

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

P. Nazarow

Elektrik ululyklarynyň ölçege serişdeleri we usullary

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

P. Nazarow, Elektrik ululyklarynyň ölçeg serişdeleri we usullary

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

Giriş.

Beýik Galkynyş eýýamynda halkymyzyň gadymy döwürlerden bäri rowaç bolan paýhasly ýörelgeleriniň, ylmy-döredijilik gymmatlyklarynyň dabaralanýandygy-nyň, ägirt uly möçberli syýasy, ykdysady, medeni ylym, bilim özgertmeleriniň üstünlikli durmuşa geçirilýändiginiň, ýurdumyzyň baky bagtyýarlygynyň, egsil-mez eşretiniň, tükeniksiz berekediň mesgenine öwrülýändiginiň aýdyň nyşanydyr. Hut şu jähetden okamak, öwrenmek ýurdumyzyň şan-şöhratyny äleme ýaýmak beýik Galkynyş eýýamynyň talyplarynyň we okuwçylarynyň baş maksady bolmalydyr.

Türkmen Politehniki institutynda berilýän bilimiň hiliniň ýokarlandyrylmagynyň many-mazmunynyň has-da çuňlaşdyrylmagy üçin döwrebap okuw kitapларыnyň ýüzlerçesi neşire taýýar edilýär. Şu kitap “Mikroelektronika we ýarymgeçiriji enjamlar” hünäri boýunça okaýan talyplar üçin “Elektrik ululyklarynyň ölçeg serişdeleri we usullary” dersi boýunça okuw kitaby hökmünde hödürlenýär.

Şu kitapda hemişelik we üýtgeýän toguň awtomatik kompensatorlary we awtomatik mostlaryň shemalary geçirilýär. Türkmenistanda elektroenergetika giňden ösendir. Kitapda ýokary woltly desgalaryň tokларыny elektrik güýjenmelerini, kuwwatларыny ölçeniş usullary we ölçeg serişdeleri doly suratda getirilen.

Magnit meýdany ölçemek usullary we ölçeg serişdeleri talyplar üçin iň esasy meseleleriň biridir. Şonuň üçin, hödürlenýän kitapda magnit meýdanyň ölçeniş usullary we ölçeg serişdeleri giňden getirilen. Kitapda ölçegiň ýalňyşlyklарыny hasaplamak meseleleri seredilýär. Ölçeгиň ýalňyşlyklарыnyň görnüşleri getirilen.

Hödürlenýän kitap ýyllyk taslama işlerinde diplom taslamalarynda talyplara uly kömek berer diýip çaklaýarys.

Şu kitaby özleşdiren soň Türkmen Politehniki institutynyň “Mikroelektronika we ýarymgeçiriji enjamlar”

hünäriniň talyplary dünýä ylmynyň gazananlary bilen ýakyndan tanyşmaga giň mümkinçilikleri alarlar.

Kitabyň taýýarlyk işlerinde Türkmen Politehniki institutynyň “Mikroelektro-nika we ýarymgeçiriji enjamlar” hünäriniň talyby Orazow Şyhy uly kömek berdi we ol minnetdarlyga mynasypdyr.

1. Ölçeg serişdeleri we usullary

Ölçeg-diýip fiziki ululygyň mukdaryny bilmek üçin edilen işe aýdylýar. Meselem:

Elektrik togynyň esasy görkezijilerini ölçmek. Ölçeg serişdelerine aşakdakylar girýär.

1. Meselem: iň ýokary derejedäki takyklykdaky ölçeg daşlary. Ölçeg mukdarlary döwlet standartynda ýerleşdirilýär.

2. Ölçeg abzallaryna mysal: ampermetr, woltmetr, watmetrler, wagt-ýylylyk ölçenýän abzallar, energiýa ölçenýän w.ş.m. Diňe bir fiziki ululygy ölçeyärler.

3. Ölçeg kompleksleri diýip bir näçe fiziki ululuklary bir wagtyň içinde ölçäp bilýän ölçeg serişdesidir. Bir wagtyň içinde 3 sany fiziki ululygy ölçäp bilýär.

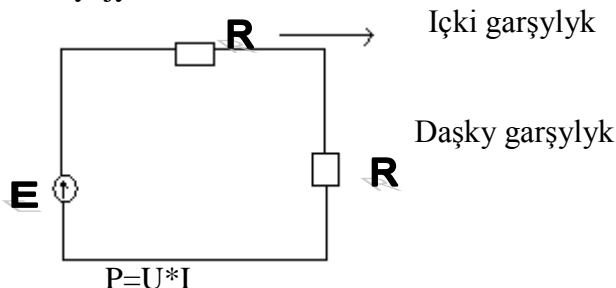
4. Maglumat ölçeg sistemalary. Bu sistemalar bir wagtyň içinde bir topar fiziki ululyklary hem özgerdip bilýär hem ölçäp bilýär, hemde bermeli ýerlerine berip bilýärler. Meselem: telemetrik sistemalar daş ýerlere berip bilýär. Şeýlelikde ölçeg maglumat sistemalary diňe ölçegleri getirmek üçin dälde şol ölçegleriň netijelerini gerekli ýerlerinde özgerdip bilýärler. Şonuň üçin köplenç ölçeg magnit sistemalary ölçegleriň netijeleri degerli ýagdaýda özgertmek üçin kompýuterleri saklaýarlar ýagny öz içine kompýuterleri alýarlar.

Ýokardaky agzalan enjamlara **ölçeg serişdeleri** diýilýär. Şeýlelikde ölçeg serişdeleri häzirki zamanda giňden ulanylýar. Meselem: ölçeg, maglumat, kompleksleri ýene ölçegler bilen çäklenmän kärhanalary amatly derejede işletmek üçin giňden ulanylýar. Meselem: elektrik stansiýa, potistansiýalarda şeýlede ýokarda görkezilen hemme ölçeg serişdeleri Türkmenistanda giňden ulanylýar.

2. Elektrik ululyklar we elektrik ululyklary ölçenýän abzallar.

1. Hemişelik toguň esasy görkezijileri.

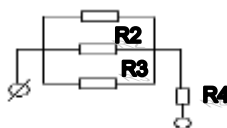
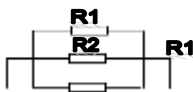
Hemişelik tok-diýip wagt boýunça elektrik ululygynyň görkezijileri üýtgemeyän ululyga aýdylýar: Meseleme: elektrik güýjenmä (napryaženiya) grafigi. Eger toguň güýji üýtgemese oňa hemişelik tok diýilýär. Hemişelik toguň esasy görkezijileri:
 U -napryaženiya (volt)
 Φ -energiya
 I -tok güýji (amper)
 P -kuwwat (wat)
 R -garşylyk (Om)
 Elektrik zynjyrlarda



$$Q = I^2 \cdot R \cdot t - \text{Joul} - \text{Lens}$$

Elektrik zynjyrlarda 3 hili çatuw bolup biler.

.Yzygider çatuw



2. Paralel çatuw

3. Çylşyrymly çatuw

Doly zynjyr üçin Omyň kanuny

$$I = E / (r + R)$$

Zynjyryň bölegi üçin Omyň kanuny.

$$I = U / R$$

Sinosiodal toguň esasy görkezijileri. In köp ulanylýan toklaryň biri sinosiodal tokdyr.

Meselem:elektrik setlerde,kärhanalarda w.ş.m.

Sinosiodal togyň ýazylşy : $U=U_m*\sin(\omega t+\varphi)$.

U_m - amplituda bahasy (iň ýokarky bahasy)

φ -başlangyç faza.

Ω -burç ýygylygy (rad/sek)

$$\Omega=2\pi f=2\pi/T$$

T-periody- $f=1/T$

f-gönimel per (Gers)

U-Wolt

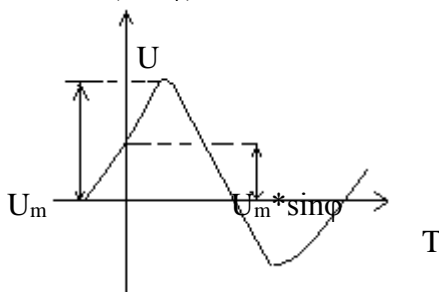
I-Amper

P-wat

Φ -war

S-(W.A)

$$U=U_m*\sin(\omega t+\varphi).$$



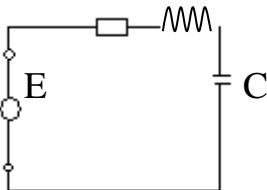
Tema:Elektrik zynjyryň görkezijileri

$$E=E_m*\sin(\omega t+\varphi).$$

E-napryžaženiýa (wolt)

R L

L-induktiwlik (Genri)



C-elektrik sygym (farada)

$$0,15\text{MGn}=0,15*10^{-3}\text{ Gn}$$

$$C;0,2\text{MF}=0,2*10^{-6}\text{ F}$$

X_L -induktiv garşylyk (Om)

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = 1/(\omega * c)$$

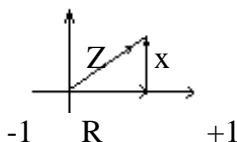
$I = E/(R + j\omega L + 1/(j\omega c))$ – Doly zynjyr üçin Omyň kanuny.

$$j = \sqrt{-1}$$

$j * j = -1$ hyýaly san.

$$1/(j\omega c) = j/(-\omega c) = -j/(\omega c)$$

$$I = E/(R + j\omega L + 1/j\omega c) = E/(R + j(\omega L - 1/(\omega c))) = E/Z$$



Kompleks sanyň kompleks tekizlikde bellemişi.

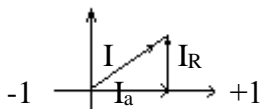
X-umumy hyýaly bölegi

$$X = (\omega L - 1/\omega c)$$

Z-kompleks garşylygyň moduly.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$|I| = |E|/|Z| = |E|/\sqrt{R^2 + X^2}$$



$$I_a = I * \cos \varphi$$

$$I_R = I * \sin \varphi$$

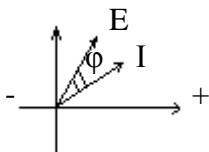
$$\tan \varphi = I_R / I_a$$

Tema: Sinusoidal signalyň täsir ediji güýji

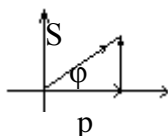
$U = U_m * \sin \omega t$. Başlangyç faza 0 deň.

$$U_t \sqrt{\frac{1}{T} \int U_m^2 * \sin^2 t * dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad \text{amplituda bahasy}$$

$I_t = I_m / \sqrt{2}$ täsir ediji bahasy.



Tema: Kompleks tekizlikde kuwwatlaryň belgilenişi.



S-umumy kuwat

φ -reaktiw kuwat

P-aktiw kuwat

$$S = \sqrt{P^2 + \varphi^2}$$

Şeýlelikde kompleks sanlar birnäçe hili ýazylyp biliner.

$Z = X_a + jX_2 = R + jX_2$ algebrik ýazlyşy.

$Z = |Z|(\cos Q + j\sin Q)$ trigonometrik ýazlyşy

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Eýleriň formulasy: $e^{jQ} = \cos Q + j\sin Q$.

$Z = |Z| * e^{jq}$ görkeziji ýazlyşy

3. Sinusoidal däl elektrik signalyň umumy görkezijileri.

Sinusoidal däl elektrik signallar bir näçe hili bolup bilerler.

1. Periodik signallar.

2. Periodiki däl signallar. (Periodiki däl signallar üznükli bolup bilerler we üznüksiz signallar).

1. Sinusoidal däl periodiki signal.

Periodiki signal diýip bir wagtyň içinde (periodyň içinde) gaýtalanýan signala aýdylýar.

Meselem: göneldilen signallar.

Periodiki sinusoidal däl periodiki signallary ölçemek üçin olary Furýeniň zygiderligine dagadýarys.

$$f(t) = A_0 + \sum_{j=1}^n A_j \sin w_j t + \sum_{j=1}^n B_j \cos w_j t$$

$$A_0 = 1/T \int_0^T f(t) dt - \text{funksiýanyň orta bahasy}$$

Şeýlelikde sinusoidal däl garmonik signallar uly garmonikalardan hemde kiçi garmonikalardan durýarlar. Näçe garmonika uly boldugyça şonça ýygylgy köpeliär. Meselem: bir garmonika ýygylgy 50 Gr bolsa onda iki garmonika 100 Gr bolar, 3 garmonika 150 Gr. N garmonika $N \cdot 50$ bolýar. Şeýlelikde egerde ähli garmonikalar täsir ediji güýji tapylsa onda umumy signalyň täsiri ediji güýji deňdir.

$$U_t = \sqrt{U_0^2 + \sum_{j=1}^n U_{jt}^2} = \sqrt{U_0^2 + U_{1t}^2 + U_{2t}^2 + \dots + U_{nt}^2}$$

U_0 - orta signalyň bahasy.

Meselem: Ýarym periodly göneldilen signalyň umumy görnüşi şu aşakdaky formula bilen tapylýar.

Ölçeğiň ýalňyşlyklary.

Ölçeğiň şu aşakdaky ýalňyşlyklary bar.

1. Absolýut ýalňyşlyk.

2. Atnositel ýalňyşlyk.

Ölçeğiň ýalňyşlygy diýip-ölçeğiň netijesi bilen fiziki ululygyň hakyky bahasynyň tapawudyna aýdylýar.

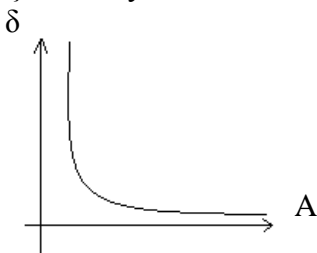
$d = A_1 - A_0$ A_1 -ölçeğiň netijesi. A_0 -fiziki ululygyň hakyky bahasy, d -absolýut baha,

Absolýut ýalňyşlyk .

Atnositel ýalňyşlyk-absolýut ýalňyşlygy.

$$\Delta = \frac{(A_1 - A_0) \cdot 100}{A_0}$$

Munuň esasy ýetmezçiligi näçe ölçenilýän ululygy azaldygyça şonçada azalýar.



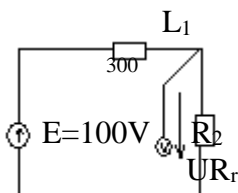
Ölçeğiň umumy ýalňyşlyklary.

Ölçeğ abzallarynyň şu aşakdaky ýalňyşlyklary bardyr.

1. Abzal ýalňyşlygy.
2. Sistematiki ýalňyşlyk.
3. Esasy ýalňyşlyk.
4. Goýlan ýalňyşlyk.
5. Usul ýalňyşlygy.
6. Argetiw ýalňyşlyk.
7. Multiplikatiw ýalňyşlyk.
8. Kwant ýalňyşlygy. (sanly ölçeğ abzallary üçin)
9. Tötänden ýalňyşlygy.

Usul ýalňyşlygy

Usul ýalňyşlyk diýlip ölçege ulanylan usulyň iň ýokary berip biljek ýalňyşlygyna aýdylýar. Usul ýalňyşlygy hasaplamak üçin abzalyň esasy görkezijileri gerekdir. Usuly ýalňyşlygy şu aşakdaky mesele boýunça göreliň.



$$\begin{aligned} R_1 &= 300 \text{ Om} \\ R_2 &= 3000 \text{ Om} \\ R_v &= 1000 \text{ Om.} \end{aligned}$$

Wolt metrin ýalňyşlygy $\delta_v = 1\%$.

1) R_2 garşylykdaky hakyky güýjenmäni tapýarys.

U_{R_2} woltmetr ýok wagty şonuň hakyky bahasy hasaplanylýar.

$$UR_2 = E * \frac{R_2}{R_2 + R_1} = \frac{100 * 3000}{300 + 3000} = \frac{300000}{3300} = 90,909V \text{ hakyky}$$

bahasy.

2)Wolt metri catvarys hemde UR_2 tapvarys.

$$R_r' = \frac{R_v * R_2}{R_v + R_r} = \frac{1000 * 3000}{1000 + 3000} = \frac{3000000}{4000} = 750Om$$

$$UR_r' = E * \frac{R_2'}{R_e + R_1} = 100 * \frac{750}{30 + 750} = 71,428V$$

$$dU = UR_2 - U_{R2}' = 90,909 - 71,428 = 19,481V$$

Absolýut usul ýalňyslygy.

