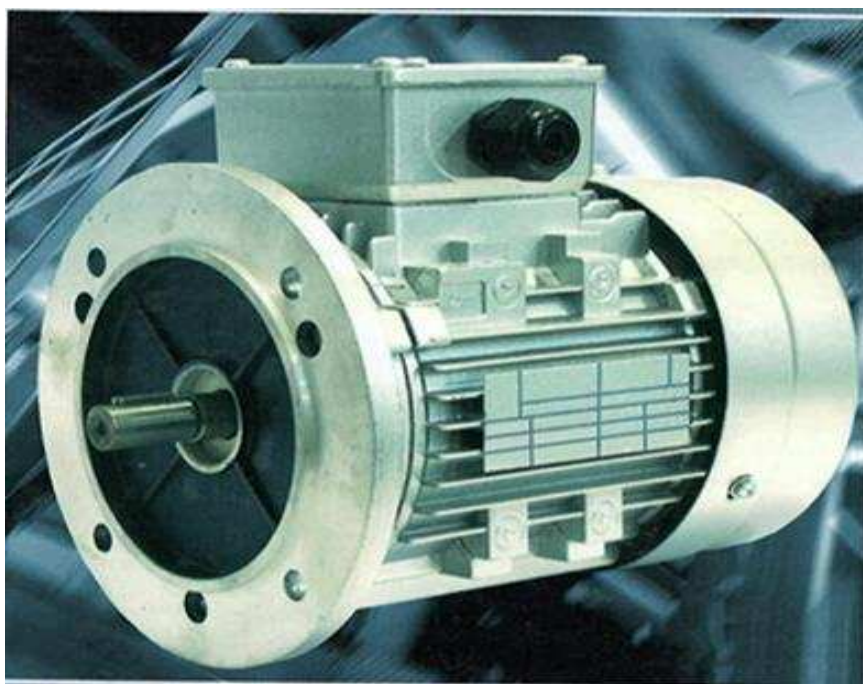




«ELEKTROTEHNIKANYŇ WE ELEKTRONIKANYŇ ESASLARY»

dersinden leksiya sapaklarynyň ýygyny



Türkmenistanyň Goranmak ministrliginiň
Beýik Saparmyrat Türkmenbaşy adyndaky
Harby instituty

M. Kösäýew

**“ELEKTROTEHNIKANYŇ WE ELEKTRONIKANYŇ ESASLARY”
dersinden leksiýa sapaklarynyň ýygýndysy**

Aşgabat 2014 ý.

“Elektrotehnikanyň we elektronikanyň esaslary” dersinden leksiýa sapaklarynyň ýygynynda elektrotehnikanyň we elektronikanyň esasy düşüňjeleri we kanunlary, hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlarynda bolup geçýän hadysalar, mikroelektronikanyň esaslary we ösüş perspektiwalary,elektriki ölçeyji abzallaryň gurluşy we işleýiş düzgünleri, üç fazaly toguň alynýşy, sarp edijilere geçirilişi we ulanylyşy, transformatorlaryň, elektrik maşynlarynyň gurluşy we işleýiş düzgünleri beýan edilýär.

“Elektrotehnikanyň we elektronikanyň esaslary” dersinden leksiýa sapaklarynyň ýygyny Turkmennistanyň Garamak ministrliginiň Beýik Saparmyrat Turkmembasy adyndaky Harby institutynyň okuw maksatnamasyna laýyklykda Ýörite inžener-baza dersleri kafedrasynyň tarapyndan okadylýan “Elektrotehnikanyň we elektronikanyň esaslary” we “Elektrotehnikanyň gurluşlary” derslerinden harby talyplara goşmaça edebiyat hoküminde tayarlanýldy. Şeýle hem, bu leksiýa sapaklarynyň ýygynyndan elektrotehnika ugrundan okadylan mugallymlar peýdalanyp bilerler.

Taýýarlan:

***Ýörite inžener – baza dersleri kafedrasynyň
uly mugallymy podpolkownik M. Köseýew***

Giriş

Elektrik hadysalarynyň tehniki ulanylmagy baradaky ylmya elektrotehnika diýilýär. Fizikadan belli boluşy ýaly, elektrik energiýasy örän wajyp aýratynlyklara eýedir:

1. Elektrik energiýasyny gaty aňsatlyk bilen energiýanyň başga görnüşlerinden alyp bolýar;
2. Elektrik energiýasyny energiýanyň beýleki görnüşlerine garanynda uzak aralyklara az ýitgiler bilen aňsat geçirip bolýar;
3. Elektrik energiýasyny sarp edilýän ýerlerinde aňsatlyk bilen sada gurluşlaryň kömegi bilen energiýanyň başga görnüşlerine üýtgedip bolýar.

Elektrik energiýasyny öndürmegiň, geçirmegiň we praktikada ulanmagyň usullaryny öwrenýän elektrotehnika, häzirkä döwürde halk hojalygyna we biziň gündelik durmuşymyza berk ornaşdy. Şu wagt elektrotehnikanyň esaslaryny bilmeklik her bir adam üçin zerurdyr. Ol işçä-de, inženere-de, lukmana-da, Ýaragly Güýçleriň harby gullukçylaryna-da, oba mehanizatoryna-da gerek. Elektrik energiýasynyň halk hojalygynyň ähli pudaklaryna çuňňur ornaşmagy hünärmenlerden bu pudaklarda ulanylýan dürli elektrik enjamlarynyň hereketlerini öwrenmäge we düşünmäge, olary dogry ulanmaga gerek bolan belli bir elektrotehniki bilimlere eýe bolmaklaryny talap edýär.

Ýygyny “Hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlary”, “Elektronikanyň esaslary”, “Magnit meýdany barada umumy düşünje”, “Elektriki ölçemeler we enjamlar” we “Elektrotehniki gurluşlar” atly baş bölümden ybarat.

Birinji bölümde hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlary, elektrik ululyklar, garşylyklar, hemişelik we üýtgeýän toguň zynjyrlarynda garşylyklaryň häsiýetleri, birfazaly we üçfazaly üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlary barada maglumatlar berilýär.

Ikinji bölümde ýarymgeçirijili elektron abzallaryň iş prinsipleri, olaryň käbir görnüşleri, elektronikanyň ösmegi netijesinde emele gelen mikroelektronikanyň esaslary, integral mikroschemalar barada umumy maglumatlar beýan edilýär.

Üçünji bölümde materiýanyň aýratyn görnüşi bolan magnit meýdanynyň häsiýetnamalary, elektromagnit induksiýa kanuny, materiallaryň magnitleşme ukyplyryna görä bölünişi, magnit meýdanyna ýerleşdirilen bölejikleriň we geçirijileriň häsiýetleri, mehaniki energiýanyň elektrik energiýasyna we tersine, elektrik energiýanyň mehaniki energiýa öwürülişi barada maglumatlar berilýär.

Dördünji bölümde elektriki ölçemeleriň esaslary, elektriki ölçeyji abzallaryň görnüşleri, ölçeme prosesinde ýüze çykýan ýalňyşlyklar, elektrik ululyklary ölçemek üçin ölçeyji abzallary tok zynjyryna birikdirmegiň usullary, elektriki däl ululyklaryň elektriki ölçenilişi barada maglumatlar berilýär.

Bäşinji bölümde transformatorlaryň gurluşy, iş düzgünleri we görnüşleri, hemişelik we üýtgeýän toguň generatorlarynyň we dwigatelleriniň gurluşlary, işleýiş prinsipleri, olaryň kömegi bilen mehaniki energiýanyň elektrik energiýasyna we elektrik energiýasynyň mehaniki energiýa öwürülmegi, olarda bolup geçýän hadysalar, elektropriwodlar, elektrik energiýasynyň öndürilýän ýerlerinden sarp edijilere geçirilişi we paýlanyşy barada maglumatlar berilýär.

BÖLÜMI. HEMIŞELIK WE ÜYTGEÝÄN TOGUŇ ELEKTRIK ZYNJYRLARY

TEMA 1. HEMIŞELIK TOGUŇ ELEKTRIK ZYNJYRLARY

1.1.1.Elektrotehnika barada maglumat

1.Elektrotehnika barada maglumat.“Elektrotehnikanyň we elektronikanyň esaslary”dersini öwrenmegiň maksady.

Elektrik hadysalarynyň tehniki ulanylmagy baradaky ylyma elektrotehnika diýilýär. Elektrotehnika elektrik energiýasyny öndürmegiň, geçirmegiň we praktikada ulanmagyň usullaryny öwrenýär. Elektrotehnika – ylymyň we tehnikanyň has giň oblastydyr. Oňa elektromaşingurluşygy, elektroawtomatika we elektroaragatnaşygyň dürli görnüşleri, elektroenjamlaryň gurluşygy, elektrometallurgiýa, elektrokebsirlemek, ýagtylyk tehnika, ýokary naprýaženýalaryň tehnika, magnetodinamika, elektriklenme teoriýasy we başga-da köp pudaklar degişli.

Elektrik energiýasy örän wajyp aýratynlyklara eýedir:

1. Gaty aňsatlyk bilen energiýanyň başga görnüşlerinden alyp bolýar (häzirki döwürde ýylylyk we ýadro energiýasyny gönümel elektrik energiýasyna öwürýärler);
2. Beýlekilere garanynda uzak aralyklara az ýitgiler bilen aňsat geçirip bolýar;
3. Sarp edilýän ýerlerinde aňsatlyk bilen energiýanyň başga görnüşlerine üýtgedip bolýar.

Häzirki döwürde elektrotehnika halk hojalygyna we biziň gündelik durmuşymyza berk ornaşdy. Şu wagt elektrotehnikanyň esaslaryny bilmeklik her bir adam üçin zerurdyr. Ol işçä-de, inženere-de, lukmana-da, Ýaragly Güýçleriň harby gullukçylaryna-da, oba mehanizatoryna-da gerek. Elektrik energiýasynyň halk hojalygynyň ähli pudaklaryny çuňňur ornaşmagy hünärmenlerden bu pudaklarda ulanylýan dürli elektrik enjamlarynyň hereketlerini öwrenmäge we düşünmäge, olary dogry ulanmaga gerek bolan belli bir elektrotehniki bilimlere eýe bolmaklaryny talap edýär.

“Elektrotehnikanyň we elektronikanyň esaslary”dersiniň esasy maksady:harby talyplara elektrotehniki enjamlaryň gurluşyny we işleýiş prinsipini, olarda bolup geçýän prosesleri öwretmekden we elektronikanyň esaslary bilen tanyşdyrmakdan ybarat.

Elektrotehnika öwrenilende ýerine ýetirmegi başarmaly işleriň toplumu:

- elektrotehniki materiallary saýlamak we işlemek;
- elektrik ölçemelerini geçirmek;
- elektrik apparaturalaryna, transformatorlara, elektrik maşynlara hyzmat etmek;
- akkumulýatorlary we elektrik togy göneldijileri ulanmak.

2.Elektrotehnikanyň ösüş taryhy. Elektrotehnikanyň ösmegine uly goşant goşan alymlar.

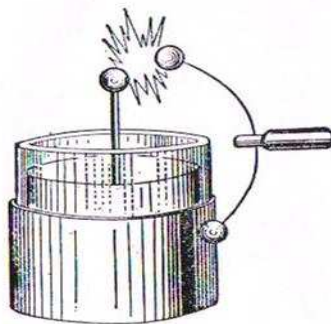
Elektrik hadysalarynyň başlangyjyny biziň eýýamymyzdan iki asyrdan hem ön ýaşap geçen gadymy grek danalarynyň biri Falesu bilen baglanyşdyrýarlar. Adamlar şol döwürler hem gadymy grek şäheri Magneziýanyň gyra çetlerinde, deňiz kenarlarynda ownuk demir bölejiklerini özüne çekýän daşlary tapypdyrlar. Magneziýa şäheriniň adyna laýyklykda şol daşlary magnit diýip atlandyrypdyrlar. Falesu

magnitlerden başga-da has täsin we owadan hem-de ýeňil daşlary tapypdyr. Olar magnitler ýaly demir bölejiklerini özüne çekmändirler, ýöne olaryň başga geň häsiýetleri bolupdyr. Eger olary ýüň mata sürtseň oňa sütüjekler, gury agajyň ýeňil bölejikleri, otjagazlar ýelmeşipdirler. Ol daşjagazlara ýantar diýilýär. Gadymy grekler ýantary elektron diýip atlandyrypdyrlar. Şol grek sözünden hem elektrik sözi emele gelipdir.



Surat-1. Sürtülip ýüze çykýan elektrikleşme netijesinde daragyň kagyz bölejiklerini özüne dartmagy

Bu täsin tebigy hadysa biz gündelik durmuşymyza hem yzygiderli gabat gelýäris. Saçymyzy daran wagtymyz kiçijik uçgynlaryň emele gelmegi bilen bu hadysanyň ýüze çykýandygyny bilýäris. Eger adaty plastmassa daragy ýüň mata sürtsek ol kagyz bölejiklerini özüne çeker we belli bir wagtlap saklar (surat-1). Ýöne gadymy grekler, filosoflar we beýleki ýaşap geçen danalar bu hadysany birnäçe ýüz ýyllap düşündirip bilmändirler. Diňe XVII asyrdan nemes alymy Otto Gerikä himiki element - kükürtden guýlan şary sürtmek arkaly elektrik toguny emele getirýän enjamy döretmek başartdy. Ýöne şol döwürde näme üçindir „elektrik suwuklygy“ diýilip atlandyrylan, ol elektrik hadysanyň syrny açmak hiç kime başartmandyr. Şol asyryň ortalarynda Gollandiýanyň Leyden uniwersitetiniň alymlary elektrik zarýadlaryny toplamagyň usulyny tapdylar. Elektrik zarýadlaryny toplaýja uniwersitetiň adyna laýyklykda „leyden bankasy“ diýen at berilipdir (surat-2).

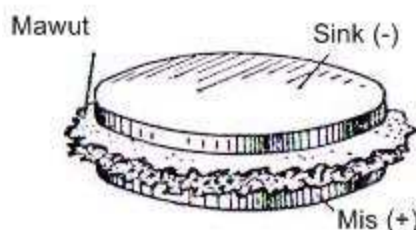


Surat-2. Leyden bankasy

Ol enjam içki we daşky diwarlaryna gurşun kagyz (folga) örtülen aýna gapdan durupdyr. Bu ýerde aýna gap dielektrik, folga bolsa toplaýjy plastina bolup hyzmat edýär. Häzirki döwürde bu enjama meňzeş gurluş kondensator diýlip atlandyrylýar. Ýokarda agzalan elektrik toguny emele getirýän gurluşa birikdirilen leyden bankasy belli bir möçberdäki elektrik zarýadyny toplan we köp wagtlap saklap bilipdir. Eger haýsy hem bolsa bir geçiriji sim bilen iki folga öz aralarynda birikdirilen ýagdaýynda, olaryň birleşdirilen ýerinde uçgun emele gelip, toplanan zarýadlar şol bada ýitipdir. Haçanda folgalar inçejik sim bilen birikdirilende ol çalt gyzyp,

gyzarypdyr we derrew eräpdir, ýagny başgaça aýdylyşy ýaly ýanypdyr. Netijede, elektrik togunyň çeşmesi bolup hyzmat eden leýden bankasy-kondensatoryň kömegi bilen geçirijilerden elektrik togy akypdyr.

XVIII asyryň soňlarynda italýan fizigi Alessandro Wolt has özleşdirilen, esasan-da üznüksiz elektrik toguny berýän çeşmäni oýlap tapypdyr. Ol uly bolmadyk tegelek mis we sink plastinalaryň arasynda kükürt kislotanyň garyndysyna batyrylan esgi bölegini goýupdyr (surat-3).



Surat-3. Woltyň elementleri

Esgi guraýança plastinalar bilen kislota garyndysynyň himiki täsirleşmesi ýüze çykyp, plastinalar berkidilen geçirijilerde uly bolmadyk elektrik togy emele gelipdir. Metal plastinalary parallel birikdirmek arkaly belli bir derejede uly tok almak mümkin bolupdyr. Bu tok çeşmesi elektrik hadysalaryny açan alym Luidži Galwaniniň hormatyna galwaniki elementler diýlip atlandyrylypdyr, parallel ýa-da yzygiderli birikdirilen elementlere bolsa ilki oýlap tapyjynyň hormatyna „woltuň sütünleri“, has soňra galwaniki batereýalary diýlip at berlipdir. Galwaniki batereýalar ýa-da „woltuň sütünleri“ hem elektrotehnikanyň başlangyjyny başlaýar. Şol döwürlerde alymlar tarapyndan elektrikleşmäniň iki görnüşiniň bardygy anyklanyldy. Olar: biri galwaniki elementiň sink plastinasyna gabat gelýän elektrik zarýad- otrisatel, mis plastinasyna gabat gelýän elektrik zarýad- položitel hasaplanyp şertli kabul edildi. Şol şertli aňlatmalara laýyklykda birinji plastinanyň elektrik zarýadlary „-“, ikinji plastinanyň zarýadlary bolsa „+“ belgiler bilen belgilendi. Şonuň ýaly hem tok položitel „+“ polýusdan otrisatel polýusa „-“ tarap akýar diýilip şertli kabul edildi. Elektrik togunyň hakyky ugry has soňra anyklanyldy.

Elektrotehnikanyň esaslaryny XVIII-XIX asyrlaryň alymlary ýöredip başladylar. Rus alymlary elektrotehnikanyň ösmegine uly goşant goşdylar. XVIII asyryň ikinji ýarymynda Peterburg akademiýasynyň alymlary M.W.Lomonosow, G.W.Rihman we T.U.Epinus taraplaryndan elektrik hadysalarynyň düýpli barlaglary geçirildi. 1744 ýylda G.W.Rihman tarapyndan elektrik energiýasynyň derejesini (möçberini) ölçýän abzal öndürildi (ilkinji elektrometr).

M.W.Lomonosow (1711-1765) 1753-nji ýylda Peterburgda Ylymlar Akademiýasynda özüniň atmosferanyň elektriklenmegi baradaky gözegçiliklerine degişli makalasy bilen çykyş etdi.

W.W.Petrow (1761-1834 ý.) rus elektrotehnikasynyň atasy hasaplanýar. Ol dünýäde ilkinji bolup (1802 ý.) elektrik dugasyny aldy, ony yşyklandyryşda ulanmak baradaky ideýany öňe sürdi, metallary elektrik kebşirlemekligi, eretmekligi hödürledi, birinji bolup metal geçirijileri izolirlenmegi ulandy we ş.m..

Aýratyn hem rus alymy Aleksandr Stepanowiç Popowyň eden beýik açyşy – radiony döretmegi, elektrotehnikanyň özbaşdak bölümi bolan radiotehnikanyň başlangyjyny goýmagy, bellärlilidir.

1820 ýylda Daniýaly alym H.K.Ersted tarapyndan elektrik togynyň magnit strelkasyna edýän täsiri bardygy anyklanyldy. Bu işde geçirijiden geçýän togyň ýakynnda ýerleşen magnit strelkasyny geçiriji tarapa çekýändigini görkezilýär. Şeýlelikde, tok geçýän geçirijiniň daşynda magnit meýdany bardygy anyklandy.

1824 ýylda Fransiýaly alym D.F.Arago togy geçirýän geçirijiniň magnit meýdanynyň kömegi bilen başga bir poladyň bölegini magnitleşdirmegi amala aşyrýar. Başga fransuz alymy A.M.Amper toklaryň mehaniki täsirini açdy we şeýlelikde elektrodinamikanyň düýbini tutdy.

1821 ýylda Angliýaly alymy M.Faradeý tok geçýän geçirijiniň magnit polýusyň daşyndan aýlanýandygyny açýar. Bu usul soňluk bilen elektrik dwigatellerinde ulanylyp başlandy. Şol ýylda hem T.I.Zeebek tarapyndan termoelektrik hadysasy açyldy, ýagny, gyrgyzlyk energiýasyny gönümel elektrik energiýasyna öwürmek mümkinçiligini.

1827 ýylda Germaniýaly alym G.S.Om tarapyndan togyň güýji, energiýanyň çeşmesiniň elektrik hereketlendiriji güýji (EHG) we geçirijiniň garşylygynyň arasyndaky gatnaşyklar anyklady. Şeýlelikde, Omyň kanunlary açyldy. Ýene bir nemes fizigi G. Kirhgoff 1845-nji ýylda şahalanýan elektrik zynjyrlarynyň kanunlaryny esaslandyrdy.

1831 ýylda M. Faradeý tarapyndan elektromagnit induksiýa kanunynyň açylmagy, J. Makswelliň we E. Lensiň işleri elektrotehnikanyň ösmegi üçin nazary esaslar bolup hyzmat etdi. Bu alymlaryň nazary we eksperimental barlaglarynyň netijesinde eýýäm XIX-njy asyrdan elektrik maşynlarynyň, transformatorlaryň, elektrik lampalaryň ilkinji nusgalary döredildi.

1833 ýylda Peterburg Ylymlar Akademiyasynyň akademigi E. Lens tarapyndan onuň ady bilen atlandyrylýan düzgün kesgitlendi, soňra bolsa eksperimentlerde Joul-Lensiň kanuny tassyklandy. E.Lens akademik B. Ýakobi bilen elektromagnitleri hasaplamagyň usullaryny işläp düzdiler we elektrik maşynlarynyň öwrülip bilijiligini açdylar. Soňra B. Ýakoby dünýäde ilkinji bolup elektrodwigateli döretdi (1834-1838 ýý.).

Üçfazly togyň tehnikasyny dörediji rus alymy M.O. Doliwo-Dobrowolskidir. Ol 1889 ýylda “belka tigrçeği” görnüşli rotorly ilkinji asinhron dwigateli, 1888 ýylda ilkinji üçfazly toguň generatoryny döretti. 1891 ýylda Bütindünýä elektrotehniki sergisinde M.O. Doliwo-Dobrowolskiý dünýäde ilkinji üçfazly togy 170 km daşlyga geçirýän elektrogeçiriji ulgamyny görkezdi. Ol tarapyndan üçfazly üýtgeýän toguň zynjyrynyň ähli elementleri, transformatorlary, goýberiji reostatlary, ölçeýji abzallary döredildi.

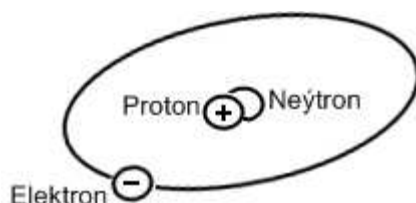
Dünýäde ilkinji adaty lampany 1872-nji ýyldan alym A. Lodygin döretti. Sowet alymy S. Wawilowyň ýolbaşçylygynda “gündiz” ýagtylyk çyralary döredildi. A. Lodyginiň, A. Stoletowyň, T. Edisonyň, J. Flemingiň we beýlekileriň işleri 1904 ýylda ikielektrodly lampanyň-diodyň döredilmegine getirdi. Rusýada ilkinji radiolampalar N. Papaleksi tarapyndan taýýarlandy.

Ýarymgeçirijiler tehnikasyna sowet alymy A. Ioffeniň goşandy ulydyr. Amerikan alymlary Bardin we Bratteýniň germaniý tranzistorlaryny döretmegi elektronikanyň elementler binýadyny ösdürmegiň täze tapgyryny başlady.

1.1.2. Elektrik togunyň fiziki ululyklary

1. Elektrik meýdanynyň kesgitlemesi we şekillendirilişi.

Tebigatda ähli jisimleriň molekulalardan, molekulalaryň bolsa atomlardan ybaratdygy bellidir. Islendik himiki elementiň atomy, daşyndan belli bir orbita boýunça aýlanýan elektonlardan we olaryň ähli massasyny özünde jemleýän ýadrodan ybaratdyr. Ýadroda neýtronlar we protonlar ýerleşendir (surat- 4).



Surat-4. Wodorodyň atomynyň gurluşy

Elekton belgisi boýunça otrisatel hasap edilýän in kiçi elektrik zarýada eýedir.

Protonyň elektonlaryň zarýadynyň ululygyna deň bolan položitel elektrik zarýady bardyr. Protonyň massasy elektonyň massasyndan 1840 esse ulydyr.

Neýtronyň elektrik zarýady ýokdyr (neýtron ady hem neýtral-tarapsyz sözünden gelip çykýar).

Şeýlelikde, elektrik zarýadynyň hakyky birligi elektonyň ýa-da protonyň zarýady hasap edilýär (elektrik zarýadyny-başgaça elektrikleşmäniň mukdary diýip atlandyrmak hem kabul edilendir). Ýöne absolýut ulylykda bu elektrik zarýadlar oran kiçidir, şonuň üçin elektrikleşmäniň mukdaryny ölçemekde has uly bahalar ulanylýar.

Elektrotehnikada elektrik zarýady (elektrikleşmäniň mukdary) kulonda ölçenilýär. Elektrik zarýady gysgaça Q harp bilen, onuň ölçeg birligi bolsa K (rusça) ýa-da C (halkara) harpy bilen belgilenýär.

Ölçegler netijesinde, elektrik zarýadynyň ölçeg birligi kulon bilen elektonlaryň arasynda aşakdaky san gatnaşyklarynyň bardygy anyklanandyr:

$1 \text{ kulon} = 6,29 \cdot 10^{18} = 6290 \text{ 000 000 000 000 000}$ sany elekton hasap edilýär.

Neýtral atomlarda elektonlaryň sany protonlaryň sanyna deňdir we olaryň zarýad ululyklary hem deňdir, onda neýtral atomyň elektrik zarýadynyň jemleýji bahasy nula deň bolar we onuň hiç hili elektrik häsiýeti ýokdyr.

Fizikada neýtral atomyň bir ýa-da birnäçe elektonlaryny ondan aýyrmak ýa-da elektonlary oňa birikdirmek usullary bellidir. Neýtral atomdan elektonlaryň biri ýa-da birnäçesi aýrylanda, ýa-da tersine oňa birikdirilende, atomyň elektrik deňleşigi bozular we elektrik zarýady emele geler. Şeýle zarýadlanan atom ion diýilip atlandyrylýar. Eger atom elektonlaryny ýitirse (berse), onda atomyň ýadrosynyň položitel zarýady artyk bolar we onda atom tutuşlygyna položitel iona, eger atoma başga elektonlar birigende bolsa otrisatel zarýadlar artykmaçlyk eder we otrisatel iona öwrüler.

Şeýlelikde **jisimiň elektrik zarýady diýilip, atomdaky elektronlaryň ýetmezçiligine ýa-da artykmaçlygyna aýdylýar.**

Elektrik zarýadyny almagyň öňden belli ýönekeý usuly sürtülme netijesinde elektrikleşmedir. Eger aýna taýajygy ýüpege sürtsek, onda aýnanyň üstündäki elektronlaryň bir bölegi ýüpege geçer, netijede aýna taýajyk položitel, ýüpek bolsa otrisatel zarýadlanar. Gadymy döwürlerde hem ýantar ýüpege ýa-da ýüňe sürtülende ýeňil jisimleri özüne çekme häsiýeti belli bolupdyr. “Elektrikleşme” sözüniň gelip çykmagy hem grek sözi bolan “elektron”, ýagny ýantar sözündendir.

Elektrik zarýadyny almagyň usullarynyň ýene-de biri, haýsy hem bolsa bir zarýadly jisimi başga bir jisime degirmekdir. Mysal üçin, položitel zarýadly aýna taýajygy metal şara degirsek, şardaky elektronlaryň belli bir bölegi aýna taýajyga geçer we metal şar položitel zarýadlanar.

Elektrik zarýady elektrostatiği induksiýa (sürtülme), himiýa usul, ýylylygyň we ýagtylygyň tasiri bilen, magnit meýdanynyň kömegi bilen we radioaktiw hadysalaryň netijesinde alynyp biliner.

Jisimi haýsy hem bolsa bir belgili zarýad bilen zarýadlandyrmagyň ähli ýagdaýlarynda beýleki jisimde şol ulylykdaky garşylykly zarýad emele gelýär.

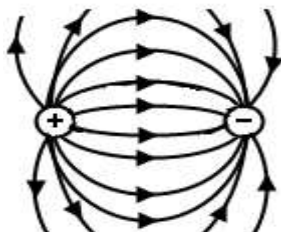
Esasy bellemeli zat: elektrik zarýadlaryň emele gelmegi hemişe daşky energiýany sarp etmek, zarýadsyzlanmak bolsa energiýany bermek bilen baglanyşyklydyr.

Tejribelere göre elektrik zarýadlar özara täsir edişýändirler. Birmeňzeş elektrik zarýadlar itekleşýärler, dürli zarýadlar bolsa biri birine çekişýärler.

Elektrik zarýadlaryň täsirleri ýüze çykyan giňişlige elektrik meýdany diýilýär.

Elektrik meýdany hemme zarýadlara mahsusdyr, ýagny zarýady gurşap alýan elektrik meýdany we zarýadyň özi bir hadysanyň iki tarapydyr. **Elektrik zarýady emele gelse, elektrik meýdany ýüze çykar; elektrik zarýady ýitse, onuň emele getiren elektik meýdany hem ýiter.**

Elektrik meýdany grafik görnüşinde elektrik güýjiniň ugryny görkezýän elektrik güýç liniýalaryň kömegi bilen suratlandyrylýar. Elektrik güýç liniýalary položitel zarýaddan otrisatel zarýada tarap ugrukdyrylan hasap edilýär (surat-5).



Surat-5. Dürli zarýadlaryň elektrik meýdany

Elektrik meýdany zarýada täsir edýanligi üçin, onda energiýa bardyr. Häzirki zaman ylymynda elektrik meýdanyna materiýanyň aýratyn bir görnüşi hökümünde seredilýär. Şonuň üçin, elektrik zarýadlaryň energiýasy olaryň elektrik meýdanynda toplanandyr diýilip hasap edilýär.

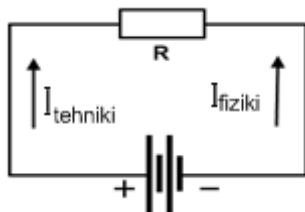
Elektrik zaryady iki ýagdaýda saklanyp biler: hereketde we asuda. Hereketsiz elektrik zaryadyna statiki elektrikleşme diýilýär (statika - asuda).

Elektrotehnikada esasan hereket edýän zaryadlar bilen baglanyşykly hadysalary öwrenilýär, ýöne statiki elektrikleşmä hem belli bir derejede üns berilýändir, sebäbi bu zaryadlar uçýan apparatlarda belli bir ýagdaýlarda emele gelýändir.

2. Elektrik zynjyry. Potensial,elektriki naprýaženiýa we elektrik togy.

Elektrik zaryadlaryň hereket etýan töwerekleýin ýolyna elektrik zynjyry diýilýär.

Her bir elektrik zynjyrynda aşakdaky esasy elementler bolmalydyr (surat-6):



Surat-6. Ýönekeý elektrik zynjyry

- elektrik energiýanyň çeşmesi;
- birikdiriji geçirijiler;
- elektrik energiýany sarp edijiler.

Bu elementlerden başgada zynjyryň düzümine aşakdakylar girip biler:

- açar;
- goraýjylar;
- ölçejji abzallar;
- sazlaýjy gurluşlar.

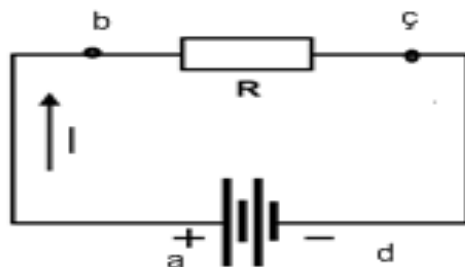
Elektrik energiýanyň çeşmeleri (ýa-da tok çeşmeleri) diýilip haýsy hem bolsa bir energiýany elektrik energiýasyna öwürýän gurluşa aýdylýar. Mysal üçin, generator mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürýär. Galwaniki element ýa-da akkumulýator himiýa energiýasyny elektrik energiýasyna öwürýär. Termoelementlerde ýylylyk energiýasynyň elektrik energiýasyna öwrülmesi bolup geçýär. Gün şöhlesiniň energiýasyny we ýadro dargamalaryň energiýasyny elektrik energiýa öwürüp bolýar.

Elektrik geçirijiler sarp edijileri elektrik energiýasynyň çeşmeleri bilen birikdirmek üçin niýetlenendir.

Elektrik energiýasyny sarp edijiler diýilip, elektrik energiýasyny haýsy hem bolsa başga energiýa öwürýän enjamlara aýdylýar: mehaniki, ýylylyk, ýagtylyk we ş.m. energiýalara. Mysal üçin, elektrik energiýasy lampalarda ýagtylyk energiýasyna öwrülýärler; elektrodwigateli aýlap mehaniki energiýa alynýar.

Elektrik zynjyry iki bölege bölünýär: zynjyryň daşky bölegi (daşky zynjyr) we zynjyryň içki bölegi (çeşmäniň zynjyry). Zynjyryň daşky bölegine sarp edijiler we geçirijiler girýär, zynjyryň içki bölegine bolsa elektrik energiýanyň çeşmesi girýär.

Elektrik zynjyryň nokatlarynyň potensialy ähmiýetli ulylykdyr. Ululygyň fiziki aňlamyna ýönekeý elektrik zynjyrynda seredip geçeliň (surat-7).



Surat-7. Elektrik zynjyrynyň potensial nokatlary

Tok çeşmesiniň elektrohereketlendiriji güýji emele getirmegi we daşky zynjyryň birikmegi bilen zynjyrdan elektrik togy akyp başlar. Zynjyrdaky birnäçe nokatlary belläliň: “a” nokat - položitel polýusda (+), “b” we “ç” hem-de otrisatel (-) polýusda bolsa “d” nokat.

Elektrik zarýady zynjyrdan hereket edende geçirijide garşylyga gabat gelýär we garşylygy ýeňip geçmek üçin energiýa sarp edýär.

Tok çeşmesiniň položitel polýusynda bolan “a” nokatda zarýadyň energiýasy maksimal bolar. Zarýadlaryň “b” nokada süýşmegi bilen energiýanyň bir bölegi harçlanar. Zynjyryň “b-ç” böleklerinde zarýadlar sarp edijiniň garşylygyny ýeňip geçmek üçin energiýanyň köp bölegini ýitirer. Bu ýagdaýda elektrik zarýadlaryň energiýasynyň “d” nokatda beýlekilerden has pes boljagy bellidir.

Şeýlelikde, elektrik zarýadlaryň zynjyrdaky hereket etmegi bilen çeşmeden berilen energiýasy kem - kemden azalýar.

Bu ulylygyň anyklanmagynyň zerurlygy, elektrotehnika kääbir ýagdaýlarda elektrik zynjyrynyň hasaplamalarynda we olaryň işiniň seljermesinde elektrik zynjyrynyň belli bir nokadyndaky ýeke täk elektrik zarýadynyň (1 kulonyň) energiýasyny anyklamagyň gerek bolýanlygydyr.

Elektrik zynjyrynyň belli bir nokadynda 1 kulon zarýadyň energiýasyna şol nokadyň potensialy diýilýär. Gysgaça harp bilen belgilenşi φ .

Bu harplara haýsy nokada degişlidigini aňladýan indeks goşulýar. “a” nokadyň potensialynyň gysgaça belgilenşi: φ_a .

Eger W – belli bir nokatdaky ähli zarýadlaryň energiýasy; Q – belli bir nokatdaky zarýadlaryň möçberi diýip kabul etsek, onda potensialy aşakdaky görnüşde getirmek bolar:

$$\varphi = \frac{W}{Q}$$

Iki ululyklaryň, ýagny nokadyň potensialynyň we elektrohereketlendiriji güýjiň kesgitlemelerini deňeşdireliň. Iki ýagdaýda hem 1 kulona berilen energiýa hakynda gürrüň gidýar. Olaryň tapawydy - elektrohereketlendiriji güýç tutuş çeşmäniň 1 kulon zarýadyna berilen energiýany, nokadyň potensialy bolsa haýsy hem bolsa bir aýratyn nokadyň 1 kulon zarýadlarynyň energiýasyny aňladýar. Bu sebäpden hem olaryň ölçeg birlikleri birmeňzeşdir, ýagny woltdyr.

Elektrik zynjyrynyň nokadynyň potensialy hem woltda ölçenilýär.

Elektrik zynjyryň potensial nokady 1 volt diýilip, haçanda şol nokatda 1 kulon elektrik zarýadynyň energiýasynyň 1 žoula deň ýagdaýyna aýdylar.

Eger alynan nokadyň potensialy 10 wolta deň diýilýän bolsa, onda zarýadyň zynjyrdaky soňky herekedinde her 1 kulon zarýad 10 žoul energiýany harç eder. Seredip geçýän zynjyrymyzda daşky böleginde zarýad “a” nokatdan “d” nokada hereket edýär, onda iň kiçi potensiyally nokat çeşmäniň otrisatel polýusynda ýerleşýän “d” nokat bolar. Muňa laýyklykda aşakdaky netijeleri aýdyp bolar:

Zynjyrdaky togyň ugry bilen aýlanylsa nokatlaryň potensiallarynyň ululygy peseler.

Başgaça aýdylsa:

Elektrik togy daşky zynjyrdan uly potensially nokatdan kiçi potensially nokada tarap akýar. Ýa-da:

Elektrik zynjyryndan tok diňe nokatlaryň arasynda potensiallaryň tapawudy bolan ýagdaýynda akar.

Elektrik zynjyrlarynyň hasaplanyşyny ýeňilleşdirmek üçin çeşmäniň otrisatel polýusyň (-) potensialyny nula deň diýip kabul edilýär. Bu belli potensial nokada görä elektrik zynjyryň hasaplamalarynda islendik nokadyň potensialyny tapyp bolar.

Dogrusy bu düzgün hemişe saklanylmaýar. Käte, nul höküminde haýsy hem bolsa başga potensial nokady kabul edilýär (mysal üçin nokat “ç”).

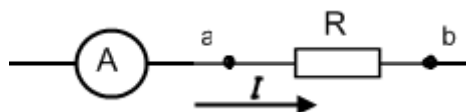
Onda otrisatel polýus (-) belgisi boýunça otrisatel bolar. Bu belgi düşnüksizligi emele getirýär. Bu ýagdaýa açyk düşünmek üçin mehanikadan bir mysal getireliň.

Yerden göterilen haýsy hem bolsa bir zat potensial energiýa eýe bolýar. Onyň ýere gaçan ýagdaýynda potensiyal energiýasy kinetiki energiýa öwürülýar. Ýerde ýatan haýsy hem bolsa bir zadyň potensial energiýasy nula deň hasap edilýär. Ýöne ol zat pese (oýa) gaçmagy mümkin. Eger ýeriň üstündäki zadyň potensialy nula deň bolsa pesdäki (oýdaky) zadyň belgisi nähili bolar? Elbetde otrisatel. Zynjyryň potensial nokadynyň otrisatel belgisine hem edil şonuň ýaly düşündiriş berip bolar.

Elektrik naprýaženiýe.

Goý, “a” we “b” nokatlar bilen belgilenen zynjyrdan tok (I) akýar diýeliň (surat-8).

Toguň kabul edilen ugrunda $\varphi_a > \varphi_b$, ýagny bu nokatlaryň arasynda potensiyallaryň tapawudy bardyr: $\varphi_a - \varphi_b$



Surat-8. Zynjyr böleginiň çyzgysy

Bu tapawutlaryň fiziki manysyny öwreneliň. Zynjyryň nokatlarynyň potensiyalynyň kesgitlemesine görä, ol energiýany häsiýetlendirýär, onda potensiyallaryň tapawudy “a” we “b” nokatlaryň arasyndaky 1 kulon zarýada düşýän energiýalaryň tapawudy diýmek bolar. Başgaça aýdylanda zarýadlar zynjyryň böleginden hereket edip, şol bölegiň garşylygyny R ýeňmek üçin energiýa sarp eder. Zynjyryň şol böleginde sarp edilen 1 kulon zarýadyň energiýasynyň ululygy, potensiyallaryň tapawudydyr.

Energiya sarp edilende iş ýerine ýetirilýär, onda potensiyalaryň tapawudy bahasy boýunça, 1 kulon zarýadyň zynjyryň böleginde ýerine ýetiren işine deňdir. Bu elektrik ulylyga naprýaženiýa diýilýär.

Zynjyryň böleginde 1 kulon zarýadyň ýerine ýetirýän işine naprýaženiýe diýilýär. Ulylyk gysgaça U (u) harpy bilen belgilenýär.

Elektrotehnikada naprýaženiýanyň düşmegi diýen düşünje hem ulanylýandyr. Bu zynjyrdaky edilen işiň netijesinde energiýanyň başga bir energiýa öwürlmegini ýa-da harçlanmagyny aňlatýar. Mysal üçin, zynjyrdaky haýsy hem bolsa bir agramlykdan soň naprýaženiýäniň düşmegi ýüzeçykýar diýilýän bolsa, onda zynjyryň şol böleginde naprýaženiýanyň belli bir böleginiň harçlanandygyny aňlatýar.

Matematikada:

Naprýaženiýe potensiyalaryň tapawudy görnüşinde aňladylýar, ýagny:

$$U = \varphi_a - \varphi_b$$

1 kulon zarýadyň ýerine ýetirýän işiniň ulylygyna, zynjyryň potensial nokadynyň bahalarynyň ululygynyň täsiri ýokdyr, bu ýerde esasy zat nokatlaryň arasyndaky tapawutdyr. Mysal üçin, islendik 1 kulon ulylykly zarýad, 220 woltly potensiyally nokatdan 215 woltly potensiyal nokadyna hereket edende, 17 woltly potensiyally nokatdan 12 woltly potensiyal nokadyna hereket edendäki ýaly birmeňzeş işi ýerine ýetirýär.

Formula görä, zynjyryň potensiyal nokatlarynyň we naprýaženiýanyň birmeňzeş ölçeg birligi bolmaly (formulanyň sag böleginde iki sany wolt bilen ölçenilýän ululyk bar, netijede olaryň tapawutlarynyň hem wolt ölçegi bolar).

1 wolt naprýaženiýä deň diýilip, haçanda zynjyr böleginde 1 kulon zarýad 1 žoul işi ýerine ýetirýän naprýaženiýesine aýdylýar.

Mysal üçin: adaty ulanylýan elektrik naprýaženiýa 220 woltlydyr. Bu her bir kulon zarýad (hemmesi däl, her zarýad) zynjyrdan hereket edip 220 žoul işi ýerine ýetirýär diýilidigidir.

Önümçilikde 220 woltlydan başgada 110, 127 we 380W naprýaženýalar ulanylýar.

Elektrik togy.

Elektrik zarýadlaryna belli bir ýagdaý döredilendeolar ugrukdyrylan herekede eýe bolarlar.

Elektrik zarýadlaryň elektrik meýdanynyň täsiri bilen ugrukdyrylan herekedine elektrik togy diýilýär.

Elektrik zarýadlaryň hereketini gös-göni synlap bolmaýar. Elektrik togynyň bardygyny ýa-da ýokdygyny togyň käbir daşky täsirlerinden aňlamak bolýar. Olar:

-tokly geçirijiniň golaýynda goýulan kompasyň strelkasynyň bir gapdala gyşarmagy;

-geçirijiniň (simiň) gyzmagy;

-üstünden tok geçýän elektrolitiň elektoliziniň emele gelmegi.

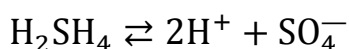
Elektrik togyny ölçeyän abzallaryň gurlyşy we iş prinsipleri elektrik togynyň ýokarda görkezilen hereketlerine esaslanandyr.

Jisimlerde elektrik togy elektrik zarýadlarynyň herekedi bilen emele getirilýär.

Jisimlerin elektron gurluşynyň nazaryýetine (teoriýasyna) görä, ähli metallarda we olaryň garyndysynda ýadrodan uzakdaky elektronlar adaty ýagdaýda öz ýadrolary bilen gowşak baglanyşykda bolýarlar, ýagny erkin diýen ýalydyr we atomlaryň arasyndaky giňişlikde tertipsiz hereket etýändirler. Bu elektronlara erkin ýa-da walent elektronlar diýilýär. Elektrik meýdanynyň täsir etmegi bilen olar ugrukdyrylan hereket edip başlaýarlar.

Erkin elektronlaryň metal geçirijidäki ugrukdyrylan hereketine elektrik togy diýilýär.

Elektrik togy geçirijileriniň başga bir görnüşinde, ýagny suwuk geçirijilerde – elektrolitlerde (elektrolit – duzyň we aşgaryň (şeloç) suwdaky ergini-kislotasy) molekulalaryň bölünmegi ýüze çykýar. Mysal üçin, kükürdiň molekulasy suwda üç iona bölünýär: wodorodyň iki sany položitel ionyna we erginiň galyndysynyň otrisatel iony. Kükürt kislotasynyň molekulasynyň bölünmegi aşakdaky deňlemä görä ýüze çykýar:



Belli bir ýagdaýlarda gazlar hem elektrik toguny geçiriji hasap edilýär. Birnäçe daşky täsirleriň netijesinde gazyň neýtral molekulasyndan elektronlar çykyp biler we olar položitel iona öwürüler. Gazlarda elektrik togy ionlaryň we elektronlaryň ugrukdyrylan herekedi netijesinde emele gelýär, ýagny gazlarda elektronlar bilen bilelikde ionlar hem hereket edýär.

Dielektriklerde (izolýator) ugrukdyrylan hereket edip biljek erkin elektronlar ýok diýen ýalydyr, ýagny olaryň elektronlary ýadro bilen örän berk baglanyşyklydyrlar. Şonuň üçin dielektrikler elektrik toguny geçirmeýärler.

Yarymgeçirijilerde elektrik tok elektronlaryň we boşluklaryň herekedi bilen emele gelýär.

Dürlü elektrik zynjyrlarynda (ýa-daonuň bir böleginde) şol bir wagtda dürlü mukdardaky zarýadlar hereket edip biler. Geçirijiden hereket edýän elektrik zarýadlaryň mukdaryny bahalandyrmak üçin toguň güýji ýa-da toguň ululygy diýilip atlandyrylýan fiziki ululyk girizilen.

Geçirijiniň kese kesiminden 1 sekundyň dowamyndan akýan elektronlaryň mukdaryna toguň ulylygy ýa-da togyň güýji diýilýär. Tok güýjiniň gysgaça harp bilen belgilenşi - I we i.

Baş harp I hemişelik toklarda, setir i harpy bolsa üýtgeýän toklarda ulanylýar.

Kese kesimden geçen elektrik zarýadlaryň mukdary we geçen wagty belli bolsa, onda togyň ulylygyny aşakdaky formula bilen anyklamak bolar:

$$I = \frac{Q}{t}$$

bu ýerde Q-elektrik zarýadlaryň mukdary (kulon); t-wagt (sekunt).

Formula $Q=1 \text{ K}$ we $t=1 \text{ sek}$ goýup toguň ulylygynyň ölçeg birligini alarys.

$$\frac{1 \text{ kulon}}{1 \text{ sekunt}} = 1 \text{ amper}$$

Toguň güýji amperde ölçenilýär. Haçanda geçirijiniň kese kesiminden 1 sekuntda 1 kulon zarýad akýan ýagdaýynda tok 1 ampere deň diýilip aýdylýar. Gysgaça harp bilen belgilenşi – a (rus.) ýa-da A (halkara).

Elektriktoýy has kiçiölçegebirlüklerinde hem ölçenilýär:

-milliamper (belgilenişi ma (rus.) ýa-da mA (halkara));

-mikroamper (belgilenişi mka (rus.) ýa-da μ A (halkara)).

$$1a=10^3(1000)ma=10^6(1000000)mka$$

Toguň ululygyny ölçeyän abzala ampermetr diýilýär. Toguň güýjini ölçemek üçin zynjyra birikdirilende ampermetr ähli elektrik zarýadlar onuň üstünden geçär ýaly yzygider birikdirilýär.

Ýene bir bellemeli örän wajyp zat, käbirleri tok güýji haýsy hem bolsa bir sarp edijiniň (mysal üçin: lampanyň) önünde köp, ondan geçenden soň ol azalýar diýip ýalňyş düşünyärler. Bu düşünje düýbinden ýalňyşdyr, sebäbi lampa ýa-da başga bir sarp ediji elektronlary sarp etmeýärler we olary özünde toplamaýar. Sarp ediji (lampa) elektronlary sarp etmeýär, ol elektronlaryň energiýasyny sarp edýär. Energiýanyň sarp ediliş hadysalary başga ululyklar bilen häsiýetlendirilýär. Şonuň üçin kabul edijileriň önünden ýa-da soňundan birikdirilen ampermetrleriň görkezijleri birmeňzeşdir.

3. Omuň kanuny.

XIX asyryň başlarynda nemes fizigi G. Om köpsanly synaglaryň netijesinde elektrik togunyň, haçanda geçirijiniň başynda we soňynda potansiýallaryň tapawudynyň, ýagny naprýaženýänyň bolan ýagdaýynda emele gelýändigini anyklapdyr. Bu ýagdaýda, naprýaženýänyň ýokarlanmagynyň togyň ýokarlanmagyna, munyň tersine garşylygyň köpelmeginiň, togyň peselmegine getirýändigini kesgitläpdir.

Omuň kanuny diýilip atlandyrylan bu kanun matematikada tassyklanyldy.

Omuň kanuny-elektrotehnikanyň esasy kanunydyr.

Omuň kanunyna zynjyryň aýratyn alynan bölekleri we doly zynjyr boýun egýändir. Şonuň üçin Omuň kanuny iki görnüşe bölünýär:

-zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny;

-doly zynjyr üçin Omuň kanuny.

Zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny aşakdaky görnüşde okalýar.

Zynjyryň böleginde togyň ululygy (güýji) şol böläkdäki naprýaženiýä gönü baglydyr (proporsionaldyr) we şol bölägiň garşylygyna ters baglydyr (proporsionaldyr).

Zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny matematikada aşakdaky deňleme bilen aňladylýar:

$$I = \frac{U}{R}$$

bu ýerde: I – togyň ululygy, amper; U – naprýaženiýa, wolt; R – elektrik garşylyk, om.

Deňlemäni düzýan ululyklar zynjyryň ähli bölekleriniň esasy häsiýetnamasy hasap edilýär. Iki ulylyk belli bolsa, Omuň kanunyny ulanyp üçünji ulylygy anyklap bolar. Mysal üçin:

$$U=I \cdot R$$

Zynjyryň bölegindäki naprýaženiýa, şol bölekden akýan togyň we garşylygyň ululygynyň köpeltmek hasylyna deňdir.

Garşylyk Omuň kanunyna laýyklykda aşakdaky görnüşde anyklanylýar:

$$R = \frac{U}{i}$$

Formulany okamakda birnäçe bellikler.

„Gönü baglydyr (proporsionaldyr)“ diýilen aňlatma fizikada, haçanda bir ululygyň ýokarlanmagy bilen, oňa bagly bolan beýleki bir fiziki ululygyň hem şol tarapa şonça gezek üýtgeýän matematiki baglanyşyk görnüşinde düşünilýär. Tersine, biri - birine bagly bolan iki ululygyňbiriniň üýtgemegi beýlekisiniň hem şonça, ýöne ters tarapa üýtgemegine ters baglanyşyk diýilýär. Şonuň üçin bu formula „garşylyk zynjyryň bölegindäki naprýaženiýä gönü baglydyr we toga ters baglydyr“ – diýilip okalmaýar. Sebäbi garşylygyň ululygy geçirijiniň ölçegine, ýasalan materiýalyna we onyň tempraturasyna baglydyr. Formulanyň dogry okalyşy: garşylyk naprýaženiýanyň toguň ululugyna bölünmegine deňdir.

Ähli zynjyr üçin Omuň kanuny aşakdaky görnüşde kesgitlenýär:

$$I = \frac{E}{R_{agr} + r_0}$$

bu ýerde: I – togyň ululygy, amper; E – çeşmäniň elektro hereketlendiriji güýji, wolt; R_{agr} – zynjyryň ähli daşky böleginiň garşylygy, Om; r_0 – zynjyryň içki (çeşmäniň özüniň) böleginiň umumy garşylygy, Om.

Ähli zynjyrdaky togyň ululygy (güýji) çeşmäniň elektrohereketlendiriji güýjüne gönü baglydyr (proporsionaldyr) we şol zynjyryň ähli garşylygyna ters baglydyr (ters proporsionaldyr).

