

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**M.Hajyýew**

# **ÝOKARY NAPRÝAŽENIÝANYŇ TEHNIKASY**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**M.Hajyýew, Ýokary naprýaženiýanyň tehnikasy.**

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

## SÖZBAŞY

Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryň 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 zaman milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýysly, edep- terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

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

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda, Beýik galkynyşlar we özgertmeler zamanasynda, biziň Garaşsyz, Baky Bitarap Türkmenistan döwletimiziň ykdysadyýeti, syýasaty, medeniýeti, ýaşaýyş durmuşy uly depginde özgerýär. Ýurdumyzyň iň bir ösüp barýan pudaklarynyň biri energetika pudagydyr. Ýagny täze elektrik stansiýalar, podstansiýalar guruldy we häzirki wagtda gurulýar. Onuň esasynda biziň gözəl paýtagtymyzy şeýlede

onuň etegindäki obalaryň ýşyklandyrylyşyny elektrik togy bilen doly üpjün etmäge mümkinçilik döredýär. Ol bolsa biziň ýurdymyzyň elektrik energiýasynyň has-da köpelmeginiň hem-de biziň at abraýymyzyň has-da ýokarlanmagyna itergi berer. Mundan başga hem energiýa üpjünçiliginiň ygtybarlygyny, durnuklylygyny ýokarlanmaga öz goşandyny goşar.

“Elektrik üpjünçiligi” hünäri boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanmyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

Hususy soraglardan energiýany ösdürmegiň häzirki zaman çeşmeleriniň, ýokary naprýaženiýeli ulgamlarynyň işleýşi, ulanylyşy, olary kämilleşdirmek baradaky meseleleri çözmäge mümkinçilik berýän talyplaryň nazary pikirlerini ösdürmek meselesi dersniň esasy bolup durýar.

## GIRIŞ

Ýokary naprãzeniýany öwrenmeklik adamzat jemgyýetinde zerur bolup durýar. Sebäbi häzirki zamanda islendik önümçiligi alsaň, ýokary naprãzeniýaly ulgamlaryň energiýasyndan peýdalanylýar. Ýokary naprãzeniýaly ulgamlary peýdalanmak üçin olaryň izolýasiýasy meselesini dogry çözmeklik zerur bolup durýar. Izolýasiýa meselesini dogry çözmek üçin birnäçe fiziki-himiki, matematiki, inžener-tehniki soraglary çözmeli bolýar. Şeýlelikde "Izolýasiýa derejesi" ululygy kesgitlenilýär. Şonuň esasynda nominal işçi naprãzeniýasy her bir ulgam üçin dogry kesgitlenýär. Netijede standart boýunça halkara ululykdaky naprãzeniýalar kesgitlenýär.

Biziň Garaşsyz Bitarap Türkmenistan döwletimizde hem halkara standartyna gabat gelýän ululykdaky naprãzeniýaly elektrik ulgamy peýdalanylýar: 10, 30, 35, 110, 220, 500 kW ulgamlarydyr. Dürli sebäplere görä ulgamlardaky naprãzeniýanyň artmagy ýa-da kemelmegi mümkin ol bolsa halkara ylalaşygyna görä 220 kW çenli  $\pm 15\%$ , 330±10%, 500 we ýokary naprãzeniýalar üçin 5% kabul edilýär.

Izolýasiýa üçin dürli materiallar peýdalanylýar: gaz, suwuk gaty we dürli çylşyrymly maddalar peýdalanylýar. Ýokary naprãzeniýanyň tehnika sapagynyň esasy wezipesi-şol materiallarda bolup geçýän hadysalary öwrenmekden, olary synagdan geçirmekden, elektrik ulgamlarynda tötänden ýüze çykýan aşa naprãzeniýalardan goramakdan, ol aşa naprãzeniýanyň ýüze çykmagynyň sebäbini öwrenmekden ybaratdyr. Izolýasiýalardan we izolýasion konstruksiýalardan edilýän talap: 1- İşçi naprãzeniýasy bilen işläp duran ulgamlary adaty iş ýagdaýyny saklamak; 2- Adaty ululykdaky iş naprãzeniýasy bolan ulgamlardan elektrik energiýasynyň ýitgisini şol bir ululykda saklamak (mümkin bolsa iň kiçi ululykda); 3- Adaty iş ýagdaýynda işgärleriň we enjamlaryň howpsyzlygyny üpjün etmeli; 4- Transport hereketini; janly-

jandarlaryň elektrik ulgamlarynyň aşagyndan geçende howpsyzlygyny üpjün etmeli; 5- Radio tolkunlaryň täsirinden özüniň esasy ululyklaryny üýtgetmän saklamaly we beýleki ulgamlara päsgel bermeli däl.

Dielektriklerde bolup geçýän hadysalary, olary synagdan geçmegi, synag üçin gerek bolan enjamlary, aşanapryýazheniýanyň ýüze çykmagyny, aşanaparyýazheniýadan goranmaklygy we oňa gerek enjamlary yzygiderlikde öwreneris.

# **1. GAZLARYŇ ELEKTRIK BERKLIĞI WE ZARÝADSYZLANMALAR**

## **1.1. Gazlardaky dürli görnüşli zarýadсыzlandyrmanyň umumy häsiýetlendirilişi**

Gaz halyndaky maddalar izoliýasiýa üçin elektroenergetika sistemasynda giňden peýdalanylýar (arassa howa ulgamlarynda, başga bir jisim bilen bilelikde köp ýerde). Atmosfera howasy peýdalanylýar, özem arzan, ulanmagam aňsat ýöne “Elektrik berkligi”(Електрически прочность) pes. Ýöne onuň basyşyny ýokarlandyrsaň elektrik berkligi artýar we önümçilikde şeýle halda giňden peýdalanylýar. Elektrik energiýasyny gaz aralygyna goýulanda belli bir derejä çenli elektrik toguny özünden geçirmeýär, emma goýulan naprýaženiýany ýokarlandyrsaň gaz malekulalary zarýadlanýar, soňra böwsülme emele gelýär, bu hadysa zarýadсыzlandyrma diýilýär, hadysa köp zatlar bagly: basyşa, temperatura, çyglylyga we ş.m. onuň özi hem dürli-dürli hem bolýar.

1). Ýylpyldaýan (tleyuşşıý) zarýadсыzlanma gazlaryň basyşynyň pes ýagdaýynda emele gelip iki elektrodyň arasyny doldurýar.

2). Uçgun (искра) zarýadсыzlandyrma ýokary basyşda we uly aralykda, ýagny  $PS \geq 10^3$  mm S·S·Sm şert ýerine ýetende emele gelýär. (P-gazyň basyşy, S-elektrodlaryň aralygy).

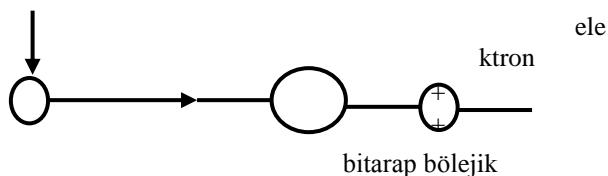
3). Duga görnüşli zarýadсыzlanma uçgun zarýadсыzlandyrmanyň dowamy bolup aralykdan geçýän tok ulalýar, gyzýar.

4). Täç görnüşli zarýadсыzlanma özboluşly zarýadсыzlanma bolup elektrodларыň ýanynda ýüze çykýar, aralykdan tok geçmeýär ýöne elektrik energiýasynyň ýitgisine getirýär.

## 1.2. Gazlary ionlaşdyrmakdaky esasy hadysalar (gazlary ionlaşdyrmaklygyň usullary)

Gazlar adaty şertlerde bitaraplyk ýagdaýyny saklap elektrik togyny geçirmeýärler, emma dürli ululyklaryň täsiri bilen olary ionlaşdyrmak (zarýadlandyrmak) bolýar. Ionlaşdyrmak hadysasy fizika kursyndan belli bolşy ýaly çylşyrymly hadysa bolup, häzirki öwrenýän dersimiz üçin ýönekeý, sada, ýagdaýlara seredip geçeris. Olar 4 bölege bölünýär:

1. Urgy esasynda ionlaşdyrmak eger-de boşlukda howada haýsy hem bolsa 1 m massaly bölejik (molekula, atom, ion, elektron) tizlik bilen hereket edýän bolsa,  $W$  kinetik energiýasyny toplaýar. Eger-de ol şol 1 gazyň ionlaşdyrmak energiýasyna deň ya-da uly bolsa ( $W \geq W_i$ ) onda bitarap bölejige baryp urulsa ionlaşmak hadysasy bolup geçýär. Yagny ol yerde hiç bolmanda 1 elektron bölünip çykyar we (+) ion emele gelýär. Şeýlelikde urgy esasynda gazlar ionlaşýarlar.



$W_i$  - gazyň ionlaşmak energiýasy ol bolsa edebiýatlardan alynýar.

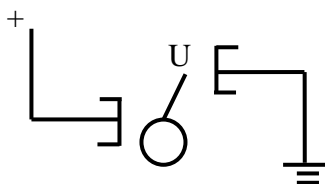
2. Ýylylygyň täsirinde ionlaşmak, adaty temperaturada bölejikleriň ýylylykdan edýän hereketiniň energiýasy gazlary ionlaşdyrmaga ýeterlik däl, şonuň üçin hem gazlaryň temperaturasyny ýokarlandyrsaň hereketiniň tizligi ýokarlanýar, şeýlelikde olaryň toplan energiýasyna görä şol gazyň ionlaşdyrmak hadysasy bolup geçýär.



( $W \geq W_i$ ) gazlaryň kinetiki teoriýasy esasynda ýylylygyň täsir edýän hereketinde toplan energiýasyny şeýle formula bilen tapyp bolar.

$$W = \frac{3}{2} Kt.$$

K-Bolsmanyň hemişeligi; T-gazyň absalýut tempreaturasy



3. Şöhleleri täsirinden ionlaşdyrmak (fotoionizasiýa) - gysga tolkun uzynlykly şöhleleriň täsirinden gazlaryň bölejikleriniň energiýasyny artdyrmak mümükin. Olaryň energiýasyny artdyrmaklygy gazlaryň ionlaşmagyna getirýär.

Bu hadysa fizika kursyndan Stoletewyň tejribeleri arkaly giňden öwrenilendir. Ýagtylyk şöhleleriň energiýasy, yzygiderli bolman olar belli bir ululykda bölüm-bölüm bolup ýaýraýarlar (hereket edýärler). Ol energiýanyň ululygy:

$$W = h \cdot \nu;$$

h-Plankyň hemişeligi;

$\nu$ -ýagtylyk energiýasynyň ýygylgygy şeýle kesgitlenýär:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}.$$

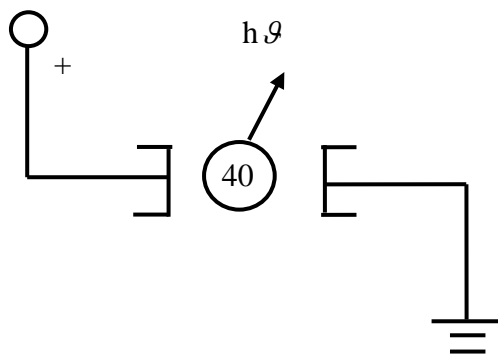
c- ýagtylyk şöhleleriniň tizligi;

$\lambda$  - ýagtylyk şöhleleriniň tolkun uzynlygy.

Netijede

$$W = h \frac{C}{\lambda}.$$

bolar, aňlatmadaky  $h.c$  ululyklar hemişelik bolup, energiýa diňe tolkun uzynlygy ( $\lambda$ ) bagly bolýar. Tolkun uzynlygy näçe kiçi bolsa ýagtylyk şöhleleriniň energiýasy şonça-da köp bolýar. Ionlaşmak wagtynda zarýadlaryň biri-biri bilen birleşip zarýadsyzlandyrmak hadysasy hem dowam edýär, muňa bolsa rekombinasiýa hadysasy diýilýär. Şol wagtda zarýadlanmak üçin sarp edilen energiýa ýagtylyk görnüşinde daşa goýberilýär. Muňa bolsa faton diýilýär.



4.Gaty jisimleriň üstündäki ionlaşdyrmak – eger-de elektrik togunyň ýa-da başga bir ýylylyk energiýasynyň kömegi bilen geçiriji materiallary gyzdysaň olaryň üstünden belli bir derejede elektronlar uçyp çykýarlar. Bu hadysa termanelektron emisiýasy diýilýär we ol Mitkewiç tarapyndan açylyp önümçilik elektronikasynyň başlangyjyny başlady. Bu hadysanyň ýerine ýetmegi üçin  $eE=W=A \geq W_i$ ;  $eU=A$  çykyş (ýerine ýetse) işi ýa-da energiýa; şol şert ýerne ýetse hadysa amala aşýar. Çykyş energiýa dürli materiallar üçin dürli-dürli: magniý mat. alýuminiý 2,8; mis 3,8; altyn 4,2 we ş.m.

### 1.3. Elektronlaryň urgusyndan ionlaşmaklygyň koeffisiýenti

Bilişimiz ýaly gazlary ionlaşdyrmagyň dürli usullary bolup, olaryň hiç birine peýdalanman goýlan naprýaženiýa artdyrmak bilen gaz bölejikleriniň hereketini çaltlandyrmak, tizligini ýokarlandyrmak bolýar. Diýeliň gaz halyna ýerleşdirilen 2 elektroda naprýaženiýa goýalyň, gaz halynyň kinetiki teoriýasynyň esasynda bölejikleriň erkin geçen ýolunyň orta uzynlygyny şeýle aňlatma bilen kesgitlenýär:

$$\lambda = \frac{1}{\pi(r_0 + r)^2 N}.$$

$\pi$ - hemişelik;

$r_0$ - seredilýän bölejigiň radiusy;

$r$ -  $1\text{sm}^3$  göwrümde ýerleşýän bölejikleriň radiusy;

$N$ - $1\text{sm}^3$  göwrümde ýerleşlän bölejikleň sany.

1. Eger-de seredilýän bölejik elektron bolsa  $r_0=r_e$  elektron  $r_e \ll r$  bolýar. Onda

$$\lambda_e = \frac{1}{\pi \cdot r^2 N}.$$

2. Eger-de seredilýän bölejik ion bolsa  $r_0=r_i$   $r_i \approx r$  şeýlelikde alarys:

$$\lambda_i = \frac{1}{4\pi \cdot r^2 N}.$$

Netijede  $\lambda_e = 4\lambda_i$  alarys.

Diýmek elektronyň şol bir wagtda geçýän ýoly ioniňkydan 4 esse köp. Şonyň üçin geljekde seredýän bölejiklerimizi elektron diýip kabul ederis.

$$\lambda = \frac{1}{\pi \cdot r^2 N}; \quad N = \frac{P}{KT};$$

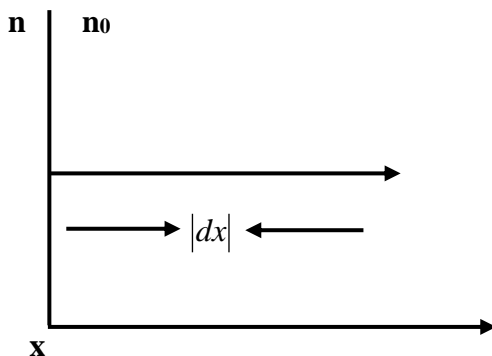
Elektronyň çylşyrymly hereketiniň geçen ýolunyň orta uzynlygy.

$$\frac{KT}{\pi r^2} = \frac{1}{A}; \quad \lambda = \frac{1}{AP}$$

Onuň ters ululygy çakyşmalaryň sanyny berýär.

$$\frac{1}{\lambda} = AP$$

geçen ýolunyň uzynlygyny başgaça şeýle kesgitläp bolýar:



Katotdan çykyp anoda tarap hereket edýärler. Katotdan  $n_0$  elektron uçyp çykdy: katotdan  $n_0$  elektron uçyp çykan bolsa we  $x$ -oky boýunça hereket edýän bolsa onda hiç bir päsgelçilige gabat gelmän, hereket edýän bölejikleriň sany- $n$  diýip bellesek onda belli bir aralykdaky çaknyşmalaryň sanyny şeýle kesgitläp bolar. Eger-de  $d_x$  aralykda çaknyşmalaryň sanyny hiç-bir päsgelçilige duş gelmän hereket edýän bölejikleriň sanyna deň diýip alsak  $-dn = n \frac{dx}{\lambda}$  ýazyp bileris.

Onda:

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = - \int_0^x \frac{dx}{\lambda}; \quad \ln \frac{n}{n_0} = - \frac{x}{\lambda};$$

alarys.

Şeýlelikde 
$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{x}{\lambda}};$$

Bu ýerde  $\frac{n}{n_0}$  ululyk katotdan uçyp çykan

elektronlaryň anoda çenli hiç bir çaknyşyga gabat gelmeýänleriniň sanynyň ähtimallygyny görkezýär,

$e^{-\frac{x}{\lambda}}$  — ululyk bolsa elektronlaryň erkin geçýän ýolunyň  $x$ -a ( $\lambda = x$ ) deňligini ýa-da  $\lambda > x$  uludygynyň ähtimaldygyny görkezýär. Umuman aýdanymyzda  $\lambda > 0$  dygyny subut edýär.

Ýokardaky aýdylanlary jemläp aralyk birligindäki çaknyşmalaryň sany üçin koeffisiýent girizip olaryň san bahasyny kesgitlemek bolar. Elektronlar üçin  $\alpha$ , ionlar üçin  $\beta$ .  $\alpha$  –birmeňzeş elektrik meýdanynda 1 sm aralykda elektrik meýdanyň güýç çyzyklarynyň ugruna bir elektronyň çaknyşyp

urup çykaran elektronlaryň sanyny aňladýar. Bu koeffisiýenti girizmekligi ilkinji gezek iňlis fizigi Toundsen maslahat berdi.

Eger-de elektrik meýdanynda elektron hereket edýän bolsa we  $x$  - aralygy geçen bolsa, onda elektronlaryň zaryadyny  $q$  we meýdanyň dartgynlygyny -  $E$  hasaba alsak onda toplan kinetik energiýasyny şeýle hasaplap bolar.

$$W = Eqx.$$

Eger-de  $W \geq W_i$  bolsa onda elektron beýleki bitarap bölejiklere urulyp başga bir elektrony urup çykarmaga mümkinçiligi bolýar. Onda  $E = \text{const}$ ;  $q = \text{const}$ ; bolany üçin energiýa  $W = f(x)$  bolar.

$$\text{Onda } Eqx_i \geq W_i.$$

bu ýerde  $x$  tapsak

$$x_i = \frac{W_i}{Eq} \quad \frac{W_i}{q} = U; \quad x_i \geq \frac{U_i}{E}$$

Ýokarda elektronyň geçen ýolunyň orta bahasyny, elektronlaryň çaknyşman anoda baranlaryň sanynyň ähtimallygyny we goýulan naprýaženiýa onuň geçen ýoluna baglylygyny anykladyk we olaryň esasynda ýazyp bileris:

$$\alpha = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x_i}{\lambda}} = A P e^{-\frac{U_i}{E} A P}; \quad U_i A = B.$$

Belläliň.

$$\alpha = A P e^{-\frac{BP}{E}};$$

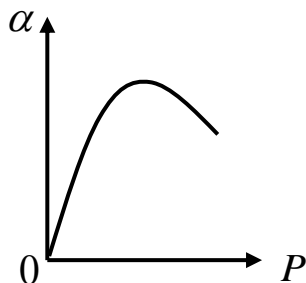
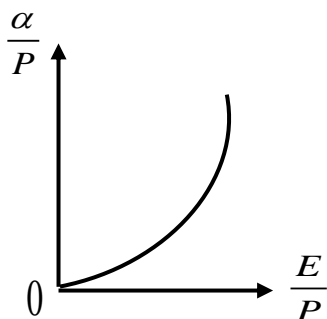
Elektronlaryň urgusyndan ionlaşmagyň koeffisiýenti.

Bu ýerde: A,B - hemişelik ululyklar bolup san bahalary edebiýatlardan alynýar. Alynan netije şu görnüşde ulanmaýar. Ýöne hasaplanyp alynan sanlar tejribede alynan sanlar bilen gabat gelýär.

Ony aňsat bolar ýaly şeýle görnüşde peýdalanýarlar;

$$\frac{\alpha}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right);$$

Şeýlelikde bu baglanşyk gaz görnüşdäki izolýasiýa materiallary öwrenmekde giňden peýdalanylýar. Hasaplamlaryň netijesinde gurulan baglanşyk şeýleräk bolýar.



Alynan netijeler elektronyň erkin geçen ýolunyň gazyň basyşa baglygyny görkezýär; basyş näçe köp bolsa elektronyň geçen ýolunyň uzynlygy kiçi bolýar. Şonuň üçin gazlaryň basyşyny- P näçe ulaltsak meýdanynyň dartgynlygyny- E hem

şonça köpeldip  $e^{-\frac{x}{\lambda}}$  durnukly bahasyny almak bolar.

Alynan esasy formulamyzy getirip çykarmak üçin birnäçe umumylyklary göz önünde tutyp:

1)  $W < W_i$ - bolanda elektron hereket etse-de ionizasiýa hadysasy bolup geçenok diýip aldyk, emma basgançakly

ionizasiýa hadysasy bolmagy mümkin; onuň üçin metostabilnyý ýagdaý ýerine ýetmegi mümkin (ýagny elektronýň ýaşayan wagty  $\tau \approx 10^{-2}$  bolmaly); bu ýagdaý hemme gazlarda ýüze çykmaýar.

2) Hereket edýän elektron başga bir bölejikler bilen çaknyşanda energiýasynyň hemmesine sarp edýär ( $W=0$ ) diýip kabul edýäris, hemme  $W \neq 0$  energiýa nula deň bolonok. Sebäbi, massa  $m \neq 0$ ;  $v_a \neq 0$  bolonok.

3) Elektronýň hereket edýän ugry elektrik meýdanyň güýç çyzyklaryna parallel diýip kabul etdik, emma elektron çylşyrymly hereketi ýerine ýetirýär.

Ýokarky görkezilen belliklere garamazdan alan netijämiz durmuşda giňden peýdalanylýar we tejribe üsti bilen subut edilýär.

Hasaplamak üçin şeýle ýönekeý görnüşi hem ulanylýar.

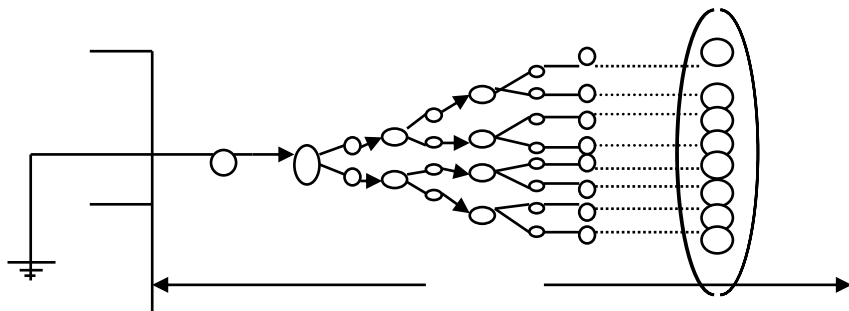
$$\alpha = a \left( \frac{E}{P} - b \right)^2;$$

a, b - Hemişelik sanlar. San bahalary edebiýatlardan alynýar.

#### 1.4. Elektronlaryň toplumynyň emele gelmegi

Goý iki elektrodyň arasynda hemişelik naprýaženiye goýulupdyr diýeliň, meýdanyň dartgynlygy  $E = \text{const}$  - galýar hem-de katotdan elektronlaryň uçyp çykmagyna ýeterlik şert döredýär. Onda, şeýle ýönekeý çyzgy çyzalyň:





Goý katotdan bir elektron uçyp çyksyn, ol neýtral bölejik bilen çaknyşyp bir elektrony urup çykarýar we özi hem diri galýar, olar neýtral bölejikler bilen çaknyşyp her haýsy bir elektron urup çykarýar. Olar hem neýtral bölejikler bilen çaknyşyp bir elektron urup çykarýarlar. Netijede 2, 4, 8 elektron emele gelip elektronlaryň soňky köpelmegi geometriki progresiýa boýunça bolup geçýär. Şeýlelik-de elektronlaryň birnäçesi anoda baryp ýetýärler we böwsülme emele gelýär. Elektronlaryň köplüginin anoda golaý ýerindäki sanyny meýdanyň dartgynlygynyň - E üýtgeýiş kanunlary belli bolsa we  $\alpha$  -ny hemişelik diýip alsak onda şeýle synanşyk bilen kesgitlemek bolar. Eger-de seredilýän elektronyň sany bir bolsa onda  $dx$  aralykda çaknyşmalaryň sany we emele gelen elektronlaryň sany  $\alpha dx$  bolar, eger-de  $n$ - elektron bolsa onda  $n\alpha dx$  bolar. Umumy ýagdaý üçin  $dn=n\alpha dx$ ;  $n$  we  $x$  -ň çäklerini goýup:

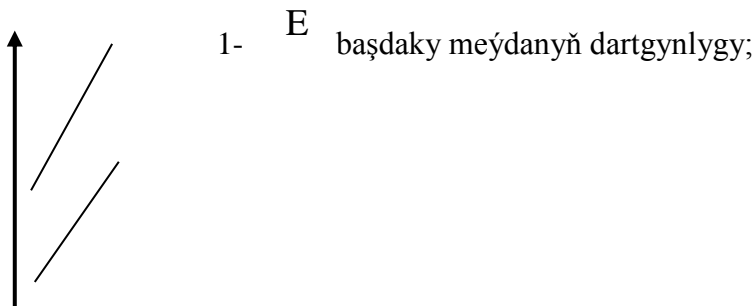
$$\int_1^n \frac{d_n}{n} = \int_0^x \alpha dx; \quad \ln n = \int_0^x \alpha dx.$$

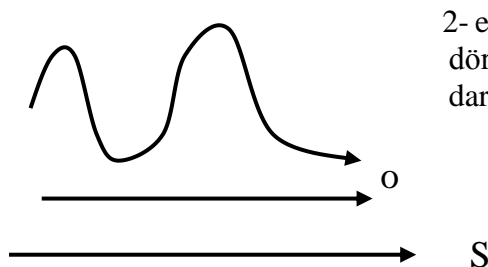
$$\text{onda } n = e^{\int_0^x \alpha dx}$$

Eger-de elektrodларыň arasyndaky meýdan hemişelik we birnäçe diýip kabul etsek  $n = e^{\alpha x}$  şeýle bolar.

Eger-de elektronyň geçen ýoly  $x$ , elektrodларыň arasyna deň bolsa  $x=S$  alarys.  $n=e^{\alpha S}$

Alynan netije elektronларыň sany elektron toplumynyň başynda näçe elektronyň barlygyny hasaplamak üçin durmuşda giňden peýdalanylýar. Anoda tarap hereket edýän elektronларыň ters ugruna hereket edýän ionlar (položitel) katota baryp urulanda, ýene-de birnäçe elektronlary urup çykarýarlar. Şeýlelik-de seredilip geçilen hadysa gaýtalanyp dowam edýär. Elektronларыň toplumynyň birnäçeleriniň geçmekligi iki elektrodyň arasynda kanal emele gelýär. Ol kanalyň emele gelmegi üçin şol ýerde ( $q^+$ ) elektronларыň sany deň bolmaly.  $q^+=q^-$ ; muňa plazma ýagdaýy diýilýär. Položitel we otrisatel zaryadlar biri-biri bilen birleşip neýtral molekulany emele getirýär we öňki sarp edilen energiýany fatonlar görnüşinde ( $h\cdot\nu$ ) daşa berilýär. Şeýlelik-de emele gelen inçejik kanala (strimer) zaryadly bölejiginiň öz töwereginde hususy elektrik meýdanyny döredýänligini fizika kursyndan bilýäris. Ol meýdanларыň toplумы elektrik meýdanynda öz täsirini görkezýär.





2- elektron toplumy  
dörändan soňky meýdanyň  
dartgynlygy.

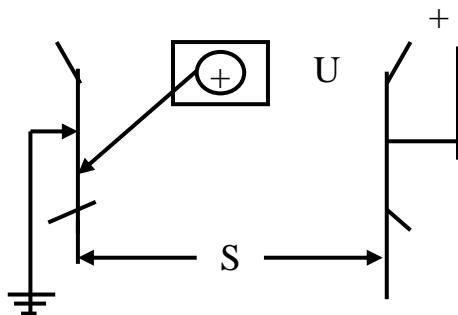
$E$  - birmeňzeş meýdan üçin meýdanyň dartgynlygy  
hemişelik bolmaly  $E = \text{const}$ .

Elektronlaryň toplumy emele gelende, zarýadly  
bölejikleriň meýdanlarynyň täsir etmegi bilen meýdanyň  
birmeňzeşligi bozulýar we seredilýän elektrik meýdanynyň  
elektrik berkligi peselip, kiçi naprýaženiýede zarýadsyzlanma  
bolup geçýär.

### 1.5. Özbaşdak zarýadsyzlanmagyň şerti

Zarýadsyzlanmak hadysasyny özbaşdak we özbaşdak däl  
topara bölýärler. Eger-de zarýadsyzlanma hadysasy diňe daşdan  
goýulan naprýaženiýanyň täsirinde amala aşsa onda oňa  
özbaşdak zarýadsyzlanma diýilýär.

Eger-de zarýadsyzlanma hadysasy goýulan naprýaženiýanyň we  
beýleki täsir edijileriň ( $T$ ,  $P$ ,  $h\nu$ ,  $\delta$  we ş.m.) täsiri netijesinde  
amala aşýan bolsa onda oňa özbaşdak däl zarýadsyzlanma  
diýilýär. Daşky täsir edijiler aýrylsa zarýadsyzlanma hadysasy  
togtaýar. Seljermek üçin şeýle çemeleşeliň.



Katoty položitel ion bilen bombalap katotdan bir elektron çykardyk. Ol elektron anoda tarap hereket edip ýolda ionizasiýa geçirip elektron köplüginä döredýär. Onuň sany  $e^{\alpha s}$  bolar;

Onuň yzynda emele gelen položitel ionlaryň sany  $(e^{\alpha s} - 1)$  bolar položitel ionyň, katota urulyp çykarylan elektronlaryň sanyny  $\gamma$ -koeffisiýent bilen belläliň we oňa üstki ionlaşma koeffisiýenti diýilýär. (2-nji gezek ionlaşma koeffisiýenti hem diýilýär.) Onda hemişelik meýdan üçin, pes basyş üçin özbaşdak zaryadsyzlanmagyň şertini şeýle ýazyp bileris:

$$\gamma(e^{\alpha s} - 1) \geq 1$$

Özbaşdak zaryadsyzlanma şertini şeýleräk hem düşündirmek bolar. Goý katotdan uçyp çykýan elektrodalaryň sany  $n_k$  bolsun; Daşky täsir edijileriň çykarylan elektronlaryň sany  $n_0$  bolsun, onda položitel ionlaryň uryp çykaran elektronyň sany  $n_k - n_0$  bolar. Katotdan anoda uçup baran elektronyň sany  $n_a$  bolsun, çaknyşyklaryň sany  $n_a - n_k$  bolar. Elektronlaryň  $1 \text{ sm}^2$  meýdandan 1 sekuntda uçýan we düşýän elektronlaryň sany üçin şeýle ýazyp bileris.