Otnositek usul ýalňyslygy.

$$\Delta u = \frac{du * 100\%}{UR_2} = \frac{19,481 * 100}{90,909} = 21,429\%$$

Ölçeğin ýalňyslygy.

$$\Delta \delta = \sqrt{\delta u^2 + \delta x^2} = \sqrt{21,429^2 + 1^2} = 21,452$$

Mesele :

$$\Delta_v = 3\%$$

$$R_v = 1 \text{ M Om}$$

$$U_{R2} = 90,909 \text{ V}$$

$$R_2' = \frac{1000000 * 3000}{100 * 3000} = 2991,0269Om$$

$$UR_2 = E * \frac{R_2'}{R_2 + R_1} = 100 * \frac{2991,0269}{2991,0269 + 300} = \frac{299102,69}{3291,0269} = 90,884$$

$$dU = UR_2 - U_{R2}' = 90,909 - 90,884 = 0,025 \text{ V}$$

$$\delta u = du * \frac{100}{UR_2} = \frac{0,25 * 100}{90,909} = 0,275\%$$

$$\delta \delta' = \sqrt{\delta u^2 + \delta v^2} = \sqrt{0,275^2 + 3^2} = \sqrt{0,075 + 9} = 3,013\%$$

$$\delta \delta - \delta \delta' = 21,452 - 3,013 = 18,439.$$

Energetik sistemalardaky ölçeg ulanylýan abzallaryny saýlap almaly.

Energetik sistemalary gaty kuwwaty öndürmek üçin hemde şol kuwwaty müşderilere bölüp bermek üçin ulanylýar. Energetik sistemalar esasan kuwwaty uly naprýaženiýalarda döremäge 6 kilowoltndan –

-20 kwt aralykda generatorlaryň naprýaženiýasy uly kuwwaty uzak ýerlere bermek üçin ýokary woltly linýalar ulanylýar. Linýalara uly kuwwat berlende linýalarda ýitgi döreýär.

$dP=3 \cdot I^2 \cdot R_e$ – linýanyň aktiw garşylygy.

Linýanyň bir faza togy.

$$I = \frac{U}{R_e} \quad \text{I derek goýsak } 3 \text{ fazadaky ýitgi } dP = \frac{3U^2}{R_e} \text{ şuna deň.}$$

Şu formuladan görnüşi ýaly egerde naprýaženiýany ikä köpeltsek 4 esse galýar. Eger 10 esse köpeltsek 100 esse galýar. Şeýlelikde häzirki wagt şu aşadaky standart naprýaženiýalar ulanylypdyr. Şoňa adaty diýilýär.

U_a -adaty güýjenme.

$U_a = 3 \text{ kv}; 6; 10; 35; 110; 150; 220; 330; 400; 500; 750;$

Türkmenistanda aşagy çyzylan güýjenmeler ulanylýar.

6-10 kW şäheriň içinde kuwwat bölejilerde ulanylýar, hemde kiçi kuwwatly kärhanalarda kuwwat berilýär.

35 kW – 10-15 km uzaklykda ýerleşýän kiçi we orta kuwwatly kärhanalara berilýär.

110 kW – uly kuwwatly kärhanalara hemde elektrostansiýalaryň mes: Awadan gres aralyk ýerlere uly kuwwaty bermek üçin ulanylýar.

220 kW- Çärjewden başlap Mary Gres, Aşgabat-dan Türkmenbaşy aralyklary birleşdirýän güýjenme.

500 kW- gaty uly kuwwatlary uzak ýerlere bermek üçin energiýa sistemalary bir-birine birleşdirmek üçin ulanylýan naprýaženiýa.

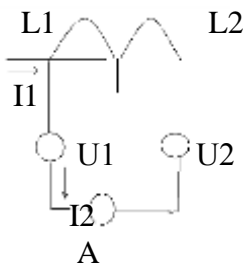
Häzir Mary Gresden Daşoguzuň “Serdar” potistansiýasyna çenli hemde Mary Gresden Özbegistanyň “Gara köl” patistansiýasyna çenli kuwat berýän linýadyr. Şu linýanyň üsti bilen Türkmenistan öz energiýa baýlygyny S.N.G. döwletlere energiýa satmak üçin ulanylýan linaýadyr. Häzir Türkmenistanyň energiýa baýlygyny daşary ýurtlara çykarmak üçin Türkmenistan Eýrana 2 linýa gidýän (220 kW naprýaženiýa). Awganystana 2 linýa gidýär (110 kW). Şeýlelikde Türkmenistanyň energiýa baýlygyny daşary ýurda çykarmak üçin 5 linýa gidýär.

Ýokary woltly tok özgerdiji transformator

Tok özgerdiji transformator şu aşakdaky maksatlar üçin ulanylýar.

1. Ölçeğ abzallaryny ýokary naprýaženiýa bölmek üçin.
2. Ýokary güýçli toklary mes: 10.000 A we ondan hem köpräk kiçi togy ölçeýän abzallar bilen ölçemek üçin.

Transformator togyň bellenişi Transformator toklara ölçeğ diýilýär.



$$\Omega_{TT} = \frac{I_1}{I_2}$$

L1 başy L2- sarymyň ahyry transformator togyň özgerme kofenti diýilýär.

Transformator toklaryň adaty toklary şulardyr.

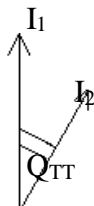
$I_1 = 15$ A başlap gaty köp mukdarda üýtgeýäer mes 50.000 A.

I_2 adaty = 0,5; 1; 5 A.

$$\Omega_{TT} = \frac{300}{5}$$

Transformator toklaryň şu aşakdaky ýalňyşlyklary bardyr.

1. Burç ýalňyşlygy.



$$Q_{TT} = 5^\circ E_e$$

2. Otnositel ýalňyşlyk.

$$\Delta_{TT} = \frac{(I_{1g} - I_2)}{I_{1g}} * 100$$

I_{1g} – transformatoryň

toklarynyň getirilen togy.

$$I_{1g} = \frac{I_1}{\Omega_{TT}}$$

Ölçeg sistemalar üçin meselem energiýa ölçejji abzalyň işlemegi üçin $\Delta_{TT} \leq 0,5\%$ aza bolmaly.

Relýe goraglary üçin $\Omega_{TT} * 1\%$

Linýadan gysga utgaşmalar bolan wagty

$$\Omega_{TT} = 10\%$$

Transformator togyň saýlanyp alnyşy

Transformator toklar şu aşakdaky görkezijiler boýunça saýlanyp alnýar.

1. Adaty güýjenmesi boýunça $U_{aTT} > U_e$ transformator işlerde 110-220 kW.

2. Adaty tok boýunça

Linýadan geçýän ýüküň maksimum togy $a_{TT} > I_{max}$

3. Elektridinamiki durgunlugy boýunça $I_{EdTT} < i_{gumax}$.

I_{EdTT} – transformatoryň elektrodinamiki durgunlyk togy.

I_{gumax} - gysga utgaşmanyň togunyň iň uly bahasy.

Napryáženíya özgerdiji transformator.

Napryáženíya özgerdiji transformator uly napryáženíany ýönekeý woltmetrler bilen hemde kiçi woltly beýleki ölçeg enjamlary bilen ölçemek üçin ulanylýar. Şeýlelikde napryáženíya özgerdiji transformator şu aşakdaky funksiýalary ýerine ýetirýär.

1. Ölçeg abzallaryny ýokary wolt napryáženíyadan izolirlemek üçin

2. Uly napryáženíany kiçi woltly ölçeg abzallary bilen ölçemek üçin

Napryáženíya öz transformator şu aşakdaky ýagdaýlar bilen saýlanyp alynýar:

$$U_{TH} \geq U_a$$

$$\text{Transformatoryň özgertme kofsentí } K_{TH} = \frac{U_{1Aa}}{U_{2Aa}}$$

U_{1A} - ýokary woltly linýanyň ýada desganyň adaty napryáženíasy.

U_{2A} – transformatoryň ikinji zynjyrynyň adaty napryáženíasy.

$$U_{1A} = 3; 6; 10; 35; 110; 150; 220; 330; 400; 500; 750 \text{ kW.}$$

$$U_{2A} = 100 \text{ W.}$$

Transformator napryáženíanyň shemasy.

Transformator napryáženíanyň ýalňyşlyklary.

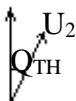
Transformator napryáženíanyň iki ýalňyşlygy bardyr.

1. Otnositel ýalňyşlyk.

$$\Delta_{TH} = \frac{|U_1| - |U_2| * K_{TH}}{|U_1^0|} * 100$$

2. Burç ýalňyşlyk.

$$U_1$$

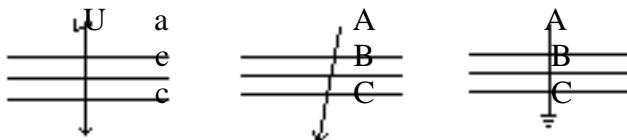


Otnositel ýalňyşlyk 0,5 %-den köp bolmaly dälär. Burç ýalňyşlygy 3-4⁰ köp bolmaly dälär.

Elektrik sistemada gysga utgaşygyň toklaryny hasaplamak.

Bu hasaplar ölçege abzallaryny hemde tok özgerdiji transformatory we napryaženiye özgerdiji transformatory saýlap almak üçin niýetlenendir. Gysga utgaşyklar şu aşakdaky hili bolup bilerler.

1. Üç fazly.
2. Iki fazly.
3. Bir fazly.



Görkezilen 3 görnüşli gysga utgaşykdan iň uly togy tapmaly. Şol togy tapandan soň transformator togyň zaýalanman işläp biljegini görkezmeli we saýlap almaly.

Energo sistemanyň elementleriniň garşygylyny hasaplanşy.

Energo sistema.
Belgilenşi.



$$X_{ES} = \frac{X_s * U_a^2}{S_{ca}} (Om)$$

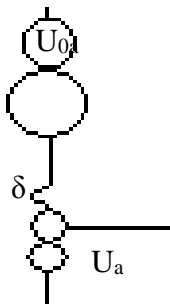
$$X_{ES} = \frac{U_a^2}{S_{yu}} (Om)$$

Iki signally transformator

$$X_E = \frac{U_K * U_a^2}{100 * S_{TA}}$$

Üç sarymly transformator we awtotransformator

$$U_{yk} = 0,5(U_{ya} - U_{ov})$$



$$U_{ok} = 0,5(U_{yo} + U_{oa} - U_{oy})$$

$$U_{ak} = 0,5(U_{ao} + U_{ay} - U_{yo})$$

Gysga utgaşygyň hasaby.

Ýokary woltly linýalarda şu aşakdaky ölçeg abzallary ulanylýar.

1. Linýanyň toguny ölçemek üçin şitowoý ampometr.

2. Naprýaženiýany ölçemek üçin woltmetr (şitowoý)

Görkezilen woltmetr faza naprýaženiýany hemde fazaara naprýaženiýany ölçemek üçin ulanylýar.

3. Linýadan akýan aktiw kuwwaty ölçemek üçin şitowoý watmetrler, şitowoý 3 fazaly watmetrler. Ýokary woltly linýa egerde iki energe sistemany birleşdirse onda görkezilen watmetr iki taraplaýyn birleşdirilýär. Ýada iki watmetr goýulýar.

4. Reaktiw kuwwaty ölçemek üçin üç fazaly warmetrler ulanylýar. (iki taraplaýyn)

5.Linýadan akýan aktiw elektrik energiýany ölçemek üçin aktiw emergiýa ölçeýjiler.

(şotçikler 3 fazaly) ulanylýar.Egerde iki enrgiýa sistemany birleşdirseonda iki enrgo ölçeýji abzallar goýulýar.

Bir abzal bir tarapa akýan aktiw energiýany ölçeýär,beýleki abzal ters akýan energiýany ölçeýär.

6.Linýadan akýan rekatiw energiýany ölçemek üçin reaktiw energiýany ölçeýji abzallar ulanylýar.

7.Linýada gysga utguşyklar bolýarlar.Şol gysga utguşyklaryň bolan nokadyny (ýerini anyklamak üçin belleýji abzallar oturdylýar.Bu abzallar gysga wagtyň içinde (gysga utguşygyň dowam eden wagtynda) akýan elektrik togy hemde güýjenmäni belleýärler,

hemde görkezilen ululyklary ýatda saklaýarlar.Şonuň üçin bu abzala belleýji impulsly abzal diýilýär.

8.Gysga utguşyklaryň bolan wagtynda faza toklaryny hemde naprýaženiýalary gysga utguşyk mahalynda ýazmak üçin awtomatik ýagdaýda işlän ýazyjy ossilogroflar ulanylýar.Bu abzal diňe gysga utguşyk mahalynda işläp galan wagtlar işlemeýärler.

9.Linýadan akýan aktiw,reaktiw kuwwaty gije-gündiziň dowamynda kagyza ýazmak üçin ýazyjy ölçeg abzallary ulanylýar.Ölçeg abzallary saýlanyp alynanda şu şertler bilen saýlanyp alynýar.

1.Linýadan iň ýokary kuwwat,tok geçen mahalynda ölçeg abzaly şkaladan çykmaryl däl.

2.Takyklyk klasy degerli derejede bolmaryl.Meselem:D341 ölçeg abzalyň klasy 2,5.Iň ýokary görkezýän kuwwaty 2 kW. Abzalyň görkezýän kuwwaty 1,6 kW.Tapmaryl hakyky kuwwat haýsy aralykda bolup biler.

Ýalňyşlygy.

$$d=1,6 * \frac{2,5}{100} = 1,6 * \frac{25}{1000} = \frac{4}{100} = 0,25k Wt.$$

Interwal:

$$P=1,6\pm0,04;$$

$$P_1=1,6+0,04=1,64;$$

$$P_2=1,6-0,04=1,56$$

ynanç aralygy diýilýär.

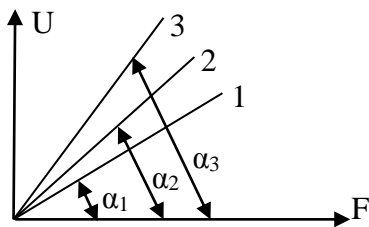
Ähli ölçeg abzallary gysga utguşyk bolan mahalynda içden çykmany dälendirler.
(döwülmeli dälendir).

Ölçeg özgerdijiler.

Ölçeg özgerdijiler diýip fiziki ululygy (tizlik,tizlenme,güýç,magnit meýdany,ýyglyk,kosmos şöhleleri we ş.m)elektrik signala öwrüji enjama ölçeg özgerdijileri diýilýär.Şeýlelikde bu özgerdijiler durmuşyň ähli görnüşlerinde giňden ulanylýar.

Ölçeg özgerdijileri göni çyzykly häsiýetli göni çyzykly däl häsiýetli bolup bilerler.

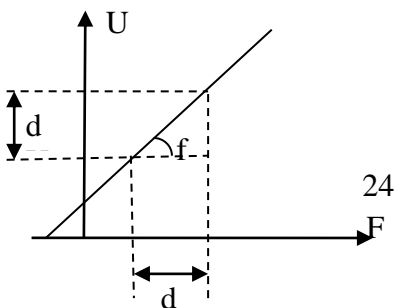
Aşakda göni çyzykly häsiýetli ölçeg özgerdijileriniň häsiýetleri getirilen.



F-fiziki ululyk

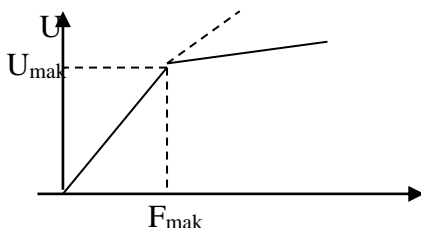
U-elektik signalyň
napryaženiýasy

$$K = \frac{dU}{dF}$$



Ölçeg özgerdijileriň esasy görkezijileri hökmünde olaryň özgertmek koeffisiýentidir. Özgertme koeffisienti: $K = \frac{dU}{dF}$

Näçe özgertme koeffisienti uly boldugyça şonça ölçeg özgerdijileriniň duýgurlygy köp bolýar. Şeýlelikde 3-nji häsiýetnamaly ölçeg özgerdijiniň in ýokary duýgurlygy bardyr. Eger-de $\alpha 90^\circ$ –sa ymtylsa onda ölçeg özgerdijisiniň duýgurlygy tükeniksizlige ymtylýar. Her fiziki ululygyň özüniň ölçeg özgerdijisi bardyr. Bir topar ölçeg özgerdijileri göni çyzykly däl häsiýetnama eýedir. Mysal üçin aşakda göni çyzykly däl ýagny doýgunlanan ölçeg özgerdijiniň häsiýetnamasy getirilen



F_a - ölçeg özgerdijiniň in ýokary ölçäp biljek fiziki ululygy

U_{mak} - ölçeg özgerdijiniň in ýokary çykyş signaly

Mysal hökmünde temperaturany özgerdiji gurluşlara seredeliň. Temperaturany ölçeýji we özgerdiji gurluşlar.