1.1.3. Elektrik garşylyklar

1. Elektrik garşylyk we geçirijilik.

Elektrik zarýadlary geçirijide hereket edenlerinde olaryň geçirijiniň atomlary (položitel ionlary) bilen çaknyşmasy bolup geçýär. Bu ýagdaýda geçirijide atomlaryň yrgyldyly herekedi artýar we ýylylyk emele gelip, onuň gyzmagy ýüze çykýar hem-de ýagtylyk energiýasy (fotonlar) bölünip başlaýar. Geçirijide emele gelen ýylylyk we ýagtylyk daş töwerege ýaýraýar. Şeýlelikde geçiriji elektrik zarýadlaryň herekedine belli bir derejede garşylyk görkezýär.

Geçirijiniň, özünden akýan elektrik togyna berýan garşylykly täsirine elektrik garşylygy diýilýär.

Elektrik garşylygynyň gysgaça harp bilen belgilenşi R (ýa-da r). Ölçeg birligi Om (rusça) ýa-da Ω (halkara).

1 Om garşylygyň etalony höküminde, 106,3 sm uzynlykly, kese kesiminiň meýdany 1 mm² bolan geçirijiniň simap sütüniniň 0°C temperaturasyndaky garşylygy kabul edilen.

Garşylyk aşakdaky ölçeş birliklerinde hem ölçenilýär:

1 kiloom (kOm) = 10^3 (1000)Om;

1 megaom (MOM) = 10^6 (1 000 000)Om;

Garşylyk elektrik ölçeýji abzallar ommetrler we megommetrler bilen ölçenilýär.

Ölçenilýan garşylygyň ulylyklaryna aşakdaky faktorlar täsir edýär:

-geçirijiniň materiýalynyň görnüşi;

-geometriki ölçeşleri (uzynlygy we kese kesimiň meýdany (diametri));

-temperatura.

Geçirijiniň garşylygy onuň uzynlygyna gönü baglydyr, kese kesiminiň meýdanyna ters baglydyr we onuň taýýarlanan materiýalynyň görnüşine baglydyr.

Geçirijiniň garşylygy aşakdaky formula bilen hasaplanylýar:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

bu ýerde: R-geçirijiniň garşylygy, Om;

ℓ -geçirijiniň uzynlygy, metr;

S- geçirijiniň kese kesimiň meýdany, mm^2 ;

ρ - geçirijiniň udel garşylygy, $\frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$;

Mysal üçin, misiň udel garşylygy $\rho = 0,0175 \frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ bilen kesgitlenen;

Bu san 1 m uzynlykdaky, kese kesimi 1 mm^2 bolan mis geçirijiniň garşylygy ölçenilen ýagdaýynda onuň 0,0175 Om garşylygynyň bardygyny aňladýar.

Muňa laýyklykda,geçirijiniň udel garşylygy diýilip, haýsy hem bolsa bir uzynlygy1 m, diametri 1 mm^2 bolan geçirijiniň +20°C temperaturadaky garşylygyna aýdylýar.

Elektrotehnikada udel garşylyklar başga ölçeşlerde hem getirilýar. Mysal üçin, om · metr, om · santimetr, om · millimetr. Bu ölçeşler haçanda uzynlyk we kese kesimiň meýdany birmeňzeş ölçeş birliginde getirilen ýagdaýynda ulanylýar (mysal üçin, metrde).Onda ýokarky formula aşakdaky görnüşde bolar:

$$[\rho] = \left[\frac{R \cdot S}{\ell} \right] = \text{om} \cdot \text{metr}.$$

Edil şu görnüşde om · santimetr, om · millimetr ölçeşleri alyp bolar.

CH ulgamynda udel garşylygynyň ölçeş birligi höküminde om · metr ulanylýar, ýöne elektrotehnikada $\frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ ölçeş birligi hem ulanylýandyr.

Aşakdaky tablissada birnäçe elektrotehniki materýallar barda maglumatlar berilen.

Tablisa-1.

t/b №	Materiallaryň ady	Udel garşylygy, ρ ($\frac{\text{om}\cdot\text{mm}^2}{\text{m}}$)	Garşylygyň temperatura koeffisiýenti, $\alpha \frac{1}{\text{grad.}}$
1	Kümiş	0,016	0,0035
2	Mis	0,0175	0,004
3	Alýuminiý	0,0285	0,004
4	Bolfram	0,053	0,004
5	Demir	0,11	0,006
6	Nikel	0,42	0,0002
7	Manganin	0,42	0,00003
8	Konstantan	0,5	-0,000005
9	Nihrom	1,0	0,0001
10	Kömür, grafit	-	-0,0005
11	Titanat bariýa	-	-0,04
12	Kümşin sulfity	-	-0,06

Elektrik zynjyrlary hasaplanylanda, käte garşylyga derek oňa ters ululykdan peýdalanylsa amatly bolýar. Bu ululyga elektrik geçirijiligi diýilýär we “g” bilen belgilenýär:

$$g = 1/R = (\gamma \cdot S) / l,$$

bu ýerde $\gamma = 1 / \rho$ - udel geçirijilik.

Elektrik geçirijiligiň ölçeg birligi simensdir (Sm).

$$1 \text{ Sm} = 1/1 \text{ Om}.$$

2. Garşylygyň temperatura baglylygy. Garşylygy birikdirmegiň usullary.

Geçirijiniň gyzdyrylan ýagdaýynda, onuň atomlarynyň ýylylyk bilen baglanyşykly amplituda yrgyldysy ýokarlanýar we hereket edýän erkin elektronlar atomlar bilen çaknyşýarlar we energiýa sarp edýärler. Şonuň üçin geçirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy bilen geçirijiniň garşylygy artýar.

$R = \rho \frac{l}{S}$ formula diňe $+20^\circ\text{C}$ temperatura üçin gabat gelýär (bu temperaturada adaty geçirijileriň udel garşylyklary anyklanylýar).

Geçirijileriň garşylygyny beýleki temperaturalarda ölçemek üçin aşakdaky formula ulanylýar:

$$R_t = R_0 + \alpha \cdot R_0(t - 20^0)$$

bu ýerde: R_t – gyzdyrylan geçirijiniň garşylygy, om;

R_0 – geçirijiniň kadaly temperaturadaky garşylygy ($+20^\circ\text{C}$), 0m;

t – gyzdyrylan geçirijiniň temperaturasy, $^\circ\text{C}$;

α – garşylygyň temperatura koeffisiýenti, $\frac{1}{\text{grad.}}$.

Temperatura koeffisiýentiniň bahasy:

$$\alpha = (R_t - R_0) / R_0 \cdot (t - 20^0)$$

Köp metallar üçin (hemmesi däl) garşylygynyň temperatura koeffisiýenti $\alpha = 0,004 \frac{1}{\text{grad.}}$ deňdir ýa-da $\alpha \approx \frac{1}{273} \frac{1}{\text{grad.}}$ gölaýdyr.

Bu ululuklaryň fiziki manysyna düşüneliň. Goý başlangyç garşylygy 1 Om bolan geçirijini 1°C gyzdyralyň, ýagny onuň temperaturasyny 21°C ýetireliň. Bu bahalary formula goýup, aşakdakylary alarys:

$$R_t = 1 + 0,004 \cdot 1 \cdot (21 - 20) = 1 + 0,004 = 1,004 \text{ Om.}$$

Bu ýerden aşakdaky netije çykar:

Garşylygyň temperatura koeffisiýenti diýilip 1 Om garşylykly geçirijiniň temperaturasynyň 1°C üýtgän ýagdaýynda onuň garşylygynyň näçe üýtgejegini görkezýän ululuga aýdylýar.

Garşylygynyň temperatura koeffisiýentiniň bahalary ýokardaky tablisa 1 görkezilen. Bu tablisa da görkezilen konstantan bilen manganin materiallaryň (ýa-da garyndylaryň) garşylygynyň temperatura koeffisiýentine üns bereliň. Olaryň garşylygy temperatura bagly däl diýen ýalydyr. Bu materiallar elektrik zynjyrynda gyzygynlygyň täsirini aýyrmak üçin giňden ulanylýar. Konstantan (latyn-hemişelik, üýtgemeyän) mis-nikel garyndyly (39- 41% -nikel, 1-2% -marganes, galany mis) material. Bu materiallaryň garşylygynyň temperatura bilen baglanyşygy pesdir. Tersine käbir ýagdaýlarda bolsa geçirijiniň garşylygynyň üýtgemegi olaryň işiniň esasy bolup durýar. Mysal üçin, elektrik garşylykly termometrlər. Belli bir ululukly garşylygynyň koeffisiýenti bolan metallaryň (mis, demir) garşylygynyň üýtgemegini ulanyp temperaturany ölçemek bolar. Mysal üçin, awiasiýadauçaryň dwigateliň temperatura datçikleri, ýangyna garşy datçikler.

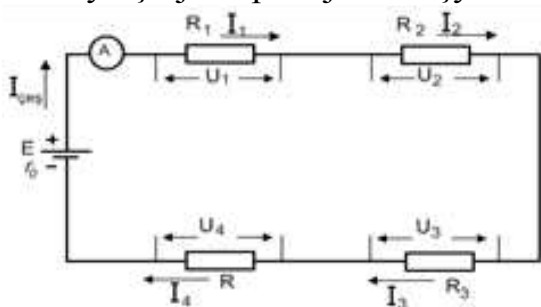
Ýarymgeçirijilerde bolsa bu baglylyk tersinedir, ýagny temperaturanyň gyzymagy bilen olar elektrik togyny göwy geçirýarlar.

Garşylygy birikdirmegiň usullary.

Sarp edijileriň (garşylyklaryň) esasan aşakdaky birikdiriliş usullary bardyr:

- yzygider birikdirilişi;
- parallel birikdirilişi;
- garyşyk birikdirilişi.

Sarp edijiler yzygider birikdirilende (surat-9) ähli sarp edijiler biri-biriniň yzyndan hatarlaýyn birikdirilýär, ýagny birinji sarp edijiniň soňy ikinji sarp edijiniň başyna, ikinji sarp edijiniň soňy üçünji sarp edijiniň başyna we ş.m..



Surat-9. Sarp edijileriň yzygider birikdirilişiniň çyzgysy

Yzygider birikdirilmäniň esasy häsiýeti zynjyryň şahalara bölünýän ýeriniň ýoklugydyr. Yzygider birikdirmede elektrik zarýadlar ähli sarp edijileriň üstinden geçip gidýär.

Bu usulda birikdirilende zynjyryň umumy garşylygy (ekwiwalent) ähli sarp edijileriň garşylygynyň jemine deňdir.

$$R_{um}=R_{ekl}=R_1+R_2+R_3+\dots+R_n,$$

bu ýerde R_{um} – zynjyryň umumy garşylygy;

$R_1+R_2+R_3+\dots+R_n$ – aýry-aýry sarp edijileriň garşylygy.

Birnaçe birmeňzeş (n) garşylyklaryň umumy garşylygy aşakdaky görnüşde anyklanylýar:

$$R_{um}=n \cdot R$$

Sarp edijiler yzygider birikdirilende umumy tok (çeşmäniň togy) we zynjyryň aýry-aýry böleklerindäki toklar deňdir:

$$I_{um}=I_{\text{çeş}}=I_1=I_2=I_3=\dots=I_n,$$

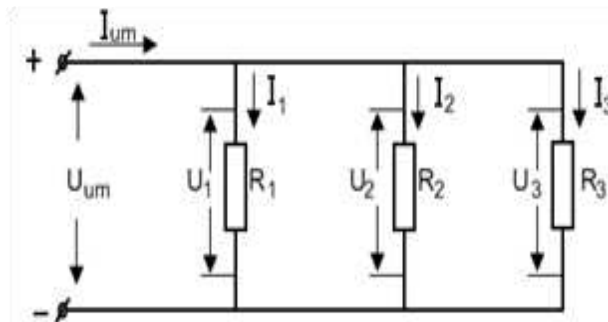
bu ýerde $I_{um}=I_{\text{çeş}}$ – çeşmäniň togy (agramlyk togy);

$I_1=I_2=I_3=\dots=I_n$ – zynjyryň aýry - aýry böleklerindaki toklar.

Elektrik zarýadlary zynjyrdaky hereket edip energiýa harçlaýandyrlar (iş ýerine ýetirýär), onda sarp edijiler yzygider birikdirilende, tok çeşmesiniň daşky naprýaženiýasy zynjyryň aýry-aýry böleklerindaky naprýaženiýaniň jemine deňdir.

$$U_{um}=U_1+U_2+U_3+\dots+U_n$$

Sarp edijiler parallel birikdirilende(surat-10)ähli sarp edijileriň başlangyjy bir umumy nokada (birinji geçirijä), soňy bolsa beýleki bir umumy nokada (ikinji geçirijä) birikdirilýär.



Surat10. Sarp edijileriň parallel birikdirilişiniň çyzgysy

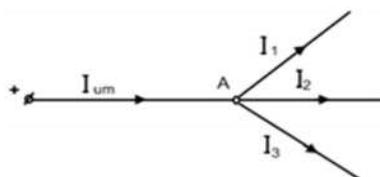
Parallel birikdirilmäniň esasy häsiýeti zynjyryň parallel şahalara bölünýänligidir. Eger birikdiriji geçirijileriň garşylygyny hasap etmeseň (olar elektrik ulylyklaryň baglanyşygyna seredilende hasaba alynmaýar), otrisatel geçirijiniňpotensialy nula, položitel geçirijiniň potensialy bolsa berilen naprýaženýanyň ululugyna deňdir.

Parallel birikdirilmede umumy naprýaženiýe we aýry-aýry sarp edijileriň naprýaženýasy birmeňzeşdir.

$$U_{um}=U_1=U_2=U_3=\dots=U_n$$

Naprýaženýeleriň arasyndaky bu baglanyşyga göre ähli sarp edijileri we tok çeşmesini belli bir naprýaženiýa hasaplamak bolar.

10–njy suratda görkezilen çyzgynyň ýokarky bölegini aşakdaky görnüşe getirmek bolar:



Onda zynjyryň şahalanýan nokadyny (A nokat) üçin toguň ululyklarynyň arasyndaky gatnaşyk aşakdaky görnüşe gabat geler:

$$I_{um}=I_1+I_2+I_3$$

Parallel birikmede n sanly şahalary bolanda umumy togy aşakdaky görnüşde getirmek bolar:

$$I_{um}=I_1+I_2+I_3+\dots+I_n$$

Zynjyryň bölünmeýän bölegindäki umumy tok aýry-aýry parallel şahalaryň toklarynyň jemine deňdir.

Sarp edijiler parallel birikdirilende umumy garşylyk:

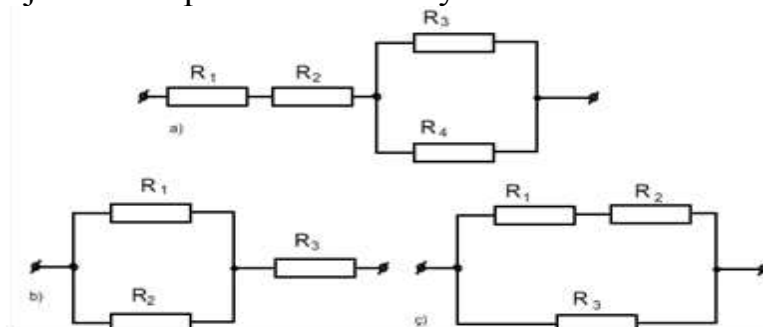
$$\frac{U_{um}}{R_{um}} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right);$$

$$\frac{1}{R_{um}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n};$$

Bu usulda birikdirilende zynjyryň umumy geçirijiligi (ekwiwalent) ähli sarp edijileriň geçirijiliginiň jemine deňdir.

$$G_{um}=G_1+G_2+G_3+\dots+G_n$$

Sarp edijiler garyşyk birikdirilende(surat-11)bir sarp edijiler yzygider, beýleki bir sarp edijiler bolsa parallel birikdirilýärler.



Surat-11. Sarp edijiler yzygider birikdirilişiniň çyzgysy

Garyşyk birikdirmäniň hasaplamalary sarp edijileriň yzygider we parallel birikmeleriniň formulalaryny ulanmak arkaly ýerine ýetirilýär.

Sarp edijileriň garyşyk birikdirilen ýagdaýynda umumy garşylygy hasaplamak üçin garyşyk birikdirilen çyzgydan yzygider we parallel birikdirilen sarp edijileri saýlamagy başarmaly.

Birinji çyzgyda garşylyklar R_1 we R_2 yzygider, R_3 we R_4 bolsa parallel birikdirilen. Birinji iki garşylyklaryň ($R_{1,2}$) umumy garşylyklary, ikinji garşylyklaryň ($R_{3,4}$) umumy garşylyklaryna yzygider birikdirilen.

Ikinji çyzgyda garşylyklar R_1 we R_2 parallel birikdirilen we olaryň umumy garşylyklary R_3 garşylyk bilen yzygider birikdirilen.

Üçünji çyzgyda garşylyklar R_1 we R_2 yzygider birikdirilen we olaryň umumy garşylyklary R_3 garşylyk bilen parallel birikdirilen.

3. Elektrik iş we kuwwat.

Elektrik togy kabul edijileriň üstinden göýberilende elektrik zarýadlary tok çeşmesinden alan energiýalaryny harç edýärler we ol energiýalar başga bir energiýanyň görnüşine öwrülýär.

Mysal üçin, elektrodwigateliň işinde elektrik energiýa mehaniki energiýa, elektrik lampanyň işinde bolsa ýagtylyk we ýylylyk energiýasyna öwrülýär.

Elektrik energiýasynyň haýsy hem bolsa başga bir energiýanyň görnüşine öwrülme hadysasyna elektrik togynyň işi diýilýär. Işin gysgaça harp bilen belgilenişi A (rus.) ýa-da W (halkara).

Bu hadysa energiýanyň saklanma kanunyna laýyklykda bolup geçýär. Fiziki tarapdan seredilende öň seredilip geçen ulylyklarymyzdan naprýaženiýa işi häsiýetlendirýän ululyk hasap edilýär. Ýöne naprýaženiýa diňe 1 kulon zarýadyň ýerine ýetiren işini häsiýetlendirýändir. Doly işi anyklamak üçin naprýaženýäni (1 kulonyň işini, energiýasyny) zynjyrdan akyp geçen zarýadlaryň (kulonlaryň) sanyna köpeltmelidir.

$$A=Q \cdot U$$

bu ýerde A- elektrik togunyň işi, J; Q – zarýadlaryň möçberi, K; U – naprýaženiýa, V.

Elektrik togynyň işi kulonlaryň sanyna we naprýaženiýa göni baglydyr we $Q=I \cdot t$ bolanlygy üçin bu formula elektrikleşmäniň mukdar bahalaryny goýup aşakdakyny alarys:

$$A=I \cdot U \cdot t$$

Elektrik togynyň işi toguň ululygyna, naprýaženiýa we wagta göni baglydyr. Bu formula zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuna laýyklykda toguň we naprýaženýanyň bahalarynyň goýup işi kesgitlemek üçin aşakdaky formulany getirmek bolar.

Hakykatda iş

$$A=I \cdot U \cdot t$$

ýöne zynjyryň bölegi üçin Omuň kanunyna laýyklykda, tok $I = U/R$ bolanlygy üçin:

$$A= U \cdot U \cdot t / R = U^2 t / R \quad (1)$$

ýa-da, başgaça eger $U=IR$ bolsa, onda

$$A=I \cdot I \cdot R \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t \quad (2)$$

görnüşe getirmek bolar.

Käbir ýagdaýlarda formula (1) okalanda garşylyk maýdalowjyda goýulandygy üçin „iş garşylyga ters baglydyr“ diýlip okaýarlar ýa-da formulada (2) garşylyk sanawjyda goýulandygy üçin „iş garşylyga göni baglydyr“ diýlip okaýarlar.

Şu ýerde garşylyk işe gönü ýa-da ters baglymy, ýa-da garşylyk işe asla bagly dälmi diýen sorag ýüze çykýar.

Bu soragy çözmek üçin mehanikadan bir mysaly getireliň. Ýoldan awtoulag hereket edýär diýeliň, bu ýerde ýol iş edýarmi? Belli zat ýok. Işi ýoluň üstinde awtoulagyň hereketlendirijisi (dwigateli) ýerine ýetirýär. Garşylyk bilen hem edil şonuň ýalydyr. Garşylygyň özünde energiýa ýokdyr we ol işi ýerine ýetirip bilmez. Iş

elektrik togy bilen zarýadlaryň çeşmeden kabul eden energiýasynyň hasabyna garşylykda-agramlykda ýerine ýetirilýar (getirilen mysaldaky awtoulagyň barýan ýolyna gabat gelýär). Şonuň üçin formula (1) „elektrik togynyň üýtgemeyän garşylykda ýerine ýetirýän işi, naprýaženiýäniň kwadratyna we wagta göni baglydyr“ diýilip okalmaly. Formula (2) bolsa „elektrik togynyň üýtgemeyän garşylykda ýerine ýetirýän işi toguň kwadratyna we wagta göni baglydyr“ diýilip okalmaly.

Tok çeşmeleriniň we sarp edijileriň işiniň depginliligi (tizligi) dürli bolup biler. Ony häsiýetlendirmek üçin kuwwat diýen düşünje girizilen.

Kuwwat diýlip elektrik toguň 1 sekuntda ýerine ýetirýän (sarp edýän) işine aýdylýar.

Bu ululyk gysgaça P harpy bilen belgilenýär. Eger: A – elektrik togunyň doly işi, Joul; t – işiň ýerine ýetirilýän wagty, sekunt bolsa, onda:

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

Formula (3) A=1 J, t=1sekunt goýsak, kuwwatyň ölçeg birligini alarys: CI ulgamynda kuwwat **watt** bilen ölçenilýär. Harp bilen belgilenşi Bm (rus.) we W (halkara) harplar bilen aňladylýar.

Kuwwat 1 watt diýlip 1 sekuntda 1 joul işiň ýerine ýetirilmegine aýdylýar.

Formula (3) işiň bahasyny kesgitleýän (1) we (2) deňlemeleri goýup kuwwatyň kesgitleýji formulalary alarys:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{I \cdot U \cdot t}{t} = I \cdot U = I^2 R \quad (4)$$

$$P = \frac{A}{t} \quad (5)$$

Formula (5) P=1 watt, I=1A, U=1 wolt goýup aşakdaky gatnaşyklary alarys:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ amper} \cdot 1 \text{ wolt}.$$

1 wolt naprýaženýaly 1 amper tok akan ýagdaýynda kuwwat 1 watta deňdir.

Kuwwatyň has uly ölçeg birligi kilowatt hasap edilýär:

$$1000 \text{ Wt} = 1 \text{ kWT}$$

Kuwwatyň kiçi ölçeg birligi milli wattdyr:

$$1 \text{ Wt} = 1 \text{ mWt}$$

Bellik: mehaniki dwigatelleriň kuwwatyny ölçemek üçin – at güýji ulanylýar.

Bu iki kuwwat ölçeg birlikleriniň arasynda aşakdaky gatnaşyklar bardyr:

$$1 \text{ at güýji} = 736 \text{ Wt};$$

$$1 \text{ kWt} = 1,36 \text{ at güýji}.$$

Aşakda käbir tok çeşmeleriň we sarp edijileriň kuwwatlary mysal getirilen:

- telefon – 0,001 Wt;
- el çyrasynyň lampasy – 1 Wt;
- uçarlarda ulanylýan lamplary – 5 ÷ 25 Wt;

- radio – 65 Wt;
- dürmuşda ulanylýan lampalar - $25 \div 300$ Wt;
- elektrik ütü - $300 \div 400$ Wt;
- uçaryň lampa-farasy - 600 Wt;
- hemişelik tok generatory – 18 kWt;
- gidro elektrik stasiýasy – 6 mln. kWt.

CH ulgamynda işiň (energiýanyň) joulda ölçenilýändigini aýdypdyk. Eger $A=I \cdot U \cdot R$ formulada: $A=1J$; $I=1A$; $U=1W$, $t=1$ sekunt goýsak, onda:

$$1J = 1A \cdot 1W \cdot 1 \text{ sekunt} = 1 \text{ amper woltsekunt} = 1 \text{ wattsekunt}.$$

San boýunça $1 J = 1$ wattsekunda deňdir. 1 joula deň bolan işiň absolýut ulylygy örän kiçi ululukdyr we ony durmuşda ulanmak amatsyzdyr. Şonuň üçin durmuşda işiň has uly ölçeg birligi kilowat-sagat ulanylýar.

$$1000Wt = 1 kWt$$

bolsa, onda: $1000 Wt \text{ sekunt} = 1kWt \text{ sek}$,
ýöne 1 sagatda 3600 sekunt bolanlygy üçin:

$$3600 \text{ kwt/sek} = 3.600000 Wt/sek = 1 kWt/sagat \text{ bolar}.$$

Adaty durmuşda elektrik togynyň işiniň ölçeg birligi kilowatt-sagat hasaplanylýar.

1.1.4. Elektrik energiýanyň ýylylyk energiýa öwrülişi

1. Elektrik energiýanyň ýylylyk energiýa öwrülişi.

R garşylykly zynjyrdan tok akanda elektronlar elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde hereket edip geçirijiniň kristalliki gözeneginiň iýonlary bilen çaknyşýarlar. Şol wagt elektronlaryň kinetiki energiýasy iýonlara geçýär, bu bolsa iýonlaryň yrgyldyly hereketiniň amplitudasynyň ýokarlanmagyna we netijede geçirijiniň gyzmagyna getirýär. Geçirijiden bölünip çykýan ýylylygyň möçberi aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$Q=I^2 \cdot R \cdot t$$

Bu formula Joule-Lensiň kanuny adyny göterýär: **geçirijiden tok akanda bölünip çykýan ýylylygyň mukdary toguň güýjiniň kwadratyna, geçirijiniň garşylygyna we toguň geçýän wagtyna göni proporsionaldyr.**

Elektrik energiýasynyň ýylylyk energiýasyna öwrülmeginiň uly praktiki ähmiýeti bardyr we senagatda hem-de durmuşda dürli ýyladyjy gurluşlarda giňden ulanylýar (elektroplita, elektropeç, ütü we ş.m.).

Ýöne köp ýagdaýlarda ýylylyk ýitgileri biziň üçin zyýanlydyr, çünki energiýanyň dereksiz ýitirilmegine getirýär. Bulara mysal edip elektrik maşynlardaky, transformatorlardaky we beýleki gurluşlardaky ýylylyk ýitgilerini görkezip bolar. Bu ýitgiler olaryň PTK-ni peseltýärler.

2. Geçirijileriň tok agyrlyklary we olary aňa agyrlyklardan goramak.

Elektrik zynjyrynda geçirijileriň gyzyş prosesine seredeliň. Ilkibada geçirijiniň temperaturasy daşky gurşawynyň temperaturasyna deň wagty, tok tarapyndan berilýän

ýylylyk geçirijini gyzdymaga harç edilýär. Netijede onuň temperaturasy çalt ýokarlanýar. Geçirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy bilen onuň daşky gurşawa berýän energiýasynyň mukdary köpeliýär, ony gyzdymaga sarp edilýän energiýanyň mukdary bolsa azalýar. Iň soňunda temperatura deňligi ýüze çykýar: daşky gurşawa berilýän energiýanyň mukdary geçirijiniň alýan energiýasy bilen deňleşýär we geçirijiniň temperaturasynyň ýokarlanmagy kesilýär. Temperatura deňligine gabat gelýän geçirijiniň temperaturasy **durgunlaşan temperatura** diýilýär. Geçirijileriň durgunlaşan temperaturasyna çenli gyzyň wagty aralygy, olaryň geometriki ölçeglerine we sowadyş şertlerine bagly bolup durýar.

Geçirijiniň 60-80⁰ C temperaturalara çenli gyzmagyna rugsat berilýär. Rugsat berilýän temperatura laýyklykda rugsat berilýän toguň ululygy girizilýär.

Iň uly rugsat berilýän temperatura laýyk gelýän toga rugsat berilýän tok diýilýär.

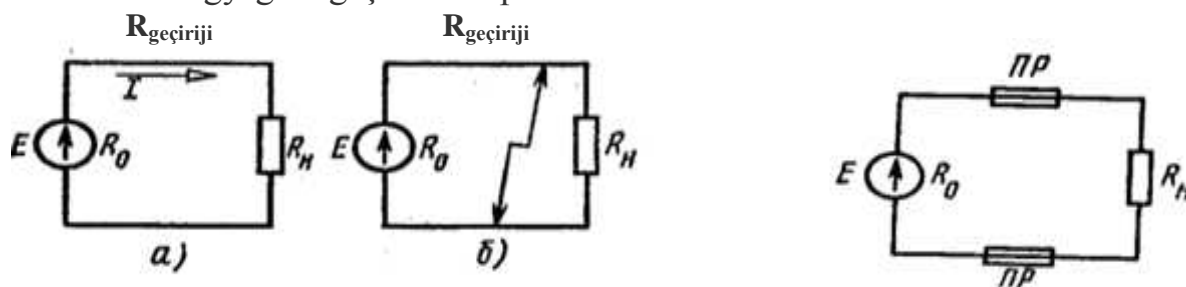
Geçirijiniň kese kesimi onuň hasaplanan togy rugsat berilen tokdan uly bolmaz ýaly edilip saýlanylýar: $I_{\text{hasap}} \leq I_{\text{rugsat ber}}$.

Rezinli we polihlorwinil izolýasiýaly mis geçirijiler üçin tok agramlyklaryna baglylykda kese kesiminiň meýdanlary aşakdaky tablisada getirilen:

Tablisa 2

Kese kesiminiň meýdany, mm ²	Iň uly rugsat berilen tok, A	Kese kesiminiň meýdany, mm ²	Iň uly rugsat berilen tok, A	Kese kesiminiň meýdany, mm ²	Iň uly rugsat berilen tok, A
0,5	11	10	80	120	385
0,75	15	16	100	150	440
1,0	17	25	140	185	510
1,5	23	35	170	240	605
2,5	30	50	215	300	695
4	41	70	270	400	830
6	50	95	330		

Elektrik setleri ulanylanda awaryýa ýagdaýlary ýüze çykyp biler. Awariýalaryň bir sebäbi hem gysga utgaşma bolup biler.



Surat–12. Kadaly iş ýagdaýy we Surat – 13. Ereýjigysga utgaşma ýagdaýy goraýjylaryň çatylyşy

Iki sany dürli potensially izolirlenmedik geçirijileriň birleşmegine gysga utgaşma diýilýär.

Kadaly iş tertibinde (12 a surat) tok $I = E / (R_{\text{agr}} + R_{\text{geçir}} + R_0) \approx E / R_{\text{agr}}$, çünki $R_{\text{agr}} \gg R_{\text{geçir}} + R_0$.

Gysga utgaşmada $R_{\text{agr}} \approx R_{\text{gu}} \approx 0$ (126 surat). Şonda

$$I_{\text{gu}} = E / (R_{\text{geçir}} + R_0) \gg I.$$

Gysga utgaşma togy zynjyryň nominal togyndan praktikada onlarça we ýüzlerçe esse köp bolup biler, bu bolsa zynjyryň käbir elementleriniň ýylylyk we mehaniki hatardan çykmagyna getirip biler. Zynjyry aşa agramlyklardan goramak üçin toguň belli ululyklarynda eräp, elektrik zynjyryny kesýän ereýji önünden goraýjylar gulluk edýärler. Ereýji önünden goraýjylaryň çatylyş çyzgysy 13 suratda görkezilen.

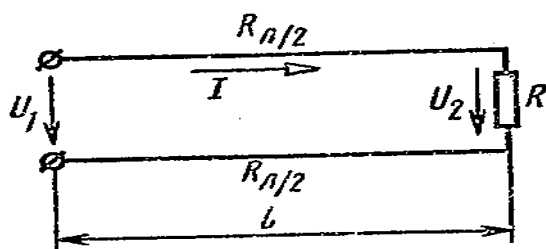
Eger elektrik zynjyrynyň elementlerindäki naprýaženiýa, tok we kuwwat olary çykaryjy zawod tarapyndan hasaplanan bahalaryna gabat gelýän bolsa, onda buiş kadasyna nominal diýilýär. Şonda in gowy işleýiş şertleri kepillendirilýär (uzak işlemegi, az energiýa harç etmegi).

Çeşmäniň nominal iş kadasyndan başga-da, gysga utgaşma we boş iş kadalary hem bardyr. Boş iş kadasynda çeşmede tok nula deňdir. Gysga utgaşma kadasynda çeşmäniň daşky gysgyçlarynda naprýaženiýa nula deňdir.

3. Geçirijilerde naprýaženiýanyň ýitgisi.

Energiýa uly uzynlykdaky geçirijiler boýunça geçirilende (surat-14) olaryň garşylyklaryny hasaba almak hökmandyr. Olardaky naprýaženiýanyň görnetin peselmegi:

$$\Delta U = I R_{\text{liniýa}} = I 2 \ell / \gamma S$$



Surat– 14. Energiýanyň uly uzynlykdaky geçirijiler boýunça geçirilmegi

Liniýanyň girişindäki berilen naprýaženiýa U_1 bolanda, agramlygyň nominal togunda agramlykdaky naprýaženiýa $U_2 = U_1 - \Delta U$ deňdir. Naprýaženiýanyň düşmegi ΔU bellenilen bahalardan ýokary bolmaly däl. Meselem, ýagtylandyryjy agramlykda ΔU nominal naprýaženiýanyň 2 % -den köp bolmaly däl.

ΔU berilen bahalarynda geçirijiniň gerekli kese kesiminiň meýdanyny tapalyň. Ýokarky formuladan:

$$S = I 2 \ell / \gamma \Delta U$$

Bu formula gaty amatly däl. Adatça liniýanyň agramlygy harçlanylýan kuwwat görnüşinde berilýär, şonda naprýaženiýanyň absolýut ýitgileri bolsa otnositel ýitgiler bilen çalşylýar:

$$e = \Delta U 100\% / U_2$$

ΔU ýerine ulanmak amatly bolup durýar, çünki energiýanyň haýsy naprýaženiýada geçirilýändigine garamazdanelektrogeçiriji liniýalary bahalandyrmaklyga uniwersal çemeleşip bolýar.

Bu ýerden,

$$S = I 2 \ell 100\% / \gamma U_2 e,$$

Formulanyň her tarapyny U_2 köpeldip alarys:

$$S = 2 P_2 \ell 100\% / \gamma U_2^2 e.$$

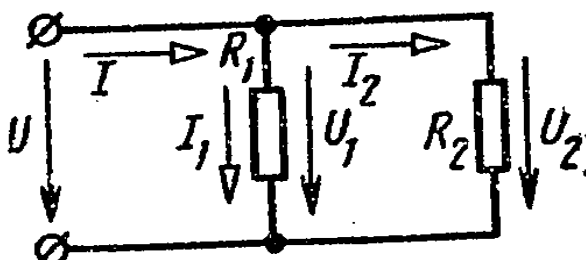
Energiýanyň geçiriliş prosesinde onuň bir bölegi geçirijilerde ýitirilýär. Ýitgileriň kuwwaty:

$$\Delta P = I^2 R_{\text{liniýa}} = \Delta U I.$$

Elektrogeçiriji liniýanyň PTK:

$$\eta = P_1 - \Delta P / P_1 = U_1 I - \Delta U I / U_1 I = U_1 - \Delta U / U_1 = U_2 / U_1$$

Praktikada adatça agramlyklary dürli ýerlere birikdirilen liniýalar gabat gelýär. 15-nji suratda paýlanan agramlykly liniýanyň bir mysaly getirilen.



Surat– 15.Paýlanan agramlykly liniýa

TEMA № 2. ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ELEKTRIK ZYNJYRLARY

1.2.1. Üýtgeýän toguň parametrleri. Üstleýin effekt. Aktiv garşylyk

1. Üýtgeýän toguň kesgitlenilişi, alynysy we şekillendirilişi.

Üýtgeýän tok elektrik energetika ulgamynda ulanylýan toklaryň esasy görnüşi hasap edilýär. Üýtgeýän tok diýlip wagta görä ulugyny we ugruny üýtgedýän toga aýdylýar.

Üýtgeýän tok generatorlary gurluşy boýunça ýönekeý we ulanyşda örän ygtybarlydyr. Bu sebäplere görä üýtgeýän togy öndürmek ähli tarapdan amatlydyr. Üýtgeýän togy transformirmek (bir naprýazeniýaly togy, başga bir naprýazeniýaly toga öwürmek) örän amatlygyr. Bu hem üýtgeýän tokly elektrik energiýasyny ýokary naprýazeniýada (500 000V we ýokary) az ýitgi bilen örän uzak aralyklara ugratmaklyga mümkinçilik berýär.

Elektrik togunyň bu görnüşiniň ýene bir amatly taraplarynyň biri, üç fazaly üýtgeýän toguň kömegi bilen önümçilikde we awiasiyada giňden ulanylyýan asinhron dwigatellerde aýlanýan magnit meýdanyny emele getirmek mümkinçiligidir.

Dürmuşda esasan sinusyň kanunyna laýyklykda üýtgeýän toklar giňden ulanyşa eýe boldylar (surat 17a). Bu toklar sinusoýdal ýa-da ýöne üýtgeýän tok diýilip atlandyrylýar.

Üýtgeýän tok zynjyrynda ýüze çykýan fiziki hadysalar hemişelik toga garanyňda örän çylşyrymlydyr. Üýtgeýän tok zynjyrynda hemişelik tokdaky garşylygyň bir däl-de fiziki hasiýetleri boýunça tapawutly birnäçe görnüşleri bardyr. Bu sebäplere görä hem dürli görnüşli geçirijilik we kuwwat ululyklary (dürli ölçeg birlikleri) ýüze çykýar. Üýtgeýän tok zynjyrynda elektrik ululyklaryň arasynda fazalaryň süýşmegi ýüze çykýar, bu bolsa zynjyrdaky hasaplamalaryň we seljermeleriň geçirilmegine belli bir derejede kynçylyk döredýär.

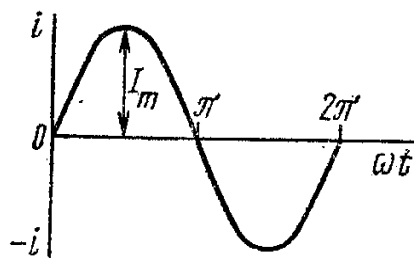
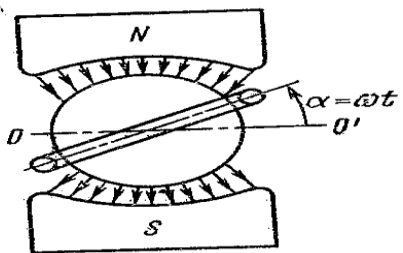
Üýtgeýän tok nazariýetini öwrenmekde, elektrik ululyklaryň işini häsiýetlendirýän üç sany esasy ululyklary hemişe hasaba almalydyrys:

- çeşmäniň elektrohereketlendiriji güýjiniň;
- naprýazeniýanyň;
- elektrik togunyň baha ululygyndan başgada kesgitli ugry hem bardyr (ululygyndan başga, ugry hem hasaba alynmaly).

Üýtgeýän tokda bu fiziki ululyklar wektor ululyklar diýilip kabul edilendir.

Çeşmäniň elektrohereketlendiriji güýji, naprýazeniýa we togyň güýji—wektor ululykdyr.

Geliň üýtgeýän toguň sadaja öndürgijiniň (generatorynyň) işleýşine seredeliň. 16-njy suratda üýtgeýän toguň generatorynyň modeli görkezilen.



Surat–16. Üýtgeýän toguň generatorynyň modeli we üýtgeýän toguň grafigi

Elektromagnitiň ýa-da hemişelik magnitiň polýuslarynyň arasynda elektrotehniki polat listlerden ýygnaýan silindriki rotor (ýakor) bar. Ýakora belli bir aýlaw sanly simli tegek (katuska) berkidilen. Tegegiň uçlary ýakor bilen bilelikde aýlanýan kontaktly halkalar bilen birikdirilen. Kontaktly halkalar bilen tegegi daşky zynjyr bilen birikdirmäge kömek edýän hereketsiz kontaktlar (çotkalar) baglanyşýar. Polýuslar we ýakoryň arasyndaky howa yşlaryny (zazorlaryny) ondaky magnit meýdanynyň induksiýasy sinusoýdal kanun boýunça üýtgär ýaly laýyk getirýärler.

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_m \cdot \sin \alpha,$$

bu ýerde α - tegegiň tekizligi we neýtral tekizligiň 00° arasyndaky burç.

Haçanda ýakor magnit meýdanynda ω burç tizligi bilen aýlananda tegegiň aktiw taraplarynda induksiýanyň EHG –i döreýär:

$$e_l = \mathbf{B} \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{\dot{\theta}} \cdot \sin \beta,$$

bu ýerde β - magnit meýdanynyň induksiýasynyň \mathbf{B} we $\mathbf{\dot{\theta}}$ tizligiň wektorlarynyň ugurlarynyň arasyndaky burç; l - tegegiň aktiw taraplarynyň uzynlygy.

Howa yşlaryndaky magnit meýdany burç $\beta = \pi / 2$ bolar ýaly ýerleşen.

Şeýlelikde, tegekdäki EHG:

$$e_l = \mathbf{B}_m \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{\dot{\theta}} = \mathbf{B}_m \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{\dot{\theta}} \cdot \sin \alpha = \mathbf{B}_m \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{\dot{\theta}} \cdot \sin \omega t.$$

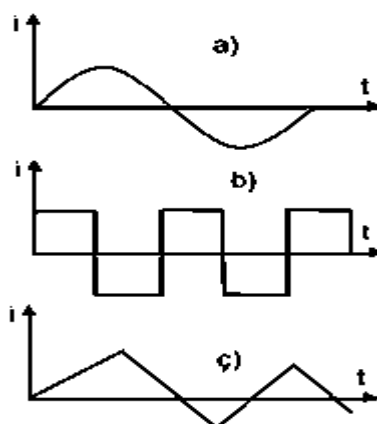
Sargylarynyň sany W bolanda tegegiň aktiw taraplarynyň sany $2W$ deň. Şonda tegegiň EHG:

$$e = e_l \cdot 2 \cdot W = 2 \cdot \mathbf{B}_m \cdot \mathbf{W} \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{\dot{\theta}} \cdot \sin \omega t = \mathbf{E}_m \cdot \sin \omega t,$$

bu ýerde, $E_m = 2B_m \cdot W \cdot l \cdot \dot{\theta}$ - EHG maksimal bahasy.

Şeýlelikde, generatoryň EHG sinusoýdal kanun boýunça üýtgeýär. Eger generatoryň gysgyçlaryna ýüki birikdirsek, onda onuň üstünden sinusoýdal kanun boýunça üýtgeýän tok akar. Sinusoýdal togyň $i = I_m \cdot \sin \omega t$ grafigi 14-nji a suratda görkezilen. Ordinatalar oky boýunça i tok, absissalar oky boýunça $\alpha = \omega t$ ýa-da t wagt goýulýar.

Aşakdaky suratda üýtgeýän togyň dürli görnüşleriniň grafigi görkezilen.



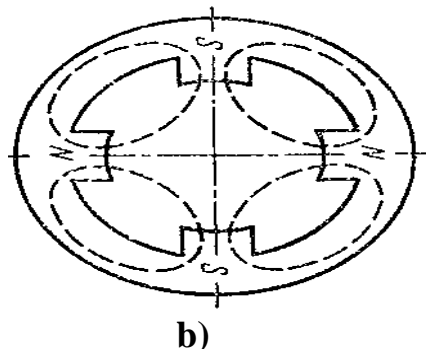
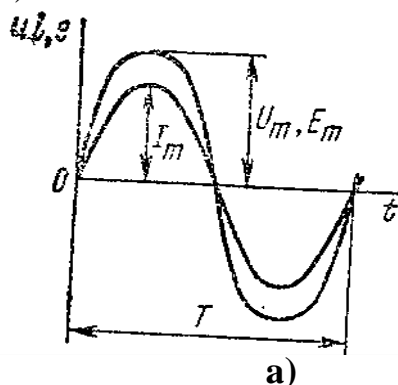
Surat 17. Üýtgeýän toklaryň wagta görä grafigi

2. Üýtgeýän toguň parametrleri.

Üýtgeýän togy mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin indiki ululyklar gulluk edýärler:

1. Toguň i , naprýaženiýanyň u , EHG-niň e pursat bahalary – olaryň dürli wagt pursadyndaky bahalary: $i = I_m \cdot \sin \omega t$; $u = U_m \cdot \sin \omega t$; $e = E_m \cdot \sin \omega t$.

2. Üýtgeýän ululyklaryň bir periotda ýetýän iň uly (maksimal) bahasynaamplitudadiýilýär.Toguň I_m , naprýaženiýeniň U_m , elektrohereketlendiriji güýjiň E_m amplituda bahalary- i , u we e pursat bahalarynyň maksimal bahalarydyr (surat 18a).



Surat – 18. Toguň, EHG-ň we naprýaženiýanyň amplituda bahalary

3. Toguň doly yrgyldy ýerine ýetirýan we ululygy hem belgisi boýunça öňki pursat bahasyny alýan wagt aralygyna period T (*nepuod – tapgyr, döwür, zaman*) diýilýär. Period sekuntda (s), millisekuntda (ms) we mikrosekuntda (mks) ölçenilýär.

4. Generatoryň tegegininiň magnit meýdanynda aýlanma tizligini häsiýetlendirýän burç ýygylgy ω . Praktikada degişli kiçi tizliklerde gerekli ýygylgy almak üçin generatorlaryň birnäçe p jübüt polýuslary bolýar.

18 b suratda tegegininiň bir aýlawynda EHG-si 4 gezek ýa-da $2p$ gezek ugryny üýtgedýän iki jübüt polýusly generator görkezilen. Şeýlelikde, tegegiň bir aýlawyna üýtgeýän toguň p peridy gabat gelýär. Elektriki burç α_{el} düşünjesini girizeliň:

$$\alpha_{el} = p \alpha,$$

onda burç ýygylgyk ω tegegiň elektriki burç aýlanmatizligini kesgitläär:

$$\omega = \alpha_{el} / pT = p2\pi / pT = 2\pi / T,$$

bu ýerde $p2\pi$ – tekizlikde tegegiň bir aýlawyna gabat gelýän elektriki burç; pT – toguň p peridy gabat gelýän wagt. Şeýlelikde, bu formula elektriki burç tizligini ýa-da burç ýygylgyny kesgitleýär.

5. Ýygylgy f – toguň 1 sekuntda doly yrgyldysynyň sanyny görkezýän T perioda ters ululyk:

$$f = 1 / T$$

Ýa-da, üýtgeýän ululygyň 1 sekundyň dowamynda ýerine ýetirýan yrgyldysynyň sanyna ýygylgy diýilýär. Ýygylgyň ölçeg ululygy gersdir (halkara – Hs, rusça - Gs).

$$1Gs = 1 / s$$

Ýygylgy başga-da kGs, MGs we GGs ölçeyärler. Senagat togunyň ýygylgy 50 Gs – dir (ABŞ-da 60 Gs).

Formulalary deňeşdiripalyp bileris: $\omega = 2 \pi f$.

6. Üýtgeýän ululyklaryň şol pursatky bahalary üznüksiz ýokary tizlik bilen üýtgeýändigini sebäpli, elektrik ölçeyji abzallar bu ululyklaryň ähli üýtgemelerini yzarlap (*hasaba alyp*) bilmeýär. Beýleki bir tarapdan, üýtgeýän toguň dürli wagt pursadynda emel getirýän ýylylygy hem tapawutly bolar. Şonuň üçin üýtgeýän tok bilen hemişelik togy olaryň emele getirýän ýylylyk täsirlerine görä deňeşdirmek örän amatlydyr. Eger üýtgeýän tok (i) haýsy hem bolsa bir belli garşylygyň (R) üstinden akyp, belli bir möçberde ýylylyk (Q) emele getirýän bolsa, onda şol ululykly garşylygyň (R) üstinden akyp edil şol ýylylyga deň ýylylyk emele getirip biljek ululykdaky hemişelik togy (I) kesgitlemek bolar. Bu ýagdaýda bu iki toklar ýylylyk täsirleri boýunça deň derejededirler.

Üýtgeýän toguň täsir ediş (effektiv) bahasy diýip, özüniň ýylylyk täsiri bilen hemişelik toga deňderejede (ekwiwalent) bolan üýtgeýän toguň ululygyna aýdylýar. Täsir ediş ululyklary I ; E ; U harp bilen belgilenýär.

Başgaça aýdylanda:

Belli bir wagt aralygynda hemişelik toguň geçen garşylygyna deň ululykly garşylykdan akyp, şol möçberde ýylylyk emele getirmäge ukyply üýtgeýän toguň ululygyna üýtgeýän toguň täsir ediş (effektiv) bahasy diýilýär.

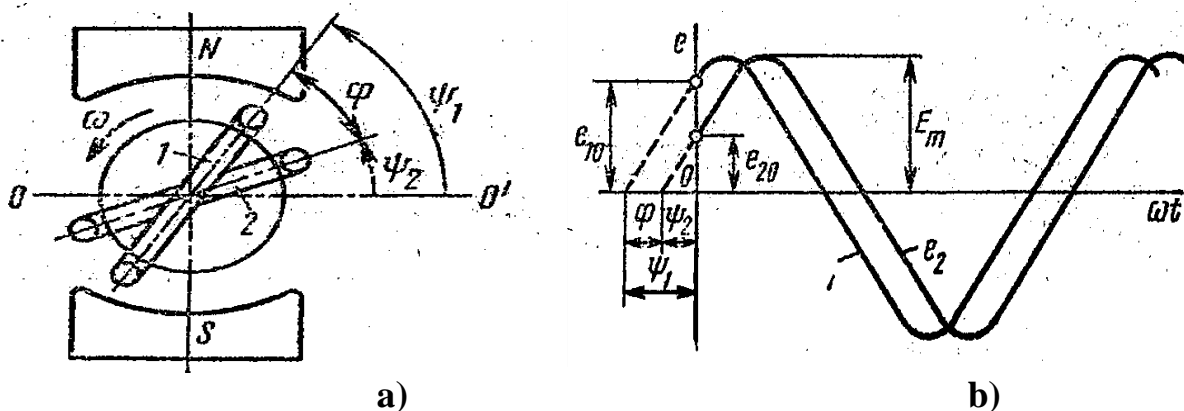
Elektrotehnikada üýtgeýän ululyklaryň täsir ediş bahalary örän ýygy ulanylýar. Ampermetrler we woltmetrler üýtgeýän tok zynjyrynda toguň we napryaženiýäniň täsir ediş bahalaryny ölçeyärler. Üýtgeýän tok zynjyry üçin esasy kanunlar (baglanyşyklary) bu bahalaryň üsti bilen aňladylýar.

Matematikada ululygyň täsir ediş bahalary bilen olaryň amplitudalarynyň arasynda aşakdaky gatnaşyklary bardygy subut edilendir, ($\sqrt{2}=1,41$):

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

3. Üýtgeýän toguň fazasy. Faza süýşme.

Goý, generatoryň ýakoryna tekizlikde biri-birinden ϕ burç süýşürilen iki sany birmeňzeş 1 we 2 sarym berkidilen bolsun surat 19a.



Surat – 19. Üýtgeýän toguň fazasy. Faza süýşme

Ýakor aýlananda sarymlarda birmeňzeş ω ýygylykly we E_m amplitudaly EHG-ler induktirlenýär (surat 19b), çünki sarymlar birmeňzeş burç tizligi bilen şol bir magnit

meýdanynda aýlanýarlar. Sarymlaryň orunlary erkin wagt pursatynda, ýagny $t = 0$ wagtynda Ψ_1 we Ψ_2 burçlar bilen berilen. Sarymlaryň tekizlikleri OO' neýtral tekizlik bilen gabat gelmeýär. EHG-leriň pursat bahalary wagt funksiýasy hökmünde aşakdaky aňlatmalar bilen kesgitleneler:

$$e_1 = E_m \sin(\omega t + \Psi_1); \quad e_2 = E_m \sin(\omega t + \Psi_2).$$

Şeýlelikde, $t = 0$ wagt pursadynda EHG nuldandyr: tapawutly:

$$e_{10} = E_m \sin \Psi_1; \quad e_{20} = E_m \sin \Psi_2.$$

Ψ_1 we Ψ_2 elektriki burçlar başlangyç wagt pursadynda EHG bahalaryny kesgitleýärler we **başlangyç faza burçlary** ýa-da **başlangyç fazalary** diýilip atlandyrylýarlar.