Onda:

$$n_k = n_0 + \gamma(n_a - n_k)$$

$$n_k = n_0 + \mathcal{M}_a - \mathcal{M}_k; \quad n_k + \mathcal{M}_k = n_0 + \mathcal{M}_a;$$

$$n_k(1 + \gamma) = n_0 + \mathcal{M}_a; \quad n_k = \frac{n_0 + \mathcal{M}_a}{1 + \gamma};$$

Anoda baryp ýetýän elektronlaryň sanyny  $n_a = n_k e^{\alpha_s}$  alarys we  $n_k$  bahasyny goýarys.

$$n_a = \frac{n_0 + \mathcal{M}_a}{1 + \gamma} \cdot e^{\alpha_s}; \quad n_a(1 + \gamma) = n_0 e^{\alpha_s} + \mathcal{M}_a e^{\alpha_s}; \quad n_a + \mathcal{M}_a - \mathcal{M}_a e^{\alpha_s} = n_0 e^{\alpha_s};$$

$$n_a = \frac{n_0 e^{\alpha_s}}{1 + \gamma - \gamma e^{\alpha_s}} = \frac{n_0 e^{\alpha_s}}{1 - \gamma(e^{\alpha_s} - 1)};$$

Eger-de elektrodalaryň hemme meýdanyny (Sq) bölejikleriň zarýadlaryny hasaba alyp deňligiň iki tarapyny (Sq) diýip alarys.

$$n_a Sq = n_0 Sq \frac{e^{\alpha_s}}{1 - \gamma(e^{\alpha_s} - 1)};$$

$$n_a Sq = I$$

Onda  $n_0 Sq = I_0$  berýär.

Şeýlelikde:

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha_s}}{1 - \gamma(e^{\alpha_s} - 1)} \quad \text{alarys.}$$

$e^{\alpha s} > 0$  hemişe nuldán uly. Eger-de  $\gamma(e^{\alpha s} - 1) = 1$  deň bolsa,

onda 
$$I = I_0 \frac{e^{\alpha s}}{1 - 1} \quad \text{bolar.}$$

Onda tok  $I = \infty$  elektrodyň arasynda gysga utgaşma emele gelýär. Zaryadсызланма hadysasy elektrik ulgamlaryň, gurnamalaryň, enjamlaryň we ş.m kadaly işlemekleri üçin zyýanly. Emma önümçilikde, durmuşda onuň tiz ýerine ýetmegini ulanylýan ýerleri hem köp bolýar.  $I = \frac{U}{R}$  ;

$IR = U$

### 1.6. Birmeňzeş elektrik meýdanynda zaryadlanmak naprýaženiýasy we onuň basyş baglylygy

Özbaşdak zaryadсызланмаň şerti basyşa baglylykda üýtgäp durýar. Ýöne öňki öz daşky görnüşini saklaýar. Hemişelik elektrik meýdanlary üçin ony ýönekeý görnüşde hem ýazmak bolýar. Umumy ýagdaýy üçin  $\gamma(e^{\alpha s} - 1) \geq 1$ ; ýazylýar. Hemişelik elektrik meýdan üçin  $\gamma e^{\alpha s} \approx 1$  peýdalanyp bolýar.

Onda:  $\alpha s \approx \ln \frac{1}{\gamma}$  ýazyp bileris. Hemişelik meýdany üçin

zaryadсызланма

naprýaženiýasyny hasaplamaga gerek bolan aňlatmany almak üçin geçen sapaklardaky aňlatmalardan peýdalanarys. Elektronlaryň urgusynda ionlaşmanyň koeffisiýenti

$$\alpha = APe^{-\frac{BP^*}{E}}.$$

Seredilýan meýdan hemişelik bolany üçin:  $E = \frac{U_0}{S}$  ýazarys; Elektrodalaryň arasyndaky dartgynlygy hemişelik diýip;  $U_0$  – başlangyç zarýadsyzlanma naprýaženiýasy diýip kabul ederis. Aňlatmany \* 2 tarapyny hem  $S$ -ululyga köpeldip alarys:

$$\alpha S = APS e^{-\frac{BP}{E}} = APS e^{-\frac{BPS}{U_0}} = \ln \frac{1}{\gamma};$$

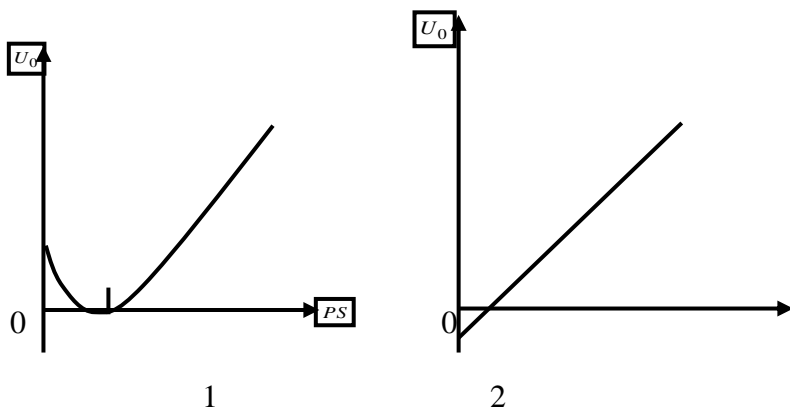
ulylygyň ýa-da bu logorifmler düzgüninden peýdalanyň

$$\ln APS - \ln \ln \frac{1}{\gamma} = \frac{BPS}{U_0}; \text{ ýa-da}$$

$$\ln \left[ \frac{APS}{\ln \frac{1}{\gamma}} \right] = \frac{BPS}{U_0};$$

$$U_0 = \frac{BPS}{\ln \left[ \frac{APS}{\ln \frac{1}{\gamma}} \right]};$$

Alynan netije (1) - aňlatma zarýadsyzlanma naprýaženiýasyny kesgitlemek üçin seýrek peýdalanylýar. Sebäbi tejribede alynan netijelerden köp tapawutlanýar. Ýöne Paşeniň ön tejribede alan netijelerini matematiki taýdan subut edýär, tassyklaýar. Paşeniň kanuny. Hemişelik temperaturada elektrik meýdanyň zarýadsyzlanma naprýaženiýasy gazlaryň basyşyny (P) elektronlaryň aralygyny (S) köpeltmek hasylynyň funksiýasydyr  $U_0 = f(PS)$ . Dogrudanam (PS) ululykdyr (1) - aňlatmada 2 gezek gatnaşýarlar, beýleki uluklar boýunça hemişelik sanlardyr. 1-nji aňlatma boýunça alynan netijeleriň grafiği şeýleräk bolýar.



Çyzgydan görnüşi ýaly naprýaženiýa ilki peselýär, soňra (PS) ululygynyň artmagy bilen köpeliýär. Emma hakykatda şeýle bolmaly.

Eger-de  $t^0$ -ň hemişelik diýip almasak ( $T \neq \text{const}$ ) onda elektronlaryň arasynda gazlaryň dykzlygy  $\delta \neq \text{const}$  bolmaz. Şeýlelikde başlangyç  $T_0$ ;  $P_0$  diýsek adaty ýagdaýdaky bahalaryny  $T_0 = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$ ,  $P_0 = 760 \text{ m.m.s.}$  s onda  $t^0$ -ň islendik bahasyny  $T$ ;  $P$  diýip;

$$\delta = \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{P}{T} = \frac{293}{760} \cdot \frac{P}{T} \approx 0,4 \frac{P}{T};$$

Şeýlelik-de islendik  $t^0$ -da gazlaryň, otnositel dykzlygyny kesgitläp bolar. Şeýlelikde (1) aňlatmany aşaky görnüşde ýazyp bileris:



$$U_0 = \frac{B(\delta S)}{\ln \left[ \frac{A(\delta S)}{\ln \frac{1}{\gamma}} \right]}; (2)$$

(2) aňlatmany göz önünde tutup Paşeniň kanunyny şeýle ýazyp bileris: Hemişelik elektrik meýdanyň başlangyç zarýadsyzlanma naprýaženiýasy gazlaryň otnositel dykzlygyny elektrodларыň aralygyna köpeltmek hasylynyň funksiýasydyr

$U_0=f(\delta s)$  2-ki beýleki ululyklar  $A$ ,  $B$ ,  $\gamma$ - hemişelik sanlardyr we bahalary edebiýatlardan alynýar.

Zarýadsyzlanma naprýaženiýasyny her bir aralyk üçin hemme şertleri göz önünde tutup howa liniýalaryň fazalarynyň aralygyny we faza bilen ýer aralygyny kesgitlemekde peýdalanylýar. Käbir halatlarda ýönekeýlik üçin  $\alpha S \approx (U_0)_{\min}$  kabul edýärler; ýa-da  $\alpha S \approx 230W$  kabul edip hasaplama geçirýärler.

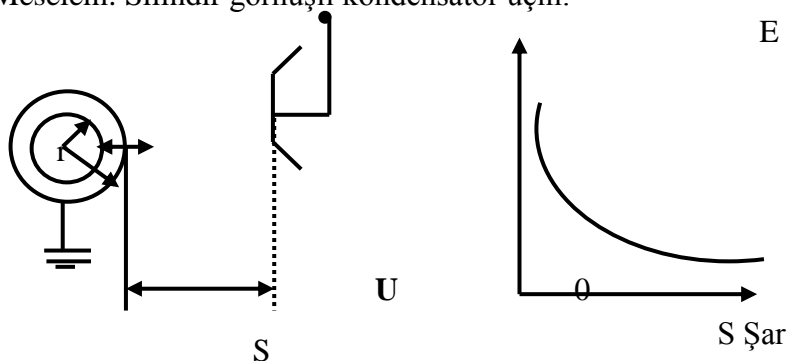
Has takyk hasaplamak talap edilen wagtynda

$$U_0 = \frac{B(\delta S)}{\ln \left[ \frac{A(\delta S)}{\ln \frac{1}{\gamma}} \right]}; (3)$$

(3) şeýle alynýar.

## 1.7. Birmeňzeş däl elektrik meýdanda zarýadsyzlanma naprýaženiýasynyň kanuna laýyklygy

Durmuşda elmydama hemişelik elektrik meýdany bilen iş çalyşman üýtgeýän elektrik meýdan bilen iş çalyşylýar. Ýöne üýtgeýän elektrik meýdany üçin zarýadlanma naprýaženiýasyny hasaplamaga gerekli aňlatmany almak başartmaýar. Şonuň üçin hem Paşeniň kanunlaryny umumylaşdyryp peýdalanmaly bolýar. Şonda-da aşa birmeňzeş däl meýdan üçin peýdalanyp bolmaýar. Gowşak birmeňzeş däl meýdan üçin başlangyç zarýadsyzlanma naprýaženiýasy gazlaryň otnositel dykzylygyny elektrotlaryň aralygyna (ýa-da beýleki bir geometriki ululygyna köpeltmek hasylyna, hemde beýleki geometriki ululyklarynyň elektrotlaryň aralygyna (ýa-da şol öňki geometriki ululyga) gatnaşygynyň funksiýasydyr. Meselem: Silindir görnüşli kondensator üçin:

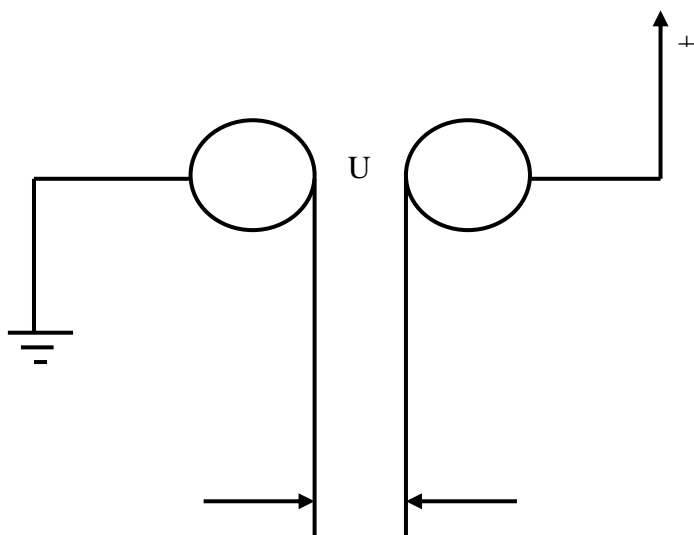


$$1) U_0 = f\left(\delta S, \frac{r}{S}, \frac{R}{S}\right);$$

$$2) U_0 = f\left(\delta r, \frac{R}{r}\right);$$

$$3) U_0 = f\left(\delta R, \frac{r}{R}\right);$$

Şar görnüşli elektrodlar üçin köp tejribeleriň netijesinde alymlar empiriki formulany hödürlediler. (tejribe işini geçirenimizde ol formulany peýdalanyp zarýadsyzlanma naprýaženiýasyny kesgitläris), şar görnüşli elektrodlar üçin şeýle formulanyň berilmeginiň sebäbi şar görnüşli elektrodlar ýokary, aşa ýokary naprýaženiýalary ölçemekde dünýä masştabynda giňden peýdalanýar.



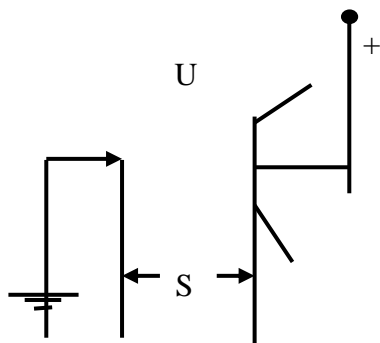
### 1.8. Dürli geometriki görnüşli elektrodlaryň arasynda uçgun zarýadsyzlanmak (Hemişelik we üýtgeýän toklarda naprýaženiýada)

Uçgun görnüşli zarýadsyzlanma elektrodlaryň arasynda gazlaryň basyşy ýokary bolsa, ýa-da elektrodlaryň aralygy ýeterlik uzyn bolsa, naprýaženiýanyň (toguň) çeşmesiniň kuwwaty ýeterlik bolsa gysga wagtda ýüze çykýar. Uçgun görnüşli zarýadsyzlanma gysga wagtda dowam etmek bilen

çeşmäniň kuwwaty ýeterlik bolsa duga görnüşli zarýadsyzlanma geçip bilýär.

Eger-de elektrodларыň arasynda meýdan birmeňzeş bolsa onda ýokary naprýaženiýada ýüze çykýar. Egerde meýdan aşa birmeňzeş däl bolsa meýdanyň dartgynlygynyň ýokary ýerinde tiz ýüze çykyp başlaýar. Meselem: elektrodlar çiş we ýasy görnüşde bolsalar şu hadysa tiz ýüze çykýar.

$$PS \geq 10^3 \text{ mm.s.s.sm.}$$



Hemişelik naprýaženiýadaky ýüze çykan uçgun görnüşli zarýadsyzlanmanyň kanunlary we kanuna laýyklyklary üýtgeýän, naprýaženiýanyň täsir ediş bahalaryna degişli däl. Ýöne zarýadsyzlanma naprýaženiýasy bir azyrak ýokary bolýar. Impuls naprýaženiýasy üçin ulanmak bolýar.

Uçgun görnüşli zarýadlanmak elektrodларыň polýarnostyna görä tiz we haýal ýüze çykyp bilýär. Eger-de çiş elektrody (+) polýarnosta eýe bolsa onda özbaşdak zarýadlanmanyň şerti tiz ýerine ýetýär.

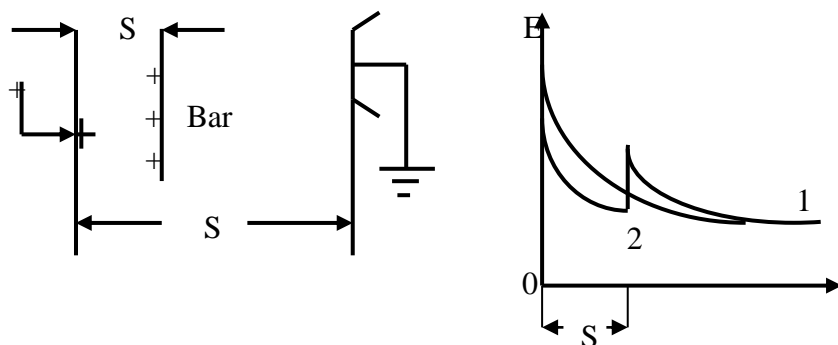
$$[\gamma(e^{\alpha s} - 1) \geq 1]$$

Eger-de tersine bolsa, onda ýokarky şert haýal ýerine ýetýär. Uçgun görnüşli zarýadlanma durmuşda köp duş gelýär.

## 1.9. Päsgelçilikleriň tutýan orny

Päsgelçilik diýip – tekiz ýa-da silindir görnüşli ýukajyk tok geçirmeýän materiala aýdylyp, ol howadan ýa-da (gazdan) ýagdan doldurulan göwrümde, (aralykda) elektrik meýdanyň berkligini ýokarlandyrmak üçin ýerleşdirilýär. Material özüniň elektrik berkligini şol bir ýagdaýda saklamaly we onda hiç hili maýdajyk deşijikler, ýa-da güberçekler bolmaly däl.

Päsgelçilik birmeňzeş meýdan-da goýulmaýar (peýdalanmaýar). Olary aşa birmeňzeş däl meýdanyň güýjenmesiniň ýokary ýerini peseltmek üçin düşündirilýär.



Elektrik meýdanyň dartgynlygy çiş elektrodyň golaýynda ýokary bolýar, ýasy elektroda süýşdigiçe eksponensial funksiýa boýunça peselip başlaýar. Çiş elektrotan uçup çykyp (+) ionlar päsgelçilige baryp geçip bilmän onuň üstünde ýerleşýärler. Bir ýasy elektrotan uçup çykan elektronlar gowşak meýdana düşüp haýal tizlik bilen päsgelçilige gidip birnäçesi geçip bilmän, päsgelçiligiň üstünde ýerleşýärler; birnäçesi bolsa howa-da belli bir bölejikler bilen birleşip ýok bolup gedýärler. Şeýlelik-de çiş elektrodyň ýanynda (+) ionlaryň köplüginin deňine gelip belli bir

elektronlar birleşip meýdany gowşadýarlar. Emma päsgeçilik iki tarapda hem zarýadlaryň üýşmegi bilen meýdanyň dartgynlygy ýokarlanýar. Aýdylanlary çyzgyda şeýle şekillendirip bolar.<sup>2</sup>

Netijede, meýdanyň dartgynlygy çiş elektrodyň ýanynda has peselýär,

$$\left[ \gamma(e^{\alpha s} - 1) \geq 1 \right] \text{ giç ýerine ýetýär.}$$

Durmuşda, önümçilikde, gaz (suwluk) halyndaky we gaty ýagdaýyndaky materiallary izolýasiýa gurluşygynda giňden peýdalanýarlar. (ýokary kuwwatly açarlarda we ş.m)

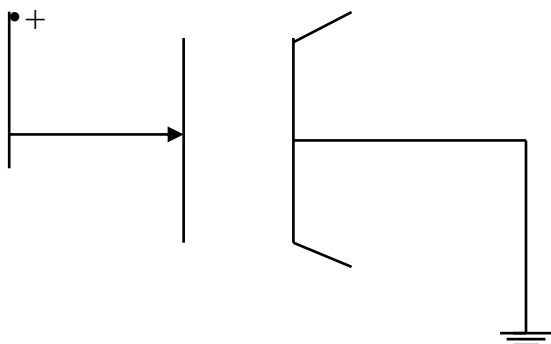
Päsgeçiligiň edýän täsiri onuň ýerleşişine baglydyr:

1.  $S_1 < \frac{1}{2} S$  boýunça iň ýokary täsir ediş ýagdaýy bolýar.

2  $S_1 > \frac{1}{2} S$  bolsa täsiri azalýar.

3  $S_1 = S$  bolsa onda hiç-hili täsir etmeýär.

4  $S_1 = 0$  bolsa elektrodyň polýarnostyna baglylykda täsiri ýüze çykýar.

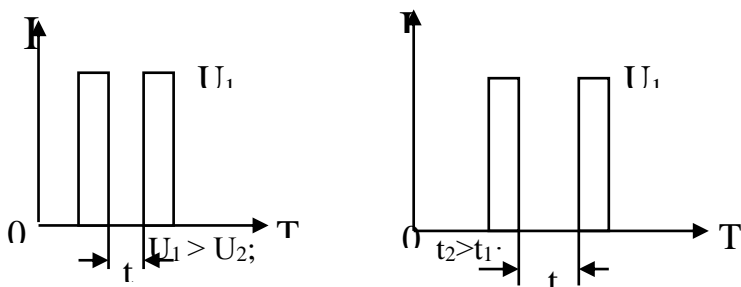


### 1.10. Hemişelik togunyň zynjyrynda täç görnüşli zarýadsyzlanma sebäpli energiýanyň ýitgisi

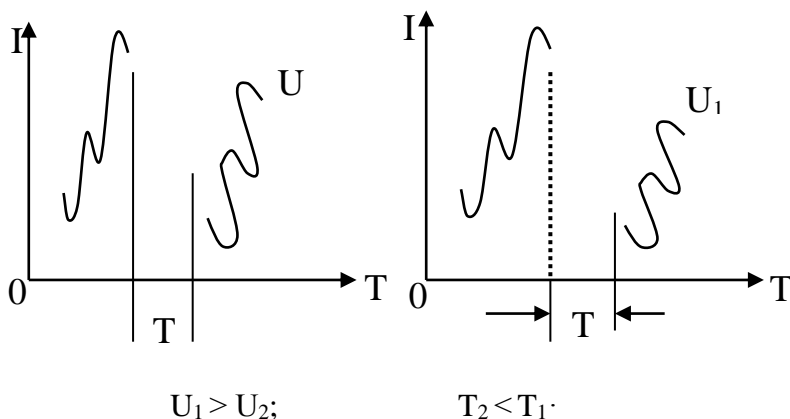
Täç görnüşli zarýadsyzlanma howadaky özboluşly zarýadsyzlanma bolup aşa birmeňzeş däl elektrik meýdanlaryna mahsusdyr. Ol elektrotlaryň ýanynda kiçijik göwrümde meýdanda ýüze çykýar goýulan naprýaženiýanyň artmagy bilen ulalyp uçgun zarýadsyzlanma geçýär. Täç görnüşli zarýadsyzlanma köp dürli bolýar: görünýän, görünmeýän, elektronlar ýa-da ionlar sebäpli; bipolar unipolyar we ş.m. Täç görnüşli zarýadsyzlanma elektrodalaryň ýanynda toplanyp rekombinasiýa geçen wagtynda görünýär. Sebäbi öňki sarp edilen energiýa fatonlar görnüşinde ( $h\nu$ ) daşa berilýär. Täç görnüşli zarýadsyzlanmany öwrenmek iňňe bilen ýasy elektrodyň aralygyndaky bolup geçýän hadysa görä alynyp barylýar. Iňňe bilen uýy çiş simler peýdalanylýar biliner.

Täç görnüşli esasy görkezijileriniň biri wolt - amper häsiýetnamasydyr:

$I_t = f(U)$  Täç zarýadsyzlanmasynyň togyny ölçenen wagtynda onuň ossilografdaky şekili şeýle bolýar.



Eger-de elektrodyň polýarnystyny çalşyrsak onda ossolografda şeýle şekili alýarys.



Şeýlelikde goýulan naprýaženiýany artdyrsak täç görnüşli zarýadsyzlanmanyň togy ösýär. Bilişimiz ýaly iki elektrodyň arasyndan tok geçmeýär. Emma elektrodyň ýanyndaky toplanan zarýadlar howadaky bölejikler bilen birleşip öz boluşly tok ýüze çykarýarlar. Ol bolsa energiýanyň ýitmekligine getirýär. Energiýanyň ýitgisini hasaplamak üçin analitiki formula ýok.



Sebäbi täç görnüşli zarýadsyzlanmagyň ýüze çykmagy üçin durnuksyz (kritiçiskiý) meýdanyň dartgynlyk bahasy elektronlara we olaryň ýerleşýän meýdanyna baglydyr. Meselem: howada ýerleşen:

1. Silindir bilen simiň arasynda meýdanyň dartgynlygy:

$$E_d = 31\delta \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right).$$

$$U_d = E_d r \ln \frac{R}{r_0}.$$

2. Sim bilen simiň aralygyndaky:

$$E_d = 29.2\delta \left( 1 + \frac{0.308}{\sqrt{\delta r}} \right).$$

$$U_d = E_d r_1 \ln \frac{S}{r}.$$

δ - howanyň otnositel dykyzlygy.

r - silindir bilen simiň aralygy

r<sub>0</sub>, R- degişlilikde silindiriň içki we daşky radiuslary.

S - iki simiň aralygy

r<sub>1</sub> - simleriň radiusy.

Belli bir obýektirler üçin şeýle aňlatmalar edebiýatlardan alynýar. Elektrik energiýanyň ýitgisini hasaplamak üçin Puassonyň silindr üçin silindir kordinatalarda deňlemesini ýönekeýleşdirip peýdalanýarlar. Onda:

$$di \mathcal{E} = \frac{dE}{dr} + \frac{E}{r} = \frac{1}{r} \cdot \frac{d(Er)}{dr} = \frac{\rho}{\varepsilon};$$

Bu ýerde:  $\varepsilon$  -elektriginiň ýerleşýän göwrümindäki jisimiň otnositel dielektrik syzyjylygy.

$\rho$  - göwrümdäki zarýadlaryň paýlanşynyň ähtimallygy, tejribe üsti bilen takyk bahasyny kesgitlemek başardanok. Şonuň üçin umumy fiziki garaýyşlar esasynda kabul edýärler. Häzirki ýagdaý üçin meýdanyň dartgynlygyny :

$$E = \frac{U}{R \ln \frac{R}{r}} \cdot \quad \text{tapyp bolar.}$$

Egerde  $\rho = \text{const}$  we kiçi diýip hasaplasak  $E_r = \text{const}$  bolsa toklaryň üznüksizlik nazary nukdaýyndan ugur alsak, onda toguň ululygyny silindiriň içki radiusy boýunça

$$I_r = 2\pi r \rho \mathcal{E}.$$

$$K = \frac{U}{E}; \quad \mathcal{E} = K \cdot E.$$

$\mathcal{E}$  -ionlaryň tizligi

$K$  -ionlaryň hereketiniň ukyplylygy.

Şeýlelikde  $I_r = 2 \pi r \rho K E$  alarys.

Ýokarky ýagdaýlary göz önünde tutyp Puassonyň deňlemesini integririläp alarys.

$$\int_{E_d r_0}^{Er} d(Er) = \int_{r_0}^r \frac{\rho}{\varepsilon} r dr;$$

$$Er - E_d r_0 = \frac{P}{2\varepsilon} (r^2 - r_0^2)$$

$$E = E_d \frac{r_0}{r} + \frac{P}{2\varepsilon} \left( r - \frac{r_0^2}{r} \right)$$

naprýaňeniýany kanunlaryndan peýdalanyp

$$U = \int_{r_0}^R E dr \quad \text{ýazyp bileris}$$

$$U = \int_{r_0}^R E_d \frac{r_0}{r} dr + \int_{r_0}^R \frac{P}{2\varepsilon} \left( r - \frac{r_0^2}{r} \right) dr$$

Eger-de  $R > r_0$ ,  $R^2 \gg r_0^2$  göz öňünde tutup alarys.

$$U = E_d r_0 + \frac{P}{4\varepsilon} R^2; \quad U = E_d r_0 \ln \frac{R}{r_0} + \frac{P}{4\varepsilon} \cdot R^2$$

Bu ýerde  $E dr_0 \ln \frac{R}{r} = U_0$  bolýar

$$U = U_0 + \frac{P}{4\varepsilon} R^2$$

$$p = \frac{4\varepsilon}{R^2}(U - U_0)$$

Toguň ululygyny silindiriň daşgy radiusy boýunça

$$I_R = 2\pi R \rho K E_R; \quad E_R = \frac{U}{R \ln \frac{R}{r_0}};$$

$\rho$  -ň we  $E_R$ -iň bahalaryny ýerine goýup alarys

$$I_R = 2\pi R K \cdot \frac{4\varepsilon}{R^2}(U - U_0) \cdot \frac{U}{R \ln \frac{R}{r_0}};$$

$$I_R = \frac{8\pi K \varepsilon}{R^2 \ln \frac{R}{r_0}} \cdot U(U - U_0)$$

Bu ýerde :

$$\frac{8\pi K \varepsilon}{R^2 \ln \frac{R}{r_0}} = A = const$$

Ululyklaryň hemmesi berlen seredilýän ýagdaý üçin const-dyr. Onda toguň ululygy  $I_R = AU(U - U_0)$ ; Bilişimiz ýaly hemişelik tok güýjüniň kuwwaty kesgitlenýär.

$$P = AU^2(U - U_0)$$

Alynan netije hemişelik togunyň zynjyrynda täç görnüşinde zaryadsyzlanma sebäpli elektrik energiýasynyň ýitgisini hasaplamak üçin peýdalanýar. Goýberilen köp sanly sählikler garamazdan tejribede alynan netijeleri bilen golaý gelýär. Şeýlelikde uzynlyk birligindäki elektrik energiýasynyň

ýitgisi hasaplanyp ulgamyň umumy uzynlygyndaky ýitgi kesgitlenilýär.

Täç togunyň zynjyrdaky täç-görnüşli zarýatsyzlanma sebäpli ýitirilýän kuwwat aktiw kuwwatydyr.

### **1.11. Üýtgeýän toguň zynjyrynda täç görnüşli zarýadsyzlanma sebäpli ýitgini hasaplamak**

Üýtgeýän toguň zynjyrynda ýitýän kuwwaty energiýany hasaplamak işini her faza üçin aýratynlykda alyp barmaklygy şol ugurdan işleýän alymlar-işgärler maslahat berýärler, sebäbi täç görnüşli zarýadsyzlanma wagtynda zarýadlar bir fazadan beýleki faza baryp ýetmeýärler.