Temperaturany özgerdiji gurluşlaryň gaty köp görnüşleri bardyr. Durmuşda şu aşakdaky temperatura özgerdiji datçikler ulanylýarlar:

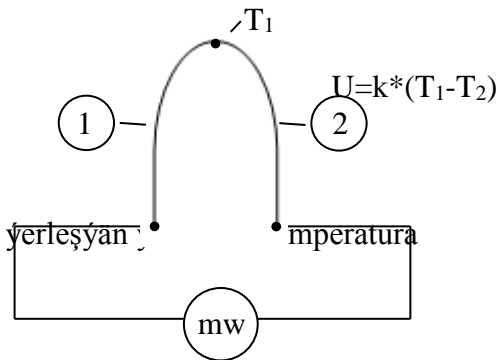
1. Termo jübütler.
2. Termo garşylyklar.
3. Bimetaliki elementler
4. Simap sütüni

5. Temperaturanyň spektoryny ölçeäji enjamlar(gaty ýokary temperatura)

Mysal hökmünde käbir temperatura özgerdiji enjamlara seredeliň.

Termojübütler

Termojübütler durmuşda iň köp ulanylýan hem-de iň ýönekeý temperatura ölçeýji özgerdijidir. Termojübüt iki hili metaldan durýar. Mysal üçin hramel,alýumin ulanylýar.Şolaryň bir tarapy bir-birine paýat edilýär.kebşirlenýär.Beýleki tarapy ölçeg abzala çatylýar.



T_1 -ölçeýji temperatura
 K -özügertme koeffisienti
 T_2 -mukmetriň

Näçe K uly boldugyça şonça termojübütüdiň duýgurlugy köp bolýar.Häzirki wagt termojübütleriniň özügertme koeffisientleri pesdir.Şonuň üçin termojübüdiň çykyş signalyny güýçlendirýärler.

Käbir ulanylýan termojübüdiň häsiýetnamasy

1^0c	-50	0	100	200	300	400	500	600	700
Прод ировк а	-	0	0,64	1,4	2,3	3,2	4,2	5,2	6,2
	-	0	0	21	11	44	11	14	59

ПП	1,86	0	4,10	8,1	12,	16,	20,	24,	29,
ХА	-		6,95	3	21	40	65	91	15
ХК	3,11			14,	22,	31,	40,	49,	57,
				66	91	39	16	02	77
т ⁰ с	800	90	1000	11	12	13	14	15	16
		0		00	00	00	00	00	00
Прод									
ировк	7,32	8,4	9,56	10,	11,	13,	14,	15,	16,
а	3	29	9	74	95	15	36	56	76
ПП	33,3	37,	41,3	5	4	8	4 -	3 -	6 -
ХА	2	37	2	45,	48,	52,	-	-	-
ХК	77,4	-	-	16	87	43			
	7			-	-	-			

Длина 4 мм	400	650	900	1150	1400	1900
максимальная	200	200	400	400	400	400
глубина						
погрижении						
Длина	300	300	500	500	500	500
выступающей						
гости						
наконечника						

Daşary ýurtda (Ýewropa birleşik) goýberilýän termojübütleriň esasy görkezjileri.

Типи **mak temp**

K(NiCr-Ni) 1200⁰ C

J(Fe-CuNi) 800⁰ C

E(NiCr-CuNi) 800⁰ C

T(Cu-CuNi) 400⁰ C

N(NiCrSi-NiSi) 1200⁰ C

Bimetal termometrler:

Bimetal termometrler iň ýönekeý gurlan şonuň üçin bu termometrler iň ýokary ygtybarly termometrler hasaplanýarlar. Bu termometrler spraldan, görkezijiden (strelka) durýarlar.

4. Elektrik ululyklaryny ölçeyän enjamlar we ölçegiň usullary. Ölçeg ýalňyşlyklary we olary düzetmek usullary.

Goýulan soraglar boýunça mowzugyň beýany. Her bir ölçeg usulyna ol ýa-da başga ölçeg apparatlary, abzallary laýyk gelýär. Ölçegiň esasy iki usulyny hasap alyp:

- a) ölçege göniden–göni baha bermek;
- b) deňeşdirme arkaly;

ähli ölçeg abzallaryny iki sany topara bälme bolar: göniden göni baha berýän abzallar we deňeşdiriji abzallar.

Göni baha berýän ölçeg abzallarynda ölçenýän ululygyň bahasyny bahalamak hasaplaýjy gurnamasy boýunça kesgitlenilýär.

Abzallaryň bu iki klasyny öz gezeginde ýene 2 topara bölmek bolar (görkezme hasaba alyjy ulgamy boýunça):

- a) üznüksiz hasaba alýan abzal;
- b) diskret hasaba alýan abzol;

Üznüksiz hasaba alyjy abzallara strelkaly abzallar, ýagtylykly hasaba alyjyly, el we awtomatik deňagramlaýan (reokord) we özi abzallar girýär.

Diskret hasaba alyjy abzallara san abzallary, el we awtomatik deňagramlaýan abzallary girýär. Şeýle abzallardaky ölçeg netijesi diskretli (san) kod görnüşde berilýär.

Öziýaýyan abzallar ölçegiň netijesini grafik görnüşde berilip, ol ýerde ölçenýän ululyk wagtfunksiýasy raly edilip seredilýär.

Elektrik ölçeýji abzallary (göni bahalaýjylary) elektromagnit energiýasyny özgerdiş usuly boýunça ähli göni baha berip bilýän abzallar:

- elektromekanik, elektrik ýylylyk we eltron– şöhle topara bölünýärler.

Elktromehanik abzallarynda abzalyň süýşýän–herket edýän bölegini süýşürmek üçin dürli elektromagnit prosesleri ulanylýar; elktrik ýylylyk abzallarynda – elktrik togynyň ýylylyk täsiri; elktron–şohe abzallarynda bolsa elktromagnit meýdanynyň berilen energiýasyny elktron şöhlesini elktron trubkasynda (kineskopda) süýşürmek üçin ulanylýar.

Elktromehanik abzallarda elektromagnit energiýasyny herketli böleginiň mehanik energiýasyna öwürmek üçin ulanşyna baglylykda: magnitelktrik, elktromagnit, elktrodinamik, ferrodinamik, induksiýaly we elktrostatik toparlara bölünýärler.

Bu ulgamyň ähli abzallary iki sany esasy düwünden durýar:

- a. Ölçeg zynjyry;
- b. Ölçeg mehanizmi;

Ölçeg zynjyry–elktrik ululygyny (güýjemäni, togy, kuwwaty) mehaniki energiýa, ýagny mehanizmiň herket edýän bölegini süýşürmeklige sarp edýär.

Özgerdijiniň iş tertibine we konstruktiv aýratynlyklaryna göre:

- a. göneldijili
- b. termoelektrik
- w. elektron toparlara bölünýärler.

Ölçegleriň ýalňyşy (Göni we gytag ölçegler)

Ölçeg derňelende iki düşünjäniň arasyny çürt kesik bolmelidiris: fiziki ululyklaryň hakyky bahalary we ölçeg netijesinde alynýan ululyk

-Fiziki ululyklaryň hakyky bahasy–bu ululyk şu desganyň häsiýetini san we hil taýdan has dogry suratlandyrýan, görkezýän ululykdyr.

Ol ululyk bize degişli bolman, eýsem biz ony san görnüşde aňlatmaga çalyşýarys (ol biziň aňymyza degişli dälidir)

-Ölçeğiň netijisi–biziň aňymyzyň önümdir. Biz dürli ululyklyga ymtylyp dürli işleri: ölçeg usullaryny, tehniki

serişdeleri, synlaýjynyň duýgur organlarynyň häsiýetine we ş.m. geçirmeli bolýar. Ölçenýän ululygyň (Q) hakyky bahasy bilen ölçeg netijesiniň x' arsyndaky tapawudyna (Δ) ölçeg ýalňyşlygy diýilýär: $\Delta = x' - Q$ (1)

Ölçenýän ululygyň hakyky Q bahasynyň belli dälligi sebäpli, ölçeg ýalňyşlygy hem näbellidir, şonuň üçin olar barada hatda hakykata golaý maglumatlary almak üçin formuldaky hakyky bahanyň deregine tapylan bahasyny goýmaly bolýarys.

Fiziki ululygyň hakyky bahasy diýilip, eksperimentel tapylan we hakykat bahasyna has golaýdylan, şonuň üçin ol edil şu wagat onuň deregine ulanyp biliner.

Ýalňyşyň döremeginiň sebäpleri:

ölçeg usullarynyň, ölçeg tehniki serişdeleriniň we synlaýjynyň duýgur organlarynyň kämilsizligi bilen düşündirilýär

Ölçeg ýalňyşlygynyň köp faktorlara baglylygyny we aýratyn ýalňyşlyklaryndan durýanlygyny göz önünde tutup, ony esasy 2 topara bölmek bolýar:

1. Has seýrek gabat gelýan we şonçada garaşylmadyk halda ýityän ýa-da tiz-tizden döreyän, ony önünden görüp bolmaýan ýagdaýlary:

(abzallaryň elementleriniň egrelmegi, gyşarmagy, dürli pursatlarda sürtülmäniň döremegi, operatoryň ünsüniň pozulmagy we ş.m.)—bularyň hemmesine tötänliý ölçeg ýalňyşy diýilýär.

Onuň esasy aýratynlygy—gaýtadan ölçeg geçirlende şol bir ululygyň tötänliý üýtgemegidir .

Meselem—v-e köpelende—garaşylmadyk köp derejede ölçegiň hakyky çäginde çykýar—muňa gödek ýalňyşlyk diýilýär.

2. Ölçeg eksperimenti döwri hemişe we kanuna laýyk üýtgeýän faktorlar.

Meselem, täsir edýän ululyklaryň endygan üýtgemegi. Ýalňyşyň jemini ölüzüjilere bu topardaky täsirlere–ölçegiň sistematik ýalňyşy diýilýär.

Şeýlelikde iki görnüşdäki ýalňyşlyk:

a) totanleý (gödek ýalňyşlyk hem–de hatalyk (промах)–şol bir ululyk gaýtadan ölçenende tötänliý дәreýän ýalňyşlyk;

b) sistematik ýalňyş–gaýtadan ölçeg geçirlende hemişe дәreýän we kanuna laýyk üýtgeýän ýalňyşlykdyr;

Ölçeg wagty bu iki ýalňyşlyk edil bir wagtda дәrәp, ony şeýle ýazmak bolar: $\Delta = v + Q$, v –totanleý; Q –sistematik ýalňyşlyklary;

5. Bir gezek synlamadaky ölçeg netijesi we ýalňyşy.

Bir gezekli synlamadageçirilýän tehnologik ölçeg awtomatiki barlag sistemasy arkaly amala aşyrylýar we himiki–tehnologik proseslerinde giňden peýdalanylýar. Bu ölçegler üçin metodiki ýalňyşlyklar doly aýrylan, emma hususy ýalňyşlyk bolsa azaldylan.

Göni ölçeg. Göni ölçegiň netijesi şu görnüşde ýazylýar:

$$A = \bar{x} \pm \Delta(\bar{x}) \quad 3.45$$

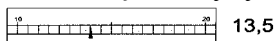
x –fiziki ululygyň bahasy (şkala boýunça)

Δx –absolýut ýalňyşlyk, serişdäniň takyklyk klasy arkaly tapylýar.

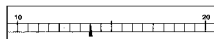
Şeýlelikde ölçenilän ululyk şkala boýunça tapylýp, tegeleme düzgüni ulanylýar:

- eger–de görkeziji bölüjiniň ortasynda ondan çepde ýa–da sagda ýerleşen bolsa, onda ölçenýän ululyk bölüjiniň ýaryndan laýnýar;

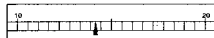
- eger-de görkeziji şkala bellegine ýakyn ýerleşse, ondan ýa-da sagda (3.42;3.4d), onda netije tegelenip otmetka çenli alynýar;



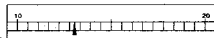
13,5



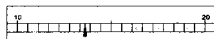
13,5



13,5



13,0

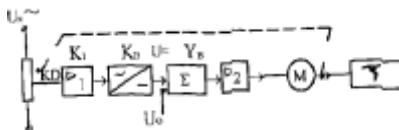


14,0

6. Hemişelik we üýtgeýän togyň awtomatik öwezindolduryjylary we köprüleri.

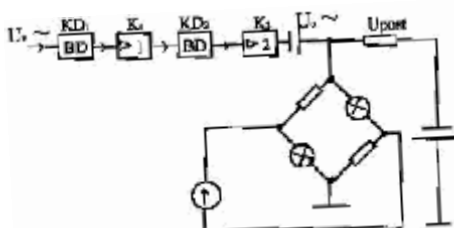
Öwezidolma prosessini awtomatik halda geçirýän öwezindolduryjylaryna awtomatik öwezindolduryjylarylar diýilýär. Awtomatik ÖD (öwezindolduryjylary) öňünden hemişelik togyň güýjenmesine (EHG-e) geçirilip bilinjek elektrik we elektrik däl ululyklaryny ölçemek üçin ulanylýarlar.

Hemişelik naprýaženiýanyň awtoöwezindolduryjylarynda deňeşdirmе, U_0 -nusga naprýaženiýasyny üýtgemegiň üsti bilen amala aşyrylýar. Bu üýtgetmeklik ýörite durnukly hemişelik naprýaženiýa çeşmeleriniň çatgyda girizilmegiň, ýagny kremnili stabilitronuň we hemişelik naprýaženiýany takyk bölüjileriň üsti bilen amala aşyrylýar. Üýtgeýän naprýaženiýanyň sazlanýan durnukly naprýaženiýasyny (stabil) döretmegiň örän kynlygy sebäpli, hemişelik toguň birnäçe öwezindolduryjylarynda nusga naprýaženiýasynyň hemişelik ululygy ulanylyp, deňeşdirmek prosessi bolsa üýtgedilýän ululygy ölçenýän üýtgeýän naprýaženiýanyň ululygyna proporsional ýagdaýda geçirilýär. Bu ýagdaýda öňden çatylan (предвключенные) naprýaženiýalar häsiýetnamanyň belli bir nokadynda işleýärler.



Surat1.

a.-deňleşdirijek ululygy ölçenýän y-ululygyna proporsional baglylykda toguň awtomatiki öwezindolduryjysynyň strukturasý.



b.-El arkaly deňleşdirilýän görnüşiniň strukturasý.

Enjam iki sany nusga görnüşli bölüjilerden, ýagny girişdäki BD we aralykdaky PD, iki sany giň çyzykly naprýaženiýalardan 1 we 2 (güýçlendiriş koeffisientleri hemişelik bolan), hem-de köprüden (iki sany göniçyzykly däl garşylykly) hemişelik we üýtgeýän tok çeşmeleri bilen iýmitlendirilýän enjamlardan ybaratdyr.

Köpri haçanda $U_0 = \text{const}$ bolanda deňleşleşip, ol öz ululygyny ýygylýgyň hemme iş çäginde (diapazonynnda) hem üýtgemeyär. Şol bir wagtda köprü $U_{\text{hemiş}} < U_{0\text{üýt}}$ – hemişelik naprýaženiýa berilýär. Köpriniň köpriniň çykyşdaky diagonalyna ýokary duýgurly galwonometr çatylan. Şonuň kömegi bilen köprini $U_{0\text{üýt}}$ -hemişelik täsir edýän ululygy arkaly amala aşyrylýar. Girişe belli däl U_x -naprýaženiýa berlende BD we PD bölüji koeffisientlei $U_{\text{çyk}} = U_b$ -deňleşinçä dowam edýär.şol wagat $U_x K D_1 U_{a2} K_1 K_2 = 0_{0\text{üýt}}$;

$$U_x = \frac{U_0}{KD_1 * KD_2 * K_1 * K_2}$$

Haçanda köpri deňleşende güýçlendiriji 2 hemişe häsiýetnamanyň belli bir nokadynda işläp, K2-niň güýçlendiriji koeffisiýentiniň hemişelik doly güýçlendirilmegini üpjün edýär.