Bu EHG-leriň başlangyç fazalarynyň birmeňzeş dældigi sebäpli sarymlardaky EHG-leriň maksimal bahalary birwagtda bolanok, ýagny belli bir wagt süýşmesinde bolup geçýär. Wagt süýşmesi başlangyç fazalaryň tapawudy bilen kesgitlenýär we **fazalaryň süýşme burçy** ýa-da **faza süýşmesi** ϕ diýilip atlandyrylýar.

$$\phi = \Psi_1 - \Psi_2.$$

Δt wagt süýşmesi $\alpha = \omega t$ deňlik bilen kesgitlenýär:

$$\Delta t = \phi / \omega = \phi T / 2\pi.$$

Bu ýagdaýda EHG-leriň biri faza boýunça ozýan, beýlekisi yza galýan bolýar. Maksimumy çepde ýerleşen EHG ozýan diýip alalyň, eger $\phi < \pi$ bolsa, ϕ burçy EHG-leriň iň ýakyn maksimumlarynyň aradaşlygy boýunça ýa-da nul bahalarynyň üstünden geçiş pursatlary bilen kesgitleýärler.

4. Üstleýin effekt. Aktiv garşylyk.

Geçirijiniň hemişelik toga bolan garşylygyna om garşylygy diýilýär we bilişimiz ýaly aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

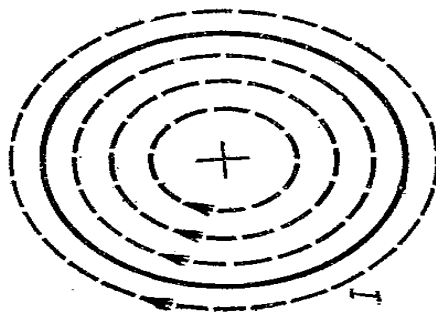
bu ýerde R -geçirijiniň garşylygy, Om;

l -geçirijiniň uzynlygy, metr;

S -geçirijiniň kese kesimiň meýdany, mm^2 ;

ρ -geçirijiniň udel garşylygy, $\frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$;

Üýtgeýän toguň zynjyrynda geçirijiniň garşylygy ýokarlanýar. Üýtgeýän toguň zynjyrlaryny öwrenenimizde aktiv we reaktiw garşylyklar diýen düşüňjelerine gabat gelýäris. Ortaça energiýany sarp etmeýän garşylyga reaktiw garşylyk diýilýär. Aktiv garşylyk – energiýany yzyüzlmesiz sarp edýän garşylyk. Geçirijiniň üýtgeýän toga garşylygynyň (aktiv garşylygy), şol geçirijiniň hemişelik toga bolan garşylygyndan ýokarydygyny subut edeliň. Aşaky suratda (surat 20) şu wagt bizden aňyrlarygyna tarap akýan tokly geçiriji sim görkezilen. Punktir liniýalar bilen geçiriji sime ilişýän magnit meýdany görkezilen.



Surat –20. Üstleýin effekt

Toguň ulylygy üýtgände magnit meýdany hem üýtgeýär, güýç liniýalary bolsa geçirijini kesip geçýärler. Şol bir wagtda geçirijiniň kese kesiminiň simiň üstüne ýakyn ýerleşen bölümleri, onuň merkezine ýakyn ýerleşen bölümlerine görä, wagt birliginde liniýalaryň az sanlysy bilen kesişýärler. Netijede, özünden induktirlenmäniň EHG-si simiň merkezine ýakyn ýerleşen bölümlerinde köp bolýar. Bu bolsa aýdylan bölümlerde toguň dykzlygynyň peselmegine getirýär. Şonuň üçin bütin kese kesim boýunça akýan tok peselýär, bu bolsa geçirijiniň garşylygynyň ýokarlanmagy bilen deň zatdyr. Uly ýygylklarda toguň akmagynyň deň dældigi has hem güýçli bildirýär we ol simiň kese kesiminiň merkezi böleginde hakykatda nola deňdir, ýagny tok diňe simiň üst gatlagyndan akýar. **Bu hadysa üstleýin effekt diýilýär.** Üstleýin effekt san taýdan üstleýin effektiň koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär ξ (ksi):

$$\xi = r / R,$$

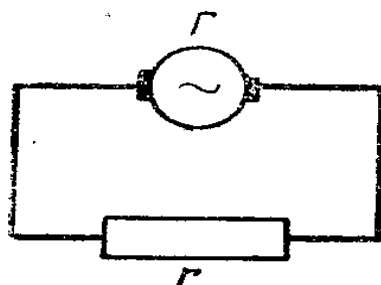
bu ýerde R , r – geçirijiniň hemişelik we üýtgeýän toga garşylygy.

Koeffisiýant ξ üýtgeýän toguň ýygylgyna, geçiriji simiň diametrine we onuň ýasalan materialynyň magnit syzyjlygyna baglydyr.

Üýtgeýän toguň 50 Gs ýygylklarynda üstleýin effektiň täsiri kän bildirmeýär, ýöne ýygylgyň ýokarlanmagy bilen onuň täsiri bildirip başlaýar.

Üýtgeýän toguň zynjyrlarynda hem hemişelik toguň zynjyrlaryndaky ýaly garşylygyň ölçeg birligi bolup Om gulluk edýär.

Aktiw garşylygy bolan üýtgeýän toguň zynjyryna seredeliň (surat 21).



Surat –21. Aktiw garşylykly üýtgeýän toguň zynjyry

Goý bu zynjyryň gysgyçlaryna sinusoýda boýunça üýtgeýän, pursat bahasy aşaky formula bilen kesgitlenýän üýtgeýän naprýaženiýa berilsin:

$$u = U_m \sin \alpha = U_m \sin \omega t,$$

Omuň kanunyna görä tok islendik wagt birliginde aşakdaka deň:

$$i = u / r$$

u ýerine onuň bahalaryny goýup alarys:

$$i = U_m \sin \omega t / r.$$

Toguň amplitudasy:

$$I_m = U_m / r ,$$

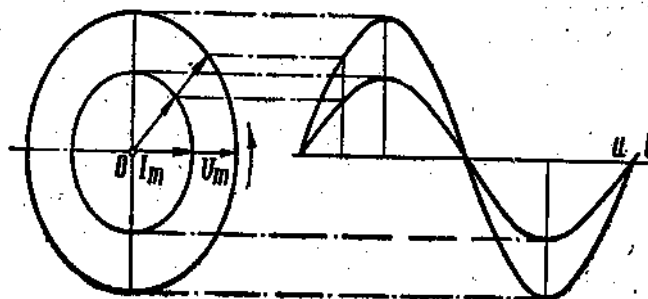
Bu ýerden

$$i = I_m \sin \omega t.$$

Aşakdaky tolkun diagrammalaryna laýyklykda başlangyç wagt pursadynda , haçanda $t = 0$, $\omega t = 0$ we $\sin \omega t = 0$ bolanda (surat 22):

$$u = U_m \sin \omega t = 0;$$

$$i = I_m \sin \omega t = 0.$$



**Surat –22. Aktiv garşylykly üýtgeýän toguň elektrik zynjyrynda
naprýaženiýanyň we zynjyrdan akýan toguň fazalary boýunça gabat gelmegi**

Tok we naprýaženiýa bir wagtda maksimal we minimal bahalaryna ýetýärler we birwagtda nol bahalaryndan geçip öz belgilerini üýtgetýärler. Şeýlelik-de, eger daşky zynjyrda diňe aktiv garşylyk bar bolsa, onda garşylygyň soňlaryndaky naprýaženiýa we zynjyrdan akýan tok fazalary boýunça gabat gelýärler.

Aktiv garşylyklara elektrik nakal lampalary, elektrozdyryjy abzallar we apparatlar degişlidir.

TEMA № 3. BIR FAZALY ELEKTRIK ZYNJYRLAR

1.3.1. Elektrik zynjyrlarynyň aýratynlyklary

1. Elektrik zynjyrlarynyň aýratynlyklary.

Hemişelik tok zynjyrynda diňe bir garşylyk, ýagny zynjyryň garşylygynyň bardygyny öwrenip geçipdik. Ol garşylyk omda ölçenilýär we om garşylygy (омическое) diýilip atlandyrylýar. Bu atlandyрма hem onuň hemişelik toga degişlidigini aňlatýar.

Üýtgeýän tok zynjyrynda fiziki görnüşi boýunça dürli birnäçe garşylyklar bardyr.

Eger üýtgeýän tok lampanyň ýa-da haýsy hem bolsa bir gyzdyryjy gurluşyň üstinde göýberilse, çeşmäniň elektrik energiýasy ýylylyk ýa-da ýagtylyk energiýasyna öwürüler, ýagny işi ýerine ýetirmek üçin energiýa sarp ediler. Bu görnüşli garşylyklar üçin toguň akýan ugrunyň ähmieti ýokdyr. Bu ýerde esasy ähmiýet elektrik zarýadlaryň herekedini emele getirýän toguň bolmagydyr. Ýöne bu pes ýygyllykly toklar üçin dogry bolar. Ýygyllygyň artmagy bilen zynjyryň doly garşylygy üýtgär.

Üýtgeýän tok elektrik dwigatellerinde elektrik energiýanyň mehaniki energiýa öwürülme hadysasy bolup geçýär. Bu işi ýerine ýetirmek üçin hem elektrik energiýa sarp edilýär. Ýöne elektrik dwigatellerde energiýanyň ählisi peýdaly işi ýerine ýetirmek üçin sarp edilmeýär. Onuň köp bolmadyk bölegi energiýanyň başga bir görnüşine öwürülýär. Elektrik dwigateliň demir özeniniň sarymynda özünden induktirlenme EHG ýüze çykýar we toguň artan pursadynda çeşmäniň energiýasynyň bir bölegi sarymda magnit meýdanyny emele getirmek üçin harçlanýar. Toguň peselen ýagdaýynda magnit meýdanynyň energiýasy zynjyryda hiç hili işi ýerine ýetirmän yzyna çeşmä gaýdyp gelýär.

Üýtgeýän tok zynjyryna kondensatorlar birikdirilende hem edil şunuň ýaly ýagdaý bolup geçýär. Eger kondensatory hemişelik tok çeşmesine birikdirsek, onda ol birikdirilen pursady zarýadlanar we iki plastinalaryň arasynda belli bir möçberde elektrik energiýaly elektrik meýdany emele geler. Kondensator öz sygymyna görä zarýadlanyndan soň hemişelik tok zynjyryndan tok akmaz, ýagny kondensator öz sygymynyň möçberinden artyk togy kabul etmez we zynjyrydan toguň akmasy kesiler.

Ýöne eger kondensator üýtgeýän naprýaženýäniň zynjyryna birikdirilse, naprýaženiýanyň ýokarlanan pursady ol zarýadlanar we çeşmäniň elektrik energiýasy elektrik meýdanynyň energiýasyna öwürüler. Naprýaženiýanyň peselenpursadynda kondensator zarýadsyzlanar we zarýad energiýa bilen bilelikde ýene-de çeşmä gaýdyp geler. Kondensatorly üýtgeýän tok zynjyrynda iş ýerine ýetirilmän, diňe çeşme bilen kondensatoryň arasynda energiýanyň üznüksiz gidip gelmesi (alynyp-berilmesi) bolup geçýär.

Şeýlelikde üýtgeýän tok zynjyrynda işi ýerine ýetirýän garşylyk we işi ýerine ýetirmeýän garşylyklar bolup biler. İş ýerine ýetirýän garşylyklara aktiw, işi ýerine ýetirmeýän garşylyklara bolsa reaktiw garşylyklar diýilýär. Garşylyklaryň bu häsiýetleri olaryň dürli gurluşlary bilen häsiýetlendirilýär.

Üýtgeýän tok zynjyrynda garşylyklar aşakdaky görnüşlere bölünýärler:

- aktiw garşylyk;
- reaktiw garşylyk;

- doly garşylyk.

Reaktiw garşylyk diýilip induktiw we sygym garşylyklara aýdylýar.

Aktiw we reaktiw garşylyklar doly garşylygyň düzümine girýarlar.

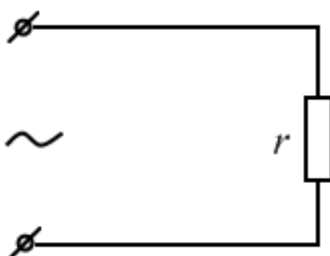
2. Aktiw garşylykly zynjyr. Induktivli zynjyr.

Aktiw garşylyk diýlip üýtgeýän tok çeşmesiniň ähli elektrik energiýasyny başga bir energiýanyň görnüşine öwürýän, ýagny işi ýerine ýetirmek üçin sarp edýän garşylyga aýdylýar.

Olara mysal bolup lampalar, ýyladyjy gurluşlary getirmek bolar. Bu gurluşlarda çeşmäniň elektrik energiýasynyň ählisi diýen ýaly ýagtylyk ýa-da ýylylyk energiýasyna öwrülýär.

Sinusoýdal kanuna görä üýtgeýän we başlangyç fazasy $\psi=0$ bolan üýtgeýän naprýaženiýaly çeşmä aktiw garşylyk (r) birikdirilen diýeliň (surat 23):

$$u=U_m \cdot \sin \omega t \quad (1)$$



Surat - 23. Aktiw garşylykly üýtgeýän tok zynjyry

Toguň we naprýaženiýäniň şol pursatlyk bahalary üçin Omuň kanunyny ulanyp, aşakdakyny görnüşini alarys:

$$i = \frac{U}{r}$$

muňa (1) deňlemedäki naprýaženiýanyň bahalaryny goýalyňwe

$$i = \frac{U_m}{r} \sin \omega t$$
$$\frac{U_m}{r} = I_m \quad (2)$$

bolandygy üçin

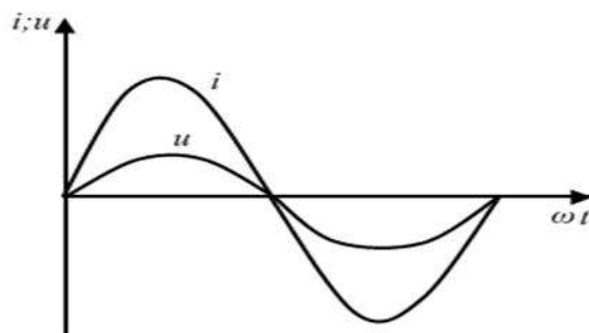
$$i=I_m \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

bolar.(1) we (3) deňlemelere görä aşakdakylary aýtmak bolar:

Sinusoýdal naprýaženiýeli aktiw garşylykly zynjyrdan sinusoýdal tok akar. Aktiw garşylykly zynjyrdan naprýaženiýe we tok faza boýunça gabat gelýär (naprýaženiýe bilen toguň ululyklarynyň arasyndaky faza süýşme nula deň, $\varphi=0$).

Bu ýagdaýda üýtgeýän naprýaženiýanyň çeşmesiniň zynjyry diňe aktiw häsiýetli agramlyklydyr.

(1) we (3) deňlemelere görä ýaýbaňlandyrylan wektor diagrammany guralyň (surat 24).



Surat - 24. Aktiv garşylykly zynjyryň diagrammasy

Üýtgeýän tok zynjyryna birikdirilen ampermetriň we woltmetriň diňe täsir ediş bahalary ölçeýändigini üçin (2) deňlemäniň iki tarapyny hem $\sqrt{2}$ bölüp:

$$\frac{U_m}{\sqrt{2} \cdot r} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

täsir ediş bahalar üçin Omuň deňlemesini alarys:

$$I = \frac{U}{r} \quad (4)$$

Üýtgeýän tok zynjyry üçin elektrotehnikanyň esasy kanunlary elektrik ululyklaryň täsir ediş bahalary görnüşinde kabul edilendir.

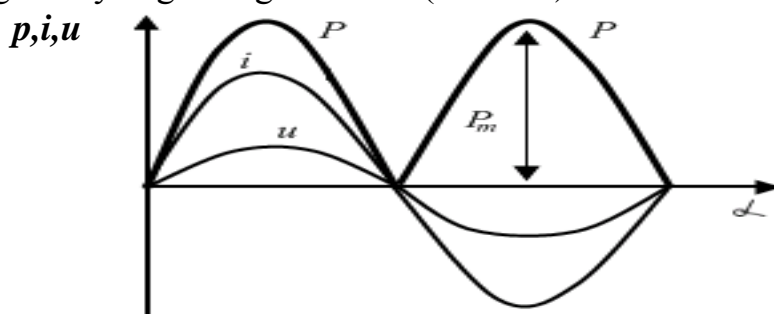
Zynjyryň kuwwaty. Kuwwatyň şol pursatdaky bahasy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär (setir p harpy bilen belgilenýär):

$$p = i \cdot u$$

ýa-da (1) we (3) deňlemelere görä:

$$p = I_m \cdot \sin \omega t \cdot U_m \cdot \sin \omega t = I_m \cdot U_m \cdot \sin^2 \omega t \quad (5)$$

Aşakdaky suratda aktiv garşylykly üýtgeýän tok zynjyrynda kuwwatyň üýtgeýişini görkezýän grafik görkezilen (surat 25).



Surat - 25. Aktiv garşylykly zynjyrynda kuwwatyň üýtgeýişi

Deňlemä (5) we grafige görä kuwwatyň şol pursatky bahasy, ýagny aktiv garşylykly zynjyrynda elektrik energiýanyň öwürülme tizligi hemişelik saklanmaýar we üýtgeýän tokdan iki esse çalt ýygylýan bilen üýtgeýär.

Aktiv garşylykly zynjyrynda kuwwatyň orta bahasy aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýär (ululyklaryň täsir ediş bahalary bilen):

$$P=I \cdot U=I^2 \cdot r \quad (6)$$

Zynjyrd a energiýanyň başga bir görnüşine öwrülýän, ýagny işi ýerine ýetirmek üçin sarp edilýän kuwwat aktiw kuwwat diýlip atlandyrylýar. Ol uly P harpy bilen belgilenýär.

Aktiw kuwwat hem edil hemişelik toguň zynjyryndaky ýaly watt (Wt) bilen ölçenilýär.

Üýtgeýän tok zynjyrlarynyň hasaplamalarynda aktiw kuwwatyň orta bahasyny kesgitlemek üçin aşakdaky deňlemeler ulanylyp biliner:

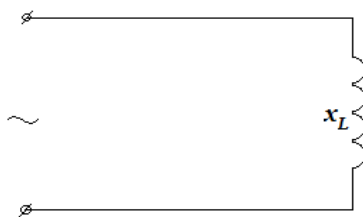
$$P = \frac{U^2}{r} \quad (7)$$

$$P=I^2 \cdot r \quad (8)$$

bu ýerde U we I – ululyklaryň täsir ediş bahalary.

Induktivli zynjyr.

Üýtgeýän tok zynjyryna induktiv sarym (tegek) birikdirilen diýeliň (surat 26). Sarymda aktiw garşylyk örän az diýip şertli kabul edeliň ($r \rightarrow 0$). Bu garşylygy ideal garşylyk diýip kabul edeliň (ideal – hyýaly, hakykatda beýle garşylyk ýokdur).



Surat - 26. Induktiv sarymyň çyzgysy

Bu idealsarymy hemişelik naprýaženiýeli toguň zynjyryna birikdirsek onuň garşylygynyň pesligi sebapli zynjyr gysga utgaşma kadasyna golaý kadada işlär.

Üýtgeýän tok zynjyrynda onuň häsiýeti başgaça bolar. Üýtgeýän naprýaženiýe çeşmesiniň emele getirýän üýtgeýän togy sarymyň üstinden akyp üýtgeýän magnit meýdanyny emele getirer we sarymda özünden induktirlenme EHG ýüze çykar. Lensiň kanunyna laýyklykda özünden unduktirlenen EHG-niň ugry hemişe özüni emele getiren güýje ters gönükdirilendir.

Sarymyň ters täsirine, ýagny onda EHG-niň emele gelmegi netijesinde üýtgeýän naprýaženiýe çeşmesine garşylykly täsirine induktiv garşylyk diýilýär. X_L - görnüşde belgilenýär.

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$

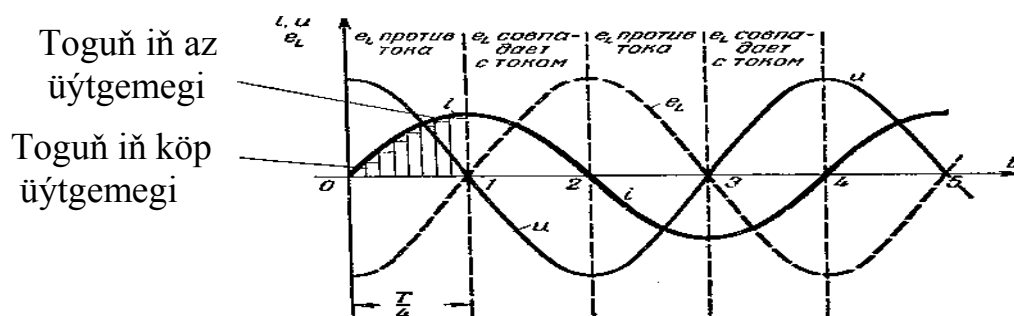
X_L – zynjyryň induktiv garşylygy, Om, ω - aýlaw ýyglygy, rad/sek., L – zynjyryň induktivligi, Gn.

Diňe induktiv garşylykdan durýan zynjyrlar üçin Omuň kanuny şeýle kesgitlener: toguň güýji zynjyrdaky naprýaženiýa göni bagly we zynjyryň induktiv garşylygyna ters baglydyr.

$$I = U / X_L,$$

I , U – toguň we naprýaženiýanyň täsir ediş bahalary.

Idealsarymda bolup geýýan hadysalary ýaýbaňlandyrylan (wagta görä) diagrammada seredip geçeliň (surat 27).



Surat - 27. Induktiv sarymyň ýaýbaňlandyrylan wektor diagrammasy

Sarymdan üýtgeýän naprýaženiýe çeşmesiniň täsiri bilen başlangyç fazasy nula deň bolan sinusoidal tok akýar diýeliň.

Sinusýntrigonometr funksiýasynyň üýtgeýşine üns beriň. Eger $\alpha=0^\circ$ bolsa, $\sin 0^\circ=0$ deňdir, onda sarymyň öwrülme burçy üýtgeşe, ýagny $\sin 6^\circ=0,1$; $\sin 12^\circ=0,2$; $\sin 18^\circ=0,3$; $\sin 30^\circ=0,5$ we ş.m. bolar. Şeýlelikde α burçyň 0° -dan 30° üýtgemegi bilen (diňe periodyň birinji çäryeginde) sinusoýdal ululyk eýýäm amplitida bahasynyň ýaryna ýetýär. Bu periodyň birinjiçäryeginiň başlangyjynda toguň deň wagt aralygynda artmagyny görkezýän grafikde subut edilen(surat 24). Ululygyň nul bahanyň üstinden geçen ýagdaýynda bu artma netijede sinusýn funksiýasynyň üýtgame tizligi hem maksimala, beýleki bir tarapdan bolsa ululygyň maksimal baha golaýlamagy bilen bu artma nula ymtylýar.

Sinusýn trigonometr funksiýasynyň aýratynlygy - onuň üýtgame tizliginiň dürlüligidir.

Induktiv garşylygy emele getirýän özünden induktirlenme EHG-niň toguň üýtgeýän tizligine baglylygy sebäpli bu aýratynlygy berk ýatda saklamak örän wajypdyr.

$$e_L = -L \frac{di}{dt} \quad (9)$$

Netijede toguň üýtgame tizliginiň dürliligi sebapli özünden induktirlenme EHG-niňşol pursatky bahasy hem dürli bolar. 90° we 270° fazalarda toguň üýtgame tizligi nula deň bolar we özünden induktirlenme EHG-iň şol pursatky bahasy hem nula deň bolar.

0° we 180° fazalarda bolsa toguň üýtgame tizligi maksimaldyr we şol fazalardaky özünden induktirlenme EHG-iň hem şol pursatky bahasy maksimal bolar.

Indi özünden induktirlenme EHG-iň toguň dürli fazalaryndaky ugruny kesgitleliň. Periodyňbirinji çäryeginde tok belgisi boýunça položitel we ululugy boýunça ýokarlanýar. Diýmek Lensiň kanunyna laýyklykda özünden induktirlenme EHG-iň ugry toguň tersine, ýagny otrisatel bolar.

Periodyňikinji çäryeginde zynjyrdaky tok peselip başlar, özünden induktirlenme EHGbolsa öňki ýagdaýyny saklamaklyga ymtylar we ugryny ters tarapa çalyşar.

Şeýlelikde grafige görä zynjyrdaky tok we özünden induktirlenme EHG faza boýunça 90° burç ($\varphi=90^\circ$) bilensüýşen ýagdaýda bolarlar.

Faza süýşmesiniň ýüze çykmagynyň esasy sebäbi sarymdan akýan toguň üýtgame tizliginiň dürli bolmagydyr.

Zynjyryň kuwwaty barada aýdylanda, aktiw garşylykly zynjyryň işine seredilende zynjyrda aktiw garşylyk sarp etýär, ýagny oňa berilýän elektrik energiýa tutuşlygyna işi ýerine ýetirmek üçin sarp edilýär diýip belläpdik.

Toguň periodyň birinji çäryeginde ýokarlanyp başlaýan ýagdaýynda, sarymy çeşmäniň elektrik energiýasyny sarp ediji hasap etmek bolar.

Toguň periodynyň ikinji çäryegindebolsa tersine sarymy elektrik energiýasynyň çeşmesi hökümünde kabul etmek bolar. Periodyň ikinji çäryeginde sarymda ýüze çykýan özünden induktirlenmäniň EHG-si zynjyrdan hereket etýän zaryadlara energiýa berýar we induktirlenme netijesinde toplanan energiýa magnit meýdanynyň energiýasy görnüşinde çeşma gaýtarylýar.

Periodyň soňky iki çäryeginde bu sarymda energiýanyň toplanma we çeşmä gaýtarylma hadysasy edil periodyň birinji we ikinji çäryeklerindäki ýalygaýtalanýar. Sarymyň periodyň çäryeginde kabul etýan energiýasy, periodyň ikinji çäryeginde çeşmä gaýtarýan energiýasynyň möçberine deňdir. Netijede sarymyň bir periodyň dowamynda sarp edýän umumy energiýasy nula deňdir.

Induktiv garşylykda elektrik energiýanyň başga bir energiýanyň görnüşüne (ýylylyk, ýagtylyk, mehaniki we ş.m.) öwürilmegi ýüze çykmaýar we hiç hili iş ýerine ýetirilmeyär. Bu zynjyrda diňe sarym bilen çeşmäniň arasynda energiýany alyp bermek hadysasy bolup geçýar, ýagny çeşmaniň energiýasy magnit meýdanynyň energiýasy görnüşinde sarymda toplanýlýar we ýene çeşma gaýtarylyp berilýar.

Bu ýerden ýene bir netije gelip çykýar:

Üýtgeýän naprýaženiýe çeşmesiniň energiýasyny energiýanyň başga bir görnüşine öwürmeýän we hiç hili işi ýerine ýetirmeýän garşylyga reaktiw garşylyk diýilýar, ýagny induktiv garşylyk reaktiw garşylykdyr.

Çeşme bilen reaktiw garşylygyň arasynda yzygider alynyp - berilýan kuwwat reaktiw kuwwat diýlip atlandyrylýar. Reaktiw kuwwat Q harp bilen belgilenýär. Eger aktiw kuwwat (P) elektrik energiýanyň başga bir energiýanyň görnüşine öwürme tizligini häsiýetlendirýän bolsa, reaktiw kuwwat (Q) diňe energiýanyň çeşme bilen reaktiw garşylygyň arasynda alynyp-berilişiniň yrgyldysynyň tizligini häsiýetlendirýar. Reaktiw kiwwaty zynjyrdaky kuwwatyň beýleki görnüşlerinden tapawutlandyrmak üçin ol aktiw kuwwat ýaly wattda dälde reaktiw woltamperde ölçenilýär (gysgaça, war). Sarymdaky reaktiw kiwwatyň ululugy aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$Q = I_L U_L$$

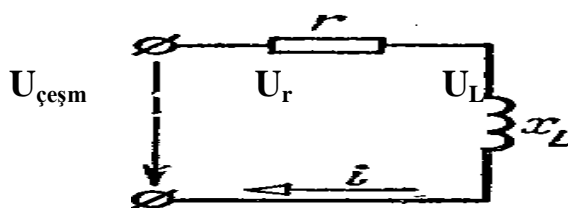
$$Q = I_L^2 x_L$$

Bellik: ýokarda seredilip geçilen hadysa diňe idealsarymda bolup geçýär. Adaty hakyky sarymda fiziki hasiýeti boýunça tapawutly bu garşylyklaryň ikisi hem, ýagny aktiw we reaktiw garşylyklar bardyr. Bu sarymda energiýanyň belli bir bölegi

energiýanyň başga bir görnüşine (ýylylyk, ýagtylyk, mehaniki we ş.m.) öwrülýär, beýleki bir bölegi bolsa reaktiw, ýagny yzyna gaýtarylýan hasap edilýär.

3. Aktiw garşylykly we induktiwli zynjyr.

Hakyky induktiw sarym (üýtgeýän tok elektrik dwigateliň sarymy, transformatorlaryň sarymy we ş.m.) aktiw we reaktiw garşylyklara eýedir. Hakykatda bu iki garşylyklar şol bir sarymyň özüne mahsusdyr. Ýöne zynjyryň aktiw we reaktiw garşylyklaryna seredilende olary aýry-aýry yzygider birikdirilen görnüşde şertli kabul edilendir. Bu görnüşli hakyky sarymyň görnüşü aşakdaky çyzgyda görkezilen (surat28).



Surat - 28. Hakyky sarymyň çyzgysy

Seredilýän üýtgeýän tok zynjyrynda fiziki häsiýeti boýunça dürli bolan iki sany garşylyklaryň, ýagny işi ýerine ýetirýän aktiw we diňe zynjyr bilen çeşmaniň arasynda energiýanyň alnyp-berlişine gatnaşýan reaktiw garşylyklaryň bardygyny ýatlalyň.

Fiziki häsiýeti boýunça tapawutly iki we ondan köp garşylykly üýtgeýän tok zynjyryna üýtgeýän toguň çylşyrymly zynjyry diýilýär.

Ýokardaky zynjyr çylşyrymly zynjyr hasap edilýär (bu zynjyra başgaça r - L zynjyr hem diýilýär).

Çylşyrymly zynjyrlaryň seljermesini elektrik ululuklaryň täsir ediş bahalaryny ulanyp wektor diagrammalaryň kömegi bilen ýerine ýetirmek kabul edilendir. Şonuň üçin ýokardaky çyzgyda toguň (I), çeşmaniň naprýaženiýesiniň ($U_{\text{çeş}}$), aktiw garşylykda naprýaženiýanyň düşmeginiň (U_a) we induktiw garşylykda naprýaženiýanyň düşmeginiň (U_L) bahalary täsir ediş bahalarda görkezilen.

Üýtgeýän toguň çylşyrymly zynjyrynyň hasaplamalarynda göýberilýän esasy ýalňyşlyklara üns bereliň.

Goý görkezilen çylşyrymly zynjyryda aktiw naprýaženiýe $U_a=8$ V, induktiw naprýaženiýe bolsa $U_L=6$ V bolsun. Iki garşylyk hem yzygider birikdirilen. Çeşmaniň naprýaženiýesi näçä deň bolar? Bu soraga pikir etmän 14 V diýip jogap bermek ýalňyşdyr. Bu soraga üýtgeýän tok zynjyry üçin gurulan wektor diagrammanyň üsti bilen takyk jogap bermek bolar.

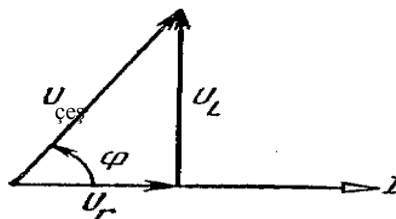
Üýtgeýän toguň çylşyrymly zynjyrynyň wektor diagrammasyny gurmak üçin aşakdaky düzgün ulanylýar: wektor diagrammada ilkinji bolup şol zynjyr üçin umumy ulylygyň wektory gurulýar. Yzygider birikdirilen zynjyryň ähli böleginde elektrik togunyň birmeňzeşdigi bellidir (parallel zynjyryda şahalara berilýän naprýaženiýe deňdir). Umumy ulylygyň başlangyç fazasyny nula deň diýip kabul etmek amatlydyr, ýagny wektor nul nokatdan sag tarapa goýulýar.

Bu düzgüne laýyklykda gurulan diagramma has düşnukli we okamak üçin amatlydyr.

Ýokarda getirilen zynjyr üçin wektor diagrammany guralyň (surat 29). Zynjyryň ähli bölegi üçin ondan akýan tok umumy hasap edilýär. Onuň başlangyç fazasyny nul ($\psi=0$) diýip kabul edeliň we nul nokatdan saga togyň (I) wektoryny goýalyň.

Mundan soň aktiw garşylykda naprýaženiýa düşmesini goýalyň. Aktiw garşylykda tok we naprýaženiýe fazalary boýunça gabat gelýändir. Şonuň üçin aktiw garşylykda naprýaženiýanyň düşme wektoryny (U_a) toguň wektorynyň (I) ugry boýunça goýýarys.

Induktivli zynjyrdan naprýaženiýe tokdan faza boýunça 90° burç öňe düşýär. Şonuň üçin induktiv garşylykdaky toguň düşmesi (U_L) toguň wektoryna (I) göre sagadyň ugrunyň tersine 90° burç bilen goýulýar.



Surat - 29. Yzygider birikdirilen zynjyryň wektor diagrammasy

Diagramma görä aktiw we induktiv garşylyklarda naprýaženiýeleriň düşmeginiň (U_a we U_L) arasynda 90° burç bilen faza süýşmesi bardyr. Şonuň üçin çeşmaniň naprýaženiýesini kesgitlemek üçin bu naprýaženiýeler geometriýa usulda jemlenilýär.

Diagramma görä aktiw we induktiv garşylyklaryň yzygider birikdirilen ýagdaýynda çeşmaniň naprýaženiýesi ($U_{\text{çes}}$) bilen zynjyryň togy (I) hem öz aralarynda $+\varphi$ burç bilen süýşen ýagdaýda bolar. Bu süýşme burçuň ulylygy ($+\varphi$) aktiw we induktiv garşylyklaryň ululyklaryna baglydyr.

Bu ýerden yzygider birikdirilen garşylykly çylşyrymly ähli zynjyrlar üçin umumy netije gelip çykýar:

Yzygider birikdirilen garşylykly çylşyrymly üýtgeýän tok zynjyrynda faza süýşmesiniň bardygy sebäpli çeşmaniň naprýaženiýesi aýry-aýry zynjyr böleklerinde naprýaženiýeleriň düşmeginiň geometriýa jemi görnüşinde kesgitlenilýär.

Bu wektor diagrammanaprýaženiýeleriň gönüburçly üçburçlygy hasap edilýär. Pifogoryň teoremasyny ulanyp naprýaženiýeleriň baglanyşygyny kesgitleliň:

$$U_{\text{çes}}^2 = U_a^2 + U_L^2$$

ýa-da

$$U_{\text{çes}} = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

Biziň mysalymyza gaýdyp gelenimizde, çeşmaniň naprýaženiýesi aşakdaky görnüşde hasaplanylýar ($U_a=8 \text{ W}$ we $U_L=6 \text{ W}$):

$$U_{\text{çes}} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = \sqrt{100} = 10 \text{ V.}$$

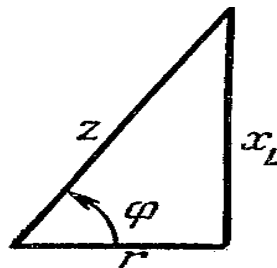
Ýokarda getiren mysalymyzda munyň14 Vdiýip ýalňyş hasaplanýandygy aýdypdyk.

Zynjyrdaky tok naprýaženiýeden yza galýandygy sebapli çylşyrymly zynjyrdaky (r - L zynjyrdaky) çeşmäniň agramlygy induktiw häsiýetlidir.

Eger naprýaženiýeleriň üçburçlugynda onuň ähli taraplary toguň şol bir ulylygyna bölünse, onda Omuň kanunyna laýyklykda garşylyklaryň üçburçlugy emele geler (surat30). Üçburçluga görä doly garşylyk aşakdaky görnüşe geler:

$$Z = \sqrt{r^2 + x_L^2}$$

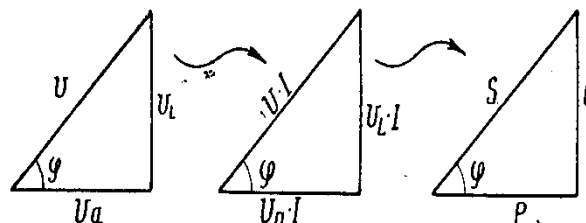
bu ýerde Z – zynjyryň doly garşylygy, Om .



Surat - 30. Garşylyklaryň üçburçlugy

Bu ýerden yzygider birikdirilen garşylykly çylşyrymly zynjyrlar üçin umumy netije gelip çykýar: **zyygider birikdirilen garşylykly çylşyrymly zynjyrlarda doly garşylyk aýry-aýry garşylyklaryň geometriýa jemi görnüşinde kesgitlenilýär.**

Eger naprýaženiýäniň üçburçlugynyň taraplary toga köpeldilse, kuwwatlaryň üçburçlugy emele geler (surat 31).



Surat -31. Kuwwatlaryň üçburçlugy

Kuwwatlaryň üçburçlugyna görä:

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

bu ýerde S – zynjyryň doly kuwwady.

Çeşmeden zynjyra berilýän doly kuwwatyň (S) bir bölegi aktiw garşylykda işi ýerine ýetirmek üçin sarp edilýär (P - aktiw kuwwat), beýleki bir bölegi bolsa reaktiw kuwwat (Q) hasap edilýär. Bu kuwwatyň ikinji bölegi(Q) magnit meýdanynyň energiýasy görnüşinde toplanyp çeşme bilen sarymyň arasynda üznüksiz alynyp-beriliş hadysasyny emele getirip durýar.

Bu ýerden yzygider birikdirilen garşylykly, çylşyrymly ähli zynjyrlar üçin umumy netije gelip çykýar: **zyygider birikdirilen garşylykly çylşyrymly üýtgeýän**

tok zynjyrynda doly kuwwat aktiw we reaktiw kuwwatlaryň geometriýa jemi görnüşinde kesgitlenilýär.

Dolu kuwwatyň aktiw we reaktiw kuwwatlary özünde jemleýändigini sebäpli ony dürli häsiýetli aktiw ýa-da reaktiw kuwwatlardan tapawutlandyrmak üçin doly kuwwat (S) woltamperde ölçenilýär.

Ähli üç üçburluklardan tok bilen çeşmäniň naprýaženiýesiniň arasyndaky fazanyň kosinus burç süýşmesiniň trigonometriýa funksiýasyny kesgitlemek bolar:

$$\frac{U_a}{U_{\text{çş}}} = \frac{r}{Z} = \frac{P}{S} = \cos\varphi$$

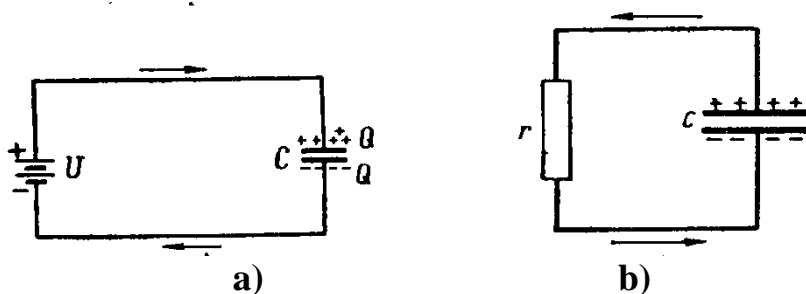
$\cos\varphi$ elektrotehnikada setiň kuwwat koeffisienti diýlip atlandyrylýar. Bu üýtgeýän tok zynjyrynyň (setiň) işini häsiýetlendirýän örän wajyp ululykdyr.

.3.2. Elektrik zynjyrlarynyň aýratynlyklary

1. Sygymly zynjyr. Aktiw garşylykly we sygymly zynjyr.

Jisimiňelektrik zarýadlaryny toplamak ukybyna sygym diýilýär. Sygym C harpy bilen belgilenýär. Ölçeg birligi – genri (Gn). Elektrik zarýatlaryny toplamak üçin niýetlenen gurluşa kondensator diýilýär.

C sygymy bolan kondensator U naprýaženiýesi bolan hemişelik toguň zynjyryna birikdirilende ol zarýadlanýar (surat 32a) we onuň plastinalarynda deň bolan, ýöne alamatlary boýunça dürli bolan elektrik zarýadlary toplanýar.



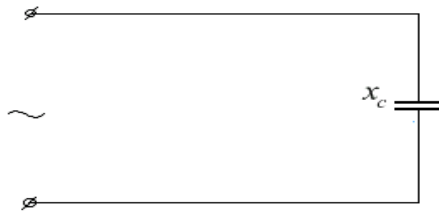
Surat -32. Sygymly hemişelik toguň zynjyry

Kondensator hemişelik toguň çeşmesinden aýrylan ýagdaýynda ol zarýadlanan ýagdaýda galýar we potensiallaryň tapawutlaryna eýedir.

Eger bu kondensatoryň plastinkalary geçirijiler bilen birleşdirilse, onda ol zarýadsyzlanar, şol bir wagtda zynjyrdan az wagtyk zarýatsyzlanma togy akar. Kondensatoryň zarýatsyzlanma togynyň ugry zarýatlanma togunyň ugryna garşylykly bolar (surat 32 b).

Indi kondensatory sinusoýdal $u = U_m \cdot \sin\omega t$ naprýaženiýeli üýtgeýän toguň zynjyryna birikdireliň. Zynjyrdaky aktiw garşylyk örän pes diýip kabul edeliň we ony hasaba almasak hem bolar ($r=0$). Bu zynjyr diňe sygym garşylykly zynjyrdyr.

Bu ýagdaýda kondensatoryň plastinalarynda naprýaženiýe üýtgäninde zarýadyň ulylygynyň ýzygider üýtgemegi zynjyrdan toguň üznüksiz akmagyna getirer (surat33).



Surat - 33. Sygymly üýtgeýän tok zynjyry

Periodyň birinji çäryeginde sygymly zynjyr çeşmeden energiýany kabul eder we energiýa kondensatoryň elektrik meýdanynda toplanar. Periodyň ikinji çäryeginde kondensator zaryadsyzlanar we toplan energiýasyny çeşmä gaýtaryp berer.

Periodyň ikinji ýarymynda energiýanyň alynyp – berilmesi gaýtalanar. Şeýlelikde, sygymly zynjyrdaky çeşme bilen kondensatoryň arasynda energiýanyň alynyp-berilmesi bolup geçýär.

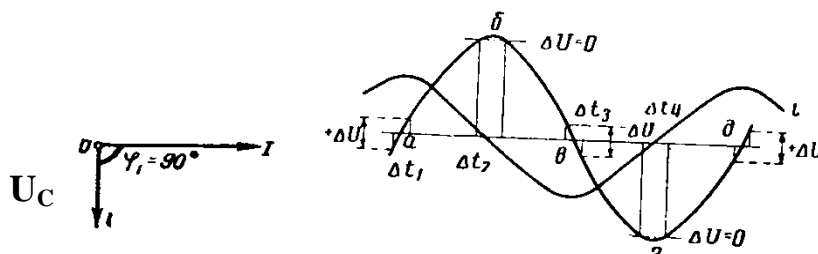
Kondensatoryň plastinasyndaky naprýaženiýanyň täsir ediş bahasy:

$$U = I \frac{1}{\omega C},$$

bu ýerde I – toguň täsir ediş bahasy; ω – aýlaw ýygylygy; C – kondensatoryň sygymy.

Kondensatoryň plastinalaryna berilýän naprýaženiýe fazasy boýunça tokdan 90° burç bilen yza galýar (surat 34). Bu bolsa kondensatorly zynjyrdaky toguň naprýaženiýanyň ululygyna däl-de, onuň wagt birliginde üýtgemeginiň tizligine baglydygy bilen düşündirilýär.

Öz aralarynda deň bolan we generatoryň U_m naprýaženiýasynyň wektorynyň degişli fazalaryna gabat gelýän wagt aralyklaryna seredeliň Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 we Δt_4 (surat 34).



Surat - 34. Kondensatoryň plastinalarynda tok bilen naprýaženiýanyň arasynda faza süýşmesi

$$\omega t_1 = \alpha_1 = 0^\circ, \omega t_2 = \alpha_2 = 90^\circ, \omega t_3 = \alpha_3 = 180^\circ, \omega t_4 = \alpha_4 = 270^\circ.$$

Periodyň birinji çäryeginde naprýaženiýa nuldан U_m çenli ýokarlanýar we oňa göni baglylykda kondensatoryň zaryady ýokarlanýar. Naprýaženiýanyň üýtgame tizligi bolsa peselýär: Δt_1 wagt aralygynda naprýaženiýanyň ulalmagy ΔU deň, Δt_2 wagt aralygynda bolsa ol nula deň.

Zynjyrdaky tok naprýaženiýanyň üýtgame tizligine baglydyr we periodyň birinji çäryeginde I_m – den 0 çenli peselýär.

Periodyň ikinji çäryeginde naprýaženiýa U_m – den nula çenli peselýär. Naprýaženiýanyň peselmeginiň tizligi bolsa ulalýar: Δt_2 wagt aralygynda naprýaženiýanyň peselmegi nula deň, Δt_3 wagt aralygynda bolsa ol ΔU kesime deň. Tok otrisatel baha eýe bolýar we nuldан $-I_m$ baha çenli ýokarlanýar. Periodyň

üçünji çäryeginde naprýaženiýa otrisatel baha eýe bolýar we nuldán $-U_m$ baha çenli ýokarlanýar. Naprýaženiýanyň ulalma tizligi bolsa peselýär: Δt_3 wagt aralygynda naprýaženiýanyň ýokarlanmagy ΔU deň, Δt_4 wagt aralygynda bolsa ol nula deň. Zynjyryň togy otrisatel bolmagyna galýar we $-I_m$ -den nula çenli peselýär.

Periodyň dördünji çäryeginde naprýaženiýa U_m – den nula çenli peselýär, tok bolsa nuldán $+I_m$ çenli üýtgeýär.

Şeýlelikde, sygymly zynjyrda tok naprýaženiýadan 90° öňe düşýär.

Sygymly zynjyrda toguň täsir ediş bahasy:

$$I = U_c \cdot \omega \cdot C = U_c / (1 / \omega \cdot C) = U_c / X_c.$$

Bu formula sygymly üýtgeýän tokly zynjyr üçin Omuň kanunydyr.

$1 / \omega \cdot C$ ululyk sygym garşylyk diýilip atlandyrylýar, X_c bilen belgilenýär we Om-da ölçenilýär.

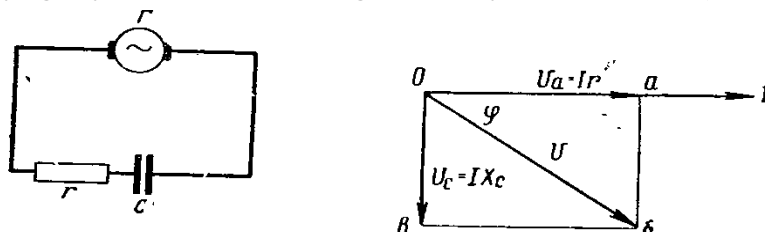
Başga-ça aýdanymyzda, kondensatoryň elektrostatik täsiri netijesinde elektrik sygymynyň üýtgeýän naprýaženiýäniň çeşmesine ters täsirine sygym garşylygy diýilýär.

Şeýlelikde induktiwlik we sygym üýtgeýän toguň zynjyrynda garşylykly häsiýetlerini ýüze çykarýarlar we belli bir möçberde biri-birini kompensirleýär (ýok edýär).

Aktiv garşylykly we sygymly zynjyr.

Goý düzüminde aktiv garşylyk we C sygymy bolan kondensator yzygider birikdirilen zynjyrdan f ýygylgy we I täsir ediş bahasy bolan tok akýar diýeliň.

Görkezilen ýagdaý üçin wektor diagrammasyna seredeliň (surat 35).



Surat – 35. Aktiv we sygym garşylykly üýtgeýän toguň zynjyry

Gorizontál ok boýunça I toguň wektoryny we onuň bilen fazasy boýunça gabat gelýän naprýaženiýanyň aktiv pese düşmegini $U_a = I r$ goýalyň. Wektor U_c fazasy boýunça toguň I we naprýaženiýanyň pese düşmeginiň U_a wektorlaryndan 90° yza galýar. Şonuň üçin sygymda naprýaženiýanyň düşmegi

$$U_c = I \cdot X_c,$$

bu ýerde $X_c = 1 / \omega \cdot C$.

Bu zynjyryň gysgyçlaryndaky U naprýaženiýe - U_a we U_c wektorlarynyň geometriki summasyna deň bolar.

U wektor fazasy boýunça I tokdan φ burç yza galýar we katetleri U_a we U_c deň bolan $oa\delta$ göniburçly üçburçlygyň gipotenuzasy bolup durýar.

Bu ýerden

$$U^2 = U_a^2 + U_c^2;$$

$$U^2 = (Ir)^2 + (I X_c)^2 = I^2 (r^2 + X_c^2).$$

Deňligiň iki tarapyndan hem kwadrat kök alyp taparys:

$$U = I \sqrt{r^2 + X_c^2};$$

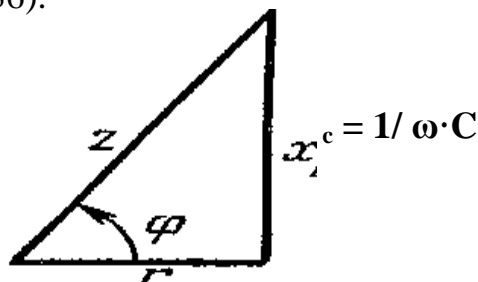
$$I = U / \sqrt{r^2 + X_c^2} = U / \sqrt{r^2 + (1 / \omega C)^2}$$

Bu formula yzygider birikdirilen aktiw garşylykly we sygymly zynjyr üçin Omuň kanunyny aňlatýar.

Zynjyryň doly garşylygy Z aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$Z = \sqrt{r^2 + X_c^2}$$

Bu deňligiň esasynda gipotenuzasy Z , katetleri r we X_c bolan garşylyklaryň üçburçlygyny gurup bolýar (surat 36).



Surat –36. Garşylyklaryň üçburçlygy

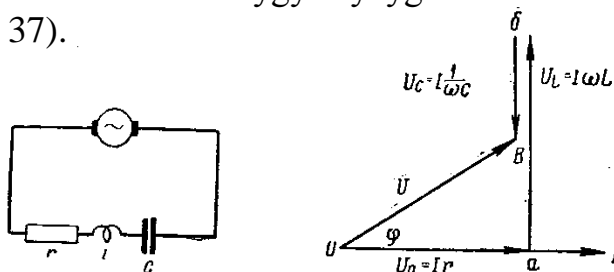
Garşylyklaryň üçburçlygyndan zynjyrdaky tok bilen naprýaženiýanyň arasyndaky faza süýşmesini görkezýän φ burçy aňsatlyk bilen tapyp bileris:

$$\cos \varphi = r / Z,$$

$\cos \varphi$ tapyp tablislara görä φ burçy kesgitläris.

2. Aktiw garşylykly, induktiwi we sygymly zynjyr.

Aktiw garşylyk, induktiwlik we sygym yzygider birikdirilende üýtgeýän toguň zynjyry seredeliň (surat 37).



