän shemamyzda sag tarapdan çepe bolar).

Köprüli shemada hem, impulsyň sany **m=2** bolar, sebäbi bir periodyň dowamynda **R_ý** – garşylykdan naprýaženiýeniň (ýa-da toguň) iki sany impulsy geçýär. Diýmek, elektrik ýükdäki ýygylgyň pulsý çeşmäniň ýygylgynyň pulsundan iki esse köp bolar (**f = 2 f_ç = 2 · 50 = 100 Gs**).

Diýmek, her ýarymperiodyda iki sany diod açyk bolsa, beýleki ikisi ýapyk bolýarlar. Şonuň üçin-de (diodlaryň açyk wagtlary olaryň içki garşylyklary nula deň bolýandyklary, ýapyk wagtlary bolsa içki garşylyklary tükeniksizlige deň bolýandyklary sebäpli) **D₁** bilen **D₃** – diodlardan göneldilen tok aksa, beýleki **D₂** bilen **D₄** – diodlardan tok akmaýar we tersine.

Diodlara düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal **U_{ters.m}** – bahasy transformatoryň ikinji sargysyndaky **U_{2max}** – naprýaženiýesiniň maksimal bahasyna deňdir, ýagny **U_{ters,max.} = U_{2max}** bolar.

Elektromagnit ulgamly ölçege abzallary.

Elektromagnit ölçege mehanizmiň işi sarymyň üstünden geçýän ölçenilýän tok bilen tegekde emele gelýän magnit meýdanynyň özara täsirine esaslanandyr. Bu tegegiň bir ýa-da birnäçe ferromagnit özeni bardyr.

Elektromagnit ölçege abzallarynyň ölçege mehanizmleriniň üç hilli gurluşy bardyr, olar aşakdaky ýaly atlandyrylýar:

- ýasy tegekli ölçege mehanizmi;
- togalak tegekli ölçege mehanizmi;
- gysga utgaşdyrylan magnit geçirijili ölçege mehanizmi.

Ýasy tegekli ölçege mehanizmi mis simden ýasalan sarymly hereketlenmeýän tegekden durýar. Onuň hereketlenýän bölegi ýaprak şekilli özen bolup durýar. Ol özen şite oturdylýan ölçege abzallarynda adatça elektrotehniki polatdan ýasalýar, ele göterilýän ýokary takykly ölçege abzallarynda bolsa permalloýdan ýasalýar. Özen ölçege abzalyň dili berkidilen oka oturdylýar. Magnit meýdanynyň güýjenmesine baglylykda, ýagny sarymyň üstünden akyp geçýän toguň ululygynda baglylykda özen tegegiň içine çekilýär, çekilmek bilen dil berkidilen oky hem aýlaýar. Şu aýlaw wagtynda sarym şekilli ýaýjyk garşylykly täsir edýän moment döredýär. Hereketlenýän bölegi rahatlandyrmak üçin elektromagnit ölçege mehanizmlerinde howa bilen ýa-da suwuklykly rahatlandyryjylary ulanýarlar.

Togalak tegekli ölçege mehanizminiň tegeginin içinde iki özeni bardyr. Olaryň biri hereketsiz bolup, ikinjisi hereketlen oka berkidilendir. Tegegiň üstünden ölçenilýän tok akyp geçende özenleriň ikisi hem bir wagtda magnitlenýärler we biri-birini itekleyärler. Şunuň netijesinde hereketlenýän özen ok bilen bilelikde käbir burç boýunça aýlanýarlar.

Ýasy we togalak tegekli elektromagnit ölçege mehanizmleriň esasy kemçilikleriniň biri hem daşky magnit meýdanynyň güýçli täsir etmesi bolup durýar. Daşky magnit meýdanynyň täsirinden goramak üçin ekranlamak usulyny peýdalanýarlar. Magnit goragyny gowulandyrmak üçin iki we ondan hem köp ekran utanyp bolar.

Gysga utgaşdyrylan magnit geçirijili ölçege mehanizmi ýokarda seredilen görnüşlerine göre has kämilleşen hasap edilýär. Olaryň tegegi iki goşa polýus nakoneçnikli hereketlenmeýän magnit geçirijide ýerleşen. Magnit geçiriji we polýus nakoneçnikleri ýumşak magnit materiallaryndan ýasalandyr. Permalloýdan ýasalan hereketlenýän özen oka berkidilen we polýus nakoneçnikleriň arasynda hereketlenip bilýär. Gysga utgaşdyrylan magnit geçirijili ölçege mehanizminiň özüniň güýçli magnit meýdany bolup, olary ekranlamak zerurlygy ýüze çykmaýar.

Özüniň gurluşy boýunça elektromagnit ölçege mehanizmi beýleki toparlardaky ölçege mehanizmleriniň arasynda in ýönekeýi hasaplanylýar.

Induktiv tegekden α hemişelik I tok akyp geçende meýdanyň W_{em} elektromagnit energiýasy magnit meýdanynyň energiýasyna öwrülýär we deňdir.

$$W_{em} = LI^2 / 2$$

$M_{a\gamma l} = dW_{em} / d\alpha$ esasynda elektromagnit ölçeg mehanizminiň aýlaw momentini kesgitleýäris.

$$M_{a\gamma l} = dW_{em} / d\alpha = d(LI^2 / 2) / d\alpha = \frac{1}{2} I^2 dL / d\alpha$$

Tegegiň sarymlaryndan $i(t) = I_m \sin wt$ üýtgeýän tok akyp geçende hereketlenýän bölek aşakdaka deň bolan aýlaw momentiniň orta bahasyna.

$$M_{a\gamma l.or} = \frac{1}{2} dL / d\alpha \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt = \frac{1}{2} I^2 dL / d\alpha$$

Ölçeg abzalynyň diliniň rahatlaşan ýagdaýynda aýlaw hem-de garşylykly täsir ediş momentler deňdir. $M_{a\gamma l} = M_{gar}$ ýa-da $\frac{1}{2} I^2 dL / d\alpha = W\alpha$ bu ýerden özgerdiji deňleme

$$\alpha = \frac{1}{2W} I^2 dL / d\alpha$$

Soňky deňlemeden görnüşi ýaly elektromagnit ölçeg abzalynyň şkalasy deň ölçegli däldil.

Ölceg transformatorlary

Ölçeyji üýtgeýjileriň we toguň transformatorlarynyň niýetlenilişi: Toguň ölçeyji üýtgedijisi (TÖÜ) hökmünde başlangyç togy maglumatlaýyn parametirleri başlangyç toguň maglumatlaýyn parametrleri bilen funksioanal başlangyçly bolan çykyş signalyna öwürmäge niýetlenen gurluşlara düşümelidir. TÖÜ döretmek üçin dürli fiziki hadysalary ulanyp bolýar. Häzirki döwürde TÖÜ adaty elektrotehnikada giňden ulanylýan transformator effektiniň esasynda, ýagny transformator görnüşinde döredilýär.

TÖÜ-niň iň giň ýaýran görnüşi bolan toguň transformatory (TT) diýip, işiň adaty şertlerinde çykýan signaly ilkinji toga göni proporsional we dogry ýakylanda oňa görä nola ýakyn bolan burça gyşarýan fazasy bolan tokly transformatorlara aýdylýar.

Transformatoryň ilkinji aýlanmasy zynjyra yzygiderlikde birikdirilýär, ikinjisi bolsa belli bir agrama ýapylýar, we onda ilkinji toga proporsional bolan toguň bolmagyny üpjün edýär.

Ýokary naprýaženiýeli toguň transformatorlarynda ilkinji aýlanma ikinji aýlanmadan (ýerden) doly iş naprýaženiýesine izolirlenendir. Ikinji aýlanmanyň

bir adatça ýerlendirilýär. Şonuň üçin ol ýeriň potensialyna ýakyn potensiala eýedir.

Toguň transformatorlary niýetlenişi boýunça ölçemek üçin ulanylýar we gorag üçin ulanylýan toguň transformatorlaryna bölünýärler. Käbir ýagdaýlarda bu funksiýalar bir toguň transformatory birikdirilýär.

Ölçemek üçin ulanylýan toguň transformatorlary ölçeýji abzallara maglumaty geçirmek üçin niýetlenendir. Olar ýokary naprýaženiýeli zynjyrlarda ýa-da uly tokly zynjyrlarda, ýagny ölçeýji abzallaryň özüni gös-göni çatyp bolmaýan zynjyrlarda gurnalýar. Toguň transformatorynyň ikinji aýlanmasyna ölçemek üçin ampermetrler, wattmetrleriň tok aýlanmalary we şuna meňzeş abzallar çatylýar. Şeýlelikde, ölçemek üçin ulanylýan toguň transformatorlary aşakdakylary üpjün edýär:

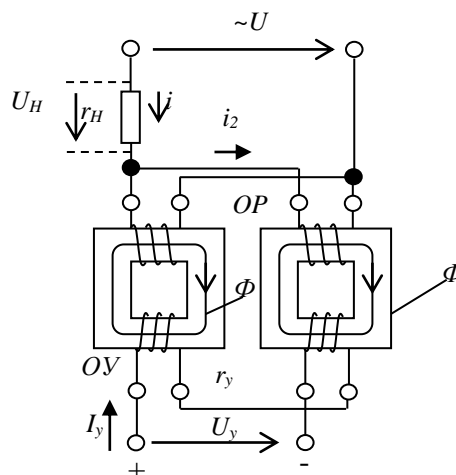
- 1) Üýtgeýän islendik aňlatmaly toguň standart ölçeýji abzallaryň kömegi bilen gös-göni ölçäp bolýan aňlatmaly üýtgeýän toga öwürýär.
- 2) Işleýän işgärler elýeterli bolan ölçeýji abzallaryny ýokary naprýaženiýeli zynjyrdan izolirlmek.

Gorag üçin ulanylýan toguň transformatorlary ölçeýän maglumaty gorag we dolandyryş gurluşlara geçirmäge niýetlenendir. Şoňa laýyklykda gorag üçin ulanylýan toguň transformatorlary aşakdakylary üpjün edýär:

- 1) Islendik aňlatmaly üýtgeýän togy releli gorag gurluşlary iýmitlendirmäge gabat gelýän üýtgeýän toga öwürmek.
- 2) Işleýän işgärler elýeterli bolan relelerini ýokary naprýaženiýeli zynjyrdan izolirlmek.

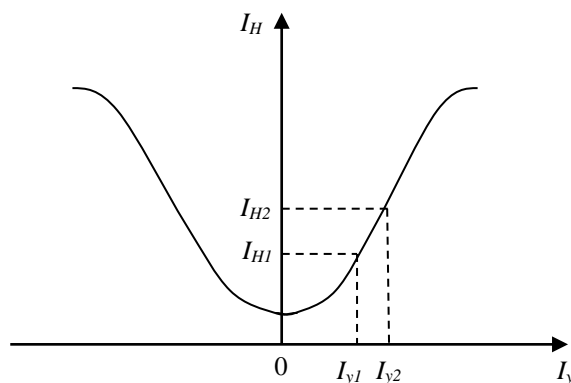
Hemişelik tokly magnitgeçirijini magnirlmek arkaly ferromagnit magnitgeçirijili sarymyň garşylygyny üýtgetmek ýoluna dolandyrylýan reaktor ýa-da doýgun drossel diýilýär. Bu drosseliň aýratynlygy kesgitli şertde ýütgeýän toguň tegeginini zynjyryna birikdirilen ýükiň togunyň, naprýaženiýasynyň ýa-da kuwwatynyň artmagy hemişelik toguň sarymyndaky şeýle ululyklaryň artmagyndan ep-esli köpdür. Bu aýratynlyk doýgun drosseli güýçlendiriji hökmünde ulanmaga mümkinçilik berýär.

Signaly güýçlendirmek üçin niýetlenilen doýgun drossele magnit güýçlendirijilri (MY) diýilýär. Magnit güýçlendirijileri hersine iş sarymy we dolandyryş sarymy ýerleşdirilen iki sany ferromagnit magnitgeçirijiden durýar. Magnitgeçirijileriň kuwwat ýitgisini azaltmak üçin aýratyn polat listlerden taýýarlaýarlar. Üýtgeýän toguň çeşmesine birikdirilen iş sarymlary öz aralarynda parallel ýa-da yzygiderli birikdirilýärler. (1-nji surat).Iş sarymynyň zynjyryna ýük birikdirilýär. Dolandyryş sarymy yzygiderli birikdirilýär we hemişelik toguň çeşmesinden iýmitlenýär. Dolandyryş sarymy garşylyklaýyn birikdirilýär. Bu sarymlaryň arasyndaky magnit baglanyşygy sebäpli ýüze çykýan, dolandyryş sarymyndaky üýtgeýän toguň düzümini ep-esli azaltmaga mümkinçilik berýär. Dolandyryş sarymy magnit güýçlendirijisiniň giriş zynjyry, iş sarymy bolsa çykyş zynjyry bolup hyzmat edýär.



Magnit güýçlendirijisiniň iş düzgüni aşakdakylardan ybaratdyr: Güýçlendirijiniň magnitgeçirijisi doýgun ýagdaýda işlän wagtynda I_y dolandyryş togunyň sähelçe köpelmegi onuň iş sarymyndaky induktiw garşylygyň peselmegine we şu haprýażeniýede ýükiň togunyň I_H ep-esli artmagyna getirýär.

Magnit güýçlendirijisiniň esasy häsiýetnamasy, onuň ýükindäki toguň I_H dolandyryş toguna I_y bolan garaşlylygydyr, ýagny bu gyşarmany $I_H = f(I_y)$ (2-nji sur.) ýükiň garşylygy Z , hereket edýän naprýażenie U we ýygylýk üýtgeşsiz bolanda alyp bolýar. Bu häsiýetnama ordinat okuna görä gimmetrik, sebäbi dolandyryş sarymyň magnitleniň täsiri ondaky toguň ugruna bagly dälidir.