Deňleşmäni bir parametr boýunça amala aşyryan awtomatiki deňleşdiriş köprüleri.

Awtomatiki enjamlarda, deňleşdirýän ölçeg esbapy hökmünde köpri çatgydy ulanylyan gurulmalara - **awtomatiki köprüler** diýilýär.

Bir parametr boýunça deňleşdirme geçirýän awtomatiki köprüler umuman aktiw garşylyklary ölçemek, derňemek we şol garşylyga funksional degişli ululyklary ölçemek üçin ulanylýar. Awtomatiki köpriniň ölçeg köpri çatgydynda bir wagtda iki funksiýa amala aşyrylýar: çykyşdaky diagonal köprüsinde Δr_x —ululygynyň ΔU_x —naprýaženiýa razbalansyna özgerdilýär we ikinjiden bolsa, enjamdaky aşçykyş ululygynyň tersine, ýagny deňleşdiriş Δr_x —ululygyna we öwezindolduryjy naprýaženiýa razbalansy ΔU_k —ululyklaryna özgerdilmegine ybaratdyr. Awtomatiki köprüleriň awtomatiki öwezindolduryjylaryndan tapawudy, stabilizirlenen (durnuklandyrylan) iýmit çeşmesi ýa-da normal element hökman dälidir. Ondan başga-da köprüniň ölçeg çatgydy üýtgeýän işläp, çatgyda modulýator gerek bolmaýar. Ylaýta-da termoözgerdiji garşylykly ýylylygy ölçeyän we tenzometr köprüleri—mehaniki naprýaženiýany we materialdaky naprýaženiýany ölçeyän görnüşli awtomatiki köprüler giňden ulanylýar.

Awtomatiki öwezindolduryjylaryň we köprüleriň gurluşlary (konstruksiýalary).

Häzirki zaman awtomatiki öwezidolduryjylary we köprüleri derňeýji hökmünde lentaly we diskli (tegekli) diagrammaly we görkeziji, aýlanýan silindr görnüşli siferblatly, gymyldamaýan we gymyldadylýan görkezijili konstruksiýalary önümçilikde goýberilýär. Häzirki wagtda seriýa görnüşinde goýberilýan awtomatiki öwezidolduryjylary we blok konstruksiýaly köprüler goýberilýär.

Awtomatiki öwezidolduryjylarynyň we köprüleriniň takyklygy derňew anjamyndaky ýalňyşlyga bagly bolup, olaryň köp ullanylmagyny çäklendirýär. Awtoöwezidolduryjylarynyň hasaplama operasiýasy bolan köpeltmek, bölmek, integrirlemek we differensirlemekde giňden peýdalanylýar. Şu operasiýalar ýerine ýetirilende öwezidolduryjylar iki ululyk gatnaşygyny, integral ululyklaryny hem ölçäp bilýär. Integrirlemek operasiýasy bolsa san elektron integratorlary we integrirleýi awtomatiki öwezidolduryjylarynyň üsti bilen amala aşyrylýar. Differensial operasiýasyny geçirýän enjam hökmünde, ýylylygyň minutda $20 \pm 1^\circ\text{C}$ çäkke üýtgeýän tizligini ölçeýän awtoöwezidolduryjyny almak bolar. Bu enjam önünden çatylan dikkerensiatordan we derňeýän awtoöwezidolduryjylaryndan ybaratdyr. Köp awtomatiki öwezidolduryjylaryndan we köprülerde ters özgerdijiler (TÖ) bolup kontaktly reahordlar ulanylyp, olar enjamlaryň in ykjam bölegi bolup durýar. Dwižoklaryň kontaktlary $3\pi\text{C}_p\text{M}$ -garyntgylaryndan taýýarlanylýar. Reahordaky sarm izolirlenmedik simden ýygnalan. Çig atmosferada we gaz bölüniş çykyş çykýan ýerlerde işlän wagty olaryň kontakty poslaýar, şol sebäpli onuň takyklygy, iş döwri, gullanylýan wagty gysgalýar. Şol yetmezçilikleri düzetmek üçin, poslamaýan garyntgylar gözlenilýär. Agyr şertlerde işlemek üçin, ýagny partlama howplugy bar ýerlerinde ýörite işlenip taýýarlanan we senagat tarapyndan goýberilýärreahorddsyz awtomatiki öwezidolduryjylary we köprüleri ulanylýar.

Maglumat bermegiň şekil boýunça awtomatiki enjamlar gysgaça şu aşakdaky ýaly şekillendirilýär:

KC-Ýazgysy lentaly diagrammada;

KП-hereket edýän görkezijiň üsti bilen görkezýän;

KB-aýlanan siferblat üsti bilen körkezýän.

Awtomatiki öwezindolduryjylaryň we köprüleriň köp görnüşleri, konstruksiýalary elektrik sygymy, induktiwligi, özara induktiwligi, dielektrik ýitgini we başga ululyklary dogry ölçemek üçin üýtgeýän toguň köprüleri giňden ullanylýar. Dört eginli köprüler deňleşdirýän düzgüde işleýän görnüşleri giňden ullanylýar. Tejribe tarapdan elektrik ölçeg tehnikasyny esasan dört eginli, alty we sekiz eginler hem ulanylýar. Her bir sygym we induktiw sarymy şu parametrlere bilen häsiýetlendirilýär: ýitginiň gaşylygy, izolýasiýanyň garşylygy. Induktiv sarymy induktivlikden başga geçirijiniň garşylygy we sarymarasyndaky sygym bilen häsiýetlendirilýär. Dört eginli köprüleriň işleýiş düzgünleri şu aşakdakylan ybaratdyr: köpriniň eginleri bolup Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 eginleriň biri, meselem Z_1 , ölçenilýän ululyk diýip hasaplalyň. Köprini üýtgeýän toguň çesmesine birleşdirsek, onda:

$$I_1 Z_1 = I_2 Z_3 \text{ we } I_1 Z_2 = I_2 Z_4$$

Deňlemäniň hemme agzalaryny biri – birine bölüp, deňleşdirmäniň esasy şertini ýüze çykararys:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

Ýa-da

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

Şunuň esasynda deňleşdirmäniň esasy şerti hökmünde: gapma garşylyk eginleriň doly kompleks garşylyklarynyň biri-birine deň bolmagyndan ybaratdyr.

Üýtgeýän toguň köprüleriniň eginleri bolup reaktiv we aktiv garşylyklar bolup biler. Deňleşdiriş şerti garşylyklaryň häsiýetine baglylykda aýk görnüşde şeýle bolup biler:

$$Z_1 = r_1 + jx_1; \quad Z_2 = r_2 + jx_2;$$

$$Z_3=r_3+jx_3; \quad Z_4=r_4+jx_4;$$

Deňleme (1) kompleks kesgitlemelerini goýsak (2) onda şu netijäni alarys:

$$(r_1+jx_1)(r_2+jx_2)=(r_3+jx_3)(r_4+jx_4)$$

ýa-da

$$r_1r_4-x_1x_4+j(r_1x_4+r_4x_1)=r_2r_3-x_2x_3+j(r_1x_3+r_3x_2);$$

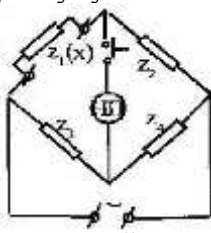
Şu ýerden umumy deňlemeden iki deňleşdiriji deňlemäni alarys:

$$r_1r_4-x_1x_4= r_2r_3-x_2x_3;$$

$$r_1x_4+ r_4x_1= r_2x_3+ r_3x_2;$$

Egerde bir şahanyň egniniň garşylygy (Z_1Z_2) aktiw bolsa ($\varphi_1=0$; $\varphi_2=0$) onda deňlemäniň şerti boýunça ikinji şahanyň garşylygy (Z_3Z_4) bir fazaly bolmaly ($\varphi_3=\varphi_4$); eger-de garşy ýerleşen eginli garşylyklar (Z_1Z_4) aktiw bolsa ($\varphi_1=0$; $\varphi_4=0$), onda deňlemäniň şerti boýunça başga garşy ýerleşen iki başgalaryň (Z_2Z_3) biri induktiw (x_1), beýlekisi – sygym (x_c) bolmaly.

Köprini deňeşdirmek – eger-de bir egiň aktiw, galan üç egni kompleks garşylyklardan ybarat bolsa onda bu köprini deňeşdirmek mümkinçilik ýitýär.



Surat 2

Üýtgeýän toguň köprüsiniň prinsipial çatgydy.

Hemişelik toguň köprüleri.

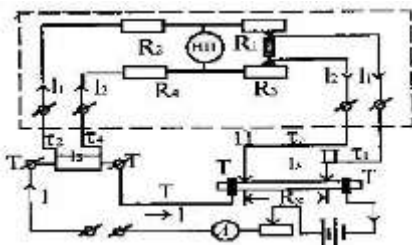
Hemişelik toguň köprüleri toguň elektrik zynjyrlaryndaky garşylyklarynyň 10^{-8} ÷ 10^{15} Om möçberini ölçemek üçin ulanylýar. Mydam başgada köprüleriň kömegi bilen elektrik däl ululyklary hem ölçemek mümkindir. Elektrik körüsiniň köegi bilen grşylyklaryň dürli parametrlerini köpçilikleýin goýberilişinde ölçemek üçin hem ulanylýar.

Köprüleriň hasap amaly gurulmalary hasabat ediljek garşylyklaryň öz nominal ululygyndan näçe prosent üýtgeýändigini görüleri iýilýär. Dört eginli (bir köprüli) – az ýalňyşlyklylary bilen $10 \div 10^8 \text{Om}$ garşylygy ölçemek üçin ulanylýar.

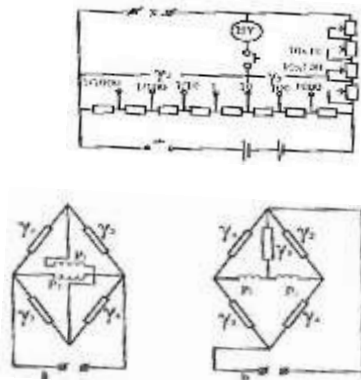
Iki eginli köri – az omly garşylygy $10^{-8} \div 100$ diapazonynda ölçemek üçin ulanylýar.

Awtomatiki köprülerde ölçeg prosessi awtomatiki prosessde işläp, deňleşdirmek prosessi elektrik matorlarynyň kömegi bilen reahordyň dwižogyny haýsy hem bolsa bir egine tarap süýşirmek rkaly ýerine ýetirilýär. Olar esasan hem elektrik däl ululyklary parametriki datçikleriň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Deňleşdirilmeyän köprüler garşylyklaryň köp däl derejede öz başky durkyny üýtgemegini ölçemek ýa-da barlamak üçin gerek. Bu görnüşli köprüleriň oňat tarapy bularyň gurluşynda sazlaýyş elementleriň ýoklugydyr.



Surat3. a-iki köprüli prinsipial çatgy (ölçeg enjamlaryndaky)

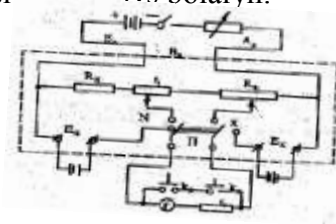


7. Hemişelik toguň öwezidolduryjy enjamlar.

Napryáženiýany, togy, elektrik täsir ediji güýjini, garşylyklary we ýokary klasly görkeziji enjamlary barlamak üçin ýöriteleşdirilen enjamlar, ýagny potensiometrlar, öwezidolduryjy ölçeg usulynda işleýärler. Bu usulyň esasy ýoly: “ölçeýän elektrik täsir ediji güýji (napryáženiýany) öwezidolduryş usuly bilen kesgitlep, oňy belli bolan ýitgi belli boln nprýażeniýa bilen deňeşdirýär”.

$$E_x = I_p R_k$$

Hemişelik toguň potensiometrleriniň üsti bilen kompensasion usulyňy ulanylyp ölçeg geçirmegiň prinsipial çyzgysynyň işleýşi bilen tanvs bolalýň:



Surat4.

Iş zynjyry şu aşadaky garşylyklardan ybaratdyr: R_k -kompensasion, düzeldiji R_n , sazlaýjy r_t , bularyň hemmesi kömekçi tok çeşmesi bolan kkumulýatordan tok alayrlar (E_w), zynjyrdaky togy r_p garşylygyň kömegi bilen sazlamak mümkindir. Işçi toguny düzük goýjak ýa-da onuň üstünden derňew işlerini geçirjek bolsaň, onda oňy elektrik täsir ediji güýç nusgaly ölçegi bilen ýerine ýetirmek bolar. Şol ululygy

element E_N , 5-njji bellige çenli saklap bolar. Gaýta ulşdyryjy P-ni Nýagdaýda goýup, r_p sazlanýar, şonda galwanometriň derejesi 0-a deň bolar ýaly etmeli. Normal elementiň elektrik täsir ediji güýjini 5-nji bellige çenli daş töwerekdäki ýylylygyny üýtgemegi bilen üýtgäp biler. Iş togumyň normal ululygyny sazlamak üçin deňleýiş garşylygy bolan R_N yzygiderli ýagdaýda çatylan r_t garşylygynyň kömegi sazlanýlar. Şol garşylygyny, ýagny r_t -niň daş töwerek ýylylygyna baglylykda onuň ululygyny üýtgetmek bilen, iş toguny gerekli derejede sazlap bolýar. Iş toguny belli derejede sazlamak bilen, elektrik täsir ediji güýjini (naprýaženiýany) ölçemek mümkindir. Şony ýerine ýetirmek üçin gaýta ulşdyryjy P-saga, ýagny X-ýagdaýda goýup, öwezidolduryjy R_k garşylygyny sazlamak bilen, galwanometri 0-derejeli görkezmä getirilýär. Bu ýagdaý, haçanda öwezidolduryjy R_k garşylygy ölçenjek elektrik täsir ediji güýjini (naprýaženiýany U_x) ($R_k=U_x$) deň bolan ýagdaýda bolup biler, egerb formula (1) I_p bahasyny goýsak, onda

$$E_x = E_N \frac{r_k}{r_n};$$

Potensiometriň esasy tapawudy belli däl elektrik täsir ediji güýjini (naprýaženiýany) nusga ölçegli normal elemntiň kömegi bilen ölçäp, ondan başga-da belli garşylyklaryň ýokary dogruly görnüşi bilen kesgitlemek mümkindir. Mundan başgada ölçeg, tok (kuwwat) ölçeg obýektlerinden sarp edilmezden ötri geçirilýär, sebäbi galwonometriň togy, ölçeg wagtynda 0-a deňdir.

Hemişelik toguň potensiometrleriň hemmesi: pes omly we ýokary omly bolup biler. Pes omly, haçanda, iş zynjyrlarynyň garşylygy 10-ça ýa-da 100-çe derejede bolup biler. Ýokary omly, haçanda, potensiometriň nominal iş togy 1-2 mA, ýokary omly potensiometrlerden bolsa 0.1 mA deň bolup biler.