Onda:

$$P = \int_0^T U i dt; \quad \text{tapyp bolar.}$$

Bu ýerde:  $U$ ;  $i$  -degişlilikde naprýaženiýanyň we toguň pursatlaýyn bahalarydyr. Eger-de zarýadlary hasaba alsak

$$P = \phi q d d;$$

$q$ -zarýadlardyr.

Eger-de täç görnüşli zarýadsyzlanmanyň Wolt-Klon [ $U=f(q)$ ] häsiýetnamasyny gurup bolsa onda onuň meýdanyny ölçäp ýitginiň mukdaryny kesgitlemek mümkin. Emma bu iş hemeşe başartmaýar.

Ýokary woltly üýtgeýän toguň energiýasy ulanyp başlanany bäri bu ýitgini kesgitlemegiň zerurlygy ýüze çykýar. Ýöne analitiki subut edilip çykaralan we hödürlenen formula, aňlatma häzire çenli ýok. Ýöne köp alymlar, inženerler birnäçe empiriki formulalary hödürlediler we häzire çenli hem olar ulanylýar.

Pik şeýle formulany hödürledi:

$$P = \frac{241}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r_0}{S}} (U_f + U_0)^2 \cdot 10^{-5}.$$

$\delta$  -howanyň otnositel çyglygy.

$f$ - goýulan naprýaženiýanyň ýyglygy.

$r_0$ - simleriň radiusy.

$S$ -2 simleriň aralygy (fazalaryň aralygy)

$U_f$ - faza naprýaženiýasy.

$U_0$ -durnuksyz naprýaženiýa golaý bolan ululykdaky naprýaženiýa bolup ol şeýle formula bilen tapylýar.

$$U_0 \geq 1,2 \delta \cdot r_0 \cdot \ln \frac{r_0}{S} m_1 \cdot m_2;$$

bu ýerde:  $m_1=0,85.....0,94$ -çenli fazadaky simleriň üstüniň ýylmanaklygy, tekizligi.

$m_2=0,80.....1.0$ -çenli howanyň üýtgemesini hasaba alýan koefisiýenti.

Pikiň formulasy ulgamdaky naprýaženiýa ululy 110 kW–a çenli boýunça tejribedäki alynan ululyklar bilen gabat gelýär. Emma ondan ýokarky naprýaženiýalar üçin ýalňys netijäni berýär. Ýokary naprýaženiýalar üçin Maýr şeýle formulany hödürleýär.

$$P = n K r_0^2 f E_{ek} (E_{ek} - E_d) \cdot \left( 2,3 \frac{1350}{\sqrt{r_0 f}} E_{ek} - 1 \right) \cdot 10^{-5};$$

bu ýerde:  $n$ -fazadaky simleriň sany.

$k$ -howanyň ýagdaýyny hasaba alýan koefisiýenti.

$E_{ek}$  – ekwawalent meýdanynyň dartgynlygyny görkezýän ululyk. Ol şeýle aňladylýar.

$$E_{ek} = \frac{E_{\max} + E_{ort}}{2};$$

Ed-meýdanynyň dartgynlygynyň durnuksyz bahalary bolup, şu ululygyň derejesini ulagamda täç görnüşli zarýadsyzlanma ýüze çykýar.

Maýryn hödürleýän formulasynda berilýän koefisiýentleriň, ululyklaryň kábiri tejribe arkaly kesgitlenilýär. Meselem: howanyň ýagdaýyny görkezýän

(K→1)Adaty howa üçin K=44we E= 17 kW / sm.

2) Ýaramaz howa üçin K= 31,5 we Ed=11kw/sm kabul edilýär. Şeýle şertleri ýerine ýetirýän ýagdaýlar üçin islendik ululykdaky naprýaženiýaly ulgamlarda hasaplasaň tejribedäki alynan netijeleri bilen gabat gelýär. Emma beýleki ýagdaýlar üçin gabat gelmeýär. Şonuň üçin giň masştapda peýdalanmaýar. Islendik ýagdaý üçin, islendik ulgam üçin takyk hasaplamak üçin gerek bolanda howa ýagdaýyny hasaba alýan gullugy, alynan netijeler bilen belli bir wagt üçin, şerti üçin aýratynlykda hasaplap soňuny jemleýärler.Olaryň jemleýji formulasy

$$P=n^2 r_0^2 (P_g \cdot t_g + P_{q \cdot h} \cdot t_{q \cdot h} + P_{gor} \cdot t_{gor} + P_{dür} \cdot t_{dür} ) \cdot$$

P-şol wagtdaky ýitgiler  
t-wagty

Formula tejribede alynan netijeler bilen gabat gelýär. Köp zähmeti talap edýär. Ylmy iş bilen meşgul bolýan işgärler köp ulanýar.

Soňky wagtlarda Zaleskiý şeýle formulany ulanmagy maslahat berýär:

$$P = \frac{2,22 \left( 1 + \frac{6000}{D} \right) (f + 25)}{\ln \sqrt{\frac{rE}{f}}} \cdot (U_f - U_0)^2 \cdot 10^{-4}$$

Egerde täç görnüşli zarýadsyzlanmagyň ýüze çykyşynyň tebigatyny göz önünde tutsak: görünýän, görünmeýän, köpçülikleýin, 1 elektrot, 2 elektrot we ş.m ýagdaýlar göz önüne tutsaň meýdanyň dartgynlygynyň durnuksyz bahasy özüne mahsus formulalar bilen kesgitlenýär:

$$(E \rightarrow Ed); \quad Ed = 21,2 \delta \ln \frac{S}{r_0} \cdot m_1$$

Üýtgeýän toguň zynjyrynda, ulgamlarynda täç görnüşli zarýadsyzlanma ýitýän energiýany hasaba alynyp ölçemek we ony azaltmak üçin yzygiderli iş alyp barýan toparlar bar. Ol barada ýörite edebiýatlar ýazylyr. Ýitirilen energiýa aktiv energiýadyr.

### **1.12. Tok geçiriji simleriň diametrini kesgitlemegiň praktiki çemeleşilmeği. Işilen simleri peýdalanmak**

Täç görnüşli zarýadsyzlanma sebäpli ýitirilýän energiýany azaltmak üçin ol ugurdan işleýän işgärler ulgamdaky simleriň diametrini ulaltmaklygy maslahat berýärler. Önünden hasaplama işlerini has amatly, iň gowy howa şertleri üçin geçirýärler. Onda şeýle aňlatmany peýdalanyp (iň kiçi) siminiň kiçi diametrini tapalyň: şertimize görä  $\delta = 1$ ;  $m_1 = 0,94$ ;  $m_2 = 1$ ;

$$U_0 = 21,2 \delta r_0 \ln m_1 m_2 ;$$



$$\ln \frac{r_0}{S} \approx 6.5; \quad r_0 = \frac{d}{2}; \quad U_0 \approx U_f$$

$$U_f = 21,2 \cdot 1 \cdot \frac{d}{2} \cdot 6.5 \cdot 0.94 \cdot 1; \quad U_f \approx 110 \frac{d}{2};$$

Onda

$$U_f \frac{U_l}{\sqrt{3}} = \frac{1.1U_n}{\sqrt{3}}; \quad \frac{1.1U_n}{\sqrt{3}} \approx \frac{d}{2} \cdot 1.1 \cdot 10^2; \quad d \approx \frac{1.1U_n \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 1.1 \cdot 10^2} = -\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-2} U_n$$

Onda

$$d_{\min} \approx 1.15 \cdot 10^{-2} U_n \cdot \quad U_n = 110 kW \quad \text{üçin} \cdot$$

Simleriň iň kiçi diametrini saýlap almak üçin alan netijämizi barlap göreliň:

$$d_{\min} \approx 1.15 \cdot 10^{-2} \cdot 1.10^2; \quad d_{\min} \approx 126 \text{ sm}$$

$$U_n = 500 \text{ kw}; d_{\min} \approx 5,75 \text{ sm} \approx 6 \text{ sm}$$

Alynan netije nominal naprýaženiýasy 110 kw –çenli bolan ulgamlar üçin simleriň diametrini saýlap almaklyga peýdalansak bolar. Emma ondan ýokary naprýaženiýaly ulgamlar üçin bolmaýar. Şonuň üçinem 1911-ýylda Mitkewiç işilen simleri peýdalanmaklygy maslahat berdi:

$$E_{ort} = \frac{U_f}{nr_0 \ln \frac{S}{\sqrt{r_0 D}}}$$

Onuň meýdanyny tapmak üçin şu formulany hödürleýär.

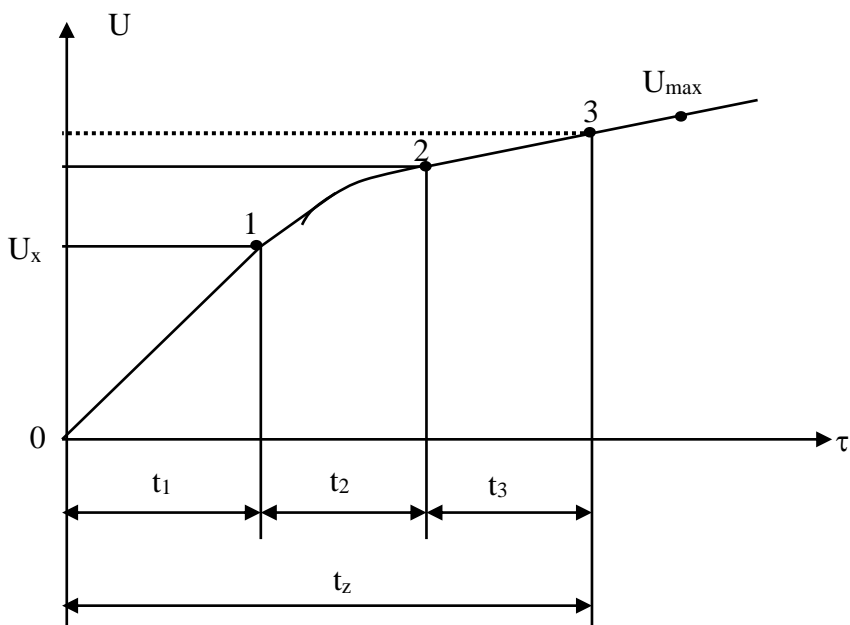
D-işilen simleriň özara aralygy.

$$E_{\min} = E_{ort} \left( 1 - \frac{2r_0}{D} \right)$$

$$E_{\max} = E_{ort} \left( 1 + \frac{2r_0}{D} \right) \quad \text{tapylýar.}$$

### 1.13. Zarýadsyzlanmagyň wagta baglylygy

Zarýadsyzlanmak hadysasy köp dürli bolup olaryň tebigaty örän çylşyrymlydyr. Şonuň üçin zarýadlanmagyň wagta baglydygyny umumy görnüşde şeýle ýönekeý mysalda serederis. Diýeliň, goý gaz halyndaky aralyga naprýaženiýa goýulypdyr. Ol 0 bahadan belli bir tizlik bilen artyp max ululygyna ýetýär. Soňra ol şol durşyna galýar.



$$\tau_z = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3;$$

1-nji nokada naprýaženiýe başlangyç zarýadlanma bahasyna ýetýär. Emma zarýadsyzlanma bolup geçmeýär. Hatda başlanmaýar. Sebäbi aralykda zarýadly bölejik emele gelip ýetişmeýärler. Onuň üçin garaşmaly bolýar.

2-nji nokada çenli aralykda zarýadly bölejikler, emele geldi diýeliň. Emma ýene-de zarýadsyzlanma hadysasy bolup geçmeýär. Sebäbi zarýadsyzlanma hadysasy emele gelip ýetmeýär (formirlenmeýär). Emele gelmek üçin belli bir wagt gerek bolýar.

3-nji nokada ýetende zarýadsyzlanma bolup geçýär.

Zarýadsyzlanmak hadysasy wagta bagly bolup, 3 bölege bölünýär:

$\tau_1$  – zarýadsyzlanmak hadysasyna biziň garaşýan wagtymyz; Şu döwürde goýulan naprýaženiýe belli bir tizlik bilen ösüp zarýadsyzlanmak derejesinie ýetýär.

$\tau_2$  – aralykda zarýadly bölejikleriň emele gelmegi köp zatlar bagly. Howanyň çyglylygyna, basyşyna, temperaturasyna we ş.m. Bularyň hemmesi statiki häsiýete eýe bolany üçin zarýadlanmany statiki gijä galmak wagty diýilýär.

$$\tau_2 - (\tau_2 \rightarrow \tau_{st})$$

$\tau_3$  - zarýadsyzlanmanyň emele gelmegi üçin belli bir şertler ýerine we ýetmeli we ol zarýatly bölejikleriň tizliklerine bagly bolýar. Ýönekeýlik üçin elektronlaryň toplumynyň tizligi kabul edilýär.

Oňa zarýadsyzlanmanyň emele gelmek wagty diýilýär.

$$\tau_3 - (\tau_3 \rightarrow \tau_{e.g.w})$$

Şeýlelik-de

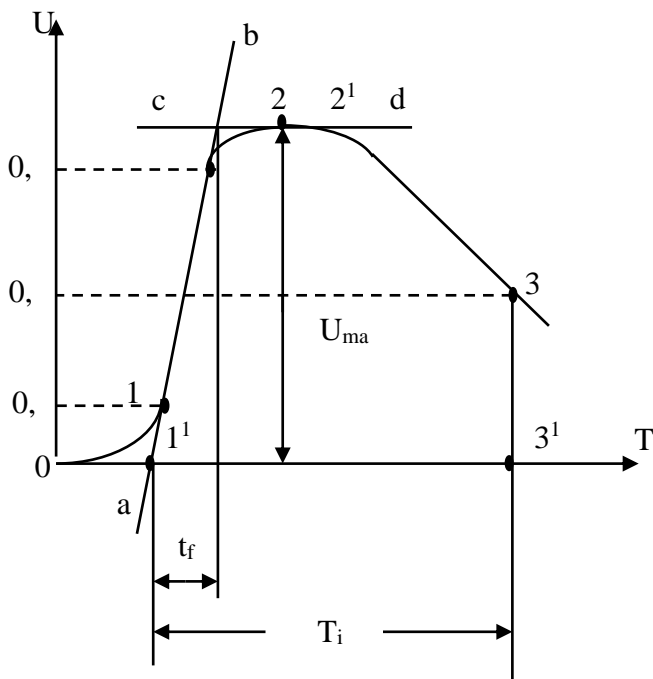
$$\tau_2 + \tau_3 = \tau_{st} + \tau_{e.g.w} = \tau_{z.g.g.w}$$

zarýadsyzlanmanyň gijä galmak wagty diýilýär.  $\tau_{z.g.g.w}$ - köp zatlar bagly bolany üçin belli bir takyk bahasyny anyklamak kyn. Şonuň üçin halkalara ylalaşygy bilen

zarýadsyzlanmagyň statiki gijä galmagynyň wagty diýip at berildi:

Onda  $\tau_z = \tau_l + \tau_{st.g.g. w.}$ ; ( $\tau$  z.st.g.g. w)

Ýokarda ýazylan zatlar impuls naprýaženiýasynyň ululyklaryny kesgitlemekde göz öňünde tutulýar. Impuls naprýaženiýanyň synagdan geçirilende elektrik berkligi barlananda halkalara düzgüninde talap edilýär. I.U.U-ny ýönekeý mysalda kesgitleýärler.



Goý çyzgydaky görnüşli I.U-sy berilen bolsun.Ol belli bir tizlik bilen  $U_{max}$  bahasyna çenli ösüp soňra peselýär diýilň.

- 1.-I-ň başynda  $0,3 U_{max}$  belläliň;
- 2.- $0,9 U_{max}$  belläliň;
- 3.Impulsyň soňunda  $0,5 U_{max}$  belläliň;

1-2-nji nokatlaryň üstünden ab göniçyzyk geçireliň, apsisa bilen kesişýänçä dowam eder.

Impulsiň max bahasyna galtaşýan edip cd göni geçireliň. 3-nji nokatda, apsisa perpendikulýar geçireliň we dowam edeliň 1<sup>1</sup>-den we 2<sup>1</sup> aşak apsisa çenli geçireliň.  $\tau_f$  1<sup>1</sup>-den 3<sup>1</sup>-nokada çenli  $\tau_i$  diýip belläň.

$\tau_f$  - impulsyň (tolkunyň) fronty diýilýär.

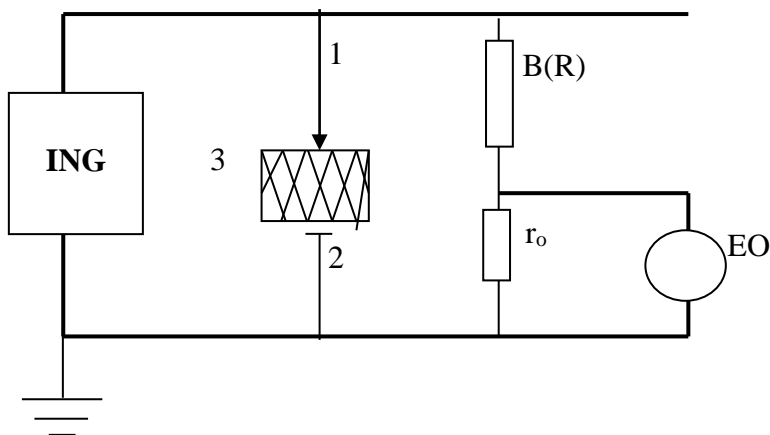
$\tau_i$  - i-ň (tolkunyň) uzynlygy diýilýär.

Halkalara ylalaşygyna görä;  $\tau_f = 1,2 + 30\%$ ;  $\tau_i = 40 + 20\%$  kabul edilendir.

Garaşsyz döwletiň arkalaşygyna girýän döwletleriň  $\tau_f = 1,5 \mu\text{s}$ ;  $\tau_i = 40 \mu\text{s}$  kabul edilen we gysgaça 1,5/40 şeýle bellenýär.

Mesele berilende ýa-da edilen işe düşündiriş berilen “standart impulsy” peýdalanyldy.

Izolýasyýalary impuls naprýaženiýasy bilen synagdan geçirmek üçin şeýle ýönekeý shema peýdalanylýar.



ING- Impuls naprýaženiýanyň generatory.

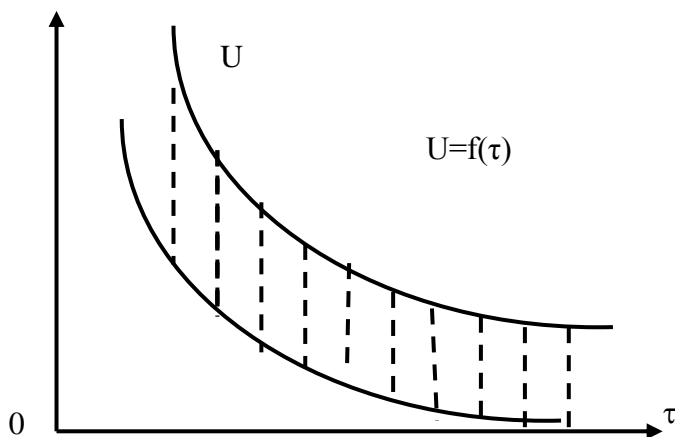
1-2-elektrotlar.

3-synag edilýän izolýasion material (gaz, suw, suwuk, gaty.) görnüşinde bolup biler.

$B(R)$  –bölüji;

$r_0$  – goşmaça garşylyk;

EO - elektron osillografy. Synag edilýän wagty, elektrodларыň arasyndaky bolup geçýän hadysa gözegçilik etmek üçin gerek .Soňky wagtlarda özi ýazýan enjamlar peýdalanylýar. Onuň görkezen sanlaryny, ululyklaryny. Alop grafik gursak şeýle netije berýär.



Bu bolsa synag edilýän materialyň wolt sekund häsiýetnamasydyr.  $U = f(\tau)$

## 2. SYNAG GURNAMALARY WE ÝOKARY NAPRÝAŽENIÝELERI ÖLÇEMEK

### 2.1. Synag transformatory

Izolýasiýalary we izolýasion konstruksiýalary üýtgeýän ýokary naprýaženiýa bilen synagdan geçirmek üçin ýokary naprýaženiýe talap edilýär. Ýokary naprýaženiýe almak üçin synag transformatory peýdalanylýar. Şeýle ululyklar boýunça tapawutlanýar transformasiýa koeffisiýentleri ýokary: 100-500 çenli bolýar.

Iş wagty çäkli, gysga wagtlaýyn işleýär, kuwwaty kiçi, izolýasiýasynyň berkligi gowşak. [ $U_s = (1,1 \dots 1.2) U_n$ ].

Ulanylýan ýerleri çäkli, ölçeg işleri üçin ulanylýar. Synag transformatory izolýasiýalary boýunça iki topara bölünýärler: 1 ýagly we 2 gury.

Ýagly transformator işleýşi boýunça ygtybarly sargylary daşky täsir edýän güýçlerden goralgy. Induktiv garşylygy az, ýöne agramy agyr, özüniň bahasy gymmat, geçiriş izolýatoryny ýasamak kyn, amatsyz, täzedan dikeltmek bejeriş işlerini geçirmek çylşyrymly.

Gury transformator - massasy ýeňil täzedan dikeldiş işlerini geçirmek aňsat, bir ýerden beýleki ýere geçirmek amatly, işletmek aňsat, ýöne sargylary daşky täsir güýçlerden goragly däl. Induktiv garşylygy ýokary, işleýşi ähtibarly däl (massaly ýagly transformatoryň 40 % az). Gurlyşy boýunça beýleki transformatordan tapawudy - 2 sargysynyň arasynda metaldan ýasalan ekran goýulan. Sebäbi synag edilýän ýerde gysga utgaşma bolýar. Şol wagt tok ýokary derejä ýetýärde 2-nji sarga ýokary derejedäki impuls düşýär. Şol impuls 1-nji sarga geçmezligi üçin ekran gorajy bolup hyzmat edýär. Ekraný zeminlemek zynjyryny birikdirýärler. Ýenede bir aýratynlygy 2-nji sargynyň izolýasiýasyny islendik naprýaženiýede uza boýunça hemişe deň bölünär ýaly edip ýasalaryar. Synag transformatoryny 1 fazaly edip ýasaýarlar,

sebäbi synag işleri her faza boýunça aýratynlykda geçirilýär. Eger-de gerek bolsa 3 sany transformatory ulanyp, 3 fazaly sistemany düzýärler. (synag emjamlaryň gurnamanyň ýönekeý elektrik shemasy 1-nji tejribe işdäki ýaly.)

Synag transformatoryň kuwwaty şeýle formula bilen kesgitlenýär.

$$S = \omega C U^2 \cdot 10^{-3} [KWt] \cdot \\ \omega = 2 \pi f; \quad I = 2 \pi f C U \cdot 10^{-3} [A].$$

Togunyň ululygy naprýaženiýasyna görä kesgitlenýär. Eger-de nominal naprýaženiýasy.

$$U_n \leq 250 KW : I_n = (0,1,...,0,8) A \\ U_n \geq 250 KW : I_n = 1A$$

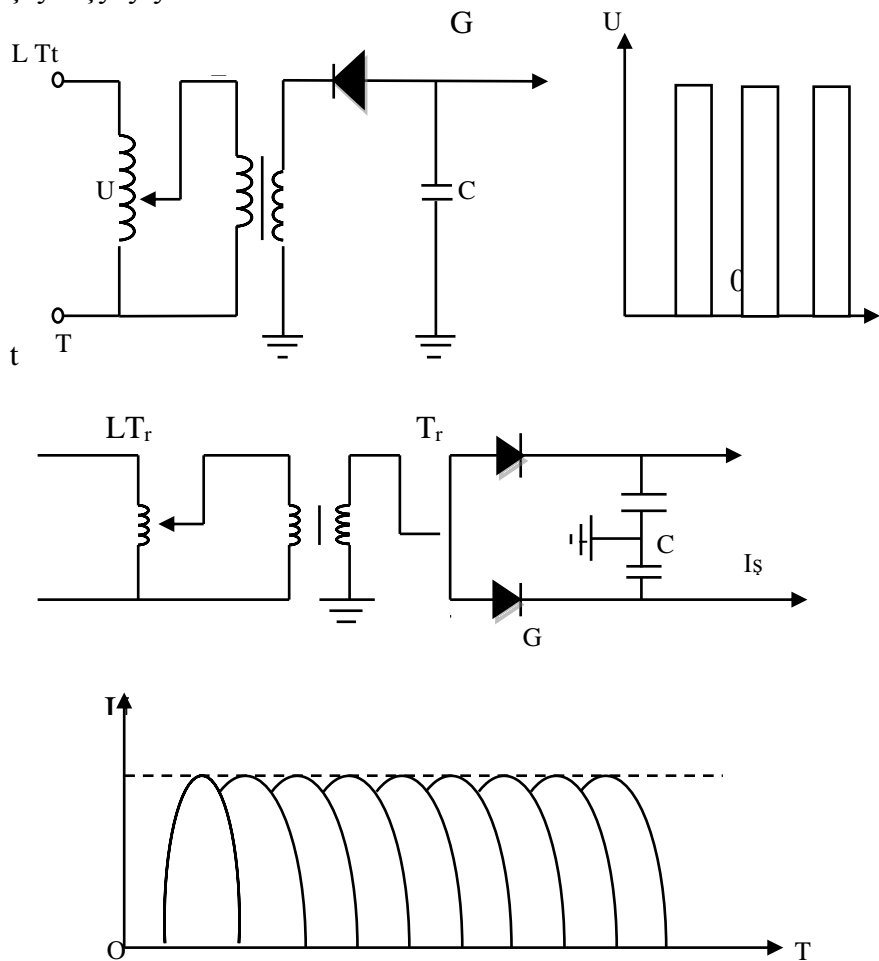
Transformatoryň ýükli sygym häsiýete eýe bolýar. Şonuň üçin ondan sygym tok akyp geçýär. Transformatoryň nominal togy diýip synag döwründe gysga utgaşma bolandaky togunyň ululygy alynmaýar. Gysga utgaşma geçmedik wagtyndaky 2-nji sargysyndaky tok alynýar, synag geçirmek üçin kähälatlarda 500, 750, 1000 kW we ş.m naprýaženiýa gerek, kömegi bilen almak kyn. Sebäbi birnäçe inžener we matematiki usulda tapmaly. Kaskad shema birikdirip üzňelikde gurýarlar. Bir transformatory çeşmä birleşdirip beýlekilerini oňa yzygider birleşdirilýärler.

Ýokary usullar önümçilikde giňden peýdalanylýar. Ýöne kaskad birikdirmä zyýanly tarapy: köp ýer tutýar, transformatoryň kuwwatynyň jemi kaskad birleşmäniň kuwwatyndan ýokary gelýär. Peýdaly tarapy 1-nji transformatordaky naprýaženiýany transformatoryň sanyna köpletsek şonça ululykdaky naprýaženiýany berýär. (ýüksiz wagty).



## 2.2. Hemişelik ýokary naprýaženiýanyň kaskad generatorlary

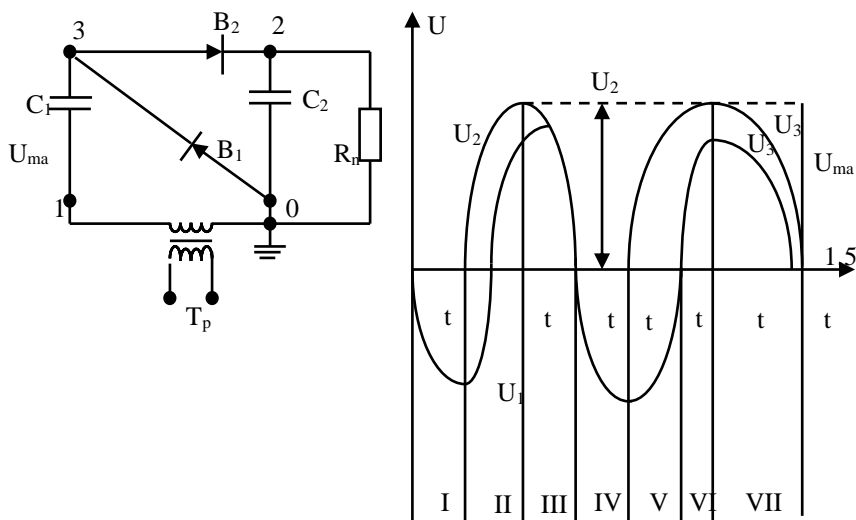
Izolýasiýalary we izolision konstruksiýalary ýokary hemişelik togunyň kaskad generatorlary ikä bölünýär. Zaryad sistemasy we kaskad generatory zaryadlandyryjy sistemalar ýarym periodly we bir periodly ýasalýar. Elektrik çyzgylary şeýle çyzylýar.



Beýle shemalar gurnamalaryň enjamlaryň ýokary woltly kondensatorlaryny zaryadlandyrmak üçin we kiçi göwrümlü izolýasiýalary, izoliosion konstruksiýalary synagdan geçirmek üçin giňden peýdalanylýar.

Hemişelik naprýaženiýa bilen synagdan geçirmeklik izolýasiýalaryň belli bir kemçiliklerini ýüze çykarýar.

Hemişelik toguň kaskat generatory uly göwrümlü izolýasiýalary synagdan geçirmek we ýokary naprýaženiýe almak üçin giňden peýdalanýar. İşleýş prinsipini, ýagdaýyny seljermek üçin ýönekeý shemasyna seredip geçeliň.



Çyzgydaky  $B_1$   $B_2$  göneldijileri bir tarapa zaryady geçirýär, beýleki tarapa geçirmeýär diýip kabul edýäris.  $C_1C_2$  kondensatorlary hemme ululuklary boýunça deň diýip kabul edýäris  $T_p$  transformator adaty we radiotekniki transformatory ulanýarys diýip kabul edýäris.

$R_H$  garşylyk kaskat generatoryň ýüki bolup garşylygy ýeterlik uly diýip kabul edýäris. İşlenşi boýunça O nokat zeminenen diýeliň we transformatoryň 2-nji sargysyndaky otrisatel polýardaky naprýaženiýe shema goýulan diýip kabul edeliň. Onda otrisatel zarýadlar o nokatdan hereket edip başlap  $B_1$  göneldijiden geçip 3-nji nokada barýar we  $C_1$  kondensatory zarýadsyzlandyrýar. 1 nokady položitel polýarly diýip kabul etdik. Indi transformatoryň 2-nji sargysyndaky naprýaženiýe fazasyny üýtgedip položitel polýarly naprýaženiýe shema goýuldy diýeliň .