Güýçlendirijiniň wajyp häsiýetnamasy güýçlendiriş koeffisiýentidir. Ony tok boýunça, naprýażenie boýunça we kuwwat boýunça güýçlendiriş koeffisiýentine bölýärler.

Magnit güýçlendirijileriniň tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýenti. Bu dolandyryş häsiýetnamasynyň kömegi bilen aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$K_i = \frac{\Delta I_H}{\Delta I_y} = \frac{I_{H2} - I_{H1}}{I_{y2} - I_{y1}}.$$

Magnit güýçlendirijileriniň naprýaženie boýunça güýçlendiriş koeffisiýenti. Bu ýüke goýulan naprýaženiýe artmasynyň dolandyrys sarymyndaky naprýaženeniýe artnasyna bolan gatnaşygy bilen kesgitlenilýär:

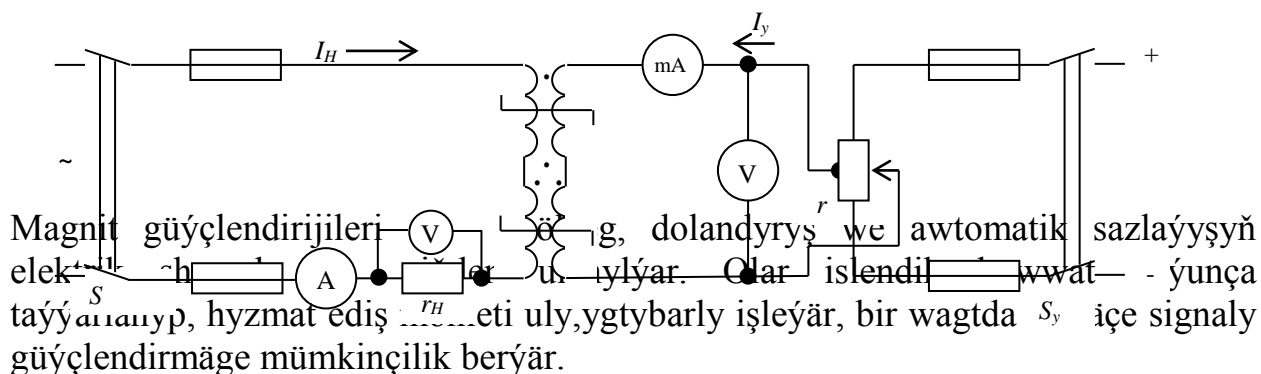
$$K_i = \frac{\Delta U_H}{\Delta U_y} = \frac{U_{H2} - U_{H1}}{U_{y2} - U_{y1}} = \frac{r_H (I_{H2} - I_{H1})}{r_y (I_{y2} - I_{y1})}.$$

Ýükiň garşylygynyň artmagy bilen bu koeffisiýent hem artýar.

Magnit güýçlendirijileriniň kuwwat boýunça güýçlendiriş koeffisiýenti. Bu ýükiň sarp edýän kuwwatynyň artmasynyň dolandyrys sarymyndaky kuwwatnyň artnasyna bolan gatnaşygy bilen kesgitlenilýär:

$$K_p = \frac{\Delta P_H}{\Delta P_y} = \frac{r_H (I_{H2}^2 - I_{H1}^2)}{r_y (I_{y2}^2 - I_{y1}^2)}.$$

Bu koeffisiýent ýükiň garşylygyna we magnit güýçlendirijileriniň parametrlerine baglydyr. Ýükiň garşylygynyň artmagy bilen güýçlendiriş koeffisiýenti hem ýokarlanýar.



Ýokary naprýaženiýeli gurluşlardan toguň transformatorlary ölçeyji abzallar üçin ýa-da rele üçin togy peseltmek gerek bolmadyk halatynda hem gerekdir.

Gelip çykyşy boýunça toguň ölçeyji üýtgedijileriniň üýtgeýän we hemişelik toguň ölçeyji üýtgedijilerine bölünýärler. Şundan şeýläk nominal ýygtylygy 50Gs bolan torlar we gurluşlar üçin üýtgeýän toguň ölçeyji üýtgedijileriniň serediler.

Niýetlenişi boýunça TÖÜ ölçemek we gorag üçin ulanylýan TÖÜ bölünýärler. Soňkular diňe statiki režimdäki ýa-da statiki we geçişli (dinamiki) režimdäki işler üçin niýetlenendir.

Üýtgetmek görnüşini boýunça toguň ölçeyji üýtgedijileriniň togy toga, togy naprýaženiýa (meselem, transreaktorlar, toguň magnit transformatorlary, togy elektrik bolmadyk ululyklara, meselem ýagtylyk akymyna) öwrüjilerine bölünýärler. Özem munda çykýan maglumatynyň aňlatmasy boýunça toguň ölçeyji üýtgedijileriniň analog we diskret görnüşlerine bölünýär.

Toguň ölçeýji üýtgedijeleriniň konstruksiýany kesgitleýän naprýaženiýäniň derejesi boýunça, käwagt bolsa hereketiň prinsipi boýunça hem bölüşdirmek maksada laýykdyr. Ulanylýan nominal naprýaženiýe boýunça Toguň ölçeýji üýtgedijeleriniň pes (nominal naprýaženiýe 1000W çenli) we ýokary (nominal naprýaženiýe 1-1150 KW we ýokary) naprýaženiýelere bölmek bolar.

Toguň transformatorlarynyň ählisini ölçemek üçin we gorag üçin şu aşakdaky esasy alamatlar boýunça klaslara bölmek bolar.

Gurluşynyň gelip çykyşy boýunça: açyk howada işlemek üçin toguň transformatorlaryna, ýapyk jaýlarda işlemek üçin transformatorlara, elektrik enjamlaryň boşluklaryna ýerleşdirmek üçin, ýörite gurluşlarda işlemek üçin (şahtalarda, gämilerde, elektrowozlarda we ş.m).

Gurluşynyň usuly boýunça: giriş üçin ulanylýan we diwarlarda, potolokda ýa-da metal konstruksiýalarda oturdylýan toguň geçiş transformatorlary, daýanç tekizliginde oturmak üçin niýetlenen daýanç togu transformatorynyň girizilýän TT, ýagny elektrik enjamyň boşlugyna oturtmak üçin niýetlenen görnüşi.

Transformasiýanyň koeffisiýentiniň sany boýunça: transformasiýanyň bir koeffisiýenti bilen, transformasiýanyň birnäçe koeffisiýenti bolan transformatorlara ýagny ilkinji ýa-da ikinji aýlanmanyň ýa-da iki aýlanmanyň hem birbada aýlawlarynyň sanyny üýtgedip alynýan ýa-da dürli naminally ikilenç toga gabat gelýän dürli sanly aýlawlary bolan birnäçe ikilenç aýlanmany ulanmak bilen alynýan transformatorlara bölünýär.

Transformasiýanyň basgançaklarynyň sany boýunça: birbasgançakly, kaskad görnüşli (köp basgançakly) ýagny toguň transformasiýasynyň birnäçe basgançagy bolan görnüşlerine bölünýär.

Ilkinji aýlanmanyň ýerine ýetirilişi boýunça: bir aýlawly, köp aýlawly.

Bir aýlawly togu transformatorynyň (1-1sur) iki görnüşde bolýar: özüniň hususy ilkinji aýlanmasy bolmadyk we hususy ilkinji aýlanmasy bolan görnüşli. Öz hususy ilkinji aýlanmasy bolmadyk bir aýlawly transformatorlar girizilýän, şinali we böleklenýän edip ýerine ýetirilýär.

Toguň girizilýän transformatory 1(1-1sur) ikinji aýlanma aýlanan magnitoprowod görnüşinde bolýar. Onuň öz hususy ilkinji aýlanmasy ýokdyr. Onuň ornuny geçiş izolýatoryň togy alyp barýan özeni tutýar. Bu toguň transformatorynda birinji we ikinji aýlanmalaryň arasynda izolýasion elementler bolmaýar. Olaryň roluny geçiş izolýatorynyň izolýasiýasy ýerine ýetirýär.

Toguň şinaly transformatorynda 1 ilkinji aýlanmanyň roluny paýlaýjy gurluşyň geçiş izolýatorynyň boşlugynyň içinden geçirilen bir ýa-da birnäçe şinalary ýerine ýetirýär. Şoňky öz gezeginde bu birinji aýlanmany ikinji aýlanmadan izolirleýär.

Toguň bölünýän transformatorynyň hem öz hususy ilkinji aýlanmasy ýokdur. Onuň magnitoprowody boltlar bilen çekilen iki bölekden durýar. Ol bu TT üçin ilkinji aýlanma bolup duran tokly geçirijiniň töwereginde ýapylyp hem açylyp bilýär. Ilkinji we ikinji aýlanmanyň arasyndaky izolýasiýa bolsa ikinji aýlanmaly magnitoprowodyň üstüne ýüklenendir.

Bir aýlawly hususy ilkinji aýlanmasy bolan togu transformatorynyň özenli ilkinji aýlanmaly ýa-da U-görnüşli ýerine ýetirilýär.

3 belgidäki toguň transformatorynyň tegelek ýa-da gönüburçlyk kesimdäki, geçiş izolýatoryna berkidilen özen görnüşli ilkinji aýlanmasy bardyr.

4 belgidäki toguň transformatorynyň U-görnüşli ilkinji aýlanmasy bardyr, özem oňa toguň transformatorynyň ähli içki izoýasiýasy ýüklenen görnüşli edip ýerine ýetirilendir.

Toguň köp aýlawly transformatorlary (1-1sur) magnitoprowoda geýdirilýär katuşkaly ilkinji aýlanmaly, birnäçe aýlawdan durýan halkaly ilkinji aýlanmaly 5, halkaly ilkinji aýlanmaly 6, bu görnüşde toguň transformatorynyň içki izoýasiýasy ilkinji we ikinji aýlanmanyň arasynda konstruktiv ýerleşendir, aýlanmalalaryň özara ýerleşiş bolsa zynjyryň halkalaryny ýadyňa salýar, rymgörnüşli ilkinji aýlanmaly, munda toguň transformatorynyň içki izoýasiýasy esasan hem rym görnüşinde bolan ilkinji aýlanma ornaşdyrylandyr.

Ilkinji we ikinji aýlanmalaryň arasyndaky izoýasiýanyň gelip çykyşy boýunça toguň transformatorynyň gaty (farfor, guýulan izoýasiýa, preslenen izoýasiýa we ş.m), suwuk (guýulýan kompaundlar), kombilirlenen(kagyz ýagly, kondensator görnüşli) ýa-da gaz görnüşli (howa, elegaz) izoýasiýali ýaly görnüşlere bölünýär.

Toguň transformatorlary togy öwrüji prinsipi boýunça elektromagnit we optiki elektron görnüşlere bölünýär.

Toguň transformatorynyň esasy parametrlerine we häsiýetnamalaryna aşakdakylar degişlidir.

1.Nominal naprýaženiýe – toguň transformatorynyň pasport tablisasynda görkezilen, toguň transformatorynyň işlemesine niýetlenen çyzykly naprýaženiýanyň hereket edýän ululygydyr. Ýurdumyzdaky toguň transformatorlary üçin nominal naprýaženiýeleriň aşakdaky şkalasy kabul edilendir, KW:

0, 66, 6, 10, 15, 20, 24, 27, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150.

2. Ilkinji nominal tok I_{1n} toguň transformatorynyň pasport tablisasynda görkezilen, toguň transformatorynyň dowamly işlemegi göz önüne tutulan ilkinji aýlanmadan geçýän tokdyr. Ulanylýan toguň transformatorlary üçin aşkdaky nominal ilkinji tok kabul edilendir. A: 1, 5, 10, 15, 20, 30.

Turbo we gidrogeneratorlaryň komplekti üçin niýetlenen toguň transformatorlary nominal toguň ululygy 10000 A ýokary bolup berilen şkaladaky ululyklardan tapawutlanyp biler.

Nominal ilkinji togy 15, 20, 75, 150, 200, 600, 750, 1200, 1500, 3000, we 6000A diýlip hasaplanýan toguň transformatorlary çäklendirilmedik uzak wagtyň dowamynda in bir köp bolan deňşililikde 16, 32, 80, 160, 320, 630, 800, 1250, 1600, 3200, 6300, A deň bolan işleýän ilkinji togy geçirmelidir. Galan ýagdaýlarda in köp ilkinji tok nominal ilkinji toga deňdir.

3. Nominal ikinji tok I_{2n} – toguň transformatorynyň pasport tablisasynda görkezilen ikinji aýlanmadan geçýän tokdyr. Nominal ikinji tok 1 ýa-da 5A deň diýlip kabul edilýär, özem 1A tok nominal ilkinji togy 4000A çenli bolan toguň transformatorlary üçin rugsat edilýär. Buýrujynyň razylaşmagy bilen nominal

ikinci togy 2 ýa-da 2,5A bolan toguü transformatorlaryny taýýarlamak rugsat edilýär.

4. Toguü transformatorynyň Z2n ikilenç agramlaşmasy kuwwatlygynyň koeffisiýenti görkezilen, ambarda hasaplanylýar, daşky ikinji zynjyryň doly garşylygyna gabat gelýär. Ikilenç agramlaşma doly kuwwatlykda wolt-ampelerde häsiýetlenip biler, ol berilen kuwwatlygynyň koeffisiýentinde we nominal ikinji tokda ulanylýar.