E_N , R_k , we R_N -iň dogrulygy olaryň hiline we ýokary tehniki taýdan taýýarlanýşlaryna baglydyr. Olaryň ýylylyga

bagly derejeli ölçeğden ön geçirilýän işleriň üsti bilen düzedilýär. Esasy köp ýaýran öwezindolduryjy garşylyklar R_k , aşadaky çyzgylaryň ýagny şuntirlenen dekodlar, ikillik dekodlary we ş.m.-dir. 1-lik 1 san bilen bellenen esasy dekada, on sygymdan, garşylykdan, meselem hersi 1000Om-a deň; şu dekada bilen potensiometriň iş togy üstünden geçip, ol takmynan $I_p=0.0001A$ deňdir. İkilik 2 san bilen bellenen şuntirleýän dekada, 9 sygymdan, garşylykdan ybarat bolup, hersiniň garşylygy 1000Opm deň bolup, ikileşdirilen şyotka (Ş) çatylyp, esasy 1-nji dekadany kontaktlary boýunça süýşirilýär. İkileşdirilen şyotkanyň gurluşy: onuň iki sany süýşýän kontakty biri-birinden elektrik usullary görnüşinde izolirlenen bolup, elmydam şol dekadanyň bir seksiyasyny süýşmeýän kontaktlaryň kömegi bilen çatýar. Naprýaženiýa ýitgisi şuntirlenen dekadalaryň seksiyalaryndaky naprýaženiýa ýitgileri ýönekeý Şo-şyotkanyň, dekadanyň kontaktlarynyň üsti bilen süýşýän kontaktlar arkaly alynýar. Potensiometriň işçi zynjyryna çatylan garpýlyk, esasy we şuntirlenen dekadalaryndaky şyotkalaryň duran ýerlerine bagly bolman, onuň ululygy üýtgemeyär. Biziň suratlarymyzdaky A we B nokatlaryň arasyndaky garşylyk:

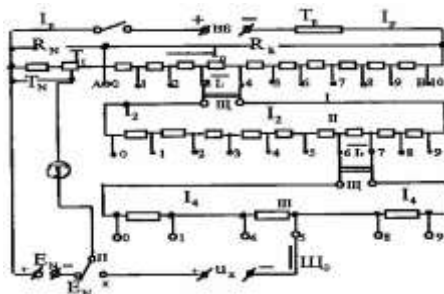
$$R_{AB} = 9 * 1000 + \frac{1000 * 9000}{1000 + 9000} = 9900 \text{ Om};$$

İş zynjyrynyň garşylygy we iş togy üýtgemän, tok $I_2=0.1$ iş toguna deň bolup:

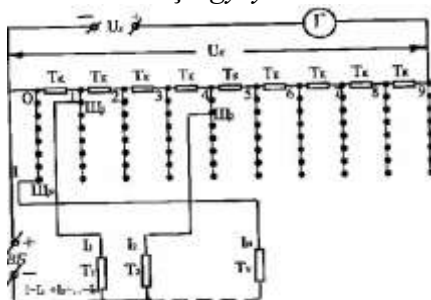
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{I_2}{I_0 - I_2} = \frac{R_1}{R_n} = \frac{1000}{9000} = 0.1; I_2=0.1I_p$$

r_1 -bir şuntirlene n seksiyanyň garşylygy:

r_n -hemme şuntirlenen dekadalaryň garşylygy.



Surat 5. İki dekadaly orny ýerine ýetirýän potensimetriň çatgysy.



Surat6. Ummansewiň çatgydy boýunça öwezindolduryş garşylygyn çatgysy

8. Üýtgeýän toguň öwezindolduryjy enjamlary.

Hemişelik we üýtgeýän toguň zynjyrlaryndaky togy ölçemek üçin “öwezindolduryjy usullary” ulanylýar. Belli däl ölçenýän naprýaženiýany belli naprýaženiýa bilen deňleşdirmek üçin şu aşakdaky zatlar hökmandyr:

- Ölçenýän naprýaženiýalaryň san bahalary hökman deň bolmaly;
- Olaryň fazalary özara biri-birine garşy bolmaly;
- Ýygylýklar özara deň bolmaly $f_u = f_u$;
- Göni çyzyk çyzygyn formasynyň birligi we olaryň üýtgeýşini zygiderliligi we tertipliligi;

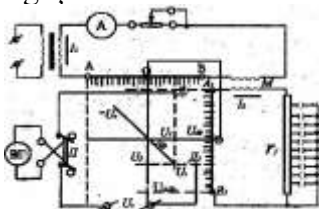
Üýtgeýän tokda elektrik täsir ediji nusga ölçeginiň ýoklugy öwezindolduryjy usulyň takyklygyny peseldýär. Üýtgeýän toguň potensimetrleriniň oňat taraplary–ölçeg obýektlerinden goşmaça kuwwat

alynmaýar we ölçenýän naprýaženiýalarynyň fazasyny kesgitläp bolýanlyydyr. Ölçenýän naprýaženiýanyň öwezini doldurmak usullary boýunça üýtgeýän toguň potensiometrleri şu aşakdaky görnüşde bolup bilerler:

- 1) **Polýar–koordinatly;**
- 2) **Göni burçly–koordinatly.**

Häzirki wagtda ölçeg serişdeleriniň pes bolmagy sebäpli potensiometriň polýar–koordinatly görnüşleri önümçilikde goýberilmeyär, sebäbi, sazlaýşy boýunça öwezindoldurylýan naprýaženiýanyň fazasyny pes takyklykda kesgitlemegindeňdir.

Göniburçly–koordinatly potensiometrleriň işleýiş düzgünlerine gysgaça geçeliň.



SURAT7. *Göniburçly – koordinatly potensiometriň çyzgydy.*

Şu suratda görkezilişi ýaly iki sany iş zynjyrlary boýunça I_1 we I_2 toklar biri-birine $\pi/2$ burça süýşirilen. AB we A_1B_1 – garşylyklary şol toklaryň naprýaženiýa ýitgileri, reahord görnüşinde bejerilen, özem faza boýunça burça süýşirilen; D_1 we D_2 – dwižogyň kömegi bilen U_1 we U_2 -däki naprýaženiýa ýitgileri kesgitlenilýär ýa-da bolsa ölçenýän naprýaženiýanyň öwezi doldurylýär

$U_x = \pm U_1 \pm j U_2$; şu ýerden ölçenýän naprýaženiýanyň moduly;

$$Ux = \sqrt{U_2^1 + U_2^2} ; \text{ faza bolsa } tg \varphi = \frac{U_2}{U_1}$$

Toklaryň I_1 we I_2 –arasyndaky faza süýşiriliş $\pi/2$ burça deň bolan ýagdaýy her hili usullar bilen kesgitläp bolýar. Şol sebäpli ulanylýan howa transformatory, ýagny öazra induksiýalary sarym M polatsyz sygymdyr. Tok i_1 –şol sygymyň, ýagny M üstünden geçip, magnit toparyny emele getirýär. Şol magnit topary ikinji sarymda elektrik täsir ediji güýji emele getirýär, şol güýç bolsa magnit toparyndan $\pi/2$ burç yza galýar. Döreýän elektrik täsir ediji güýjiň esasynda zynjyrdaky tok I_2 –emele gelýär. Eger şu zynjyrdaky reaktiw garşylygy ujypsyz az edilse, onda tok I_2 –faza boýunça elektrik täsir ediji güýji bilen gabat geler we tok I_1 –den $\pi/2$ burç yza galar. Aktiv garşylyklardaky toklar I_1 we I_2 – tarapyndan U_1 we U_2 –däki emele galýan naprýaženiýa ýitgileri hem biri-birine tarap şonça burça süýşiriler.

Hemişelik toguň öwezindolduryjy enjamlary–bu görnüşli enjamlar yokary takyklykda, az mukdardaky toklary we naprýaženiýalary ölçemek, häzirki zaman radioelektronika, mass – spektroskopii, biologiýa we ş.m. ylymlarynda we tehnikalarynda uly orny eýeleýär. Şonuň üçin bu enjamlary hil we tehniki taýdan gowulandyrmaga uly üns berilýär. Hemişelik toguň öwezindolduryjylary, olardaky naprýaženiýa baglylykda, elektron we galwanometr görnüşli bolup bilýärler.

Elektron görnüşli öwezindolduryjy–hemişelik toguň girşdäki modulýasiýa we çykyşdaky demodulýasiýaly öwezindolduryjy özgerdijilerindäki ýalňyşluklary, naprýaženiýany iýmitlendiriji zynjyryň üsti bilen geçýän döretmekdir. Şu döretmäni sazlamak üçin, naprýaženiýany iýmitlendirýän başga bir güýçlendiriji bilen modulýatoryň dolandyryjy sarymyna berilýän U_{γ} –naprýaženiýanyň arasynda gfaza süýşmesini döretmekden ybaratdyr. Bu faza süýşmegi, ΦP faza sazlaýan awtomatiki gurulma arkaly dreýf sazlanynça,

ýagny $I_{\text{çk}}$ -nula deň bolýança, haçanda $E=0$ bolýança dowam edýär.

Üýtgeýän toguň öwezidolduryjy enjamlary–deňagramlaşdyrylýan parametrleriň esasynda laýyklykda üýtgeýän toguň öwezidolduryjylaryny şu aşakdakylara bölmek bolar:

- 1) Bir parametr boýunça deňleşdirýän enjamlar (deňagramlaşdyryýan) (öwezidolduryjy milli woltmetrler, orta we täsir edýän ululyklary ölçeýän ölçeg enjamlary we ş.m);
- 2) İki parametr boýunça deňleşdirýän (deňagramlaşdyryýan) enjamlar (öwezidolduryjy wektomer woltmetrleri – naprýaženiýanyň wektorynyň proyeksiýasyny ölçeýän enjam);

Bir parametr boýunça deňleşdirýän öwezidolduryjy enjamlar olaryň işleýiş usullaryny, häsiýetnamalaryny şu aşakdakylar bilen düşündirmek mümkindir:

- a) Orta ululykly elektron woltmetrleri üýtgeýän toguň in ýokary duýgurly enjamlarymyň biridir. Naprýaženiýanyň çylşyrymly görnüşlerini orta ululykly enjamlar arkaly ölçenilen wagty uly ýalňyşlyklar emele gelýär.

$$\delta_{\varphi} = \left(\frac{k_{\varphi}}{k_{\varphi 0}} \right) * 100,$$

Bu ýerde, $k_{\varphi 0}$ -naprýaženiýanyň koeffisienti;

k_{φ} -ölçenýän naprýaženiýanyň görnüş koeffisienti.

- b) Haçanda amplitudaly woltmetrler bilen naprýaženiýanyň çylşyrymly görnüşleri ölçenen wagty döreýän ýalňyşlyklar. Ol ýalňyşlyklar:

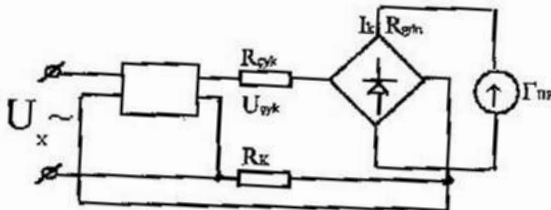
$$\delta_a = \left(\frac{k_a}{k_{a1}} - 1 \right) * 100$$

Bu ýerde: k_{a0} -naprýaženiýanyň amplitudasynyň koeffisienti;

k_a -ölçenýän naprýaženiýanyň görnüş koeffisienti.

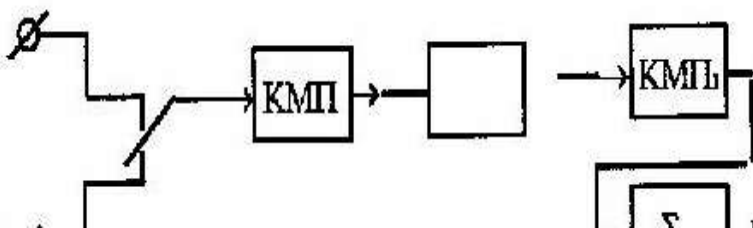
w) Sinusoidal naprýaženiýa üçin:

$$k_{a0} = \frac{U_m}{U_A} = \sqrt{2}$$



Surat8. Orta ululykly napryazeniýalary ölçemek üçin ulanylýan üýtgeýän toguň öwezindolduryjy enja,alrynyň çatgysy.

İki parametr boýunça deňleşdirýän öwezindolduryjy enjamlar-iki parametr boýunça deňleşdirýän öwezini dolduryjy enjamlar üýtgeýän toguň naprýaženiýasyny we kompleks garşylyklary ölçemek üçin ulanylýar. Bu görnüşli enjamlara wektomerli öwezindolduryjy milliwoltmetiri almak bolar. Meselem, ýerasty baýlyklaryny elektrik usuly bilen gözleg geçirilende iň ujypsyz görnüşde üýtgeýän naprýaženiýanyň wektor ululygyny (garmonik) kesgitlemek gerek bolýar, şonuň üçin wektomerli göniburçly–koordinatly öwezindolduryjy milliwoltmetrleriň täze görnüşli oýlanyp tapyldy. Bu enjam sinhron–faza filtrinden (arassalaýjydan) iki çykyş enjamyndan we jemleýji S (sumator) ybaratdyr. Sinhron–faza filtri iki sany dolandyrylýan göneldiji çyzzgysy YBC1 we YBC2, naprýaženiýalar U_{1y} we U_{1y} -arkaly dolandyrylýan iki modulýator MD1 we MD2-den ybaratdyr bolup çykyş esbaplarynyň üsti bilen kompleksleýin ölçenýän U_x we U_y -naprýaženiýalary ölçeyär we derňeyär.



Surat9. Wektomer öwezidolduryjy milliwołmetriniň struktura çatgysy.

10.Elektron ölçeg serişdeleriň klassifikasiýasy.

Hemişelik we üýtgeýän togyň ölçeg abzallary.

(wołmetrler, fazometrler, wattmetrler, ammetrler we ş.m.)

Ilkinji gezek elektron ÖA-y radiotehnikada 1895-nji ýylda A.S.Popow tarapyndan ulanyldy.

Ilkinji ŞÖA-y elektron lampalary çykmazyndan owal döredi. 1897-nji ýylda Braun elektron-şöhle trubkasynyň ýygylgy 50 Гц bolan yrgyldyly prosessleri hasaba almak üçin ulanypdyr.

Aýna ballonyňa alýümin katody we anody golaýlanypdyr. Bu sowuk katodly bolupdyr. Ýylaldylýan katodly trubkalar soňrak, ýagny 1904-nji ýylda döräpdir. Has inçe ýşyk almak üçin trubka diafragmaly bolupdyr. Ýşyk tegegiň döredýän magnit meýdany bilen gyşardylypdyr. Şekiliň yzyna serpilmegi aýlanýan ýüz görülyän aýnada seredilipdir. EŞT-daky elektron şöhlesiniň gyşardylmasynyň elektrik meýdany arkaly amala aşyrmak usuly ilkinji gezek 1898-nji ýylda ýola goýuldy. 1905-nji ýylda Simon ossillografiýa

ekranynda elektrodларыň güýjenmesi bilen duganyňtogynyň güýji aralaryndaky baglylygy aldy. 1926-njy ýylda katod ýüklenmeli woltmetr, ýyl geçenden soň–woltmetriň köpri shemasy döredildi. 1929-njy ýylda eýýäm woltmetriň köp kaskadly shemasy ulanylyp başlandy. 30-njy ýylyň başlarynda woltmetrler tordan iýmitlendirilip başlandy (şoňa çenli woltmetrler batareýadan iýmitlendirilýär eken). Abzallaryň toparlary uly rus harpy bilen bellenýär:

1–woltmetrleri barlamak üçin ulanylyan gurnamalar.

2–hemişelik togyň woltmetri.

3–üýtgeýän togyň woltmetri.

4–impuls woltmetri.

5–fazaduýgur woltmetri.

6–selektiw woltmetrleri.

7–köp taraply (uniwersal) woltmetrler.

Bu toparyna degişli, güýjenmäni ölçeyän abzaldyr;

Harpdan soňky san, ýagny 3–üýtgeýän güýjenmeler ölçeyän abzal;

Kese çyzykdan soňky san, ýagny 3–şu ähmiýetli, her bir täze taýýarlanan abzalyň tertip nomeri

BK7–3–uniwersal woltmetri, kombinirlenen (garşylygy hem ölçäp bolýan).

B7–2–uniwersal woltmetri, hemişelik we üýtgeýän güýjenmeleri ölçeyän woltmetr.

B–güýjenmäni ölçemek üçin abzallar.

B2–hemişelik togyň woltmetri.

B3–üýtgeýän togyň woltmetri.

B4–impuls woltmetrleri.

B7–uniwersal we kombinirlenen uniwersal woltmetrleri.

A–togy ölçeyän abzallar.

A2–hemişelik togyň ampermetri.

A3–üýtgeýän togyň ampermetri.

A4–uniwersal ampermetrleri.

Ýyglylygy ölçeyän abzallar:

42–rezonans ýygýlyk ölçýjisi.
 43–elektron hasaplaýjy ýygýlyk ölçýjisi.
 44–geterodin ýygýlyk ölçýjisi.
 Г–ölçeğ generatorly.
 Г3–signallaryň generatory.
 С–signallaryň we spektriň şekilini synlaýan we barlaýan abzal.
 С1–ossilograflar.
 С4–spektr derňýjileri.
 С5–güýjenme derňýjileri.
 М–kuwwat ölçýän abzal.
 Ф–fazany we wagt gijikmesini ölçýän abzal.
 Ф2–fazometrler.
 X–radiogurnamalarynyň häsiýetnamalaryny barlaýan we gözegçilik edýän abzal.
 X1–ýygýlyk häsiýetnamalaryny barlaýan abzal.
 Л–lampalaryň we ýarymgeçirijileriň parametlerini ölçýän abzallar.
 Л1–lampalaryň parametrlerini ölçýän abzal.
 Л2–ýarymgeçiriji abzallaryň parametrlerini ölçýän abzal.
 D–attenýuatorlar we güýjenme bölüjileri.
 D6–güýjenme bölüjisi.