Surat - 37. Aktiw garşylykly, induktiwi we sygymly üýtgeýän toguň zynjyry

Berilen U naprýaženiýanyň täsiri astynda zynjyrdaky I tok ýüze çykýar we naprýaženiýanyň pese düşmegi döreýär:

$$U_a = I \cdot r; U_L = I \cdot X_L; U_c = I \cdot X_c.$$

Görkezilen ýagdaý üçin wektor diagrammany guralyň (surat 37). Gorizontalk boýunça toguň I wektoryny we onuň bilen fazasy boýunça gabat gelýän naprýaženiýanyň aktiw pese düşmegini U_a goýalyň. Naprýaženiýanyň U_L induktiw pese düşmegini U_a wektoryň soňundan ýokaryk 90° burç bilen goýalyň, çünki U_L - I we U_a - dan $1/4$ period öňe düşýär. Naprýaženiýanyň sygymda U_c pese düşmegi fazasy boýunça I we U_a - dan 90° burç yza galýar we naprýaženiýanyň U_L induktiw pese düşmegine ters ugrukdyrylandyr. \vec{O} nokatdan aşaga perpendikulýar goýberip wektor $U_c = I (1 / \omega C)$ görkezýän \vec{OB} bölegi goýalyň.

o we B nokatlary birikdirip ululygy we ugry boýunça zynjyra berilen U naprýaženiýany kesgitleýänob bölegi alarys.

AB katet - induktiw U_L we sygym U_C naprýaženiýeleriň pese düşmeginiň tapawudyny görkezýär. Bu ýerden:

$$U^2 = U_a^2 + (U_L^2 - U_C^2) \text{ ýa-da}$$

$$U^2 = I^2 \cdot r^2 + (I \cdot \omega \cdot L - I / \omega \cdot C)^2 = I^2 (r^2 + (\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C)^2).$$

Deňligiň iki tarapyndan hem kwadrat kök alyp taparys:

$$U = I \sqrt{r^2 + (\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C)^2};$$

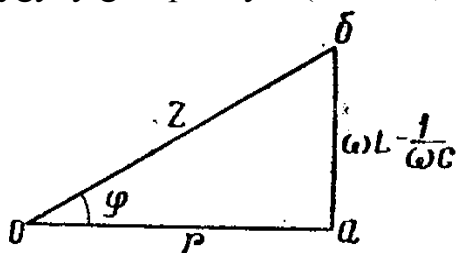
$$I = U / \sqrt{r^2 + (\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C)^2}$$

Bu formula yzygider birikdirilen aktiw garşylykly, induktiwli we sygymly üýtgeýän toguň zynjyry üçin Omuň kanunyny aňlatýar.

Bu formulanyň maýdalawjysy Z bilen belgilenýär we zynjyryň doly garşylygy diýilip atlandyrylýar:

$$Z = \sqrt{r^2 + (\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C)^2}$$

Bu deňligiň esasynda gipotenuzasy Z, katetleri r we $\omega \cdot L - 1/\omega \cdot C$ bolan garşylyklaryň oň üçburçlygyny gurup bolýar (surat 38).



Surat –38. Garşylyklaryň üçburçlygy.

Garşylyklaryň üçburçlygyndan zynjyrdaky tok bilen naprýaženiýanyň arasyndaky faza süýşmesini görkezýän φ burçy aňsatlyk bilen tapyp bileris:

$$\cos \varphi = r / Z = r / \sqrt{r^2 + (\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C)^2}$$

$\cos \varphi$ tapyp tablisalara görä φ burçy kesgitläp bileris.

Eger bu zynjyrdaky X_L we X_C deň bolsa, onda olaryň tapawudy $X_L - X_C$ nula deň bolar.

$$\omega \cdot L - 1 / \omega \cdot C = 0$$

bu ýerden alyp bileris $\omega L = 1 / \omega C$. Bu deşlemäni ω görä işläp alarys:

$$\omega = 1 / \sqrt{L \cdot C}$$

Bu deňlik ýüze çykýan aýlaw ýygylýa hususy aýlaw ýygylýa diýilýär. Bu aýlaw ýygylýa

$$U_L = U_C,$$

Elektrik zynjyry özüni diňe aktiw garşylyk bar ýaly alyp barar, ýagny:

$$I = U / r$$

Özünden induktirlenmäniň EHG-si kondensatoryň plastinalarynda ýüze çykýan potentsiallaryň tapawudy bilen doly kompensirlenýän bu hadysasyna naprýaženiýalaryň rezonansy diýilýär. Naprýaženiýalaryň rezonansy induktiw tegegiň magnit we kondensatoryň elektrik meýdanlary arasynda energiýalaryň alnyp-berilmegi bilen häsiýetlendirilýär.

Güýçli toklaryň tehnikalarynda naprýaženiýalaryň rezonansy elektrik zynjyrynyň kadaly iş režiminiň bozulmagynyň sebäbi bolup biler. Bu ýagdaýda zynjyrda käwagtlar naprýaženiýanyň bölekleyin ýokarlanmagy bolup geçýär, bu bolsa hyzmat edýän adamlar üçin howplydyr hem-de geçirijileriň izolýasyýasynyň we ölçeýji gurluşlaryň zaýalanmagyna getirip biler.

Radiotehnikada naprýaženiýalaryň rezonansy giňden ulanylýar.

TEMA № 4: ÜÇ FAZALY ZYNJYR BARADA UMUMY DÜŞÜNJE

1.4.1.Üç fazaly EHG-ni almagyň prinsipi.Üç fazaly zynjyryň aktiw, reaktiw we doly kuwwatlary

1. Üç fazaly EHG-ny almagyň prinsipi. Üç fazaly zynjyrlary birleşdirmegiň esasy shemalary.

Birmeňzeş ýygyllykly we amplitudaly, fazalary boýunça 120 gradus süýşürilen üç sinusoýdal EHG üçfazaly simmetriki ulgamy düzýär. Naprýaženiýeleriň we toklaryň üçfazaly ulgamlaryny hem edil şonuň ýaly alýarlar.

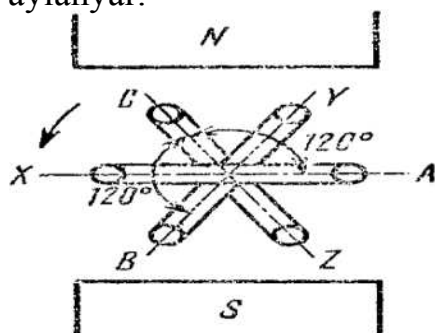
Üçfazaly ulgamlar esasan hem aşakdaky sebäplere görä häzirki döwürde giňden ulanylýar:

- deň näprýaženiýelerde, ulanyjylaryň kuwwatlarynda we beýleki deň şertlerde üçfazaly tok bilen iýmitlendirmek üç sany birfazaly geçirijiler bilen iýmitlendirmeklige görä geçirijileriň materiallaryny tygşytlamaga uly mümkinçilik berýär;

- beýleki deň şertlerde üçfazaly generator üç sany birfazaly şonuň ýaly kuwwatly generatorlaryndanarzan, ýeňil we tygşytlý (bu üçfazaly dwigatellere we transformatorlara hem degişli);

- üçfazaly tok ulgamlary üç sany hereketsiz tegekleriň kömegi bilen aýlanýan magnit meýdanyny almaga mümkinçilik berýär, bu bolsa üçfazaly dwigatellerini ýasamagy we ulanmagy ep-esli aňsatlaşdyrýar.

39-njy suratda üçfazaly EHG almaklygyň prinsipini aňsat düşündirip boljak sada üçfazaly generatoryň çyzgysy görkezilen. Hemişelik magnitiň birmeňzeş magnit meýdanynda hemişelik ω burç tizligi bilen giňişlikde biri-birinden 120 gradus süýşirilen üç sany ramka aýlanýar.



Surat – 39. Üçfazaly generatoryň sada çyzgysy

$t = 0$ wagtynda AX ramka gorizontál durýar we onda EHG induktirlenýär.

$$e_A = E \cdot \sin \omega t$$

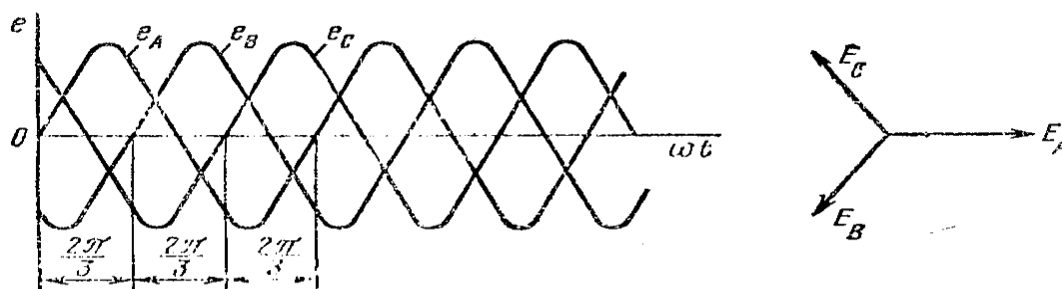
Haçanda BY ramka 120 gradus aýlanyp AX ramkanyň ýerini alsa, bu ramkada hem edil şeýle EHG induktirlener.

$$e_B = E \cdot \sin (\omega t - 120)$$

Edil şonuň ýaly-da CZ ramkanyň EHG tapýarys:

$$e_C = E \cdot \sin (\omega t - 240) = E \cdot \sin (\omega t + 120)$$

40-njy suratda e_A , e_B , e_C pursat bahalarynyň grafigi we üçfazaly ulgamyň EHG-niň wektor diagrammalary getirilen.



Surat - 40. Üçfazaly e_A , e_B , e_C pursat bahalarynyň grafigi we üçfazaly ulgamyň EHG-niň wektor diagrammasy

Eger her AX, BY, CZ ramkalara sarp edijileri birikdirsek (çotkalaryň we kontakt halkalaryň kömegi bilen), onda ýasalan zynjyrlarda tok dörär.

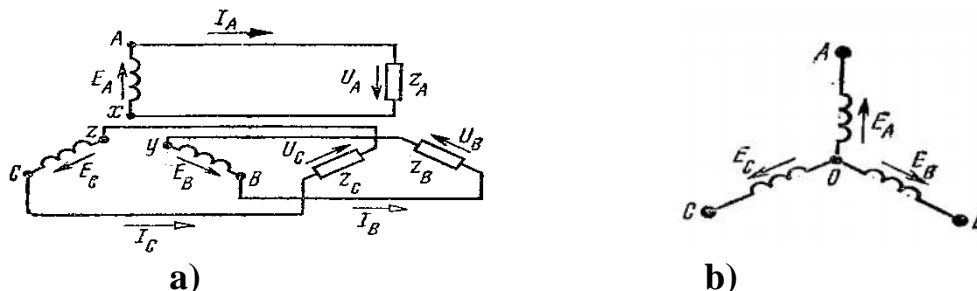
Simmetriki ýükde, haçanda üç sany sarp edijileriň ählisi ululyklary boýunça deň we häsiýetleri boýunça meňzeş bolsalar, naprýaženiýeleriň we toklaryň sinusoýdalary EHG-leriň grafiklerine meňzeş çyzylýar. Şonda toklaryň başlangyç fazalary ýükiň häsiýeti bilen kesgitlenýärler: I_A , I_B , I_C toklar amplitudalary boýunça biri-birine deň, fazalary boýunça biri - birine görä 120 gradus süýşirilen.

Hakyky üçfazaly generatorda üç sany hereketsiz sargylaryň statorda ýerleşýändigini, induksiýasy sinusoýdal kanun boýunça ýaýraýan magnit meýdanynyň bolsa aýlanýan rotor tarapyndan döredilýändigini bellemelidiris.

Geçirijileriň kömegi bilen üçfazaly ulanyja birikdirilen üçfazaly generator üçfazaly zynjyry emele getirýär.

Üçfazaly zynjyrdaky toklaryň üçfazaly ulgamy akýar, ýagny üç dürli fazaly sinusoýdal toklar. Toklaryň biriniň akýan zynjyr bölegine üçfazaly zynjyryň fazasy diýilýär.

Üçfazaly zynjyrlarda generatoryň sargylarynyň sarp edijiler bilen birikdirilmeginiň dürli usullary bardyr. 41-nji (a) suratda her sargysy öz fazasynyň ýükini iýmitlendirýän generatorly üçfazaly baglanyşdyrylmadyk zynjyr görkezilen. Bular ýaly zynjyr altý sany birikdiriji geçirijileri talap edýär we praktikada ulanylmaýar. Tygşytlylygy üpjün etmek maksady bilen üçfazaly generatoryň sargylaryny “ýyldyz” ýa-da “üçburçlyk” bilen birikdirýärler. Bu ýagdaýda generatordan ýüke çenli geçirijileriň sany üçe ýa-da dörde çenli azalýar.

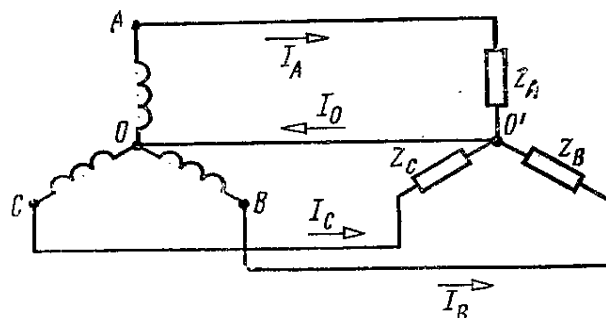


Surat – 41.Üçfazaly zynjyrlarda generatoryň sargylarynyň sarp edijiler bilen birikdirilmeginiň usullary

Elektriki çyzgylarda üçfazaly generatory biri-birine 120 gradus burçda ýerleşen üç sargy görnüşinde çyzmak kabul edilen. “Ýyldyz” bilen birikdirilende sargylaryň ujyny generatoryň nul nokady diýilýän bir nokada birleşdirýärler we 0 bilen belgileýärler. Sargylaryň başlangyjyny A, B, C diýip belgileýärler (41-nji b surat).

2. Üç fazaly zynjyry ýyldyz şekilli birleşdirmek. Dört geçirijili we üç geçirijili zynjyrlar.Ýyldyz şekilli birleşdirilen üç fazaly zynjyrdaky simmetrik agyrlyklarda (sarp edijilerde) faza hem-de liniýa naprýaženýalaryň we toklaryň arasyndaky baglanyşyk. Dört geçirijili zynjyrdaky nol geçirijiniň niýetlenişi.

Generatoryň ýük bilen “Ýyldyz” birikdirilmegine seredeliň (surat 42).



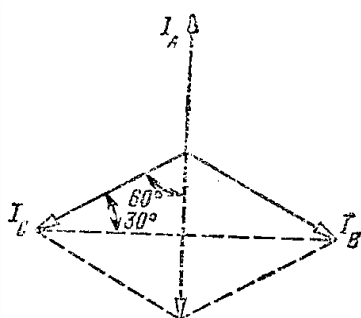
Surat – 42. Generatoryň ýük bilen “Ýyldyz” birikdirilmegi

OO' geçirijä nul geçiriji diýilýär (dört geçirijili zynjyr). Kirhgofuň birinji kanunyna laýyklykda nul geçirijide togy tapýarys:

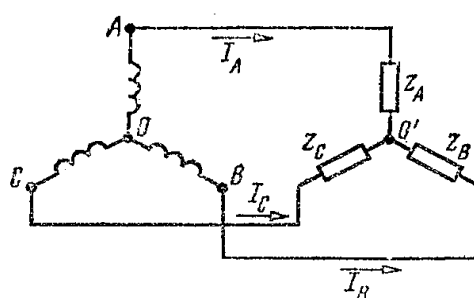
$$\vec{I}_0 = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

Belläp geçişimiz ýaly, haçanda garşylyklar Z_A, Z_B, Z_C özara deň we birmeňzeş häsiýetli bolsa, toklaryň wektorlary $\vec{I}_A, \vec{I}_B, \vec{I}_C$ absolýut ululyklary boýunça deňdirler we şöhleleriniň arasyndaky burçlary 120 gradus bolan üçşöhleli ýyldyzy emele getirýärler. Sada geometriki çyzga laýyklykda (surat 43a) toklaryň wektor summalarynyň nula deňligi gelip çykýar:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$$



a)



b)

Surat – 43. Generatoryň simmetriki ýük bilen “Ýyldyz” birikdirilmegi

Şeýlelikde, simmetriki ýükde nul geçirijä zerurlyk ýok. Şonda 43b suratda görkezilen üçfazaly üç geçirijili zynjyryň çyzgysyny alyp bolýar.

Nul geçirijili “ýyldyz” birikdirmäni şertli \perp belgi bilen belgilemek kabul edilen, nul geçirijisi bolmadygyny bolsa \wedge belgilemek kabul edilen.

Nul geçirijiniň kese kesiminiň meýdany beýleki üç geçirijiniň hersiniň kese kesimleriniň ýarysyna deň diýilip kabul edilýär (olaryň kese kesimleri öz aralarynda deňdirler).

Energetiki ulgamda işleýän üçfazaly generatoryň sargylaryndaky EHG ulgamy her zaman simmetrikdir: EHG –ler amplitudalary boýunça hemme wagt deň we fazalary boýunça biri-birinden 120° süýşenligine saklanylýarlar.

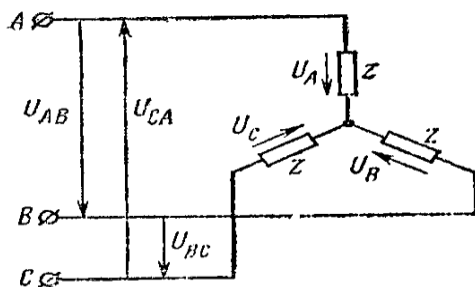
Simmetriki sarp edijilere seredeliň:

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z; \quad \varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi;$$

A, B, C gysgyçlara – liniýa geçirijiler, ýagny elektrogeçiriji liniýalaryň simleri birikdirilýär.

Belgileme girizeliň: elektrogeçiriji liniýalaryň simlerindäki toklary – liniýa toklary I_{lin} ; ýüküň garşylyklaryndaky (fazalaryndaky) toklary – faza toklary I_F ; geçiriji liniýalaryň arasyndaky naprýaženiýalary - liniýa naprýaženiýalary U_{lin} ; ýüküň garşylyklaryndaky (fazalaryndaky) naprýaženiýalary - faza naprýaženiýalary U_F .

44-nji suratda U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} - liniýa naprýaženiýalary; U_A , U_B , U_C - faza naprýaženiýalarydyr.



Surat –44. “Ýyldyz” şekilli birikdirilen üçfazaly simmetriki ýükli zynjyr

“Ýyldyz” şekilli birikdirilen üçfazaly simmetriki ýükli zynjyryň (surat 44) faza we liniýa naprýaženiýalarynyň we toklarynyň arasyndaky baglanyşyk aşakdaky ýalydyr:

$$U_{lin} = \sqrt{3} \cdot U_F;$$

$$I_{lin} = I_F.$$

Dört geçirijili zynjyrda nol geçirijiniň niýetlenişi.

Doly simmetriki ýükde tok nul geçirijide nula deňdir. Eger ýük simmetriki däl bolsa, ýagny $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$, onda toklar hem deň bolmazlar $I_A \neq I_B \neq I_C$. Bu ýagdaýda faza naprýaženiýeleri simmetriki bolsa-da tok nula deň bolmaz $I_0 \neq 0$ (käbir ýagdaýlary hasaba almasaň).

Şeýlelik-de, faza naprýaženiýeleriň simmetrikliginde we ýükleriň simmetriki däliginde nul geçirijide tok bar.

Nul geçirijiniň üzülen ýagdaýyny göz önüne getireliň, ýagny $I_0 = 0$. Bu ýagdaýda I_A , I_B , I_C toklar olaryň wektor summalary nula deň bolar ýaly üýtgeýärler:

$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow \\ I_A + I_B + I_C = 0 \end{array}$$

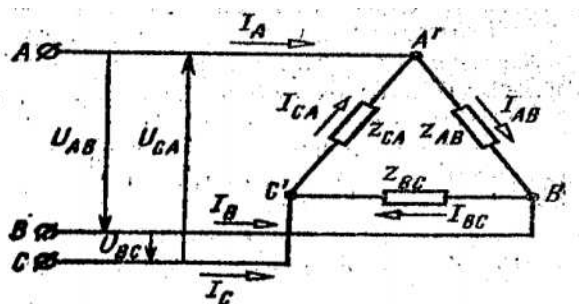
Ýöne berilen z_A , z_B , z_C garşylyklarda toklar diňe faza naprýaženiýeleriniň üýtgemeginiň hasabyna üýtgäp bilerler. Bu ýerden, nul geçirijiniň üzümegi umumy ýagdaýda faza naprýaženiýeleriniň üýtgemegine getirýär, simmetriki faza naprýaženiýeleri simmetriki däl bolýarlar.

Şeýlelik-de, dörtgeçirijili zynjyrda nul geçiriji ýükleriň simmetriki dälliginde faza naprýaženiýeleriniň simmetriýasyny üpjün etmek üçin niýetlenen.

Faza naprýaženiýeleriniň simmetriki bolmazlygyna ygtyýar berilmeýär, çünki ol ulanyjylaryň kadaly işlemeginiň bozulmagyna getirýär.

3. Agyrlygy üçburçlyk şekilli birleşdirmek. Faza hem-de liniýa toklaryň hem-de naprýaženiýalaryň arasyndaky baglylyk.

“Üçburçlyk” bilen birikdirilende (45-nji surat) birinji sargynyň soňuny ikinji sargynyň başy bilen, ikinji sargynyň soňuny – üçinji sargynyň başy bilen, üçinji sargynyň soňuny – birinji sargynyň başy bilen birikdirýärler. A, B, C nokatlara geçirijiler birikdirilýär.



Surat – 45. “Ýyldyz” şekilli birikdirilen üçfazaly simmetriki ýükli zynjyr

“Üçburçlyk” bilen generatoryň sarymlary, şeýle hem ýükleriň fazalary birikdirilip bilner. “Üçburçlyk” şekilli birikdirilende üçfazaly simmetriki ýükli zynjyryň (surat 45) faza we liniýa naprýaženiýalarynyň we toklarynyň arasyndaky baglanyşyk aşakdaky ýalydyr:

$$U_C = U_F;$$

$$I_C = \sqrt{3} \cdot I_F$$

4.Üç fazaly zynjyryň aktiw, reaktiw we doly kuwwatlary. Kuwwatyň koeffisienti.

Üçfazaly zynjyryň aktiw kuwwaty onuň fazalarynyň aktiw kuwwatlarynyň jemine deňdir:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Üçfazaly zynjyryň reaktiw kuwwaty onuň fazalarynyň reaktiw kuwwatlarynyň jemine deňdir:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

Üçfazaly simmetriki zynjyrda:

$$P_A = P_B = P_C = P_F$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = Q_F,$$

Onda üçfazaly simmetriki zynjyr üçin,

$$\mathbf{P} = 3 \cdot \mathbf{P}_F ; \quad \mathbf{Q} = 3 \cdot \mathbf{Q}_F .$$

Birfazanyň kuwwaty birfazaly zynjyr üçin formulalar boýunça kesgitlenýär.

$$\mathbf{P} = \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \cos \varphi$$

$$\mathbf{Q} = \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \sin \varphi$$

Şeýlelikde, üçfazaly simmetriki zynjyr üçin:

$$\mathbf{P} = 3 \cdot \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \cos \varphi$$

$$\mathbf{Q} = 3 \cdot \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \sin \varphi$$

Bu formulalary üçfazaly simmetriki zynjyryň kuwwatyny hasaplamak üçin ulanmak mümkindir. Ýöne, faza naprýaženiýelerini we toklaryny ölçemek käbir kynçylyklar bilen başlanyşykly bolup durýar, çünki nul nokada girmek zerur. Liniýa toklary we naprýaženiýeleri gönümel iýmitlendiriji şitiň klemmalarynda ölçemek aňsat düşýär. Şonuň üçin, üçfazaly ulgamyň kuwwatynyň formulalaryny liniýa toklaryň we naprýaženiýeleriň üsti bilen ýazýarlar.

“Yldyz” boýunça birikdirilende

$$\mathbf{P} = 3 \cdot \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \cos \varphi = 3 \cdot \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin} \cdot \cos \varphi / \sqrt{3} = \sqrt{3} \cdot \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin} \cdot \cos \varphi$$

“Üçburçluk” boýunça birikdirilende

$$\mathbf{P} = 3 \cdot \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \cos \varphi = 3 \cdot \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin} \cdot \cos \varphi / \sqrt{3} = \sqrt{3} \cdot \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin} \cdot \cos \varphi,$$

Şeýlelikde, her iki ýagdaýda hem simmetriki zynjyryň aktiw kuwwaty:

$$\mathbf{P} = \sqrt{3} \cdot \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin} \cdot \cos \varphi,$$

Şonuň ýaly hem reaktiw kuwwat,

$$\mathbf{Q} = \sqrt{3} \cdot \mathbf{U}_F \cdot \mathbf{I}_F \cdot \sin \varphi;$$

Doly kuwwat

$$\mathbf{S} = \sqrt{\mathbf{P}^2 + \mathbf{Q}^2} = \sqrt{3} \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin}$$

Simmetriki üçfazaly zynjyryň kuwwadynyň koeffisiýentini aktiw we reaktiw kuwwatlaryň gatnaşygy ýaly tapýars:

$$\cos \varphi = \mathbf{P} / \mathbf{S} = \mathbf{P} / \sqrt{3} \mathbf{U}_{Lin} \cdot \mathbf{I}_{Lin}$$

Bu formulalaryň bary simmetriki zynjyrlar üçin takykdyr. Hakyky zynjyrlary olaryň ýükleri simmetriki ýüklere ýakyn bolar ýaly hasaplaýarlar, şonuň üçin getirilen formulalar giňden ulanylýarlar.

II BÖLÜM.ELEKTRONIKANYŇ ESASLARY

TEMA № 5: ELEKTRONIKA

2.5.1.Diodlar we tranzistorlar

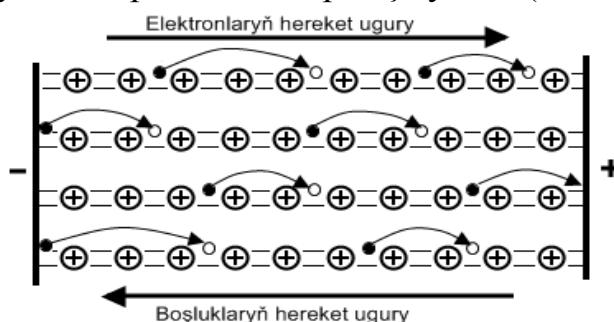
1. p-n geçiş,ýarym geçirijili diodlar.

Ýarymgeçiriji jisimleriň elektrik häsiýeti geçirijiler bilen dielektrikleriň arasynda ortalyk ýeri eýeleýändir. Ýarymgeçiriji materiallaryň toparyna, geçirijiler bilen dielektrikleriň toparyna girýän ähli jisimleriň bilelikde alnan sanyndan hem köp materiallar girýär. Ýarymgeçirijilere germaniý, kremniý, selen we ýene-de birnäçe maddalar girýär. Ýöne elektronikada esasy köp ulanylýan ýarymgeçirijiler diňe germaniý we kremniý diýen ýalydyr.

Ýarymgeçirijileriň geçirijilerden we dielektriklerden esasy tapawudy, olar daşky temperatura örän baglygyr. Olar örän pes, ýagny absolýut nula (-273°C) golaý temperaturada dielektrikleriň häsiýetine eýe bolýarlar. Geçirijiler bolsa bu temperaturada elektrik toguna asla garşylyk görkezmeýär diýen ýalydyr. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen geçirijileriň garşylygy artýar, ýarymgeçirijiler bolsa tersine togy oňat geçirip başlaýarlar. Ýarymgeçirijileriň ýene bir häsiýeti - olar ýagtylyk energiýasyny elektrik energiýa öwürmäge ukyplydyrlar. Mundan başga-da, olara başga käbir elementleriň atomy birleşdirilse togy oňat geçirip başlaýarlar. Geçirijilerde bolsa başga elementleriň atomlarynyň goşulmagy olaryň geçirijiligini peseldýär.

Ýarymgeçirijiler absolýut nula (-273°C) golaý temperaturada dielektrik häsiýete eýe bolýarlar, sebäbi bu temperaturada olarda erkin elektronlar ýok diýen ýalydyr. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen walent elektronlaryň atomlar bilen baglanyşygy gowşaýar we olaryň käbiri ýylylyk hereketiniň täsiri bilen öz atomlaryny taşlaýarlar. Atomlar bilen arabaglanyşykdan çykan elektronlar erkin elektrona öwrülýärler, olaryň biraz öň ýerleşen ýerleri bolsa boş galýar.Ýarymgeçirijiniň atomlarynyň arabaglanyşygyndaky bu boş ýere „boşluk“ diýlip at berilýär. Temperatura näçe ýokary bolsa, şonça hem erkin elektronlar, olara görä hem boşluklar köp emele gelýär. Şeýlelikde, ýarymgeçirijilerde erkin elektronlaryň gitmegi bilen emele gelen boşluklar elektronlaryň otrisatel zarýadyna deň bolan položitel elektrik zarýadlaryň emele gelmegine getirer.

Ýarymgeçirijilerde elektrik togunyň emele gelme hadysasyna seredeliň. Ýarymgeçirijide elektrik togunyň emele gelmegine oňa berlen naprýaženiýa täsir edýär. Naprýaženiýeniň berilmegi bilen erkin elektronlar öz yzynda boşluklary galdyryp položitel polýusa tarap hereket edip başlaýarlar (surat-46).



Surat - 46. Ýarymgeçirijilerde elektronlaryň we boşluklaryň hereketi

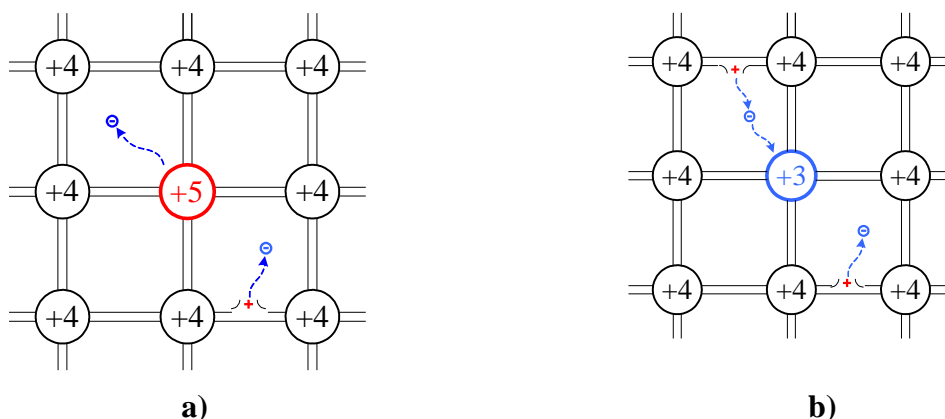
Ilki bilen položitel polýusa golaý elektronlar bu polýusa tarap hereket edip, öz orunlaryna boşluklary galdyrýarlar we beýleki elektronlar şol galdyrylan boşluklaryň üsti bilen böküp, položitel polýusa tarap hereket edýärlar. Ýarymgeçirijilerde ýüze çykýan bu hadysa elektrik meýdanynyň täsiri aýrylýança üznüksiz dowam eder. Ýagny elektronlar položitel polýusa tarap hereket eder, olaryň ýerine başga elektronlar geler, olar hem hereket edip öz orunlaryna boşluklary galdyryp hereket ederler.

Ýarymgeçirijilerde elektrik togunyň bu emele gelme hadysasynyň aýratynlygy, haçanda erkin elektronlar otrisatel polýusdan položitel polýusa hereket edenlerinde, şol bir wagtda boşluklar položitel polýusdan otrisatel polýusa hereket edýän ýaly hadysa ýüze çykar.

Ýarymgeçirijilerde absolýut nul (-273°C) temperaturadan ýokary temperaturada daşky elektrik meýdanynyň täsiri bolmasa hem, elektronlaryň hereketi we boşluklaryň emele gelmegi ýüze çykýar. Ýöne bu ýagdaýda olar tertipsiz hereket edýärler we ýarymgeçirijini tutuşlygyna taşlap gitmeýärler. Arassa ýarymgeçirijide şol bir wagt pursatynda atomlaryndan aýrylan erkin elektronlaryň we emele gelen boşluklaryň sany birmeňzeş bolýar. Olaryň umumy sany adaty temperaturada (otag temperaturasynda) şeýle bir köp hem däl. Şonuň üçin ýarymgeçirijiniň „sahsy geçirijiligi“ diýlip atlandyrylýan geçirijiligi örän pesdir. Başgaça aýdylanda, munuň ýaly arassa ýarymgeçiriji elektrik toguna belli bir derejede uly garşylyk görkezýär. Bu häsiýet ýarymgeçirijini geçirijiler bilen dielektrikleriň aralygyndaky orunda goýýan häsiýetleriň biridir. Ýöne, eger arassa ýarymgeçirijä beýleki elementleriň azajyk bölegi atom görnüşinde goşulsa, onda olaryň elektogeçirijiligi birden ýokarlanar. Bu ýagdaýda ýarymgeçiriji goşulan elementiň atomynyň görnüşine laýyklykda elektronly ýa-da boşlukly ýarymgeçirijä öwrülerler.

Bu iki ýarymgeçirijiniň görnüşlerine aýratynlykda seredeliň.

Eger ýarymgeçirijiniň kristalynyň bir atomyny, başga bir element, ýagny 5 walent elektronly surmanyň atomy bilen çalyşsak, onda bu elementiň 4 walent elektronlary goňşy atomyň elektronlary bilen baglanyşar, 5-nji elektron bolsa artykmaç bolar we erkin elektrona öwrüler (surat-47 a).



Surat-47a,b. Ýarymgeçirijilere beýleki elementleriň atomlarynyňgoşulmagy

Ýarymgeçirijä näçe köp surmanyň atomy geçirilse, şonça-da erkin elektronlaryň sany artar. Netijede surma garyndyly ýarymgeçiriji häsiýeti boýunça metala golaýlar. Indi bu ýarymgeçirijiden elektrik togunyň geçmegi üçin atomlaryň arasyndaky

baglanyşygyň bozulmagy hökman däl. Bu häsiýete eýe bolan ýarymgeçirijilere ngörnüşli elektrogeçirijilikli ýarymgeçirijiler ýa-da gysgaça n görnüşli ýarymgeçirijiler diýilýär. Bu ýerde latyn n harpy „negativ“ sözünü, ýagny „otrisateli“ aňladýar. Bu aňlatma biziň ýagdaýymyzda, ýagny elektronikada ngörnüşli ýarymgeçirijide esasy elektrik togy geçiriji otrisatel zaryad ýa-da başgasa elektron diýilip düşünilýär.

Eger ýarymgeçirijä 3walent elektronly başga bir elementi, ýagny indiýni goşsak hadysa başgaça bolar(surat-47 b). Indiýniň 3 elektrony diňe üç goňşy atomyň elektronlary bilen baglanyşar, dördünji atoma bolsa onuň elektronlary ýetmez we netijede boşluk emele geler. Bu boşluk başga bir erkin elektron bilen dolup biler, ýöne onda ol elektronyň gidip emele getiren boşlugy boş galar. Şeýlelikde, ýarymgeçirijä näçe köp indiýniň atomy goşulsa şonça hem boşluk köp bolar.

Bu ýarymgeçirijide hem elektrik togunyň geçmegi üçin atomlaryň arasyndaky baglanyşygyň bozulmagy hökman bolmaz. Atomlaryndan aýrylan ýa-da daşyndan gelen elektronlar boşluklaryň üsti bilen arkaýyn hereket edip bilerler.

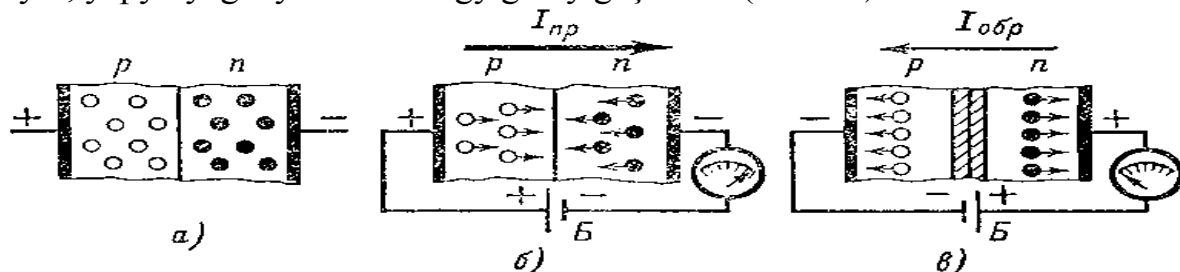
Bu ýarymgeçirijide şol bir wagt pursatynda boşluklaryň sany erkin elektronlaryň sanyndan köp bolar. Bu häsiýete eýe bolan ýarymgeçirijilere boşlukly elektrogeçirijilikli ýarymgeçirijiler ýa-da gysgaça p görnüşli ýarymgeçirijiler diýilýär. Bu ýerde latyn pharpy „positiv“ sözünü, ýagny „položitel“ aňladýar. Bu aňlatma biziň ýagdaýymyzda, ýagny elektronikada pgörnüşli ýarymgeçirijide esasy elektrik tok hadysasy boşluklaryň emele gelmegi bilen baglanyşykly diýlip düşünilýär. Ýarymgeçirijilerde hereket edýän boşluklar elektrik toguny geçirijiler hasabynda görülyär.

Ýarymgeçirijileriň pgörnüşlileri hem n görnüşli ýarymgeçirijiler ýaly elektrik toguny gowy geçirýärler.

Ýarymgeçirijili diodlar.

Shematiki taýdan diody iki sany ýarymgeçiriji, biri p-tipli, beýlekisi n-tipli plastina görnüşinde görkezmek bolýar. Bu iki plastina diodyň elektrodlary: anod we katod. Položitel elektrod bolup, p-oblast ýa-da anod, otrisatel elektrod bolup n-oblast ýa-da katod hyzmat edýär. Plastinanyň daş ýüzü metal gatlakdan durýar we oňa iki sany sim birikdirilýär.

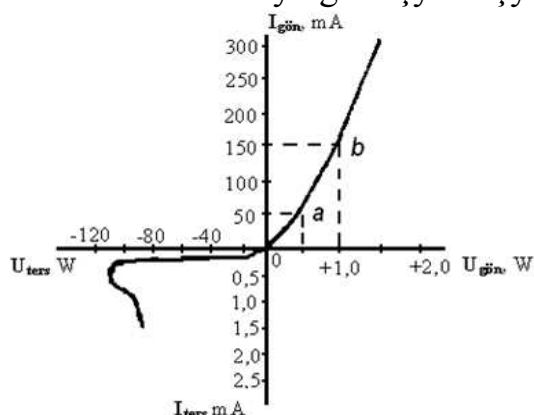
Diod iki ýagdaýda bolup bilýär: açyk we ýapyk. Açyk ýagdaýda ol togy gowy geçirýär, ýapyk ýagdaýda bolsa togy gowy geçirenok(surat48).



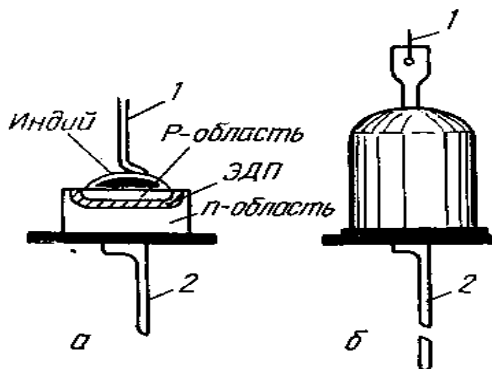
Surat - 48. Ýarymgeçirijili diodyň gurluş prinsipi we işi

Ýarymgeçiriji diod(ÝGD) – bu elektron-boşluk geçişli we iki çykyşly ýarym geçiriji abzaldyr (pribor). p-n geçişiň WAH-dan (surat 49) görnüşü ýaly, akýan togyň güýji berlen naprýaženiýanyň meýdanyna bagly, ýagny göni naprýaženiýa berlende

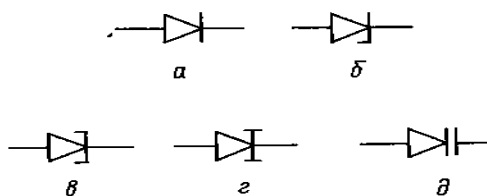
(p-oblasta položitel, n-oblasta otrisatel), tok güýji uly, ters naprýaženiýa berlende (n-oblasta položitel, p-oblasta otrisatel) tok güýji kiçelýär. Başga sözler bilen aýdylanda, diodyň p-n geçişiniň üstünden akýan göni elektrik togy tersine akýan togyndan gaty uly. Şonuň üçin hem ÝGD bir tarapa togy geçirýär we tersine geçirenok. 50 we 51 suratlarda diodlaryň gurluşy we çyzgylarda belgilenişleri görkezilen.



Surat - 49. Diodyň wolt-amper häsiýetnamasy



Surat-50 a,b. Ploskostnoý (ýasy) diodyň gurluşy. 1-p-oblastyň, 2-n-oblastyň cykyşy

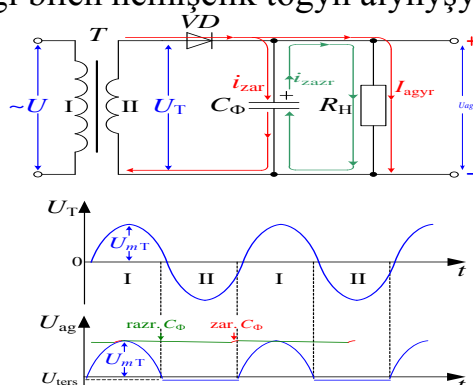


Surat - 51. ÝGD-ň grafiki şertli belgileri. a-göneldiji, uniwersal we impuls, б- stablitron we stabistor, в-tunnel, г-warikap, д-obraşşon

2. Göneldijiler. Stabilitrón.

Göneldiji diod (GD)– bu ýarymgeçiriji diod bolup, ol üýtgeýän togy hemişelik toga öwürmek üçin niýetlenendir.

Diod göni toga kiçi garşylyk we ters toga bolsa örän uly garşylyk görkezýär. Göneldiji diodyň kömegi bilen hemişelik togyň alynyşy 52-njisuratda görkezilen.



Surat – 52. Göneldiji diodyň kömegi bilen hemişelik togyň alynyşy

U_T giriş naprýaženiýasynyň položitel ýarym aýlawynda (peridynda) GD göni birikdirilen, onuň garşylygy kiçi we R_{ag} garşylygynda U_{ag} naprýaženiýa, giriş naprýaženiýa deň. Giriş naprýaženiýanyň otrisatel ýarym peridynda diod ters ugra

birikdirilýär, onuň garşylygy agyrlyk garşylygyndan gaty uly we ähli girişdäki naprýażeniýa diodda ýityýär (otrisatel ýarym period) we R_{ag} garşylygynda naprýażeniýa nola deň ($U_{ag}=0$). Berlen shemada naprýażeniýany göneltmek üçin giriş naprýażeniýasynyň položitel periody ulanylýar.

Netijede, egerde zynjyra diod birikdirilen bolsa, onda şol jynjyrdä üýtgeýän tok däl-de, pulsirleýän tok ýa-da bir ugra akýan tok akýar, ýöne üýtgeýän togyň ýygylgy bilen üýtgeýär. Bu proses hem üýtgeýän togy göneltmekdir.

Diodyň içki garşylygy hemişelik ululyk däl, ol göni naprýażeniýa bagly we diodyň üstünden geçýän naprýażeniýa näçe uly bolsa şonça-da garşylyk kiçi bolýar. Meselem: diodyň üstünden geçýän göni tok,

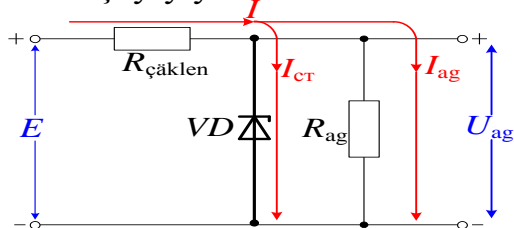
$$I_{göni} = 100 \text{ mA (0,1 A) we } U = 1 \text{ V bolsa,}$$

Onda Omuň kanuny boýunça diodyň göni garşylygy

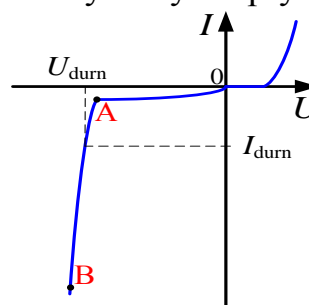
$$R = U/I = 1/0,1 = 10 \text{ Om.}$$

Stabilitron.

Agyrlykda hemişelik naprýażeniýanyň derejesini durnuklaşdyrmak üçin ulanylýan diodlara stabilitron diýilýär. Stabilitronlaryň WAH-ň ters şahasy ulanylýar (surat 53 b). Bu ýagdaýda stabilitronyň üstünden geçýän tok üýtgände (A – B bölegi), onuň naprýażeniýasy üýtgemeyär. Eger-de, agyrlyk garşylygy (R_{ag}) stabilitrona parallel birikdirilen bolsa (surat 53a), onda naprýażeniýa görkezilen araçäkde hemişelik galýar. Bu diodyň kömegi bilen 3,5 wolt we ýokary naprýażeniýalar durnuklaşdyrylýar.



a)



b)

Surat 53. Stabilitronyň birikdirilişi we WAH

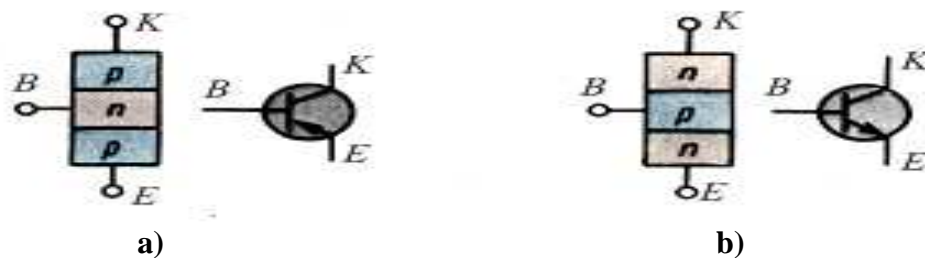
1 wolt naprýażeniýany durnuklaşdyrmak üçin niýetlenen diodlara stabistor diodlar diýilýär. Stabistor diodlaryň WAH-ň ters şahasy däl-de, olaryň göni şahalary ulanylýar. Şonuň üçin stabistor shema stabilitron ýaly ters däl-de göni birikdirilýär. Stabilitron we stabistor diodlar adaty kremniý materialdan ýasalýar.

3. Tranzistorlar.

Tranzistorlar - iki ýa-da köp p-n geçitli we üç we ondan hem köp çykyşly, elektrik signallary güýçlendirmäge mümkinçilik berýän ýarymgeçiriji abzal. Olar iki sany uly topara bölünýärler: bipolar we unipolar (meýdanly).

Bipolar tranzistorlaryň elektrogeçirijilik görnüşleri üç gatdan ybarat bolan gurluşy bardyr.

Öz gezeginde bipolar tranzistorlar göni (p-n-p) we ters (n-p-n) görnüşli tranzistorlara bölünýärler (surat 54).



Surat- 54. Bipolýar tranzistorlar: a) göni; b) ters

Tranzistoryň her gatlagyndan çykyşlar çykarylan: emitter,E; baza,B; kollektor, K. Emitter bilen bazanyň arasyndaky geçit emitter geçidi, baza bilen kollektoryň arasyndaky geçit kollektor geçidi diýilip atlandyrylýar.

Tranzistorlaryň birnäçesiniň belgileriniň açyklanyşyna seredip geçeliň.

Mysal üçin, ГТ404Г – germaniýden ýasalan tranzistor, orta kuwwatly, pes ýygýlykly, „Г“ görnüşli. КТ315В – kremniýli tranzistor, orta kuwwatly, ýokary ýygýlykly, „В“ görnüşli. Bulardan başga-da, has ön öndürilen П27, П401, П213, МП39 we ş.m. belgiler bilen belgilenen tranzistorlaryň görnüşleri hem ulanylýandyr.

Esasy köp ulanylýan tranzistorlaryň birnäçesi aşakdaky suratda görkezilen (surat 55).

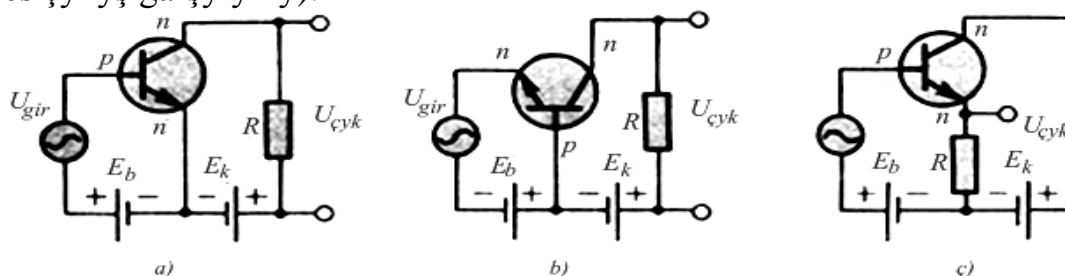


Surat - 55. Trazistorlaryň görnüşleri

Tranzistorlaryň birikdirilişi

Tranzistorlar giriş we çykyş zynjyrlary üç dürli usulda birikdirilýär (surat -56):

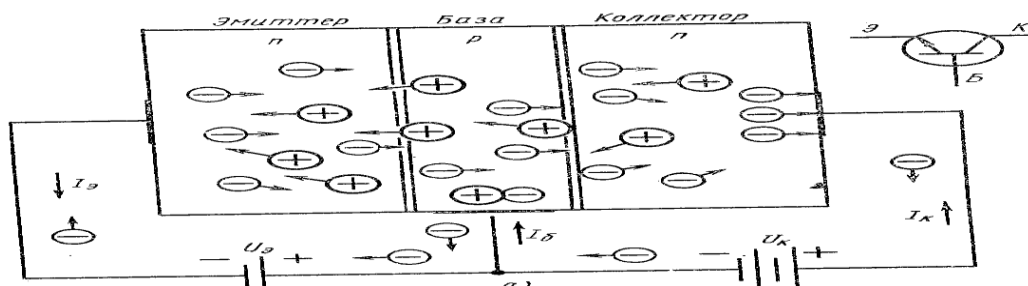
- umumy emitterli shema - UE (bu shema iň uly güýçlenme almaga mümkinçilik berýär);
- umumy bazaly shema - UB (bu shemanyň işinde ýokary durnuklylygy almaga mümkinçilik berýär);
- umumy kollektorly shema - UK (bu shema ýokary giriş garşylykly we pes çykyş garşylykly).



Surat56 . a) umumy emitterli; b) umumy bazaly; ç) umumy kollektorly

Tranzistorlaryň iki görnüşinde (n-p-n we p-n-p)hem ýüze çykýan fiziki prosesler birmeňzeşdir. Tranzistoryň diňe bir tapawudy, olar tok çeşmesiniň garşylykly polýuslaryna birikdirilýär hem-de n-p-n görnüşli tranzistorlarda elektrik

togy esasan elektronlar bilen emele getirilse, p-n-p görnüşli tranzistorlarda boşluklar bilen emele getirilýär. Bölekleriň arasy p-n geçitler bilen bölünýär we emitter (E), baza (B) we kollektor (K) diýlip atlandyrylýar. n-p-n görnüşli tranzistorlarda emitter elektronlary bölüp çykarýan (emittirleýän, emele getirýän), p-n-p görnüşli tranzistorlarda boşluklary bölüp çykarýan (emittirleýän, emele getirýän) bölek hasap edilýär. Kollektor emele gelen zaryadlary ýygnaýjy bölek bolup hyzmat edýär. Baza ortaky, esasy dolandyryjy bölek (surat - 57).