Kuwwatlyk koeffisiýenti $\cos\phi = 0,8$ bolan toguü transformatorynyň kabul edilen takykklanma klasy ýa-da ilkinji toguň onuň nominal ululygyna otnositellikdäki aňrybaş kratnylygy ätiýaçlandyrylan ikilenç agramlaşma nominal ikilenç agramlaşma toguü transformatorynyň Z2nom. diýlip atlandyrylýar. Ulanylýan transformatorlar üçin kuwwatlyk koeffisiýenti

$\cos\phi = 0,8$ bolan we wolt-ampelerde hasaplanylýan nominal ikinji agramlaşmanyň $S_{2n.nom.}$ aşakdaky ululyklary kabul edilendir:

1. 2. 2,5. 3. 5. 7,5. 10. 15. 20. 25. 30. 40. 50. 60. 75. 90. 100. 120.

Nominal ikinji agramlaşmanyň deňşililikdäki aňlatmalary Z2.nom.formula bilen anyklanylýar (omlarda).

5. Toguü transformatorynyň transformasiýa koeffisiýenti ilkinji toguň ikinji toga bolan gatnaşygyna deňdir.

Toguü transformatorynyň hasaplamalarynda iki ululyk ulanylýar: transformasiýanyň hereket edýän koeffisiýenti n we transformasiýanyň nominal koeffisiýenti N_n . Transformasiýanyň hereket edýän diýlip hereket edýän ilkinji toguň hereket edýän ikinji toga bolan gatnaşygyna düşünilýär. Transformasiýanyň nominal koeffisiýenti diýlip nominal ilkinji toguň ikinji nominal toga bolan gatnaşygyna aýdylýar.

6. Toguü transformatorynyň mehaniki we ýylylyk täsirlerine durnuklylygy elektrodinamiki durnuklulyk togy we termiki durnuklylygynyň togy bilen häsiýetlendirilýär.

Elektrodinamiki durnuklulygynyň togy I_d bozulman işläp bilýän ähli iş döwründäki we toguü transformatorynyň soňraky dogry işlemegine päsgel berýän gysga zamikaniýanyň togunyň amplitudasyna deňdir. I_d togy toguü transformatorynyň gysga zamikaniýaly toguň mehaniki täsirine durnuklylygy häsiýetlendirýär. Elektrodinamiki durnuklulyk şeýle hem elektrodinamiki durnuklulygynyň togunyň nominal ilkinji toguň amplitudasyna bolan gatnaşygyna deň bolan kratnylyk K_d bilen häsiýetlenýär.

Elektrodinamiki durnuklulygynyň talaplary şinaly girizilýär we böleklenýän toguü transformatorlary üçin deňşli dälendir.

Termiki durnuklulygynyň togy I_T toguü transformatorynyň onuň soňraky işine päsgel berýän bozulmalary bolmadyk we togy geçirip bölekleriniň gysga zamikaniýaly toguň hereket edýän in uly ululygyna deňdir.

Termiki durnuklulyk toguü transformatorynyň gysga zamikaniýaly toguň ýylylyk täsirlerine durnuklylygyny häsiýetlendirýär. Toguň transformatorynyň

termiki durnuklulygyna düşünmek üçin diňe bir transformatorndan geçýän toguň ululygyny däl-de eýsem onuň uzynlygyny başgaça aýdanymyzda toguň kwadratynyň we uzynlygynyň proizwedeniýesine proporsional bolan, umumy bölünip çykýan ýylylygyň mukdaryny bilmek hem zerurdyr. Bu wagt öz gezeginde toguň transformatorynyň gurnalan torunyň parametrlerine baglydyr we birden birnäçe sekunda çenli üýtgeýär.

Termiki durnuklylyk termiki durnuklulygyň togunyň kratnylygy bilen häsiýetlenýär, ol bolsa termiki durnuklulygyň togunyň nominal ilkinji toguň hereket edýän aňlatmasyna bolan gatnaşygyna deňdir.

Toguň transformatorynyň üçin aşakdaky termiki durnuklulygyň toklary kabul edilendir.

a) bir sekundy I_{1t} ýa-da 2sekundy I_{2t}
(ýa-da olaryň K_{1t} we K_{2t} -nyň nominal ilkinji toga bolan gatnaşygyny kratnylygy) nominal naprýaženiýesi 330kw we ondan ýokary bolan toguň transformatorlary üçin.

b) birsekundy I_{1t} ýa-da üçsekundy I_{3t} (ýa-da olaryň k_{1t} we K_{3t} nominal ilkinji toguna gatnaşygynyň kratnylygy) nominal naprýaženiýesi 220kw çenli we deň bolan toguň transformatorlary üçin: elektronomiki we termiki durnuklulygyň toklarynyň arasynda aşakdaky gatnaşyklar bolmalydyr:

- nominal naprýaženiýesi 330kw we ýokary bolan toguň transformatorynyň üçin. $I_d \geq 1,8 \sqrt{2} I_{1t}$ ýa-da $I_d \geq 1,8 \sqrt{3} I_{3t}$;
- nominal naprýaženiýasy 220kw çenli bolan toguň transformatorlary üçin $I_d \geq 1,8 \sqrt{2} I_{1t}$ ýa-da $I_d \geq 1,8 \sqrt{2} I_{3t}$

toguň transformatorynyň togy göteriji bölekleriniň temperaturasy termiki durnuklulygyň togunda: alýuminiýden bolan togy göteriji bölekler üçin 200°C misden we onuň aýlawlaryndan bolan organiki izolýasiýa ýa-da ýag bilen galtaşýan togy göterip bölekler üçin 250°C misden we onuň aýlawlaryndan bolan organiki organizasiýa we ýaglar bilen galtaşmaýan togy göterip bölekler üçin 300°C temperaturadan ýokary geçmeli däl.

Görkezilen temperatura aňlatmalary kesgitlenilende onuň nominal tokda toguň transformatorynyň uzak işleýän başlangyç aňlatmalaryna gabat gelýän ululyklaryndan ugr almalydyr.

Toguň transformatorynyň elektrodinamiki we termiki durnuklulygyň toklarynyň aňlatmalary döwlet standartlary tarpyndan kesgitlenilmeýär. Şeýle-de bolsa olar toguň transformatory bilen bir zynjyrdan gurnalan ýokary naprýaženiýeli beýleki apparatlaryň elektrodinamiki we termiki durnuklulygyna gabat gelmelidir. 1-2 tablisada toguň transformatorynyň elektrodinamiki we termiki durnuklulygynyň maglumatlary berilendir.

7. Mehaniki agramlaşma toguň transformatorynyň üstüne 40m/sek tizlik bilen täsir edýän şemalyň başyny we goşulýan rowodlaryň çekişi bilen kesgitlenilýär, we ol aşkdakylardan pes bolmaly däl:

500H-35kw çenli bolan toguň transformatorlary üçin;

1000H-110-220kw bolan toguň transformatorlary üçin;

1500-330kw we ýokary bolan toguň transformatorlary üçin.

Toguň transformatorlarynyň esasy tehniki parametrleri we häsiýetnamasy şulardan ybaratdyr. Toguň transformatorynyň proyektirlenende bulardan başga hem konstruksiýa aşakdaky talaplar edilýär:

1. Toguň transformatorynyň ilkinji aýlanmasynyň çykyndylarynyň kontakt zažimlary GOST 10434-82 talaplaryna görä ýasalmalydyr; daşky gurluşlaryň toguň transformatorynyň çykyndylarynyň kontakt zažimlary üçin bolsa mundan başgada GOST 21242-75 talaplaryny hem göz önüne tutmalydyr. Toguň transformatorynyň girizilýän görnüşiniň ikinji aýlanmalarynyň çykyndylarynyň kontakt režimlary üçin GOST10434-82 talaplary berjaý edilmelidir. Girizilýän toguň transformatorynyň ikinji aýlanmalarynyň kontakt režimleri toguň transformatorynyň gurnalan apparatynyň kontruktiv elementlerinde ýerleşip biler. Daşky gurluşlardaky toguň transformatorynyň ikinji aýlanmalarynyň çykyndylarynyň kontakt režimleri olary atmosferanyň ýagyşlaryndan gaýym goraýan ýörite korobkalarda ýerleşdirilmelidir.

Ilkinji we ikinji aýlanmalarynyň çykyndy ahyrlarynyň aňlatmalary GOST7746-78 laýyklykda 1-3 tablisada görkezilişine gabat gelmelidir. Ilkinji aýlanmalaryň çyzyklaýyn çykyndylary j1 we j1 simwollar bilen belgilenilýär, özem ilkinji aýlanmadan toguň ugrunyň j1 we degişlilikde K₁ we j2 tarapa hereketinde ikinji tok daşky zynjyrdan I1-den I2 tarapa geçmelidir.

2. Ýagdan doldurylan toguň transformatorynda ýagly giňeldiji we ýagyň derejesini görkeziji bolmalydyr. Ýagly giňeldijiniň sygymy toguň transformatorynyň işiniň ähli režiminde ýagyň onda hemişelik bolmagyny ýagny berilen klimatiki etrabyň degişli bolan gurşalýan howanyň temperaturasyny dürli üýtgemelerinde öçürilen ýagdaýdan kadaly tokly agramlaşma çenli ýagdaýlarda hem üpjün etmelidir.

Nominal naprýaženiýesi 330kw we ondan ýokary bolan toguň transformatorlarynda ýagyň çyglylykdan goragy göz önüne tutulmalydyr.

3. Ýgyň derejesini görkezijiniň ölçegleri işleýän personalyň oňa howpsyz aralykdan gözegçilik edip biler ýaly derejede bolmalydyr.

4. 50kg köp agramy bolan toguň transformatorynyň götermek üçin gurluşlary bolmalydyr. Eger şeýle gurluşlary etmek mümkin bolmasa, onda döredýän zawod trnsformatory göterilende onuň niresinden götermelidigini hökmany görkezmelidir.

5. Açylan ikinji aýlanmada naprýaženiýesiniň amplitidasy ilkinji aýlanmada nominal tokda 350w tokdan toguň transformatorlarynda aşakdaky ýazgy bolmalydyr: “Üns beriň! Howply! Açylan aýlanmada ýokary naprýaženiýe!”

6. Girizilýän transformatorlardan başga ähli toguň transformatorynyň ýerlendirilýän rowodnigi we ýerlendirilýän zažimi catmak üçin kontakt meýdança bolmalydyr we olar GOST21130-75 we GOST12.2.007.3-75 talabyna gabat gelmelidir. Ýerlendirilýän zažimiň töwereginde GOST21130-75 boýunça ýerlendirilýän alamaty goýulmalydyr.

Ölçeg köprüleri.

Elektroölçeg tehnikasynda köpri atlandyrylan ölçeg zynjyrlary giňden ulanylýar.

Hemişelik toguň birgat köprüsiniň çyzgysy aşakda görkezilendir. Rezistorlar R_1, R_2, R_3, R_4 , köprüniň eginleri diýlip atlandyrylýar, $\Pi\Pi'$ - şaha iýmitlendiriş diagonaly, ýük birikdirilen $\Gamma\Gamma'$ - şaha bolsa (köplenç bu şaha ölçeg abzaly birikdirilýär) ölçeg (çykyş) diagonaly diýlip atlandyrylýar.

Köpri zynjyry iki düzgünde işläp bilýär. Bu deňagramlaşdyrylan we deňagramlaşdyrylmadyk düzgünlerdir.

Ölçeg diagonalynyň depelerinde potensiallary deňlemek deňagramlaşdyrylan düzgüni häsiýetlendirýär. Bu ýagdaýda ýükdäki tok nula deňdir.

Ölçeg diagonalynyň gysgyçlaryndaky potensiallaryň tapawudy deňagramlaşdyrylmadyk düzgüni häsiýetlendirýär (ýükiň zynjyrynda toguň bardygyny aňladýar).

Ýükdäki toguň köprüniň parametrlerine we iýmitleniş güýjenmesine baglydygyny çylşyrymly zynjyry hasaplamak usuly boýunça tapyp bolar. Köpri zynjyrynyň Kirhgobyň kanuny boýunça kesgitlenen çykyş toguny aşakdaky deňleme boýunça aňladyp bolar.

$$I_{\text{yük}} = U \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{R_{\text{yňň}}(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2(R_3 + R_4) + R_3 R_4(R_1 + R_2)}$$

Deňagramlaşdyrylan düzgünde çykyş togunuň ($I_{\text{yük}}=0$) nula deňligi sebäpli ýokarky deňlemeden köprüniň deňagramlyk şerti.

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$

ýagny garşylykly ýatan eginleriň garşylyklarynyň köpeltmek hasylynyň deňligidir.

Eger köprüniň eginleriniň biriniň garşylygy näbelli bolsa, $R_1=R_x$, onda ony aşakdaky aňlatma boýunça kesgitläp bolar.

$$R_1=R_x=R_2 R_4 / R_3$$

Köpri zynjyrynyň beýleki garşylyklary hem şunuň ýaly kesgitlenip biler.

Ölçeg köprüsiniň R_3 we R_4 eginleri-gatnaşyk egni, R_2 – bolsa deňleme egni diýlip kabul edilen. Durmuşy ölçeglerde hemişelik toguň garşylyklaryny ölçemekde ölçeg köprüleri giňden ulanylýar.

Ölçenilýän ululyk köprüniň deňagramlaşma şerti boýunça kesgitlenilýän bolsa, onda köpri deňagramlaşdyrylan köpri diýlip aýdylýar. Olaryň esasy aýratynlygy ölçegiň netijesine diagonalynyň düzgünleri täsir etmeýär.

Şeýle ölçeg köprüleri adaty nusgalyk ölçeg serişdeleri hökmünde peýdalanylýar.

Deňagramlaşdyrylmadyk ölçeg köprüleri ulanylan ýagdaýynda, garşylyk ölçeg diagonalýnda çykyş toguň ýa-da güýjenmäniň bahasy boýunça kesgitlenilýär. Deňagramlaşdyrylmadyk köprüler ulanmak üçin has amatlydyr, ýöne deňagramlaşdyrylan köprülere mahsus takyklygy almak kynçylygy döreýär.

Köpri zynjyrlarynyň esasy häsiýetnamalarynyň biri onuň duýgurlygy hasaplanylýar.