Elektron woltmetrleri.

Elektron woltmetrleri (lampaly ýa-da katodly) uly duýgurly, uly girişdäki garşylykly, kiçi giriş sygymly, has ýaýran giň ýygýlyk çäginde işläp bilýän ($20 \div 50$ Гц-den tä 700 МГц çenli.) Elektron woltmetrlerinde has oňat duýgurlyk alyp, mkv–çenli öz güýjenmäni ölçemek bolar.

Elektron woltmetrleriniň kemçilikleri:

1. Has uly ýalňyşy ($2 \div 2,5\%$ -den $5 \div 6\%$ çenli) (dürli nusgalarda);
2. Tordan iýmitlendirmek (ýa-da batareýadan);
3. Wagtyň geçmegi bilen ýeterliksiz derejedäki durnuksyzlygy (birsyhlylygynyň bozulmagy);

Ölçeg abzalarynyň çatgylarynda ýarymgeçiriji triodlaryň ulanylmagy kiçijik, abzalyň içinde ýerleşdirilen batareýaly kiçi göwrümlü woltmetrleri ýasamaklyga mümkinçilik berýär.

Senagatda göýberilýä elektron woltmetrlerini aşakdaky esasy toparlara bölmek bolar.

1. Uniwersal we kombinirlenen uniwersal woltmetrleri, uniwersal woltmetrleri hemişelik we üýtgeýän güýjenmeleri ölçemek üçin ulanylýar.

Kombinirlenen woltmetrler ondan başgada aktiw garşylyklary, käwagtlar sygymy we induktiwligi hem ölçäp biler.

3. Üýgeýän togyň milli woltmetri.

4. Impuls woltmetri.

Bulardan başgada ýörite maksatlar üçin göýberilýän woltmetrleri hem bellemek bolar (Meselem, logaritm şkalaly, desibelde graduirlenen woltmetrleri, fazaduýgur woltmetrleri we ş.m.)

Uniwersal kombirlenen woltmetrleriň iş düzgünine we gurluşyna seredeliň. Bu abzal Π_1 we Π_2 lampalarda köpri shemasynda gurulanhemişelik tok güýçlendirijisinden durýar. Köpriniň diogonalyna magnielektrik Π abzaly birleşdirilen, güýçlendirijiniň girişine ölçenýän güýjenme berilýär. Hemişelik güýjenme ölçenende ulaşdyryjy Π orun 1-de goýulýar, ölçenýän güýjenme hemişelik togyň güýçlendirijisiniň girişine göni berilýär, ol abzal Π -niň indikatorynyň gysarmasyny çagyryýar. Uniwersal elektron woltmetrlerinde güýjenme boýunça güýçlendirmesi ýokdyr, diňe tok býunça güýçlendirilýär.

Elektron woltmetrleri:

a) –uniwersal woltmetrleri;

b)–milli woltmetr;

Köprili çatgy giriş güýjenmesiniň ýok wagty Π ölçeýjisiniň üstünden akýan başdaky togy düzetmeklige mümkinçilik döredýär. Minimal giriş güýjenmesiniň ululygy

0,5÷1,5 B bolanda ähli şkala boýunça gyşarmany çagyryp biler. Ölçeğiň çäginı giňeltmek üçin giriş güýjenme bölüjileri ulanylýar. Woltmetriň giriş garşylygy esasan güýjenme bölüjisiniň garşylygy bilen kesgitlenilip, ol takmynan 10–20 Mom deňdir. Maksimal ölçenýän güýjenme 300÷1000 B, hemişelik tok ölçenendäki döreýän ýalňyşlyk 2,5÷4% deňdir.

Üýtgeýän güýjenmäni ölçemek üçin ulaşdyryjy II-ni orun 2-de goýmaly. Ölçenýän güýjenme gönelyär we detektor çatgysynyň kömegi bilen (C kondensatordan we D dioddan durýan) sazlanýlar. Göneldilen güýjenme hemişelik togyň güýçlendirijisiniň girişine berilýär.

Üýtgeýän güýjenmäni ölçemek çägi edil hemişelik togyňky ýalydyr. Giriş garşylygy ölçenýän ýygylyga baglydyr. Ýygylyk çägi 20÷50 Гц-den, 500÷700МГц çenlidir, ölçeğ ýalňyşy 2,5÷6% deňdir.

Hemişelik we üýtgeýän güýjenmeleri ölçemek üçin ulanylýan uniwersal woltmetrlere B7 indeksi dakylýar. Uniwersal woltmetrleri köplenç garşylyk ölçeýjileri bilen kombinirlenýärler we BK7 belligi dakylýar. Garşylyk orun 3-de ölçenilýär. Güýçlendirijiniň girişine güýjenme bölüjisi dakylýar. Ol R nusga garşylygyndan we ölçenýän Rx garşylygyndan durýar. Bölüji aýratyn iýmitlendiriji çeşmesinden iýmitlendirilýär (U_0). Hemişelik togyň güýçlendirijisiniň girişindäki güýjenmäniň ululygy Rx garşylygyna baglydyr. Şonuň üçin woltmetriň şkalasy garşylyk boýunça graduirlenendir.

Üýtgeýän togyň milli woltmetrleri.

Üýtgeýän togyň mv-i B3 indeksi bilen bellenip, az güýjenmeleri ölçemek üçin ulanylýar. Milli woltmetr üýtgeýän togyň I_1 у I_2 ters aragatnaşykda ky lampalarynda ýygılan güýçlendirijiden ybaratdyr. Çykyş güýjenmesi göneldilýär (köprili çatgynyň kömegi bilen) we soň çykyş magnitelektrik II abzaly bilen ölçenýär. Şkalanyň ähli uzynlygynda gyşarmany çagyryan minimal güýjenme 10 mv deňdir. Birnäçe ýüz woltlara çenli güýjenmäni ölçemek üçin woltmetriň girelgesine

güýjenme bölüjisi çatylyar. Ýygylýk çägi güýçlendirijiniň göýberiş zolagy (polosa propuskaniýa) bilen kesgitlenilýär we 10 МГц çenli, giriş garşylygy 1÷2 Mom, esasy getirilen ýalňyşlygy–3÷5% deňdir.

Hemişelik togyň milliwoльтmetri B2 indeksi bilen bellenýär. Bu abzallarda ölçenýän güýjenme üýtgeýän güýjenmä öwrülip, soň üýtgeýän togyň güýçlendirijisine berilýär. Onuň çykyşyndaky indikator güýjenme boýunça gradurlenendir. Ölçeg çägi we ölçeg ýalňyşy edil üýtgeýän togyň milliwoльтmetrlerindäki ýalydyr. Impuls woltmetrleri B4 belgisi bilen bellenilýär. Onuň çatgysy üýtgeýän togy ölçenýän uniwersal woltmetriniň çatgysyna meňzeşdir.

Woltmetrleriň giriş parametrleriniň ölçeg netijesine täsirine seredeliň. Goý, giriş garşylygy R, sygymy C, Ч garşylykdaky U, güýjenmäni, hemişelik güýjenme çeşmesinden E we içki garşylygy Ro zynjyrynyň parametrlerini woltmetr bilen ölçemeli diýeli. Woltmetr çatylanda Ч garşylygyny şuntirmek netijesinde, ondaky güýjenme U_2 deň bolar. Bu güýjenmäni hem woltmetr ölçer. Güýjenmäniň üýtgemeginiň otnositel ululygy woltmetriň çatylmagy netijesinde $\delta = U_1 - U_2$ deňdir.

Woltmetriň çatylşyynyň shemasy.

Indi bolsa $R_0=0$ kuwwatly çeşmä ylaýyk gelýän mahalyňa seredeliň. Şu ýerde $U_1=U_2=E$. Eger-de $R_0 \rightarrow \infty$, onda çeşme ululygy boýunça hemişelik bolup galýar: $J = \underline{E} = \text{const}$;

R_0

Bu şertde $U_1=J\chi$; $U_2=J \frac{\chi R}{\chi+R} = U_1 \frac{R}{R+\chi} = U_1 \frac{1}{1+\frac{\chi}{R}}$;

Egerde $\frac{\chi}{R} \ll 1$, onda takmynan şeýle ýazmak bolar:

$U_2 = U_1 (1 - \frac{\chi}{R}) = U_1 (1 - \delta)$

nirde: $\delta = U_1 - U_2 = \frac{\chi}{R}$;

$$U_1 \quad R$$

Şeýlelikde, E iýmitlendiriji çeşmäniň kuwwaty ýeterlik wagty, woltmetr çatylanda zynjyrdaky režim pozulmaýar we güýjenmäniň otnositel üýtgemesi $\delta=0$;

Diýmek, woltmetr çatylanda ol ölçenýän güýjenmäniň azalmagyna alyp barýar, bu ölçeg ýalňyşlygyna alyp barýar.

Elektron woltmetrleriniň güýjenme bölüjileri.

Woltmetriň girelgesine güýjenme bölüjilerini ölçeg çäginini giňeltmek üçin çatýarlar. Bölüji çatylanda woltmetriň giriş garşylygy duýdansyz peselmeli däl, başgaça aýdylanda güýjenme bölüjisi ýokary omly bolmalydyr. Ýokary omly bölüjiniň konstruirlemek has kyndyr, sebäbi sim däl ýokaryomly garşylyk ýeterlik birsyhly däl. Manraninden ýasalan sim garşylygy ýokary birsyhlylyga mahsusdyr, ýöne uly nominally sim garşylygyny taýýarlamak uly kynçylyklar bilen bagly bolup, onuň göwresiniň ulanmagy, hususy sygymynyň we induktiwliginiň köpelmegi belli bir derejedäki kynçylyklary döredýär. Bu öz gezeginde ölçeg ýalňyşynyň döremegine ýardam edýär.

Soňky wagtlarda sim garşylyklarynyň daşky aýna izolýasyýaly has inçe simden ýasamak tehnologiýasy giňden ulanylýar. Şeýle garşylyklara köpsimli garşylyk diýilip, olar tä 10 Mom-a çenli edilip taýýarlanýar. Garşylyklar öz takyklygy boýunça üç synpa bölünýär:

0,1; 0,2; 0,5; Synpy 0,1 bolan garşylyk ýüklenme aşagynda nominal ululygyndan $\pm 1\%$ -den köp gyşarmaýar.

Simli däl garşylyklary öz ululygyny garramak zerarly alty aýyň dowamynda 10% -e çenli üýtgedip bilerler. Garşylygyň temperatura koefisiýenti temperaturanyň her bir 10% üýtgemesinde $1-2\%$ deňdir.

Garşylygyň birsyhlylygynyň biwagt döremegiň önüni almak üçin ony türgenleşigine, ýagny nominaldan uly bolan ýüklenme aşagynda birnäçe sagatlap saklaýarlar.

Emeli garatmak–başga birnäçe sagatlap (100^0 -ra çenli), soň birnäçe hepdäniň dowamynda bolsa nominal temperaturada saklanylýar.

Garşylygyň birsyhlylygynyň bozulmagy bölüjiniň bölünme koeffisiýentiniň ýalňyşyna getirýär.

$K = \frac{U_B}{R_2}$; Bu aňlatmany logaritmläp, soň differensirläp, otnositel δ_1

$U_x \quad R_1 + R_2$ ýalňyşlygyny alarys:

niinde, $\delta_1 = \frac{\Delta R_1}{R_1}$; we $\delta_2 = \frac{\Delta R_2}{R_2}$ – bu bölüjiniň egnindäki birinji we ikinji

R_1 R_2 garşylyklaryň otnositel ýalňyşdyr.

Güýjenme bölüjisiniň çatgysynyň dürli çatylyşy. görnüşleri.

Çatgy (a)-da woltmetriň giriş garşylygy ähli çande birdir we bölüjiniň doly garşylygyna deňdir ($10 \div 20 \text{ M}\Omega$);

Çatgy (b)-de tor garşylygy hemişelikdir, omy 5 Mom-dan köp bolmaz ýaly edilip saýlanylýar. Ölçeg çägi ulalanda woltmetriň giriş garşylygy köpeliýär.

Ölçeg gurluşyndan–ölçeg özgerdijisiniň çykyş ululygyny ölçemek üçin ulanylýar. Ölçeg özgerdijileriniň giriş ululygy magnit ululygy bolup, çykyş ululygynyň görnüşine laýyklykda üç topara bölünýär: magnitoelktrik özgerdijisi (çykyş ululygy-elektrik görnüşde), magnitmehanik (çykyşdaky ululyk mehanik) we magnitoptik (çykyşdaky ululyk optik).

Bu toparlaryň her birinde dürli görnüşli özgerdijileri ulanylýar, olary döretmek üçin ol ýada başga fiziki ýagdaýlar gulluk edýär: Esasy ýagdaýlar hökmünde:

- 1- elektromagnit induksiýasynyň ýagdaýy;
- 2- ölçenýän magnit meýdanynyň hemişelik magnitiň meýdany bilen ýada konturyň tok bilen güýçli özara

- 5- Mikrobölejikleriň (mikroçastisalaryň) magnit meýdany meýdany bilen özara täsiri astynda döreýän ýagdaýy;

Magnit ululygyny ölçeýän abzalyň ikinji bölegi ýönekeý abzal elektrik ululygy ölçeýän ýa-da ýörite häsiýetnamaly abzal bolup biler.

Elektromagnit induktsiýasynyn halyny (ýagdaýy)
ulanmak.

Elektromagnit induksiýanyň ýagdaýy ulanylýan abzallarda magnit meýdanynyň hemişelik we üýtgeýän häsiýetnamalaryny ölçemek üçin ölçeg özgerdijisi bolup sarymy magnit akymy bilen ýanaşýan ilteşýän sarym gulluk edýär.

Wk sanly sarymly tegekdäki Φ akymy üýtgände, onda EHG-dörevär we şeýle kesgitlenýär:

$$e = -dw/dt = Wk^* d\phi/dt;$$

Tegegiň gushap alan giňişlikden meýdan birsynly bolsa we tegegiň oky B we H we torlarynyň ugry bilen gsbst gelyän bolsa, onda Φ , B we H arasyndaky aragatnahygy ulanyp:

$$e = -W_k \cdot S_k \cdot d\langle i \rangle / dt = -$$

Wk*Sk*db/dt=~no*Wk*Sk*dh/dt; nirede, Sk-ölçeğ tegeginin sarymynyň medany;

„jio-magnit hemişeligi($\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ Gn/m).

formuladan görnüşi ýaly tegek arkaly magnit ululyklary - magnit induksiýa B, magnit akymy Φ , magnit meýdanyň dargynlygy H- elektrik ululygy EHG-e özgerdilýär.

Magnit ölçeg praktikasynda şeýle tegege - ölçeg tegegi diýilär. Ölçenýän ululygyň häsiýetine görä ölçeg tegeğine dürli talaplar goýulýar.

- ölçeg tegegi karkas (togolak, kwadrat, göniburçly) izolirlenen ýa-da •karkassyz bolup biler ;
- sarym dermiýän aralan bolmaly;
- tegek şeýle şekilde we ululykda bolup, onuň sarymlaryna diňe ölçenilmeli akym ileşmelidir ;

Eger-de ölçeg tegegi magnit induksiasyny ölçemek üçin ulansa onda mesgada onuň sarymlary mesgany gurşamaly we onuň üstüne ykjam atmaly;

Eger-de H-ölçende, nusganyň üst goniburçly bolmaly tekiz bolup onuň üstüne ykjam ýapyşmaly ;

Magnit ululyklaryny ölçemek.

Umumy maglumat.

Magnit ölçeginiň maksady.