Surat – 57. Tranzistoryň gurluşy

Tranzistor işläň ýagdaýynda çepki p-n geçide göni ugur boýunça naprýaženiýa U_{E-B} (emitter – baza) berilýär, sag tarapky p-n geçide bolsa ters ugur bilen naprýaženiýa U_{B-K} (baza – kollektor) berilýär. Bu ýagdaýda berilýän naprýaženiýalaryň ugruna (gönü, ters) görä çep tarapky p-n geçit (emitter - baza) açyk ýagdaýda, sag tarapky p-n geçit bolsa (baza - kollektor) ýapyk ýagdaýda bolar. Elektrik meýdanynyň täsiri bilen otrisatel „-“ zaryadly elektronlaryň köp bölegi çep tarapky bölekden (emitterden) p-n geçitden ortaky bölege (baza) geçer. Olaryň köp bölegi ikinji p-n geçide tarap hereket edip, oňa golaýlar we daşky çeşmäniň (U_{B-K}) emele getiren elektrik meýdanynyň täsirine düşer. Bu elektrik meýdanynyň täsiri bilen sag tarapky bölüme (kollektora) geçen elektronlar batereýanyň zynjyryndan (U_{B-K}) akýan togy ýokarlandyrar. Eger U_{E-B} naprýaženiýa köpeldilse emitterden baza geçýän elektronlaryň hem sany köpeler, ýagny emitteriň togy takmynan ΔI_{E-B} ýokarlanar. Bu ýagdaýda kollektoryň togy hem takmynan ΔI_{B-K} köpeler.

Emitterden geçen elektronlaryň köp bolmadyk bölegi bazada garşylykly belgili zaryadly bölekler bilen rekombinirlenýärler. Olaryň azalmagy daşky zynjyrdan akýan we baza toguny (I_b) emele getirýän elektronlar bilen doldurulýar.

Şeýlelikde kollektoryň togy emitter togundan sähelçe pes bolar ($I_K = I_E - I_B$). $U_{B-K} = \text{const}$ bolanda, $\alpha = \Delta I_K / \Delta I_E$ gatnaşygatoga görä güýçlenme koeffisienti diýilýär we $\alpha = 0,9 \div 0,995$ aralykdaky ululuklara eýeder.

Emitter – baza zynjyry üzülen ýagdaýynda, ondan akýan tok nula ($I_E = 0$) deň bolar, kollektor bilen bazanyň arasyna naprýaženiýa U_{K-B} berilen bolsa, onda kollektor zynjyryndan uly bolmadyk ters tok ($I_{K_{\text{ters}}}$) akar. Bu tok belli bir derejede temperatura baglydyr we tranzistoryň hilini häsiýetlendirýän parametrleriň biridir ($I_{K_{\text{ters}}}$ – näçe az bolsa şonça hem tranzistoryň hili oňat).

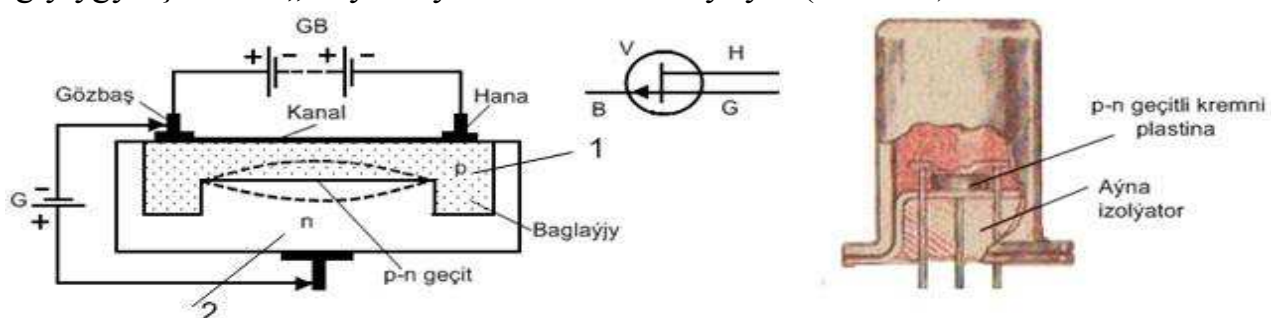
Emitteriň p-n geçidine göni naprýaženiýanyň täsir edýänligi üçin, onda garşylyk örän pes bolar. Kollektoryň p-n geçidine bolsa ters naprýaženiýanyň täsir edýänligi üçin onuň garşylygy örän ulydyr. Şonuň üçin emittere berilýän naprýaženiýa örän az (woltuň birnäçe bölegi), kollektora berilýän naprýaženiýa bolsa has uly

(onlarça wolt) bolup biler. Emitter zynjyryndaky uly bolmadyk naprýaženýanyň tasiri bilen toguň üýtgemegi, uly naprýaženiýa täsir etýän kollektor zynjyrynda toguň hem sonça üýtgemegine getirýär. Netijede tranzistor kuwwaty güýçlendirir.

Tranzistoryň elektrik yrgyldylary güýçlendiriji hökümünde ulanyşynda, üýtgeýän giriş naprýaženiýa U_{gr} (güýçlendirmäge degişli signal) emitter bilen bazanyň aralygynda hemişelik naprýaženýanyň çeşmesi bilen yzygiderli birikdirilýär, çykyş naprýaženiýa $U_{çk}$ (güýçlendirilen signal) bolsa agramlyk rezistordan R alynýar.

Meýdanly tranzistorlar (униполярные (полевые) транзисторы)

Bu ýarymgeçiriji gurluşlarda işjeň togy dolandyrmak bipolar tranzistorlardaky ýaly zynjyryň giriş (baza) togy bilen däl-de, tokly geçirijilere elektrik meýdany bilen täsir etmek arkaly amala aşyrylýar. Bu tranzistorlaryň işiniň elektrik meýdanyna baglylygy üçin hem „meýdanly“ tranzistorlar diýilýar (surat-58).



Surat58. Meýdanly tranzistoryň gurluşy

Tranzistoryň esasy bolup ýüzüne p görnüşli geçirijilikli ýuka bölek (1) ýerleşdirilenn görnüşli geçirijilikli kremniý plastinasy (2) hyzmat edýar. Plastina böwet (затвор-акýан toguň akymyny baglap açýanlygy üçin bu ýerde böwet manyda gelýär), p geçirijilikli bölek bolsa kanal diýlip atlandyrylýar. Kanalyň bir tarapy gözbaş (исток – gözbaş, başlangyç), beýleki boşluklara has baý bolan tarapy bolsa hana (сток – akymyň soňlanýan, toplanýan ýeri) diýlip atlandyrylýar. Böwet bilen kanalyň arasynda p-n geçit emele gelýär. Eger iýmitlendiriji batereýanyň (GB) položitel polýusy gözbaşa, otrisatel polýusy bolsa hana birikdirilse, onda kanalda boşluklaryň gözbaşdanhana tarap hereket edýän togy emele geler. Gözbaşyň togy ($I_{gö}$) diýilip atlandyrylýan bu tok diňe bir batereýanyň naprýaženýesine bagly bolman, çeşme (G) bilen böwediň arasyndaky naprýaženiýä hem baglydyr. Şonuň üçin hem haçanda böwede, gözbaşa görä ýapyjy položitel naprýaženiýe tasir edende p-n geçit giňeýär (suratda ştrih bilen görkezilen). Munuň netijesinde kanal gysylýar we onuň garşylygy ýokarlanýar, bu bolsa hananyň toguny peseltýar. Böwede položitel naprýaženýanyň peselen ýagdaýynda tersine kanal giňeýär we hananyň togy ýokarlanýar.

Meýdanly n görnüşli kanally taranzistorlaryň hem gurluşy we işleýişi meňzeş diýen ýalydyr. Bu n görnüşli tranzistorlaryň böwedi boşluk elektrogeçirijiliklidir, şonuň üçin böwede otrisatel naprýaženiýa, hana bolsa položitel iýmitlendiriji naprýaženiýe berilýar. Meýdanly n görnüşli tranzistorlaryň çyzgysynda strelka böwetden gözbaş tarap, p görnüşli tranzistorlarda bolsa gözbaşdan böwede tarap bakdyrylýar.

2.5.2.Mikroelektronika.

1. Mikroelektronikanyň esaslary. Integral mikroshemalar.

Elektron gurluşlaryna bildirilýän ösýän talaplar ylmy-tehnikanyň täze çalt we effektiv ösýän ugry bolan mikroelektronikanyň döremegine getirdi.

Mikroelektronika-elektronikanyň bir oblasty bolup, ol elektron gurluşlarynyň mikrominiýatur (örän kiçi) integral ýerine ýetirilmegi boýunça meseleler toplumyny öz içine alýar.

Integral mikroshemalar (IMS) mikroelektronikanyň element bazasy bolup durýar.

Mikroelektronikada ulanylýan düşüňjeler:

Integral mikroshema (IMS) – signallary üýtgetmek we gaýtadan işlemek (informasiýany toplamak) funksiýalaryny ýerine ýetirmek üçin niýetlenen, elementleriň we kristallaryň köpsanlysy gaty kiçi göwrümde ýerleşdirilen mikroelektron önümidir.

IMS esasy aýratynlygy onuň gutarnykly, adatça kyn bir wezipäni ýerine ýetirip - güýçlendiriji, trigger, hasaplaýjy we ş.m. bolup bilmegidir. Şol wezipäni elektron abzallarda ýerine ýetirjek bolsak, onda degişli uly bir shemany düzmek gerek bolýar. IMS-iň düzüminde elementler we komponentler bolýar.

Integral shemanyň elementi - haýsy-da bir elektroradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän (diod, tranzistor, rezistor, kondensator we ş.m.) IMS-den aýryp bolmaýan onuň bir bölegidir. Integral shemanyň elementleri aýratyn enjam görnüşinde iberilmeyär (satylmaýar).

Integral shemanyň komponenti - aýratyn enjam görnüşinde iberilýän (satylýan) haýsy-da bir elektroradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän IMS-nyň bölegi.

Integral shemanyň kristally– göwrümünde we ýüzünde ýarymgeçirijili IMS-nyň elementleri we kontaktlary ýerleşdirilen ýarymgeçirijili plastinanyň bölegi.

IMS-lar gaty ygtybarly enjamlardyr. Olaryň ygtybarlylygy olary taýýarlamagyň tehnologiýasy we içerki baglanyşyklarynyň az bolmagy bilen üpjün edilýär. IMS-leriň bahalary edil şolar ýaly önümleri diskret elementlerde taýýarlamakdan has arzandyr, çünki dürli elementleriň taýýarlanmagy bir tehnologiki tapgyrda ýerine ýetirilýär we ony taýýarlamak üçin edilýän operasiýalar, meselem bir tranzistory taýýarlamak üçin gerek bolan operasiýalaryň sanyndan köp däl. IMS agramlary we göwrümleri boýunça kiçidir, sarp edýän energiýasy bolsa azdyr.

IMS-ler dürli alamatlary boýunça synplara bölünýärler:

funksional niýetlenişleri boýunça – sanly, analog, sanly-analog;

ýerine ýetirýän funksiýalarynyň häsiýeti boýunça – güýçlendirijiler, generatorlar (multiwibratorlar, bloking-generatorlar we başg.), triggerler, logiki elementler we başgalar;

esasy elementleriniň işleýiş prinsipi boýunça - bipolar, MDP, komplementar KMDP;

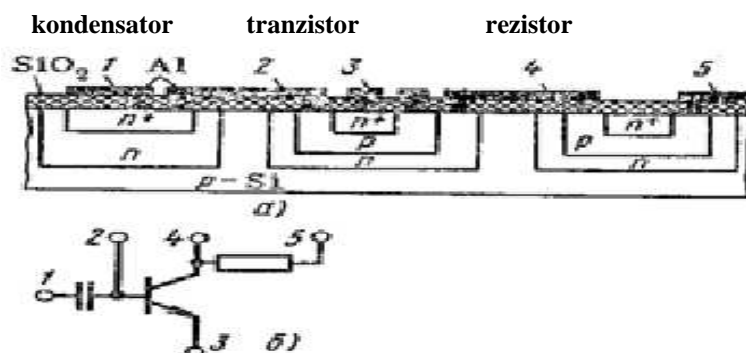
konstruktiv-tehnologiki alamatlary boýunça – ýarymgeçirijili (ÝGIMS), plýonkaly (PIMS), gibridli (GIMS) we utgaşdyrylan (UtIMS).

Analog integral mikroshema (AIMS) – üznüksiz (analog) funksiýa görnüşindäki signallary üýtgetmek we gaýtadan işlemek üçin niýetlenen IMS.

Sanly integral mikroshema (SIMS) - diskret (sanly) funksiýa görnüşindäki signallary üýtgetmek we gaýtadan işlemek üçin niýetlenen IMS.

Ýarymgeçirijili IMS (ÝGIMS) – üst gatlagynda we göwrümindeelektriki shemalaryň elementlerine, izolýasyýalaryna we arabirikdirmelerine ekwiwalent bolan oblastlar emele getirilen ýarymgeçirijidir. Ýarymgeçiriji hökmünde kremniý ulanylýar, ol gurluşuň esasy bolup durýar we IMS-ň esasy diýilip atlandyrylýar.

ÝGIMS nusgasy 59-njy suratda getirilen.

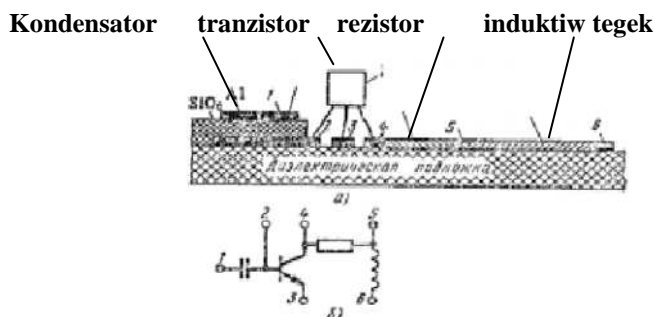


Surat – 59. Ýarymgeçirijili IMS

ÝGIMS-leri birwagtda mikroshemalaryň köpsanlysy döredilýän toparlaýyn usulda ýasaýarlar. Meselem, 76 mm diametrli plastinada 5000 çenli elektron mikroshemany ýerleşdirip bolýar. Her mikroshema bolsa öz gezeginde 10-dan 20000-e çenli elektron elementleri özünde saklaýar. Häzirki döwürde 100 mm diametrli plastinada birnäçe milliona çenli elementler ýerleşdirilýär.

Plýonkaly IMS (PIMS) – üst gatlagynda ähli elementler we arabaglanysyklary gat-gat goýulan plýonkalar görnüşindeizolirlenen esasydyr. PIMS diňe passiw elementlerden durýar, çünki plýonkalaryň kömegi bilen aktiw elementleri (diod, tranzistor) ýasamagyň tehnologiýasy entek ýok. Şonuň üçin olaryň ulanylyşy çäkli.

Gibridli IMS (GIMS) – bu mikroshemalar özünde plýonkaly mikroshemalary we plýonkaly IMS-iň dielektriki esasynda ýerleşdirilen diskret (aktiw) we ýarymgeçirijili IMS-leri jemleýärler. GIMS nusgasy 60-njy suratda getirilen.



Surat – 60. Gibridli IMS

Utgaşdyrylan IMS (UtIMS) – bu mikroshemalarda aktiw elementler ÝGIMS-lerdäki ýaly ýerine ýetirilen, passiw elementleri bolsa - plýonkaly IMS-däki ýaly ýasalan.

Integral mikroshemasynyň integrasiýasynyň derejesi– mikroshemanyň düzülişiniň kynlygyny aňladýan görkeziji, onuň düzümindäki elementleriň we komponentleriň sany bilen häsiýetlendirilýär.

Integral mikroshemanyň integrasiýasynyň derejesini aşakdaky formula boýunça kesgitleýärler:

$$k = \lg N$$

k – integrasiýasynyň derejesini görkezýän koeffisient, doly sanlara gabat getirilýär.

N – IMS-yň düzümindäki elementleriň we komponentleriň sany.

$k=1$ bolan görnüşli IMS-lar integrasiýasy kiçi derejeli IMS-lara degişli.

$k=2$ bolan görnüşli IMS-lar integrasiýasy orta derejeli IMS-lara degişli.

$k=3; 4$ bolan görnüşli IMS-lar integrasiýasy uly derejeli IMS-lara degişli.

$k>4$ bolan görnüşli IMS-lar integrasiýasy örän ulyderejeli IMS-lara degişli.

Integral mikroshemalaryň belgilenilişi:

IMS-laryň görnüşiniň şertli bellikleri 3 elementden durýar:

1-nji element - 3 san, olar seriýanyň belgisini aňladýarlar. Olaryň birinji sany-IMS-nyň konstruktiv-tehnologiki düzülişini görkezýärler(1,5-ýarymgeçirijili; 2,4,6,8-gibridli; 7-ýarymgeçirijili korpusyz; 3-başga görnüşli, meselem-plýonkaly, keramikaly we ş.m.); ikinji we üçünji sanlary-IMS-nyň seriýasynyň tertip belgisi (00-dan 99 çenli).

2-nji element - IMS-nyň funksional niýetlenişini aňladýan 2 sany harpdyr.

3-nji element - şu seriýadaky deň işleri ýerine ýetirýän mikroshemalaryň tertip belgileri.

2. Logiki we sanly elementler. Mikroprosessorlar.

Sanly enjamlarda, awtomatiki ulgamlarda we aragatnaşyk serişdelerinde logiki operasiýalary ýerine ýetirýän enjamlar ulanylýarlar.

Logiki operasiýa – logiki algebranyň (Bulwaň algebrasy) düzgünleri boýunça ulgamyň girelgesindäki habarlary çykalgasyndaky habarlara öwürmek işidir. (“We”, “Yok”, “Ya-da” operasiýalary.)

Logiki element – ulgamyň girelgesindäki signallaryň üstünde belli bir logiki operasiýany ýerine ýetirýän ýonekeý enjam.

Logiki algebrasynnda belli bir işiň netijesiniň dogry jogabyny “1” diýip hasaplaýarlar, ýalňyş netijesini bolsa “0” diýip hasaplaýarlar. “1” we “0” **goşa üýtgeýänler** diýip atlandyrylýarlar. Ululyklaryň bahalaryny naprýaženiýanyň derejesi ýa-da impulslaryň polýarlygy (“+”, “-”) bilen berip bolýar.

Elementar logiki operasiýalar aşaky tablisada getirilen.

Tablisa 3

Logiki operasiýanyň ady	Logiki operasiýany	Nähili okalýar	Hakykylygynyň tablisasy					Operasiýany ýerine ýetirýän	Logiki elementleriň
			X ₁	0	0	1	1		

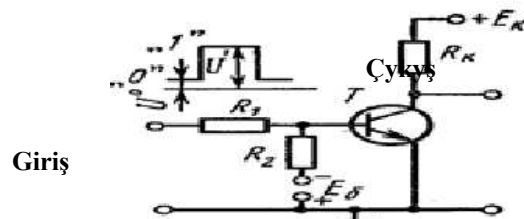


	ň belgilenişi		X_2	0	1	0	1	logiki elementiň atlandyrylyşy	funksional çysgylarda belgilenişi
Logiki ÝOK; logiki iňkär etme; inwersiýa	\overline{X} $\neg X$	X däl	X	0	1	0	1	Inwertor	
			X	1	0	1	0		
Konýunksiýa; logiki köpeltmek; logiki WE	$X_1 \cdot X_2$ $X_1 \wedge X_2$ $X_1 \& X_2$	X_1 we X_2	$X_1 \cdot X_2$	0	0	0	1	Konýunktor	
Dizýunksiýa; logiki jemlemek; logiki ÝA-DA	$X_1 \vee X_2$ $X_1 + X_2$	X_1 ýa-da X_2	$X_1 \vee X_2$	0	1	1	1	Dizýunktor	
Logiki WE-ÝOK; Şefferiň ştrihi; konýunksiýany iňkär etme	$X_1 X_2$	X_1 we X_2 utgaşmaýar	$X_1 X_2$	1	1	1	0	Şefferiň elementi, element WE - ÝOK	
Logiki ÝADA-ÝOK; Pirsiniň strelkasy; Webbiň funksiýasy, dizýunksiýany iňkär etme	$X_1 \downarrow X_2$	X_1 hem däl, X_2 hem däl	$X_1 \downarrow X_2$	1	0	0	0	Pirsiniň elementi, element ÝADA - ÝOK	

Logiki elementler diodlaryň, tranzistorlaryň we rezistorlaryň kömegi bilen düzülýärler. Olary bir shema çataňda, shemanyň çykalgasynda bir logiki operasiýanyň netijesi (jogaby) çykmalý.

Esasy ulanylýan ýönekeý logiki elementler - “We”, “Ýok”, “Ýa-da” elementleridir. Olar doly funksiýa ulgamy emele getirýärler (olaryň kömegi bilen dürli uly shemalary düzüp bolýar). Olardan başga kombinirlenen logiki elementler hem ulanylýarlar: “We-Ýok” we “Ýa-da-Ýok” elementleri. Logiki elementleriň hemmesi mikrominiatýu görnüşinde germetiki korpusda öndürilýär, şoňa görä hem olary integral mikroshemalary düzmek üçin ulanýarlar.

“Ýok” logiki elementiniň sanly ýerine ýetirilişine seredeliň (surat 61).



Surat - 61. “ÝOK” logiki elementi

“Ýok” logiki elementi bir giriş we bir çykyşly bolup “Ýok” operasiýasyny ýerine ýetirýär. Ol açar kadasynda işleýän bipolar ýa-da meýdanly tranzistorly güýçlendiriji kaskaddan durýar. 61 –nji suratda UE shemasynda birikdirilen bipolar tranzistorly “Ýok” elementi görkezilen. Element položitel polýarly signallar bilen položitel logikada işlemek üçin niýetlenen. T tranzistor E_6 çeşmeden bazasyna berilýän otrisatel potensial bilen ýapyk. Elementiň girişine logiki “0” gabat gelýän pes derejeli $U_{gir} = U^0$ signal berilende tranzistor ýapyk ýagdaýda galýar, kollektoryň togy nula deň, ýagny tok R_k rezistoryň üstünden geçmeýär we çykyşda naprýaženiýa $U_{çyk} = + E_k$, ýagny logiki “1” gabat gelýän ýokary derejeli.

Girişde ýokary derejeli naprýaženiýa $U_{\text{gir}} = U^1$ bolanda tranzistor doýgun halynda bolýar, kollektor togy ýüze çykýar we R_k rezistorda takmynan E_k deň bolan naprýaženiýanyň düşmegi döredýär, çykyşda bolsa naprýaženiýa takmynan nula deň bolýar ($U_{\text{çyk}} = U^0$). Şeýlelikde, eger $x = 1$, onda $y = 0$ bolar; eger $x = 0$ bolsa $y = 1$ bolar, ýagny element inwertor bolar – ters operasiýany ýerine ýetirer.

Düzülişine görä logikielementler aşakdakygörnüşli bolýarlar:

- resistor-tranzistor logikasy (RTL);
- diod-tranzistor logikasy (DTL);
- tranzistor-tranzistor logikasy (bipolýar tranzistorlarynda -TTL; meýdanly tranzistorlarda-n-kanally MOPTL we p-kanally MOPTL).
- inžeksion logikasy ýörite tranzistor logikasydyr - И²Л (NSTL-göni arabaglanyşykly tranzistor logikasy; RETL-rezistor-sygymly tranzistor logikasy).

Mikroprosessoriň umumy gurluşy.

20-21 asyrlar ýokary tehnologiýalaryň ösüşi bilen tapawutlanýar. Bu asyrlarda ylymlaryň ösmegi bilen durmuşyň ähli ugurlarynda we pudaklarynda awtomatizirlenen dolandyryş ulgamlary giňişleýin ulanylyşa girizildi. Bu enjamlar ähli işlerde adamlara uly ýeňillikleri döredýärler: habarlaryň we maglumatlaryň çalşygynda, edaralaryň-pudaklaryň dolanyşygynda, dürli görnüşli önümçilikde. Awtomatizirlenen dolandyryş ulgamlary köplenç dürli funksiýalary ýerine ýetirýän EHM-dan ybarat bolýarlar. Häzirki döwrüň inženerleri-hünärmenleri şu tehniki enjamlarda işlemekligi, şeýle hem olaryň ýüze çykýan kemçiliklerini we näsazlyklaryny abatlamagy başarmaly.

EHM-nyň ölçegleri, nyryhy, funksional mümkinçilikleri we başga parametrleri olaryň element bazasy bilen baglanyşyklydyr.

XX-nji asyryň 50-nji ýyllarynda elektron lampalarda düzülen ilkinji EHM-ry döredildi, 70-nji ýyllarynda bolsa eýýäm 4-nji nesilli EHM-ri döredildi. Olar UIS (uly integral shemalarda) we ÖUIS (örän uly integral shemalarda) düzülen.

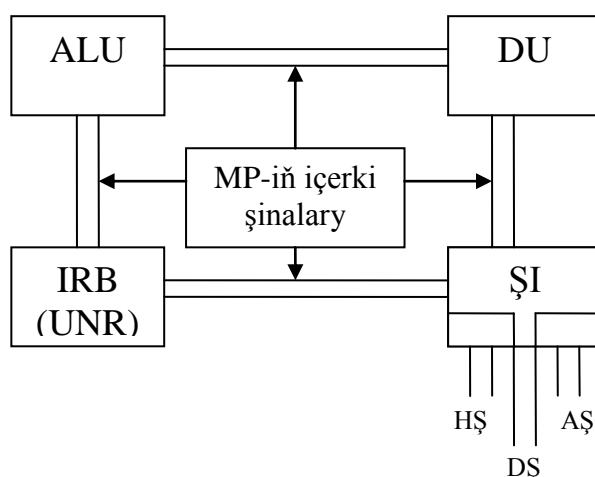
Ilkinji UIS-lar ýöriteleşdirilen funksional shemalar hökmünde döredildi. Olar ýönekeý IMS-dan (integral mikroshemalardan) kiçi ölçegleri we iýmitlenýän togy bilen, ýokary hili we ýokary derejeli integrasiýasy bilen tapawutlanýardylar. Emma olar diňe sanagly ýönekeý funksiýalary ýerine ýetirýärdiler, şonuň üçin hem olary dürli pudaklar üçin ulanyp bilmeýärdiler.

Ondan soň mikroprosessori UIS-lar döredilip başlandy. Olaryň ýerine ýetirýän funksiýalary programma üpjünçiligi bilen dolandyrylýardylar (bir mikroshema berýän programmamyza laýyklykda birnäçe funksiýalary ýerine ýetirip bilýär). Şeýlelikde mikroprosessorlar hasaplaýyş ulgamlarynyň (EHM-nyň) ilkinji uniwersal elementi bolup ulanylyp başlandy. Şeýle hem olar köp möçberde öndürilip başlanýarlar (olaryň köplügi sebäpli nyryhlary peselýär we dürli görnüşleri çykyp başlaýar).

Düzülişi boýunça mikroprosessorlar UIS-dan ýa-da birnäçe UIS-dan düzülen gutarnykly funksional gurluşlardyr. Gysgaça aýdylanda mikroprosessor prosessori işlerini ýerine ýetirýär, “mikro” goşulmasy bolsa onuň kiçi ölçegleri we ýokary derejeli integrasiýasyny aňladýar.

Konstruksiýasy boýunça mikroprocessorlar dürli enjamlaryň düzümine çatylmak üçin niýetlenendirler. Mikroprocessorlaryň bu mümkinçiligi inžener pikirleriniň köp meselelerini çözüýär, ýerine ýetirýän işlerini azaldýar, sarp edýän wagtlaryny kemeldýär we apparaturany modernizirleşdirýär.

Mikroprocessor (MP) – informasiýany gaýtadan işlemek üçin niýetlenen ýarymgeçirijilerden düzülen programmaly-dolandyryjy gurluşdyr. Mikroprocessorlar (MP) ählisanaýjyulgamlarynyňmerkezi (baş) elementi bolup durýar. Mikroprocessorlar EHM-nyň (sanaýyşulgamynyň) başgaenjamlarybilenbilelikdeişleýär. Ähli mikroprocessorlar (MP) biri-birindentapawutlanýarlar, emmaolaryňhemmesiniňdüzümindeaşkdakelementlerbolýar (surat - 62):



Surat – 62. Mikroprosesoryň gurluşy

ALU – arifmetiki-logiki ulgamy;

DU – dolandyryş ulgamy;

IRB – içerki registrler blogy (UNR–umumy niýetlenen registrlar);

ŞI – şinalaryň interfeýsy;

HŞ – informasion (habar) şinasy; HB – habarlarbufery;

DŞ – dolandyryşşinasy;

AŞ – adreslerşinasy. AB – adreslerbufery.

Mikroprocessorlar öz düzülişi we işleýiş prinsipleri boýunça aýratyn özbaşdak enjam hökmünde ulanylyp bilinmeýär. Olardiñebaşgabir (birnäçe) enjamlar bilen bilelikde işlemägeniýetlenýärler.

Olaryň işini üpjün etmek üçin hökmanysuratdadolandyryşulgamlary, daşarkyýatulgamlary, habarlary giriziş-çykaryş enjamlary, taýmer, iýmitlendirijienjamlary gerekdir.

Şonuň üçin hem köplenç **mikroprocessor ulgamlary** düzülýärler – mikroprosesoryň, ýat enjamlarynyň, informasiýany giriziş-çykaryş enjamlarynyň toplумы. Bu enjamlaryň her biri bir ýa-da birnäçe uly integral shemalaryň kristallarynda düzülýärler. Şeýle ulgamlar birnäçe periferiýa enjamlary bilen maglumatlary (informasiýany) çalyşyp bilýärler (çap edijiler, monitorlar, ses berijiler, başga ýöriteleşdirilen enjamlar).

III BÖLÜM. MAGNIT MEYDANY BARADA UMUMY DÜŞÜNJE

TEMA № 6: ELEKTROMAGNETIZM

3.6.1. Magnit meýdany barada umumy düşünje

1. Magnit meýdanynyň häsiýetnamalary.

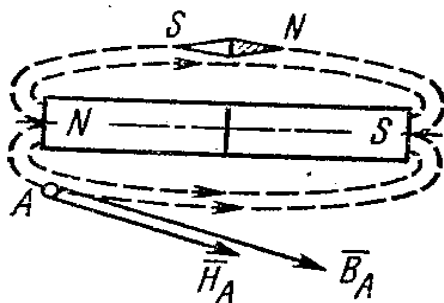
Köne zamanlardan bäri käbir magdanlaryň demiri özüne çekýänligi adamlara mälim bolupdyr. Demiriň kislorod bilen himiki birleşmesi bolan bu magnit magdanlara tebigi magnitler diýilýär. Tehnikada tebigi magnitler däl-de, hemişelik emeli magnitler ulanylýar. Emeli magnit diýilip magnitleşdirilen polat bölegine aýdylýar. Hemişelik magnitleriň dürli görnüşleri bolýar: göniburçly, romb şekilli, nal şekilli, halkaşekilli we başgalar. Olar uglerodly, wolframly, hromly we kobaltly polatlardan, şeýle hem beýleki ýörite garyndylardan (splawlardan) taýýarlanylýar.

Elektrik toklarynyň mehaniki özara baglanyşygynda we bu meýdanda hereket edýän geçirijilerde döreýän EHG – iň üstü bilen özüni ýüze çykarýan materiýanyň aýratyn görnüşine magnit meýdany diýilýär.

Magnitiň we magnit meýdanynyň esasy häsiýetleri:

- erkin asylan magnit (magnit strelkasy) Ýeriň magnit meýdanlaryna gönükdirýär;
- magnitleriň uçlaryna polýuslar diýilýär;
- hemişelik magnitde iki polýus bardyr: demirgazyk N we günorta S;
- magnitiň iň güýçli dartýşmasy onuň polýuslarynda ýüze çykýar;
- magnitleriň özara täsirleri: birmeňzeş polýuslar – itekleşýärler; dürli polýuslar – dartýşýarlar.

Magnit meýdany, meýdana goýulan magnit strelkasynyň ugry bilen galtaşýan ugurlary gabat gelýän, güýç liniýalarynyň üstü bilen şekillendirilýär (surat 63).



Surat - 63. Magnit meýdany

Magnit meýdanynyň položitel ugry diýilip magnit strelkasynyň demirgazyk polýusynyň ugry şertli kabul edilen.

Magnit meýdanyny we elektrik togyny – arabaglanyşykly hadysa diýip bileris. Tokly geçirijiniň töwereginde hemme wagt magnit meýdany bar we tersine, magnit meýdanynda hereket edýän ýapyk geçirijide tok ýüze çykýar.

Magnit meýdanynyň san häsiýetnamalaryna seredeliň.

Magnit materiallary fizikada belli bolan ululyklar: absolýut magnit syzyjylygy (μ_a), magnit meýdanynyň güýjenmesi (H), magnit akymy (Φ) we magnit induksiýasy (B) bilen häsiýetlendirilýär.

a) Magnit syzyjylyk.

Jisimlerin magnitleşme ukybyny häsiýetlendirýän magnit ululyga absolýut magnit syzyjylyk (μ_a) diýilýär. Wakuumyň, howanyň we magnitleşmeýän beýleki materiallaryň magnit syzyjylygy takmynan deňdir. Ol $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Gn/m - muňa magnit hemişeligi hem diýilýär.

Ferromagnit materiallaryň μ_a bilen belgilenýän magnit syzyjylygy dürlidir we wakuumyň magnit syzyjylygyndan ulydyr.

Dürli materiallaryň magnit häsiýetleriniň deňeşdirmesi otnositel magnit syzyjylyga görä ýerine ýetirilýär.

Ferromagnit materialyň magnit syzyjylygynyň wakuumyň magnit syzyjylygyndan näçe esse tapawutlanýandygyny aňladýan ululyga otnositel magnit syzyjylygy μ_r diýilýär.

$$\mu_r = \mu_a / \mu_0$$

Meselem, eger poladyň otnositel magnit syzyjylygy $\mu_r = 7000$ bolsa, onda onuň μ_a magnit syzyjylygy wakuumyň μ_0 magnit syzyjylygyndan 7000 esse ulydyr.

$$\mu_a = \mu_r \mu_0 = 7000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} = 0,879 \text{ Gn/m.}$$

Otnositel magnit syzyjylygyň ululygyna görä magnit materiallar 3 topara bölünýärler:

- diamagnitler;
- paramagnitler;
- ferromagnitler.

Diamagnit jisimler üçin $\mu_a < 1$, paramagnitler üçin $\mu_a > 1$. Ýöne iki ýagdaýda hem $\mu_a \sim 1$ golaýdyr. Ferromagnit materiallar üçin μ_a hemişelik däldir we belli bir derejede has ulydyr.

Diamagnitleriň we paramagnitleriň magnit häsiýetleri wakuumyň magnit häsiýetinden köp tapawutlanmaýarlar, ýagny olar gowşak magnit häsiýetlidirler. Ol jisimlere aşakylar girýär:

marganes (Mn), alýumin (Al), altyn (Au), kümiş (Ag), mis (Cu) we beýlekiler.

Ferromagnitleriň magnit häsiýetleri wakuumyň magnit häsiýetinden düýbinden tapawutlanýar.

Bu materiallara demir (Fe), nikel (Ni), kobalt (Co), olaryň erginleri (garyndylary), ferritler (demriň oksidiniň, nikel, marganes we beýleki jisimler bilen garyndysy) we beýlekiler girýärler.

Aşakda käbir ferromagnit materiallaryň otnositel magnit syzyjylyklarynyň iň uly (*maksimal*) ululyklary getirilen:

- kobalt – 174;
- nikel – 1120;
- transformator polady – 7000-15000;
- arassa demir (wodorodda gyzdyrýp taplanan) – 280000;
- garyndy 79 NMA (nikel-molibden-alýumin) – 400000-600000;
- permalloý görnüşli garyndy (nikel-demir-molibden-marganes) – 70000-600000 (nikel bilen demiriň garyndysynyň umumy atlandyrylyşy).

b). Magnit meýdanynyň güýjenmesi.

Magnit meýdanynyň her bir nokatdaky ugryny we güýç derejesini häsiýetlendirýän ululyga magnit meýdanynyň güýjenmesi diýilýär. Bu ululyk H bilen belgilenýär.

Şol bir nokadyň magnit meýdanynyň güýjenmesi (H) onuň ýaýraýan gurşawyna bagly däldir. Ol meýdany emele getirýän çeşmäniň parametrlerine we şol nokadyň çeşmä görä ýerleşýän ýerine baglydyr. Güýjenmäniň induksiýa bilen baglanyşygy:

$$\mathbf{B} = \mu_a \cdot \mathbf{H}$$

H ululygy magnit meýdanyny döredýän toga baglydyr. Tok bilen döredilýän magnit meýdanynyň güýjenmesi aşakdaky gatnaşyk bilen kesgitlenýär:

$$\mathbf{H} = \mathbf{I} \mathbf{w} / \ell ,$$

bu ýerde I – tok, A; w – sarym sany; ℓ - özende magnit liniýasynyň ortaça uzynlygy, m;

Onda magnit meýdanynyň güýjenmesiniň birligi bolup amper/ metr gulluk edýär:

$$[\mathbf{H}] = [\mathbf{A/m}].$$

Amalyýetde adaty magnit meýdanynyň güýjenmesiniň ulgamdan daşary ölçeg birligi – ersted (E) hem ulanylýar.

$$1 \text{ Э} = 80 \text{ A/m}.$$

ç). Magnit induksiýasy (B) .

Magnit induksiýasy (B) magnit meýdanynyň güýç liniýalarynyň dykzlygy, ýagny magnitleşen materialyň meýdanynyň birligine düşýän magnit liniýalarynyň sany bilen häsiýetlendirilýär. Eger materialyň 1 m^2 meýdanyndan 10000 magnit liniýalary geçýän bolsa, onda magnit induksiýasy 1 Wb/m^2 ýa-da 10000 Gs deň bolýar.

Magnit induksiýasynyň birligi bolup weber / kwadrat metr ýa-da tesla (T) gulluk edýär.

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/ m}^2$$

Magnit induksiýasy ulgamdan daşary ölçeg birligi – gausslarda (Gs) hem ölçenilýär.

$$1 \text{ Wb/ m}^2 = 10000 \text{ Gs}.$$

d). Magnit akymy (Φ).

Magnit akymy (Φ) magnit meýdanyna ýerleşdirelen materialyň meýdanyndan geçýän güýç liniýalarynyň sany bilen häsiýetlendirilýär. Magnit akymy diýilip haýsy hem bolsa bir üstden geçýän magnit güýç liniýalarynyň (magnit induksiýasynyň wektor liniýalarynyň) umumy sanyna aýdylýar.

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{S}$$

Magnit akymynyň ölçeg birligi weberdir (Wb). Magnit akymy ulgamdan daşary ölçeg birligi – makswellerde (Mks) hem ölçenilýär.

$$1 \text{ Wb} = 100\,000\,000 \text{ Mks}.$$

2. Göni çyzykly toguňmagnit meýdany.

Ähli tokly geçirijileriň töwereginde magnit meýdany emele gelyändir.

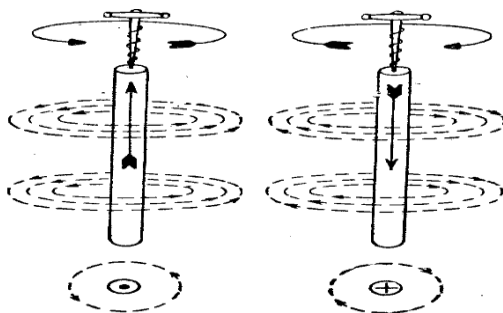
Göni tokly geçirijilerde emele gelyän magnit meýdanynyň toguň akýan ugruna kese (perpendikulýar) gönükdirilan töwerekleýin görnüşi bardyr. Eger geçirijidäki

toguň ugryny tersine üýtgetsek, onda magnit meýdanynyň golaýynda ýerleşdirilen magnit strelka 180° yza öwrüler. Bu magnit meýdanynyň ugrunyň toga baglydygyny görkezýär. ***Toguň emele getirýan magnit meýdanynyň ugry toguň akýan ugruna baglydyr.***

Käbir abzallaryň işinde magnit meýdanynyň ugruny anyklamak zerurlygy ýüze çykýar. Gönü geçirijilerde magnit meýdanynyň töwerekleýin ugry burawyň towlanşyna görä anyklanylýar (surat64).

Eger hyýalymyzda burawy toguň tehniki ugry boýunça ugrukdyryp towlasak, burawuň towlanýan ugry magnit meýdanyň ugruny görkezzer.

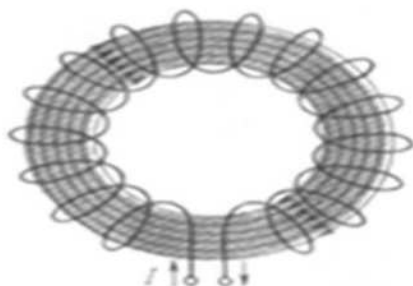
64-nji suratda tokly geçirijileri çyzgyda tekiz üste perpendikulýar görkezmeli bolýar. Bu ýagdaýda (+)belgi toguň bizden aňyrlygyna, (·)belgi bolsa bize tarap akýandygyny görkezýär. Birinji ýagdaýda magnit meýdanynyň ugrysagadyňdilineň aýlanyş ugryna, ikinji ýagdaýda sagat ugrunyň tersine bolar.



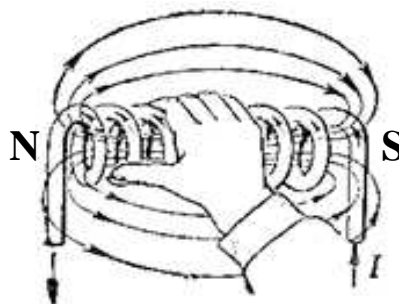
Surat - 64. Göni geçirijilerde magnit meýdanynyň ugry

3. Halka we silindr şekilli tegekleriň magnit meýdany.

Ulanyşda geçirijiler saralan sarym (tegek) görnüşde ulanylýar (surat-65). Halka şekilli tegegiň magnit meýdany umumy merkezli töwerek görnüşli bolýar we ol tegegiň içinde ýerleşýär (surat 65 a).



a)

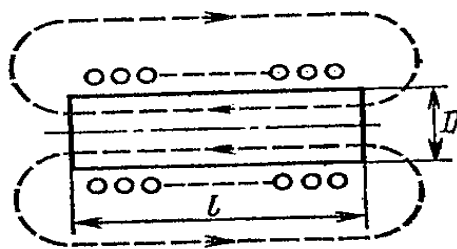


b)

Surat –65 . Halka we silindr şekilli tegekleriň magnit meýdanlary

Magnit meýdanynyň ugruny anyklamak üçin sag elniň kadasy ulanylýar. Eger dört barmagyň toguň tehniki ugryny görkezzer ýaly edip tegegi elniň aýasy bilen tutsaň, onda göneldilen uly barmak magnit meýdanyň ugruny görkezzer (surat 65b). Halka şekilli tegekleriň magnit polýuslaryny kesgitläp bolmaýar.

66-njy suratda silindr şekilli tegegiň kesilen görnüşi we toklaryň ugry görkezilen.



Surat -66. Silindr şekilli tegegiň magnet meýdany

Nurbatyň towlanýan ugruny ulanmak usuly bilen her bir aýratyn tokly geçirijiniň magnet meýdanynyň ugruny anyklalyň. Tegekdäki geçirijileriň ählisiniň magnet meýdanynyň ugry birmeňzeşdir. Olary jemläp tegegiň umumy magnet meýdanynyň ugruny kesgitlemek bolar.

Silindr şekilli tegegiň magnet güýç linýalary çep (demirgazyk) tarapyndan çykýar, sag (günorta) tarapyndan girýär.

Silindr şekilli tegegiň (başgaça solenoid hem diýilýär) magnet meýdanyny hemişelik magnitiň magnet meýdany bilen deňeşdirip, olaryň birmeňzeşdigini görmek bolar.

Solenoidiň magnet meýdanynyň görnüşi hem hemişelik magnitiň magnet meýdanyna meňzeşdir, ýagny kesgitli magnet polýuslary bardyr.

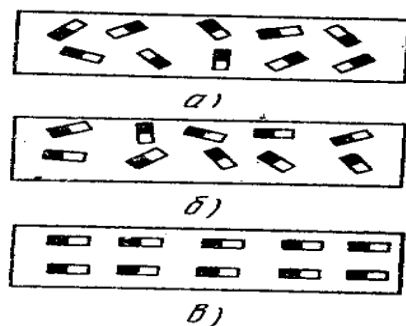
Solenoidda toguň ugrunyň üýtgän ýagdaýynda, magnet meýdanyň hem ugry üýtgär we polýuslar ýerini çalşarlar. Solenoidiň magnet meýdanynyň ugruny anyklamak üçin hem sag elniň kadasy ulanylýar.

Solenoidiň (sarymyň) içinde has güýçli magnet meýdany emele getirmek üçin solenoidy (sarymy) demir özene saraýarlar. Demir özenli solenoid elektomagnet diýilip atlandyrylýar.

4. Ferromagnet materiallaryň magnitlenmegi. Siklik peremagnitlenmek.

Elektrotehnikada magnet materiallar hökümünde esasan ferromagnet materiallar ulanylýar. Uly magnet syzyjylyga eýe bolan materiallara ferromagnet materiallar diýilýär. Olaryň örän güýçli magnitleşme häsiýeti bardyr. Bu materiallara demir, nikel, kobalt we olaryň garyndylary degişli. Daşarky magnet meýdanyna ýerleşdirilende bu materiallar magnet meýdanyny ep-esli güýçlendirýärler. Bu hadysa şeýle düşündirilýär.

Ferromagnet materiallar öz-özünden magnitleşýän böleklerden durýar (surat 67).



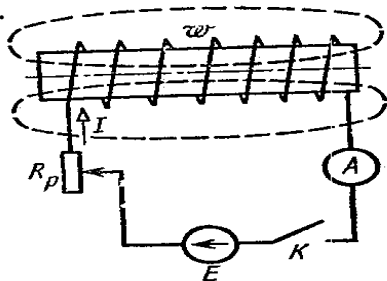
Surat – 67. Ferromagnet materiallaryň magnitlenmegi

a) magnet meýdanyna ýerleşdirilmänkä; b) magnet meýdanynda; b) doýgun halda

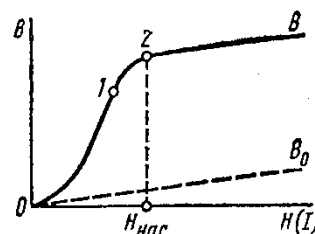
Bu bölekleriň her biriniň magnitleşme ýagdaýlary magnitleşme wektory bilen häsiýetlendirilýär. Aýratyn bölekleriň (domenleriň) magnitleşme wektorynyň ugry tötänleýin ugra gönükdirilendir. Şonuň üçin daşky magnet meýdanynyň ýok wagty ferromagnet materiallaryň magnitleşmesi ýüze çykmaýar.

Eger ferromagnet material daşky magnet meýdanyna ýerleşdirilse, onda meýdanyň täsiri netijesinde öz-özünden magnitleşýän bölekleriň magnitleşme wektory daşky meýdanyň ugryna görä gönüger. Jemleýji magnet meýdanynyň induksiýasy - hem daşky meýdanyň magnet induksiýasy, hem-de aýratyn domenleriň magnet induksiýasy bilen kesgitlenýär, ýagny induksiýanyň jemleýji bahasy onuň başlangyç bahasyna görä has ýokary bolar. Şeýlelikde, jemleýji magnet meýdany daşky magnet meýdanyndan has ýokary bolar.

Ferromagnet materialyň magnitleşme ýagdaýy daşky magnet meýdanynyň güýjenmesine baglydyr we magnitleşme egriçyzygy bilen häsiýetlendirilýär. Tokly tegegiň içine ýerleşdirilen ferromagnet materialyň magnitleşme prosesine seredeliň (surat - 68 a).



a)



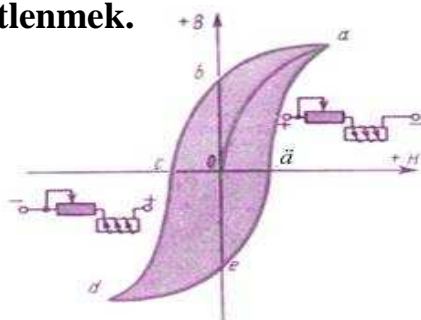
b)

Surat – 68. Tokly tegegiň içine ýerleşdirilen ferromagnet materialyň magnitleşme prosesi

Ilki özen ýok diýeliň. Onda tegekde toguň ýokarlanmagy bilen magnet induksiýasy göni çyzygyň kanuny boýunça üýtgär, çünki bu ýagdaýda $B_0 = \mu_0 H$ (surat - 68 b).

Indi tegekde başlangyç ýagdaýda magnitleşmedik özen bar diýeliň. Tegekde toguň ýokarlanmagy bilen özendäki magnet induksiýasy ýokarlanar (68 b suratda 0-1 bölek). Bu ferromagnet özeniň magnitleşme wektorlarynyň bir tarapa gönükmegi bilen düşündirilýär. Soňra gönükmegiň depgini peselýär (magnitleşme egri çyzygynyň 1-2 bölegi); 2 nokat magnet doýgunlyk ýagdaýyna gabat gelýär, ýagny meýdanyň güýjenmesiniň käbir bahalarynda ($H_{\text{doýg}}$)ähli domenler bir ugra gönükdirilen we mundan soň tegegiň togyny näçe ýokarlandyrsak hem meýdanyň induksiýasy özen ýok wagtyndaky ýaly ýokarlanar.

Siklik peremagnitlenmek.



Surat -69. Gisterezis halkasynyň ýüze çykmagy

Ferromagnet materiallaryň magnit meýdanynda magnitleşme häsiýeti, magnit induksiýanyň (B) we magnit güýjenmesiniň baglylygy bilen bahalandyrylýar. Bu baglanyşyk ferromagnet materialyň daşky magnit meýdanynyň täsiri bilen magnitleşme we magnitsizleşme prosessini häsiýetlendirýär (surat 69). Suratda belgilenen 0 bilen a egriçyzygyň aralygymagnet güýjenmesiniň ýokarlanmagy bilen magnit induksiýasynyň hem ýokarlanýandygyny görkezýär. Bu aralyk başlangyçmagnitleşme egriligi diýilip atlandyrylýar. a nokatdan soň magnit doýgunly haly ýüze çykýar. Bu domenleriň ählisiniň magnit meýdanynyň ugry boýunça doly gönügendigini aňlatýar we mundan beýläk magnit güýjenmesiň (H) ýokarlanmagy, magnit induksiýanyň ýokarlanmagyna hiç-hili täsir etmeýär. Eger magnit güýjenmesi (H) peseldilip başlanylsa magnit induksiýasy (B) hem peselip başlar, ýöne indi öňki egrilik boýunça peselmez. Netijede, magnit güýjenme $H=0$ bolan ýagdaýynda hem magnit induksiýa nula deň bolmaz ($B \neq 0$). Bu induksiýa galyndy induksiýa, hadysanyň özüne bolsa galyndyly magnitleşmehadysasy diýilýär. Bu hadysa domenleriň täze gönükdirilen ugrundan yza, ýagny başlangyç ýagdaýa ählisiniň gaýdyp gelmeýändigini aňlatýar.

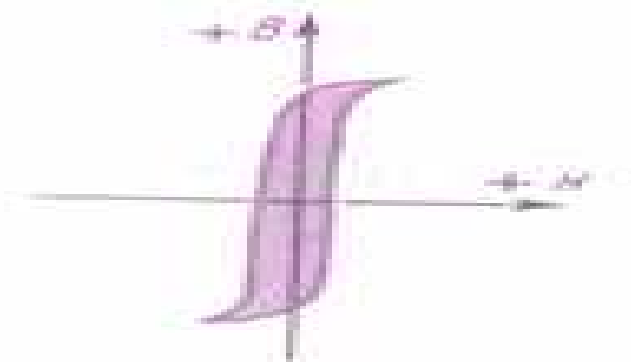
Eger indi ters (otrisatel) magnit meýdany berilip magnit güýjenme ýokarlandyrylsa, magnit induksiýa öz ugryny ters tarapa üýtgeder we χ nokatdan d nokada tarap peseler. d nokatda ýene-de magnit doýgunlygy ýüze çykar. Doýgunlyk d halyndan peseldilse d, e, \tilde{a} egri çyzygy emele geler. Netijede, doly egri töwerek $a, b, \chi, d, e, \tilde{a}$ emele geler. Bu töwerekleýin kontur gisterezis halkasy diýilip atlandyrylýar. Tutuş magnitleşme sikli bolsa magnitli gisterezis diýilip atlandyrylýar. Magnitli gisterezis siklinde materiallaryň ýylylyk görnüşinde bölüp çykarýan energiýa ýitgisi ýüze çykýar. Ýitgi magnit gisterezis bilen çäklendirilen meýdana we üýtgeýän magnit meýdanyň ýygylgyna baglydyr.