Hemişelik toguň ölçeg köprülerinde nul indikator hökmünde magnitoelektriki galwanometr peýdalanylýar. Bu ýagdaýda ölçeg köprüsiniň duýgurlygy aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

$$S = S_m S_I = \frac{\Delta I}{\Delta R_x} \frac{\Delta \alpha}{\Delta I} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta R_x}$$

bu ýerde S_m -köpri zynjyrynyň duýgurlygy;

S_I -galwanometriň duýgurlygy;

$\Delta \alpha$ -galwanometriň hereketlenýän böleginiň gyşarmasy.

Ölçeg köprüsi tejribe desgalarynda ýa-da elde göterilýän ölçeg abzaly görnüşinde ýasalýar.

Hemişelik toguň ölçeg köprüleri özüne berkidilen ýa-da daşky nul indikator bilen işlemäge niýetlenendir. Kiçi garşylyklar ölçenilende ölçeg netijesine birikdiriji simleriň we gysgyçlaryň garşylyklary uly täsirini ýetirýärler, sebäbi olar ölçenilýän täsiri azaltmak üçin ýörite kalibrlenlen birikdiriji simleri we köprü birleşdiriji dörtgysgyçly desgalary ulanýarlar. Ölçenilýän garşylygyň ölçeg köprüsine dörtgysgyçly birikdiriliş çyzgysy aşakda görkezilen.

Uly garşylyklary, ýagny 10 Om-dan 10^6 -Om-a çenli garşylyklar ölçenilende 1 we 2, şeýle-de 3 we 4 gysgyçlary özara utgaşdyrýarlar we çyzgy iki simli birikdirilýär. Kiçi garşylyklar ölçenilende (10 Om-dan az) ölçenilýän rezistor dört gysgyça, ýagny 1,2,3 we 4 birikdirilýär. Bu ýagdaýda gysgyçlaryň arasyndaky utgaşdyrylan simler aýrylýar, nokatlar A we 4, B we 1 özara birikdirilýär (çyzga seret).

Bu ýagdaýda R_x -dan çykýan simiň garşylygy gysgyç 2-ä R_3 egininiň garşylygyna girýär, R_x -dan çykýan simiň garşylygy gysgyç 3-e R_4 egininiň garşylygyna girýär. R_3 we R_4 rezistorlaryň garşylyklary simleriň garşylygyndan ep-esli köpdür, şonuň üçin simleriň garşylygy ölçeg netijesiniň takyklygyna täsir etmeýär.

R_x gysgyçdan çykýan simleriň garşylygy, ýükiň we iýmitlendiriş diagonalynyň şahasyndaky 1 we 4 gysgyçlara girýär, şonuň üçin deňagramlaşdyryş düzgüninde bular hem ölçeg netijesiniň takyklygyna täsir etmeýärler.

Ýokarda görkezilen çyzgy az garşylyklary ölçemek üçin köpri zynjyrynyň duýgurlygy bilen çäklendirilýär, şonuň üçin 10 Om-dan az garşylyklar ölçenilende ikigat ölçeg köprülerini ulanmaklyk amatly hasaplanylýar.

Kiçi garşylyklary ölçemek üçin ikigat ölçeg köprüleri.

Birikdiriji simleriň we gysgyçlaryň garşylyklary ikigat ölçeg köprülerine minimuma getirilendir. Ölçeg köprüsiniň eginleriniň garşylyklary R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , birikdiriji simleriň we gysgyçlaryň garşylyklary r_1 , r_2 , r_3 , r_4 belgilenendir.

Ölçeg köprüsi deňagramlaşdyrylan ýagdaýynda $I_1 = I_2$; $I_3 = I_4$. Deňagramlaşdyrylan şertinde köpri zynjyryny hasaplamak netijesinde garşylyk R_x aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

$$R_x = R_N \frac{R_1}{R_2} + \frac{R R_4}{R + R_3 + R_4} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right).$$

bu ýerde R_N - nusgalyk ölçegin garşylygy;

R - gysgyçlaryň arasynda utgaşdyrylan simiň garşylygy.

Eger $R_1/R_2 = R_3/R_4$ şert ýerine ýetirilýän bolsa onda deňlemäniň sag böleginiň ikinji agzasy nula deňdir we ölçenilýän garşylyk aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär.

$$R_x = \frac{R_N R_1}{R_2}$$

$R_1/R_2 = R_3/R_4$ – şertden gyşarmak netijesinde ölçegde ýalňyşlyk ýüze çykmazlyk üçin R garşylygy mümkin boldugyça kiçi etmäge çalyşýarlar. Şu maksat bilen birikdiriji sim R gysga we ýogyn mis simden ýasaýarlar.

Birikdiriji simleriň we gysgyçlaryň garşylyk täsiri ujypsyz bolar ýaly R_1 - R_4 garşylyklaryň her biri 10 Om-dan az bolmaly däl.

Hemişilik toguň ölçeg köprüleriniň takyklyk klasy ölçeg çäklerine bagly bolup, 0,005-den 5,0-e çenli diapazon aralykda ýerleşýär. Köpçäkli ölçeg köprüleri dürli takyklyk klasy bolýarlar.

Hemişelik toguň ölçeg köprüleri tejribelik we elde göterilýän ölçeg abzalydyr. Elde göterilýän ýekegat ölçeg köprülerine galwanometr we tok çeşmesi berkidilýär. Şunuň ýaly ölçeg köprüleriniň takyklyk klasy 0,1-de 5,0-e aralykdadyr.

Hemişelik toguň ölçeg köprüleriniň deňagramlaşdyrmak işleri awtomatlaşdyrylyp hem bilner. Awtomatlaşdyrylan ýönekeý ölçeg köprüsiniň çyzygysy aşakda görkezilendir. Eger ölçeg köprüleriniň elementlerini arassa aktiw diýip hasaplasak, onda ölçeg köprüsini üýtgeýän toguň çeşmesinden iýmitlendirmek amatlydyr.

Üýtgeýän toguň ölçeg köprüleri.

Üýtgeýän toguň ýekegat ölçeg köprüsiniň çyzygysa aşakda görkezilendir. Ölçeg köprüsiniň eginleri umumy ýagdaýda \overline{Z}_1 , \overline{Z}_2 , \overline{Z}_3 we \overline{Z}_4 garşylyklaryndan durýar. Nul indikator hökmünde bu ölçeg köprülerinde galwanometrler, göneldiji ulgamy elektron güýçlendirijiler we elektron şöhle trubkalary we beýlekiler ulanylýar.

Ölçeg diagonalynyda tok ýok wagtynda ölçeg köprisiniň deňagramlaşmagy aşaky ýagdaýda bolup geçýär.

$$\overline{Z}_1 \overline{Z}_3 = \overline{Z}_2 \overline{Z}_4 \quad (1)$$

Ölçeg köprüsiniň eginleriniň doly kompleks garşylyklaryny aşakdaky ýaly göz önüne getireliň.

$$\overline{Z_i} = R_i + jX_i \quad (2)$$

bu ýerde $i=1,2,3,4$.

(1)-deňlemäni (2)-ä goýup, üýtgeýän toguň ölçeg köprüsi üçin deňagramlaşdyrylan şerti alýarys.

$$(R_1 + jx_1)(R_3 + jx_3) = (R_2 + jx_2)(R_4 + jx_4) \quad (3)$$

bu aşakdaky ýagdaýda ýerine ýetirilýär:

$$R_1R_3 - X_1X_3 = R_2R_4 - X_2X_4$$

$$R_1X_3 + R_3X_1 = R_2X_4 + R_4X_2 \quad (4)$$

Kompleks garşylyklary görkeziş görnüşinde aňladyp

$\overline{Z} = \overline{Ze^{i\varphi}}$, ölçeg köprüsiniň deňagramlaşdyrylan şertini alýarys.

$$Z_1Z_3e^{j(\varphi_1+\varphi_3)} = Z_2Z_4e^{j(\varphi_2+\varphi_4)} \quad (5)$$

Aşakdaky ýaly ýagdaýda deňlik ýerine ýetirilýär.

$$Z_1Z_3 = Z_2Z_4$$

$$\varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4 \quad (6)$$

(4) we (6) deňlemeler deňhukukly we üýtgeýän toguň ölçeg köprüsiniň deňagramlaşdyrylan şerti hasaplanylýar.

Elektro – we ferrodinamik ulgamly ölçeg abzallary

Elektrodinamika ulgamly ölçeg mehanizminiň iş düzgüni hereketlenýän we hereketlenmeýän tokly tegekleriň magnit meýdanlarynyň özara täsirine esaslanandyr.

Hereketlenmeýän tegek adatça howa boşlugy arkaly bölünen iki sany birmeňzeş bölekden ýerine ýetirilýär, onda ölçeg abzalynyň oky ýerleşýär. Ýarym

tegekleriň arasyndaky aralygy üýtgetmek bilen magnit meýdanynyň görnüşini üýgedip bolýar, diýmek şkalanyň häsiýetine täsir edip bolýar. Hereketlenmeýän tegegi adatça karkassyz mis ýa-da alýuminiý simden ýasaýarlar we ölçege abzalynyň okuna berkidýärler. Garşylykly täsir ediş momenti ýaýjyk arkaly döredilýär. Bu elementler şol bir wagtda tok geçiriji bolup hyzmat edýärler. Hereketlenýän bölegi köşeşdirmek howa ýa-da magnitinduksiýaly köşeşdiriji bilen üpjün edilýär.

Elektrodinamiki ölçege mehanizmleriniň öz mususy magnit meýdanlary uly däl. Şonuň üçin elektrodinamiki ölçege mehanizmi daşky magnit meýdanynyň täsirinden halas däl. Daşky magnit meýdanyndan goramak üçin bu ölçege abzallaryna ekran goýýarlar. Bu usul arzan hem ýönekeý hasaplanylýar.

Termodinamiki ölçege abzallary ýokarda seredilip geçilen elektrodinamiki ölçege abzallaryndan tapawutlanýarlar. Olarda hereketlenmeýän tegege ferromagnit materialyndan ýasalan özendä ýerleşendir.

Magnit akymynyň howa boýunça däl-de magnitgeçiriji boýunça utgaşýanlygy sebäpli aýlaw momenti gös-göni ösýär. Şonuň üçin tegegiň magnit hereket ediş güýji azaldylyp bilner, bu azaldylma bolsa ölçege abzalynyň öz hususy sarp edýän kuwwatyny azaldýar. Ferromagnit ölçege abzallarynyň ölçege mehanizmleriň hususy magnit meýdanynyň güýçlülige sebäpli daşky magnit meýdanynyň täsiri gowşadýar.

Ferrodinamiki ölçege abzallary hemişelik toguň zynjyrynda-da, üýtgeýän toguň zynjyrynda-da peýdalanyp bilner. Ýöne bu abzallaryň hemişelik toguň zynjyrynda ulanylşy çäklendirilýär. Aşakda ferrodinamiki ölçege abzallarynyň sinesoidal toklaryň zynjyrynda işleýşi barada durup geçýäris.

Hereketlenmeýän tegegiň magnit meýdany howa boşlugynda hereketlenýän tegegiň magnit meýdany bilen özara täsir edip aýlaw momentini döredýärler. Bu aýlaw momentiniň pursat bahasy aşakdaky deňleme boýunça aňladylýar:

$$m_t = B_t S_p W_p i_p$$

Eger howa boşlugyndaky induksiýa

$$B_m = B_m \sin wt$$

we tok hereketlenýän tegekke

$$i_n = I_{mn} \sin(wt + \varphi)$$

sinusoidal bolsa period wagtynda momentiniň bahasyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$M_{ayl} = \frac{1}{T} \int_0^T m_t dt = B S_p W_p I_p \cos \varphi$$

Ferrodinamiki ölçeg mehonizmlerinde baglanşygyň gönüçyzykly bölegini saýlap alýandyklary sebäpli

$$B = K_B I_n$$

bu ýerde K_B -proporsionallyk koeffisiýenti.

Ölçeg abzalynyň hereketlenýän bölegine täsir edýän aýlaw momentini aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär

$$M_{ayl} = K_B S_p W_p I_n I_p \cos \varphi$$

Hereketlenýän bölegiň burç süýşmesi (aýlaw we garşylyklaýyn täsir ediş momentleri deň bolan ýagdaýynda)

$$\alpha_b = \frac{K_B S_p W_p}{W} I_n I_p \cos \varphi$$

bu ýerde $\frac{K_B S_p W_p}{W} = S$ ölçeg mehanizminiň duýgurlugyny kesgitleýär
onda

$$\alpha_b = S I_n I_p \cos \varphi$$

Ferromagnit ölçeg abzallarynyň artykmaçlyklaryna aşakdakylar girýär:

- uly aýlaw momenti;
- güýçli hususy magnit meýdany; bu daşky täsirleri aradan aýrylýar;
- elektrodinamiki ölçeg abzallaryna seredeniňde hususy kuwwata az sarp etmegi we ş.m.

Ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň kemçilikleri şu aşakdakylar bolup durýar:

- toguň ýygylgynyň üýtgemegi ferrodinamiki ölçeg abzalynyň metrologiki häsiýetnamasyna zyýanly täsir edýär;
- daşky gurşawyň temperaturasynyň üýtgemegi hem zyýanly täsir edip, bu abzallaryň çäkli ulanmagyna getirýär.

Ferrodinamiki ampermetrler we woltmetrler hem elektrodinamiki ölçeg abzallaryna meňzeş hereketlenýän we hereketlenmeýän tegekleri birikdirýär. Elektrodinamiki ölçeg abzallarynyňky ýaly ferrodinamiki ampermetrlerde we woltmetrlerde ölçenilýän toguň ýa-da güýjenmäniň inedördüline proporsionaldyr. Ferrodinamiki ampermetrleriň we woltmetrleriň şkalasynyň häsiýetini gowulandyrmak üçin magnitgeçirijiniň howa boşlugyny deňölçegsiz edip ýasaýarlar.