Magnit ululyklaryny ölçenýän elektrik ölçeg tehnikasynyň oblastyna magnit ölçegleri diýilär. Magnit ölçeginiň usullary we apparatlary arkaly häzirki wagtda dürli meseleler çözülýär. Esasy ölçeg:-magnit ululyklaryny (magnit induksiýasy, magnit akymyny, magnit pursatyny we ş.m.);

- magnit materiallarynyň häsiýetnamalaryny kesgitlemek;
- elektromagnit mehanizmleri barlamak;
- ýeriň we başga planetalaryny magnit meýdany ölçemek;
- materiallarynyň fizik-himik häsiýetlerini öwrenmek;

- atomyň we atom ýadrosynyň magnit häsiýetlerini barlamak;
- materiallarda we önümlerde näsázlyklary bozulmalaryny kesgitlemek; Magnit ölçeginiň köpugurlulylygyna garamazdan onda esasan bir näçe ululyklar kesgitlenilýär: magnit akymy Φ , magnit induksiýasy B , magnit meýdanyň dartgynlylygy H , magnitlenme M , magnit pursaty \mathbf{m} we ş.m. Köp wagtlarda magnit ululyklaryny ölçenýän usullary bilen magnit ululygy ölçemňän eýsem elektrik ululyklary ölçenip , olarda ölçege wagty magnit ululygy özgerdilýär. Bize gerekli ululyklarynyň köpüsi belli bolan elektrik we magnit meýdanlarynyň arasyndaky gatnaşygy hasap üsti bilen tapylýar. Şeýle usullarynyň esasy bolup Makswelliň ikinji deňlemesi ulanylyp, ol magnit meýdanyny elektrik meýdany bilen baglanyşdyrýar. Bu iki meýdan materiýanyň esasy iki aýratynlygydyr - muňa gysgaça elektromagnit meýdany aýdylýar. Magnit ölçeginde magnit meýdanynyň başga ugurlary, ýagny mehaniki, optiki hem döreýär.

Magnit ululyklarynyň ölçege.

Magnit ululygynyň birligi laýyk etalonlar esasynda bellenilýär. Ýurtda magnitinduksiýasynyň we magnit akymyň ilkinji etalony bardyr. Magnit induksiýanyň ölçege hökmünde ýörite konstruksiýaly tegek (meselem, Gelmgolsyň halkasy) ulanylyp, onuň sarymlaryndan hemişelik tok akýar, hemişelik magnit akymlyry.

Magnit akymynyň ölçege deregine magnit akymynyň özara induktiw ölçege ulanylyp, özara bagly iki sany galwanik sarymdan ybaratdyr, olar magnit akymyny döredýärler. Ol

akym sarymlaryň biri bilen ilişýär, başgasyndan bolsa elektrik togy akýar.

Abzallary surnamasyň esaslary we masnit akymyny, masnit induksiýasyny we magnit meýdanyň dartgynlylygyny ölçemek usullary.

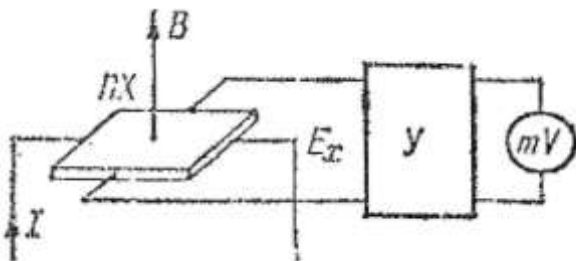
Magnit ululyklary ölçemek üçin ulanylýan abzallarynyň gurlus esaslary (prinsipleri).

Häzirki wagt dürli görnüşli abzallar we magnit induksiýasyny, magnit meýdanyny we magnit maýdanynyň dartgynlylygy ölçemek usullary giňden ulanylýar. Magnit ululyklaryny ölçeyän abzallar iki bölekden ybaratdyr: ölçeg özgerdiisinden-bu bolek magnit ululygyny başga elektrik, mehanik ululyklara özgerdip, soňky operasiýalarda amatly bolar ýaly;

daşky zynjyryň garşylygy 10^2 - 10^3 Om çenli Φ 5050 görnüşli san mikrowebermetri dört ölçeg çäkli 10 mWb-10mWb çenli, ýalňyşy $\pm 0,5\%$ daşky zynjyryň garşylygy 100 Om çenli.

Galwanomagnit effektini ulanmak.

Magnit induksiýaly we magnit meýdanynyň dartgynlylygy ölçenende Hollyň we Gaussyň efektleri ulanylýar.



*Magnit induksiýasyny ölçemek üçin Holl özgerdiji
abzalyň çatgysy.*

Çatgy arkaly Hollyň efektini amala aşyrýan abzalyň iş tejribini düşündürmek bolar.

Özgerdiji ýarymgeçirijiden edilen plastinkadyr, onuň üstünden tok Y akyp, plastinany magnit meýdanynda ýerleşdirsek, onuň raagnit induksiýasynyň B wektory plastinanyň tekizligine peňpendikulýardyr, onuň gapdal gyraňlarynda Holl EHG-iň potenciallaryň tapawudy döreýär.

$$E_x = CYB;$$

C-plastinanyň materialynyň häsiýetine we ululygyna bagly hemişelikdir;

Y -togyň güýji;

B-magnit induksiýasy;

Holl EHG-i güýçleneden soň mW bilen ölçenilýär, onuň skalasy magnit induksiýasyna graduirlenendir(derejä bölünendir). Seredilen abzallar has ýönekeýligi, takyklygynyň kanagatlanarly bolany üçin soňky wagtlarda giňden ulanylýar. Olaryň dürli modifikasiýalary ulanyp, olarda Hollyň effekti ulanylýar.

Meselem milliteslametr Φ 4355; onuň ýokarky ölçeg çägi 10-4500 mTl ýalňyşy $\pm 2,5 \%$; magnit induksiýasyny ölçýji III 1-8; ýokarky ölçeg çägi 0,01-1,6 Tl (hemişelik magnetler üçin) 0,01-03 Tl(selenoidler üçin) ýalňyşy $\pm 1.5\%$.Holl effektinden seýregräk Gaussyň effekti hem ulanylýar. Onuň esasy mazmuny geçirijiniň elektrik garşylygy (ýa-da ýarymgeçirijiden) ol magnit meýdanynda ýerleşdirilende üýtgeýär.

Magnit meýdanynda ferromagnit materiallarynyň magnit Holynyň üýtgemek ýagdayynyň ulanyşy. Bu ýagdaýyň

ulanylýan magnit ölçeg özgerdijilerine ferromodulýasiýaly diýilýär. Olaryň dürli görnüşleri bolup, has ýaýrany differensial ferromodulýasiýa özgerdijilerdendir. Onuň iş düzgüni ferromagnit materialynyň magnit halynyň üýtgemegine bir wagtda üýtgeýän we hemişelik magnit meýdanlarynyň täsir etmekleri bilen düşündirilýär. Egerde ferromagnit materialyna diňe üýtgeýän magnit meýdany H dartgynlygy bilen täsir etse, onda onuň ýagdaýy simmetrik dinamik magnit sikli boýunça üýtgäp, B induksiýa ogrisi-sinusoidal däl, ýöne ol wagtyna görä simmetrikdir.

H üýtgeýän meýdanyna hemişelik magnit meýdanynyň H hemişelik dartgynlygy bilen goýulsa-simmetriýa bozulýar, B -wagt okuna görä simmetrikligini ýitirer, başgaça aýtsak bu gytagyň düzüminde jübit däl garmoniklar bilen ulylygy boýunça dartgynlygyň ýa-da hemişelik magnit meýdanynyň magnit induksiýasynyň ululygy barada aýtmak bolar.

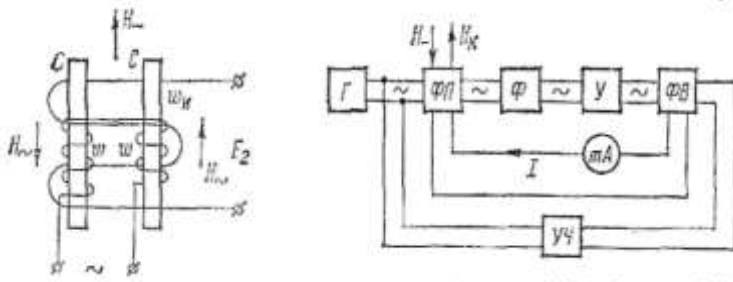
Differensial ferromodulýasiýa özgerdijisinde iki meňzeş C serdeçniginde (tegeginde) plastinalardan ýygňalan bir meňzeş oýandyryjy sarymy oralýar (W), özara gapma-garşy çatylyp üýtgeýän tok bilen iýmitlendirilýär. Özenleriň ikisini hem indikator sarymy W_i gurşap alýar. Hemişelik meýdan ýok bolsa indikator sarymyndaky EHG-nola deňdir, sebäbi W sarymlary tarapyndan döredilýän akym birdir we özara garşy-garşydyr. Egerde üýtgeýän H meýdanyna hemişelik H meýdany goýulsa, onda indikator sarymyň zajiminde EHG döreýär. Jübüt garmoniklerdäki EHG bir näçe ýakynlandyrma bilen hemişelik meýdanynyň düzüji goniçyzykly funksiýadyr, ol özgerdijiniň okuna paralleldir:

$$E_2 = KH; E_2 = K_1 B,$$

nirede E_2 - ikinji garmonigiň EHG-si;

K₁, K₂-özgerdiji koeffesiýentleri;
B- magnit induksiýasy.

Differensial



*Ferromodulýasiýa özgerdijili özgerdijisiniň iş tertibi
kompensasiýa abzalyňyň düzümi çatgysy.*

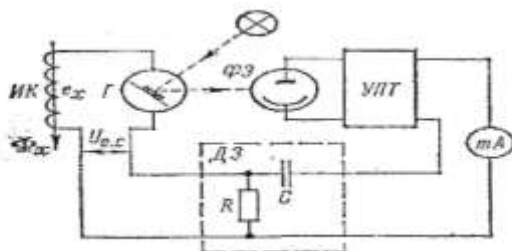
Bu abzallaryň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin kompensasiýa usuly ulanyp, olarda ölçenýän H meýdany oňa deň we ugry boýunça meýdany bilen kompensirlenýär.

Onuň düzümi çatgysyndaky ФП-differensial ferromodulýasiýa özgerdijisi; Г-generator; Ф-filtr; У-güýçlendiriji; ФВ-fazaduýgur göneldiji; Y4-ýyglylygy ikilendiriji.

Güýjenme f ýyglylygy generator Г ФП özgerdijiniň oýandyryjy sarymyna berilýär. Üýtgeýän H meýdanyna H hemişelik meýdany goýulsa sarymda EHG döreýär, Ф-filtriň üsti bilen ikinji garmonika У güýçlendirijä, ondan soň ФВ-fazaduýgur göneldijisine, milliampmetriň üsti bilen ФП özgerdijiniň kompensirleýji sarymyna berilýär. Döreýän magnit meýdany (H dartgynly) ölçenýän H meýdanyny kompensirleýär. Direk güýjenmesi generator Г У-tegegiň ýa-da magnitiň omy üýtgedip abzalyň görkezijisini islendik orunda goýmak bolar.

Ballistik galwanometri magnitelektrik webermetrini duýgurlylygy we ýokary takyklygy özüp geçýär. Ýöne ol graduirlenen abzal bolman magnit akymy boýunça C_f hemişeliginii her bir ýagdaý üçini aýratynlykda kesgitlemegi talap edýär.

Webermetr-elde görerilýän abzal, onlm şkalasy magnit akymynyň birligine graduirlenendir, ol ýönekeý, işde has amatlydyr



Fotogalwanometrik webermetriň çatgysy.

Bu abzalyň esasy kemçiligi has pes duýgurlylygy we az takyklygydyr. Suratda görkezilşi ýaly webermetr edil fotogalwanometr ters aýyrmak aragatnaşykly güýçlendiriji ýalydyr. ИК ölçeg tegeginiň sarymlary bilen ilişýän akymyň üýtgän wagty, onuň zazimlerinde EHG döreýär $e_x = -W_k \cdot d\Phi_x / dt$. Şol EHG-ň täsiri astynda ýokary duýgurlylygy magnitelektrik galwanometriniň Γ zynjyryndan tok akar galwanometriň hereketli bölegi aýlanar ol bolsa Φ ýagtylygyny üýtgeder bu fotoakymy üýtgeder. УПТ-фотоакым güýçlendirijiden soň ДЗ-дифференцирлеýji zwenosy arkaly ters aragatnaşyk güýjenmesine öwrülýär : $U_{oc} = K \cdot dl/dt$, ol bolsa ИК zynjyryna berilýär. Фотоакymyň üýtgemegi tä ters aragatnaşyk güýjenmesi U_{oc} çykyş lx signalyny deňagramlaşdyrýança dowam eder.

lx we Uoc deňap we olary magnit akymynyň üýtgeýän wagty integrirläp, alarys :

$$\Delta Y = W_k \Delta \Phi_x / k$$

nirede, dY-YИT çykyşdaky toguň ulalyşy (akymilteşmesiniň üýtgän wagty WkAOx).

Şeýlelikde Y boýunça Φ_x akymy barada aýtmak bolar. Milliampmetriň şkalasy derýä bölünendir (magnit akymynyň). Ähli seredilen abzallar-ballistik galwanometri, magnitelektrik we fotogalwanik webermetrleri-akymilteşmesini $AT=WkOx$ ölçäp, şonuň üçin magnitakymyny kesgitlemek üçin abzalyň görkezmesini ölçeg tegegininiň sarym sanyna bölmeli (Wk). Akymilteşmesini ölçäp magnit akymyny, magnit induksiýasyny we magnit meýdanynyň dartgynlygyny (wakuumdaky we howadaky) ölçemek bolar:

$$\Phi = \Psi / W_k; B = \Psi / (W_k * S_k); H = \Psi / (\mu_0 W_k S_k);$$

Birnäçegöýberilýän webermetrleriň esasy tehniki häsiýetnamalary: МП 19 görnüşli magnitelektrik mikrowebermetri; ölçeg çägi 10 mWb; getirilen ýalňyşlygy $\pm 1.0; \pm 2.5; \pm 4.0$; garşylygy baglylykda (10, 20, 30 Ot); Φ 191 görnüşli mikrowebermetri; 10 sany ölçeg çäkli 2+2000 mkWb çenli ýalňyşy $\pm (1.0 + 2.5)\%$; ýygylýk ikilendirijisiniň üsti bilen ΦB berilýär. Fazaduýgur göneldijisiniň çatgyda hökmanlylygyny. Şeýle düşündirmek bolar, ýagny ölçenýän meýdanyň ugry 180° üýtgäp biler, şonuň üçin kompensirleýji meýdanyň hem öz ugry üýtgemegi gerekdir.

Magnit materiallary we olaryň häsiýetnamalary barada esasy maglumatlar. Tehnikada has köp ýaýran ferromagnit

materiallary bolup, olara birnäçe metallar we splawlar (garyntgylar) we ferromagnit materiallary-ferritler, demir turşynyň esasyndaky, materiallar girýär. Ferromagnit materiallary ýokary magnit häsiýetlidir magnit syzdyryjylykly, doýgunly induksiýalydyr. Ferritler ýokary elektrik garşylyklydyr(10^6 - 10^{12} esse ferromagnit materiallaryňkydan köpdir). Magnit materiallary üç topara bölünýärler:-ýumşak magnitli-ýokary magnit syzdyryjylykly;- gatymagnitli-ýokary koersitiw güýçli (4 kA/m);-ýörite häsiýetli materiallar(ferromagnit we ş.m.);

Magnit materiallarynyň hemişelik magnit meýdanynda kesgitlenýän häsiýetnamasyna statiki häsiýetnama diýilýär. Üýtgeýän magnit meýdanynda kesgitlenýän häsiýetnama bolsa dinamiki häsiýetnama diýilýär.

Esasy statiki häsiýetnamazyna (magnit materiallaryň) magnitlenme gytagy (başdaky we esasy) we rygsat edilen simmetrik gisterezis halkasy girýär.

Başky magnitlenme gytagy-B magnit induksiýanyň H magnitlenen meýdanyň dartgynlygyna baglylygydyr. Esasy magnitlenme gytagy simmetrik-gisterezis halkasynyň depesiniň geometrik ýeri bolup, ol materialyň döwürleýin (sikli) ýañadan magnitlenmesi esasynda alynýar. Magnit induksiýasy we magnit meýdanyň dartgynlygy özara şeýle baglydyr:

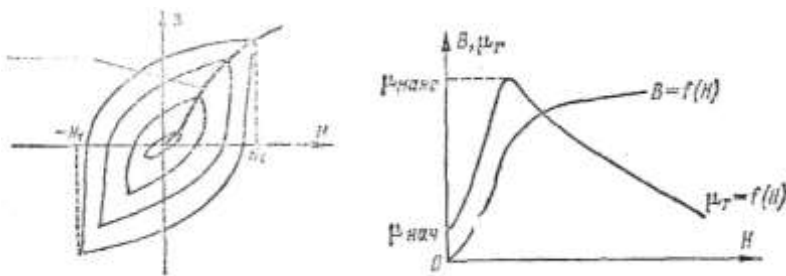
$$B=\mu_0\mu_r H$$

B- magnit induksiýasy;

H-magnit meýdanyň dartgynlygy;

μ_0 -manit hemişeligi;($\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}\text{Gn/m}$);

μ_r -materiallaryň otnositel magnit syzdyryjylygy;



Magnit materiallarynyň dinamik häsiýetnamalary statiki häsiýetnamalardan tapawudy materialyň diňe hiline bagly bolman, eýsem başga faktorlara-nusganyň şekiline we ululygyna, gytagyň şekiline we magnitlenme meýdanyň ýygylgyna we ş.m. baglydyr. Gysgaça aýdylanda şol häsiýetnama boýunça materialynyň listiniň galyňlygy, meýdanynyň ýygylgyny we ş.m. barada ýa-da umuman magnit materialy barada doly maglumat berýär.