Onda otrisatel zarýadlar 1-nji nokatdan  $C_1$  kondensatora hereket edip ony zarýadlandyrýar diýeliň. Şeýlelikde hem  $C_1$  konturyň zarýady 3 –nji nokada tarap hereket edip  $B_2$  göneldijiniň üstünden geçip  $C_2$  kontury ululygy ýarym period naprýaženiýadan ýokary bolýar. Sebäbi transformatoryň 2 sargysyndaky naprýaženiýanyň üstüne  $C_1$  konturyň toplan zarýadlary goşulýar. Eger-de ideal hadysa bolup geçýär diýip kabul etsek, onda  $C_2$  konturdaky naprýaženiýanyň ululygy faza naprýaženiýeden 2 esse köp bolmaly, ýöne birnäçe sebäplere görä ondan az bolýar. Eger-de kaskatlaryň sanyny köpeltsek onda başdaky alynan naprýaženiýany kaskatlaryň sanyna köpeltmeklige deň bolan naprýaženiýe alarys.

Kasgat generatorlary gurlyşy işleýşi bilen ýönekeý, ýokary naprýaženiýany kynçylyksyz alyp bolýar, bahasy arzan, ýöne ýeketäk kemçiligi kuwwaty kiçi. Köp ýüki götermeýär. Ýükden akýan toguň ululygy sähelçe artsa, ulalsa naprýaženiýe derrew peselýär.

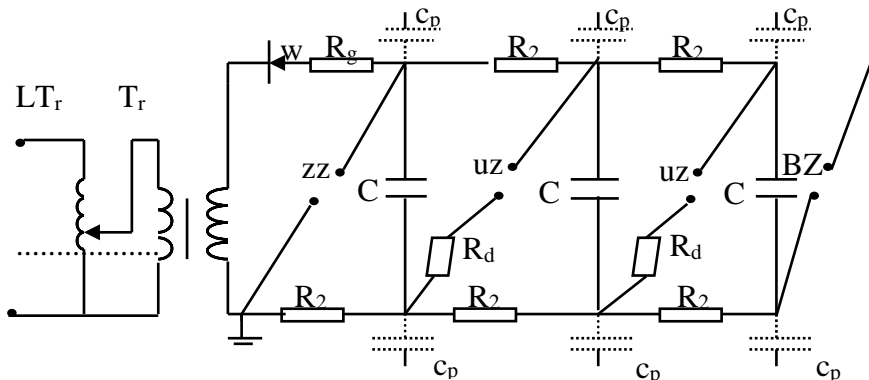
Hasap etmeli formulalary tejribe işi geçirilende naprýaženiýalaryň ýitgisini we onuň pulsiasynyň ululygyny hasaplaýarys. Pulsiasyny azaltmak üçin önümçilikde goşalanma shemasyny peýdalanyň parallel ýymitlendirýärler.

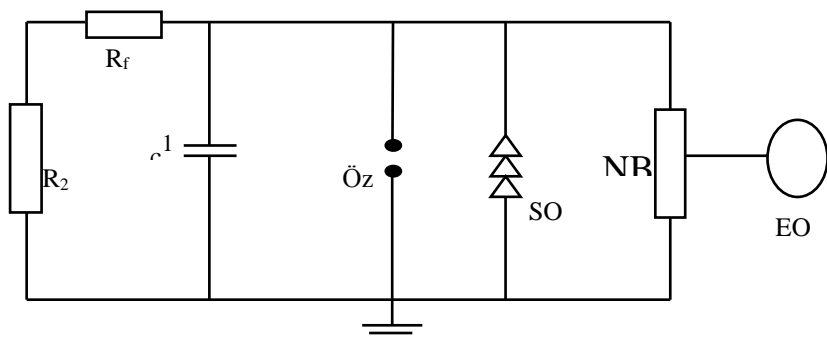
### 2.3. Impuls naprýaženiýanyň generatory

Izolýasiýalary halkara standartyna gabat gelýän impuls naprýaženiýasy bilen synagdan geçirmek üçin impuls naprýaženiýanyň generatory peýdalanylýar.

ING-ry ýokary woltly kondensatorlardan düzülip, zarýadlanmak-zarýadsyzlanmak düzgüninde işleýärler. Kondensatorlaryň zarýadlanmagy olaryň parallel birleşen wagtlary bolup geçýär.

Zarýadsyzlanmak yzygider birleşen wagtynda; parallel birleşmekden yzygider birleşmeklige geçmeklik zarýadsyzlandyryjylaryň kömegi bilen amala aşýar. Generatoryň çykyşyndan impuls naprýaženiýanyň ululygy birnäçe kW-a, MW-a ýetýär. Emma togy kiçi bolýar. Generatoryň ýönekeý elektrik shemasy şeýle çyzylýar.





LTr- naprýaženiýa sazlaýjy dürli sazlaýjy enjamlar ulanylýar.

TR transformator, synag ediji tansformator peýdalanylýar, beýleki transformator peýdalanylmaýar.

W - выпримител (göneldiji) ýarym geçiriji bir ýa-da birnäçe sanysy shema boýunça birleşdirilip peýdalanylýar.  $R_g$  goraýjy çar, göneldijä we transformatoryň

2 - nji sargysyna ýokary naprýaženiýanyň düşmeginden goraýar.

$R_d$  – demfirleýji, daşardan düşýän päsgel beriji tolkunlary päsgel bermez ýaly edýän garşylyk.

$R_2$  (4) zarýadlandyryjy garşylyklar;

$R_f$  impulsyň frontyny sazlaýjy garşylyk;

$R_z$  zarýadsyzlandyryjy garşylyk;

NB naprýaženiýe bölüji;

C (3) ýokary woltly kondensatorlar.

C'-impulsyň ululyklaryny sazlaýan kondensator.  $C_p$  (6) parazit sygymlar, generator işlän wagtynda daşarky enjamlaryň täsirinden ýüze çykýan sygym. Ýönekeý hasaplamalarda hasaba alynmaýar. Emma takyk, ýokary klasly generatorlary ýasamakda hasaba almaly bolýar.

ZZ - zapal zarýadsyzlandyryjysy, gurlyşy boýunça çylşyrymly, üç elektrodly ýasalýar; sistemanyň işleýşini

sinhronlanşdyrýar we zarýadsyzlanma hadysasy şundan başlaýar.

UZ (2) uçgun zarýadsyzlandyryjysy;

Bz - bölüji, generatory ýükünden aýyrmaklygy üpjün edýär.

ÖZ - ölçeýji zarýadsyzlandyryjy; şar görnüşli elektrodlar peýdalanylýan aralygyny generatordan alynjak naprýaženiýanyň ululygyna görä, goýýarlar, zawod tarapyndan ýasalan bolup ululyklary grafikde belli bolmaly.

SO - synag edilýän obýekti; gaty, sowuk, gaza halyndaky dielektrik materiallar ýa-da edebi izolýasiýalar bolup biler.

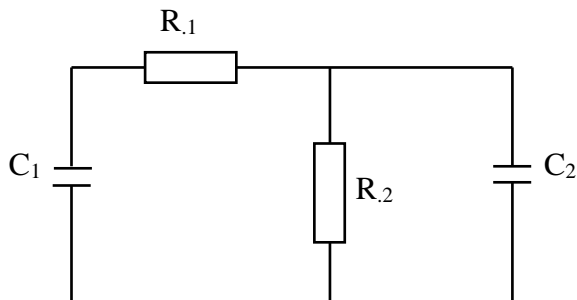
EO - Elektron ossillograf synag wagtyndaky bolup geçen hadysalary görmek üçin ýa-da ýazmak talap edilse özi ýazýan enjamlary ossillografyň dereginini birikdirýär. Naprýaženiýe transformatoryň sistema goýulanda kondensatorlar (c) zarýadsyzlandyryýarlar. Zarýadlaň mukdary belli bir derejä ýetenden soň, ýagny zz-zarýadsyzlanmak naprýaženiýesine ýetende zapal zarýadsyzlandyryjysy azalýar.

Şeýlelik-de 1-nji kondensatoryň zarýady 1-nji uçgun zarýadsyzlandyryja goýulup olam açylýar, soňra iki konturyň zarýady goşulyp 2-nji uçgun zarýadsyzlandyryja goýulýar we ol açylýar; zarýadlar 3-nji konturyň zarýadlary bilen goşulyp zarýadsyzlanýarlar.

Şeýlelik-de ýokary impuls naprýaženiýasy ýüke berilýär. Şu aýdylanlar esasynda zarýadsyzlanma wagtynda kondensatorlar yzygider birleşýärler. Zarýadsyzlanan konturlar parallel birleşmekliginde galýar.

Eger-de synag edilýän SO obýekt şol naprýaženiýany göterse, onda ol önümçilikde ulanmaga ýaramly diýip hasap edilýär.

ÖZ -da zarýadsyzlanma bolup geçse impuls naprýaženiýanyň ululygy belli bolýar. Impuls naprýaženiýanyň generatorynyň ululyklaryny tapmak üçin onuň çalşyrgyç shemasyndan peýdalanylýarlar.



$C_2, R_1$  – generatoryň sygymy we aktiw garşylygy;  
 $C_2, R_2$  – Ýüküň sygymy we aktiw garşylygy.

Iş ýüzünde  $C_1 > C_2$ ;  $R_2 > R_1$ - bolar ýaly edip alýarlar.  
 Esasy ululyklaryň biri generatoryň çykyşyndaky naprýaženiýe bolup, şeýle formula bilen hasaplanylýar.

$$U_2 = n\eta_1 U_0 \left( e^{-\frac{\tau}{T_1}} - e^{-\frac{\tau}{T_2}} \right).$$

bu ýerde:  $n$ - kondensatorlaryň sany.

$U_0$  –generatora başda goýulan naprýaženiýanyň ululygy.

$\eta_1$  – shemany peýdalanmaklygyň PTK -sy.

$$\eta_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2};$$

$\tau$ -wagt:  $T_1$  –  $C_1$  we  $C_2$  kondensatorlaryň zarýadlanmak wagtynyň hemişeligi

$T_2$  -  $C_2$  kondensatoryň zarýadsyzlanmak wagtynyň hemişeligi:

$$T_1 = C_1 (R_1 + R_2) + C_2 R_2;$$

$$T_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2};$$

Tolkunyň uzynlygy  $\tau_u = 0,7 T_1$  tapylýar.  $0,7 [C_1 (R_1 + R_2) + C_2 R_2] = \tau_u$ .

$\tau_u = 0,7 (C_1 R_1 + C_1 R_2) + C_2 R_2$  hasaplamada  $\tau_u \approx 0,7 C_1 R_2$  alynýar;  $C_1 R_1$ ;  $C_2 R_2$  kiçi ululyklar hasap edilýär. Impulsyň frontynyň  $\tau_f = 275 T_2$ ;  $\tau = \tau_{\max}$  bolanda naprýaženiýe maksimal bahasyňa eýe bolýar.

$$U_{2\max} = n \eta_2 U_0 \left( e^{-\frac{\tau_{\max}}{T_1}} - e^{-\frac{\tau_{\max}}{T_2}} \right).$$

$\eta_2$  – impulsyň peýdalanylşynyň P.T.K.  $\eta_1 = \eta_g \eta_2$  generatoryň PTK.

Standart impulslýň PTK  $\eta_g = 0,7$  deň bolýar.

Wagtyň islendik bahasyny şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$\tau = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2} \ln \frac{T_1}{T_2}$$

Generatoryň kuwwatyny kondensatorlaryň energiýasy bilen tapylýar:

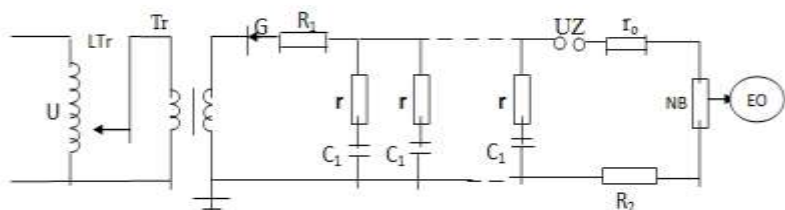
$$W = \frac{C_1 U_{2\max}^2}{2}.$$



## 2.4. Impuls togunyň generatory

Ol ýyldyrym toguna meňzeş bolup birnäçe kA-lere ýetýär. Gurlyşy boýunça çylşyrymly gurnama bolup, ýokary wolty kondensatorlardan düzülendir. Kondensatorlar parallel birleşip sygymlary, gurluşy, materialy boýunça birmeňzeş bolmaly.

Kondensatorlar parallel birleşeni üçin geneatoryň çykyşynda naprýaženiýe 400 kW-dan ýokaryk geçmeýär. İşleýiş düzgüni zarýadlanmak we zarýadsyzlanmak. Generatoryň ýönekeý shemasyny şeýle görkezmek bolar.



LTr- naprýaženiýe sazlaýjy (dürli naprýaženiýe sazlaýjy bolup biler);

Tr -transformator;

G -göneldiji dürli gurlyşdaky göneldiji peýdalanyp bilinýär: generatoryň konstruksiýasyna görä üýtgeýän naprýaženiýanyň ýarym periodyny ýa-da soly periodyny göneldip bilýän gurnama.

$R_1$  – goraýjy aktiw garşylyk, göneldijini we transformatoryň 2-nji sargysyny ýokary naprýaženiýanyň ýa-da toguň urgusyndan (täsirinden) goraýar.

$r$  - kondensatorlaryň goraýjy garşylyklary: olara derek ereýji goraýjylar peýdalanyp biliner. Olar haýsam bolsa bir kondensator hatardan çyksa beýleki kontura zyýanly, olar özüniň ýerine ýetrimeli işini ýetirmese onda ýokary naprýaženiýaly konturyň ýarylmak howpy bar.

$C_1$  – ýokary naprýaženiýaly kondensatorlar olaryň sany generatoryň konstruksiýasyna görä alynýar.

UZ - uçgun zarýadlansyzlandyryjysy, olaryň aralygy belli bir naprýaženiýanyň ululygyna hasaplanyp olar işlände näçeräk impuls togyň geçjekligi belli bolýar.

$r_0$  – uçgun zarýadсызlandyryjysyna goşmaça birleşdirilýär. Olaryň ululygy uçgun zarýadсызlandyryja düşýän naprýaženiýanyň her kW-na belli bir ululykdaky garşylyk bilen hasaplanylýar.

NB- naprýaženiýe bölüji, gurluşy boýunça dürli bolýarlar. Ol ossillografy birleşdirmek üçin peýdalanýar.

$R_2$  – synag edilýän obýektiň aktiw garşylygy köplenç R harpy bilen bellemän obýektiň şekili görkezilýär.

EO -elektron ossillografy zarýadсызlanma geçen wagtynda bolup geçen hadysa syn etmek, gözegçilik etmek we gerek ýerinde impuls togunyň ululygy üçin peýdalanýar.

Generatoryň işleýşi kondensatorlara goýulan naprýaženiýe görä zarýad toplaýarlar. Potensiallaryň tapawudy uçgun zarýadсызlanmasynyň zarýadсызlanma naprýaženiýesine ýetende elektrodларыň arasyndan böwsülip  $R_2$ , NB,  $r_0$  üstünden impuls togy geçýär. Şeýlelik-de synag edilýän obýektiň ýagdaýy kesgitlenýär.

Generatoryň esasy ululyklaryny kesgitlemek üçin çalşyryş shemasyndan peýdalanylýar. Onuň üçin umumy sygymy  $C = C_1 n$ ;

$$\text{Aktiw garşylygy} \quad R = r_0 + R_2 + \Delta R + \frac{1}{n} r;$$

Induktiwligi

$$L = L_S + L_Z + L + \frac{1}{n} L_K ;$$

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} - \text{Tolkun garşylygy.}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha_0^2} - \text{Umumy aýlow ýygylgy.}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} - \text{Çalşyryş shemasynyň hususy ýygylgy.}$$

$$\alpha_0 = \frac{R}{4L} - \text{Sönmeleklik derejesi.}$$

Konstruktörler şeýle bolar ýaly  $(\omega_0 > \alpha_0)$  ýagdaýy saýlap alýarlar.

Şeýlelik-de  $\omega \approx \omega_0$  diýip kabul edilýär.

1) Eger-de  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$  bolsa hadysa yrgyldyly häsiýete eýe bolýar we toguň ululygy şeýle kesgitlenilýär.

$$i = \frac{U}{\sqrt{LC}} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t$$

şeýlelik-de toguň maks bahasy  $I_{\max} \approx \frac{4U}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \approx \frac{U}{Z};$

2) Eger-de  $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$  bolsa hadysa periodiki gaýtalanmaýar,

Ýöne toguň uly bahasy  $I_{\max} \approx \frac{4U}{Z}$  deň bolar.

3) Eger-de  $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$  bolsa 1) we 2) deň bolsa onda impuls togunyň ululyklary ( $\tau_f$ ,  $\tau_i$ ) halkara standartyna gabat gelmeýär. Dürli zawodlar tarapyndan generatorlar dürli konstruksiýada ýasalýarlar.

## 2.5. Ýokary naprýaženiýalary ölçemek

Ýokary naprýaženiýalary: üýtgeýän we hemişelik; olaryň pursatlaýyn, orta, maks, täsir ediş bahalaryny, ululyklaryny, derejesini ölçemek üçin dürli ölçeyji abzallar peýdalanýarlar. Ölçeyji abzallar ölçenilýän ýerine gönümel özi ýa-da kömekçi enjamlar bilen birleşdirilýär. Ölçeyji enjamlardan: dürli konstruksiýaly woltmetrler, ossillograflar, özi ýazýan priborlar, şar görnüşli zarýadsyzlandyryjylar; kömekçi enjamlardan naprýaženiýe bölüjileri: sygym, garşylyk, sygym - garşylyk esasynda işleýän enjamlar peýdalanýlar. Ölçeyji enjamlaryň hemmesinden edilýän talap **Ýalňyşlygy örän kiçi bolmaly**.

Şar görnüşli ölçeyji zarýadsyzlandyryjylar zawodda ýasalandan soň şarlaryň ululyklaryna baglylykda böwsülmeň naprýaženiýanyň grafigi gurulýar we ol pasportynda ýerleşdirilýär. Ölçeg wagtynda şarlaryň aralaryny takyk ölçäp soňa görä ölçelýän naprýaženiýanyň ululygy kesgitlenilýär.

Pasportda elektrotlaryň gorizonta (keseligine ýa-da wertika) dikligine ýerleşdirilmelidigi görkezilýär. Eger-de şol düzgün saklanylmasa geçirilen ölçeg nädogry hasap edilýär.

### 2.6.1. Izolýasiýalary profilaktiki synagdan geçirmek

Önümçilikde ulanylýan islendik elektrik gurnamalaryny belli bir wagtyndan soň profilaktiki synagdan geçirilýär. Synagdan geçirmeli wagt dürli enjamlar üçin dürli – dürlidir. Synagdan geçirmekligiň maksady izolýasiýalardaky ýüze çykýan kemçilikleri tapyp onuň önüni almakdan ybaratdyr; kemçilikler; izolýasiýalaryň hapalanmagy, çyglylygynyň artmagy, elektrik-berkliginiň kemelmegi, üstlerinde jaýryklaryň emele gelmegi, düzümleriň üýtgemegi we ş.m; kemçilikler iki topara bölünýärler:

1. Ýerli kemçilikler az meýdan we göwrüm tutýarlar.
2. Giňişleýin kemçilikler uly meýdan we göwrüm tutýarlar. Synagdan geçirmek üçin şeýle usullar we gurallar peýdalanylýar:
  1. Üýtgeýän ýokary naprýaženiýanyň gurnamasy. Naprýaženiýanyň ýyglygy 50 Gs bolmaly.
  2. Ýokary hemişelik (göneldilen naprýaženiýanyň gurnamsy, toguny ölçemeklik bilen).
  3. Izolýasiýalaryň garşylygyny ölçýän enjamlar.
  4. Izolýasiýalaryň ýylylygyny ölçýän enjamlar.
  5. Izolýasiýalaryň sygymyny (sowuk we gyzgyn ýagdaýda) ölçýji enjamlar.
  6. Naprýaženiýe bölüjiler (dürli konstruksiýalar).
  7. Ossillograflar.
  8. Ultra ses esasynda işleýän enjamlar.
  9. Ýokary üýtgeýän naprýaženiýanyň köprüleri we ş.m

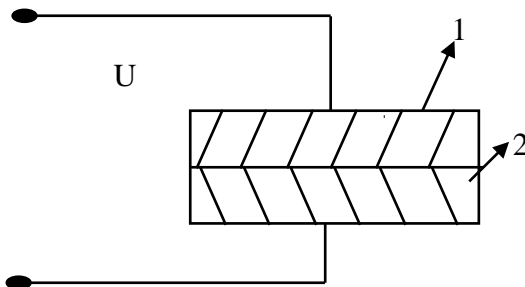
Synag geçirmek üçin önünden ýörite meýilnama düzülýär. 1 we 2-nji usullar gurnamalar synagyny soňunda peýdalanylýar, geçirilýär, eger-de meýilnamadaky görkezilen usullar izolýasiýalarda kemçilik çykarsalar onda olar ulanylmaýarlar, sebäbi köp (izolýator) izolýasion materiallar, izolýasiýalar böwsülip hatardan çykýar. Profilaktiki synag gurnamalaryň işçi

naprýaženiýany aýyryp geçirilýär, emma soňky döwürlerde naprýaženiýe goýulan wagtynda hem geçirilýär.

Synag edilýän wagt halkara ylalaşygy boýunça 1-minut alynýar. Emma ýokary derejeli elektrik berkligi talap edilýän izolýasiýalarda 5 minut çenli alynýar. Önümçilikde ulanylýan izolýasiýalar, izolýasion konstruksiýalar bir jynysly maddalardan ýasalman dürli-dürli maddalardan ýasalýarlar, ýagny gatlak-gatlak konstruksiýalar önümçilikde giňden peýdalanylýar.

## 2.6.2. Gatlakly izolýasiýalardaky ýagdaý

Ýöneýkeýlik üçin iki gatlakly izolýasion konstrukturlara seredip geçeliň.

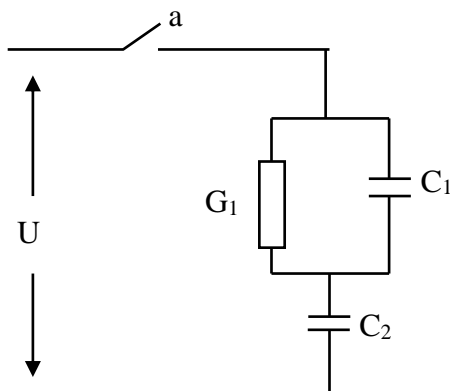


Değişlilik-de olary häsiýetlendirilýän ululyklary: Dielektrik syzyjyklary.  $\epsilon_1, \epsilon_2$ ; udel aktiw geçirijilikler  $\gamma_1, \gamma_2$  galyňlyklary  $d_1, d_2$  sygymlary  $C_1 C_2$ ;  $S_1 S_2$  üstleriň meýdanlary. Seljermekligiň şerti üçin  $\epsilon_1 \neq \epsilon_2$ ;  $\gamma_1 \neq \gamma_2$ ;  $d_1 \neq d_2$ ;  $C_1 \neq C_2$ ;  $S_1 = S_2 = S$  diýip kabul edildi we reaktiw ululyklaryny hasaba alman diňe aktiw geçirijileri  $g_1 g_2$  göz önünde tutup  $g_1 \neq g_2$  ýagdaýa seredeliň, onda:

$$C_1 = \varepsilon_1 \frac{S}{d_1}; \quad C_2 = \varepsilon_2 \frac{S}{d_2}; \quad g_1 = \gamma_1 \frac{S}{d_1}; \quad g_2 = \gamma_2 \frac{S}{d_2}$$

ýazyp bileris.

Goý birinji gatlag a çyg düşipdir-de  $g_1 \gg g_2$  diýeliň onda konstruksiýanyň çalşyryş shemasyny şeýle çyzyp bileris:



$G_1$  – 1-nji gatlagyň artykmaç geçirijiligini görkezýän ululyk bolup ony şertleýin  $G_1$  – kondensatora parallel birleşirdik, a - açary birleşdirip başlangyç ýagdaý üçin  $t = 0$

$$U_{01} = \frac{C_2 U}{C_1 + C_2}; \quad U_{02} = \frac{C_1 U}{C_1 + C_2}.$$

$C_1$  we  $C_2$  kondensatordaky naprýaženiýalary aňladýar, ýygananan zaryadlar;  $q_{01} = C_1 U_{01}$ ;  $q_{02} = C_2 U_{02}$  – bolar we  $q_{01} = q_{02} = C_1 U_{01} = C_2 U_{02}$  ýazyp bileris, emma  $t > 0$  bolanda  $C_1$  kondensator özündäki zaraýdlary saklap bilmän  $G_1$  üsti bilen geçiş prosesi ýüze çykýar. Bu ýagdaýda kondensatoryň naprýaženiýany:

$$U_1 = U \frac{C_2}{C_1 + C_2} e^{-t/\tau};$$

$$U_2 = U \left( 1 - \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right) e^{-t/\tau};$$

formulalar bilen aňladyp bolar. Bu ýerde  $\tau$ -zaraýdsyzlanmagyň hemişeligi bolup kesgitläp bolýar:

$$\tau = \frac{C_1 + C_2}{g}.$$

Geçiş prosesi gutarandan soň hemme zarýadlar  $C_2$  – kondensatora berilýär.

$q_{2k} = U_2 \cdot C_2$  kesgitlenilýär. 2-nji kondensatordaky zarýadlary kompensirlemek üçin çeşmeden goşmaça zarýad bermeli bolýar. Ol zarýad **absorpsiýa zarýady** diýilýär.

$q_{abs} = q_{2k} - q_0$  tapylýar.  $q_{abs} = C_2 \cdot U_2$  absorpsiýa togunyň ululygyny.

$$i_{abs} = \left( \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} \right) \cdot \frac{U}{\tau} \cdot e^{-t/\tau};$$

$\tau$  - bahasynyň ýerine goýup alarys:

$$i_{abs} = \left( \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right)^2 \cdot gu \cdot e^{-t/\tau}; \text{ bolar.}$$

Alynan netijä görä geçirijiligiň artmagy bilen absorpsion togunyň maksimal bahasy ulalýar. Fizika kursundan bilişimiz ýaly

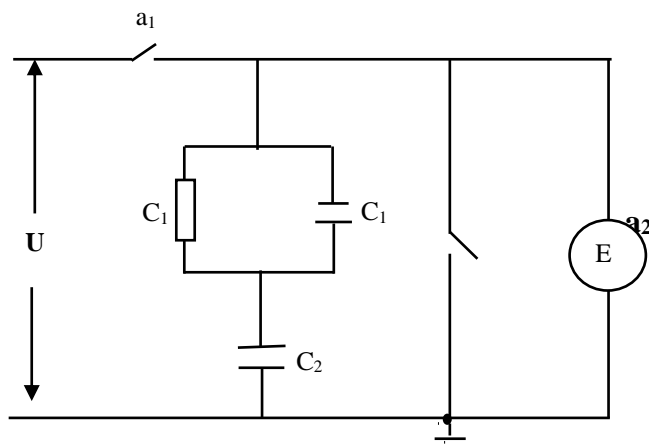
$$i_{abs} = \int_0^{\infty} q_{abs} \cdot dt;$$



baglanşyga eýedir, diýmek absorpsion togunyň ululygyny ossillograflaň kömegi bilen ölçemek mümkin. Ýöne absorpsion togy ölçäp izolýasiýalaryň ýagdaýyny bilmek kyn düşýär, çünki absorpsion togunyň ululygy örän kiçi, ölçejek wagtynda goşmaça enjamlar peýdalanmaly we ol enjamlar ýokary naprýaženiýanyň urgusyna sezewar bolýar.

### 2.6.3. Yza gaýdýan naprýaženiýany ölçemek

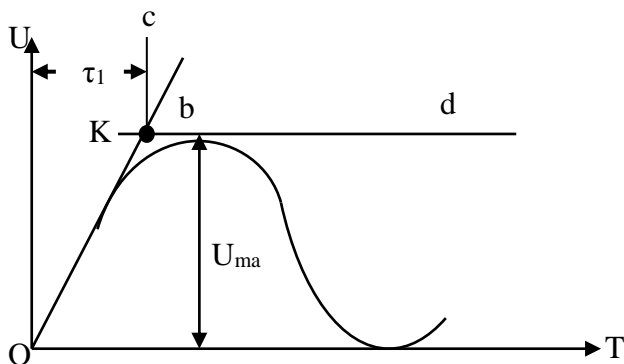
Beýle usul bilen izolýasion materiallaryň elektrik berkligini barlamaklyk önümçilikde giňden peýdalanylýar. Onuň üçin ýönekeý elektrik shemasy peýdalanylýar.



$a_1$  – açary birikdirip geçiş prosesi geçip gutarýança açary saklaýarys. Şol döwürde  $C_1$  kondensatorlarda  $U_{c1} = 0$  deň bolýar hemme zarýadlar  $C_2$  kondensatora ýygnanýarlar we ondaky naprýaženiýanyň

$$U_2 = U \left( 1 - \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right) \cdot e^{-t/\tau};$$

soňra  $a_2$  – açar örän gysga wagtlyk birleşdirip soňra açýarys. Şol wagtda  $C_2$  kondensatordaky zaraýdlar  $C_1$  kondensatora geçip iki kondensator boýunça deň peýdalanýarlar,  $a_2$  – açar açylandan soň  $C_1$  kondensatordaky zaraýdlar  $G_1$  geçirijisiniň üsti bilen  $C_2$  kondensatoryň üstüne geçýärler. Olaryň geçirijisini bolsa elektron ossillografy görkezýär we şeýle şekil ekranda görkezýär.



$U_{\max}$  - yzyna gaýtma naprýaženiýanyň maksimal bahasy; absissa okuna parallel edip naprýaženiýanyň max bahasyna galtaşýan göni çyzyk geçireliň. d-gönini kesip geçer ýaly  $U_{\max}$  frontuna galtaşýan b – gönini geçireliň d, b gönileriň kesişýän nokadyna ordinata parallel edip göni çyzyk indireliň. C göni bilen ordinatanyň aralygyny  $\tau_1$  diýip belläliň.  $\tau_1$  –yzyna gaýdýan naprýaženiýanyň ösüş tizligini görkezýär we şeýle aňlatma bilen hasaplanýar:

$$\tau_1 = \frac{C_1}{G_1};$$

formula bilen kesgitlenilýär.

Bu ýerde alynan  $U_{\max}$  we  $\tau_1$  ululyklar synag edilýän izolizion materialyň ýagdaýyny häsiýetlendirilýärler. Ýagny:

$U_{\max}$  - izolýasion materialyň zaýa bolan ýeriniň geometriki ölçegleri boýunça meýdanyny – göwrümünü görkezýär;  $\tau_1$  zaýa bolan ýeriň derejesini görkezýär.