Ferrodinamiki woltmetrler esasan şite berkidilýän ýokary däl takyklykly ölçeg abzallary hökmünde ulanylýar. Adatça setden gelýän güýjenmäniň nominal bahasyndan gyşarmasyny ölçemek üçin ulanylýar. Şonuň üçin bu ölçeg abzallarynyň deňölçegsiz şkalasy deňölçegli şkalaly ölçeg abzallaryndan amatly bolup durýar.

Ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň temperatura we ýygylýk ýalňyşlyklary bolup, bulardan başga-da özeniň barlygy üçin hem ýalňyşlyk ýüze çykýar.

Temperatura we ýygylýk ýalňyşlyklaryny ampermetrleri we woltmetrleri graduirlände göz önünde tutýarlar.

Ferrodinamiki ampermetrleriň we woltmetrleriň esasy ulanylýan ýerleri – mehaniki täsir ediş şertlerinde (urgy sandyrama) senagat ýygylýkly üýtgeýän toguň zynjyrlarynda ölçemek üçin ulanylýar. Şu ýagdaýda ampermetrleriň we woltmetrleriň takyklyk klasy 1,5-2,5 bolup biler.

Ferrodinamiki wattmetrleriň işleýiş düzgüni hem elektrodinamiki wattmetrleriň işleýiş düzgüni bilen gabat gelýär, diňe magnitgeçirijiniň barlygy bilen tapawutlanýar. Şol bir şertde ulanylanda ferrodinamiki wattmetrler az energiýa sarp edişi we uly aýlaw momentiniň barlygy bilen elektrodinamiki wattmetrlerden tapawutlanýar.

Ferrodinamiki wattmetrleriň takyklyk klasy ýokary däl, ýagny 1,5 we 2,5 bolup biler. Olar birfazaly we üçfazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek üçin ulanylýar.

Aktiw we reaktiw kuwwaty ölçeyän üçfazaly ferrodinamiki wattmetrler iki elementli we üç elementli bolup bilýärler.

Iki elementli ferrodinamiki wattmetrler üç simli, üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek üçin, üç elementli ferrodinamiki wattmetrler bolsa dörtsimli üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek üçin ulanylýar.

Elektrodinamika ulgamly ölçeg mehanizminiň iş düzgüni hereketlenýän we hereketlenmeýän tokly tegekleriň magnit meýdanlarynyň özara täsirine esaslanandyr.

Hereketlenmeýän tegek adaty howa boşlugy arkaly bölünen iki sany birmeňzeş bölekden ýerine ýetirilýär, onda ölçeg abzalynyň oky ýerleşýär. Ýarym tegekleriň arasyndaky aralygy üýtgetmek bilen magnit meýdanynyň görnüşini üýtgedip bolýar, diýmek şkalanyň häsiýetine täsir edip bolýar. Hereketlenmeýän tegegi mis simden togalak ýa-da gönüburçly karkasa saramak arkaly ýasaýarlar. Hereketlenýän tegegi adaty karkasyz mis ýa-da alýuminiý simden ýasaýarlar we ölçeg abzalynyň okuna berkidýärler. Garşylykly täsir ediş momenti ýaýjyk arkaly döredilýär. Bu elementler şol bir wagtda tok geçiriji bolup hyzmat edýärler. Hereketlenýän bölegi köşeşdirmek howa ýa-da magnitinduksiýaly köşeşdiriji bilen üpjün edilýär.

Elektrodinamiki ölçeg mehanizmleriň öz hususy magnit meýdanlary uly däl. Şonuň üçin elektrodinamiki ölçeg mehanizmi daşky magnit meýdanynyň täsirinden halas däl. Daşky magnit meýdanyndan goramak üçin bu ölçeg abzallaryna ekran goýýarlar. Bu usul arzan hem ýönekeý hasaplanylýar.

Ferrodinamiki ölçeg abzallary ýokarda seredilip geçilen elektrodinamiki ölçeg abzallaryndan tapawutlanýarlar. Olarda hereketlenmeýän tegek ferromagnit materialyndan Magnit akymynyň howa boýunça dälde magnitgeçiriji boýunça utgaşýanlygy sebäpli aýlaw momenti gös-göni ösýär. Şonuň üçin tegegiň magnit hereket ediş güýji azaldylyp bilner, bu azaldylma bolsa ölçeg abzalynyň öz hususy sarp edýän kuwwatyny azaldýar. Ferromagnit ölçeg abzallarynyň ölçeg

mehanizmleriň hususy magnit meýdanynyň güýçlüliligi sebäpli daşky magnit meýdanynyň täsirini gowşadýar.

Ferrodinamiki ölçeg abzallary hemişelik toguň zynjyrynda-da, üýtgeýän toguň zynjyrynda-da peýdalanylýar. Ýöne bu abzallaryň hemişelik toguň zynjyrynda ulanylşy çäklendirilýär. Aşakda ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň simesoidal toklaryň zynjyrynda işleýşi barada durup geçýäris.

Hereketlenmeýän tegegiň magnit meýdany howa boşlugynda hereketlenýän tegegiň magnit meýdany bilen özara täsir edip aýlaw momentini döredýärler. Bu aýlaw momentiniň pursat bahasy aşakdaky deňleme boýunça aňladylýar:

$$m_t = B_t S_p W_p i_p$$

Eger howa boşlugyndaky induksiýa

$$B_m = B_m \sin Wt$$

we tok hereketlenýän tegekde

$$i_n = I_{mn} \sin (Wt + \varphi)$$

simesoidal bolsa period wagtynda momentiniň bahasyny aşakdaky aňlatma boýunça kesgitleýärler:

$$M_{aýl} = \frac{1}{T} \int_0^T m_t dt = B_s p W_p I_p \cos \varphi$$

Ferrodinamiki ölçeg mehanizmlerde baglanyşygyň göni çyzykly bölegini saýlap alýandyklary sebäpli

$$B = K_B I_n$$

bu ýerde K_B – proporsionallyk koeffisiýenti.

Ölçeg abzalynyň hereketlenýän bölegine täsir edýän aýlaw momentine aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär.

$$M_{aýl} = K_B S_p W_p I_n I_p \cos \varphi$$

Hereketlenýän bölegiň burç süýşmesi (aýlaw we garşylyklaýyn täsir ediş momentleri deň bolan ýagdaýynda).

$$d_b = \frac{K_B S_p W_p}{W} I_n I_p \cos \varphi$$

bu ýerde $\frac{K_B S_P W_P}{W} = S$ ölçeg mehanizminiň duýgurlygyny kesgitleýär.

onda

$$\alpha_b = S I_n I_p \cos \alpha$$

Ferromagnit ölçeg abzallarynyň artykmaçlyklaryna aşakdakylar girýär:

- uly aýlaw momenti;
- güýçli hususy magnit meýdany; bu daşky täsirleri aradan aýyrýar;
- elektromehaniki ölçeg abzallaryna seredeniňde hususy kuwwata az sarp etmegi we ş.m.

Ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň kemçilikleri şu aşakdakylar bolup durýar

- toguň ýygylgynyň üýtgemegi ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň metrologiki häsiýetnamasyna zyýanly täsir edýär.
- daşky gurşawyň temperaturasynyň üýtgemegi hem zyýanly täsir edip, bu abzallaryň çäkli ulanmagyna getirýär.

Ferrodinamiki ampermetrler we woltmetrler hem elektrodinamiki ölçeg abzallaryna meňzeş hereketlenýän we hereketlenmeýän tegekleri birikdirýärler. Elektrodinamiki ölçeg abzallarynyňky ýaly ferrodinamiki ampermetrlerde we woltmetrlerde ölçenilýän toguň ýa-da güýjenmäniň inedördüline proporsionaldyr. Ferrodinamiki ampermetrleriň we woltmetrleriň şkalasynyň häsiýetini gowulandyrmak üçin magnitgeçirijiniň howa boşlugyny deňölçegsiz edip ýasaýarlar.

Ferrodinamiki woltmetrler esasan şite berkidilýän ýokarydäl takykly ölçeg abzallary hökmünde ulananylýar. Adatça setden gelýän güýjenmäniň nominal bahasyndan ggyşarmasyny ölçemek üçin ulanylýar. Şonuň üçin bu ölçeg abzallarynyň deňölçegsiz şkalasy ölçeg abzallaryndan amatly bolup durýar.

Ferrodinamiki ölçeg abzallarynyň temperaura we ýygylk ýalňyşlyklary bolup, bulardan başga-da özeniň barlygy üçin hem ýalňyşlyk ýüze çykýar.

Temperatura we ýygylk ýalňyşlyklary ampermetrleri we woltmetrleri graduirlände göz önünde tutýarlar.

Ferrodinamiki ampermetrleriň we woltmetrleriň esasy ulanylýan ýerleri – mehaniki täsir ediş şertlerinde (urgy, sandyrama) senagat ýygylkly üýtgeýän toguň zynjyrlarynda ölçemek üçin ulanylýar. Şu ýagdaýda ampermetrleriň we woltmetrleriň takyklyk klasy 1,5-2,5 bolup biler.

Ferrodinamiki woltmetrleriň işleýiş düzgüni hem elektrodinamiki wattmetrleriň işleýiş düzgüni bilen gabat gelýär, diňe magnitgeçirijiniň barlygy bilen tapawutlanýar. Şol bir şertde ulanylanda ferrodinamiki woltmetrler az energiýa sarp edişi we uly aýlaw momentiniň barlygy bilen elektrodinamiki wattmetrlerden tapawutlanýarlar.

Ferrodinamiki wattmetrleriň takyklyk klasy ýokary däl, ýagny 1,5 we 2,5 bolup biler. Olar bir fazaly we üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek üçin ulanylýar.

Aktiwi we reaktiw kuwwaty ölçýän üçfazaly ferrodinamiki wattmetrler iki elementli we üçelementli bolup bilýärler.

Iki elementli ferrodinamiki wattler üçsimli üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty şlçemek üçin, üç elementli ferrodinamiki wattmetrler bolsa dörtsimli üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek üçin ulanylýar.

Elektrik däl ululyklary ölçeýji ölçeg abzallary.

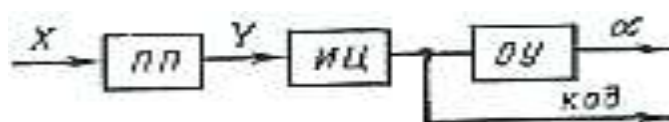
Senagatyň we önümçiligiň toparlaýyn awtomatlaşdyrylmagy we ylmy barlaglar kärhanadaky dürli tehniki enjamlary dolandyrmak üçin, olaryň ýagdaýlaryna gözegçilik etmek üçin dolandyrylýan obýektiň ýagdaýyny häsiýetlendirýän fiziki ululyklar elektriki däl ululyklar diýlip atlandyrylýar.

Elektriki däl ululyklara mehaniki, ýylylyk, optiki, himiki we beýleki ululyklar girýär.

Ölçeg maglumatynyň signalynyň energiýasy boýunça elektriki däl ululyklary ölçemegiň dürli usullary bardyr.

Öň biz elektriki ölçegleriň artykmaçlyklary barada, ýagny olaryň takyklygy, amatlydygy, ygtybarlydygy barada durup geçipdik. Indi bolsa elektriki däl ululyklary elektriki usul bilen ölçemekligi öwreneris.

Elektriki däl ululyklary ölçemekligiň ýönekeý gurluş çyzgysy aşakda görkezilendir.



bu ýerde ДЗ – deslapky ölçeg özgerdijisi;

ÖЗ – ölçeg zynjyry;

HA – hasaplaýyş ölçeg abzaly.

Käbir ýagdaýlarda ölçeg netijesi san görnüşinde (kod) hem berilýär.

Ölçenilýän ýerde ýerleşdirilen deslapky ölçeg özgerdijisi elektriki däl x ululygy elektriki y ululygyna özgerdýär. Bu özgerdijä diňe deslapky ölçeg özgerdijisi diýilmän oňa elektriki däl ululyklaryň datçigi ýa-da ýönekeý datçik hem diýilýär.

Deslapky ölçeg özgerdijisine aşakdaky ýaly talaplar bildirilýär:

- özgerdiş häsiýetnamasy $y=F(x)$;
- wagt boýunça özgerdiş häsiýetnamasynyň durnuklygy;
- takyklygy;
- tizligi we başgalar.

Deslapky ölçeg özgerdijileri özleriniň işleýiş düzgüni, gurluşy, giriş signalynyň görnüşi, metrologiki we ulanylyş häsiýetnamalary boýunça dürli-dürlidirler.

Özgerdiş energiýasynyň görnüşlerini hasaba almak bilen olaryň işleýiş esasynda ýatan tebigatynyň fiziki ýüze çykyşy boýunça deslapky ölçeg özgerdijilerini dürli toparlara bölmek mümkindir.

Ýokarda görkezilen alamatlary boýunça deslapky ölçeg özgerdijilerini aşakdaky ýaly toparlara bölýäris.

- mehaniki rezistiwli (kontaktly, reostatly, tenzometrli);
- elektrostاتي (sygymly, pýezoelektriki);
- elektromagnitli (induktivli, induksion, magnito-maýyşgak);
- teploelektriki (termoelektriki, termorezistiwli);
- elektrohimi (rezistiw elektrolitiki, galwaniki, kulonometriki, himotron);
- opto-elektriki;
- galwanokinetiki;
- atom (ionizasion şöhlenme, kwantly) we başg.