Üýtgeýän magnit meýdanynda magnit materiallary magnitlenende has wajyp häsiýetnama holup, magnit syzdyryjylygynyň dürli görnüşleri gulluk edýär. Egerde dinamik halka ellips şekilinde bolsa, onda induksiýany we magnit meýdanyň dartgynlygy aşakdaky görnüşde:

$$B_t = B_m \sin(\omega t - \delta); H_t = H_m \sin \omega t$$

we kompleks magnit syzdyryjylygydiýen düşüňjani alarys:

$$\mu = B/(\mu_0 * H) = \mu_n * e^{(-j\delta)} = \mu_1 - j * \mu_2;$$

nirede μ_1 -maýysgak syzdyryjylygy; μ_2 -ýitginiň syzdyryjylygy.

Kompleks syzdyryjylygynyň moduly $\mu n = \sqrt{(\mu_1 + \mu_2)}$ -amplituda syzdyryjylygy diýilýär. Has wajyp häsiýetnamalaryň biri hem (dinamik) material magnitlenende ondaky ýitgidir. Egerde material üýtgeýän magnit meýdanynda magnitlenende bir näçe täsir ediji güýçler döreýär, meselem, tüweleý togunyň döremegi, magnit sepbeşinligi we başgalar döreýär. Bular maddanyň häsiýetnamasyny doly kesgitlemegi mümkinçilik bermeýär. Ýene bir takyk wajyp häsiýetnama bir wagtda magnitlendirmede-magnit syzdyryjylygydyr. Bu ýagdaýda iki sany magnit syzdyryjylygyny:

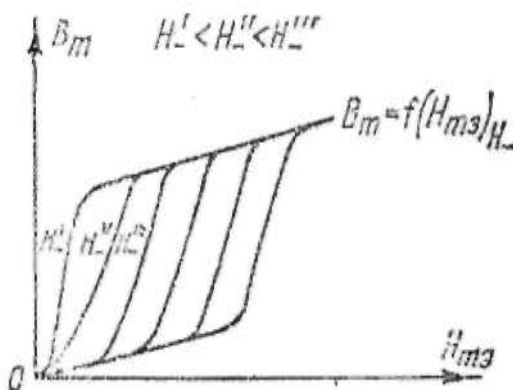
a)magnit meýdanyň düzüjiniň hemişeligi üçin

$\mu = B / (\mu_0 \cdot H)$ b)meýdanyň üýtgeýän düzüjisiniň

syzdyryjylygy $\mu = B / (\mu_0 \cdot H)$ μ -syzdyryjylygynyň B we H ululyklara baglylykda bir näçe görnüşi bolmagy mümkindir.

Orta syzdyryjylygy bolsa şeýle kesgitlenýär:

$$\mu_{\text{orta}} = B_m / (\mu_0 \cdot H_m)$$



Impuls magnitlenmesi reziminde esasy dinamik häsiýetnama aşakdaky zatlary girizmek bolar:

1. Impuls magnit syzdyryjylygy i_{imp} we onuň magnitlenýän meýdanyň has köp ulalmagyna bolan baglylygy.

$$\mu_{\text{imp}} = \Delta B_{\text{max}} / \Delta H_{\text{max}} = f_1(\Delta H_{\text{max}});$$

2. Magnitlenmäniň impulslygytagy- induksiýanyň iň uly Ösmeginiň magnit meýdanynyň dartgynlygynyň hasuly ösmegine baglylygydyr

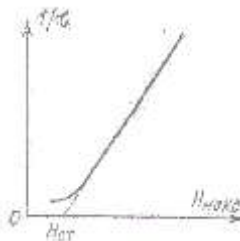
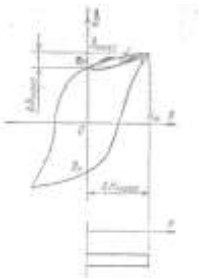
$$\Delta B_{\text{max}} = f_2(\Delta H_{\text{max}});$$

3. Ýañadan magnitlemedäki udel ýitgi we onuň magnit induksiýanyň iň uly üýtgemesine baglylygy:

$$p = f_3(\Delta B_{\text{max}});$$

4. Ýañadan magnitlenmäniň τ wagy we onuň meýdanyň amplitude magnitlenmesinden ýañadan magnitlenendäkisinebolan gatnaşygy:

$$1/\tau = f(H_{\text{max}});$$



Impuls magnitlenmesinde hususy Materialyň impuls häsiýetnamasy simmetrik däl dinamika sikli

5. Materialyň ýañadan çatylmakoeffisiýenti:

$$S_w = \int_0^{\tau} (H_m - H_{st}) dt;$$

Göniburçly impuls
üçin:

$$S_w = (H_{\max} - H_{st}) \cdot \tau.$$

6. Materialyň ýañadan magnitlenmesiniň
tizligi we onuň magnitlenýän meýdanyň
dartgynlygynyň
amplitudasynyň baglylygy:

$$dB/dt = f_5(H_{\max}).$$

Magnit materiallaryny synamak üçin nusgalar we
enjamlar.

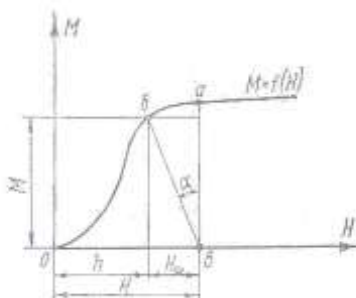
Ýapyk magnit zynjyryny synamak. Magnit materiallary
has tekiz, deň magnitlenen materiallarda, ýagny nusganyň dürli
kesiklerindäki induksiýa birmeňzeş bolan wagty synamaga
çalyşýar. Magnit zynjyry synag wagty açyk ýa-da ýapyk
bolmagy mümkindir. Ýapyk magnit zynjyrynda magnit
materiallaryny synagdan geçirmekligiň iň oňat şekili-halkadyr.
Halkaly nusgalaryň ululygy takyk, dogry alynanda bu ýagdaý
deň magnitlenmäni üpjün edýär. Magnitlendiriji we ölçeg
sarymlary halkanyň perimetri boýunça oralýar, şol bir wagtda
ölçeg sarymy bölünen ýa-da bir ýere üýşerlen, emma
magnitlendiriji sarymy bolsa hökmany suratda halkanyň ähli

Magnit

$$\Delta \Psi = B(\omega S)_H = \mu_0 H(\omega S)_H;$$

meýdanynyň H dartgynlygyny ölçemek üçin ýenede Holl
özgerdijili abzaldan peýdalanmak bolar. Orta meýdanlarynyň
permeametriniň gurluşy ýokardaky sagdaky suratda
gÖrkezeldir. Permeometr has göwreli agramly ýarmy 1-den,
elektrotehnik polatyndan taýarlanan we iki bölekden,

salazkalarda berkidilen we süýşüp bilýän gurluşdyr. Nusga 2 magnitleýji tegegiň içinde ýerleşdirilýär, iki sany ýarymýarmalary arkaly gysylýar. Dürli şekilli nusgalary ölçemek üçin permeametr ýörite polýus nakoneçnikleri bilen üpjün edilýär(5). Tegek 4 induktiwligi ölçemek üçin ulanylýar.



Yapyk magnit zynjyryndaky magnitlenmäni we magnitlendiriji meýdanyň

dartgynlygyny kesgitlemek.

Ýapyk magnit zynjyrynyň synalyşy barlanylşy).

Barlanjak materialdan ýasalan nusga, oňa saralan ölçeg sarymy Wb bilen magnit selenoidiň okunyň merkezine ýerleşdirilýär. Nusgadaky induksiýa Wb sarymy we ballistik galwanometr ýa-da webermetri arkaly kesgitlenilýär. Dartgynlyk h şeýle kesgitlenilýär:

$$h = H - H_0 = H - NM;$$

nirede, H-selenoidiň meýdany; H_0 magnitsizlendirýän meýdan;

N-magnitsizlendirme koefflisyenti; M-nusganyň magnitleranesi.

Suratda görinşi ýaly nusganyň magnit zynjyry ýapyk bolsa, onda onuň kömegi arkaly H dartgynlyk meýdanyndaky dartgynlyk şeýle kesgitlenilýär:

$$N = tg\alpha = H_0 / M;$$

Magnit materiallarynyň statik häsiýetnamalaryny kesgitlemek.

Kesgitlenjek häsiýetnamanyň görnüşine baglylykda talap edilýän takyklyk we eksperementiň şertinde dürli ölçegler we abzallar ulanar. Magnit materiallarynyň statik häsiýetnalary kesgitlemegiň iň ýaýrany induksiýa-impuls usulydyr.

Sebäbi $it_1 = -it_1 + T/2$ we $Ht_1 = it_1 \wedge \omega / l$ orta, onda

$$U_{l\text{orta}} = 2 * M * Rv_1 * f * it_1 / r_1 = 2 * m * R \gamma_1 * f * L_{\text{orta}} * Ht_1 / (R_1 * \omega).$$

Şeýlelikde güýjenmäniň ortaça ululugy magnitlendiriji meýdanyň dartgynlygynyň pursatdaky ululyga proporsiopnaldyr, W_2 woltmetriň görkezini şeýle kesgitlenýär.

$$t_1 + T/2$$

$$U_{2\text{orta}} = 1/T \int_{t_1}^{t_1 + T/2} U_2 dt; u_2 = C_2 * \frac{R\theta_1}{R_2}; I_2 = - \frac{Wb df}{dt};$$

Nirede I_2 -ölçeg sarymyndaky EHG;

R_2 - W_2 woltmetriň zynjyryndaky garşylyk;

RW_2 - W_2 -woltmetriň garşylygy.

$$U_{2\text{orta}} = -$$

$$Wb * RW_1 / (R_2 * T)$$

$$\int_{t_1}^{t_1 + T/2} df = -Wb RW_2 / (R_2 * t) * (ft_1 + \frac{T}{2} - ft_1);$$

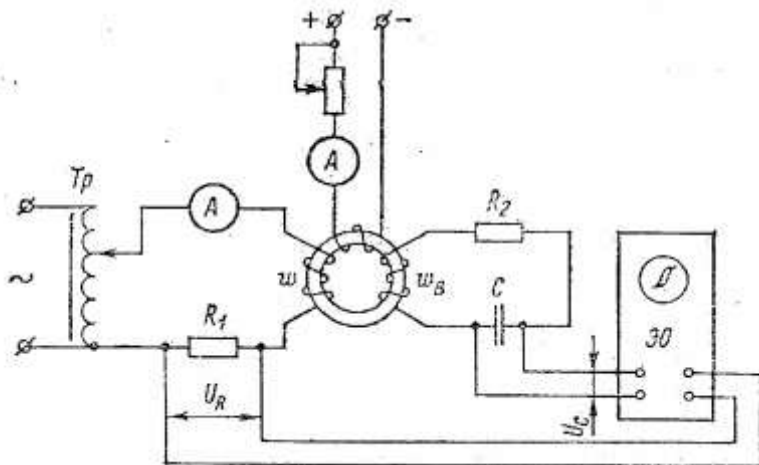
$Ft_1 = -ft_1 + T/2$ sebäpçiliginde

$$U_{2\text{orta}} = 2 * RW_2 * \omega b \wedge \text{snusga} * f_8 Bt_1 / R_2.$$

Şeýlelikde güýjenmäniň ortaça bahasy materialdaky induksiýasynyň pursatdaky ululygyna proporsionaldyr.

Ossilograf usuly.

Magnit materiallaryny barlamagyň has ýönekeý usulydyr. Ol gönüden-göni synlamaklygy, dinamik gytagyň suratyny almaklygy has giň ýygylýk çäginde üpjün edýär. Bu usulyň kemçiligi-pes takyklygy, ýalňyşlygy 10% çenli ýetýär.



Ossilograf usuly arkaly dinamik häsiýetnamany kesgitlemek.

Suratda elektron ossilografy bilen dinamik häsiýetnamany kesgitlemegiň çyzgysy görkezilendir. Ossi-lografyň plastinalaryna magnitlendiriji H meýdanyna we materialdaky B magnit induksiýasyna proporsional iki güýjenme berilýär. H dartgynlyk meýdanyna proporsional güýjenmäni almak üçin magnitlendiriji toguň zynjyryna R1 nusga rezistory çatylýar. $U_R = iR_1 = T_1 \cdot I_{orta} \cdot H_t / \omega$; $I_{orta} = \pi \cdot d_{orta}$; ω -magnitlendiriş sarymynyň sarym sany; H_1 -magnitlendiriş meýdanynyň pursatdaky ululygy; d_{orta} -nusganyň ortaça diametri.

Induksiýanyň üýtgemegi bilen galwanometriň hereket edýän böleginiň magnitlendiriji meýdanyň ugry üýtgedilendäki üýtgemesi

$$dB_1 = (+B_1) - (-B_1) = 2 \cdot B_1;$$

oňa laýyk magnit meýdanyň dartgynlygynyň üýtgemegi;

$$dH_1 = (-H_1) - (+H_1) = -2 \cdot H_1.$$

Ballistik galwanometriniň birinji uly bolmadyk gyşarmasy magnit akymynyň üýtgemegine proporsionaldyr. (Ol akym ölçeg tegeginiň hemişeligi)

$B_1 = C_f |B|^a I_m / 2WB^{\text{Sobr}}; H_1 = C_f \cdot \beta I_m / (2 \cdot \mu_0 (ws)^i);$
niredе, S nusga-nusganyň kesiginiň meýdany; (WS)h-meýdanyň ölçeg tegeginiň hemişeligi.

EDEBIÝATLAR

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
2. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumy milli “Galkynyş”

Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasy-nyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlisinde sözlän

1. sözi.Aşgabat ,2007.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow.Eserler ýygyndysy.1-nji tom.Aşgabat,2007.
3. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы –Киев: Вища школа,1986-558.с
4. Кукуш В.Д.Электрорадиоизмерения,1985.
5. Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин-М.:Высшая школа,1989.
6. Электрические измерения/Под ред.А.В.Фремке,Е.М.Душина
7. Л:Энергия,1980-389,
8. Демидова-Панферова Р.М.,Малиновский В.Н.,Солодов Ю.с.Задачи и примеры расчетов по электронно-измерительной техника-М.:Энергия, 1977-176.
9. Электрические измерения неэлектрических величин/Под ред.П.Б.Новицкого – М.:Энергия, 1975-576 с.
10. Илюкович А.М.Техника электрометрии-М.:Энергия,1976.
11. 11 .Спектор С.А.Измерение больших постоянных токов-Л.:Энергия,1978-132 с.
12. Нуберт Г.Н. Измерительные преобразователи неэлектрических величин-м.:Энергия,1970.

MAZMUNY

Giriş.	7
Ölçeg serişdeleri we usullary	9
Elektrik ululyklar we elektrik ululyklary ölçeyän abzallar	10

Sinosiodal däl elektrik signalyň umumy görkezijileri	13
Elektrik ululyklaryny ölçeýän enjamlar we ölçeğiň usullary. Ölçeg ýalňyşlyklary we olary düzetmek usullary	17
Bir gezek synlamadaky ölçeg netijesi we ýalňyşy	31
Hemişelik we üýtgeýän togyň awtomatik öwezidolduryjylary we köprileri	32
Hemişelik toguň öwezidolduryjy enjamlar	39
Üýtgeýän toguň öwezidolduryjy enjamlary	42
Elektron ölçeg serişdeleriň klassifikasiýasy.	47
Hemişelik we üýtgeýän togyň ölçeg abzallary. (woltmetrler, fazometrler, wattmetrler, ammetrler we ş.m.)	
Edebiýat lar	73