Gerek ýerinde geçirijilik toguny formulalaryň üsti bilen kesgitlep bolýar. Olaryň in ýönekeýje:

$$i_g = \frac{g_1 \cdot g_2}{g_1 + g_2} \cdot U; \quad g_1 - g_2 -$$

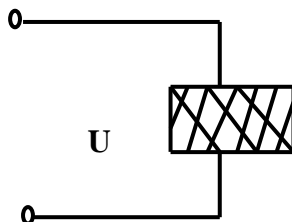
degişlikde 1 we 2-nji gatlaklaň aktiw geçirijiligi;  $U$  goýlan naprýaženiýe.

## 2.7. Dielektrik ýitginiň burçyny ölçemek ( $\text{tg } \delta$ ölçemek)

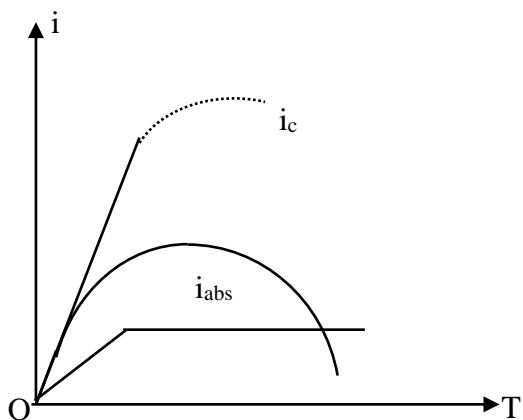
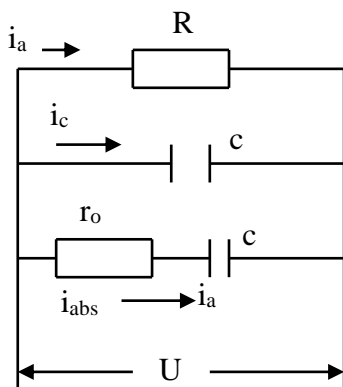
Izolýasion materiallarda dielektriklik ýitgi ýüze çykýar, belli bir möçberde elektrik energiýasy ýitirilip ol hem izolýasion materialyň ululyklaryna bagly bolýar. Ýagny  $P = \omega C U^2 \text{tg } \delta$  bilen tapylýar.  $P$ - şu ölçemekde,  $\text{tg } \delta$ -ny ölçemek aňsat düşýär we ol praktikada giňden ulanylýar. Sebäbi:

- 1)  $\text{tg } \delta$ -synag edilýän izolýasion materialyň geometriki ölçeglerine bagly däl we ol materialyň ýagdaýy barada doly maglumat berilýär.
- 2)  $\text{tg } \delta$ -ny üýtgeýän toguň ýokary naprýaženiýanyň köprüsi kömegi bilen ölçäp bolýar.

$\text{tg } \delta$ -ny ölçemezden ozal fiziki manysy barada gysgajyk ýatlap geçeliň. Goý dielektrik materiala hemişelik naprýaženiýe goýulan bolsun:



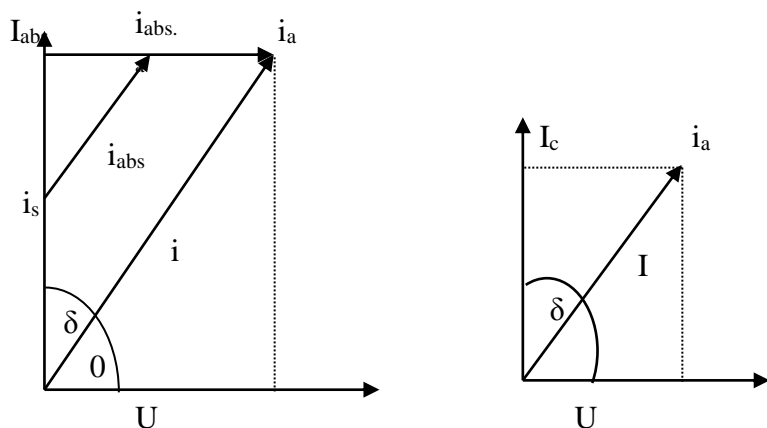
ýagdaýda  $i$  tok akyp geçýär. Dielektrik materialyň aktiw  $r$  - garşylygyny,  $c$ -ny we goşmaça goýulan  $q_{a b s}$  zarýadyny, hasaba alsak onda dielektrik materialyň üstünden bir wagtda üç dürli tok geçýär. Ony düşündirmek üçin ýönekeý çalşyryş shemasyndan peýdalalanýň.



Eger-de şol toklaryň ossillogrammasyny bir koordinatada ýerleşdirsek, onda şeýle netijäni alarys.  $I_a$  - toguň aktiw düzüjisini belli bir wagtda max bahasyna ýetýär, soňra şol bahasyny hemişelik saklaýar.  $i_{abs}$  toguň absorpsiýa düzüjisi, max bahasyna ýetip, soňra kiçeldip başlaýar, uzagyndan nul baha eýe bolýar.  $i_c$  - toguň sygym düzüjisi, belli bir wagtda ýokary tizlik bilen uly baha eýe bolýar soňra nirede gutarýany belli bolmaýar.

Eger-de dielektrige üýtgeýän  $U$ -niýe goýulan bolsa onda toklaryň wektor diagrammalaryny gurup  $\text{tg } \delta$  - nämeligini kesgitlep bolar.

Onda:



Eger-de üýtgeýän naprýaženiýanyň täsir ediş bahalaryny göz önünde tutsak, onda şeýle ýönekeý çyzgy çyzyp bileris

$$\text{tg } \delta = \frac{I_a}{I_c}; \quad I_a = \frac{U}{R};$$

$$I_c = \omega C U; \quad \text{tg } \delta = \frac{U}{R \omega C U} = \frac{1}{R \omega C};$$

Wektor diagramasyna görä üýtgeýän naprýaženiýanyň täsir ediş bahasyny göz önünde tutup seljermekligi dowam ederis.

Onda:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_a}{I_c}; \quad I_a = \frac{U}{R};$$

belleýişimiz ýaly  $\operatorname{tg} \delta$ ,  $I_c = \omega C U$  barlanylýan jisimiň ölçeglerine  $\omega = 2\pi f$  bagly däldir. Onda  $f=50$  Gs.

$$\text{Ululyklaryň udel bahalaryny} \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{U}{R} \cdot \frac{1}{\omega C U}$$

peýdalanmaly bolarys:

$$R = \rho; \quad C = EE_0 \quad E_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}};$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega \rho \cdot \frac{E}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}} = \frac{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}{2\pi f \rho E} = \frac{1.8 \cdot 10^2}{f \rho q};$$

Energiýanyň ýitgisini hasaba almak üçin udel aktiw geçirijilik peýdalanylýar.

$$\gamma_a = \frac{1}{\rho}; \quad \rho = \frac{1.8 \cdot 10^{12}}{f \operatorname{tg} \delta}; \quad \operatorname{tg} \delta = \eta - \text{ýitgi koeffisiýenti}$$

diýip bellenilýär

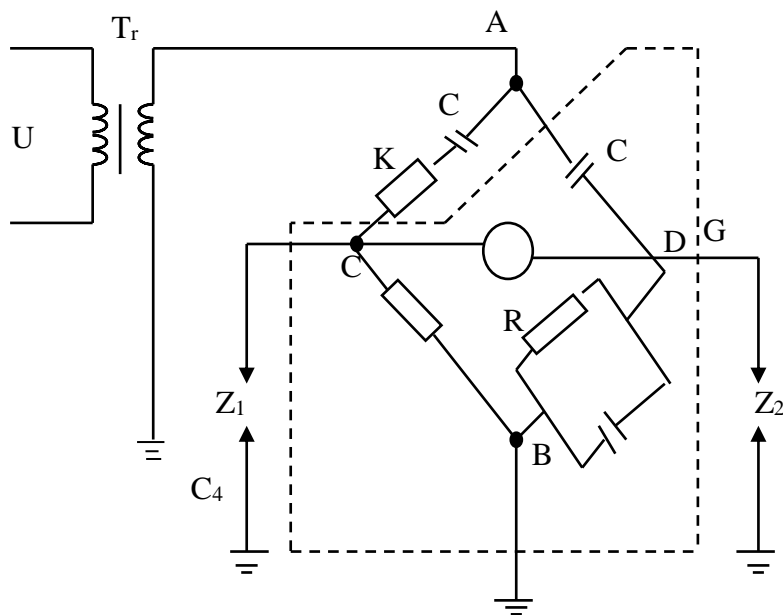
$$\rho = \frac{1.8 \cdot 10^{12}}{f \eta} = \frac{1}{\gamma_a}; \quad \gamma_a = \frac{1}{1.8} \cdot f \eta \cdot 10^{-12}$$

Şeýlelik-de 
$$P = E^2 \gamma_a = \frac{1}{1.8} E^2 f \eta \cdot 10^{-12};$$

$E^2$  – meýdanyň dartgynlylygy; biziň şertimiz boýunça naprýaženiýanyň ululygy ulanylmaýar, meýdanyň dartgynlylygy alynýar.

## 2.8. tg $\delta$ – ölçemekligiň köpri usuly

Bu usul ika bölünýär: dogry shema we öwrülen shema. Ýönekeýlik üçin ony şeýle görnüşde çyzarys.



$C_x$  i  $R_x$  – degişlilikde barlanylýan materialyň sygymy we garşylygy;

$C_n$  - etalon sygym;

$R_3$  – induktiwligi bolmadyk arassa aktiw garşylyk;

$R_4$  – Hemişelik aktiw garşylyk;

$C_4$  - Sazlamak üçin üýtgeýän sygym;

$R_3$  we  $C_4$  bilen köprüniň deňagramlylyk ýagdaýyny alýarys; Şol wagt galwanometriň peýkamy “o” ýagdaýa gelýär. Şondan ugur alyp şeýle ýazyp bileris.

$$I_1 Z_1 = I_2 Z_2 \quad (1)$$

$$I_3 Z_3 = I_4 Z_4 \quad (2)$$

$$I_1 = I_3; I_2 = I_4$$

göz önünde tutup (1) – nji (2)-ä bölüp alarys.

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

$$Z_1 Z_4 = Z_3 Z_2 \quad \text{alarys.}$$

Alynan netijedäki ululyklary çyzgydaky görkezilen ululyklar esasynda tapyp deňişli matematiki öwürmeleri ýerine ýetirsek (garşylyk esasynda şeýle netijäni alarys)

$$\operatorname{tg} \delta = \omega C_4 R_4; \quad \omega = 2\pi f; \quad f=50 \text{ Gs.}$$

Önümçilik ýygyllylykly naprýaženiýe ulanan wagtynda

$$R_4 = \frac{10^4}{\pi} \quad \text{kabul edýärler.}$$

Onda: 
$$\operatorname{tg} \delta = 2\pi \cdot 50 \cdot \frac{10^4}{\pi} \cdot C_4;$$

$$\operatorname{tg} \delta = 10^6 G_4; RRf \quad \text{ýa-da} \quad \operatorname{tg} \delta = C_4; PkF$$

Diýmek barlanylýan materialyň sygymy 4-nji egindäki üýtgeýän kondensatoryň görkezýän ululygyna  $\mu\text{KF}$  – da deň ekeni. Şeýlelikde barlanylýan materialyň başdaky derejesine

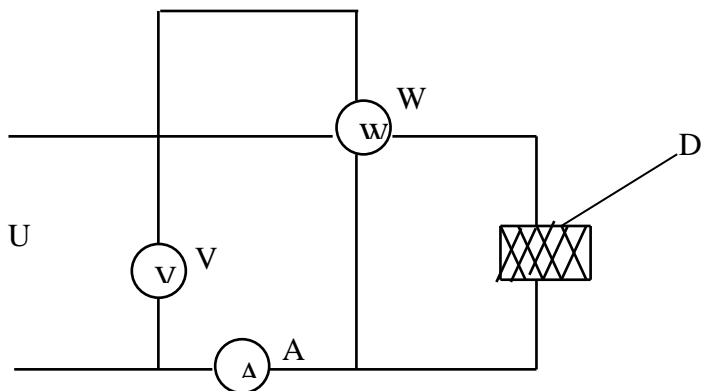


deň ýa-da golaý bolsa önümçilikde ulanmak mümkin. Eger-de tapawutlanýan bolsa önümçilikde ulanylmaýar.

A-nokada 10 kw standart boýunça naprýaženiýe goýulýar. Eger-de naprýaženie B nokada goýulsa A nokat toprak bilen birleşdirilse öwrülen shenma bolýar we şu shema esasynda materiallaryň ýagdaýyny barlar ýaly enjam ýasalýar.

## 2.9. tg δ ölçemekligiň ýönekeý usuly

Onuň üçin şeýle ýönekeý shemadan peýdalanýarys.



Bu usula (Wattmetr) usuly hem diýilýär. Bu usul barlanylýan materialyň umumy ýagdaýyny görkezýär. Şonuň üçin önümçilikde başga enjamlar ýok ýagdaýynda peýdalanylýar.

$$\operatorname{tg} \delta = 100\% \cos \varphi; \quad \cos \varphi = \frac{P}{I_u}.$$

### **3. AŞA ÝOKARY NAPRÝAŽENIÝANYŇ ÝÜZE ÇYKMAGY WE ONDAN GORANMAK**

#### **3.1. Atmosfera we komutassion aşa naprýaženiýanyň emele gelmegi**

Elektrik ulgamlarynda we ony düzýän düzüjilerde aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy köp zatlar bagly. Olaryň sebäbini topara bölýärler:

Atmosferanyň täsirinden we ulgamy düzüjileriň işleýşine bagly emele gelmegine. Fiziki dersinden bilişimiz ýaly atmosferadaky ýyldyrymyň çakmaklygy toplanan elektrik zarýadlaryň özara zarýadsyzlanmagy bilen emele gelýär. Ol ýerde ýokary ýyglykly elektromagnit meýdany emele gelip daş töweregindäki bar bolan zadlara güýçli täsir edýär. Kadaly işläp duran elektrik ulgamlaryň iş ýagdaýyny bozýar.

Ulgamy düzüjileriň işleýşiniň kadaly ýerine ýetirmezligi: açarlaryň wagtynda açylyp ýapylmazlygy, 3 fazaly ulgamlaryň açarlar deň bir wagtda birleşdirilmegi ýa-da öz wagtynda aýrylmasa, üç fazaly sistemanyň bir fazasy üzülse ýa-da ýere gaçsa şol ýagdaýda ýokary ýyglykly goşmaça meýdan ýüze çykýar, şeýlelikde ulgamda aşa naprýaženiýe emele gelip ulgamyň kadaly işlemegi bozulýar, ýokarda görkezilen sebäplerden başga-da birnäçe sebäpleriň - ýagdaýyň bolmagy mümkin.

#### **3.2. Elektrik ulgamlarynda ýitgisiz tolkun hadysalary**

Elektrik ulgamlaryna we ony düzüjilere gös-göni ýa-da olaryň töweregine ýere ýyldyrymyň urmagy olarda ýokary ýyglykly elektromagnit tolkunlaryny döredýär. Ulgamlarda we podstansiýalarda aşa naprýaženiýanyň emele gelmegini şol elektromagnit tolkunlarynyň hereketi we döwürlemegi bilen häsiýetlendirilýär. Tolkun hadysalarynyň hereketini

öwrnemeklik ýyldyrym sowujy enjamlary taslamakda we gurnamakda uly orun tutýarlar. Tolkun hadysasyny öwrenmeklik (“ENE”) dersinden giňden seredilip geçilýär. Şonuň üçin ýokary naprýaženiýanyň tehnikasy dersine degişli soraglara, meselelere seredenimiz bilen çäkleneris.

Ýüze çykan elektromagnit tolkunlaryň görnüşleri, häsiýetleri ulgamlaryň düzüjileriň geometriki görnüşlerine we ýerleşişlerine baglydyr. Sebäbi ulgamlaryň düzüjilileriň öz arasynda hem-de olar bilen ýeriň arasynda elektromagnit meýdany ýüze çykýar we çylşyrymly hadysalar bolup geçýär.

Ýönekeýlik üçin howa liniýasynda goşmaça dörän elektromagnit tolkunynyň ýagdaýyna we emele getirýän hadysasyna hem-de onuň haýsy ululyklara baglydygyna seredip geçeliň. Elektromagnit tolkunynyň dielektrik sredada ýaýramak tizligini şeýle formula bilen kesgitlep bolar.

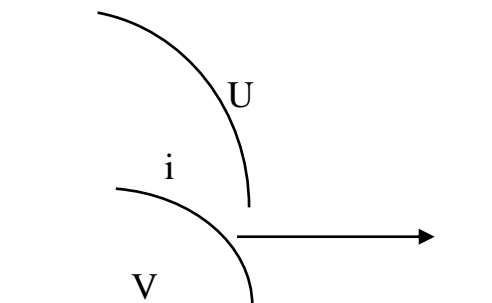
$$g_o = \frac{C}{\sqrt{\mu E}} \cdot \quad (1)$$

C-ýagtylyk tolkunynyň tizligi.

$\mu E$  - degişlilikde magnit we dielektrik syzyjylygy, seredilýän sreda atmosfera howasy bolany üçin  $\mu = 1$ ;  $E = 1$ ;  $g_o = C$  – diýmek elektromagnit tolkunlary howada ýagtylyk tolkunlaryň tizligine deň tizlik bilen ýaýraýan eken. Kabel liniýalar üçin:  $\mu = 1$ ; ortaça  $E=4$  kabul edilýär. Ýöne kabeliň materialyna, galyňlygyna we beýleki himiki, fiziki häsiýetlerine görä ( $E \neq 4$ ) bolmaýar.

Umuman  $g_o = \frac{1}{2} C$  kabel liniýalar üçin kabul edilýär.

Hereket edýän elektromagnit tolkunlary impuls naprýaženiýaly häsiýeti bolup ol öz hereketi bilen öz boluşly tok güýjini ýüze çykarýar.



$$U = i \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}.$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} - \text{tolkun garşylygy,}$$

$$U = iZ_0;$$

Tolkun garşylygy ulgamlarda ýokary naprýaženiýanyň ýüze çykmagynda esasy orunlary eýeleýär. Ýöne her bir ulgam üçin takyk kesgitlemek, hasaplamak hemişe başartmaýar. Şonuň üçin howa ulgamlarynda aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagyny seljermeklik gerek bolsa tolkun garşylygyny  $Z_0 \approx 400$  Om kabul edýärler. Kabel liniýalar üçin has-da çylşyrymly bolýar. Sebäbi kabelleriň izolýasiýasynyň materiallaryna, galyňlygyna we ş.m ululyklaryna bagly bolýar.

Tolkun garşylygy bilen tolkunynyň ulgamlarda ýaýraýyş tizligi bilen baglanşygyny şeýleräk görkezmek bolar. Onuň başdaky ýazan formulalarymyzdan peýdalanalyň. Ýeňillik üçin:  $C=1$ ;  $\mu_0 = 1$ ;  $E_0=1$  diýip kabul edeliň.

$$\mu = \frac{2\pi L_0}{\ln \frac{2h}{r}}; \quad E = \frac{C_0 \ln \frac{2h}{r}}{2\pi};$$

(1)-formula ýerine goýsak

$$\mathcal{G}_O = \frac{1}{\sqrt{\frac{2\pi L_O}{\ln \frac{2h}{r}} \cdot \frac{C_0 \ln \frac{2h}{r}}{2\pi}}};$$

Şeýlelikde  $\mathcal{G}^2 = \frac{1}{L_0 C_0},$

bolar we  $Z^2 = \frac{L_0}{C_0}; L_0 = C_0 Z^2,$  tapsak.

$$C_0 = \frac{L_0}{Z O^2}; \text{ tapsak şeýle bolar.}$$

$$\mathcal{G}_O^2 = \frac{1}{C_0 Z O^2 C_0}; \quad \mathcal{G}_O^2 = \frac{Z O^2}{L_0^2};$$

$$\mathcal{G}_O^2 = \frac{1}{C_0^2 Z O^2};$$

$$\mathcal{G}_O = \frac{1}{C_0 Z}; \quad (3) \quad \mathcal{G}_O = \frac{Z O}{L_0}; \quad (4)$$

- 1) Eger-de seredilýän ulgam sygym häsiýete eýe bolsa onda (3) aňlatmada görnüşi ýaly elektromagnit tolkunlaryň ýaýramak tizligi tolkun garşylygyna ters proporsionaldyr.
- 2) Eger-de ulgam induktiw häsiýetine eýe bolsa onda elektromagnit tolkunlaryň ýaýramak tizligi (4) aňlatma görä bolsun garşy görä proporsionaldyr.

### 3.3. Ulgamlarda aşa naprýaženiýany häsiýetlendirýän ululyklar we differensial deňlemesi

Ulgamlarda tolkun hadysasy 4 sany ululyklaryň üsti bilen häsiýetlendirilýär.  $C$ ,  $L$ ,  $r$ -,  $g$ - aktiw geçirijiligi. Uzynlyk birligindäki naprýaženiýanyň we toguň ululyklaryň şeýle differensial deňlemeler bilen aňladyp bolar.

$$-\frac{\partial U}{\partial x} = ir + L \frac{\partial i}{\partial t}; \quad (5)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = gU + C \frac{\partial U}{\partial t} \quad (6)$$

Ulgamyň ýerleşýän ýeri dielektrik sreda bolany üçin aktiw garşylygy –  $r$  , we geçirijiligi –  $g$  uly täsir edip durmaýar. Şonuň üçinem olary  $r = 0$ ;  $g = 0$  deň diýip kabul edip bolar. Eger-de hasaba alayanyňda olar hereket edýän tolkunyny frontuna täsir edýärler, emma onuň hem ujypsyzdygyny Kostenka formula esasynda subut etdi.

Onda:

$$\tau_f^1 = \frac{\rho l^2}{240 h^2 Z^2}.$$

Bu ýerde:  $p$  - ulgam ýerleşen sredasynyň udel aktiw garşylygy.

$l$  - tolkunynyň geçen ýoly .

$Z$  - ulgamyň tolkun garşylygy

$h$  - ulgamyň ýerden belentligi .

Ýokarda görkezen şertlerimize görä ýazyp bileris.

$$-\frac{\partial U}{\partial x} = L \frac{\partial i}{\partial t}; \quad (5^1)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = C \frac{\partial U}{\partial t}; \quad (6^1)$$

(5<sup>1</sup>) - (6<sup>1</sup>) aňlatmalara ulgamlarda ýitgisiz tolkun hadysasynyň differensial deňlemelri diýilýär. Deňlemlerlerden görnüşi ýaly elektrik meýdanynyň magnit meýdanyna ýa-da magnit meýdany elektrik meýdanyna öwürlmeklik hadysasy bolup geçýär. 2-si bilelikde elektromagnit tolkunlaryny emele getirýärler. Deňlemelrdäki ululyklaryň hemme bagly zatlaryny göz önünde tutup çözkemezlik, işlemeklik köp sistemalary çözmekligi talap edilýär; hatda öwrenýän dersimiziň çäginde daşary çykýarys. Şonuň üçin olaryň çözülişini şeýle ýönekeý görnüşde ýazarys:

$$U = f_1(x - \mathcal{G}_0 t) + f_2(x + \mathcal{G}_0 t) \quad (7)$$

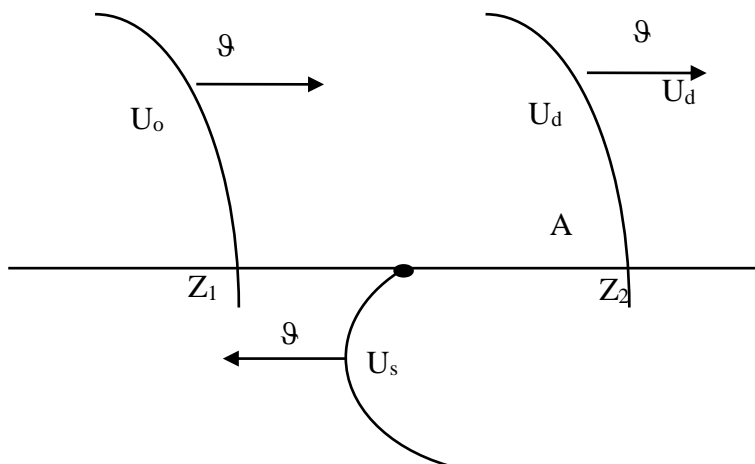
$$i = \frac{1}{Z} [f_1(x - \mathcal{G}_0 t) - f_2(x + \mathcal{G}_0 t)]; \quad (8)$$

Bu ýerde:  $f_1 - f_2$  – çylşyrymly funksiýa elektromagnit tolkunlaryň döwürliýän we serpilýän ululyklary hasaba alynandyr. Eger-de ulgamyň birleşdirilen çeşmesiniň kuwwaty ýeterlik derejeden uly bolsa, onda  $f_2(x + \mathcal{G}_0 t)$  – ululyk çeşmesiniň naprýaženiýanyň üýtgeýiş kanunlaryna laýyklykda häsiýetlendirilýär.

Ýokarda seredilýän kanunlara, kanuna laýyklyklara aňlatmalara, goýberilen ýeňilliklere – şertlere görä elektromagnit tolkunlaryň ýaýramaklyk tizligi ýagtylyk tolkunlaryň ýaýramaklyk tizligine deň diýip kabul edýäris:  $\mathcal{G} = C$ .

### 3.4.1. Tolkunlaryň döwürliýäni

Elektrik ulgamlaryny düzýän enjamlar, gurnamalar, gurallar we ş.m biri-biri bilen birleşip öz aralarynda döwürliýäni emele getirýärler. Çylşyrymly birleşmelerde hasda ýagdaý çylşyrymly bolýar. Şol sebäpli ýönekeý mysalda tolkunlaryň döwürliýäni nämelere görä bolýanlygyna seredip geçeliň. Goý seredilýän ulgam tolkun garşylyklary  $z_1$  we  $z_2$  bolsun hem-de  $z_1 \neq z_2$  diýeliň.





$U_0$  – ulgama düşýän elektromagnit tolkunynyň ululygy.

$U_d$  – A nokatda döwülip 2-nji bölege geçen elektromagnit tolkunynyň ululygy.

$U_s$  – A nokatda serpilen yzyna, gaýdan elektromagnit tolkunynyň ululygy.

Değişlilikde toklaryň ululyklaryny şeýle ululuklar bilen belleýär: ( $i_0, i_d, i_s$ )

Diňe A nokat üçin aşakdakylary ýazyp bileris.

$$U_d = U_0 + U_s \cdot (1)$$

$$i_d = i_0 - i_s \cdot (2)$$

Değişlilikde A nokatda bolup geçýän hadysany seljereris:

$$U_d Z_2 = 2 Z_2 U_0 - Z_1 U_d;$$

$$U_d (Z_1 + Z_2) = 2 Z_2 U_0;$$

$$U_d = \frac{2Z_2 U_0}{Z_1 + Z_2}; \quad \begin{array}{l} Z_1 = const \\ Z_2 = const \end{array}$$

$$\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} = const = \alpha;$$

$$\alpha = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} - \text{döwürmek koeffisiýenti}$$

$$U_d = \alpha U_0 \quad \text{bolar.}$$

### 3.4.2. Tolkunlaryň serpilmegi

Serpilýän tokun bilen düşýän tolkunynyň arabaglanşygyny şeýle tapyp bolar:

$$U_s = U_d - U_0 = \frac{2Z_2 - U_0}{Z_1 + Z_2} - U_0;$$

Umumy maýdalawjyny  $Z_1 + Z_2$  diýip alsak,

onda

$$U_s = (Z_1 + Z_2) = 2 Z_2 U_0 - U_0 (Z_1 + Z_2) = 2 Z_2 U_0 - U_0 Z_1 - U_0 Z_2;$$

$$U_s (Z_1 + Z_2) = (Z_2 - Z_1) U_0;$$

$$U_s = \beta U_0.$$

Bilşimiz ýaly

$$\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} = \text{const} = \beta$$

$$\beta = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} -$$

Serpilmek koeffisiýenti bolar.

Serpilmek we döwürmek koeffisiýentiniň arabaglanşygyny şeýleräk usul bilen tapyp bolar.

$$U_0 = \frac{U_s}{\beta} = \frac{U_d}{\alpha};$$

$$\alpha = \beta U_d = \beta (U_0 + U_s) = \beta U_0 + \beta U_s = \beta \frac{U_s}{\beta} + \beta U_s;$$

$$\alpha = 1 + \beta \cdot \quad \text{bolar.}$$

Görnüşi ýaly 2-nji bölegi döwürlip geçýän tolkunynyň ululygy döwürmek koeffisiýentine, serpilip yzyna gaýdan tolkunynyň ululygy bolsa serpilmek koeffisiýentine göni

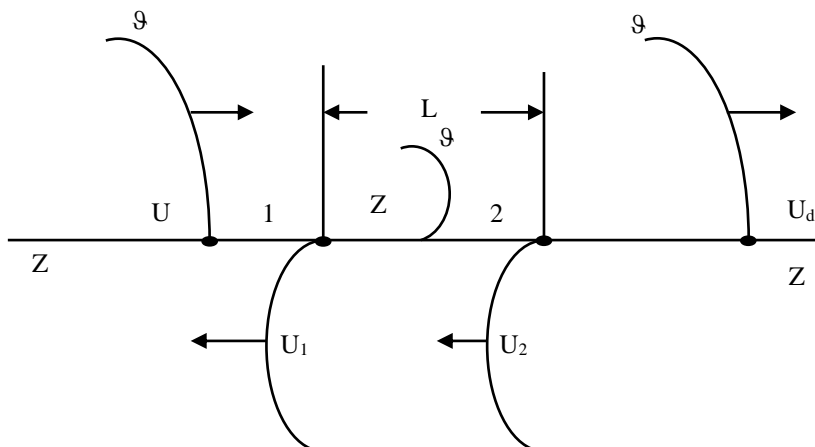
proporsional ekeni. Şeýle hem döwürlemek ýa-da serpilmek koeffisiýentleriň biri belli bolup, beýlekisi näbelli bolsa, näbelli koeffisiýenti tapmaklyk mümkinçiligi bar eken. Hasaplamaalaryň görkezilişine görä düşýän tolkunynyň ululygy döwürde azyndan iki esse köpeliýän ekeni.