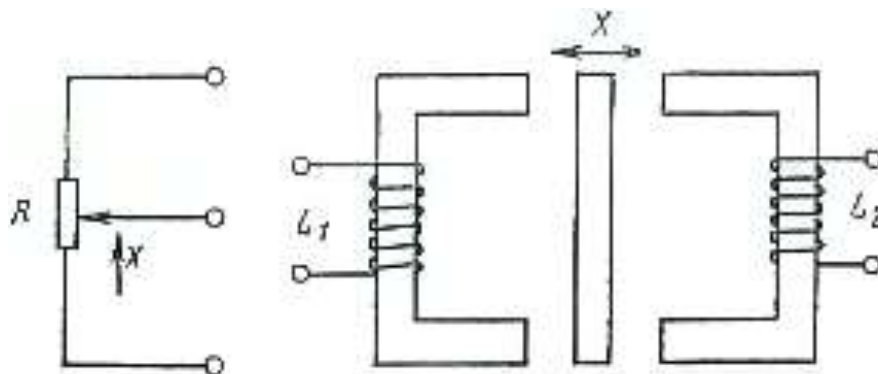
Ýokarda sanalyp geçilen toparlar, elektriki däl ululyklaryň deslapky ölçeg özgerdijileriniň örän köpligini, elektriki däl ululyklary ölçemek meseleleriniň örän giňligine güwä geçýär. Şonuň üçin elektriki däl ululyklary ölçemegiň amatly usullaryny, ygtybarly ölçeg serişdelerini saýlap almagy talap edýär.

Deslapky ölçeg özgerdijileriniň girişine diňe bir x ululygy täsir etmän, obýektiň beýleki parametrleri, daşky gurşawyň temperaturasy hem täsir edýär. Şunuň ýaly ýagdaýda deslapky ölçeg özgerdijileri diňe giriş ululyklary saýlap kabul edip, beýleki ululyklaryň täsirini kabul etmeli däl. Beýleki täsir edýän ululyklary gurluş we çyzgy usullary bilen çözülýän esasy meseleleriň biri bolup durýar.

Eger elektriki däl ululyklaryň üýtgemegi bilen deslapky ölçeg özgerdijileriniň passiw elementleriniň ýagny garşylyklaryň, sygymlaryň, induktivlikleriň ýa-da özara induktivligiň üýtgemegine getirýän bolsa, onda ol deslapky ölçeg özgerdijileri parametriki diýlip atlandyrylýar, eger aktiw elementleriň (togyň elektrik hereketlendiriji güýjini) öndürilmegine getirýän bolsa generatorly deslapky ölçeg özgerdijileri diýilýär.

Esasan hem differensial deslapky ölçeg özgerdijileri aýratyn giňden ulanylýar. Şeýle deslapky ölçeg özgerdijileriniň duýgur elementleri aşakdaky çyzgyda görkezilendir.

- a) differensial datçikleriň rezistiw duýgur elementleri.
- b) differensial datçikleriň induktiv duýgur elementleri



Deslapky ölçeg özgerdijisiniň differensial duýgur elementine x ululygy täsir edende onuň çykyşynda bir-birine garşy ugrukdyrylan iki signal emele gelýär. Bu kanallaryň tapawudy ölçeg abzalyndan we ölçeg özgerdijisinden durýan ölçeg kanalyňa girýär. Meselem: deslapky ölçeg özgerdijisiniň differensial induktiw duýgur elementi iki sany birmeňzeş (b çyzgy) hereketlenmeýän sarymly özenden bir umumy ýokardan durýar. Ýokaryň x aralyga süýşmegi bilen sarymlaryň L_1 we L_2 induktiwligi üýtgeýär. Ýokoryň süýşýän ugruna baglylykda induktiwligiň biri ulalýar, beýlekisi bolsa kiçelýär.

Rezistiw, sygym we beýleki differensial deslapky ölçeg özgerdijiler hem şular ýaly gurulandyr.

Deslapky ölçeg özgerdijisiniň çekyş signaly Y maglumat ölçeg özgerdijisiniň kanalyňa düşýär. Onuň gurluş çyzgysy bolsa deslapky ölçeg özgerdijisiniň kysymyna, onuň çykyş kuwwatyna, şeýle-de onuň tekyklygyna we ölçeg desgasyň hereket tizligine baglydyr.

Ölçeg zynjyrlary ÖZ (1-nji çyzga seret) göni we deňagramlaşdyrylan ölçeg özgerdijileriniň gurluş çyzgylary boýunça ýerine ýetirilip bilner.

Göni özgertermegiň ölçeg zynjyrlary öz nobatynda aşakdaky ýaly toparlara bölünýärler:

- generatorly işleýän deslapky ölçeg özgerdijiler;
- parametriki işleýän deslapky ölçeg özgerdijileri;

Generatorly deslapky ölçeg özgerdijisiniň göni özgerdiş ölçeg zynjyryny ÖZ gurmaklygyň esasy düzgüni özgerdijileriň yzygiderli birikdirilen giriş we çykyş garşylyklarynyň özara ylalaşykly düzgünidir. Bu düzgün ölçeg özgerdijisiniň kanalyndaky ölçeg maglumatlarynyň ýitgisiniň minimal ýagny az bolmagyny üpjün edýär.

Parametriki deslapky ölçeg özgerdijileriň göni özgertermegiň ölçeg zynjyrlarynyň üç görnüşi ulanylýar.

- a) yzygiderli birikdirilen zynjyrlar;
- b) bölüjiler görnüşindäki zynjyrlary;
- c) deňagramlaşdyrylmadyk köprüler görnüşindäki zynjyrlar.

Yzygiderli birikdirilen ölçeg zynjyrlary we bölüjiler görnüşindäki ölçeg zynjyrlary özläriniň uly kemçilikleri bilen tapawutlanýarlar. Bu giriş signalynyň ýok wagtynda ýagny $x=0$, çykyş signalynyň $U_{\text{çyk}} \neq 0$ ýüze çykmasydyr.

Deňagramlaşdyrylmadyk köprüler görnüşindäki zynjyrlarda bu kemçilikler aradan aýrylandyr. Bulardan başga-da deňagramlaşdyrylmadyk köprüler esasyndaky zynjyrlaryň uly mümkinçiligi bardyr, ýagny parametriki deslapky ölçeg özgerdijilerinde köprüleriň bir, iki ýa-da dört egnine-de birikdirilip bilner. Bu bolsa ölçeg zynjyrynyň çykyş kuwwatynyň ýagny onuň duýgurlygynyň ýokarlanmagyna laýyk gelýär.

Özara yzygiderli birikdirilen ölçeg özgerdijilerinden durýan göni özgerdiş ölçeg desgasyň S duýgurlygy aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär.

$$S=S_1 S_2 S_3..... S_n$$

bu ýerde $S_1 S_2 S_3 \dots S_n$ – maglumat beriş kanalyňy emele getirýän özgerdijileriň duýgurlygy.

Her özgerdijiniň özüne mahsus ýalňyşlygy bardyr. Şonuň üçin göni özgerdiş usuly boýunça ýerine ýetirilen ölçeg abzallarynyň ýönekeyligine, ölçeg tizligine seretmezden elektriki däl ululyklary takyk ölçemek üçin deňagramlaşdyrmak usulyňy ulanýarlar.

Bu ýagdaýda ölçeg desgasyňyň duýgurlygyny aşakdaky ýaly kesgitleýärler.

$$S = K / (1 + K\beta)$$

bu ýerde K - göni özgerdiş zynjyrynyň geçiriş koeffisiýenti.

β - tersine özgerdiş zynjyrynyň geçiriş koeffisiýenti.

$K\beta \gg 1$ şerti ýerine ýetirilen halatynda ölçeg desgasyňyň ýalňyşlygy diňe özgerdijiniň tersine özgerdiş zynjyrynyň geçiriş koeffisiýenti boýunça kesgitlenilýär.

Köp ölçeg özgerdijileriň-termoparynyň, termo-rezistorlaryň, ionizasion özgerdijileriň, gazoanalizatorlar we beýlekileriň çykyş ululyklary ujypsyzdyr, olar adatça $10^{-6} - 10^{-2} W$ we $10^{-10} - 10^{-5} A$ diapazonda bolýar. Şonuň üçin şeýle kiçi toklary we güýjenmeleri görkeziji elektrik ölçeg abzallary bilen ölçemek üçin ýa-da ýitgisiz aragatnaşyk kanallary arkaly geçirçek üçin olary önünde güýçlendirijiler bilen güýçlendirmeli bolýar. Şular sebäpli häzirki zaman ölçeg tehnikasynyň önünde ýokary takyklyk bilen kiçi toklary we güýjenmeleri funksional özgertmeklik meselesi durýar.

Mehaniki ululyklarynyň ölçenilşi.

Burç ölçegleriniň ölçenilşi. Burç ölçegleri adatça doly töwerek 360 burç gradusy bilen çäklendirilen we 0,5 burç minutynda çenli ýalňyşlygy göz önünde tutulyp ölçenilýär.

Burçy elektrik ululygyna özgertmek üçin adatça reostatly özgerdijileri ulanýarlar. Bular 10-20 burç minutynyň burç üýtgemesini duýmaga ukyplydyr.

Has takyk ölçegleri diskret usulynda ýerine ýetirýärler.

Adatça manganinden ýa-da konstantantadan ýasalan simleri ulanýarlar. Reostatly simlerine ýa-da oksid sloýyny çalyýarlar. Bular sarymlary bir-birinden izolirleýärler. Setka iridi bilen platinaň garyndysyndan bolan üç-dört sim görnüşinde ýasaýarlar ýa-da kümüş plastinalaryň toplumyndan ýa-da fosforly bürünçden ýasalyar. Karkas tekstolitden ýa-da plastmassadan ýasalyar.

Oksid plýonkasyndan ýa-da izolirlenen lak çalyňan alýumuniýden ýasalan karkaslar hem ulanylýar.

Reostatly özgerdijiler başgançakly özgerdijilere degişlidir, sebäbi ölçenilýän elektriki däl ululyklaryň üznüksiz üýtgemegi, datçigiň garşylygynyň başgançakly üýtgemegine laýyk gelýär.

Reostatly özgerdijiler basgançakly özgerdijilere degişlidir, sebäbi ölçenilýän elektriki däl ululyklaryň üznüksiz üýtgemegi, datçigiň garşylygynyň basgançakly üýtgemegine laýyk gelýär.

Reostatly datçikleriň artykmaçlygyna şu aşakdakylar degişlidir, sebäbi ölçenilýän elektriki däl ululyklaryň üznüksiz üýtgemegi, datçigiň garşylygynyň basgançakly üýtgemegine laýyk gelýär.

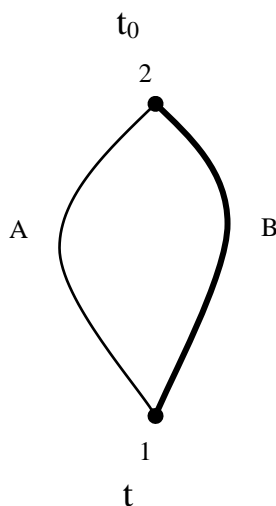
Reostatly datçikleriň artykmaçlygyna şu aşakdakylar degişlidir: ýeterlik ýokary takyklyk (0,05-0,02%), uly çykyş kuwwaty we ýönekeý gurluşy.

Aýlaw burçuny ölçemek üçin reostatly datçiklerden başga-da ferrodinamiki ölçeg mehanizmleriň bazasynda ýasalan transformator datçikleri, şeýle-de impuls datçikleri. Bular walyň aýlaw burçuny ilki amplituda-modelirlenen signala, soňra göniburçly impuls güýjenmesine özgerdýärler. Şular ýaly datçikler awtomatikada burç süýşmesi ölçemek üçin ulanýarlar.

Termoelektriki ölceg abzallary.

Temperaturanyň termoelektriki termometrler ýagny termoelektriki özgerdijiler bilen ölçenilmegi 1826 ýylda Zeýebek tarapyndan termoelektriki effektiň ulanylmagy bilen açylýar.

Termoelektriki özgerdiji iki ýa-da birnäçe özara birikdirilen dürli hilli geçirijilerden ýasalan zynjyrdan durýar. Aşakdaky suratda iki sany geçirijiden durýan A we B termoelektrodlar birikdirilen termoelektriki zynjyr görkezilendir:



Termoelektrodlaryň 1 we 2 birikdirilen ýerlerini spay diýip atlandyrýarlar. Eger spaýlaryň t we t_0 temperaturasy deň bolmasa, ýapyk zynjyryň üstünden elektrik togynyň akýandygy Zeýebek tarapyndan açylandyr. Termotok diýlip atlandyrylýan bu tok spaýlaryň temperaturasynyň gatnaşygyna baglydyr, ýagny

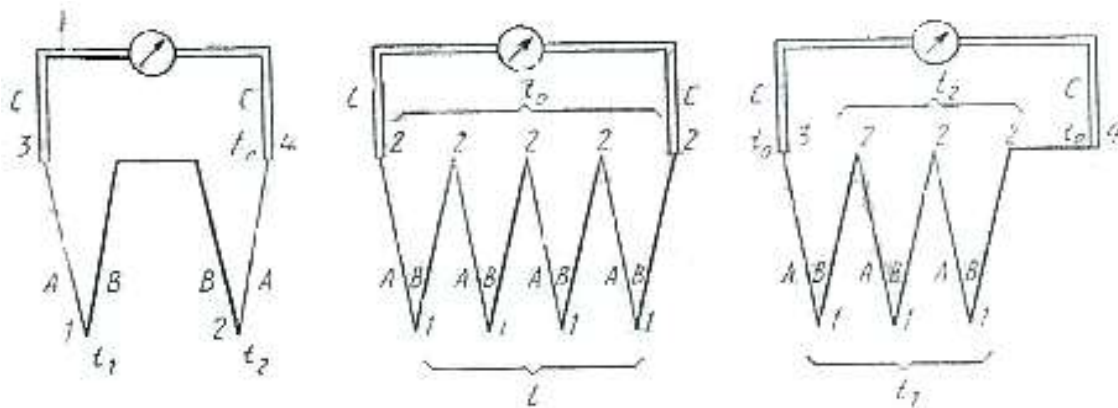
eger $t > t_0$ bolsa tok bir ugra akýar, eger $t < t_0$ bolan ýagdaýynda tok beýleki ugra akýar.