Magnet materiallaryň gyzmagyna getirýan energiýa ýitgisi, burum (вихровые) toklar ýa-da Fuko togy diýilip atlandyrylýan toklar netijesinde ýüze çykýar. Bu toklar üýtgeýän magnit meýdanynyň täsiri bilen emele gelýär we materialyň içinde töwerekleýin aýlanýarlar. Ol toklaryň ululygy üýtgeýän magnit meýdanyň ýygylgyna we materialyň udel garşylygyna baglydyr. Energiýanyň ýitgisini peseltmek üçin magnit geçirijiler arasy izolirlenen ýuka listlerden ýasalýar. Ferromagnet materiallar magniteýumşak we magnitegaty görnüşlere bölünýärler (tablisa 4).

Tablisa 4

Magniteýumşak mat.	Ulanylýan ýerleri	Magnitegaty materiallar	Ulanylýan ýerleri
Tehniki arassa demir	Hemişelik tok özenleri, hemişelik tok	Demriň esasynda list	Hemişelik magnit
List görnüşli uglerodly polat	elektrik maşynlarynda polýuslar we polýus uçlyklary	görnüşli garyndylar (splawlar)	
Kremniý garylan list polat	Elektrik maşynlaryň, transformatorlaryň, drosseleriň özenleri.	Metalkeramika we ferritler	Kiçi ölçegli we çylşyrymly sypatly hemişelik magnitler
Permolloy	Ölçeýji tehnikanyň, awtomatikanyň we telemehanikanyň gurluşlarynyň özenleri.	Gymmat bahaly metallaryň garyndylary (splawlar)	Uly bolmadyk hereket edýän elektromagnitli takyk ölçeýji abzallar
Metalkeramika we ferritler	Ýokary ýygylkly gurluşlaryň özenleri (transformatorlar, sarymlar, antenalar)	Maglumaty magnit ýazga geçirmek üçin materiallar	Magnet lentalary, elektron hasaplaýjy we kibernetika gurluşlar

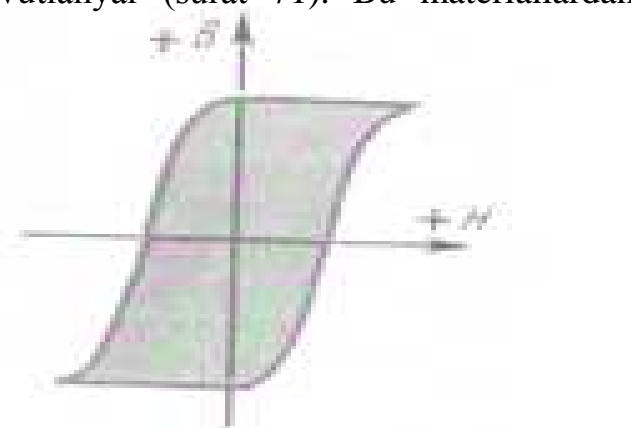
Magniteýumşak materiallar, uly bolmadyk gisterezis ýitgisi we gisterezis halkasynyň kiçi meýdany bilen tapawutlanýar (surat 70).



Surat - 70. Magniteýumşak materiallaryň gisterezis halkasy

Bu görnüşli materiallar üýtgeýän magnit meýdanlaryny geçirýän magnit geçirijileri ýasamak üçin ulanylýar.

Magnitegaty materiallar, uly gisterezis ýitgisi we gisterezis halkasynyň uly meýdany bilen tapawutlanýar (surat 71). Bu materiallardan hemişelik magnitler ýasalýar.

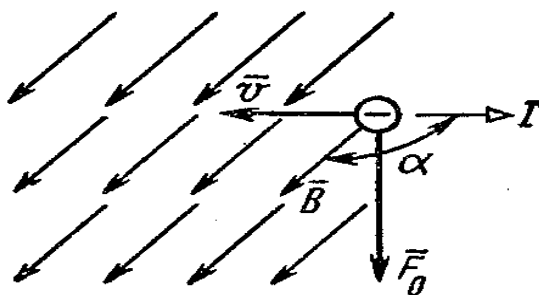


Surat 70. Magnitegaty materiallaryň gisterezis halkasy

3.6.2. Magnit meýdanynda zarýadly bölejikler we geçirijiler Energiýanyň öwrülişi

1. Elektron magnit meýdanynda.

Magnit meýdanynda hereket edýän elektrona (surat 72) elektromagnit güýji täsir edýär. Bu güýç iki magnit meýdanlaryň – elektronyň ýerleşdirilýän magnit meýdany we elektronyň hereket etmegi netijesinde emele gelýän magnit meýdanynyň özara täsirleşmegi netijesinde ýüze çykýar.



Surat 72. Magnit meýdanynda hereket edýän elektrona täsir edýän güýç

Bu güýje Lorensiň güýji diýilýär we ol aşakdaky gatnaşyk bilen kesgitlenýär:

$$F_0 = q_0 B v \sin \alpha$$

bu ýerde q_0 – elektronyň zarýady; B – magnit induksiýasy; v – elektronlaryň hereketiniň tizligi; α – magnit meýdanynyň we elektronyň togynyň ugurlarynyň arasyndaky burç.

Bu güýjiň ugry çep eliň düzgüni boýunça kesgitlenýär:

eger çep eliň magnit güýç linýalary eliň aýasyna girer ýaly, dört barmagy bolsa toguň ugruny görkezse ýaly ýerleşdirsek, onda göneldilen uly barmak itekleýji güýjiň (F) hereketiniň ugruny görkezse.

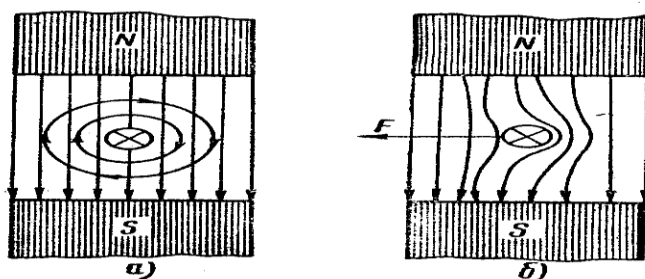
Elektronyň hereket etmegi netijesinde ýüze çykýan tok bu hereketiň ugryna garşylyklaýyn ugrukdyrylandyr.

2. Tokly geçiriji magnit meýdanyna. Parallel tokly geçirijileriň özara täsirleri.

Goý hemişelik magnitiň magnit meýdanyna tokly geçiriji ýerleşdirilen bolsun.

Hemişelik magnitiň magnit meýdan demirgazyk polýusdan gunorta polýusa ugrukdyrylan, tokly geçirijiniň magnit meýdan bolsa töwerekleýin aýlaw görnüşde hasap edilýär.

Bu magnit meýdanlar jemlenende, jemleýji magnit meýdan sag tarapda güýçli (iki magnit meýdan birleşýär), çep tarapda bolsa göwşak bolar (surat 73).



Surat –73. Magnit meýdanyna ýerleşdirilen tokly geçiriji

Magnit meýdanlary maýyşgaklyk häsiýetli bolandyklary üçin, olar tokly geçirijä magnit meýdanýndan daşyna itekleýji güýç bilen täsir edýärlar. Bu ýerden örän wajyp netije gelip çykýar:

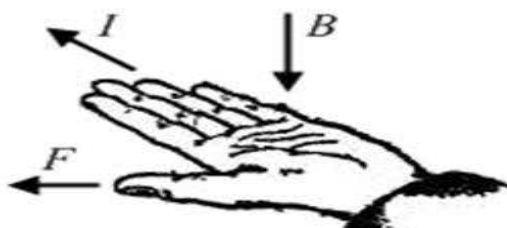
hemişelik magnitiň (elektromagnitiň) magnit meýdanyna ýerleşdirilen tokly geçirijä magnit meýdanlaryň özara täsirleri netijesinde ýüze çykan itekleýji güýç täsir edýär.

Itekleýji güýjiň ululygy magnitiň magnit meýdanynyň induksiýasyna, toguň ululygyna we geçirijiniň aktiw uzynlygyna, ýagny geçirijiniň magnit meýdanyna gabat ýerleşen uzynlygyna baglydyr. Itekleýji güýç aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýär:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

bu ýerde F – itekleýji güýç, nýuton; B – magnit induksiýa, tesla; I – toguň ululygy, amper; l – geçirijiniň aktiw uzynlygy, m.

Bu itekleýji güýjiň ugry hem çep eliň düzgüni bilen kesgitlenýär (surat 74).



Surat -74. Magnit meýdanyna ýerleşdirilen tokly geçirijä täsir edýän güýjiň ugrunyň kesgitlenişi

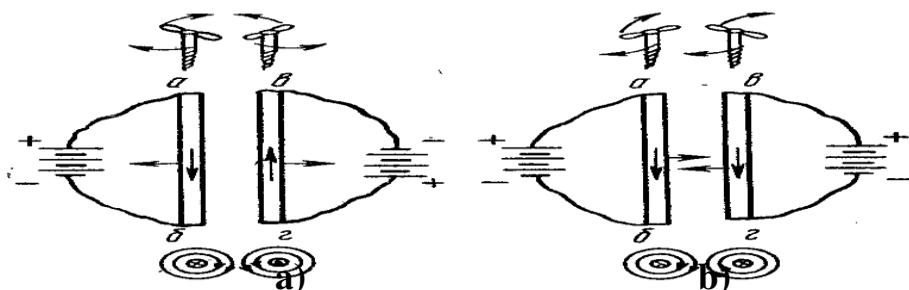
Eger çep eliňi magnit güýç liniýalary eliň aýasyna girer ýaly, dört barmagy bolsa toguň ugruny görkezەر ýaly ýerleşdirsek, onda göneldilen uly barmak itekleýji güýjiň (F) herekediniň ugruny görkezەر.

Durmuşda magnit meýdanynyň tokly geçirijini itekleme häsiýetini ulanyp elektrik energiýasyny mehaniki energiýa öwürmek mümkinçiligi giňden ulanylýar (elektrik dwigatellerde, elektrik ölçeýji abzallarda).

Parallel tokly geçirijileriň özara täsirleri.

Eger iki ýa-da birnäçe üstünden tok akýan geçirijileri biri-birine parallel goýsak, onda bu geçirijiler üstlerinden akýan toklaryň ugurlaryna laýyklykda özara çekişýärler ýa-da itekleşýärler. Geçirijileriň arasyndaky şular ýaly özara täsirleşme her tokly geçirijiniň töwereginde magnit meýdanynyň döremegi netijesinde ýüze çykýar.

Üstlerinden dürli tarapa ugrukdyrylan tokly aň we bň belgilenen iki sany geçirijini alalyň (surat 75a).



Surat -75. Parallel tokly geçirijileriň özara täsirleri

Geçirijileriň töwereginde magnit meýdanlary bar. Burawyň düzgünine laýyklykda bu meýdanlaryň magnit liniýalarynyň ugurlary suratyň aşaky böleginde görkezilişi ýalydyr. Eger geçirijileriň ýokarsyndan uzaboýuna seretsek, onda aň geçirijiniň töweregindäki magnit liniýalary sagat diliniň ugruna, bň geçirijiniň töwereginde bolsa - sagat diliniň tersine gönügendir. Şeýlelik-de, bu güýç liniýalary geçirijileriň arasyndaky giňişlikde birmeňzeş ugrukdyrylan we geçirijiler magnitiň birmeňzeş polýuslarynyň biri-birini itekleýişleri ýaly itekleşerler.

Eger şol geçirijileriň üstünden bir taraplara ugrukdyrylan tok goýbersek (surat 75b), onda geçirijileriň töwereginde ýüze çykýan magnit meýdanlarynyň güýç liniýalary geçirijileriň arasyndaky giňişlikde dürli ugurlara gönükdiriler, şonuň üçin bu geçirijiler özara çekişerler.

Tokly geçirijileriň arasyndaky özara täsirleşme güýji bu I_1 we I_2 toklaryň köpeltmek hasylyna, absolýut magnit syzyjylygyna μ_a , şeýle hem geçirijileriň biri-

birine parallel uzalyp gidýän uzynlygyna ℓ (ýakynlaşma uzynlygyna) göni we geçirijileriň arasyndaky aralyga a ters proporsionaldyr, ýagny:

$$F = \mu_a I_1 I_2 \ell / a .$$

Eger geçirijiler magnitleşmeýän gurşawda bolsalar, ýagny $\mu_a = \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Ws} / (\text{A m})$ bolsa, onda geçirijileriň arasyndaky özara täsirleşme güýji:

$$F = (2 I_1 I_2 \ell / a) \cdot 10^{-7} \text{ deňdir.}$$

3. Elektromagnit induksiýa kanuny. Lensiň düzgüni.

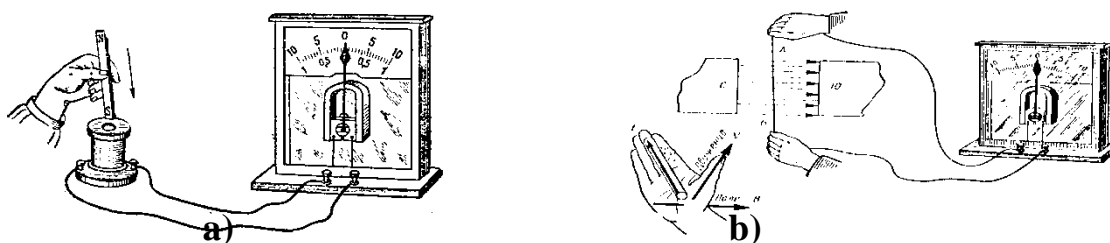
Ähli tokly geçirijileriň töwereginde magnit meýdanynyň emele gelýändigini belläpdik.

Bu ýerde eger tokly geçiriji magnit meýdanyny emele getirýan bolsa, magnit meýdanyny ulanyp elektrik togyny emele getirip bolarmy? 1831-nji ýylda fizik Faradeý elektrotehnikanyň in esasy kanunlarynyň birini **elektromagnit induksiýa kanuny**ny açdy.

„Induksiýa“ sözi inlis dilinden terjime edilse „emele gelme, gozganma, oýatma“ diýen manyny berýär. Şonuň üçin „elektromagnit induksiýa“ diýen aňlatma „magnit meýdanynyň kömegi bilen elektrikleşme emele getirilýär“ diýip düşünmek bolar.

Ýöne magnit induksiýa we elektromagnit induksiýa diýen iki düşüňjäni garyşdyrmaly däl. Magnit induksiýa B – bu magnit ululykdyr, elektromagnit induksiýa bolsa aýratyn häsiýetli fiziki hadysadyr.

Elektromagnit induksiýa hadysasynyň esasy aşakdakylardan durýar. Izolirlenen geçirijiden saralan sarymyň uçlaryny elektrik ululyklary ölçejýiniň gysgyçlaryna birikdirmeli we hemişelik magniti katuskanyň içinde hereket etdirmeli (surat 76 a).



Surat – 76. Geçirijide EHG emele gelmegi

Bu ýagdaýda elektrik ululyklary ölçejýiniň strelkasy hereket edip zynjyrdaky elektrik togunyň bardygyny görkezýär.

Netijede, hemişelik magnit sarymyň içinde hereket etdirilende onuň sargysynda elektrohereketlendiriji güýç (EHG) emele gelýär (induktirlenýär). Eger hemişelik magniti sarymyň içinde hereketsiz saklasak, sarymyň sargylarynda *EHG* emele gelmez. Elektrohereketlendiriji güýjiň emele gelmegi üçin hemişelik magnit hökmany ýagdaýda hereket etdirilmelidir.

Şeýle hadysa haçanda hemişelik magnit meýdanynda geçiriji hereket etdirilende hem ýüze çykar (surat 76 b).

Bu iki ýagdaýda hem geçirijilerde magnit meýdanyň täsiri bilen *EHG* emele gelýär, ona başgaça induktirlenen EHG hem diýilýär.

Bu ýerde geçirijide tok däl-de elektroheretlendiriji güýjiň emele gelendigini bellemelidir. Toguň emele gelmegi üçin ýene bir şert - töwerekleýin birikdirilen zynjyr hökmanydyr.

Elektromagnit induksiýa kanuny:

Geçiriji magnit meýdanyny kesip geçende ýa-da geçiriji üýtgeýän magnit meýdanynda ýerleşdirilende geçirijide elektroheretlendiriji güýç (EHG) emele gelýär (induktirlenýär).

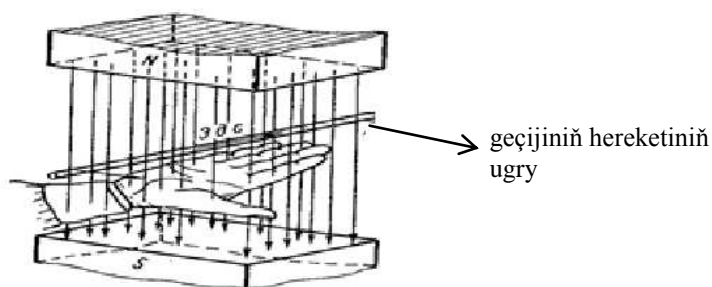
Geçirijini magnit meýdanynda hereket etdirilende onda induktirlenýän EHG ululygy magnit meýdanynyň induksiýasyna, geçirijiniň uzynlygyna we onuň herekediniň tizligine göni proporsionaldyr:

$$E = B \ell v ,$$

bu ýerde E – induktirlenýän EHG; B – magnit induksiýasy; ℓ - geçirijiniň uzynlygy; v - geçirijiniň hereketiniň tizligi.

Magnit meýdanynda hereket edýän geçirijide induktirlenýän EHG ugry sag elň düzgüni boýunça kesgitlenýär (surat 77):

eger sag elň aýasyny magnit meýdanynyň N polýusyna tarap, göneldilen uly barmagyňy bolsa geçirijiniň herekediniň ugruny görkezer ýaly ýerleşdirsek, onda dört barmagyň induktirlenýän EHG-iň ugruny görkezer.



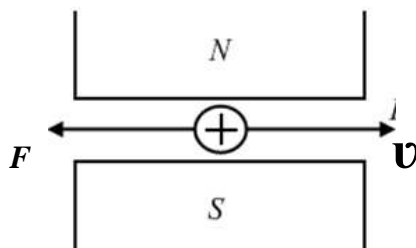
Surat - 77. Induktirlenýän EHG ugruny kesgitlemek (sag elň düzgüni)

Elektromagnit induksiýa hadysasy elektrotehnikada örän giňden ulanyşa eýe boldy.

Lensiň düzgüni.

1834-nji ýylda Lens elektromagnit induksiýany öwrenip ähli aýratyn ýagdaýlar üçin induktirlenýän elektroheretlendiriji güýçleriň ugruny kesgitlemek üçin umuny kanuny hödürledi. Bu kanunyň esasy manysyna magnit meýdanyndan hereket edýän geçirijiniň mysalynda seredip geçmek bolar.

Goý, magnit meýdanyň magnit akymyna keseligine kesip ϑ tizlik bilengeçiriji hereket edýär diýeliň (surat 78).



Surat - 78. Magnit meýdanynda hereket edýän geçiriji

Bu geçiriji daşky zynjyra birikdirilen hasap edeliň.

Sag eliň düzgünini ulanyp induktirlenýän EHG-iň ugruny kesgitleliň.

Bir tarapdan geçiriji magnit meýdanynyň akymyny kesip geçende zarýadlaryň bölünmesi ýüze çykýar hem-de olaryň zynjyrdan hereket edip işi ýerine ýetirmekleri üçin energiýa harçlamalary ýüze çykýar. Beýleki tarapdan bolsa induktirlenen toguň geçirijiniň herekedine päsgel berme hadysasy ýüze çykýar.

Daşky zynjyryň birikdirilen ýagdaýynda potensiallaryň tapawudyny (geçirijiniň tizligini) saklamak üçin geçirijini herekede getirýan mehaniki energiýanyň çeşmesi induktirlenen toguň emele getirýan itekleýji güýjini ýeňip geçmek üçin energiýa sarp etmeli.

Başgaça aýdylanda, geçiriji magnit meýdanynda hereket edende induktirlenen tok emele gelýär we emele gelen tok hem geçirijiň hereketine garşylykly güýji emele getirýär.

Lens induktirlenen toguň bu häsiýetiniň magnit induksiýasynyň beýleki käbir ýagdaýlarynda hem ýüze çykýandygyny kesgitleýdir. Lensiň düzgini aşakdaky gönüşte kesgitlenilýär:

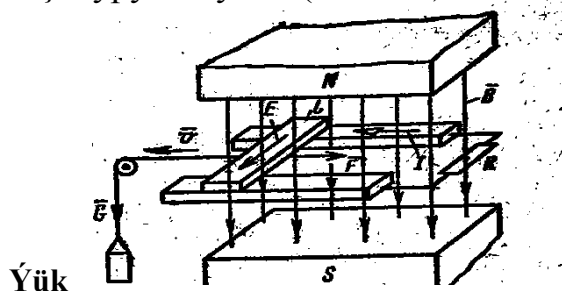
Geçirijide induktirlenen ähli toklar özüni emele getiren hadysa (sebäbe) garşylykly täsir edýär.

Başgaça aýdylanda:

Induktirlenen EHG-niň ýüze çykaran togy we ol toguň magnit meýdanynyň ugry, ähli ýagdaýlarda şol EHG-niň özüni emele getiren güýje garşylyklydyr.

4. Mehaniki energiýanyň elektrik energiýa öwrülişi. Elektrik energiýanyň mehaniki energiýa öwrülişi.

Goý uzynlygy ℓ bolan geçiriji magnit meýdanynda ýüküň tasiri astynda ugrukdyryjylar boýunça typýar diýeliň (surat 79).



Surat 79. Elektrik energiýasynyň generatorynyň sada modeli

Onda elektromagnit induksiýa kanunyna laýyklykda bu geçirijide induktirlenýän EHG döreýär:

$$E = B \ell v.$$

Bu EHG-niň täsiri bilen zynjyrdan I tok akyp başlar. Omuň kanunyna laýyklykda bütin zynjyr üçin ýazyp bileris:

$$E = I R + I R_0,$$

bu ýerde R – sarp edijiniň garşylygy; R_0 – geçirijileriň garşylygy.

R we R_0 garşylyklarda energiýanyň harçlanmagynyň ýüze çykýandygy we mehaniki energiýanyň elektrik energiýa öwürülme prosesiniň bolup geçýändigini

aýdyňdyr. Bu ýagdaýda ℓ uzynlykly geçirijä çep elň düzgüni boýunça ugry kesgitlenýän elektromagnit güýç $F = B \ell I$ täsir eder. Durnuklaşan tizlikde G we F güýçler deňdir. Bu ýagdaý üçin mehaniki we elektriki kuwwatlaryň arasyndaky baglanyşygy tapalyň: E üçin deňlemäniň iki tarapyny hem I toga köpeldeliň:

$$E I = I^2 R + I^2 R_0 \quad \text{ýa-da} \quad B \ell v I = I^2 R + I^2 R_0.$$

ýöne $B \ell I = F$, bu ýerden

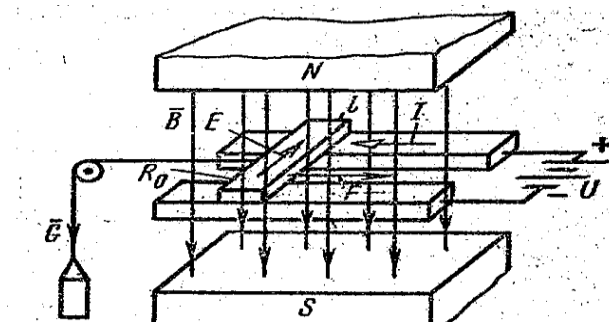
$$F v = I^2 R + I^2 R_0.$$

bu ýerde $F v$ - ýükiň hereketi netijesinde ýüze çykýan mehaniki energiýa; $I^2 R$ – sarp edijide ulanylýan kuwwat; $I^2 R_0$ – geçirijilerdäki kuwwat ýitgisi.

Şeýlelikde, geçirijiniň magnit meýdanyndaky herekediniň mehaniki energiýasy elektriki energiýa öwrülýär. Sereden modelimiz elektrik energiýasynyň generatorynyň sada modeli bolup durýar.

Elektrik energiýanyň mehaniki energiýa öwrülişi.

Magnit meýdana ýerleşdirilen ℓ uzynlygy bolan geçirijä çeşmäniň U naprýaženiýasy berilýär we geçirijide tok bar diýeliň (surat 80).



ýük

Surat -80. Elektrik dwigateliň sada modeli

Geçirijä çep elň düzgüni boýunça ugry kesgitlenýän elektromagnit güýç $F = B \ell I$ täsir edýär. Bu güýjiň täsiri astynda, eger ol ýüküň garşylykly güýjünden G ýokary bolsa, ℓ uzynlygy bolan geçiriji hereket eder we ýük ýokaryk galyp başlar.

Şeýlelikde, bu ýagdaýda çeşmäniň elektrik energiýasy ýüküň mehaniki energiýasyna öwürüler. Bu öwrülişiň san gatnaşyklaryny tapalyň. Magnit meýdanynda geçirijiniň hereket etmegi bilen onda EHG induktirlenýär $E = B \ell v$. Lensiň düzgünine laýyklykda EHG-niň ugry toguň ugryna garşydyr we şeýlelikde ýazyp bileris:

$$U = E + I R_0$$

bu ýerde, R_0 - ℓ uzynlykly geçirijiniň garşylygy. Bu ýerden zynjyrdaky tok:

$$I = (U - E) / R_0.$$

Ýokarky deňlemäni toga köpeldip we $E = B \ell v$ deňdigini göz önüne tutup alarys:

$$U I = E I + I^2 R_0 = B \ell v I + I^2 R_0 = F v + I^2 R_0 \quad \text{ýa-da}$$

$$P_{\text{elek}} = P_{\text{meh}} + P_{\text{ýylylyk}},$$

bu ýerde $P_{\text{elek}} = U I$ - elektriki kuwwat; $P_{\text{meh}} = F v$ - mehaniki we $P_{\text{ýylylyk}} = I^2 R_0$ - ýylylygyň kuwwatlary.

Şeýlelikde, geçiriji tarapyndan alynýan çeşmäniň elektrik energiýasy mehaniki we ýylylyk energiýalaryna öwrülýär. Bu model elektrik dwigateliň sada modeli bolup durýar.

5. Özünden induktirlenmäniň EHG-sy. Magnit meýdanyň energiýasy.

Sarymdaky (geçirijide) toguň üýtgemegi sebäpli, sarymyň özünde elektrohereketlendiriji güýjiň induktirlenme hadysasynyň ýüze çykmagyna **özünden induktirlenme** diýilýär.

Üýtgeýän tok zynjyrynda magnit akymy wagta görä hemişe üýtgäp durýar, şonuň üçin özünden induktirlenen EHG hemişe ýüze çykyp durýar.

Sarymyň özünde EHG induktirlemek ukybyny häsiýetlendirýän ululyga sarymyň induktiwligi (özünden induktirlenme koeffisiýenti) diýilýär.

Özünden induktirlenme doly ýagdaýda aşakdaky görnüşde kesgitlenýär:

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

Özünden induktirlenmegiň elektrohereketlendiriji güýji sarymyň induktiwligine we ondan akýan toguň üýtgame tizligine gönü baglydyr.

Elektrohereketlendiriji güýjiň indeksi „L“ formulanyň elektromagnit induksiýa hadysasynyň aýratyn bölegine, ýagny özünden induktirlenme hadysasyna degişlidigini aňlatýar.

Magnit meýdanyň energiýasy.

Magnit meýdanyň energiýa eýedigi bellidir. Şonuň üçin tok ýokarlananda magnit meýdanyny emele getirmek üçin çeşmäniň elektrik energiýasy harç edilýär. Sarymyň magnit meýdanynyň energiýasyny aşakdaky görnüşde kesgitlemek kabul edilendir:

$$W_{m.m} = \frac{L \cdot I^2}{2},$$

bu ýerde $W_{m.m}$ - magnit meýdanyň energiýasy, joul; L – zynjyryň induktiwligi, genri; I – toguň ululygy, amper.

IV BÖLÜM. ELEKTRIKI ÖLÇEMELER
TEMA № 7: ELEKTRIKI ÖLÇEMELER WE ENJAMLAR
4.7.1. Elektriki ölçmeleriniň düýp esasy we metodlary

1. Elektrik ölçmeleriniň düýp esasy we manysy.

Elektrik we magnit ululyklary ölçemäge elektroölçeýji abzallar: ampermetrler, woltmetrler, galwanometrler we beýlekiler, şeýle hem olaryň kombinasiýasy gulluk edýärler.

Ölçeme prosesi ölçenilýän fiziki ululygyň onuň birligi hökmünde kabul edilen ululygy bilen deňeşdirilmeginden ybaratdyr.

Bir ululygy ölçemekligi onuň bilen başlanyşykly bolan başga bir ululygy ölçemek bilen çalşyryp bolýar. Adatça, her hili ölçeme iň soňunda şkala boýunça diliň ýa-da ýagtylyk tegmilleriniň ütgemegini ölçemäge syrykýar.

Ölçeýji abzallar ölçeýji enjamlara we etalonlara bolünýärler.

Ölçeýji abzallar ýokary takyklyga we işiniň ygtybarlylygyna (ynamdarlygyna), ölçeýiş prosesini awtomatlaşdyrmak we enjamyň görkezýän bahalaryny uzak aralyklara geçirmek, ölçegiň netijelerini elektron-hasaplaýyş gurluşlaryna aňsat girizmek mümkinçiliklerine eýedirler. Şonuň üçin olar senagat gurluşlaryny we tehnologiýa prosesleri el bilen ýa-da awtomatiki kontrol etmek we parametrlerini bellenen derejede saklamak ulgamlarynda giňden ulanylýarlar.

Ölçeýji gurluşlaryň kömegi bilen çykarylýan önümiň sanyna we hiline, onuň häsiýetleriniň bellenen kadalara laýyk gelişine gözegçilik edilýär. Häzirki döwürde çyglylygyň, temperaturanyň, basyşyň we beýlekileriň elektriki ölçeýjileri işlenilip düzülen we ulanylýarlar.

Elektrik ölçegleri ylmy işlerde esasy rol oýnaýarlar. Ýadro fizikasynyň çylşyrymly gurluşlary, kosmiki gämileri uçurmak we parametrleriniň gözegçiligi üçin ýerdäki we bortundaky ölçeýji toplumlar, lukmançylykdaky we biologiýadaky inçe tejribeler (eksperimentler) - bularyň baryny örän ösen elektroölçeýji tehnikasyz göz önüne getirmek mümkin däl.

2. Elektrik ölçmeleriniň esasy metodlary. Ölçeýji abzallaryň ýalňyşlyklary.

Elektrik ölçmeleriniň iki sany esasy usullary bar: gönüden-göni bahalandyрма usuly we deňeşdirme usuly. **Gönüden-göni bahalandyрма usulynda** ölçenilýän ululyk gönümel enjamyň şkalasyndan hasaplanýar. Şonda ölçeýji enjamyň şkalasy etalon enjam boýunça ölçenilýän ululygyň birliklerinde önünden graduirlenýär. Adatça munuň ýaly graduirlenme zawodda enjam ýasalanda ýerine ýetirilýär. Bu usulyň artykmaçlygy – enjamyň görkezmesini hasaplamagyň amatlylygy we ölçeme operasiýasyna wagtyň az sarp edilmegi. Gönüden-göni bahalandyрма usuly tehnikaýyň dürli oblastlarynda tehnologiýa proseslere gözegçilik etmek we sazlaşdyrmak üçin, meýdan şertlerinde, göçme obýektlerde we beýl. ýerlerde giňden ulanylýar. Bu usulyň ýetmezçiligi – ölçeme takyklygynyň pes bolmagy.

Deňeşdirme usulynda ölçenilýän ululyk gönümel etalon, nusgalyk ýa-da işjeň ölçeg bilen deňeşdirilýär. Bu ýagdaýda ölçegiň takyklygy ep-esli ýokarlandyrylyp biliner. Deňeşdirme usuly esasan hem laboratoriya şertlerinde ulanylýar, ol çylşyrymly

abzallary, ýokary klassifikasiýaly operatorlary we köp wagat sarp etmegi talap edýär. Soňky wagtlarda deňeşdirme abzallaryna giňişleýin awtomatlaşdyrma girizilýär.

Gönüden-göni bahalandyryýan elektroölçeýji enjamlar ölçenilýän ululygyň san hasabyny enjamyň şkalasynda ýa-da san gurluşynda hasaplamaga mümkinçilik berýärler.

Ululyklar her-hili ölçenilende hem käbir näтактыklyklaryň - ölçenilýän ululygyň ölçenilen sanynyň we hakyky sanynyň arasynda tapawudyň gutulgysyzdygyny praktika görkezýär:

$$\Delta = A_{\text{ölç}} - A$$

bu ýerde Δ – absolýut näтактыklyk, A – ölçenilýän ululygyň hakyky bahasy, $A_{\text{ölç}}$ -ölçenilýän ululygyň ölçenilen bahasy.

Bu tapawut ölçeğiň **absolýut näтактыklygy** adyny göterýär. Ol enjamyň sistematiği we tötänleýin näтактыklygy, hem-de operatoryň ýalňyşlyklary bilen kesgitlenýär.

Sistematiği näтактыklyklar kesgitlenen kanunlar boýunça üýtgeýärler we hasaba alyp boljak faktorlaryň netijesinde ýüze çykýarlar: daşky ýagdaýlaryň täsiri (temperatura, radiasiýa, elektromagnit meýdany), ölçeme usulynyň we ölçeme enjamynyň kämil däldigi.

Tötänleýin näтактыklyklar gönümel hasaba alyp bolmaýan faktorlaryň netijesinde ýüze çykýarlar. Tötänleýin näтактыklyklary diňe gaty köp gaýtalanýan ölçemeleriň netijesinde ähtimallyk nazarýetiniň usullaryny ulanyp bahalandyrmak mümkin.

Adatça gözegçilikleriň dowamynda ölçemäniň netijeleriniň ortaça ýa-da garaşylýan sanlardan uly gyşarmalary boýunça aňsat ýüze çykarylýan operatoryň ýalňyşlyklaryny (ýazanda, enjamyň bölünmesiniň bahasyny kesgitlemäge we başg.) ýazgylardan aýyrýarlar we ölçemeleriň netijeleri işlenilende hasaba almaýarlar.

Ölçeği doly häsiýetlendirmek üçin ölçeğiň **otnositel näтактыklygy** düşünjesini girizýärler δ :

$$\delta = \frac{A_{\text{ölç}} - A}{A} \cdot 100\% = \frac{\Delta}{A} \cdot 100\%$$

Δ we δ ululyklar ölçeğleriň takyklygyny häsiýetlendirýärler. Köp ýagdaýlarda enjamyň öz takyklygyny häsiýetlendirmek zerurlygy ýüze çykýar. Bu maksat bilen **ölçeğiň getirilen (priwedennoý) näтактыklygy** düşünjesi girizilýär:

$$\delta_{\text{getir}} = \frac{\Delta}{A_m} \cdot 100\%$$

A_m - enjamyň şkalasynyň maksimal belgisi.

Iň uly getirilen näтактыklyk enjamyň takyklyk synpyny kesgitleýär. Meselem, eger ampermetriň takyklyk synpy 1,5 deň bolsa, bu iň ýokary getirilen näтактыklygyň $\delta_{\text{get}} = 1,5\%$ deňdigini aňlatýar. Eger enjam 15 A çenli toklary ölçemäge hasaplanan bolsa, onda bu enjam bilen ölçemegiň absolýut näтактыklygy

$$\Delta = (A_m \times \delta_{\text{get}}) / 100 = (15 \times 1,5) / 100 = 0,225 \text{ A.}$$

Eger görkezilen enjam bilen 10 A tok ölçenilse, onda ölçegiň otnositel nätakyklygy

$$(0,225 / 10) \times 100 = 2,25\% - \text{den uly bolmaz};$$

Eger enjam bilen 1A tok ölçenilse ölçegiň otnositel nätakyklygy

$$(0,225/1) \times 100 = 22,5\% - \text{den uly bolmaz};$$

Bu mysal takyk ölçeglerde enjamy saýlamagyň ugruny bize öwredýär: ýagny enjamy ölçenilýän ululyk onuň şkalasynyň ikinji ýarymyna gabat geler ýaly edip saýlamalydygyny görkezýär.

Esasy we goşmaça getirilen nätakyklygy tapawutlandyrýarlar. Esasy getirilen nätakyklyk - enjamyň kadaly iş ýagdaýlarynda (enjamyň pasportynda we şertli belgiler bilen şkalada görkezilen) ýüze çykýar. Goşmaça nätakyklyk enjamyň kadadan daşarky ýagdaýlarda (daşky gurşawyň ýokary temperaturalarynda, güýçli daşky magnit meýdanynda, enjam dogry düzülmände we başg.) ulanylmagynda ýüze çykýar.

3. Elektrik ölçeyji abzallaryň synplara bölünmesi. Şkalada şertli belgiler.

Elektroölçeyji enjamlar dürli alamatlary boýunça synplara bölünýärler:

a). Esasy getirilen nätakyklyga baglylykda:

Elektroölçeyji enjamlar 8 takyklyk synpyna bölünýärler (tablisa 5).

Tablisa 5

Takyklyk synpy	0,05	0.1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0
İň uly getirilen nätakyklyk, %	±0,05	±0.1	±0,2	±0,5	±1,0	±1,5	±2,5	±4,0

b). İşleýiş prinsipine baglylykda:

- magnitoelektrikli;
- elektromagnitli;
- elektrodinamiki;
- termoelektriki;
- induksiýon;
- elektrostatiki;
- ýylylyk;
- elektron.

ç). Ölçenilýän ululygyň kysymyna baglylykda:

- ampermetrler (toguň güýjini ölçemek üçin);
- woltmetrler (naprýaženiýani we EHG ölçemek üçin);
- wattmetrler (elektriki kuwwaty ölçemek üçin);
- şetçiklar (elektrik energiýany ölçemek üçin);
- ommetrler, megaommetrler (elektriki garşylygy ölçemek üçin);
- ýygylgy ölçeyjiler (üýtgeýän toguň ýygylgyny ölçemek üçin);
- fazometrler (fazanyň süýşme burçuny ölçemek üçin).

d). Toguň kysymyna görä;

- hemişelik toguň elektroölçeyji enjamlary;

- üýtgeýän toguň elektroölçeýji enjamlary;
- kombinirlenen elektroölçeýji enjamlar.

e). Düzülişiniň usullary boýunça:

- enjam şitlerinde gurnamak üçin niýetlenen;
- dolandyryş pultlarynda gurnamak üçin niýetlenen;
- göterilýän enjamlar.
















Elektroölçeýji enjamlaryň şkalasyna esaslary aşakdaky tablisada getirilen şertli belgiler basylýar (tablisa 6,7).



Tablisa 6

Belginiň manysy	Belgi
Abzalyňtakyklyktopary	0,5
Hemişeliktok	—
Üýtgeýäntok	~
Hemişelikweüýtgeýäntok	— ~
Üçfazlytok	≡
Gorajygatlagyňsynagnaprýaženiýesi	2kV
Abzalyňgorizontalýagdaýy	→
Abzalyňwertikalýagdaýy	↑
Abzalyňburçastyndaýerleşdirilişi	⊥ 30°
Abzalyň ýeriň magnit meýdanyna görä ýagdaýy	N S

Tablisa 7

Abzalyňulgamy	Belgi
Magnitoelektrik	Mehanikigarşylyklymomentli
	Mehanikidälgarşylyklymomentli
	Mehanikigarşylyklymomentli

Elektromagnit	Mehanikidälgarşylyklymomentli		
Elektrodinamik	Demirsiz	Mehanikigarşylyklymomentli	
		Mehanikidälgarşylyklymomentli	
	Magnitekranlı	Mehanikigarşylyklymomentli	
		Mehanikidälgarşylyklymomentli	
Ferrodinamik	Mehanikigarşylyklymomentli		
	Mehanikidälgarşylyklymomentli		
Induksion	Mehanikigarşylyklymomentli		
	Mehanikidälgarşylyklymomentli		
Termoelektrik	Kontaktlyýylylyk köwrüjili		
	Kontaktsyzýylylyk köwrüjili		
Ýylylyk			
Detektor			
Elektron			
Elektrostatik			

Fotoelektrik	
Yrgyldyly	

4.7.2. Elektrik ölçeýji enjamlaryň klassifikasiýalary. Ossillograflar

1. Magnitoelektrik ulgamyň abzallary. Elektromagnit ulgamyň abzallary.

Magnitoelektrik ulgamyň abzallarynyň işleýiş prinsipi hemişelik magnit meýdanynyň we üstünden tok geçýän tegegiň (ramkanyň) özara hereketini ulanmaklyga esaslanýar.

Magnitoelektriki ampermetrler we woltmetrler hemişelik toguň zynjyrlarynda esasy ölçeýji abzallar bolup durýarlar. Olar ýokary takyklyga, ýokary duýujylyga eýedirler we energiýany az sarp edýärler. Olaryň deňölçegli şkalalary bar, olaryň görkezmeleri daşarki magnit meýdanlardan az täsirlenýärler. Bu abzallaryň esasy ýetmezçiligi - üýtgeýän toklaryň zynjyrlarynda ölçeýgi geçirip bolmaýar. Üýtgeýän toklaryň zynjyrlarynda ölçeýgi geçirmek üçin magnitoelektriki abzallary göneldijileriň üsti bilen birikdirýärler. Göneldiji ulgamlar ölçege goşmaça nätakyklyk girizýärler, şonuň üçin abzallaryň takyklyk synpy oňnositel ýokary däl.

Magnitoelektrikulgamlyabzalyň gurluşynaseredeliň. Magnitoelektrik abzalyň gurluş shemasy 81-njisuratda görkezilen.

Güýçli hemişelik magnitiň P polýuslarynyň arasynda $1,5 \div 2$ mm aralykda D demir magnit geçiriji ýereleşdirilen. Magnit geçirijiniň okunda, P polýuslaryň arasynda inçe mis ýa-da alýumin simden ýasalan gönüburçly formalý ramka berkidilen. Ramka ýarym oklarda erkin aýlanyp bilýär. Görkeziji (strelka) ramka bilen berk baglanyşandyr. Ýarym oklaryň her birine spiral görnüşli F pružinler geýdirilen. Olaryň soňlary hereketsiz birleşdirilen. Ramkanyň simlerinden tok akanda onuň geçirijisi bilen polýuslaryň magnit akymy özara täsirleşýärler. Bu täsiriň netijesinde ramkanyň her bir tarapyna ony okuň daşyndan aýlamaga ymtylýan güýçler täsir edýärler. Bu güýçleriň her biriniň bahasy Bio – Sawara – Laplasyň kanuny boýunça kesgittenýär:

$$F = 0,1 H I \ell w$$

bu ýerde , I – geçirijidäki toguň güýji; H – magnit meýdanynyň güýjenmesi ; ℓ – geçirijiniň uzynlygy; w – geçirijileriň sarym sany .

Bu güýçler aşakdaky aňlatma bilen hasaplanýan aýlaýjy momenti (pursady) döredýärler :

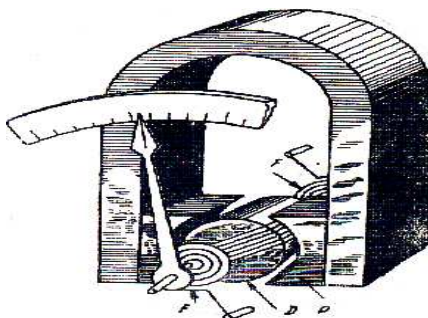
$$M_a = 0,1 H I \ell w b , \quad (1)$$

bu ýerde b – ramkanyň diametri.

Bu aňlatmadaky hemişelik ululyklary $k = 0,1 H \ell w b$ bilen belgiläp alarys:

$$M_a = k I w . \quad (2)$$

Bu aýlaýjy momentiň täsirinde ramka aýlanyp başlaýar we F pružinleri dartýar.



Surat- 81. Magnitoelektrik ulgamyň abzalynyň gurluş shemasy

Bu pružinler M_a – aýlaýjy momente garşylykly M_g – momenti döredýärler. M_g – garşylykly moment ramkanyň α – aýlanma burçuna baglydyr :

$$M_g = c \alpha , \quad (3)$$

bu ýerde c – hemişelik koeffisiýent .

Haçanda strelka durnukly ýagdaýda duranda

$$M_g = M_a . \quad (4)$$

(2) we (3) aňlatmalary göz önünde tutup alarys:

$$k I w = c \alpha , \quad (5)$$

bu ýerde hemişelik ululyklary $n = k w / c$ bilen belgiläp alarys:

$$\alpha = n I . \quad (6)$$

Soňky aňlatmadan görnüşi ýaly strelkanyň aýlanma burçy ramkanyň geçirijisinden akýan toguň güýjüne baglydyr. Görkeziji abzallaryň köpüsiniň gurluş prinsipi şuna meňzeşdir.

Elektromagnit ulgamynyň (EMU) abzallary.

Bu abzallaryň gurluşynda solenoidiň magnit meýdanynyň demirden ýasalan hereket edýän magnit geçirijä (сердечник) täsiri ulanylýar. Bu abzallaryň dürli görnüşleri bolýar. Olaryň arasynda esasy iki görnüşi giňden ýaýrandyr. Olar:

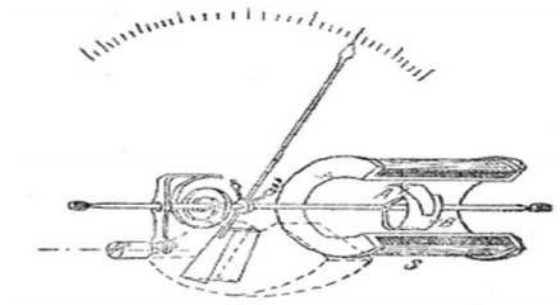
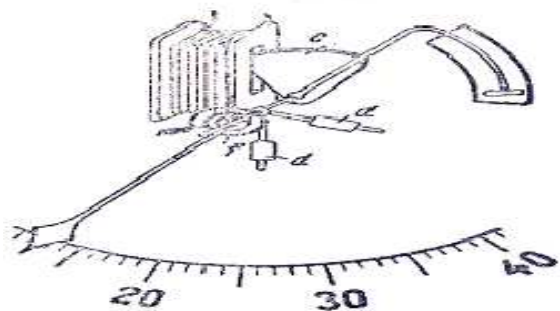
1. Tekiz tegekli EMU abzallar.
2. Tegelek tegekli EMU abzallar.

Tekiz tegekli elektromagnit ulgamly abzalda (surat82 a) solenoid inçe deşikli tekiz tegek görnüşde ýerine ýetirilýär. Hereket edýän ulgamyň okunda tekiz C – plastina berkidilendir. Bu plastina solenoidiň tegeginden tok akanda onuň inçe deşigine dartylýar. Tegegiň magnit akymy aýlaýjy moment döredýär. Garşylykly täsir edýän moment f spiraljygyň kömegi bilen döredilýär. Bu abzallarda howaly durnuklaşdyryjy bolýar. 82 a suratda görkezilen d – ýükler hereket edýän ulgamy deňagramlaşdyrýar, ýagny onuň agyrlýk merkeziniň aýlanýan ok bilen gabat gelmegini üpjün edýär. Tegelek tegekli abzallarda (82 b surat) aýlaýjy moment iki demir plastinanyň özara täsiri netijesinde döreýär. Olaryň biri – B hereket edýän ulgamyň okuna berkidilen, beýleki A solenoidiň içinde hereketsiz berkidilen. S solenoidiň sargysyndan tok akanda plastinalar birmeňzeş magnitlenýärler we biri-

birinden itekleşip, aýlaýjy moment döredýärler. Bu abzallaryň hereket edýän detallarynyň yrgyldysyny togtadýan gural, ýagny durnuklaşdyryjy howalydyr. EMU abzallarda aýlaýjy moment takmynan solenoiddaky toguň güýjüniň kwadratyna deňölçeglidir. Şonuň üçin bu abzallaryň şkalasy deňölçegsizdir. Bu abzalda plastinkalaryň özara itekleşmegi sargydaky toguň ugruna bagly däl. Şonuň üçin elektromagnit ulgamly abzallar hemişelik we üýtgeýän toklary ölçemek üçin ýaramlydyr.

EMU abzallaryň hususy energiýany ulanyşy MEU abzallary bilen deňeşdirilende uludyr we ampermetrler üçin 2 Wt, woltmetrler üçin $4 \div 8$ Wt deňdir.

Ölçeg çäginin ulaldylyşy. EMU abzallaryň hususy energiýany ulanyşy uly bolandygy sebäpli, olaryň ölçeg çäginin ulaltmak kynçylyk döredýär.



a) b)

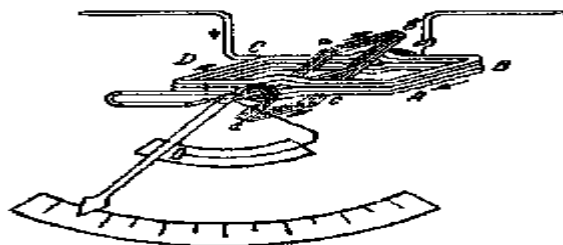
Surat – 82. Elektromagnit ulgamynyň abzallarynyň gurluş shemalary

Artykmaçlygy: hemişelik we üýtgeýän toklaryň zynjyrlarynda giňden ulanylýarlar, sada hem ynamdar, ýokary mehaniki berkligi eýedir.

Yetmezçilikleri: pes duýgurlygy, uly bolmadyk takyklyk, özlerniň köp energiýa harçlamaklary, şkalasynyň deňölçegli däl. Şonuň üçin

2. Elektrodinamiki ulgamlaryň abzallary. Sanly abzallar.

Bu abzallaryň işleýiş prinsipitokly geçirijileriň özara mehaniki täsirine esaslanýar. EDU ampermetriň shemasy 83-njisuratda görkezilen. Hereketsiz tegegiň içinde oka berkidilen izolirlenen geçirijiden ýasalan ramka aýlanýar. Aýlanýan ramka butnawsyz tegek bilen yzygider birleşdirilýär. Olara 2 sany spiral şekilli pružinlerden tok berilýär. Hereket edýän ramkanyň a-b tarapynyň geçirijilerindäki toguň ugry butnawsyz tegegiň A- B tarapynyň geçirijilerindäkitoguň ugryna garşydyrwe



Surat - 83. Elektrodinamiki ampermetriň gurluş shemasy

bu tegegiň C - D tarapynyň geçirijilerindäki toguň ugry bilen gabat gelýär. Şeýlelikde a-b tarapdaky geçirijiler C- D tarapdaky geçirijilere dartylýar we A – B tarapdaky

geçirijilerden iteklenýär. Öz gezeginde $c - d$ geçirijiler $C - D$ geçirijilerden iteklenýär we $A - B$ geçirijilere dartylýar. Şeýlelikde ramkany sagat strelkasynyň tersine aýlamaga ymtylýan aýlaýjy moment döreýär. EDU abzallarynda aýlaýjy momentiň ugry ölçenýän toguň ugryna bagly däl. Şonuň üçin bu abzallar hemişelik togy, şeýle hem üýtgeýän togy ölçemek üçin ýaramlydyr. Bu abzallaryň sargylary yzygider ýa-da parallel birleşdirilýär.

EDU abzallaryň energiýany sarp edişi EMU abzallaryňka deňdir.

EDU abzallarda üýtgeýän tokda sargylarynyň induktiwligi sebäpli goşmaça ýalňyşlyklar diňe ýokary ýygylýykda döreýär.