### 3.5. Tolkunynyň köp gezek döwürlemegi

Önümçilikde elektrik ulgamlaryny düzýän düzüjileriň hemmesiniň garşylyklary we tolkun garşylyklary deň bolmaýarlar. Kähalatlarda elektrik toguny geçirýän bölümleriniň arasynda elektrik toguny geçirmeýän bölekleri hem bolýar. Ol şu ulgamy kadaly iş düzgüninde saklamak üçin zerur bolup durýar. (Tralleýbus liniýalarynda hem gabat gelýär). Beýle ýagdaý-da bolup geçýän hadysalary seljermek örän çylşyrymly bolýar. Şonuň üçin biz ýönekeýje mysala seredip geçeris. Diýeliň tolkun garşylyklary  $Z_1$  we  $Z_2$  bolan geçiriji bölümleriň arasynda  $l_0$  uzunlykda  $Z_0$  tolkun garşylykly dielektrik birleşdirilipdir. Şertimiz boýunça

$$Z_1 \neq Z_0 \neq Z_2 ;$$

Ýönekeý çyzgysy:



1-nji nokatda yzyna serpilip gaýdan  $U_{1s}$  we soňra şol nokatdan 1-nji bölümden geçýän tolkunlary hasaba aljak däl.

2-nji nokatda döwülip 2-nji bölüme geçýän  $U_{d2}$  we beýlekileri soňra jemläp hasaplaýak.

Häzirikje 2-nji nokatdan yzyna serpilyän  $U_{2s}$  naprýaženiýa (tolkunyn ululygyna seretjek)  $U_{2s}$  tolkunyn bölegi 2-nji nokatdan 1-nji nokada baryp ýene-de döwülýär we yzyna serpilýär. Döwülip yzyna gaýdýan tolkun 2-nji nokada gelip bölüme geçýär. Beýle hadysa köp gezek gaýtalanýar we muňa tolkunyn köp gezek döwürmegi diýilýär. Biziň seredýän ýagdaýymyz ýitgisiz hadysa bolup 2-nji bölege geçýän tolkunyn ululygy ( $U_{d2}$ ) düşýän tolkundan ( $U_0$ ) birnäçe esse köp bolmagy mümkin. Indi 1 we 2-nji nokatlar üçin döwürlemek we serpilmek koeffisiýentlerini ýazalyň.

$$\alpha_1 = \frac{2Z_0}{Z_1 + Z_0}; \quad \beta_1 = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0 + Z_1};$$

$$\alpha_2 = \frac{2Z_2}{Z_0 + Z_2}; \quad \beta_2 = \frac{Z_2 - Z_0}{Z_2 + Z_0};$$

2 -nji nokatdan (döwür) serpilip gaýdýan ( $U_{2s}$ ) üçin:

$$\alpha_1^1 = \frac{2Z_1}{Z_0 + Z_1}; \quad \beta_1^1 = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0};$$

şeýle diýip ýazyp bolar.

2-nji bölüme geçýän tolkunlaryň hemmesiniň jemini şeýle formula bilen tapylýar.

$$U_{d2} = \alpha_1 \alpha_2 U_0 \left[ 1 + \beta_1 \beta_2 + (\beta_1 \beta_2)^2 + \dots + (\beta_1 \beta_2)^{n-1} \right]$$

Eger-de  $n \rightarrow \infty$  ymtylýan bolsa, onda:

$$U_{d2} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{1 - \beta_1 \beta_2} U_0;$$

bolar. Eger-de formulada  $\alpha_1; \alpha_2; \beta_1 \beta_2$  – ululyklaryň bahalaryny ýerine goýup degişli matematiki öwürmeleri ýerine ýetirsek onda şeýle netijäni alarys.

$$U_{d2} = \frac{2Z_2 U_0}{Z_1 + Z_2};$$

Netijeden görnüşi ýaly iki geçiriji bölümiň arasyndaky  $Z_0$  tolkun garşylykly birleşdirilen bölejik hiç-hili täsir etmeýär. Emma fiziki we inženerçilik nukdaý nazardan seretsek ol öz täsirini ýetirýär.

### 3.5.1. $Z_0$ tolkun garşylygynyň täsiriniň subut edilişi

- 1) Eger-de  $Z_1 > Z_0$  ;  $Z_2 > Z_0$  bolsa onda, birleşdirilen bölejik sygym häsiýetine eýe bolýar.

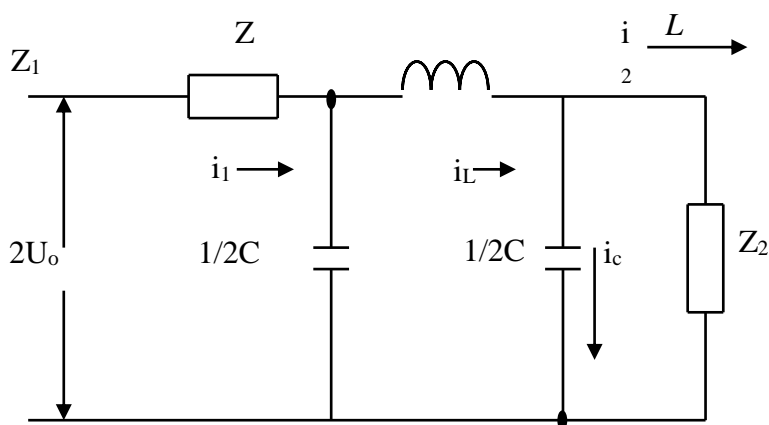
$$C = \frac{l_0}{Z_0 g_0};$$

- 2)  $Z_0 > Z_1$ ;  $Z_0 > Z_2$ ; bolsa onda bölejik induktiw häsiýete eýe bolýar;

$$L = l_0 \frac{Z_0}{g_0};$$

- 3)  $Z_1 > Z_0 > Z_2$  ýa-da  $Z_1 < Z_0 < Z_2$  onda hadysa çylşyrymly ýagdaýa eýe bolýar. Beýle hadysany ýönekeý çalşyrylan shemasy boýunça şeýleräk seljermek bolar, ýöne hasaba

alynjak sygymyň ululygyny ikä bölüp induktiwlighiň öňünden we yzyndan birleşdireris.



Çyzygymyzdan Kirhgofyň kanunynyň esaynda

$$2U_0 = i_0 Z_1 + L \frac{\partial i}{\partial t} + i_2 Z_2 \quad (4)$$

$$U = i_2 Z_2 = \frac{1}{C} \int i_0 dt \quad (2)$$

$$i_1 = i_2 + i_0 \quad (3)$$

Düzülen üç deňlemäni bililikde çözüp şeýle netijäni alarys.

$$\frac{2U_0}{LC} = \frac{d^2 U_2}{dt^2} + \left( \frac{1}{CZ_2} + \frac{Z_1}{L} \right) \frac{dU_2}{dt} + \frac{Z_1 + Z_2}{CZ_1 Z_2} U_2; \quad (4)$$

Alynan 2-nji derejeli differensial deňlemäni  $U_2$  naprýaženiýa görä çözüdini şeýle ýazaly.

$$U_2 = \frac{2Z_0 U_0}{Z_1 + Z_2} \left[ 1 - e^{-\alpha t} (C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t) \right]$$

Bu ýerde:  $C_1$  we  $C_2$  – hemişelik sanlar bolup başlangyç ýagdaýlary;  $t=0 \quad \frac{dU}{dt} = 0$  göz önüne tutup taparys:

$$C_1 = \frac{2Z_2 U_0}{Z_1 + Z_2}, \quad C_2 = \frac{2Z_0 U_0}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{\alpha}{\omega}.$$

$$\frac{\alpha}{\omega} = \operatorname{tg} \gamma.$$

Bu ýerde:  $\alpha$  tolkunynyň sönmeklik koeffisiýenti bolup şeýle formula bilen kesgitlenýär.

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{CZ_2} + \frac{Z_1}{L} \right).$$

10-çalşyrylan shemanyň hususy ýygylgy bolup şeýle formula bilen kesgitlenýär.

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CZ_1} - \frac{1}{4} \left( \frac{C}{Z_2} - \frac{Z_1}{L} \right)};$$

$C_1, C_2, \alpha, \omega$  -bahalaryny ýerli ýerinde goýup degişli matematiki öwürmeleri ýerine ýetirip şeýle netijäni alarys:

$$U_2 = \frac{2Z_2U_0}{Z_1 + Z_2} \left[ 1 - e^{-\alpha t} \frac{\cos(\omega t - \gamma)}{\cos \gamma} \right].$$

Eger-de  $\alpha t = \pi$  kabul etsek, onda

$$\cos(\pi - \gamma) = \cos \pi \cos \gamma + \sin \pi \sin \gamma$$

$$\cos \pi = 1; \sin \pi = 1;$$

$$\cos(\pi - \gamma) = -\cos \gamma;$$

Onda:

$$U_2 = \frac{2Z_2U_0}{Z_1 + Z_2} \left[ 1 - e^{-\alpha t} \left( \frac{-\cos \gamma}{\cos \gamma} \right) \right].$$

$$U_2 = \frac{2Z_2U_0}{Z_1 + Z_2} (1 + e^{-\alpha t}) \quad (5)$$

5-den görnüşi ýaly düşýän tolkunynyň birnäçe gezek birinji hem ikinji nokatlarda döwülip hem serpilip  $Z_2$  garşylykly 2-nji bölüme geçýän  $U_2$  – ýe 2 düzüjiden durýan eken.

$$U_1 = \frac{2Z_1U_0}{Z_1 + Z_2}; \quad U_2 = \frac{2Z_2U_0}{Z_1 + Z_2} \cdot e^{-\alpha t};$$

eksponensial funksiýa boýunça wagta görä üýtgeýän ululykdan özi hem položitel alamatly eken.

Eger-de:

$$\frac{1}{CZ_1Z_2} = 1 \text{ şert ýerine ýetýär diýip kabul etsek}$$



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\alpha}{\omega} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \quad - \text{diýip alyp bileris.}$$

Onda:

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}; \quad t = \frac{\pi}{\omega}.$$

$$\alpha t = \pi \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}};$$

$\alpha$  t-niň bahasyny 5-nji formulada goýsak:

$$U_2 = \frac{2U_0}{1 + \frac{Z_1}{Z_2}} \left( 1 + e^{-\pi \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}} \right); \quad (6)$$

Alynan netijelere görä (5, 6 -njy) ortalykda birleşdirilen geçirmeýji bölejik öz täsirini ýetirýän ekeni, netijede 2-nji bölege geçýän naprýaženiýanyň ululygy 1we 2-nji bölümleriň özleriniň tolkun garşylyklaryna bagly eken.

Eger-de  $Z_2 \rightarrow \infty$  diýsek, ýagny 2-nji nokatda zynjyr üzük diýsek; onda  $Z_1 \ll Z_2$  bolup

$$\frac{Z_1}{Z_2} \approx 0 \text{ kabul edip bileris.}$$

Onda:

$$U_2 = 2U_0(1+1) = 4 U_0.$$

$$U_2 = 4U_0.$$

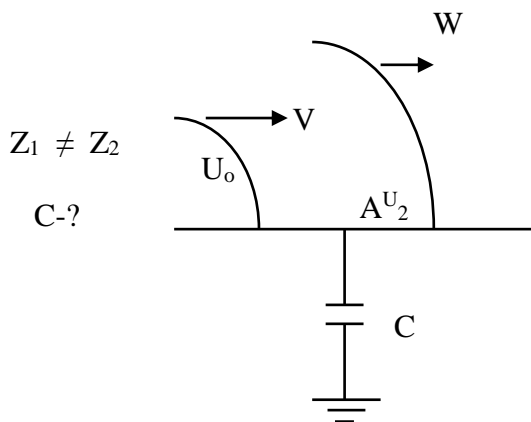
Netije-de düşýän tolkun 2-nji nokada 4-esse artýan eken. Beýle ýagdaýda ulgamda aşa köp naprýaženiýe ýüze çykyp ulgamyň iş düzgüni bozulyp awariýa bolýar. Eger-de  $Z_1 > Z_2$  bolan ýagdaýda

$$U_2 \approx 2U_0$$

Seredip geçen ýagdaýlarymyz önümçilikde köp duş gelýär. Şonuň üçin dürli enjamlar, shemalar, gurnamalar peýdalanylýar.

### 3.6. Tolkunyň sygymyň gapdalyndan ýa-da induktiwligiň üstünden geçmek

Ulgamalarda aşa ýokary naprýaženiýasynyň emele gelmezligi, eger ýüze çykanda-da howuply bolmazlygy üçin ulgamyň bölekleriniň birleşýän ýerlerine kondensatorlar, ýa-da yzygider edip induktiw tegekler birleşdirilýärler. Ýönekeý mysal çyzgysyny şeýle çyzaly.

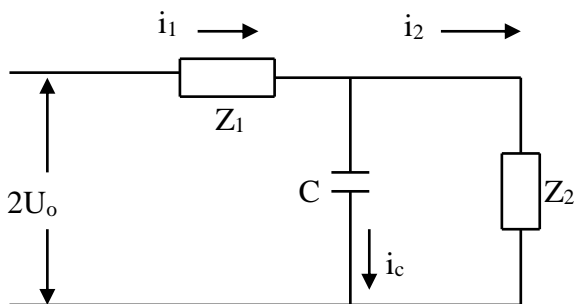


Kondensatordan başlangyç wagtda-da akyp geçýän toguň absolýut ululygy deň:

$$t = 0; \quad / i_0 /_{t=0} = \frac{2U_0}{Z_1};$$

1-nji bölümiň tolkun garşylygyna bagly bolýar. Soňra  $t > 0$ , kondensator zaryadlanyp başlaýar we tolkun döwülen bölegi

2-nji bölüm boyunca hareket edýär. Hadysany çalşyryş shemasy esasynda seljerip bolar.



Kirhgofyň kanunyň esasynda

$$2U_0 = i_1 Z_1 + i_2 Z_2 \quad (1)$$

$$U_2 = i_2 Z_2 = \frac{1}{C} \int i_c dt \quad (2)$$

$$i_1 = i_c + i_2 \quad (3)$$

$t > 0$  ýagdaýynda kondensator zarýad toplam başlaýar we belli bir derejä ýetenden soň tolkunyň belli bir bölegi 2-nji bölüme geçýär. Şol nokatdaky ýagdaýa çalşyryş shemasynyň kömegi bilen düşündirmek bolar.

(1), (2), (3) –nji formulalary bilelikde işläp matematiki öwrümleri ýerine ýetirip 2-nji bölüme geçýän naprýaženiýany taparys.

$$U_2 = \frac{2Z_2 U_0}{Z_1 + Z_2} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right). \quad (4)$$

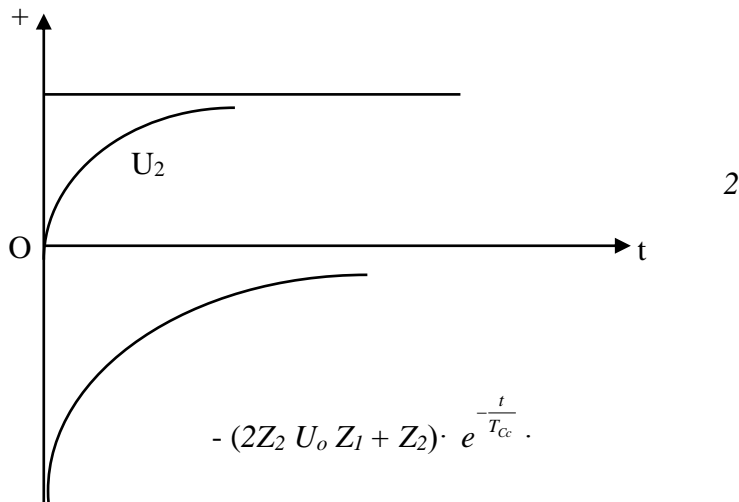
bu ýerde:  $T_c = \frac{CZ_1Z_2}{Z_1 + Z_2}$  çalşyryş shemasynyň hemişeligi.

Alynan netijä görä 2-nji bölüme geçýän naprýaženiýe 2-bölekden durup onuň biri hemişelik ululyk;  $\left( -\frac{2Z_2U_0}{Z_1 + Z_2} e^{-\frac{t}{T_c}} \right)$

wagta görä üýtgeýän ululyklar otrisatel alamata eýe bolýar.

Olary wagta görä grafiki şeýle şekillendirmek bolar.

$Z_2 U_0 Z_1 + Z_2$



(4)-njini differensiallar alarys

$$\frac{dU_2}{dt} = \frac{2Z_2U_0}{(Z_1 + Z_2)T_c} e^{-\frac{t}{T_c}} .$$

$$\frac{dU_2}{dt} = \frac{2Z_2U_0}{(Z_1 + Z_2) \cdot \frac{CZ_1Z_2}{Z_1 + Z_2}} e^{-\frac{t}{T_c}} .$$

$$\frac{dU_2}{dt} = \frac{2U_0}{CZ_1} e^{-\frac{t}{T_C}}.$$

Eger-de  $t=0$  diýsek onda naprýaženiýanyň ösüş tizliginiň maksimal bahasyny alarys.

$$\left( \frac{dU_2}{dt} \right)_{\max} = \frac{2U_0}{CZ_1}$$

Netijede  $\left( \frac{dU_2}{dt} \right)_{\max}$  ululyga ähtimallyk nukdaý nazardan belli bir san bahalaryny berip we

$$\left( \frac{dU_2}{dt} \right)_{\max} = \text{const} \quad - \text{bellesek, onda}$$

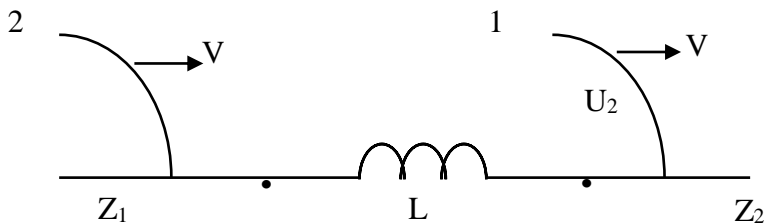
$$\left( \frac{dU_2}{dt} \right)_{\max} = A \quad A = \frac{2U_0}{CZ_1}$$

Şeýlelik-de 1-nji we 2-nji bölümleriň birleşýän düwünde näçe ululykdaky sygymly kondensatory birleşdirmek gerekdigini ähtimallyk nukdaý nazardan hasaplap bolar:

$$C = \frac{2U_0}{AZ_1} [mkF]$$

Beýle hasaplamalar ýokary naprýaženiýanyň tehnikasy dersini öwrenmeklikde formulany peýdalanyň hasaplama geçirýärler.

Eger-de 2-bölümiň birleşýän nokadynda induktiwlik birleşdirilen bolsa, onda şeýle netijäni alarys.



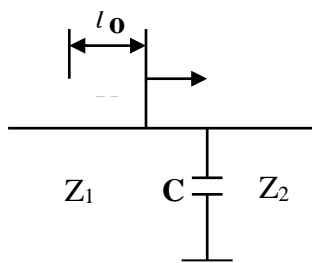
$$U_2 = \frac{2Z_2 U_0}{Z_1 + Z_2} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_L}} \right).$$

$$T_L = \frac{L}{Z_1 + Z_2}.$$

### 3.7. Başga görnüşli tolkunlaryň düşmegindäki hadysalar

Eger-de 1-nji bölüme düşýän tolkunynyň görkezijileri başga hili bolsa, onda:

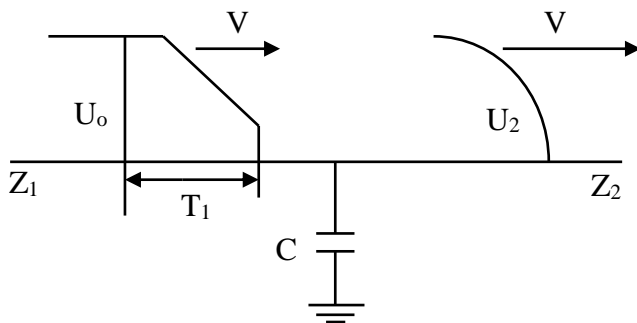
- 1) Düşýän tolkunynyň fronty göni burçly we uzynlygy  $l_0$  – ýeterlik kelte bolsa, onda şeýle ýagdaýlara seretmeli bolar.



Tolkunynyň geçýän wagtyňy şeýle kesgitleýäris :  $t = \frac{l_0}{g}$  hem-de

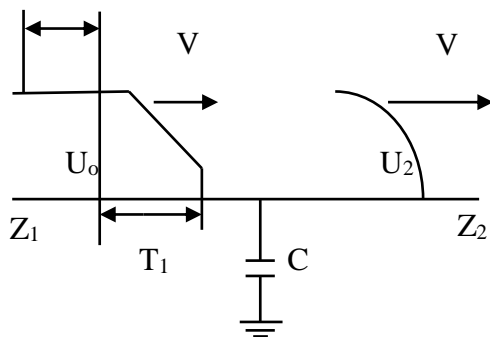
$T < t$ ;  $T > t$ ;  $T = 0$  ýagdaýlar üçin seljerip soňra  $U_2$  – naprýaženiýanyň ululygyny kesgitlep bileris.

- 2) 1-nji bölüme düşýän tolkunynyň uzynlygy çäksiz bolsa, fronty göni burçly bolsa:



Beýle ýagdaýda :  $T < T_f$ ;  $T = T_f$  ýagdaýlara seredip, soňra göniburçly front bölümüne  $T \approx 0$  wagt üçin hadysanyň bolup geçişini seljerip (4)-nji formula ýaly netijesini alyp, hemmesini jemläp  $U_2$  ululygy kesgitläp bolar.

- 3) 1-nji bölüme düşýän tolkunynyň uzynlygy ýeterlik kelte bolsa ýiti burçly (косоугольный) bolsa, onda bolup geçýän hadysa örän çylşyrymlaşýar.

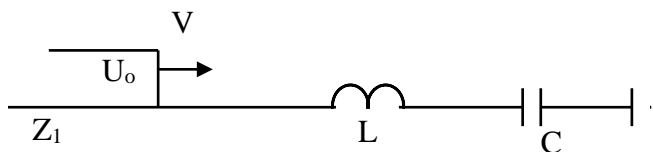


Onda:  $T < T_f$ ,  $T = T_f$ ,  $T < T_f$   
 $T < t$ ,  $T = t$ ,  $T > t$  -  $U_2$  tapyp bolar.

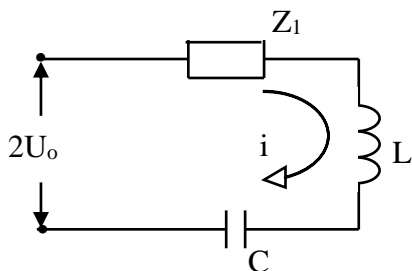
### 3.8. Tolkunyň yrgyldyly kontro düşmegi

Seljermek ýönekeý we aňsat bolmagy üçin düşýän tolkunynyň tolkun uzunlygy ýeterlik uzyn we fronty göni burçly bolsun. Ulgamlarda ulanylýan enjamlar ony birleşdirijiler, düzüjiler, özünde belli bir ululykda induktiwlik we sygym saklaýarlar. Olar özara yzygider, parallel, garşylyk birleşme emele getirip netijede yrgyldyly kontury düzýärler. Çylşyrymlylygyna garamazdan ýönekeý mysala seretmek bilen çäkleneris.

Yrgyldyly kontur  $Z_1$  – garşylygy bolan ulgama birleşdirilipdir diýeliň onda ýönekeý çyzygysy:



Seljermek üçin çalşyryş shemasyny peýdalanaly.



Ýönekeýlik üçin  $Z_1 \ll Z_k$   $Z_k = \sqrt{\frac{L}{C}}$



Onda Kirhgofyň kanuny boýunça  $2U_0 = L \frac{di}{dt} + U_c$

Bu ýerde:  $Z_1 = 0$ ;  $i = i_L = i_C$ ;  $i_C = C \frac{dU_c}{dt}$

$$\frac{di_C}{dt} = C \frac{d^2 U_c}{dt^2}$$

Esasy deňlemede bahasyny goýup alarys.

$$2U_0 = LC \frac{d^2 U_c}{dt^2} + U_c$$

Deňlemäniň çözgüdini şeýle alarys.  $U_c = 2U_0 (1 - \cos \omega t)$

$$U_c = 2U_0 (1 - \cos \omega t)$$

bu ýerde :  $\omega$  -çalşyryş shemasynyň hususy ýygylgy bolup şeýle tapylýar.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

t-wagt, periodyň islendik döwri üçin seredip bilinýär.

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Eger-de  $t = \frac{1}{2}T$  wagt deň diýip alsak, onda :

$$\omega t = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \frac{1}{2} 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\omega t = \pi$$

Onda  $\cos \omega t = \cos \pi = -1$

$$U_C = 2U_0[1 - (-1)] = 4U_0 \cdot$$

$$U_C = 4U_0 \cdot$$

Diýmek, seredilen wagtda kondensatorda, naprýaženiýe ( $U_0$ ) 4 esse köpeliýär.

### **3.9. Koronanyň, topragyň garşylygynyň täsirinden tolkunynyň üýtgemegi we sönmeği**

Korona - täç görnüşli zaryadsyzlanma belli bir şertlerde ýüze çykýar, onuň ýüze çykmagy energiýanyň belli bir mukdarynda ýitmeklige sebäp bolýar. Şonuň üçin ulgama artykmaç naprýaženiýe düşünde korona sebäpli onuň belli bir bölegi hereket edýän ulgamynyň töweregine ýaýrap gidýär. Şeýlelik-de tolkunynyň amplitudasy kiçelip frontynda üýtgeşme bolup geçýär. Şeýle hem ulgamda aktiw garşylyk bolup tolkunynyň energiýasynyň bir bölegi ýylylyk energiýasyna öwrülip ulgamynyň töweregine ýaýraýar.

Eger-de düşýän tolkunynyň uzynlygy ýeterlik kelte bolsa, onda koronanyň emele gelmegi we ulgamyň aktiw garşylygynyň täsiri bilen düşen tolkun sönýär, ýa-da ulgamyň düzüjiler üçin howpsyz bolýar.

Eger-de düşýän tolkun ýere baryp ýetse, onda ýeriň üstünde köwlenme toklary emele gelip çylşyrymly ýagdaý ýüze

çykýar. Ýeriň aktiw garşylylygyna baglylylykda düşen tolkunynyň energiýasy ýere ýaýraýar we yzyna serpilmän ulgamyň düzüjiler üçin howpsyz bolýar.

Ýokardaky seredilen ýagdaýlary jemläp tejribe işleriniň netijelerine görä alymlar şeýle deňlemäni hödürlediler.

$$-\frac{dU_0}{dl} = \alpha U^2 \cdot U = \frac{U_0}{1 + \alpha l U_0}.$$

bu ýerde:

$U_0$  – ulgamyň düşýän tolkun naprýaženiýasy;

$l$ -tolkunynyň geçen ýoly;  $U$  seredilýän nokatdaky naprýaženiýe;

$\alpha$  -koeffisiýenti ulgamyň nominal naprýaženiýasyna baglylykda hemişelik san, meselem  $U_n = 400$  kw bolsa

1) (+) impuls üçin  $\alpha = 600$

2) (-) impuls üçin  $\alpha = 400$  we ş.m

Düşýän impulsyň frontyna edýän täsirini şeýle aňlatma bilen kesgitläp bolar.

$$(\tau_f)_{\max} = \tau_0 + \left( \frac{1}{2} + \frac{U_0}{h_{or}} \cdot 8 \cdot 10^{-8} \right) l$$

$\tau_0$  –başlangyç fronty.  $h_{or}$  – ulgamyň ýerden ortaça beýikligi; şeýle ýagdaýlarda ulgamyň tolkun garşylygy üýtgeýär

$$\left( Z = 138 \lg \frac{2g}{2} \right)$$

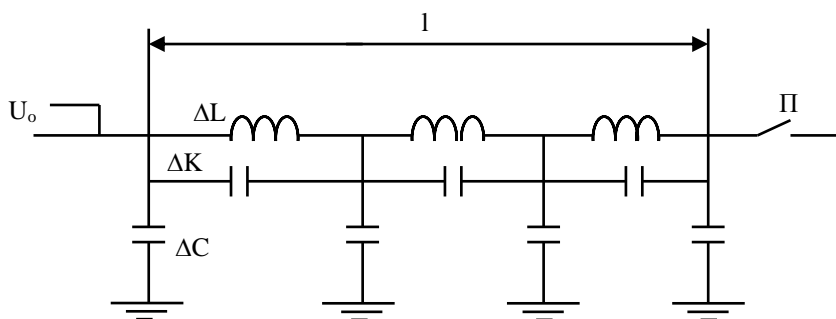
$$Z^1 = 138 \sqrt{\lg \frac{2h}{2} \cdot \lg \frac{2h}{a}}$$

a-simleriniň korona emele gelendäki radiusy.

Ýokardaky ýönekeý seredilen mysallardaky ululyklary ulgamlary gurnamakdaky meýilnamalarda göz önünde tutulýar.

### 3.10. Tolkunyň transformatorynyň sargylaryna düşmegi

Tolkun transformatorynyň sargylaryna düşende çylşyrymly ýagdaý emele gelýär. Onuň çylşyrymlylygyň derejesi düşýän tolkunynyň ululyklaryna bagly. Şonuň üçin düşýän tolkunynyň uzynlygy ýeterlik uzyn bolsa fronty göni burçly bolsa iň ýönekeý ýagdaý döreýär, ýöne tolkunlar (impulslar) örän ýokary ýygyllykly bolýarlar,  $(10^4 - 10^5)$  GS töweregi bolýarlar. Bolup geçýän ýagdaýy seljermek üçin transformatoryň ýönekeý çalşyryç shemasyndan peýdalanalyň:



$U_0$  – düşýän impuls naprýaženiýasy.

$\Delta L$  - tegekleriň özünüň we tegekleriň özara induktiwligi.

$\Delta K$  - Elementleriň özara sygymy.

$\Delta C$  - Elementleriň ýere göre emele getirýän sygymy.

$\Pi$  - açar.

Transformatoryň şeýle çylşyrymly gurnama bolany üçin ony böleklere bölýärler – elementlere. Oňa bir ýa-da birnäçe tegek girip biler, ýa-da sargylar, ýa-da bolmasa bir sargynyň birnäçe bölegi girip biler.