Şeýle ýapyk zynjyryň uçlary bölünende, şol uçlara termo elektro hereketlendiriji güýjüni (termo EHG) ölçemeklik mümkinçiligi döredýär.

Eger şeýle zynjyra daşardan elektrik togy berilse toguň ugruna baglylykda spaýlaryň biri gyzýar, beýlekisi welin sowamak bilen bolýar. Fizikada bu hadysa metallardan elektronlaryň çykyşynyň dürliligi bilen häsiýetlendirilýär. Diýmek iki sany dürli hilli metalyň birikdirilmegi bilen onuň uçlarynda potensiallaryň tapawudy emele gelýär. Mundan başga-da geçirijileriniň uçlaryndaky temperaturalaryň dürliligi bilen olardan elektronlaryň diffuziýasy döreýär we bular geçirijileriň uçlarynda potensiallaryň tapawudynyň döremegini emele getirýär.

Az temperaturaly termoelektrodyň spaýyndan beýleki termoelektroda tok geçýän bolsa, ol termoelektrod şertli položitel, beýleki bolsa otrisasel diýlip atlandyrylýar.

Meselem: eger $t_0 < t$ (ýokardaky çyzga seret) we bu spaýda tok A termoelektroddan B termoelektroda ugrukdyrylan, diýmek A-termoelektrod položitel, B-termoelektrod bolsa otrisasel. Spaýyň A we B termoelektrodlarynyň arasyndaky termoEHG-ni t temperatura $e_{AB}(t)$ belleýäris. Şeýle ýazgy A termoelektrodyň položiteldigini we ýazgyda ilkinji ýazylýar diýsek, onda termoEHG-i $e_{AB}(t)$ hem položitel belgilidir. Alnan şerte görä $e_{AB}(t)$ ýazgyda termoEHG-i otrisasel belgilidir. Woltyň kanunyna laýyklykda ýapyk zynjyrdaky dürli hilli geçirijilerde spaýlaryň temperaturasy deň bolsa, bu zynjyrdaky termotok



nula deňdir.

Şu aýdylanlary göz önünde tutup şeýle netije çykarýärys, eger 1 we 2 spaýlar sol bir temperaturada bolsalar, meselem t_0 , onda her spaýdaky termoEHG özara deňdirler we biri-biriniň garşysyna hereket edýärler. Şeýle $E_{AB}(t_0 t_0)$ kontury jemleýji termoEHG nula deňdir, ýagny

$$E_{AB}(t_0 t_0) = e_{AB}(t_0) - e_{AB}(t_0) = 0$$

ýa-da $e_{AB}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$ hasaba almak bilen

$$E_{AB}(t_0 t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0) = 0$$

Ýokarky suratda görkezilen ýapyk zynjyr üçin jemleýji termoEHG-i deňdir.

$$E_{AB}(tt_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0)$$

ýa-da

$$E_{AB}(tt_0) = e_{AB}(t_0) - e_{AB}(t_0)$$

Soňky deňleme termoelektriki özgerdijileriň esasy deňlemesi hasaplanylýar. Ondan görnüşi ýaly konturda emele gelen $E_{AB}(tt_0)$ termoEHG t we t_0 temperaturalaryň dürli funksiýasyna baglydyr. Eger $t_0 = \text{const}$ hasaplasak, onda $e_{AB}(t_0) = c = \text{const}$ we $E_{AB}(tt_0)t_0 = \text{const} = e_{AB}(t) - c = f(t)$.

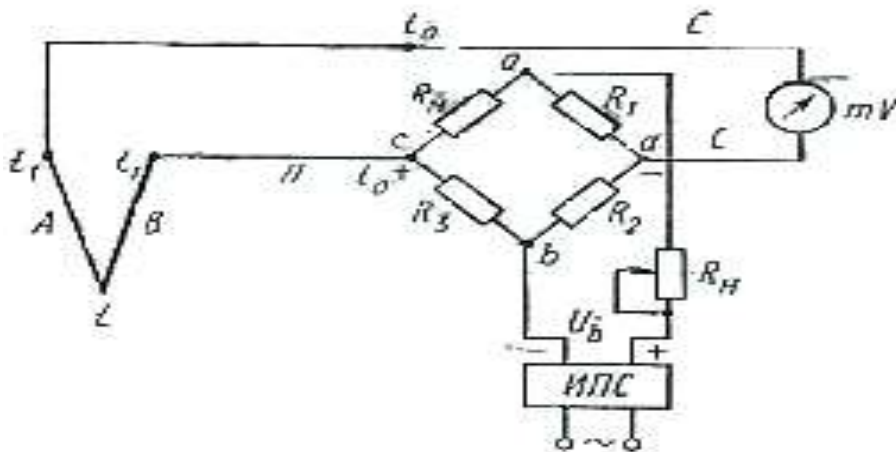
Eger $t_0 = \text{const}$ bolsa mälim bolan baglanşyk arkaly termoelektro özgerdijiniň konturynda ölçenilýän obýektde t temperaturany tapýarys. Temperaturasy ölçenilýän obýektde göýberlen spaýa işçi spay, obýektiň daşyndaky spaýa bolsa azat spay diýilýär.

Termoelektrod materiallaryny anyk ulanmak bilen gerek bolan takyklygy almak mümkinçiligi ýok, şonuň üçin temperatura ölçenilende ulanylýan dürli termoelektrik özgerdijileri üçin tejribe arkaly graduirlmek ýoluny ýa-da termoEHG-ni temperaturadan baglanşyk grafigini gurmak ýoluny saýlap alýarlar.

Termoelektriki özgerdijiniň konturynda generirlenýän (öndürilýän) termoEHG-i diňe termoelektrodlaryň himiki düzümine we spaýlaryň temperaturasyna bagly bolup, termoelektrodlaryň geometriki ölçegine we spaýlaryň ölçegine bagly däldir.

Ölçeg abzallarynyň termoelektriki özgerdijileriň zynjyrlaryna birikdirilşi.

Termoelektriki özgerdijileriň termoEHG-ni ölçemek üçin onuň zynjyryna aşakda görkezilen çyzgylar boýunça ölçeg abzallaryny birikdirýärler.



Ýokarda görkezilen ölçeg abzallary birikdiriliş çyzgylarda ýere bir C geçiriji birikdirilen hökmünde seredilip bolar.

Ýokardaky a çyzgydan görnüşi ýaly termoelektriki özgerdijiniň 1 işçi spaýy we 2 we 3 azat spaýy bardyr. Şol azat 2 we 3 spaýlarda ölçeg abzallary birikdirilýär. B çyzgydan görnüşi ýaly termoelektriki özgerdijiniň dört spaýy bardyr: 1 işçi, 2 azat we t_1 hemişelik temperaturada 3 we 4 neýtral uçlary bardyr. Çyzgylaryň dürliligine garamazdan olaryň termoEHG-ni birmeňzeşdir, üçünji C geçirijiniň uçlaryndaky temperatura deň bolanda a çyzgy üçin

$$E_{ABC}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0 \quad (1)$$

Eger hemme spaýlaryň temperaturasy birmeňzeş bolsa

$$E_{ABC}(t_0 t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Onda } e_{BA}(t_0) = e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0)$$

1 -nji deňlemäni 2 -nji deňlemä goýup alýarys.

$$E_{ABC}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) = e_{AB}(t) + e_{AB}(t_0) = E(t t_0),$$

Bu deňleme termoelektriki özgerdijileriň esasy deňlemesi bilen gabat gelýär. Ýokarda görkezilen b zynjyr üçin alýarys

$$E_{ABC}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) + e_{BA}(t_0)$$

$$C_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1) \text{ we } e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0) \text{ hasaba alyp ýazýarys}$$

$$E_{ABC}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) = E(t t_0)$$

Bu deňleme hem termoelektriki özgerdijileriň esasy deňlemesi bilen gabat gelýär. Şu deňlemelerden görnüşi ýaly geçirijileriň uçlaryndaky temperaturaly deň bolanda, zynjyra üçünji elektrodyň birikdirilmegi bilen termoelektriki özgerdijiniň termoEHG-ni üýtgeşsiz galýar.

Ýokardaky netije birikdirilen ölçeg abzallaryna degişlidir.

Temperaturany ölçemek üçin termorezistorlar ulanylýar. Olar ýokary durnukly garşylygyň temperatura koeffisiýenti, garşylygyň temperatura çyzykly baglylygy, daşky gurşawyň täsirlerine durnukly häsiýetlere eýedir. Şeýle materiallar ilkinji nobatda platina degişlidir. Özünüň arzanlygy bilen mis termorezistorlar giňden ýaýrandyr, şeýle-de wolfram we nikel termorezistorlar ulanylýar.

Platina termorezistorlarynyň garşylygy 0°C -dan $+150^\circ\text{C}$ çenli diapazon temperaturada aşakdaky gatnaşyk bilen aňladylýar:

$$R_\theta = R_0(1 + A\theta + B\theta^2)$$

bu ýerde R_0 - 0°C -daky garşylyk;

θ - temperatura, 0°C :

R_{100}/R_0 gatnaşykly platina sim üçin $R_{100}/R_0 = 1,385$ bolanda A we B bahasy:

$$A = 3,90784 \cdot 10^{-3} K^{-1};$$

$$B = 5,7841 \cdot 10^{-7} K^{-2}.$$

$0^{\circ}C$ -dan $-200^{\circ}C$ -çenli temperatura interwalynda platina garşylygynyň temperatura baglylygy aşakdaky görnüşe eýedir.

$$R_{\theta} = R_0 [1 + A\theta + B\theta^2 + C(\theta - 100)\theta^3]$$

$$\text{bu ýerde } C = -4,482 \cdot 10^{-12} K^{-4}$$

Senagatynyň platina termometrleri $-260^{\circ}C$ -dan $+1100^{\circ}C$ temperatura diapazonynda ulanylýar. $-50^{\circ}C$ -dan $+180^{\circ}C$ -çenli diapazon temperaturada mis geçirijileriň garşylyklary hasaplananda aşakdaky formuladan peýdalanýarlar:

$$R_{\theta} = R_0(1 + \alpha\theta)$$

bu ýerde $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

$R_0 - 0^{\circ}C$ -daky garşylyk.

Eger mis termorezistorlar üçin R_{θ} -garşylygy (θ_2 temperaturada) hasaplamaly bolsa, öňden belli R_{θ} garşylyk boýunça (θ_1 temperaturada) aşakdaky formuladan peýdalanmalydyr:

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1}(1 + \alpha\theta_2)/(1 + \alpha\theta_1)$$

Mis termorezistorlary 200° temperatura çenli çygsyz atmosferada ulanyp bolar. Mundan ýokary temperaturada misde okislenme bolup geçýär. Garşylygyň mis termometrleri üçin temperaturanyň aşagy çägi $-200^{\circ}C$ -a deňdir.

Garşylyk termometrleri bilen temperatura ölçenilende ýüze çykýan ýalňyşlyklar şu aşakdakylar sebäpli bolýar:

- garşylyk termometriň başlangyç wagtdaky durnuksyzlygy; onuň garşylygynyň temperatura koeffisiýentiniň durnuksyzlygy;
- ölçeg abzaly bilen termometri birikdirýän liniýanyň garşylygynyň üýtgemegi;
- ölçeg togy bilen termometriň aşagy gyzmagy.

Ýarymgeçiriji termorezistorlar metaldan ýasalardan özlerniň kiçi göwrümi we uly garşylyk temperatura koeffisiýenti bilen tapawutlanýarlar.

2. Ýarymgeçiriji termorezistorlaryň garşylyk temperatura koeffisiýenti otrisatel we temperaturanyň koeffisiýenti otrisatel we temperaturanyň absolýut inedördüline ters proporsional peselýär.

$\alpha = B/\theta^2$ $20^{\circ}C$ -da garşylyk temperatura koeffisiýenti $0,02 - 0,08 K^{-1}$ deňdir.

Ýarymgeçiriji termorezistorlaryň garşylygynyň temperatura baglylygy (aşakdaky suratda (2) gyşarma) ýeterlik gowe $R_\theta = Ae^{B/T}$ formula boýunça ýazylýar. Bu ýerde

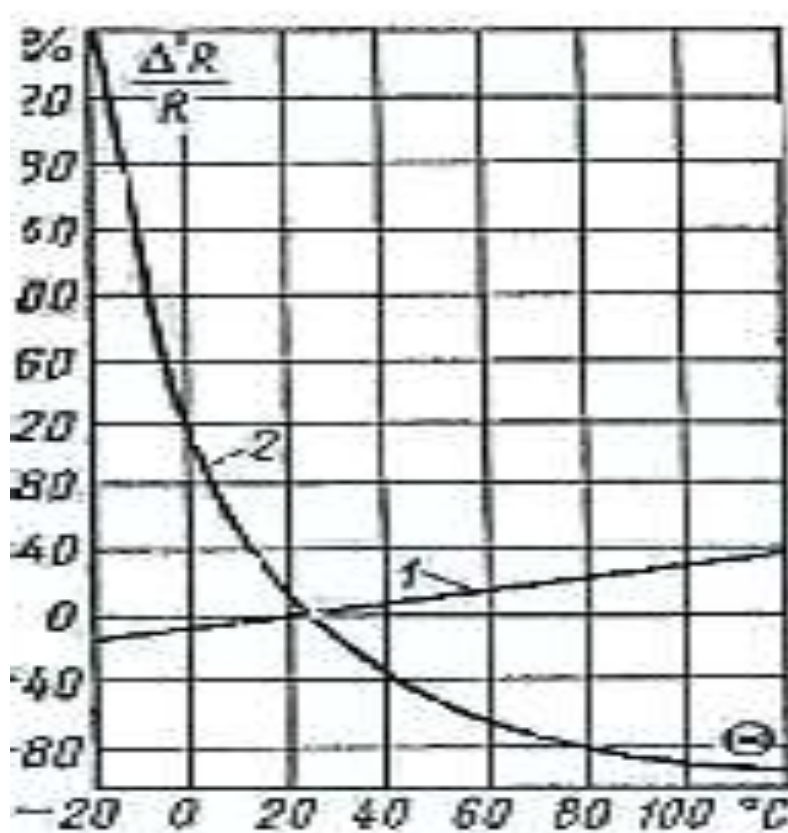
T -absolýut temperatura;

A -garşylygyň ölçegine degişli koeffisiýent;

B -temperaturanyň ölçegine degişli koeffisiýent.