EDU abzallaryň hususy magnit meýdany gowşakdyr. Şonuň üçin olaryň görkezmesine daşarky magnit meýdanyň täsiri uludyr. Bu täsiri peseltmek üçin magnit ekranlamanyulanýarlar. Temperaturanyň üýtgemegi bilen EDU abzallaryň görkezmesi üýtgeýär. Bu ýalňyşlyklar manganinden ýasalan goşmaça garşylyklary ulanmak bilen peseldilýär.

Ulanylýan ýerleri. EDU abzallar $0,2 \div 0,5$ takyklykly laboratoriya abzallar hökmünde ulanylýar. EDU abzallar diňe ampermetrler we woltmetrler bolup hyzmat etmän, eýsem wattmetrler bolup hem hyzmat edip biler.

EDU ampermetrleriniň we woltmetrleriniň kwadratiçnyý şkalalary bar. Hemişelik we üýtgeýän tok zynjyrlarynda elektrik kuwwaty ölçemek üçin abzallar – elektrodinamiki wattmetrler giň ýaýrandyr. Elektrodinamiki wattmetrleriň deňölçegli şkalalary bardyr.

Esasy artykmaçlygy - üýtgeýän toguň zynjyrlarynda ýokary takyklygy.

Esasy ýetmezçilikleri: özleriniň köp energiýa harçlamaklary we daşarky magnit meýdanlarynyň täsirine meýilliligidir.

EDU abzallarynyň bir görnüşi hem aýlanma momentiniň ululygyny ýokarlandyrmak üçin hereketsiz tegeginiň magnit akymy ýörite magnitgeçirijide döredilýän ferrodinamiki abzallardyr. Ferrodinamiki abzallaryň gurluşy hemişelik magniti elektromagnit bilen çalşylan magnitoelektriki abzallaryň gurluşyny ýatladýarlar. Ferrodinamiki ulgamyň abzallarynyň esasy kemçiligi – olaryň parametrleri ölçenilýän toguň ýygylýygyna baglydyr.

Sanly elektroölçejji abzallar.

Soňky döwürlerde sanly elektroölçejji abzallar has giňden ýaýradylar. Bu abzallar üznüksiz üýtgeýän ululygyň bahasyny wagtyň aýratyn (diskret) böleklerinde (momentlerinde) ölçeýärler we alynan netijäni sanly görnüşde berýärler.

Üznüksiz üýtgeýän fiziki ululugy onuň biri – birinden azajyk tapawut edýän diskret bahalarynyň yzgiderliligi görnüşinde göz önüne getirmeklige ölçenilýän ululygyň derejesi we wagty boýunça kwantlanmasy diýilýär. Adatça goňşy ölçeşleriň arasyny üýtgeýän ululygyň belli ölçenilen bahasy ölçeş berilen nätakyklygyndan uly bolmaz ýaly saýlaýarlar.

Sanly abzallaryň esasy artykmaçlygy ölçeş netijelerini nätakyklygyny ösdürmezden fiziki we matematiki üýtgetmeleriň girizip bolýanlygydyr, çünki ululygyň sanly bahasy dürli takyklyk derejesinde signallaryň yzgiderliligi bilen göz önüne getirilip biliner (meselem: impulslar bilen).

Triggerler, logiki shemalar, kontaktsyz açarlar we sanly görkezijiler sanly elektroölçeýji abzallaryň esasy elementleridir.

Triggerler biri “0” sana, beýlekisi “1” sana gabat gelýän iki sany durnukly ýagdaýy bolan elektron shemadan durýar. Bu iki sandan ikileýin hasaplaýyş ulgamynda dürli sany ýasap bolýar. Logiki elementler bu sanlary onluk ulgama geçirip sanly görkezijilerde öwrenişen görnüşimizde görkezmäge mümkinçilik berýärler. Sanly görkezijiler bolup 0-dan 9-a çenli sanlaryň görnüşindäki elektrodly elektron lampalar giňden ulanylýar. Häzirki wagtda senagatda esasan hem sanly woltmetrler çykarylýar. Şeýle hem sanly ampermetrler, ommetrler, ýygylyk ölçeýjiler, fazometrler we beýleki abzallar ulanylýar.

Artykmaçlyklary: ýokary takyklygy (nätakyklyk 0,1 %-den 1 %-e çenli), ýokary tizligi, ölçeğiň çäkleriniň giňligi, sanly EHM-ler bilen ýeňil baglanyşma, ölçeğiň netijelerini uzak aralyklara ugratmaga mümkinçilik bermegi.

Kemçilikleri: çylşyrymlylygy we ýokary bahalary.

3. Elektron ossillograf.

Elektronossillograflar elektrik zynjyrlaryndaky proseslere gözegçilik etmek we derňemek üçin niýetlenendirler.

Elektron ossillograf - diýip elektronşöhleli turbajygynyň ekranynda grafiki görkezilýän elektrik proseslerini synlamak we barlamak üçin niýetlenilen uniwersal abzallara aýdylýar.

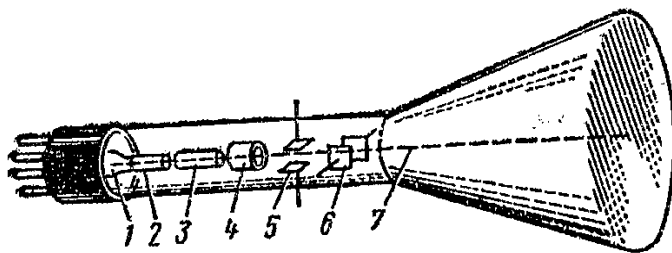
Ossillografyň görkezijisi bolup elektronşöhle turbasy (EŞT) gulluk edýär (84-nji surat). EŞT içinden howasy çykarylan aýna kolbadan durýar. EŞT ekranyň iç ýüzüne elektronlaryň toplumynyň täsiri netijesinde ýagtylanýan ýagta duýgur bolan gatlak çalyňan. EŞT içinde elektron toplumyny döretmek we dolandyrmak üçin niýetlenen elektrodlar ýerleşdirilen.

Gyzdyrylýan katoddan 1 elektronlar emitterlenýär (goýberilýär). Dolandyryjy elektrodda 2 otrisatel potensialy üýtgedip elektron toplumynyň dykzlygyny we ekrandaky şekiliň ýitiligini üýtgetmek mümkindir. 3 we 4 anodlaryň položitel potensialarynyň täsiri netijesinde elektronlar trubkanyň ön diwaryna tarap batlanýar. Dolandyryjy elektrodyň 2 kömegi bilen elektronlaryň inçejik toplumu 7 emele getirilýär. Olar wertikal we gorizonta gyşardyjy plastinalaryň arasyndan geçýärler. Anodlaryň ýörite görnüşi bolýar we olar elektron toplumyny trubkanyň ekranyna fokusirleýän elektrostati linzany emele getirýär. Anodyň potensialyny üýtgedip elektron toplumynyň fokusirlenmesini üýtgedip bolýar.

Gyşardyjy plastinalara berilýän naprýaženiýalaryň täsiri bilen elektron toplumu gyşarýar, ýagtylanýan nokat bolsa ekranda ýerini üýtgedýär.

Derňelýän prosesi häsiýetlendirýän fiziki ululygy naprýaženiýa özgertmeli we ony 5 plastinalara bermeli. Derňelýän ululygyň wagt boýunça üýtgemegine gözegçilik etmek üçin 6 plastinalara wagta proporsional bolan wagt boýunça açylýan naprýaženiýany bermeli.

Başga-da, gyşardyjy plastinalara süýşiriji hemişelik naprýaženiýe berilýär. Bu naprýaženiýany üýtgedip ekrandaky ýagtylanýan nokadyň başlangyç ornunyň üýtgedip bolýar (koordinatalaryň başlangyjyny). Süýşiriji naprýaženiýany sazlamak “X ok ýokaryk, aşak” we “Y ok çepe, saga” ruçkalaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.



Surat - 84. EŞT gurluşy

Ossillograflaryň kömegi bilen geçirilýän barlaglar ylmyň we tehnikanyň köp pudaklarynda giňden ýaýrandyr.

Giňden ulanylýan elektronşohleli ossillograflardan başgada, ossillograflaryň ýörüte görnüşleri hem ulanylýar.

Elektrik signallarynyň formasyny we spektrini synlamak, barlamak we ölçemek üçin niýetlenilen abzallaryň belgilenişi :

C1 – uniwersal ossillograflar;

C2 – amplituda modulýasiýasynyň koeffisiýentini ölçýjiler (modulemetrler);

C3 – ýygylgyň dewiasiýasyny ölçýjiler (dewiometrler);

C4 – spektri derňýjiler;

C6 – gönidäl ýoýulmalary ölçýjiler;

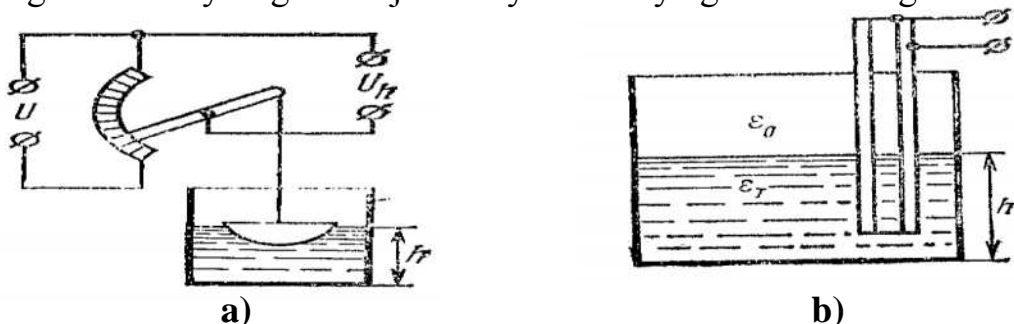
C7 – stroboskopik, tizlikli ossillograflar.

4. Elektrik däl ululyklaryň elektrik ölçenilişi.

Elektriki ölçemeleriň birnäçe peýdaly taraplary bar: ölçeg prosesini awtomatlaşdyrmagyň sadalygy, abzallaryň görkezişlerini uzak aralyklara geçirip bolmagy, ölçegiň netijeleriniň EHM-lerde matematiki täzeden işlemäge mümkinçiligi. Şonuň üçin, soňky döwürde dürli elektrik däl ululyklary elektrik ölçemek tehnikalary barha ösýär (temperaturany, basyşy, göni we burç hereketleri we başg.).

Elektrik däl ululygy elektrik ölçýji abzal bilen ölçemek üçin ölçenilýän elektrik däl ululygyň käbir elektriki ululyk bilen gönümel baglanyşygyny ýola goýmaly. Munuň ýaly baglanyşygy amalyýetde ýerine ýetirmäge niýetlenen gurluşlara datçikler diýilýär. Bu ýagdaýda ölçýji abzal gönümel ölçenilýän elektriki däl ululygyň ölçeg birliklerinde graduirlenilýär.

Aşakdaky suratda (85-nji a surat) göni we we burç süýşmeleri ölçemek üçin gulluk edýän potensiometriki datçigiň gurluşy görkezilen. Potensiometriň hereketlendirijisini ýüzgüç (poplawok) bilen baglanyşdyryp derejäniň beýikligini, bu ýerden hem bakdaky ýangyjyň sanyny ölçemek mümkin. U_h ölçýän magnitelektriki woltmetr gönümel beýikligiň derejesinde ýa-da bakyň göwrümünde graduirlenip biler.



Surat – 85. Elektrik däl ululyklaryň elektrik ölçenilişi

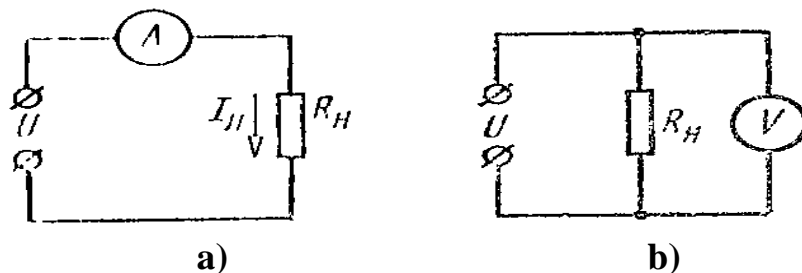
Temperaturany ölçmek üçin garşylygy temperatura güýçli bagly bolan materiallardan ýasalan rezistorlar giňden ulanylýarlar.

Üýtgeýän toguň zynjyrlarynda induktiw we sygym datçikleri giňden ulanylýarlar (85-nji b surat). Sygym datçiginiň gurluşynda, ýangyçly baka plastinalarynyň aralaryna ýangyç arkaýyn girýän silindriki kondensator goýulýar. Kondensatoryň sygymy plasinalary biri-birinden izolirleýän maddanyň dielektriki geçirijiligine baglydyr. Howanyň dielektriki geçirijiligi ϵ_0 we ýangyjyň dielektriki geçirijiligi ϵ_h biri birinden gaty tapawutly, şonuň üçin h dereje üýtgände C sygym hem üýtgär $C=f(h)$. Elektriki sygymy ölçeýji gural gönümel bakyň ýangyjynyň ululyklarynda graduirlenip biler.

4.7.3. Elektrik ölçemeleriň geçirilişi

1. Naprýaženýalary, toklary we kuwwatlary ölçemek.

Elektrik zynjyrlaryň haýsy hem bolsa bir şahasyna toguň ululygyny ölçemek üçin ampermetr onyň elementleri bilen yzygider birikdirilýär. Meselem, ýüküň togyny ölçemek üçin ampermetr ulanyjy bilen yzygider birikdirilýär (surat - 86).



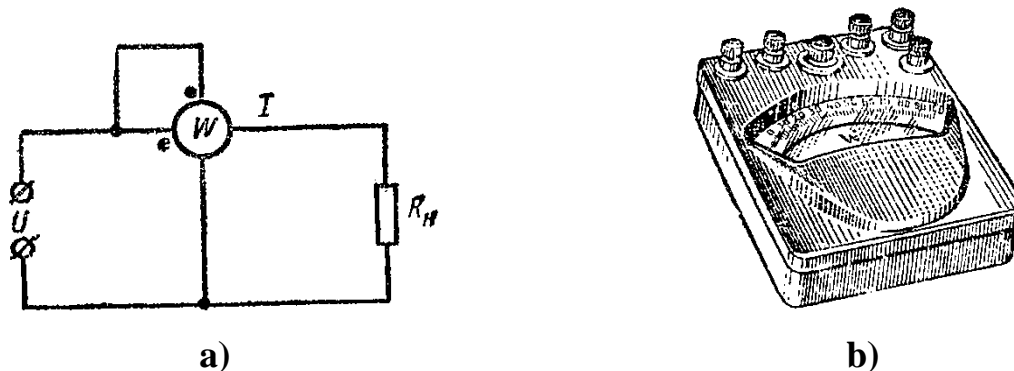
Surat – 86. Naprýaženýalary we toklary ölçemek

Ampermetriň birikdirilmegi elektrik zynjyrynyň iş kadasyny bozmazlygy üçin onuň garşylygy gaty az bolmaly.

Woltmetr elektrik zynjyrynyň naprýaženiýesini ölçemeli şahasyna parallel birikdirilýär (surat – 86 b).

Woltmetriň birikdirilmegi zynjyrdaky toguň üýtgemegine getirmezligi üçin onuň garşylygy parallel birikdirilen şahasynyň garşylygyndan ep-esli köp bolmaly.

Hemişelik we birfazaly üýtgeýän tok zynjyrlarynda kuwwaty ölçemek üçin elektrodinamiki ulgamynyň wattmetrleri ulanylýar. Elektrodinamiki ulgamynyň wattmetrleriniň birikdirilişi 87-njisuratda getirilen.

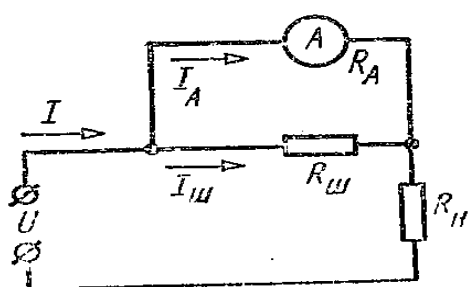


Surat – 87. Kuwwaty ölçemek

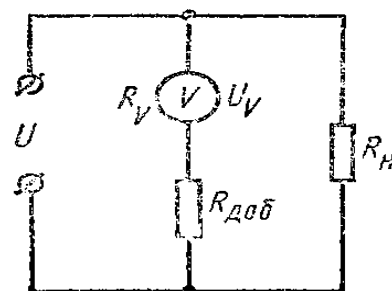
Wattmetriň hereketsiz sargysy zynjyra yzgider birikdirilýär, süýşýän sargysy – ulanyja parallel birikdirilýär. Şunuň bilen birlikde wattmetriň paneline dört gysgyç çykarylýar, olaryň iki sanysy I (tok gysgyçlary) belgi bilen belgilenýär, beýleki ikisi – U belgi bilen (naprýaženiýe gysgyçlary). Iki generator diýilýän gysgyçlar bolsa nokatlar bilen belgilenýär.

2. Gönüden-güni bahalandyryň abzallaryň ölçeyiş çäklerini giňeltmek .

Ampermetriň sargysy uly bolmadyk toklar üçin niýetlenen. Ampermetriň ölçeyiş çäklerini ulaltmak üçin şuntlar ulanylýar (surat - 88).



Surat – 88. Ampermetriň ölçeyiş çäklerini ulaltmak



Surat – 89. Woltmetriň ölçeyiş çäklerini ulaltmak

Suratda: $R_ш (R_ш)$ – şuntyň garşylygy; R_A – ampermetriň garşylygy; I – ölçenilýän tok; $I_ш$ – şuntyň üstünden akýan tok; I_A – ampermetriň maksimal rugsat berilýän togy; $n = I / I_A$ – ampermetr bilen ölçenilýän çäkleri giňeldiş koeffisiýenti.

88-nji surata laýyklykda alýarys:

$$I_A = IR_ш / R_ш + R_A; \quad n = I / I_A = (R_ш + R_A) / R_ш; \quad R_ш = R_A / n - 1$$

$R_ш$ üçin çykarylan formula ampermetriň belli bolan garşylygy we berilen ölçenilýän çäkleri giňeldiş koeffisiýenti boýunça şuntyň garşylygyny hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Woltmetriň ölçeyiş çäklerini giňeltmek üçin woltmetriň sargysy bilen yzgider birikdirilen goşmaça garşylyklar ulanylýar (Surat - 89). Suratda: $R_{гошм} (R_{доб})$ – goşmaça garşylyk; R_V – woltmetriň garşylygy; U – ölçenilýän naprýaženiýe; U_V – woltmetriň maksimal rugsat berilýän naprýaženiýesi; I_V – woltmetriň üstünden akýan tok; $m = U / U_V$ woltmetr bilen ölçenilýän çäkleri giňeldiş koeffisiýenti.

89-njysurata laýyklykda alarys:

$$U = I_V (R_V + R_{гошм}); \quad U_V = I_V R_V; \quad m = U / U_V = (R_V + R_{гошм}) / R_V; \\ R_{гошм} = R_V (m - 1)$$

Soňky formula berilen ölçenilýän çäkleri giňeldiş koeffisiýenti we woltmetriň belli bolan garşylygy boýunça goşmaça garşylygy tapmaga mümkinçilik berýär.

Şuntlardan we goşmaça garşylyklardan başga-da üýtgeýän toguň çyzyglarynda ölçenilýän çäkleri giňeltmek üçin uly woltly zynjyrlarda ölçenilende şol bir wagtda operatoryň howpsuzlygyny hem üpjün edýän ölçeyji transformatorlar ulanylýarlar.

Toguň tranformatorynyň birinji sargysy tok ölçenilýän şaha yzgider birikdirilýär, ikinji sargy bolsa ampermetriň gysgyçlaryna birikdirilýär.

Toguň tranformatorynyň birinji sargysy bir ýa-da birnäçe aýlawdan durýar, ikinji sargy bolsa – köp sanly aýlawdan. Howpsuzlygy berjaý etmek üçin ikinji

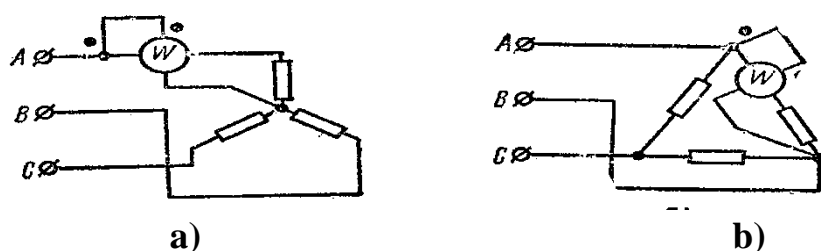
sargynyň bir uýy ýere birikdirilen. Toguň transformatorynyň üsti bilen çatylyan ampermetrleriň şkalasy 5 A (käwagtda 1A) hasaplanan. Toguňtransformatorlary bilen ölçenilýän çäkler k (transformasiýa koeffisiýenti) esse giňeldilýärler.

Şeýle hem naprýaženiýanyň transformatorlary woltmetriň ölçenilýän çäklerini k esse üýtgedýärler. Naprýaženiýanyň transformatorynyň köp aýlawly birinji sargysy naprýaženiýe ölçenilýän bölege parallel birikdirilýär, ikinji sargysy bolsa – woltmetriň gysgyçlaryna birikdirilýär.

Ikinji sargysynyň aýlaw sany birinjiniňkiden az ($w_2 < w_1$).

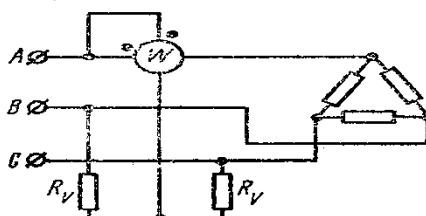
3. Üç fazaly zynjyrlarda kuwwaty ölçemek

Simmetriki üçfazaly zynjyryň kuwwaty bir fazanyň kuwwatyny üçe köpeltmek arkaly tapylýar. Bir fazanyň kuwwatynyň ölçegi ýük “ýyldyz” we “üçburçlyk” bilen birikdirilende wattmetr bilen amala aşyrylýar (Surat - 90 a,b).



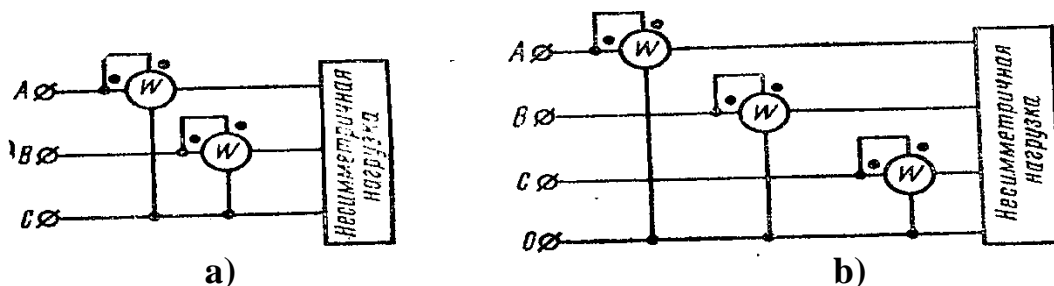
Surat – 90. Simmetriki üçfazaly zynjyryň kuwwatyny ölçemek.

Eger “ýyldyzyň” nul nokady ýa-da “üçburçlygyň” şahalary abzaly gönümel birikdirmek üçin elýeterli däl bolsa, onda 91-nji suratdaky ýaly emeli nul nokady döredýärler. Şondä her bir R_V garşylygyň wattmetriň woltmetr sargysyndaky garşylyga deň bolmagy zerurdyr.



Surat – 91. Emeli “nul” nokadynyň döredilişi

Simmetriki däl üç fazaly zynjyryň kuwwatyny ölçemek üçin iki wattmetrler usuly ulanylýarlar (92-nji a surat). Simmetriki däl üç fazaly zynjyryň kuwwatyny bu wattmetrleriň görkezişleriniň summasy ýaly tapýarlar.



Surat – 92. Simmetriki däl üç fazaly zynjyryň kuwwatynyň iki wattmetrler usuly bilen ölçemek

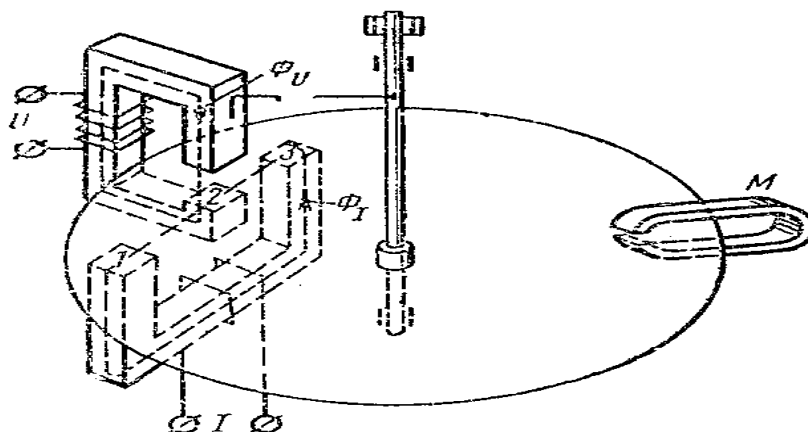
Dörtgeçirijili üçfazly zynjyryň kuwwatyny üç wattmetr bilen ölçeýärler (92-nji b surat) we olaryň görkezişleriniň summasy ýaly hasaplaýarlar.

4.7.4. Elektrik energiýasyny ölçemek

1. Elektrik energiýasynyň induksion hasaplaýjysy. Bir fazly we üç fazly zynjyrlarda energiýany hasaba almak.

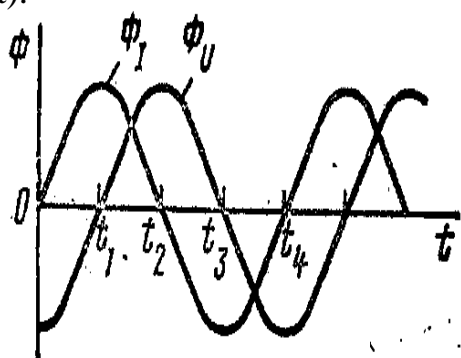
Kesgitlenen wagtda ulanyja gelýän elektrik energiýasynyň mukdaryny hasaplamaga elektrik hasaplaýjylar (sçýotçikler) gulluk edýärler. Üýtgeýän toguň zynjyrlarynda induksiýon hasaplaýjylar giňden ulanylýarlar.

Induksiýon hasaplaýjynyň gurluşy 93-nji suratda görkezilen. Elektromagnitiň köpsargyly sarmy 2 (naprýaženiýäniň sarmy) ulanyja (ýüke) parallell birikdirilen. Elektromagnitiň birnäçe sargydan durýan 1-3 sarmy (tok sarmy) ýüke yzgider birikdirilen. Sarmyň induktiwliginiň sargy sanynyň kwadratyna göni proporsional bolandygy üçin, naprýaženiýe sarmynyň induktiwligini tok sarmynyň induktiwliginden uly hasaplamak mümkin. Şonuň üçin tok we onuň bilen fazasy boýunça gabat gelýän 2 elektromagnitiň magnit akymy, fazalary boýunça 1-3 elektromagnitiň magnit akymyndan we togundan 90° ýakyn yza galýar.



Surat -93. Induksiýon hasaplaýjynyň gurluşy

1-2-3 uçastogynda magnit akymalarynyň wagt boýunça üýtgeýşine seredeliň (94-nji asurat).



a)

	1	2	3
$t=0$	0	S	0
t_1	N	0	S
t_2	0	N	0
t_3	S	0	N
t_4	0	S	0

b)

Surat – 94. Magnit akymalarynyň wagt boýunça üýtgeýşi

Diskiň ýokarsyndan girýän magnit akymyny N harpy bilen belgiläliň, aşagyndan girýäni – S harpy bilen. $t = 0$ wagtynda Φ_I nula deň, Φ_U magnit akymy bolsa otrisatel, şonuň üçin 1 we 3-nji uçastoklary 0 sifr bilen belgileýäris, 2-nji uçastogy bolsa – S harpy bilen. t_1 wagtynda Φ_I magnit akymy položitel, Φ_U akym bolsa 0 deň, şonuň üçin 1 uçastogy N harpy bilen, 2-nji uçastogy – 0 sifri bilen, 3 uçastogy bolsa – S harpy bilen belgileýäris. Edil şonuň ýaly pikir ýöredip, wagtyň t_2, t_3, t_4 ýzgider bahalarynda harplary goýuşdyrýarys (surat 94 b). Surat 94 b–den, magnit meýdanynyň demirgazyk polýusynyň 1 uçastokdan 2 we 3 uçastoklara yzygider süýşýäni görünýär, şeýle hem bu uçastoklary akymyň nul bahasynyň, ondan soňra bolsa onuň günorta polýusynyň yzgider kesip geçýändigini görýäris. Seredilen iki elektromagnitiň magnit meýdanlarynyň biri – biriniň üstüne goýulmagynda emele gelen magnit meýdanyna **ylgaýan (beguşsiý)** magnit meýdany diýilýär. Ylgaýan magnit meýdany diskde bu meýdan bilen özara täsirleşip mehaniki güýji döredýän toklary induktirleýär. Lensiň kadasyna laýyklykda güýç özüni döreden sebäbi aradan aýyrmaga çalyşýar. Ol güýç hem diskde ylgaýan meýdanyň ugruna aýlaýar. Nazary hasaplamalar, belli ýagdaýlarda aýlaýjy momentiň (pursadyň) kuwwata proporsionaldygyny görkezýär:

$$M_{aýlaýjy} = k_1 U I \cos\varphi = k_1 P$$

Hemişelik magnitiň M diskinde induktirlenýän köwlenme toklary tarapyndan döredilýän duruzyjy moment (pursat) diskiniň n aýlanma tizligine proporsionaldyr:

$$M_T = k_2 n.$$

Bellenilen işleýiş režiminde

$$M_{aýlaýjy} = M_T,$$

bu ýerden

$$k_1 P = k_2 n.$$

Bu ýerden bolsa alarys:

$$P = kn,$$

nirede $k = k_2 / k_1$.

Soňky deňligiň sag we çep taraplaryny t wagta köpeldip alarys:

$$P t = kn t.$$

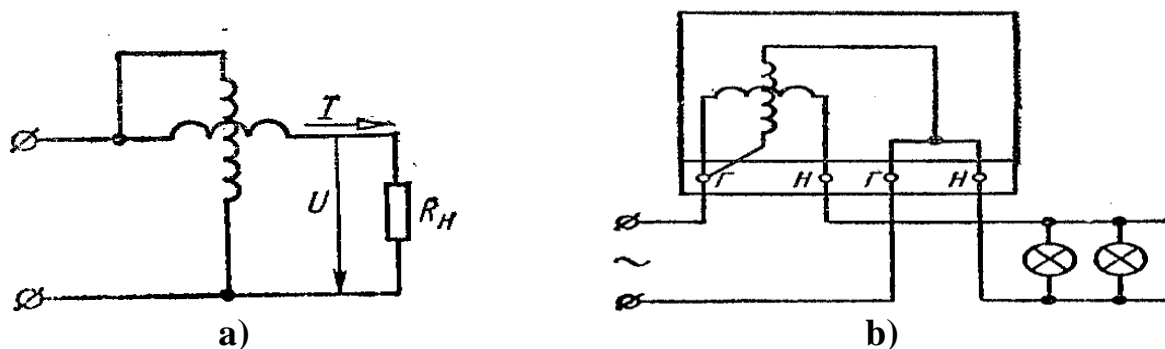
Bu ýerde, $P t = A$ – ulanylýan energiýa, $n t = N$ – diskiniň t wagtda umumy aýlawynyň sany.

Şeýlelikde,

$$A = kN$$

ýagny, ulanylýan energiýa diskiniň aýlawlarynyň sanyna proporsional we hasaplaýjy mehanizmiň şkalasyny energiýanyň birliklerinde graduirlmek mümkin ($kWt\ s$).

Hasaplaýjynyň birfazaly zynjyra birikdirilişiniň prinsipial çyzgysy wattmetriň birikdirilişiniň çyzgysyndan tapawut etmeýär (surat 95 a). 95-nji b suratda birfazaly hasaplaýjynyň birikdirilişiniň praktiki çyzgysy getirilen. Induksion hasaplaýjylaryň üçfazaly toklaryň energiýasyny ölçemek üçin birikdiriliş çyzgysy hem seredilen wattmetrleriň birikdiriliş çyzgylaryna meňzeş. Köp ýagdaýlarda üçfazaly zynjyrlarda energiýany hasaba almak üçin üçfazaly hasaplaýjylardan peýdalanýarlar.



Surat –95. Hasaplaýjynyň birfazaly zynjyra birikdirilişiniň prinsipial we praktiki çyzgylary

Üçgeçirijili üçfazaly zynjyrlarda bir korpusda ýerleşen we umumy ok bilen baglanyşykly iki ölçeýji mehanizimli hasaplaýjylar ulanylýar. Dörtgeçirijili üçfazaly zynjyrlarda energiýany ölçemek üçin ölçeýji mehanizmlerde umumy ok bilen baglanyşykly üç hasaplaýjy mehanizmler ulanylýar.

Adatça wattmetrler we hasaplaýjylar aktiw kuwwaty we energiýany ölçemek üçin gulluk edýärler. Olar ýörite çyzgy boýunça birikdirilip reaktiw kuwwaty we energiýany ölçemek üçin hem ulanylýarlar. Şonuň ýaly-da, ýörite reaktiw wattmetrler we hasaplaýjylar hem çykarylýar.

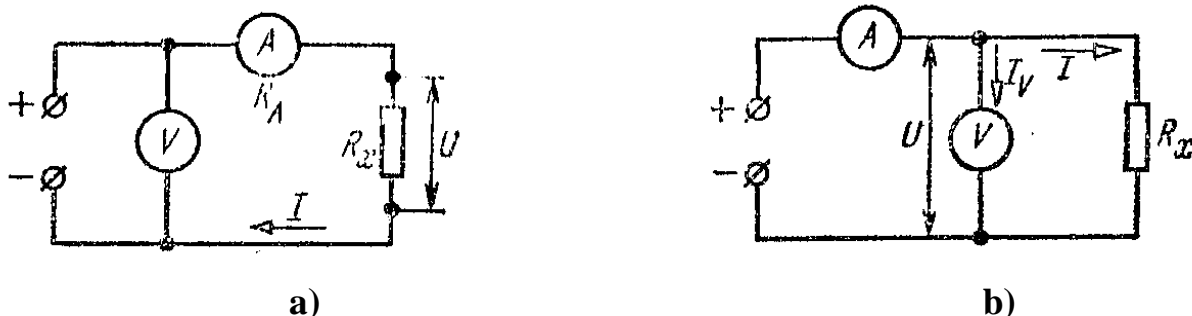
2. Garşylyklary ölçemek.

Eger garşylygyň üstünden akýan tok I we onuň uçlaryndaky naprýaženiýesi U belli bolsa, onda näbelli R_X garşylygy Omuň kanunyny görä tapyp bolýar.

$$R_X = U/I.$$

96-njy a suratda Omuň kanunyny ulanyp garşylygy ölçemek üçin çyzgy görkezilen. Abzallaryň görkezişleri boýunça hasaplanan ölçenilen garşylyk $R_{ölç}$ hakyky R_X garşylykdan biraz üýtgeşik bolar:

$$R_{ölç} = (U + I R_A) / I = R_X + R_A$$



Surat –96. Omuň kanunyny ulanyp garşylygy ölçemek üçin çyzgylar

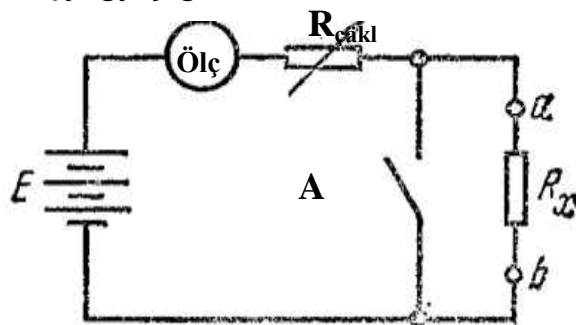
Bu aňlatmadan 96-njy a suratdaky çyzgynyň uly garşylyklary, ýagny $R_X \gg R_A$ ölçemek üçin ulanyp boljagy görünýär.

Kiçi garşylyklary ölçemek üçin ölçeýji abzallary 96-njy b suratdaky ýaly birikdirmeli. Bu ýagdaýda,

$$R_{ölç} = U / (I + I_V) = U / (U / R_X + U / R_V) = R_X / (1 + R_X / R_V)$$

Formuladan $R_X \ll R_A$ deňsizlik näçe güýçli bolsa ölçegiň hem şonça takyk boljagy görünýär.

Garşylygy ölçemek üçin ýörite abzallar – ommetrler giňden ulanylýar. 97-nji suratda ommetriň prinsipial çyzgysy görkezilen.



Surat – 97. Ommetriň prinsipial çyzgysy

Suratda: E – galwaniki elementler batareýasy; I – magnitoelektriki ulgamyň tok ölçeyjisi; R_{orp} – çäklendiriji garşylyk. R_X garşylyk a-b klemmalaryň arasyna birikdirilýär. Ölçeg geçirilende A açar ýazdyrylan. Omuň kanunyna görä ýazýarys:

$$I = E / (R_{orp} + R_X).$$

E we R_{orp} hemişelik bahalarynda zynjyrdaky tok diňe R_X bagly bolar, şonuň üçin togy ölçeyji gönüden - göni garşylygyň birliginde – omma belgilenip biler. Abzalyň şkalasy ters: nul bölüjisi sag tarapda ýerleşen; R_X garşylygyň ulalmagy we I toguň kiçelmegi bilen abzalyň dili çepe gyşarýar. R_{orp} garşylyk ölçeyjini agram düşmekden goraýar we ommetri nula goýmak üçin gerek. Ölçegden öň K açary birikdirmeli ($R_X = 0$ goýmaly) we abzalyň öň paneline çykarylan R_{orp} ruçkasyny üýtgedip ölçeyjiniň dilini nula goýmaly. Soňra K açary ýazdyrmaly.

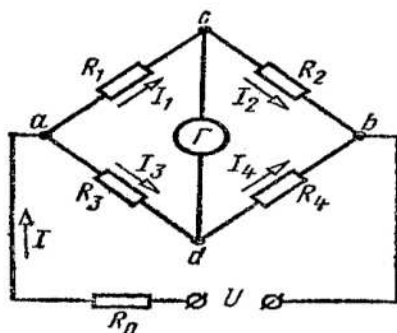
Ommetrleriň bir görnüşi hem megaohmmetrlerdir. Olar uly garşylyklary ölçemek üçin, meselem, geçirijileriň izolýasyýasyny ölçemek üçin ulanylýar. Öçen elektrik ulgamynyň bozulmasynyň häsiýetini ulgamyň aýratyn liniýalaryny megaohmmetriň kömegi bilen barlamak arkaly ýüze çykaryp bolýar. Eger geçiriji üzülen bolsa megohmmetr örän uly izolýasyýanyň garşylygyny ($10^6 - 10^7$ Om) görkezir. Liniýanyň gysga utgaşmasynda megaohmmetriň görkeziji nula ýakyn bolar. Kadaly liniýada megaohmmetr ýüküň garşylygyny görkezir.

3. Hemişelik mostuň köprüsiniň kömegi bilen garşylyklary ölçemek.

Labaratoriýa şertlerinde garşylygy takyk ölçemek üçin hemişelik toguň köprüleri giňden ulanylýarlar. 98-nji suratda köprüniň çyzgysy görkezilen. R_1, R_2, R_3, R_4 garşylyklara köprüniň eginleri diýilýar, ab we cd nokatlaryň arasyna birikdirilen şahalara bolsa – diagonaly diýilýär. ab diagonala hemişelik naprýaženiýäniň iýmitlendiriji çeşmesi birikdirilen, cd diagonala bolsa – ölçeyji abzal (adaty magnitoelektriki ulgamyň galwanometri).

Eger c we d nokatlaryň potensiallary iýmitlendiriji çeşmä birikdirilende öz aralarynda deň bolsalar köprü deňleşdirilen diýilýär (urawnoweşennyý). Köprüniň

deňagramlylygy galwanometr boýunça kesgitlenýär: $\varphi_c = \varphi_d$ bolanda ölçeyji diagonalda tok ýok we galwanometriň dili nulda dur.



Surat – 98. Hemişelik toguň köprüsi

Deňleşdirilen köpri üçin aşakdaky gatnaşyk dogry:

$$I_1 R_1 = I_3 R_3 ; \quad I_2 R_2 = I_4 R_4 ;$$

$$I_1 = I_2 ; \quad I_3 = I_4 ;$$

Birinji deňlemäni ikinji deňlemä agzalary boýunça bölüp alarys:

$$I_1 R_1 / I_2 R_2 = I_3 R_3 / I_4 R_4 , \text{ ýa-da } R_1 / R_2 = R_3 / R_4.$$

Şeýlelikde, deňleşdirilen köprüde garşydaş eginleriň garşylyklary öz aralarynda deňdirler: $R_1 R_4 = R_2 R_3$.

Eger R_1 , R_2 , R_3 garşylyklaryň toplumyndan düzülen bolsa, egin $R_4 = R_X$ näbelli ölçenilýän garşylyk bolsa, onda köprüni R_1 , R_2 , R_3 üýtgedilmeginiň hasabyna deňleşdirip we bu garşylyklary sanap belli däl garşylygy aşakdaky formula bilen hasaplarys:

$$R_X = R_2 R_3 / R_1$$

Deňleşdirilen köpri garşylygy uly takyklyk bilen ölçemäge mümkinçilik berýär.

V BÖLÜM. ELEKTRİK MAŞYNLAR WE ELEKTROPRIWODLAR. ELEKTRİK ENERGIÝASYNY GEÇIRMEK TEMA № 8: TRANSFORMATORLAR

5.8.1. Transformatorlaryň niýetlenişi we gurluşy

1. Transformatorlaryň niýetlenişi we ulanylyşy.

Zarýadly bölejikleriň ugrukdyrylan hereketine elektrik togy diýilýär. Elektrik togynyň iki görnüşi bolýar:

- hemişelik tok.
- üýtgeýän tok.

Wagtyň geçmegi bilen üýtgemeýän toga - hemişelik tok diýilýär. Wagtyň geçmegi bilen ululygyny we ugruny üýtgedýän toga - üýtgeýän tok diýilýär.

ÜT ulanyşda hemişelik tokdan has amatlylygy bilen tapawutlanýar. ÜT transformirlmek, ýagny belli bir derejede uly ýa-da pes naprýaženiýeli toga öwürmek aňsatdyr. Bu işi transformatorlaryň kömegi bilen ýerine ýetirýärler. Transformatorlar üýtgeýän togy az ýitgi bilen uzak aralyklara geçirmäge mümkinçilik berýär. Transformatorlar elektrotehnikada örän giňden ulanylýandyr.

Elektrostansiýalarda öndürilýän üýtgeýän naprýaženiýeler transformatorlaryň kömegi bilen birnäçe ýüz mün wolta çenli ýokarlandyrylýar we gerekli ugurlara ugradylýar. Naprýaženiýanyň ýokarlandyrylmagy şol bir geçirilýän kuwwatda geçiriji liniýalarda toguň güýjüniň peselmegine getirýär we kiçi diametrli geçirijileri ulanmaga mümkinçilik berýär. Ugradylan naprýaženiýe gerekli ýerinde ýene-de transformatorlaryň kömegi bilen gerekli derejede peseldilýär we kabul edijilere paýlanylýar.

Elektromagnit induksiýasy esasynda üýtgeýän toguň bir ýa-da birnäçe ulylyklaryny üýtgeýän toguň beýleki bir ýa-da birnäçe ulylyklaryna özgertmek üçin niýetlenilen, iki ýa-da has köp induktiw baglanyşykly tegeklerden ybarat bolan, hereketsiz elektromagnit desgalara transformatorlar diýilýär.

Transformator – latyn sözüdir. Türkmençe “öwrüji, özgerdiji” ýaly manylary berýär. ÜT zynjyrlarynda transformatorlaryň ulanylmagy üýtgeýän toguň naprýaženiýasyny, toguň güýjini, fazalarynyň sanyny, ýygylgyny özgertmäge mümkinçilik berýär. Transformatorlar esasan üýtgeýän toguň kuwwatyny we ýygylgyny üýtgetmezden naprýaženiýasyny özgertmek üçin ulanylýar.

Gysga sözler bilen aýdanymyzda, üýtgeýän toguň naprýaženiýasyny ýokarlandyrmak ýa-da peseltmek üçin ulanylýan gurnamalara transformatorlar diýilýär.

Transformator – sada, ygtybärly we tygşytly elektrik abzaldyr. Onuň hereketli bölümleri we hereketli galtaşýan birikmeleri ýok, şonuň üçin hem onuň PTK-sy 99% çenli ýetýär.

Transformatorlar **niýetlenilişi boýunça** esasan üç topara bölünýärler:

- Iýmitlendiriji (silowoý) transformatorlar;
- Sazlaýjy transformatorlar;
- Impuls transformatorlar.

Iýmitlendiriji (silowoy) transformatorlar - dürli tehnologik maksatlar üçin: kebşirmek (kebşirleýji transformatorlar), radioelektron apparatlaryň, awtomatikanyň, hasaplaýyş tehnikalarynyň desgalaryny, gündelik durmuşda ulanylýan elektrik we ýagtylandyryş abzallaryny iýmitlendirmek, elektrik energiýasyny geçirmek üçin niýetlenendirler.

Radioiberiji we radiokabul ediji desgalaryň, güýçlendirijileriň, generatorlaryň we beýleki desgalaryň zynjyrlarynyň arasyndaky naprýaženiýalary ýa-da garşylyklary sazlamak üçin niýetlenen transformatorlara **sazlaýjy transformatorlar** diýilýar. Bu transformatorlaryň giriş, aralyk we çykyş ýaly görnüşleri bolýar.

Naprýaženiýanyň ýa-da toguň impulslaryny elektrik zynjyrlarynyň bir böleginden beýleki bölegine geçirmek üçin ulanylýan transformatorlara **impuls transformatorlary** diýilýar.

Ýerine ýetirilişi boýunça transformatorlar:

- bir sargyly (awtotransformatorlar);
- iki sargyly;
- köpsargyly bolýarlar.

Faza sanyna baglylykda transformatorlar:

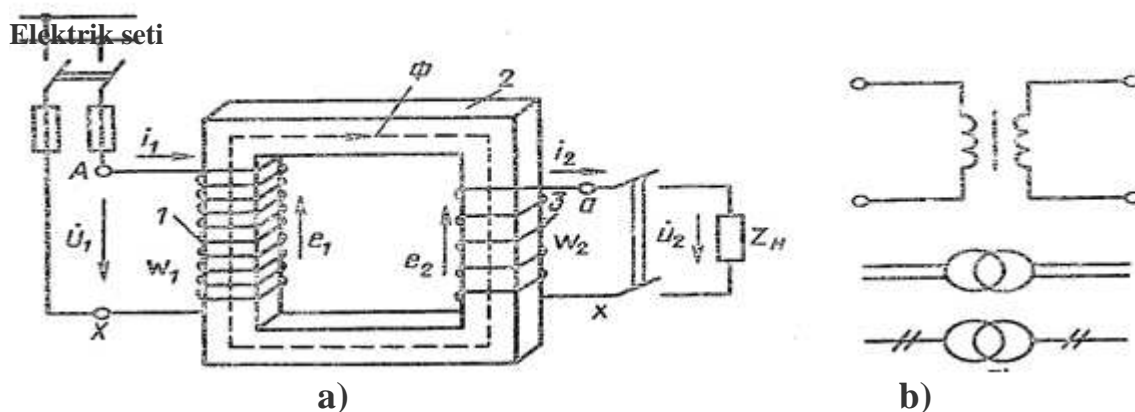
- birfazaly;
- köpfazaly bolýarlar.

Elektrik zynjyrlaryndaky naprýaženiýany ýokarlandyrmak üçin niýetlenen transformatorlara **ýokarlandyryjy transformatorlar**, naprýaženiýany peseltmek üçin niýetlenen transformatorlara bolsa **peseldiji transformatorlar** diýilýar.

Aragatnaşyk tehnikasynda ulanylýan transformatorlar **pes ýyglykly we ýokary ýyglyklylara** bölünýärler.

2. Transformatoryň gurluşy.

Transformatorlaryň gurluşyny birfazaly iki sargyly transformatorlaryň mysalynda seredeliň. Birfazaly iki sargyly transformatoryň elektromagnit shemasy (99-njy a surat), onuň grafiki şertli belgileri (99-njy b surat) görkezilen.

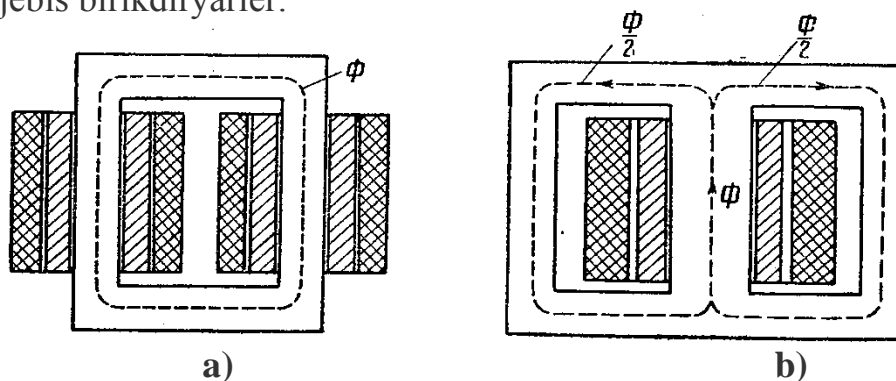


Surat -99. Birfazaly iki sargyly transformatorlaryň elektromagnit çyzygysy we grafiki şertli belgilenişi

Transformator köwlenme toklary sebäpli ýitgileri azaltmak üçin 0,35 – 0,5 mm galyňlykdaky elektrotehniki polat listlerinden ýygналan ýapyk ferromagnit 2 magnitgeçirijide ýerleşdirilen iki sargydan (birinji (1) we ikinji (3)) durýar. Magnit

geçiriji transformatoryň magnit akymy geçýän konturynyň (fransuz sözi – türkmençede “ýapyk zynjyr”) garşylygyny peseltýär. Magnitgeçirijiniň sarymlar saralýan bölegine çybyk diýilýär.

Transformatorlaryň çybykly (surat 100 a) we bronly görnüşleri bar (surat 100 b). Bronly görnüş sarymlary mehaniki zeperlerden gowy goraýar. Magnitgeçirijiniň ýarmo diýilip atlandyrylýan ýokarky bölegini, sarymlar çybyga ýerleşdirilenden soň berkidýärler. Çybyklary we ýarmony aralarynda howa yşy galmaz ýaly jebis birikdirýärler.



Surat – 100.Çybykly we bronly transformatorlar

Kiçi kuwwatly transformatorlarda galyplanan halkalardan ýa-da uzyn lentalardan ýasalýan halka şekilli magnitgeçirijiler giňden ulanylýarlar. Bu magnitgeçirijilerde howa yşy ýoklugy sebäpli ýaýraýan magnit akymy gaty az. Uly ýygylklara hasaplanan transformatorlarda halka şekilli magnitgeçirijileri adatça lak bilen garylan ferromagnit poroşogundan ýasaýarlar.

Transformatorlaryň sarymlaryny mis simlerden taýýarlaýarlar we bir çybykda ýa-da aýratyn çybyklarda, biri - biriniň ýanynda ýa-da biri - biriniň aşagynda ýerleşdirýärler. Soňky ýagdaýda gönümel çybykda pes naprýaženiýeniň sarymyny, onuň ýokarsynda bolsa ýokary naprýaženiýeniň sarymyny ýerleşdirýärler.

Transformatoryň iýmitlendiriji çeşmeden elektrik energiýasyny kabul edýän sarymyna 1-nji sarym diýilýär. Transformatoryň elektrik energiýasyny ýüke (kabul edijä) berýän sarymyna – ikilenji sarym diýilýär.

Birinji saryma degişli ululyklara (naprýaženiýä, EHG, tok, sarym sany we ş.m.) - birinji diýilýär, olaryň harp belgileri 1 indeks bilen belgilenýärler (M_1, u_1, e_1, i_1, w_1). Ikilenji saryma degişli ululyklara - iklenji diýilýär we 2 indeks bilen belgilenýärler (M_2, u_2, e_2, i_2, w_2).