Çalşyryş shemasynyň ululyklaryny şeýle ýazyp bileris.

$$L_0 = n \cdot \Delta L; \quad K_0 = \frac{\Delta K}{n}; \quad C_0 = n \cdot \Delta C_0$$

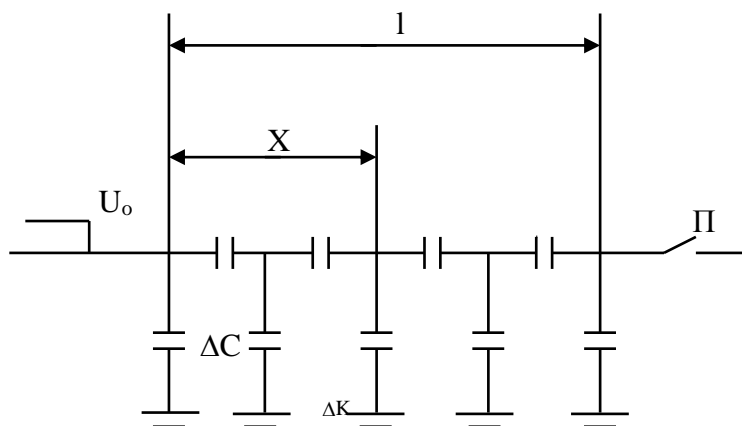
bu ýerde:  $n$ -elementleriň sany. Onda çalşyryş shemasynyň hemişeligini sargynyň uzynlygyny göz önünde tutup hemişeliklerini şeýle ýazyp bileris.

$$L = l \cdot L_0; \quad K = \frac{K_0}{l}; \quad C = l \cdot C_0;$$

Düşýän impuls naprýaženiýasynyň ýygylgyň ýokary bolmagy sebäpli çalşyryş shemasyny şeýle ýönekeýleşdirip bileris. Ýagny induktiw garşylyk  $x_L = \omega \cdot L$  düşýän tolkunynyň ýygylgyna göni proporsionaldyr. Ýygylk näçe uly bolsa induktiw garşylyk hem şonça uly bolýar: sygym garşylygy  $x_C = \frac{1}{\omega C}$  - düşýän tolkunynyň ýygylgyna ters proporsionaldyr.

Ýagny düşýän tolkunynyň ýygylgy näçe ýokary bolsa sygym garşylygy şonça-da kiçi bolýar. Netijede  $X_L \gg X_C$  seredýän hadysamyzy ýitgisiz hadysa diýenimiz üçin  $\Delta r$  –aktiw garşylygy hasaba almadyk.

Şeýlelik-de transformatoryň çalşyryş shemasyny şu görnüşde çyzarys.



X -impulsyň düşýän nokadyndan seredilýän nokada çenli bolan aralyk,

U -naprýaženiýasy.

Seredilýän nokat üçin ululyklary we şertleri göz önünde tutsak, netijede şeýle deňlemäni alarys.

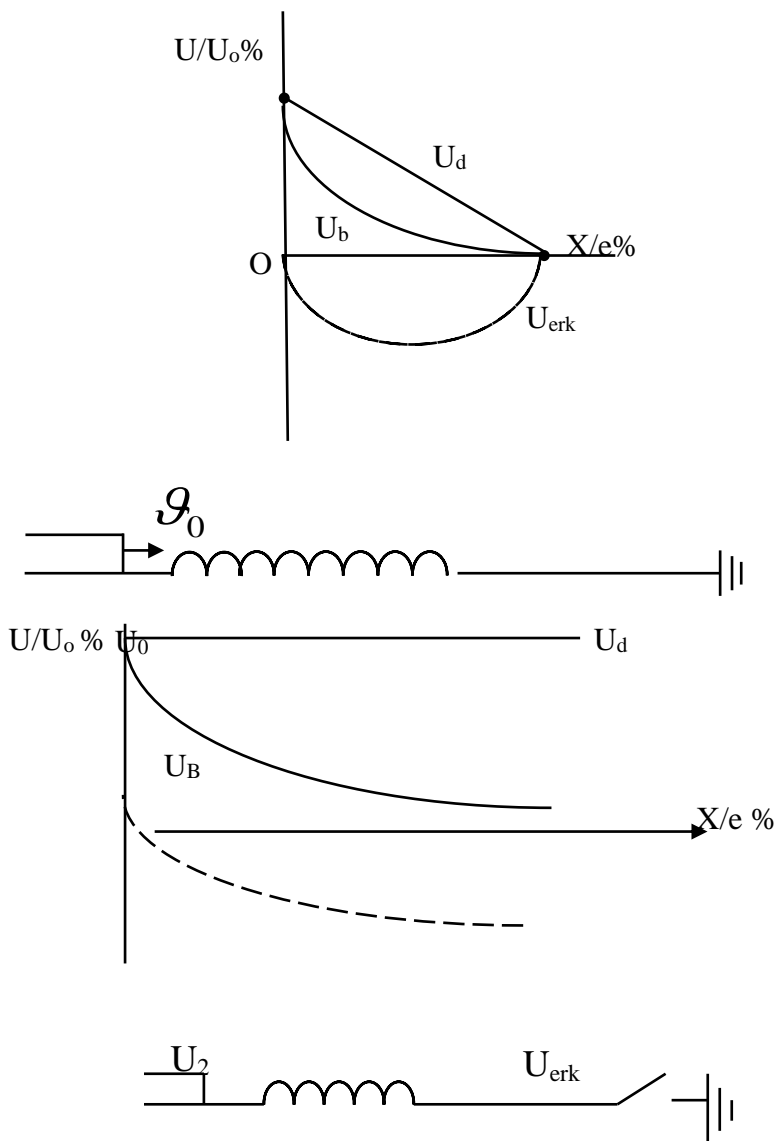
$$\frac{d^2U}{dx^2} - \frac{C_0}{K_0}U = 0.$$

häsiýetlendiriji deňlemesine  $\alpha = \sqrt{\frac{C_0}{K_0}}$  ýazyp, çözlüşini ýazarys.

$$Ae^{\alpha x} + Be^{-\alpha x} = U_0.$$

Matematiki şertleri göz önünde tutup  $U = U_0 e^{-\alpha l}$  .  
transformatoryň sargylarynda impuls naprýaženiýasynyň ilkinji paýlanşynyň deňlemesi diýilýär.

Impuls naprýaženiýasynyň transformatoryň sargylarynda paýlanşy sargynyň beýleki ujy ýere birleşen ýa-da birleşdirilmedik ýagdaýyna baglydyr. Olary grafigi şeýle görkezmek bolar.



Ululyk  $\alpha l = (5.....20)$  aralygynda bolýar; Ol  $C$  we  $K$  ululyklara baglydyr:

Ýagny

$$\alpha l = \sqrt{\frac{C_0}{K}} l^2 .$$

Netijede

$$\alpha l = \sqrt{\frac{C}{K}} \quad \text{bolýar:}$$

Transformator da impuls naprýaženiýasy başda güýçli täsir ýetmezligi üçin giriş sygymy (  $C_g$  ) birleşdirilýär. Ol hem  $C$  we  $K$  ululyklara görä alynyp,

$C_g = (500 \dots 5000) \text{ pF}$  aralykda bolýar.  $C_g = \sqrt{CK}$  baglanşykda tapylýar.

Eger şeýle edilmese :

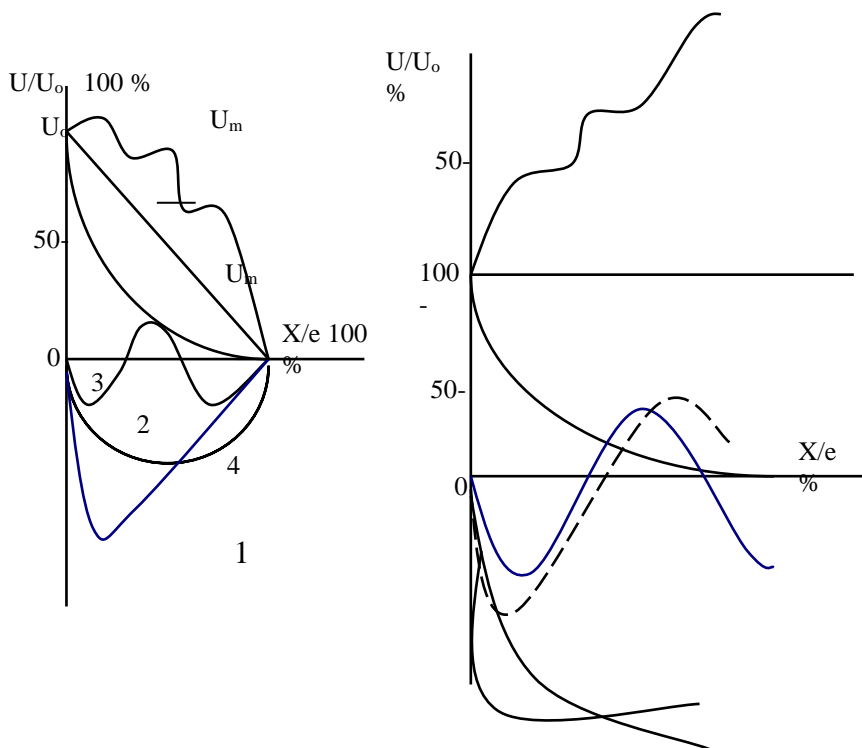
$$\left( \frac{dU}{dx} \right)_{x=0} = \frac{U_0}{l} \alpha l$$

deňlemeden görnüşi ýaly transformatoryň sargysynyň başlangyjyndan impuls naprýaženiýasynyň gradiýenti  $\alpha l$  – esse köp bolýar. Yrgyldynyň erkin düzüjisini

( $U_{\text{örk}}$ ) birnäçe durnukly garmonikalara ýaýradyp bolýar. Olary hasaba alsak grafiki ýagdaýy görkezmek bolar we transformatoryň sargysyna täsir edýän impuls naprýaženiýasynyň maksimal ululygyny (  $U_{\text{max}}$  ) kesgitläp, görkezip bolar.

üç garmonikany görkezip çäkleneris.

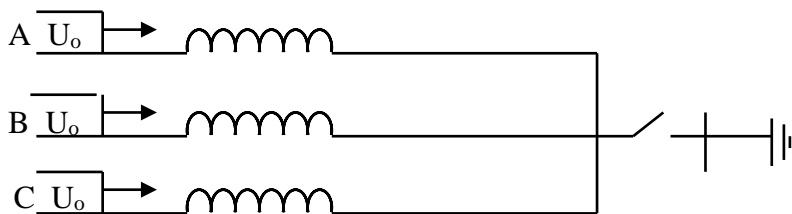




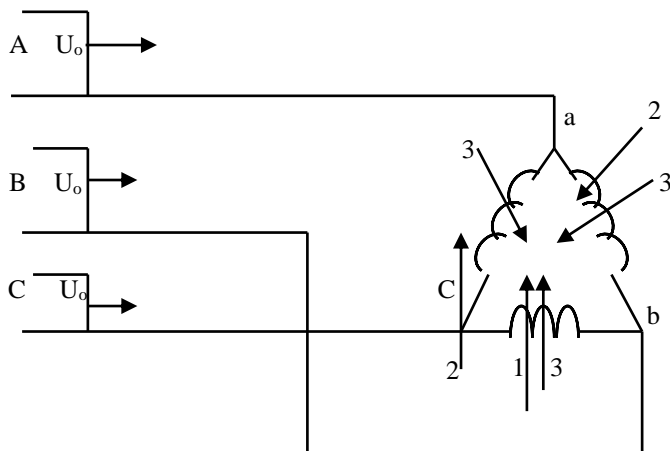
Sargynyň topraklanan ýagdaýyndky aşa naprýaženiýa 120%, beýleki ýagdaýda 180% ýetýär.

### 3.11. Üç fazaly transformatorlarda hadysanyň aýratynlygy

Üç fazaly transformatoryň özleriniň gurluşy boýunça bir fazaly transformatordan has çylşyrymly induktiwlikleri we umumy garşylyklary bolup geçýän hadysany has-da çylşyrymlaşdyrýar. Olaryň fazalarynyň birleşdiriliş usullaryna görä sadalaşdyryp seljermeklik bilen çäkleneris. Eger-de 3 fazaly transformatoryň 1-nji sargylary ýyldyz görnüşinde birleşdirilen bolsa onda şeýleräk ýagdaýlar bolup geçýär.

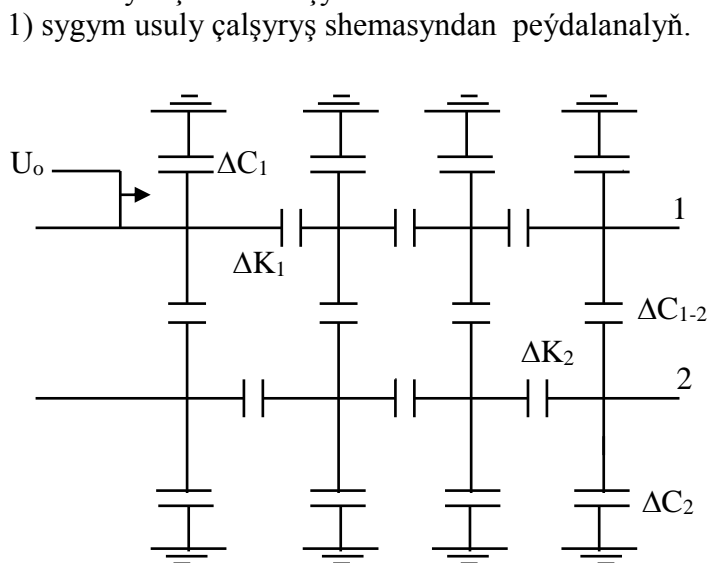


- 1) Sargylar ýyldyz görnüşinde birleşdirip umumy nokady ýere birleşdirilen. Onda 1, 2, 3 fazasyndan impuls naprýażeniýasy düşende 1 fazaly transformatordaky ýagdaý gaýtalanýar; sargylaryň başlanýan ýerinde aşa naprýażeniýe ýüze çykýar soňra ýere geçip gidýär.
- 2) Transformatoryň sargysy ýyldyz görnüşinde birleşdirilipdir. Onda A faza impuls naprýażeniýasy düşünde.  
Aşa naprýażeniýe A fazanyň sargylaryň başynda emele gelýär; Eger 2 faza düşse, onda:  
ýagdaý bolup C fazanyň sargylarynyň soňunda aşa naprýażeniýe ýüze çykýar.
- 3faza düşse onda sargylaryň soňunyň birleşýän düwümlerinde aşa naprýażeniýe ýüze çykýar. Eger-de sargylar 3 burçlyk görnüşinde birleşen bolsa:



- 1) Eger-de impuls naprýaženiýasy A faza düşse onda a-nokatda 2-ä bölünýär we b, c-nokatlardan C sargysyna düşýär we sargynyň ortasynda aşa naprýaženiýe ýüze çykýar.
- 2) Eger-de impuls naprýaženiýe A, B faza düşse onda a,b -nokatlarda bölünýärler we A fazanyň ortasynda we b, c fazanyň birleşýän nokadynda aşa naprýaženiýe ýüze çykýar.
- 3) Eger-de impuls naprýaženiýasy A, B, C faza düşse onda 3 fazanyň sargylarynyň ortasynda aşa naprýaženiýe ýüze çykýar.

Eger-de impuls naprýaženiýasynyň düşmek tertibi ýokary, tersine bolsa ýene-de şu hadysala degişli ýerlerinde ýüze çykýarlar. Aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmaklygy transformatoryň sargylarynyň izolasiýalaryna howply. Şonuň üçin hem izolasiýalary ýasanlarynda islendik ýagdaýda-da böwsülmedik hadysasy ýüze çykmaz ýaly edip hasabyny çykarýarlar. 1-nji sargylara düşýän impulsy naprýaženiýasy 2-nji sargylara hem geçýärler. Ol geçmeklik 2 usul boýunça amala aşýar.



$C_1, C_1, C_{1-2}$  1-nji sarga düşen impuls naprýaženiýany  $U_1$  diýsek  
2-nji sarga geçýän naprýaženiýa  $U_2$  diýsek

$$U_2 = U_1 \frac{C_{1-2}}{C_{1-2} + C_2} \quad \Delta K_1 = 0, \text{ ýagdaý üçin.}$$

tapyp bileris, ýöne  $(C_{1-2} + C_2)$  ululygynyň hemmesi naprýaženiýanyň geçmekligine gatnaşmaýar, şonuň üçinem C-sygymy goşmaça birleşdirýärlär.

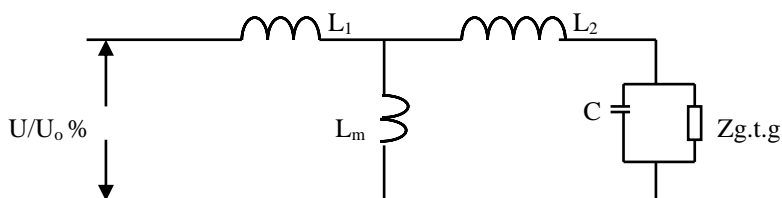
Şeýlelik-de:

$$U_2 = U_1 \frac{C_{1-2}}{C_{1-2} + C_2 + C};$$

$$C = C_{1-2} + C_2;$$

formula bilen hasaplanylýar.

Elektromagnit başlangyç esasynda, seljermek üçin çalşyrys shemasyndan peýdalanarys:



$L_1, L_2$  1,2-nji sargylaryň induktiwlikleri  $L_m$  - magnitlendiriji induktiwlük.  $C$  2-nji sargynyň umumy sygymy.

$Z_{g.t.g}$  - generatoryň tolkun garşylygy. Ýönekeýlik üçin  $C=0$ ,  $L_m \gg L_1 + L_2$  diýip kabul ederis. Onda:

$$U_2 = U_1 \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \cdot \frac{1}{n};$$

$$T = \frac{L_1 + L_2}{Z_{g.t.g}} .$$

Hemişelik; n-transformatoryň transformasiýa koeffisiýenti.  
Eger-de transformator ýeterlik kuwwatlylygy bolan generatorlardan iýmitlenýän bolsa onda aşa naprýaženiýanyň emele gelmekligine garşy goraýjy enjamlary ulanmasaňam bolýar.

#### 4.       ATMOSFERA, KOMUTASION AŞA NAPRÝAŽENÝANYŇ ÝÜZE ÇYKMAGY WE ONDAN GORANMAK

##### 4.1.   Ýyldyrymyň emele gelmegi we onuň esasy ululyklary

1) Ýyldyrymyň zarýady – alymlaryň geçiren tejribeleri netijesinde 90% - ti (-) zarýadly, şonuň üçinem halkara ylalaşygynda hemmesini (-) diýip kabul edilýär.

2) Ýyldyrymyň tolkunynyň görnüşi – tolkunly “косоугольный” – gyşyk burçly diýip kabul edilen .

3) Ýyldyrymyň togunyň max bahasy ( $I_m$ ) – toguny ölçemek üçin dürli usullar, enjamlar, shemalar peýdalanylýar, ýöne takyk ölçemeklik köplenç halatda başartmaýar. Şonuň üç hasaplamalarda  $I_m=100$  k A diýip hasaplanylýar.

4) Ýyldyrymyň kanalyň tolkun garşylygy – kanaly ýokary geçirijilikde ulgam hasap edilip tolkun garşylygyny.  $Z_t=300$  Om kabul edilen.

5) Ýyldyrymyň togunyň ösüş tizligi –  $\tau = \frac{dI_m}{dt}$   
(edebiýatlarda şeýle görnüşler hem gabat  
gelýär  $\tau = \frac{di_{\min}}{dt}$  )

Ýyldyrym hadysasy elektrik Energetikasy üçin we beýleki janly-jandarlar we binalar üçin howply hadysa bolany üçin ondan gorumaklyk barada ir döwürlerden alymlar işländir.

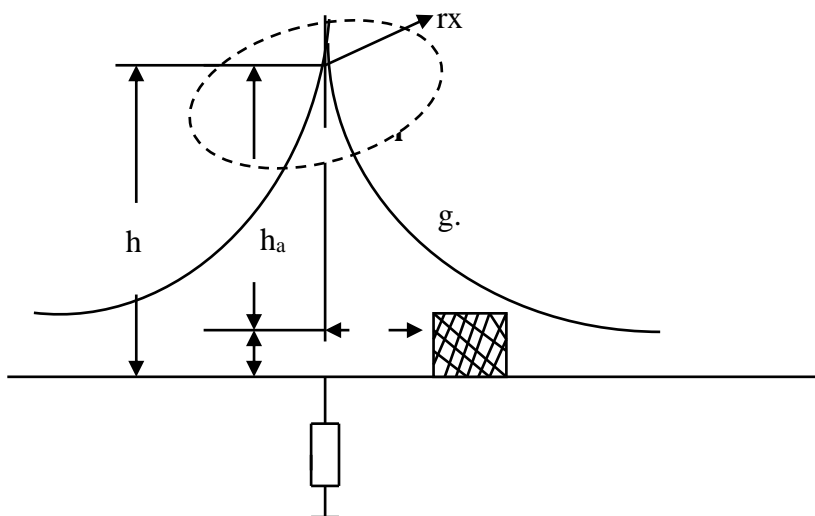
Häzirki zamanda şeýle goraýjy enjamlar peýdalanylýar.

1. Sütün we tros görnüşli ýyldyrym sowujylar.
2. Zarýadsyzlandyryjy gurnamalar-enjamlar.
3. Agaçdan ýasalan sütünler we beýleki goşmaça enjamlar.
4. Awtomatiki gaýtadan birleşdirijiler.

## 4.2. Sütün we tros görnüşli ýyldyrym sowujylar

Bu enjamlar energetiki sistemasynda giňden peýdalanylýar. Gurluşy boýunça ýönekeý we çylşyrymly bolýar. Ýönekeý çyzgysyzyny şeýle çyzyp bolýar. Sütün görnüşli ýyldyrym sowyjynyň goraýyş meýdanyny şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$r_x = h_a \frac{1,6P}{1 + hx/h}.$$

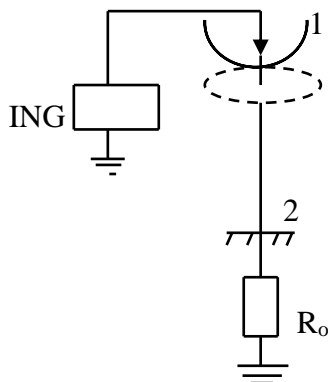


Bu ýerde:  $P$  - hemişelik koeffisiýenti bolup,  $h \leq 30$  m bolsa  $P=1$  diýip alynýar.

Eger-de  $h > 30$  m beýik bolsa  $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$  tapylýar.

1-ýyldyrym sowujy bilen goralýan gurnamanyň aralygy bolup  $l \geq 7h_a$   $P$ -kesgitlenilýär. Eger-de birnäçe sütün görnüşli ýyldyrym sowujy peýdalanylýan bolsa onuň goraýyş zolagy  $D \leq 8h_a$   $P$ -tapylýar.

Ýyldyrym sowujylaryň goraýyş zolagy ähtibarly bolmagy üçin tejribe arkaly 100% - lik gorayş zolagy kesgitlenilýär. Bu bolsa şeýle ýönekeýje usul bilen amala aşyrylýarlar.



Ýokary naprýaženiýaly erkin elektrody ýyldyrym sowujynyň töwereginde aýlaýarlar we töwerek boýunça haýsy ýerde zarýadsyzlanma geçişini belläp goraýyş zologyny (punktir aýlaw çyzgysy) alýarlar. Eger-de depesinden seretseň şeýle tutuş çzyk görnüşinde bolýar. Halkara ylalaşygyna görä we tehniki taýdan ýyldyrym sowujylar bilelik-de ähtibarly işläř ýaly olaryň 100 % -lik goraýyş zoloklary biri-biriniň üstüne düşer ýaly edip ýerleşdirmeli.



$R_0$  – ýyldyrym sowujynyň zeminlemek garşylygydyr; ol ýyldyrym sowujynyň depesindäki ýa-da islendik beýikligindäki potensiallar tapawudyny kesgitlemekde uly rol oýnaýar. Ýyldyrym sowujynyň depesindäki potensiallar tapawudy:

$$U = I_m R_0 + L \frac{dI_m}{dt};$$

Induktiwlik:

$$L = h \frac{Z}{g}; \quad L_x = h_x \frac{Z}{g};$$

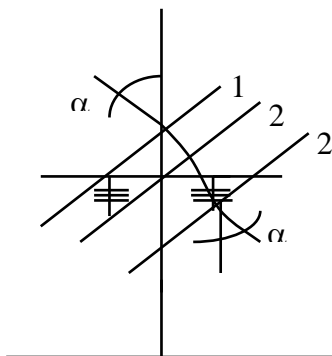
Goralýan gurnamanyň depesindäkini bilmek üçin

$$U_x = I_m R_0 + L_x \frac{dI_m}{dt};$$

Ýyldyrym sowujynyň gorag zolagy ýokardan seretseň konus şekilli meýdana meňzeýär. Eger-de goralýan gurnama zolaga girmese onda ýyldyrym sowujynyň täsiri bolmaýar.

Tros görnüşli ýyldyrym sowujylar howa elektrik liniýalaryny goramak üçin peýdalanylýar. Olar sütünleriň depesinde ýerleşdirilýär, liniýanyň uzaboýuna .

Goraýyş zolagy şeýle kesgitenilýär.

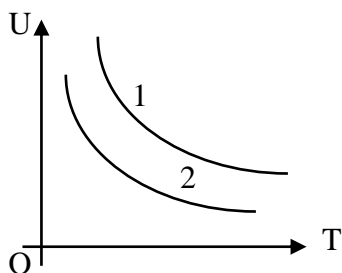


- 1 - tros görnüşli ýyldyrym sowujy.
- 2 – faza görnüşli ýyldyrym sowujy simleri,
- $\alpha$  - t.g. ýyldyrym sowujysynyň gorag zolag burçy.
- ol -  $\alpha = (20 \dots 30^\circ)$  aralykda bolýar.
- Ol hem geografiki ýerleşişine görä alynýar.

### 4.3. Zaryadsyzlandyryjy gurnamalar – enajamlar (razryadnikler)

Zaryadsyzlandyryjylar elektrik energetiki sistemasynyň islendik gurnamalarynda ulanylýar. Olar 3 görnüşli bolýarlar. “Howa aralygy” (Воздушный промежуток) Turba görnüşli, wentellnyý bolýarlar. Hemme zaryadsyzlar şeýle şertleri kanagatlandyrmalydyr:

1. Wolt-sekunt häsiýetnamalary goralýan gurnamanyň wolt-sekund häsiýetmalaryndan 20 % aşakda ýatlamalydyr.  $U=f(\tau)$



- 1 - goralýan gurnamanyň w/s häsiýetnamasy
- 2 – zaryadsyzlandyryjylaryň w/s häsiýetnamasy

2. Zaryadsyzlandyryjy urgy toguny  $I_u(0)$  1-nji 0 bahasynda dugany öçürmelidir.
3. Zaryadsyzlandyryjylaryň ululyklary  $R$ ,  $S$  aralykdan üýtgemän galmalydyr.

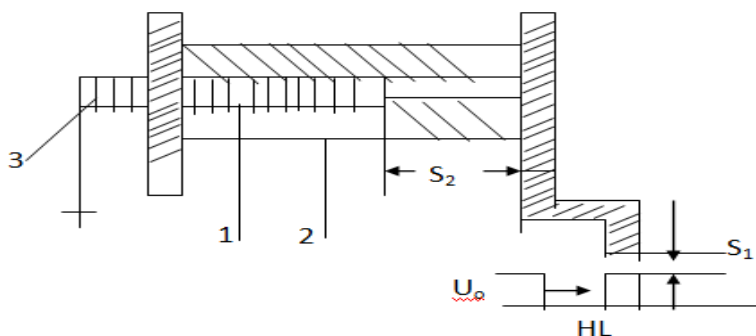
4. Zaryadsyzlandyryjyň söndüriş naprýaženiýasynyň nominal naprýaženiýasyna gatnaşygy hemişelik galmalydyr.

5. Zaryadsyzlandyryjyň Wolt-Amper häsiýetnamasy  $U = f(I)$  göni çyzyga golaý bolmaly. Ýagny başda belli bir tizlikde ösüp opsisa parallel bolmaly.

1. Воздушные промежутки – “Howa aralygy” – gurluşy, geometriki formasy boýunça dürli-dürli bolýarlar:

çiş görnüşli, şah görnüşli, şar görnüşli, ýarym şar görnüşli we ş.m. Önümçilikde 10 kw naprýaženiýaly elektrik energetiki sistemalarda ulanylýar. Emma käbir halatlarda tötänleýin elektrotlaryň arasynda zaryadsyzlanma bolup gerekmejek wagtlary hem “işleýärler”

2. Turba görnüşli zaryadsyzlandyryjylar-gurluşy boýunça çylşyrymly, dürli-dürli ululyklary naprýaženiýaly elektrik energetiki sistemalarda peýdalanylýar. Olardaky ulanylýan gaz emele getiriji maddalara görä – winiplast, we bakalit peýdalanylyp olaryň atlary hem şoňa görä t utulýar. Zaryadsyzlandyryjynyň ýönekeý çyzgysyny şeýle çyzmak bolar.



1 – içki elektrod

2 – gaz emele getirýän madda

3 – elektrody berkidýän we zeminlemäge mümínçilik berýän berkitme.

$S_1$  – daşky howa aralygy

$S_2$  – howa aralyjygy, içki

Turba görnüşli zarýadsyzlandyryjylaryň esasy elektriki häsiýetnamalary

Tablisa 1

Zarýadsyzlandyryjyň görnüşü	Daşky uçgun aralygy, mm	Impulsly zarýadsyzlandyryjy naprýaženiýe 1,2/50 mks, kW impulsda		50 Gs – daky zarýadsyzlandyryjy naprýaženiýe	
		minimum	2 mks üçin	Gury ýagdaýda	Ýagyşda
Fibrobakelit zarýadsyzlandyryjylar (PTΦ)					
PTΦ 3/0,2-1,5	5-10	35/40	40/45	10	7
PTΦ 3/1,5-7	5-10	35/40	40/45	10	7
PTΦ 6/0,3-10	8	61/61	71/71	42	39
	15	80/80	83/83	-	-
PTΦ 6/1,5-10	8	55/55	67/67	-	-
	15	68/68	83/83	-	-
PTΦ 10/0,5-7	20	80/80	83/83	-	-
PTΦ 35/0,4-3	80	160/170	200/200	95	95
	100	180/190	205/220	105	83
	150	225/255	250/265	130	110
	200	270/320	300/310	155	135
PTΦ 35/0,8-5	80	180/180	210/210	105	65
	100	195/195	230/230	110	73
	150	235/245	275/275	115	90
	200	270/285	330/330	125	105
PTΦ 35/1,8-10	80	155/155	180/180	90	80
	100	170/170	195/195	96	82
	150	210/220	240/240	115	95
	200	245/270	290/290	130	105
PTΦ 110/0,4-2,2	350	410/455	495/560	213	200
	400	432/495	525/600	230	225
	450	455/530	550/640	240	250
	500	475/570	580/680	255	270
PTΦ 110/1,2-7	350	410/455	495/560	213	200
	400	430/500	525/600	230	225
	450	455/530	550/640	240	250
	500	475/570	580/680	255	270
PTΦ 110/2-10	350	385/430	500/560	-	-
	400	395/440	540/645	-	-
	450	405/450	580/730	-	-
	500	415/460	620/810	-	-

Winiplast zarýadsyzlandyryjylar (PTB)					
PTB 6-10/0,5-4	10	60/60	65/65	33	32
	15	65/65	68/68	42	40
1-nji tablisanyň dowamy					
PTB 6-10/2-12	10	60/60	65/65	33	32
	15	65/65	68/68	42	40
PTB 20/2-12	40	115/115	125/125	65	55
PTB 35/2-10	80	135/140	145/145	100	100
	100	165/165	180/180	115	110
	150	210/225	220/225	150	145
	200	260/285	275/288	180	170
PTB 110/2-10	350	380/400	415/435	165	100
	400	405/440	450/480	217	145
	450	435/460	485/510	310	170
	500	460/490	520/575	395	212
Winiplast güýçlendirilen zarýadsyzlandyryjylar (PTBY)					
PTBY 35/5-20	100	165/165	180/180	100	85
	150	-/225	-/262	147	120
	200	-/265	-/308	195	156
PTBY 35/7-30	100	165/165	180/180	100	85
	150	-/225	-/262	147	120
	200	-/265	-/308	195	156
PTBY 110/5-20	400	405/440	450/480	217	212
	450	-/460	-/505	265	234
	500	-/490	-/538	282	255
PTBY 110/7-30	400	405/440	450/480	217	212
	450	-/460	-/505	265	234
	500	-/490	-/538	282	255
PTBY 220/2-10	500	-/1050	-/1100	600	550
	600	-/1100	-/1150	700	600
	700	-/1150	-/1200	750	700
	800	-/1200	-/1250	864	838
Bellik . sanawjyda položitel polýarly impuls getirilen, maýdalowjyda bolsa otirisatel.					