(1)gyşarmada mis termorezistorlary üçin temperatura baglylygy deňeşdirmek üçin getirilen.

Eger ulanylýan ýarymgeçiriji termorezistorlar üçin A we B koeffisiýentler mälüm bolman, T_1 we T_2 -de R_1 we R_2 garşylyklar mälüm bolsa, onda garşylyk we B koeffisiýent üçin islendik başga temperatura üçin aşakdaky gatnaşykdan kesgitlep bolar.



Surat 11.12.

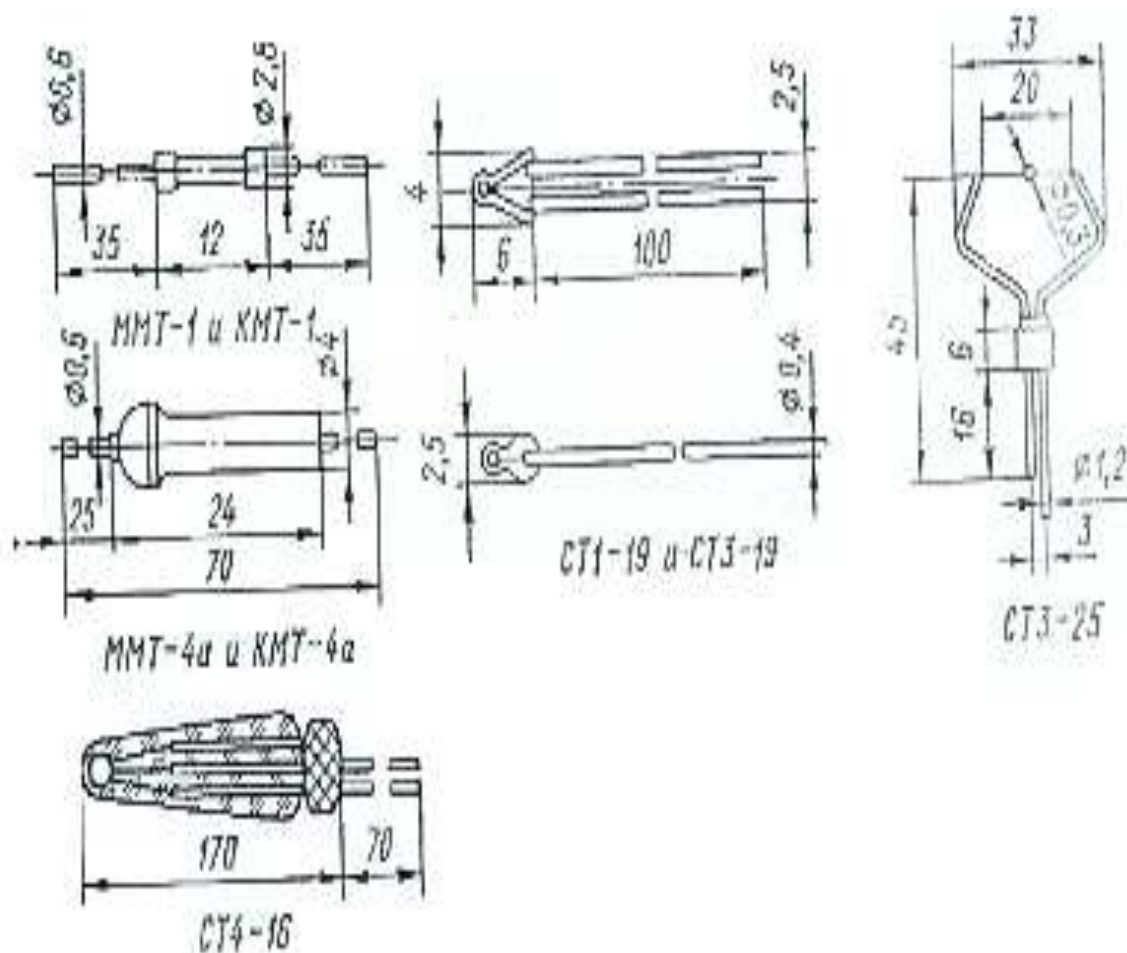
(1)gyşarmada mis termorezistorlary üçin temperatura baglylygy deňeşdirmek üçin getirilen.

Eger ulanylýan ýarymgeçiriji termorezistorlar üçin A we B koeffisiýentler mälüm bolman, T_1 we T_2 -de R_1 we R_2 garşylyklar mälüm bolsa, onda garşylyk we B koeffisiýent üçin islendik başga temperatura üçin aşakdaky gatnaşykdan kesgitlep bolar.

$$R_\theta = R_1 e^{B(1/T - 1/T_1)}; \quad B = \frac{T_2 T_1}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_1}{R_2}$$

3. Ýarymgeçiriji termorezistorlaryň kemçilikleri, olaryň ulanyş hilini pese düşürýän garşylygyň temperatura baglylykda çyzyksyzlygydyr.

MMT-4a we KMT-4a kysymly termorezistorlar metal kopsulyň içine ýerleşdirilen we germefizirlenen, şonuň üçin bu termorezistorlar islendik çygly, hatda suwuklykda hem ulanylyp bilner.



Surat 11.13.

Ýylylyk özgerdijiniň esasy deňlemesi ýylylygy deňagrmlaşdyrmak deňlemesidir. Onuň fiziki manysy aşakdakydan durýar: özgerdijä barýan ähli ýylylyk onuň ýylylyk saklaýjylygyny ýokarlandyrmaga gidýär. $Q_{y.s}$ we diýmek eger özgerdijiniň ýylylyk saklaýjylygy üýtgeşsiz galsa (temperatura we agregat ýagdaýy üýtgemeyär), onda wagt birliginde berilýän ýylylyk mukdary alynýan ýylylyk mukdaryna deňdir. Özgerdijä barýan ýylylyk, ýylylyk mukdarynyň jemi bolup, daşky gurşaw bilen ýylylyk çalyşygy netijesinde özgerdijä barýan ýa-da ondan çykýan ýylylyk mukdarynyň $Q_{y.s}$ we ondan bölünip çykýan elektrik kuwwaty netijesinde döreýär.

Ýylylyk saklaýjylyk maddalaryň agregat ýagdaýynyň üýtgeşsiz wagtynda özgerdijiniň materialynyň udel ýylylyk sygymyna C we m agramyna, şeýle-de özgerdijiniň temperaturasy θ bilen baglanyşyklydyr. Ol aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$Q_{y.s} = m \cdot C \cdot \theta$$

Ýylylyk çalyşyk üç usul bilen ýerine ýetirilýär:

Ýylylyk geçirijileriň göniden-göni ýylylyk çalyşygynda ýylylyk energiýanyň geçmegi bölejikleriň özara täsir edişmegi netijesinde bolup geçýär. Bu bölejikler dürli temperaturaly bolmak bilen bir-birleri bilen göniden-göni galtaşýarlar. Ýylylyk çalyşygy ýylylyk geçirijileriň ýoly bilen diňe arassa görnüşde gaty jisimlerde bolup bilýär.

Ýylylyk çalyşygy konweksiýa gatnaşygynda material bölejikleriň ýerinden süýşme ýoly arkaly amala aşyrylýar. Bu diňe gazlarda we suwuklyklarda bolup geçýär. Eger gazlaryň ýa-da suwuklyklaryň akymynyň hereketlenmeginiň sebäbi temperaturalaryň tapawudyndan ýüze çykýan, deň bolmadyk dykzlykda bolup geçýän bolsa, oňa tebigy konweksiýa diýilýär. Daşky sebäpleriň täsiri astynda akymalaryň herekete gelmegi konweksiýany ýüze çykarýar.

Ýylylyk çalyşygynyň üçünji usuly göniden-göni şöhlenmesi elektromagnit tolkunlarynyň akymydyr. Bu jisimiň ýylylyk energiýasynyň hasabyna şöhlelenmesidir.

Ýylylygyň ýylylyk geçirijilik ýoly bilen ýaýramagy.

Furýäniň kanuny boýunça kesgitlenilýär.

$$q = -\lambda \text{grad} \theta$$

bu ýerde q -ýylylyk mukdaryny ýüze çykarýan ýylylyk akymy; Wt/m^2 ;
 $\text{grad} \theta$ - temperaturanyň gradiýenti.

$$\text{grad} \theta = d\theta / dl ;$$

λ -ýylylyk geçirijilik, $Wt/(m.K)$.

Ýylylyk geçirijilik maddalaryň fiziki ýagdaýyna we tebigatyna baglydyr. Anizotrop jisimlerde ýokarkylardan başga-da ýylylygyň ýaýraýyş ugruna-da baglydyr. Ýylylygy gowy gowy geçirijiler metallar bolup durýar. Gazlar olardan az geçirijilige eýedirler. Ýylylyk geçirijilik gazlar üçin diňe bir gazyň düzümine bagly bolman, onuň temperaturasyna we basyşyna-da baglydyr.

Temperatura tapawudyndan ýüze çykýan doly ýylylyk akym aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär.

$$q_{y-a} = G_{\theta} \Delta \theta = \Delta \theta / R_{\theta}$$

bu ýerde G_{θ} - gurşawyň ýylylyk geçirijiligi;

R_{θ} - gurşawyň ýylylyk garşylygy.

2. Gurşawyň ýylylyk geçirijiligi onuň ýylylyk geçirijiligine bagly bolup, ony hasaplamak üçin elektrik geçirijiligiň meňzeş formulararynyň ýerine ýylylyk geçirijiligiň udel geçirijiligi bilen çalsyp ulanýarys.

Tekiz diwaryň ýylylyk geçirijiligi.

$$G_{\theta} = \lambda S / \delta$$

bu ýerde S-diwaryň meýdany;

δ -diwaryň galyňlygy.

Silindr görnüşli diwaryň ýylylyk geçirijiligi.

$$G_{\theta} = \lambda \frac{2\pi l}{l_1(d_1/d_2)}$$

bu ýerde l -silindriň uzynlygy;

d_1 we d_2 -silindriň daşky we içki diwarlarynyň diametrleri.

Ýylylyk berijilik netijesinde doly ýylylyk akym Nýutonyň formulasy boýunça kesgitlenilýär.

$$q_{y.b} = \xi s \Delta \theta ,$$

bu ýerde ξ - ýylylyk berijilik koeffisiýenti, $Wt/(m^2.k)$;

s – jisimiň üsti;

$\Delta \theta$ - jisim bilen daşky gurşawyň temperatura tapawudy.

Silindriň kese kesiginde emeli konweksiýa wagtynda. gazlar üçin ýylylyk beriş koeffisiýenti aşakdaky formula boýunça aňladylýar:

$$\xi_{gaz} = \frac{C\lambda}{d} \left(\frac{gd}{\nu} \right)^n = \frac{C\lambda}{d} Re^n$$

bu ýerde d – silindriň diametri;

g - gazlaryň hereketleniş tizligi;

ν - absolýut şepbeşikligiň maddanyň dykzlygyna bolan gatnaşygyna deň bolan kinematiki şepbeşiklik.

λ - gazlaryň ýylylyk geçirijiligi;

C we n – gazlaryň tizlik funksiýasy we silindriň ölçegi.

Ulanylan edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli maksatnamasy, Aşgabat, 2007.

7. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli Maksatnamasy, “Türkmenistan” gazetini, 2003-nji ýyl, Awgust aýynyň 27-si.
8. Ölçeg ulgamlary. Umumy okuwlar ýygındysy.
9. Под ред. Е.М. Душина. Основы метрологии и электрические измерения. Ленинград. Энергоатомиздат. 1987.
10. А.В. Кравцов. Электрические измерения. Москва ВО Агропромиздат 1988.
11. Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. Электрические измерения. Ленинград. Энергия. 1980.
12. Н. Г. Фарзани. Л.В.Илясов. А.Ю.Азим-Заде. Технологические измерения и приборы. Москва. Высшая школа. 1989.
13. М. Кауфман. А.Сидман. Практические руководство по расчетам схем в электронике. Москва Энергоатомиздат. 1991.

Mazmuny

1. Giriş -----	1
2. Elektrik ululyklaryň ölçenilişi -----	5
3. Birfazaly zynjyrdan wattmetriň kömegi bilen kuwwatyň ölçenilişi-----	8
4. Üçfazly hasaplaýyş ölçeg abzallary-----	14
5. Magnit ululyklarynyň ölçenilişi.-----	19
6. Elektromehaniki ölçeg abzallary.-----	22
7. Magnitoelektriki ölçeg abzallaryny-----	23
8. Magnitoelektrik galwanometrler we logometrler-----	26
9. Göneldiji ulgamly ölçeg abzallary.-----	30
10. . Bir we ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalary.-----	35
11. Elektromagnit ulgamly ölçeg abzallary.-----	36
12. Ölçeg transformatorlary-----	37
13 Ölçeg köprüleri.-----	45
14. Elektro – we ferrodinamik ulgamly ölçeg abzallary-----	49
15. Elektrik däl ululyklary ölçeýji ölçeg abzallary.-----	54
16. Termoelektriki ölçeg abzallary.-----	58
17. Edebiýatlar -----	68