Işleýşi haçanda howa liniýasyna  $U_0$  –ýe düşse ol hem  $U_0 < U_{s1}$  , b; bolsa  $S_1$  aralyk böwsülýä we naprýaženiýe  $S_2$  aralyga düşüp  $U_0 > U_{s2}$ ; bolýada 2-aralyk hem böwsülip zarýadsyzlandyryjynyň üstünden uly tok geçýär we 3-ň

üstünden ýere geçýär zarýadsyzlandyryjynyň üstünden uly tok geçende gaz emele getiriji maddalar (2) gyzýarda gysga pursatda  $S_2$  –aralygy gazdan (ýokary basyşly) doldurýar we toguň geçmesini kesýär. Şol ýagdaýa zaraýadsyzlandyryjynyň iş ýagdaýy diýilýär, we şol wagt tüpeň atylan ýaly ses çykýar. Zarýadsyzlandyryjynyň şeýle iş ýagdaýy portlama howpyny döredýänligi üçin ony köplenç howa liniýalarynda peýdalanylýar. Zawod tarapyndan şeýle markaly edip goýberýärler.

$PTB \frac{220}{2...6}$  (razrýadly, turba winilli 220 W işçi naprýaženiýesi 2-6 A nominal togy.)

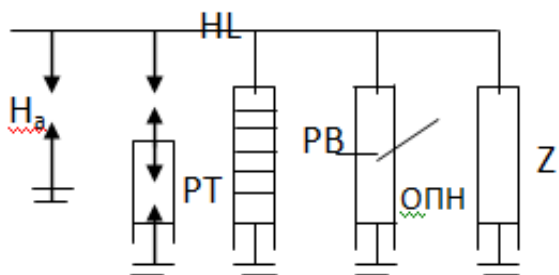
$PTB \frac{330}{4...10}$  fibrabokolit.  $PT\phi \frac{330}{4...10}$ ;

3. Wentel zarýadsyzlandyryjylary – gurlyşy boýunça çylşyrymly, üýtgeýän garşylyklary bilen howa aralyjygyna parallel birleşdirilen toplumlardan durýar; bulara Wilitowyý rýazrýodnikler diýip aýdylýar. Ondaky garşylyklar:

göni çyzyklydäl, ýagny üstünden geçýän toga görä garşylyklaryny üýtgedýärler. Bu zarýadsyzlandyryjylar elektrik energetiki sistemasynyň dürli ýerlerinde peýdalanylýar: dürli ululyklary naprýaženiýalar üçin ýörite goýberilýär, ýasalýar zawod tarapyndan şeýle markalanýar. PBC - 10 разрядник вентильный стационарный номинальный V-ýe 10. РВП-6 – подстанционный РВВМ – 6 - для защиты вращающий машины РВГС-220 PBC-35 . soňky döwürlerde zarýadsyzlandyryjynyň has kämilleşdirilen görnüşi – ОПН-ограничитель пере naprýaženiýe, aşa naprýaženiýany çäklendiriji ; önümçilikde mümkin boldugyça şu zarýadsyzlandyryjyny ulanylýar.

Beýlekilerden tapawudy işlemeýän wagty hem üstünden azajyk tok geçip durýar.

Ýokardaky görkezilen zarýadsyzlandyryjylar goralýan obýekte parallel birleşdirilýär we shemany şeýle çyzylýar:



Ýokardaky zarýadsyzlandyryjylaryň elektrodlarynyň aralyklaryny özbaşdak üýtgetmek Gadagan!



Aşa ýokary woltly synag ediji gurnamalar.





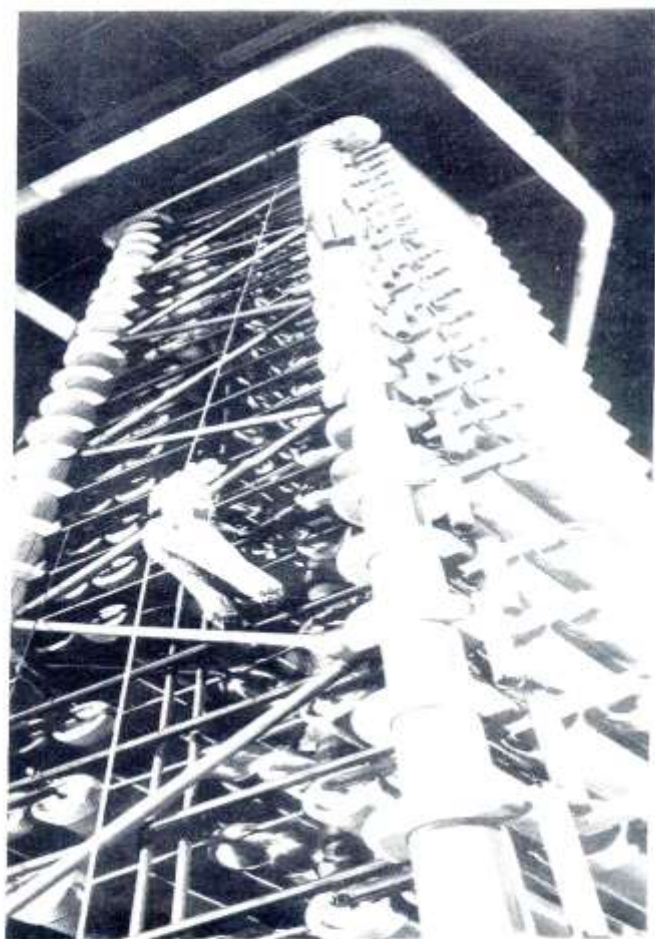
Ўýtgeýän naprýaženiýe bilen synag ediji gurnama.



Ўлокы напярэжэнняў алыншы.



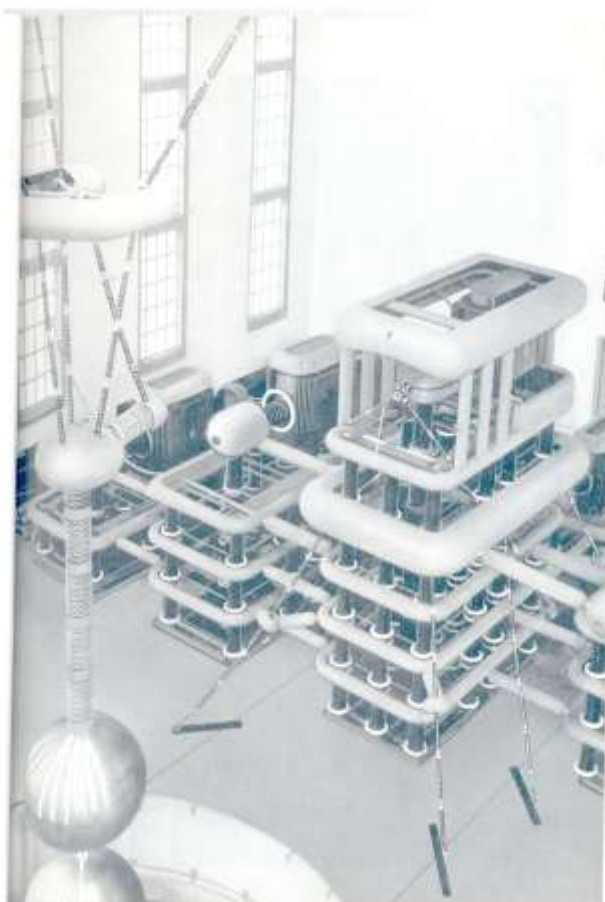
Ÿokary naprýaženíaly synag transformatory 600 kW



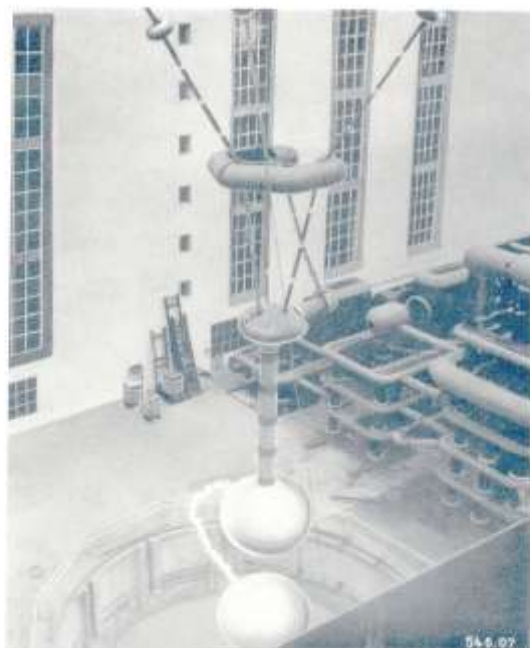
Impuls naprýaženiýe bilen synag etmek üçin gurnama 7200 kW,  
620 kW-sek



2250 kW üçin ýokary woltly synag ediji kaskad.



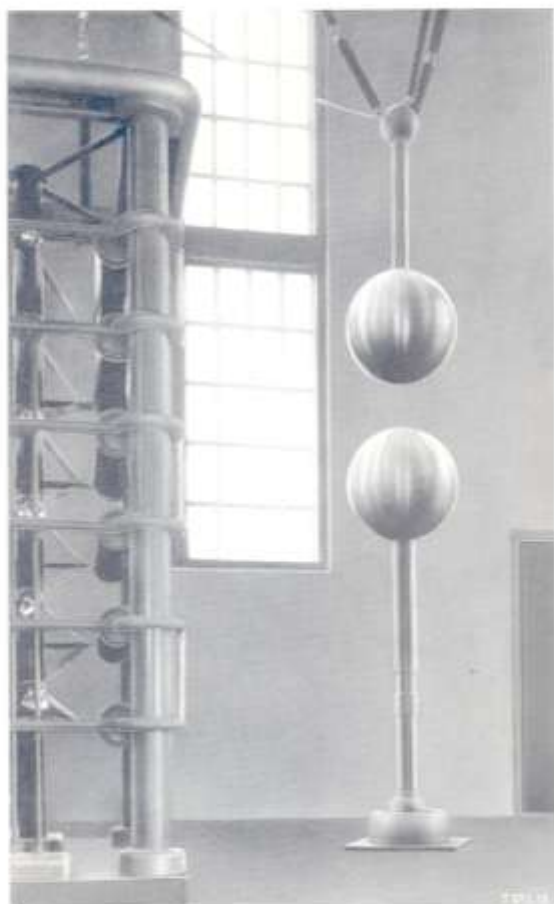
2250 kW üçin ýokary woltly synag ediji kaskad, şar görnüşli  
zarýadsyzlandyryjy bilen.



3 m diametrly şarlaryň normal däl böwsülmesi

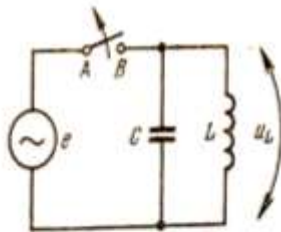


şar görnüşli zaryadsyzlandyryjyň diwar bilen aralygyndaky böwsülme hadysasy.  
 Napryženiýasy 1600kV;  
 Aralyk uzaklygy 16,5 m.

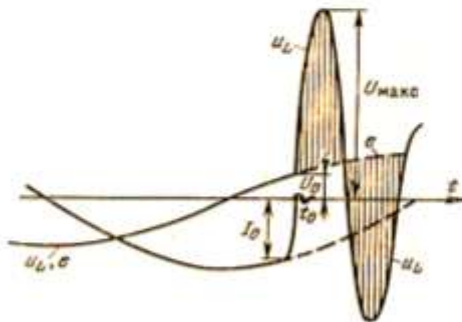


Impuls naprjaženių savybių generatorių 4800 kW, 384 kVt-sec





Sinusoidal naprýaženiýa  
çeşmesinden induktiwligiň  
öçürilmesi.



Öçürijidaki duganyň gaýtadan ýanmasyny göz öňünde tutmazdan  
induktiwligiň öçürilen wagtyndaky aşa naprýaženiýanyň  
emele gelmegi.

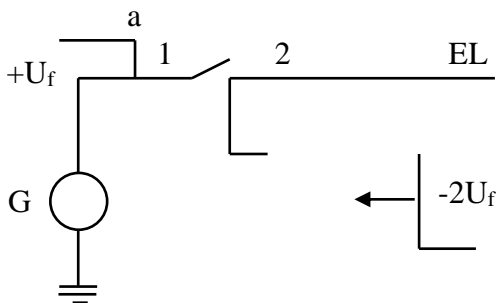
#### 4.4.1. Komutasion aşa naprýaženiýanyň emele gelmegi (içki aşa naprýaženiýe)

Komutasion aşa naprýaženiýe elektrik energetiki sistemanyň düzüjileri görkezilen kadalar boýunça peýdalanylmadyk wagtynda enjamlarda kemçilik ýüze çykanda ýa-da tötänleýin liniýalarda fazalaryň üzülmegi, olaryň ýere gaçmagy ýa-da boş galmaklaryny we ş.m sebäpli ýüze çykýar; komutasion aşa naprýaženiýe hadysasy atmosfera aşa naprýaženiýasyndan has howply bolýar, faza naprýaženiýalary duýdamsyz 4 esse köpeliýärler, käbir ýagdaýlarda ondanam artyk bolýarlar.

Izolýasiýa komutasion aşa naprýaženiýanyň täsirine hasaplanylýar. Komutasion aşa naprýaženiýa liniýa açarlar öz wagtynda açylmasa – ýapylmasa; 3 fazaly açarlar deň wagtda açylyp-ýapylmasa; 3 fazaly sistemada 1 we 2 faza üzülse, ýere gaçsa ýa-da hiç zada degmän üzük dursa ýüze çykýar.

#### 4.4.2. Boş liniýalar öçürilende (ýazdyrylanda) aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy

Liniýalar ýüksiz wagtynda kadalaýyn öçürilmese, ýagny açarlaryň kontaktlaryň aralygy göz önünde tutulan wagtda süýşme aralyklara barmasa. Şol wagtda aşa naprýaženiýe ýüze çykýar. Ony, hadysany şeýle ýönekeý ýagdaýda düşündirmek bolar. Ýönekeý çyzgy:

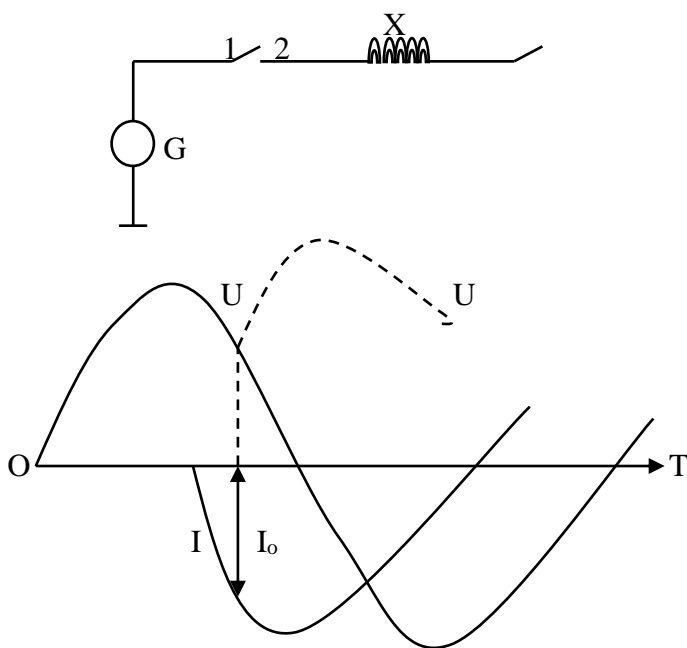


Naprýaženiýe nuldan geçen wagtynda açary ýazdyrýarys diýeliň. Onda açaryň birinji nokadynda (+) (faza  $U$ ) polýarly, 2-nji nokatda (-) faza naprýaženiýasy galýarlar. Şeýlelik-de açaryň kontaktlarynda  $2U_f$  –sy düşýär. Eger-de  $2U_f$  –ýe kontaktlaryň arasyny ýapmaga (böwürmäge) ýeterlik bolsa onda – açarda elektrik dugany emele getirip, liniýa tarap ýene-de  $1-U_f$  –sy geçýär we liniýanyň soňuna baryp  $2-U_f$  bolup yzyna gaýdýar. Eger duga sönmese onda hadysa köp gezek gaýtalanýar we ýüksiz liniýada aşa naprýaženiýe emele gelip howply ýagdaý döreýär. Şonuň üçinem önüçilikde liniýalar

uzyn ýa-da kelte bolanlyga garamazdan boş (ýüksiz) diýip kadany ýatdan çykarmaly däl, açar birleşdirilende hem şeýle ýagdaý ýüze çykýar.

#### 4.4.3. Induktiwlikleri we boş işleýän transformatorlary öçürilende aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy

Önümçilikde köplenç ýokary induktiwligi bolan gurnamalary we transformatorlary ýüksiz wagtynda dürli sebäplere görä öçürýärler. Olar ýüksiz bolsada Generator bilen aralykda we öz sargylarynda belli bir ululykdaky tok akyp geçýär. Açar ýazdyrylanda bolup geçýän hadysany ýönekeý mysalda seredip geçeliň.



Açary  $i \neq 0$  ýagdaýda öçüreläň. Goý tok  $i = I_0$  ; bolsa şol wagtda (pursatda ) naprýaženiýe ýokarlanýar. 1 we 2 nokatlarda

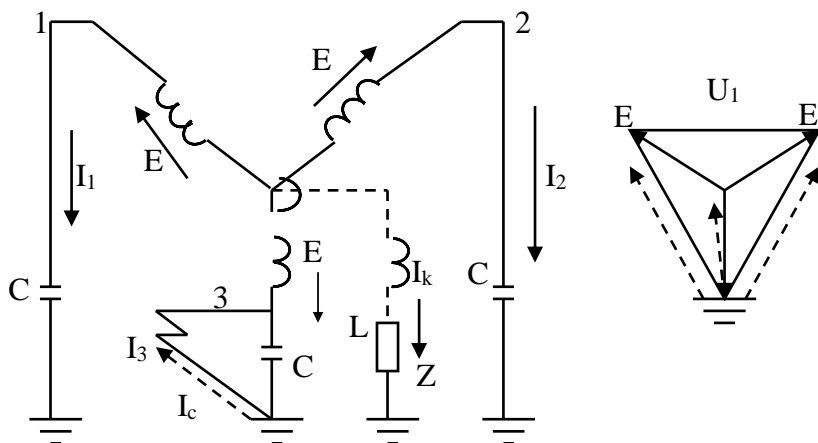
elektrik meýdanynyň energiýasy  $W_e = \frac{U^2 C}{2}$  ; magnit meýdanyň

$W_m = \frac{I^2 L}{2}$  energiýasy bilen çalsyp geçiş hadysasy bolup geçýär.

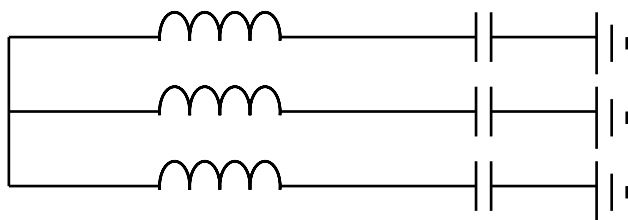
Şeýlelik-de induktiwliliklerde we transformatoryň sargylarynda aşa naprýaženiýe ýüze çykyp howply ýagdaý döreýär.

#### 4.5. Üç fazaly ulgamlarda 1 fazanyň üzülip ýere gaçmagynda aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy

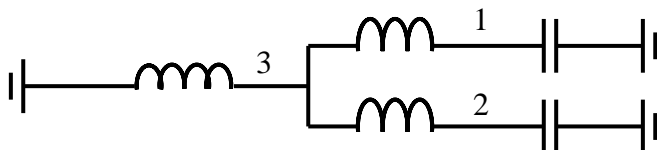
Aşa naprýaženiýanyň beýle ýagdaýda ýüze çykmagy önümçilikde köp duş gelýär, dürli sebäplere görä. Bolup geçýän hadysany düşündirmek üçin şeýle çyzga seredeliň.



Çyzgyda ýönekeýlik üçin 3 fazaly transformatoryň 2-nji sargysy görkezilendir we ony şeýle hem çyzmak bolar.



$C_1$   $C_2$   $C_3$  –sygymlar ýörite birleşdirilen kondensatorlar bolman  $A_1$   $B_1$   $C$  fazalaryň ýere görä dördýän sygymlarydyr, goý çyzgydaky ýaly 3-nji faza üzülip ýere gaçypdyr.

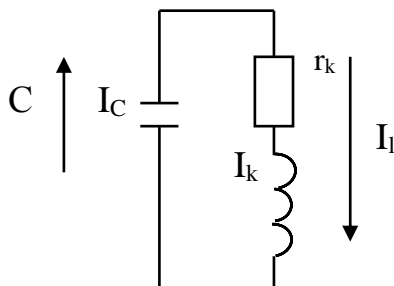


Onda 3-nji faza görä 1, 2 fazalar özara parallel birleşen bolup, 3-nji faza yzygider birleşýär. Şeýlelikde 3 fazanyň üstünden akyp geýän toguň ululygy 1-2-nji fazanyň togunyň jemine deň bolýar. Şeýlelikde tutuş sistemada näsazlyk ýüze çykyp naprýaženiýe ýokarlanýar.  $U_1$   $U_2$  ; naprýaženiýalaryň bu ýagdaýyny şeýle çyzgy bilen düşündirip bolýar. (b) surat tutuş çyzyklar kadaly ýagdaýdaky ululyklaryň wektor diagrammasy. Punktir çyzyklar gysga utgoşma ýagdaýyndaky ululyklaryň wektor diagrammasy .

Adaty we g.u-ma ýagdaýynda liniýa naprýaženiýalary  $U_l$  şol bir ululyklary saklaýarlar faza naprýaženiýalary  $U_f$  üýtgedýärler; şu ýagdaýda  $U_{f3}=0$ ;

$U_{f2} = U_{f1} = UL$ ;  $U_0 = U_1$  şeýlelikde 1,2 fazadaky ýükler hatardan çykýar. Şu ýagdaýy kadalaşdyrmak üçin umumy

nokadyna duga söndüriji enjam oturdylýar. Ýokary induktiwlikli ( $L_k R_k$ ) we şeýle birleşme emele gelýär.



$I_C$  we  $I_L$  fazalary ters bolany sebäpli biri-birini kompensirleýärler we şeýlelikde duga söndürilýär, aşa naprýaženiýasynyň öňi alynýar.

## Edebiýat

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Кузмин В.Г. Организация, планирование и управление в энергетике. Высшая школа 1982.
11. Лапицкий В.И. Организация и планирование в энергетике. Высшая школа 1975.
12. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. В. П.

- Ларионова, Базуткин В.В., Сергеев Ю.Г. М. Энергоиздат. 1982.
13. Техника высоких напряжений (изоляция) и перенапряжения в электрических системах. Под ред. В. П. Ларионова – М. ГЭИ. 1986.
  14. Техника высоких напряжений. Под редакцией Д.В. Газевичаю М. ГЭИ. 1976 .
  15. Хаджиев М. Нурыев Д. Перенапряжения и изоляция в системе электроснабжения (методическое руководство к лабораторным работам по техника высоких напряжений). Ашгабат 1991.



## MAZMUNY

	SÖZBAŞY	7
	GIRIŞ	9
<b>1.</b>	<b>GAZLARYŇ ELEKTRIK BERKLIĞI WE ZARÝADSYZLANMALAR</b>	<b>11</b>
<b>1.1.</b>	Gazlardaky dürli görnüşli zarýadsyzlandyrmanyň umumy häsiýetlendirilişi	11
<b>1.2.</b>	Gazlary ionlaşdyrmakdaky esasy hadysalar (gazlary ionlaşdyrmaklygyň usullary)	12
<b>1.3.</b>	Elektronlaryň urgusyndan ionlaşmaklygyň koeffisiýenti	15
<b>1.4.</b>	Elektronlaryň toplumynyň emele gelmegi	20
<b>1.5.</b>	Özbaşdak zarýadsyzlanmagyň şerti	23
<b>1.6.</b>	Birmeňzeş elektrik meýdanynda zarýadlanmak naprýaženiýasy we onuň basyş baglylygy	26
<b>1.7.</b>	Birmeňzeş däl elektrik meýdanda zarýadsyzlanma naprýaženiýasynyň kanuna laýyklygy	30
<b>1.8.</b>	Dürli geometriki görnüşli elektrodalaryň arasynda uçgun zarýadsyzlanmak (Hemişelik we üýtgeýän toklarda naprýaženiýada)	31
<b>1.9.</b>	Päsgelçilikleriň tutýan orny	33
<b>1.10.</b>	Hemişelik togunyň zynjyrynda täç görnüşli zarýadsyzlanma sebäpli energiýanyň ýitgisi	35
<b>1.11.</b>	Üýtgeýän toguň zynjyrynda täç görnüşli zarýadsyzlanma sebäpli ýitgini hasaplamak	41
<b>1.12.</b>	Tok geçiriji simleriň diametrini kesgitlemegiň praktiki çemeleşilmegi. Işilen simleri peýdalanmak	44
<b>1.13.</b>	Zarýadsyzlanmagyň wagta baglylygy	46
<b>2.</b>	<b>SYNAG GURNAMALARY WE ÝOKARY NAPRÝAŽENIÝELERI ÖLÇEMEK</b>	<b>51</b>

<b>2.1</b>	Synag transformatory	51
<b>2.2.</b>	Hemişelik ýokary naprýaženiýanyň kaskad generatorlary	53
<b>2.3.</b>	Impuls naprýaženiýanyň generatory	56
<b>2.4.</b>	Impuls togunyň generatory	61
<b>2.5.</b>	Ýokary naprýaženiýalary ölçemek	64
<b>2.6.1.</b>	Izolýasiýalary profilaktiki synagdan geçirmek	65
<b>2.6.2.</b>	Gatlakly izolýasiýalardaky ýagdaý	66
<b>2.6.3.</b>	Yza gaýdýan naprýaženiýany ölçemek	69
<b>2.7.</b>	Dielektrik ýitginiň burçyny ölçemek (tg $\delta$ ölçemek)	71
<b>2.8.</b>	tg $\delta$ – ölçemekligiň köpri usuly	75
<b>2.9.</b>	tg $\delta$ ölçemekligiň ýönekeý usuly	77
<b>3.</b>	<b>AŞA ÝOKARY NAPRÝAŽENIÝANYŇ ÝÜZE ÇYKMAGY WE ONDAN GORANMAK</b>	78
<b>3.1.</b>	Atmosfera we komutassion aşan naprýaženiýanyň emele gelmegi	78
<b>3.2.</b>	Elektrik ulgamlarynda ýitgisiz tolkun hadysalary	78
<b>3.3.</b>	Ulgamlarda aşan naprýaženiýany häsiýetlendirýän ululyklar we differensial deňlemesi	82
<b>3.4.1.</b>	Tolkunlaryň döwürmegi	84
<b>3.4.2.</b>	Tolkunlaryň serpilmegi	86
<b>3.5.</b>	Tolkunyň köp gezek döwürmegi	87
<b>3.5.1.</b>	Z <sub>0</sub> tolkun garşylygynyň täsiriniň subut edilişi	89
<b>3.6.</b>	Tolkunyň sygymyň gapdalyndan ýa-da induktiwligiň üstünden geçmek	94
<b>3.7.</b>	Başga görnüşli tolkunlaryň düşmegindäki hadysalar	98
<b>3.8.</b>	Tolkunyň yrgyldyly kontro düşmegi	100
<b>3.9.</b>	Koronanyň, topragyň garşylygynyň täsirinden tolkunlyk üýtgemegi we sönmegi	102

<b>3.10.</b>	Tolkunyň transformatorynyň sargylaryna düşmegi	104
<b>3.11.</b>	Üç fazaly transformatorlarda hadysanyň aýratynlygy	109
<b>4.</b>	ATMOSFERA, KOMUTASION AŞA NAPRÝAŽENIÝANYŇ ÝÜZE ÇYK MAGY WE ONDAN GORANMAK	114
<b>4.1.</b>	Ýyldyrymyň emele gelmegi we onuň esasy ululyklary	114
<b>4.2.</b>	Sütün we tros görnüşli ýyldyrym sowujylar	115
<b>4.3.</b>	Zarýadsyzlandyryjy gurnamalar – enajamlar (razrýadnikler)	118
<b>4.4.1.</b>	Komutasion aşa naprýaženiýanyň emele gelmegi (içki aşa naprýaženiýe)	133
<b>4.4.2.</b>	Boş liniýalar öçürilende (ýazdyrylanda) aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy	134
<b>4.4.3.</b>	Induktiwlikleri we boş işleýän transformatorlary öçürilende aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy	135
<b>4.5.</b>	Üç fazaly ulgamlarda 1 fazanyň üzülip ýere gaçmagynda aşa naprýaženiýanyň ýüze çykmagy	136
	Edebiýat	140