3. Bir fazaly transformatoryň täsir ediş prinsipi. Transformator EHG-nyň formulasy. Transformassiya koeffisienti.

Transformatoryň işleýiş prinsipine seredeliň. Transformatoryň işi elektromagnit induksiýa kanunyndan gelip çykýan özara induksiýa hadysasyna esaslanýandyr.

Eger transformatoryň birinji sarymyny U_1 üýtgeýän naprýaženiýanyň çeşmesine birleşdirsek, onda i_1 tok dörrär. Bu tok ferromagnit geçirijide Φ_1 üýtgeýän magnit akymyny oýandyrar. Bu magnit akymy ýapyk magnit geçiriji boýunça geçip birinji we ikilenji sarymlary kesip geçýär we olarda degişlilikde e_1 we e_2 EHG-leri oýandyrýar.

Ikilenji sarym $Z_{\text{yük}}$ garşylykly ýüke birleşdirilende e_2 EHG-niň täsirinde şol ýükden i_2 üýtgeýän tok akýar. Φ_1 magnit akymy bilen elektrik energiýasy birinji

sarymyň zynjyryndan ikilenji sarymyň zynjyryna geçirilýär. Ikilenji sarymda döreýän i_2 tok transformatoryň magnit geçirijisinde Φ_2 öz hususy magnit akymyny döredýär. Ol akym birinji sarymyň magnit akymynyň üstüne goşulýar. Netijede magnit geçirijide Φ umumy magnit akymy döreýär. Bu magnit akymyna transformatoryň esasy ýa-da iş magnit akymy diýilýär. Transformatorada Φ akym bilen birlikde sarymlaryň toklary bilen döredilýän we magnit çyzyklary birinji we ikilenji sarymlaryň geçirijileriniň töwereginde howada ýapylýan Φ_{G1} we Φ_{G2} dagynyk magnit akymly hem bardyr.

e_1 we e_2 üýtgeýän EHG-ler birinji we ikilenji sarymlaryň w_1 we w_2 sarym sanlaryna, şeýle hem magnit akymynyň üýtgeýiş tizligine $d\Phi/dt$ (Maksweliň kanuny) proporsionaldyrlar:

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

e_1 we e_2 EHG-leriň şol bir Φ magnit akymy bilen döredilýändigini sebäpli bu EHG-leriň E täsir ediji bahalary:

$$E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m \quad E_2 = 4,44 f w_2 \Phi_m$$

Ýokarda getirilen aňlatmalardan transformatoryň transformasiýa koeffisiýenti üçin aňlatma alyp bolýar:

$$k = \frac{e_1}{e_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Başgaça

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{1n}}{U_{2n}}$$

U_{1n} , U_{2n} - birinji we ikinji sarymlaryň nominal naprýaženiýalary (boş işleýän düzgüninde).

Şeýlelik-de, transformasiýa koeffisiýenti transformatoryň boş işi düzgüninde onuň sarymlaryndaky naprýaženiýeleriniň gatnaşygyna deňdir (pasportynda görkezilýär).

Transformator işläninde onuň birinji sarymynda onuň setden kabul edýän energiýasy magnit meýdanynyň energiýasyna öwrülýär, ikilenji sarymynda tersine – magnit meýdanynyň energiýasy elektrik meýdanynyň energiýasyna öwrülýär we ulanyja berilýär. Kuwwatyň az bölegi sarymlarda we magnit geçirijilerde ýylylyk energiýasyna öwrülip ýitýär. Nominal düzgünde ýitgileriň kuwwaty azdyr. Şonuň üçin transformatoryň PTK-sy ýokarydyr (99%).

Diýmek, transformatorada diňe naprýaženiýalar we toklar özleşdirilýär. Kuwwat bolsa hemişeligine galýar.

Şeýlelik-de,

$$P_1 = P_2$$

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

Bu ýerden

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} = k$$

Formuladan transformatoryň sarylaryndaky toklaryň olardaky naprýaženiýelere ters proporsionaldygy görünýär.

Radioelektronikada transformatorlar dürli apparaturalaryň garşylyklaryny sazlamak üçin ulanylýar. Eger R garşylykly rezistory transformatoryň üsti bilen üýtgeýän toguň çeşmesine birleşdirsek, onda çeşme üçin bu garşylygyň bahasy başga bolar. Ol aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýär:

$$r_1 = P_1 / I_1^2 \approx P_2 / I_2^2 \approx I_2^2 R / I_1^2 \approx k^2 R$$

bu ýerde, $P_1 = I_1^2 r$ – transformatoryň çeşmeden ulanýan kuwwaty; $P_2 = I_2^2 R$ – R garşylygyň transformatordan ulanýan kuwwaty.

Aňlatmadan görnüşi ýaly transformator R garşylygy k^2 esse “üýtgedýär”.

5.8.2. Transformatorlaryň iş kadalary

1. Transformatorlaryň iş kadalary.

Transformatoryň aşakdaky iş kadalary bar:

- boş iş kadasy;
- agramlykdaky iş kadasy;
- gysga utgaşma kadasy (awariýa kadasy, bu ýagdaýda transformator ýanyp biler).

Boş iş kadasy diýlip, haçanda birinji saryma üýtgeýän tok berilen, ýöne ikinji sarym agramlyklara birikdirilmedik ýagdaýyna aýdylar. Boş iş kadasynda birinji sarymdan energiýa ikinji saryma geçirilmeýär. Bu ýagdaýda transformator özüni çeşme üçin aktiw we induktiv garşylykly katuska ýaly alyp barýar.

Birinji sarymdan akyp geýän üýtgeýän tok, şol sarymda aşakdaky görnüşde kesgitlenip boljak **özünden induktirlenme** elektrohereketlendiriji güýjiemele getirýär:

$$e_1 = - w_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Transformatoryň boş iş kadasynda induktiv garşylygyň artykmaçlyk edýändigini üçin aktiw garşylygy hasaba almasada bolar, onda birinji sarymda induktirlenýän özünden induktirlenmäniň elektrohereketlendiriji güýji çeşmäniň naprýaženýesine deňleşýär:

$$u_1 = e_1$$

Şonuň üçin birinji sarymda emele gelýän elektrohereketlendiriji güýç çeşmaniň elektrohereketlendiriji güýjinegarşylykly bolandygy sebapli, oňa birinji sarymyň garşylyklyelektrohereketlendiriji güýji hem diýilýär.

Şol bir wagtda birinji sarymyň emele getirýän üýtgeýän magnit akymy ikinji sarymy kesip geýýar we onda **özara induksiýanyň** elektrohereketlendiriji güýjiniinduktirleýär:

$$e_2 = - w_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Daşky zynjyryň birikdirilmedik ýagdaýynda ikinji sarymyň naprýaženiýesi we özara induksiýanyň elektrohereketlendiriji güýji deňdir:

$$u_2 = e_2$$

onda (1)deňlemäni, (2)deňlemä bölüp aşakdakylary alarys:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (3)$$

ýa-da

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k \quad (4)$$

Üýtgeýän ululugyň täsir ediş bahalaryna geçilse:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k \quad (5)$$

Deňleme(5)**transformasiýa koeffisiýentini** diňe sarymlardaky induktirlenýän elektrohereketlendiriji güýçleriň gatnaşyklarygörnüşinde däl-de, birinji we ikinji sarymlaryň sargy sanlarynyň gatnaşygy bilen hem kesgitlep boljakdygyny görkezýär.

Bu deňleme sarymlardaky induktirlenýän elektrohereketlendiriji güýjiň şol sarymlaryň sargy sanlaryna gönü baglydygyny görkezýär.Şonuň üçin peseldiji transformatorlarda ikinji sarym sargy sany boýunçabirinji sarymyň sargy sanyndan azdyr. Ýokarlandyryjy transformatorlarda bolsa tersine, ikinji sarymyň sargy sanlary birinji sarymyň sargy sanlaryndan köpdür.

Transformatoryň boş iş kadasynda birinji sarymdan boş işiň togy (I_0) diýilip atlandyrylýan uly bolmadyk tok akýar. Transformatorlaryň boş işiniň togy uly däl we birinji sarymyň nominal togynyň örän az prosentine deňdir. Boş işiň togy magnitleşdiriji güýji ($I_0 \cdot W_1$) emele getirýär we onuň kömegi bilen özende üýtgeýän magnit akymy ýüze çykýar.

Transformatoryň ähli iş kadalarynyň aýratynlygy: özeniň magnit akymynyň ululygy, onuň birinji sarymda emele getirýän özünden induktirlenýän EHG-niň setiň naprýaženiýesini deňleşdirmek üçin ýeterlik bolar ýaly bolmagy hasap edilýär, ýagny $e_1 = u_1$.

Haýsy hem bolsa bir sebäp bilen bu şert ýerine ýetirilmedi we özeniň magnit akymy peseldi diýeliň. Mysal üçin, bu ýagdaý ikinji saryma agramlyk garşylygyň birikdirilen pursadynda bolup biler. Bu ýagdaýda birinji sarymda induktirlenýän we induktiw garşylygy (x_{LI}) emele getirýän özünden induktirlenme elektrohereketlendiriji güýjiňululygy peseler. Induktiw garşylygyň (x_{LI}) peselmegi birinji sarymdaky togy artdyrar. Toguň artmagy bilen çeşmäniň togy birinji sarymyň garşylykly elektrohereketlendiriji güýjiniň täsiri bilen deňleşer.

Transformatoryň boş iş tejribesinden boş işiň togyny (I_0), özeniň poladyndaky ýitgileri P_c we transformasiýa koeffisiýentini k kesgitleýärler.Boş işiň togyny (I_0) transformatoryň birinji sarymynyň zynjyryna baglanan ampermetr bilen ölçeyärler.Özeniň poladyndaky ýitgileri P_c transformatoryň birinji sarymynyň zynjyryna baglanan wattmetr bilen ölçeyärler. Transformasiýa koeffisiýentini

transformatoryň birinji we ikinji sarymlarynyň zynjyrlaryna baglanan woltmetrleriň görkezişleriniň gatnaşygyndan kesgitleýärler.

Transformatoryň agramlykdaky işine seredeliň. Ikinji saryma aktiw garşylyk r_2 birikdirilen bolsun. Bu ýagdaýda ikinji sarymyň zynjyrynda Omuň kanuny bilen kesgitlenilýän tok ýüze çykar:

$$I_2 = \frac{U_2}{r_2}$$

Bu tok transformatoryň ikinji sarymyndan akýan induktirlenen tok hasap edilip, Lensiň kanunyna laýyklykda özüni emel getiren sebäplere garşylykly täsir eder. Başgaça aýdylanda, eger birinji sarymdaky tok (has takygy magnitleşdiriji güýç- $I_1 W_1$) özeni magnitleşdirse, onyň tersine ikinji sarymda induktirlenen tok (magnitleşdiriji güýç- $I_2 W_2$) özene magnitsizlendiriji täsir eder. Netijede, agramlyk birikdirilende özeniň umumy magnit akymy peselmeli, ýöne ýokarda aýdyp geçişimiz ýaly bu ýagdaýda birinji sarymdaky özünden induktirlenme elektrohereketlendiriji güýç hem peseler. Bu induktiw garşylygy peselden bilen deň bir zatdyr, bu ýagdaýda birinji sarymdaky tok setiň naprýaženiýesi bilen deňleşmek we özünden induktirlenmäni ýokarlandyrmaklyga ymtylyp artar. Bu hadysany başgaça iki görnüşde düşündirmek bolar:

-ikinci sarymyň agramlygynyň artmagy bilen transformatoryň çeşmeden iýmitlenýän togy hem artar;

-transformatoryň agramlygynyň artmagy bilen setden iýmitlenýän kuwwaty hem artar.

Şeýlelikde ikinji sarymyň zynjyrynda agramlygyň artmagy bilen transformatorlarda bolup geçýän fiziki prossesi fiziki ululyklaryň aşakdaky baglanyşygy görnüşinde getirmek bolar:

$$R_2 \downarrow I_2 \uparrow P_2 \uparrow I_2 W_2 \uparrow; E_1 \downarrow x_{LI} \downarrow I_1 \uparrow P_1 \uparrow I_1 W_1 \uparrow \Phi_1 \uparrow$$

$$\Phi_{\text{jemleýji}} = \Phi_1 - \Phi_2 \approx \text{const}$$

Transformatora berilýän aktiw kuwwat (P_1), ikini sarymdan alynýan kuwwatdan (P_2) sähelçe ulydyr. Munuň sebabi transformatorlarda ähli öwrüjilerde bolşy ýaly energiýänyň ýitgisi bardyr. Bu ýitgi hemsarymyň sargylarynyň gyzmagyna, özende emele gelýän wihrlar toklary netijesinde magnitleşme kadasynyň bozulmagyna getirýär.

Pes kuwwatly transformatorlarda bu ýitgi 15-20% ýetip biler. Ýöne uly kuwwatly transformatorlarda bu ýitgi köp däl we olaryň PTK 98-99% ýetip bilýär. Bu ýagdaýda bu ýitgileri hasaba alman, birinji we ikinji sarymlaryň kuwwatyny aşakdaky görnüşde kabul etmek bolar:

$$P_1 \approx P_2$$

ýa-da;

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2$$

bu ýerden:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad (6)$$

Transformatoryň sarymlaryndaky toklar, şol sarymlardaky naprýaženiýä ters baglydyr, ýagny haýsy sarymda naprýaženiýa uly bolsa şol sarymda tok kiçi we tersine haýsy sarymda naprýaženiýa pes bolsa şol sarymda tok uly.

Şonuň üçin transformatorlaryň sarymlarynyň kesimi (diametri) ähli ýagdaýlarda birmeňzeş däl, ýagny pes naprýaženiýä hasaplanan sarymyň kesimi ondan uly tok akýandygy üçin ulydyr, ýokary naprýaženiýeli sarymda bolsa sarymyň kesimi kiçidir.

Transformatorlar elektrik energiýany uly aralyklara ugratmakda giňden ulanyşa eýe boldylar. Energiýanyň aralyklara ugradylyşynda geçirijileriň gyzmagy netijesinde Džoul-Lensiň kanuny bilen kesgitlenýän uly ýitgiler ýüze çykýar:

$$Q_{\text{geç}} = I^2 R_{\text{geç}} t$$

$Q_{\text{geç}}$ -geçirijiler çykarýan ýylygynyň möçberi, džoul.

Elektrik togunyň kuwwaty $P = I \cdot U$ görnüşinde kesgitlenýändigini üçin, şol bir kuwwatly togy pes naprýaženiýaly, ýöne ululygy ýokary tok ýa-da ýokary naprýaženiýaly pes tok görnüşinde geçirmek (ugratmak) bolar. Energiýanyň ýitgisini peseltmek maksady bilen ýokary naprýaženiýaly pes tok görnüşinde uzak aralyklara ugradylar.

Generatorlar bilen öndürilýän energiýa ýokarlandyryjy transformatorlarda ýokary naprýaženiýaly pes ulylykly toga öwürlip aralyklara ugradylýar we energiýanyň baran ýerinde ýene-de peseldiji transformatorlaryň kömegi bilen gerekli naprýaženiýä çenli peseldilýär. Ugradylýan elektrik energiýanyň naprýaženiýesi 500 mV-dan milionlarça wolta çenli ýetip biler.

Ýüküň nominal toklarynda sarymlardaky ýitgileri kesgitlemek üçin transformatoryň gysga utgaşma tejribesi goýulýar.

Birinji sarymyň nominal naprýaženiýesinde transformatoryň gysga utgaşma kadasyadatdan daşary kadasy hasap edilýär: sarym çalt gyzyýar we transformator hatardan çykýar. Şonuň üçin transformatoryň gysga utgaşma tejribesi azaldylan U_1 naprýaženiýede geçirilýär. Bu naprýaženiýä gysga utgaşmanyň naprýaženiýesi U_{1gu} hem diýilýär.

Gysga utgaşma tejribesinde toklardan we naprýaženiýelerden başga-da, transformatoryň setden sarp edýän kuwwaty hem ölçenilýär.

Gysga utgaşma tejribesi goýulanda transformatora berilýän U_1 naprýaženiýäni ýuwaşjadan 0-dan birinji we ikilenji sarymlarda toklar nominal bahalaryna ýetýänçäler köpeltýärler. Şonda gysga utgaşmanyň naprýaženiýesi U_{1gu} takmynan U_1 nominal bahasynyň 5% ýetýär. Transformatoryň EHG-leriniň formulasyndan özeniň magnit akymynyň U_1 naprýaženiýä proporsionaldygy gelip çykýar. Bu ýerden, gysga utgaşma tejribesinde magnit akymynyň nominal naprýaženiýäniň 5 % ýakynyna deňdigi, özendäki ýitgileriň bolsa nominal ýitgileriň münden birlerine deňdigi gelip çykýar. Şonuň üçin, **gysga utgaşma tejribesinde wattmetr transformatoryň sarymlaryndaky ýitgileri ölçýär diýip hasap edip bolar.**

2. Transformatorlarda energiýanyň ýitirilmegi we peýdaly täsir koefisiýenti.

Boş iş düzgüniniň tejribesine seredilende transformatoryň özenindäki ýitgileriň birinji saryma birikdirilen wattmetr bilen ölçenilip biljekdigi kesgitlendi. Bu ýitgiler magnit akymynyň ulylygyna baglydyrlar we transformatoryň ýükiniň 0-dan nominal bahasyna çenli üýtgemegi bilen üýtgemeyär.

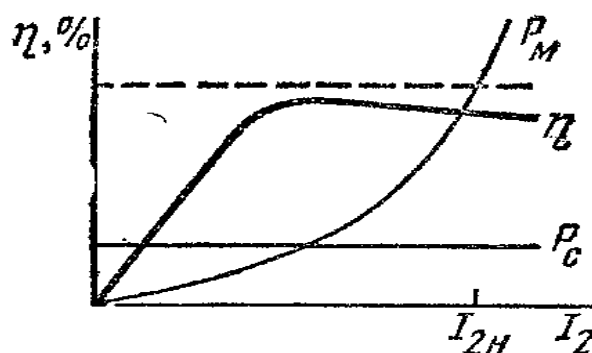
Özendäki ýitgilerden başga-da, transformatoryň sarymlarynda toguň kwadratyna proporsional bolan ýitgiler ýüze çykýar we ýüküň üýtgemegi bilen ep-esli üýtgeýärler.

Ýitgileri ölçäp transformatoryň PTK-sini aşakdaky formula bilen hasaplap bileris:

$$\eta = P_2 / P_2 + P_c + P_m,$$

bu ýerde P_2 - kabul edijiniň kuwwaty; P_c - özeniň poladyndaky ýitgiler; P_m - sarymlaryň misindäki ýitgiler. Transformatoryň PTK – sy onuň işleýiş kadasyna baglydyr. Sarymlardaky ýitgileriň özendäki ýitgilere deň bolýan ýük toklarynda transformatoryň PTK – synyň maksimal bahalaryna ýetýändigini görkezip bolar.

Transformatoryň PTK – synyň ýüküň toguna baglylygy aşakdaky suratda görkezilen (surat -101).



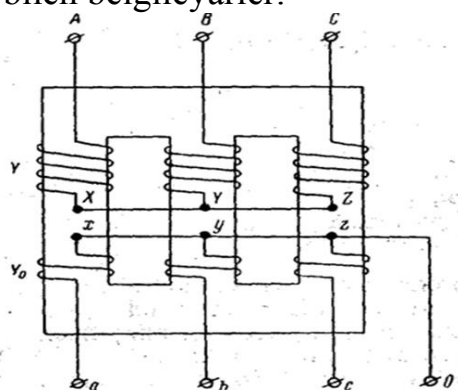
Surat -101. Transformatoryň PTK-synyň ýüküň toguna baglylygy

Häzirkizaman transformatorlar şeýle hasaplanýar: olaryň PTK – sy maksimal bahalaryna takmynan nominal bahasynyň ýarysyna deň bolan ýükde ýetýärler. Güýç transformatorlarynyň PTK – sy örän ulydyr. (98 – 99 %).

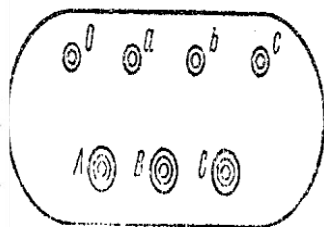
3. Üçfazly transformatorlar.

Üçfazly tok zynjyrlarynda üýtgeýän toguň elektrik energiýasyny transformirlmek üçin köplenç üçfazly transformatorlar ulanylýar, ýöne bu maksat bilen üç sany birfazly transformator hem ulanylyp biliner. Emma üçfazly transformatorlary ulanmaklygyň artykmaçlygy – olar ölçegleri boýunça kiçi (üç sany birfazly bilen deňeşdireniňde) we arzan. 102-nji a) suratda her çybygyna degişli fazalaryň birinji we ikilenji sarymlary saralan üç çybykly magnitgeçirijili üçfazly transformatoryň gurluşy görkezilen. Transformatoryň magnitgeçirijisiniň kese kesiginiň meýdany deň bolan we bir tekizlikde ýerleşen üç sany çybygy – A, B, C we ýarmosy bar. Çybyk (steržen) diýilip magnit ulgamynyň sarymlar ýerleşdirilen bölümüne aýdylýar. Transformatoryň magnit ulgamynyň sarymlar saralmadyk we magnit zynjyryny birleşdirmek üçin gulluk edýän bölümüne ýarmo diýilýär.

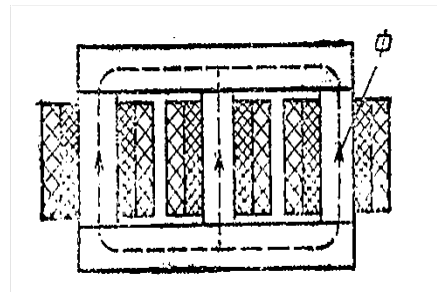
Transformatory elektrogeçiriji liniýalara birikdirmek üçin bakyň gapagynda içinden mis myhlar geçen farfor izolýatorly girişler bar. Ýokary naprýaženiýanyň girişleri - **A, B, C**; pes naprýaženiýalaryň girişleri bolsa – **a, b, c** harplar bilen belgilenýärler (102-nji b surat). Nul geçirijiniň girişini a girişin çepinde goýýarlar we **0** bilen belgileýärler.



a)



b)



c)

Surat –102.Üçfazaly transformatoryň gurluşy

Köwlenme toklaryndan ýitgileri azaltmak üçin magnitgeçirijileri biri-birinden izolirlenen 0,35 – 0,5 mm galyňlykdaky elektrotehniki polatdan ýygnaýarlar (eger iýmitlendiriji naprýaženiýeniň ýyglygy 50 Gs bolsa). Ýokary ýyglyklar (20 kGs we uly) üçin magnitgeçirijileri ferritden ýasaýarlar.

Transformatoryň her fazasynyň ýokary naprýaženiýeleriniň (ÝN) we pes naprýaženiýeleriniň (PN) sarymlaryny çybykda biri biriniň üstünden konsentriki (umumy merkezli) ýerleşdirýärler. Adatça çybyga ýakyn edip PN sarymy ýerleşdirýärler. Sarymlar biri-birinden we çybykdan bakelit laklary siňdirilen kagyzzan taýynlanan gaty silindrler bilen izolirlenýärler. Sarymlar bir tarapa saralýarlar, hersiniň şertli başlangyjy we soňy bolýar.

Transformator üçfazaly simmetriki setden iýmitlendirilende onuň çybyklarynda biri-birine görä fazalary boýunça 120° süýşen Φ_A, Φ_B, Φ_C magnit akymlyry döreýär. Bu akymlyr öz gezeginde transformatoryň sarymynyň fazalarynda simmetriki EHG-leriň ulgamyny induktirleýärler: sarymyň ÝN fazalarynda E_A, E_B, E_C ; PN sarymynyň fazalarynda E_a, E_b, E_c . Simmetriki üçfazaly ulgamlarda faza EHG-ler biri-birine görä 120° süýşen.

Çybyklardaky Φ_A, Φ_B, Φ_C magnit akymlyryň wektorlary simmetriki ýyldyzy döredýärler, bu ýerden – olaryň summalary nula deňdir. Şu sebäbe görä üçfazaly transformatoryň magnitgeçirijisiniň dördünji utgaşdyryjy çybygy bolmaýar (üçfazaly zynjyrlarda simmetriki ýükde dördünji (neýtral) geçirijiniň bolmaýşy ýaly). Emma diňe birinji sarymy dogry birikdirenimizde üççybykly magnitgeçirijide faza akymlyryň summasynyň nula deňdigini çak edip bileris. Başga ýagdaýda üçfazanyň jemleýji magnit akymy nula deň däldir we howa boýunça we transformatoryň baky boýunça utgaşýarlar.

Simmetriki üçfazaly transformatoryň konturlarynyň uly bolmadyk magnit simmetriýa dälligi bar, çünki Φ_B magnit akymynyň utgaşýan magnit zynjyrynyň uzynlygy beýleki Φ_A , Φ_C akymalarynyňkydan gysga (surat 102 ç).

Aýratyn fazalaryň magnit akymlyry geçýän konturlaryň uly bolmadyk simmetriki dälligi bu fazalaryň boş iş toklarynyň simmetriýa dälligini döredýär. Emma boş iş toklarynyň simmetriýa dälliginiň kän bir ähmiýeti ýok, çünki ýükde boş iş toklary birinji sarymyň, şeýle hem ikilenji sarymyň toklaryna ujypsyz täsir edýär. Şeýlelikde, birinji sarymyň fazalaryndaky naprýaženiýeleriň simmetrikliginde we ikilenji saryma birikdirilen simmetriki ýükde, transformatoryň ähli fazalary deň şertlerde bolýarlar we beýleki fazalardaky prosesleriň meňzeşdigini hasaba alyp seljeriş işlerini geçirmek üçin diňe bir fazanyň işine seredip bileris.

Faza naprýaženiýeler we toklar üçin simmetriki ýükde birfazaly toklar üçin alynan formulalar, eger olara faza naprýaženiýeleri, toklary, kuwwatlary goýuşdyrsak dogrydyr.

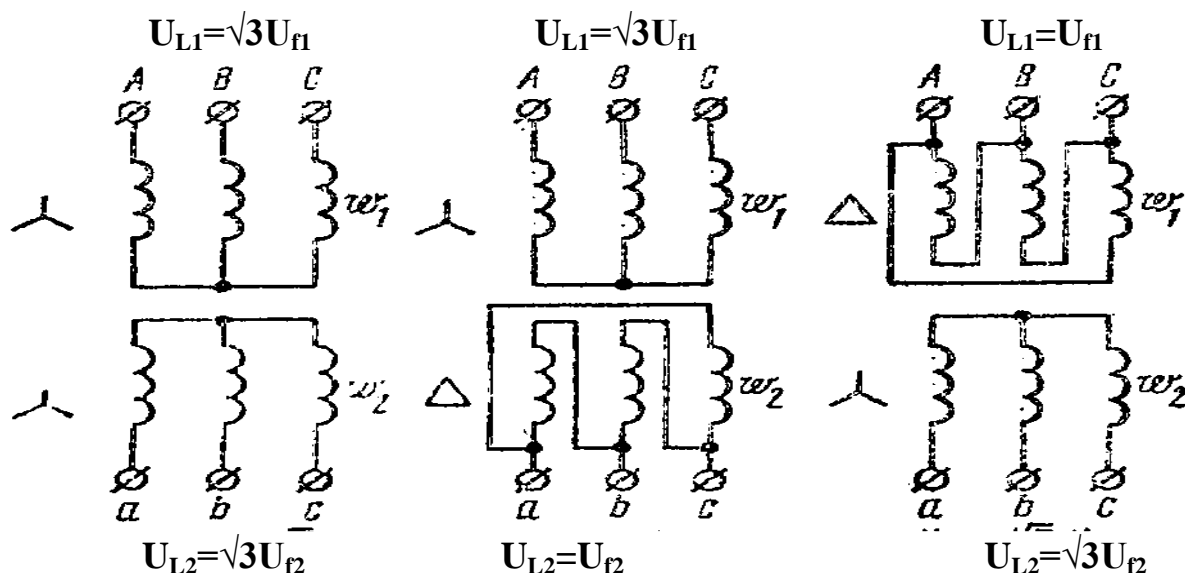
Üçfazaly transformatoryň işleýiş prinsipi we ondaky elektromagnit prosesler hem beýleki transformatorlardaky ýalydyr.

Üçfazaly transformatoryň birinji we ikilenji sarymlarynyň fazalary ýyldyz, çykarylan nul nokatly ýyldyz we üçburçluk şekilli birikdirilip biliner. Bu birikdiriliş usullaryny şertli Y , Y_0 , Δ simwollar bilen belgileýärler. ÝN sarymynyň birikdiriliş usulynyň simwolyny ilki ýazmak kabul edilen, simwollaryň arasynda gapdal çyzyk goýýarlar, meselem Y / Δ ýa-da Y / Y . Ýyldyz birikdirilişi transformatorlaryň sarymlarynyň iň arzan we sada birikdirilişidir, çünki bu ýagdaýda her sarym faza naprýaženiýeniň aşagynda bolýar. Bu birikdiriliş uly naprýaženiýeler üçin has ileri tutulýandygy, çünki bu ýagdaýda sarymyň izolýasyýasy diňe faza naprýaženiýesine hasaplanylýar. Mundan başgada, elektrik energiýany geçirenimizde naprýaženiýeniň ulalmagy bilen tok kiçelýär we üçburçlyk bilen birikdirmek has gymmat düşýär.

Y / Δ şekilli birikdirmek haçanda pes naprýaženiýe tarapynda nul geçirijili ýyldyz birikdiriliş talap edilmeýän bolsa uly kuwwatly transformatorlar üçin kabul ederliklidir.

Üçfazaly transformatorlaryň sargylarynyň esasan hem üç sany birikdiriliş usuly ulanylýar (surat 103):

1. birinji we ikilenji sargylaryň “ýyldyz” birikdirilişi;
2. birinji sargynyň – “ýyldyz”, ikilenji sargynyň - “üçburçlyk”;
3. birinji sargynyň – “üçburçlyk”, ikilenji sargynyň “ýyldyz”.



Surat -103.Üçfazaly transformatorlaryň sargylarynyň birikdiriliş usullary

Üçfazaly transformatorlar adatça iki transformasiýa koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýärler: faza we liniýa.

Bir fazanyň sargylarynyň sanynyň gatnaşygyny k harpy bilen belläliň. Bu ululyk birlfazaly transformatoryň transformasiýa koeffisiýentine laýyk gelýär we faza naprýaženileriň gatnaşygy arkaly aňladylyp biliner:

$$k = \omega_2 / \omega_1 \approx U_{f2} / U_{f1}.$$

Liniýa naprýaženiýeleriň transformasiýa koeffisiýentini c bilen belgiläliň. Sargylary Y / Y çyzgy boýunça birikdirenimizde:

$$c = U_{L2} / U_{L1} = \sqrt{3} U_{f2} / \sqrt{3} U_{f1} = k.$$

Sargylary Y / Δ çyzgy boýunça birikdirenimizde:

$$c = U_{L2} / U_{L1} = U_{f2} / \sqrt{3} U_{f1} = k / \sqrt{3}.$$

Sargylary Δ / Y çyzgy boýunça birikdirenimizde:

$$c = U_{L2} / U_{L1} = \sqrt{3} U_{f2} / U_{f1} = \sqrt{3}k.$$

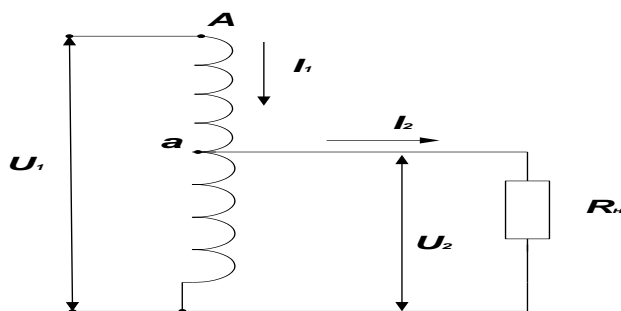
Liniýa naprýaženiýeleriň transformasiýa koeffisiýentleriniň sargylaryň birikdiriliş usulyna baglylygy üçfazaly transformatorlaryň aýratynlygy bolup durýar.

Şeýlelikde, transformatoryň şol bir sargy sanlarynda sargylaryň degişli birikdiriliş çyzgysyny saýlap onuň transformasiýa koeffisiýentini $\sqrt{3}$ ulaldyp ýa-da kiçeldip bilýäris.

4. Awtotransformatorlar we ölçeýji transformatorlar.

Awtotransformatoryň prinsipial çyzgysy 104-nji suratda görkezilen. Awtotransformatorda birinji sargynyň bölegi ikilenji sargy hökmünde ulanylýar, şonuň üçin hem birinji we ikilenji zynjyrlaryň arasynda magnit baglanyşygyndan başga-da elektrik baglanyşygy bar. Muňa laýyklykda, birinji zynjyrdan ikilenji zynjyra

energiya magnitgeçiriji boýunça utgaşýan magnit akymy bilen, şeýle hem gönümel geçiriji bilen hem geçirilýär.



Surat – 104. Awtotransformatoryň çyzgysy

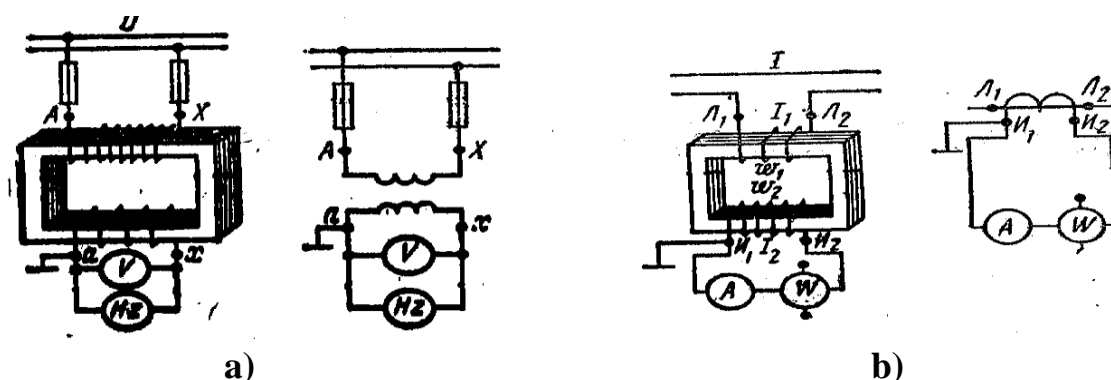
Transformatoryň sargylarynda bolşy ýaly transformator EHG - niň formulasynyň awtotransformatoryň sargysyna hem ulanyň bolmagy, awtotransformatoryň transformasiya koeffisiýentini belli gatnaşyklar arkaly aňlatmaga mümkinçilik berýär:

$$k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{E_2 U_2 I_1}{E_1 U_1 I_2}$$

Birwagtda birinji we ikilenji zynjyrlara degişli bolan sargylar bölüminiň üstünden sarymlaryň elektrik birikdirilmeginiň netijesinde, biri-birine garşy ugrukdyrylan, eger transformasiya koeffisiýenti gaty uly bolmasa, biri-birinden ululyklary boýunça az tapawut edýän I_1 we I_2 toklar akýar. Şonuň üçin olaryň tapawutlary gaty uly däl we sarymy inçejik geçirijiden ýasamak mümkin. Şeýlelikde, $k = 1,2 - 2$ transformasiya koeffisiýentinde misiň ep-esli mukdary tygşytlanylýar.

Uly transformasiya koeffisiýentlerinde awtotransformatoryň bu artykmaçlygy ýitýär. Birinji we ikilenji sarymlaryň elektrik birikdirilmegi abzalyň ulanylmagynda howpy ýokarlandyryýar, çünki peseldiji awtotransformatorda izolýasiya deşilende (proboý) operator birinji zynjyryň ýokary naprýaženiýesiniň aşagynda galyp biler. Awtotransformatorlar üýtgeýän toguň kuwwatly hereketlendirijilerini goýbermek, ýagtylandyryjy setlerde naprýaženiýeni sazlamak üçin, şeýle hem beýleki, naprýaženiýeleri uly bolmadyk çäklerde sazlamak zerur bolan ýagdaýlarda ulanylýar.

Naprýaženiýäniň we toguň ölçeýji transformatorlary ölçeýji abzallary, awtomatiki sazlaýjy we goraýjy abzallary ýokary woltly zynjyrlara birikdirmek üçin ulanylýarlar. Olar ölçeýji gurluşlaryň ölçeçlerini we massasyny azaltmaga, hyzmat edýän adamlaryň howpsuzlygyny üpjün etmäge, üýtgeýän toguň ölçeýji abzallarynyň ölçeýiş çäklerini giňeltmäge mümkinçilik berýärler. Naprýaženiýäni ölçeýji transformatorlar woltmetrleri we ölçeýji abzallaryň naprýaženiýe sarymlaryny birikdirmäge gulluk edýärler (105-nji a surat). Bu sargylaryň uly garşylyklarynyň barlygy we az kuwwat harçlaýandyklary sebäpli, naprýaženiýäniň transformatorlaryny boş iş kadasynda işleýär diýip hasap edip bolar. Togy ölçeýji transformatorlar ampermetrleri we ölçeýji abzallaryň tok katuskalaryny birikdirmek üçin ulanylýarlar (105-nji b surat).



Surat – 105. Naprýaženiýäniň we toguň ölçeýji transformatorlary

Bu katuskalaryň gaty az garşylyklary bar, şonuň üçin toguň transformatorlary gysga utgaşma kadasynda işleýärler diýip bolar. Transformatoryň özeninde jemleýji magnit akymy birinji we ikilenji sarymlar tarapyndan döredilýän magnit akymalarynyň tapawudyna deňdir. Toguň transformatorynyň kadaly iş ýagdaýlarynda ol uly däl. Ýöne ikilenji sarymyň zynjyrynyň aýrylmagy bilen özende magnit akymalarynyň tapawudyndan gaty ýokary bolan diňe birinji sarymyň magnit akymy bolar. Özende ýitgiler çalt ýokarlanar, transformator gyzar we hatardan çykar. Mundan başga-da, aýrylan ikilenji sarymyň uçlarynda operatoryň işi üçin howply bolan uly EHG peýda bolar. Şonuň üçin toguň transformatoryny oňa ölçeýji abzal birikdirmezden shema birikdirmek bolmaýar. Hyzmat edýän adamlaryň howpsuzlygyny ýokarlandyrmak üçin ölçeýji transformatoryň kožuhy gowy ýere birikdirilen bolmaly.

5. Kebşirleýiş transformatorlary.

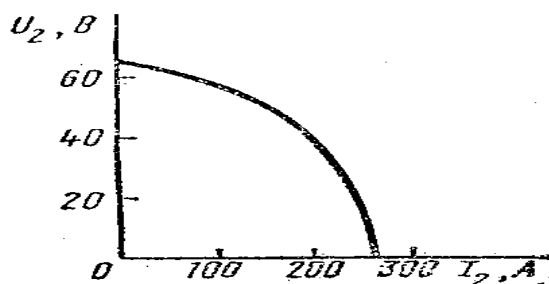
Kebşirleýji abzallary iýmitlendiriji çeşmelere ýörite talaplar bildirilýär: berilen kuwwatda olar ýükde uly toklar döretmeli, şonuň ýaly-da ýüküň garşylygynyň birden üýtgemegi kebşirleýiş togunyň ululygyna gaty täsir etmeli däl.

Uly toklarda gaty bir uly bolmadyk naprýaženiýeler diňe kebşirleýiş kontaktynda effektiv ýylylygy çykaryjylygy üpjün etmän, eýsem uly elektrogeçirijiligi bolan metall gurluşlaryň arasynda işleýän kebşirleýjiniň hem howpsuzlygyny üpjün edýär.

Seredilen talaplara baglylykda kebşirleýiş transformatorlary 220 W-dan 380 W-ta çenli bolan naprýaženiýäniň 60-70 W-ta çenli peseldilmegini üpjün edýärler. Munuň ýaly naprýaženiýä ikilenji sarymyň gysgyçlarynda kebşirleýji transformatoryň boş iş kadasynda bolýar. Kebşirleýiş prosesinde ol 60-70 W maksimal bahasyndan nula ýakyn bahalaryna çenli üýtgäp durýar.

Kebşirlemede ýüze çykýan elektriki duganyň garşylygy kabşirleýjiniň eliniň süýşmegi bilen üýtgeýär. Eger transformatoryň ikilenji sarymynyň gysgyçlarynda naprýaženiýä üýtgeşsiz saklanýan bolsady, onda zynjyrda toguň birden üýtgemegi bolup bilerdi we ýylylygyň çykarylmagyny sazlamak mümkin bolmazdy. Şonuň üçin, kebşirleýji transformatorlar duganyň garşylygynyň birden üýtgemegi bilen zynjyrynyň togy azajyk ulalar ýaly, ýylylygyň mukdaryny kesgitleýän $I^2 R$ bolsa talap edilýän derejede durar ýaly gurnalýar.

Omuň kanuna laýyklykda garşylygyň birden kiçelmegi we toguň azajyk ulalmagy bilen duganyň naprýaženiýesi kiçelýär. Kebşirleýji transformatoryň dik azalýan daşky häsiýetnamasy bar.



Surat – 106. Kebşirleýiş transformatoryň daşky häsiýetnamasy

Kebşirleýiş transformatory elektrodyň kebşirleme sepine degen ýagdaýynda ýüze çykýan gysga utgaşmalara çydamlydyr. Daşky häsiýetnamasynda görnüşi ýaly gysga utgaşma togy çäkli (surat - 106). Transformatoryň ikilenji sarymy bu toguň uzak wagt akmagyna hasaplanylýar.

Iýmitlendiriji setiň hemişelik naprýaženiýesinde toguň azajyk ýokarlanmagynda, çykyş naprýaženiýasynyň çalt kiçelmegini diňe transformatoryň sarymlarynda içki naprýaženiýäniň düşürilmegi (padeniýe wnutrennego naprýaženiýe) bilen amala aşyryp bolar. Munuň üçin sarymlaryň garşylyklaryny ýokarlandyrmak zerurdyr.

Kebşirleýiş transformatorlaryny uly we sazlanýlan garşylykly sarymlar bilen ýasaýarlar. Şonda geçirijileriň aktiw garşylygyny däl-de, sarymlaryň ýylylygy ýaýradyjy induktiw garşylygyny ulaldýarlar, çünki aktiw garşylygyň ulaldylmagy energiýanyň ýitgileriniň ýokarlanmagyna we transformatoryň gyzmagyna getirip biler.

Sarymlaryň ýylylygy ýaýradyjy induktiw garşylygyny ulaltmak üçin transformatoryň özenine ýaýraýjy akymy ýokarlandyrýan şuntlaýjy magnitgeçiriji steržen goşulýar.

Sarymlaryň ýylylygy ýaýradyjy induktiw garşylygyny ulaltmak üçin başga usullar hem ulanylyp biler.

TEMA № 9: HEMIŞELIK TOGUŇ ELEKTRIK MAŞYNLARY

5.9.1.Hemişelik toguň elektrik maşynlary barada umumy düşünje

1. Hemişelik toguň elektrik maşynlarynyň gurluşy. Elektrik maşynlaryň öwrülip bilijiligi.

Elektrik maşynlary mehaniki energiýany elektrik energiýa ýa-da tersine elektrik energiýany mehaniki energiýa öwürmek üçin niýetlenendir. Başgada elektrik maşynlary elektrik energiýanyň bir görnüşini başga bir görnüşli elektrik energiýa öwürmekde hem ulanylýar. Elektrik maşynlaryň işleýiş prinsipi elektrik toklaryň we magnit meýdanlaryň özara täsirini kesgitleýän elektromagnit induksiýa kanunlaryna esaslanandyr.

Elektrik maşynlaryň görnüşleri:

1. Generatorlar - mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürüji maşynlar.
2. Elektrik dwigateller - elektrik energiýany mehaniki energiýa öwürüji maşynlar.
3. Transformatorlar-belli bir naprýaženýaly üýtgeýän ýa-da yrgyldylytogy şol ýygylýkdaky başga bir üýtgeýän tok naprýaženýasyna öwürmek üçin niýetlenen gurluşlar.
4. Ýörüte elektrik maşynlar –elektromaşyn öwürüjiler, elektromaşyn güýçlendirijiler, selsinler we beýleki ýörüte maşynlar.

Elektrik maşynlaryny generator ýa-da elektrodwigatel hökümünde ulanmak bolar. Elektrik maşynlarynyň energiýany öwürmekde ugruny üýtgetme häsiýetine elektrik maşynlaryň **öwrülme häsiýeti** diýilýär. Bu häsiýeti elektrik energiýanyň bir görnüşini başga bir görnüşine öwürmekde hem ulanmak bolar (*üýtgeýän toguň ýygylýgyny we fazalarynyň sanyny; hemişelik toguň naprýaženiýasyny*). Bu görnüşli elektrik maşynlara öwürüjiler diýilýär.

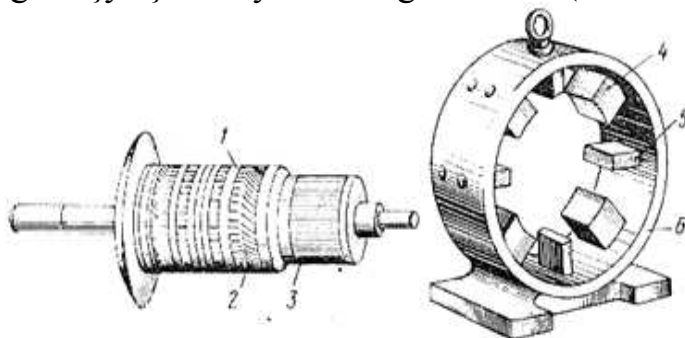
Elektrik maşynlary ulanylýan ýeriniň togunyň görnüşlerine laýyklykda hemişelik we üýtgeýän tok maşynlaryna bölünýärler.

Elektrik maşynlaryň öwrülme ukyby bardyr, ýagny şol bir elektrik maşyn hem generator, hem-de elektrik dwigatel bolup hyzmat edip biler. Şonuň üçin elektrik maşynlaryň gurluşy öwrenilende generatoryň hem-da dwigateliň gurluşyny bir zat hökümünde seredip bolar.

Hemişelik tok generatorlary esasan dört bölekden durýar:

- stator, ýakor, kollektor, çotkalar.

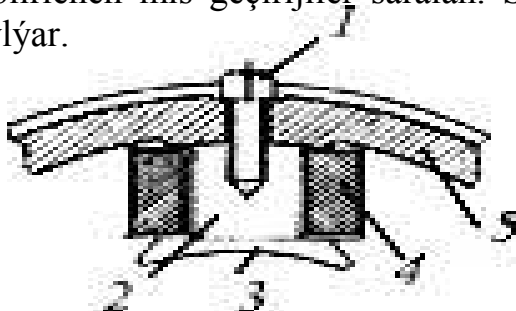
Generatorlaryň gurluşy aşadaky suratda görkezilen (surat 107).



Surat-107. Elektrik maşynynyň esasy bölekleri.

1-wal; 2-sarym; 3-kollektor; 4-esasy polýus; 5-goşmaça polýus; 6- stator (korpus, stanina)

Stator bolup içine polýuslar (surat-108) berkidilen korpus hyzmat edýär. Generatornyň korpusy dinamopolatdan(dinamo-effekt- özünde magnit meýdanyny öýarmak we saklamak häsiýetli), polýuslar bolsa transformator poladynyň listlerinden ýasalan. Polýuslaryna izolirlenen mis geçirijiler saralan. Stator generatornyň hereket etmeýän bölegi hasaplanylýar.



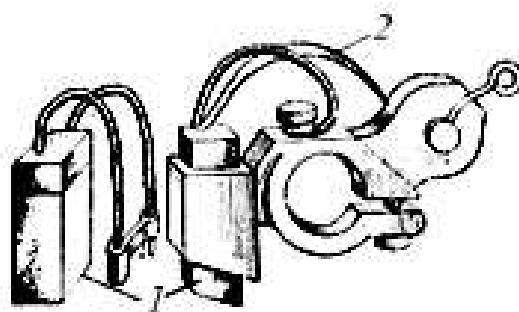
Surat-108.Statoryň polýusynyň gurluşy

1- berkidiji bolt; 2-polýusyň özeni; 3-polýusyň ujy; 4-oýaryjy sarym; 5-stator

Rotor generatornyň aýlanýan bölegi bolup durýar. Rotor haýsy hem bolsa bir mehaniki energiýanyň çeşmesiniň kömegi bilen aýlandyrylýar. Maşynlaryň generatorlarynyň rotary dwigatelden herekete getirilýär.Rotor bir wala berkidilen ýakordan we kollektorlardan durýar. Ýakor, pazalarynda (oýtaňlarynda) sarymyň sargylary ýerleşdirilen özenden durýar.Ýakoryň özeni statoryň magnit meýdanyny güýçlendirmek üçin hem hyzmat edýar. Ol wihr toklarynyň emele gelmegini peseltmek maksady bilen 0,5mm golaý galyňlykdaky transformator poladynyň listlerinden ýasalaryar. Özeni sowatmak maksady bilen akýan howanyň geçmegi üçin onuň özünde ýörite kanallar göz önüne tutulan. Ýakoryň sarymlary izolirlenen mis geçirijilerden taýýarlanan we olaryň uçlary kollektor plastinalaryna birikdirilen.

Kollektor biri-birinden izolirlenen mis plastinalardan ybaratdyr. Kollektoryň içinden hem sowadyjy howanyň geçmek mümkinçiligi bardyr.

Çotkalar mis grafit külkesinden gysylp taýýarlanan (surat - 109). Çotkalar ýörite saklaýjy gurluşlarda oturdulyp, kollektora pružinler bilen üstünden gysdyrylýar. Çotkalaryň üstünden tok almak üçin olara geçirijiler birikdirilýär.

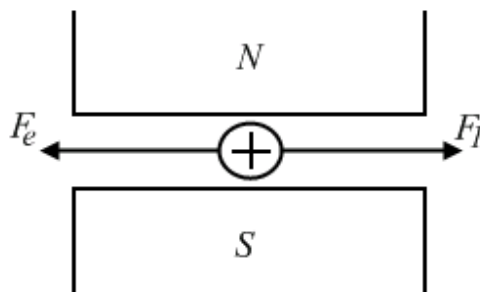


Surat-109.Elektrik maşynlaryň çotkalary.

1-çotkalar;2-saklaýjy prujin

2. Hemişelik toguň maşynlarynyň iş prinsipi.Ýakoryň sarymy barada düşünje. Kollektor we onuň niýetlenilişi.

Elektrik maşynlarynyň işleýiş prinsipleri elektromagnit induksiýasynyň we elektromagnit güýçleriniň kanunlaryny ulanmaklyga esaslanandyr. Eger hemişelik ýa-da elektromagnit polýuslarynyň magnit meýdanyna geçirijini ýerleşdirsek we haýsy hem bolsa bir F_l güýjiň täsiri bilen ony magnit akymyna perpendikulýar hereket etdirsek, onda geçirijide elektrohereketlendiriji güýç (E) emele geler (surat-110).



Surat-110. Ýönekeý elektrik maşynynyň işleýiş prinsipi

Magnit meýdanyna perpendikulýar hereket etdiriliýän bir geçirijide emele gelýän elektrohereketlendiriji güýç ($E_{geç}$) aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär

$$E_{geç} = Blv,$$

bu ýerde $E_{geç}$ - bir geçirijide induktirlenýän EHG, V; B – magnit induksiýa, Tl; l – geçirijiniň aktiw uzynlygy, m; v – geçirijiniň göni tizligi, m/sek.

Durmuşda ulanylýan generatorlarda göni v hereket däl-de aýlaw hereketi ulanylýar. Bu ýagdaýda EHG-ň ýüze çykmagyny aşakdaky görnüşde getirmek bolar:

$$E = c\Phi n$$

bu ýerde $\frac{al\pi D}{S \cdot 60} = c$ – generatornyň gurluş hemişeligi.

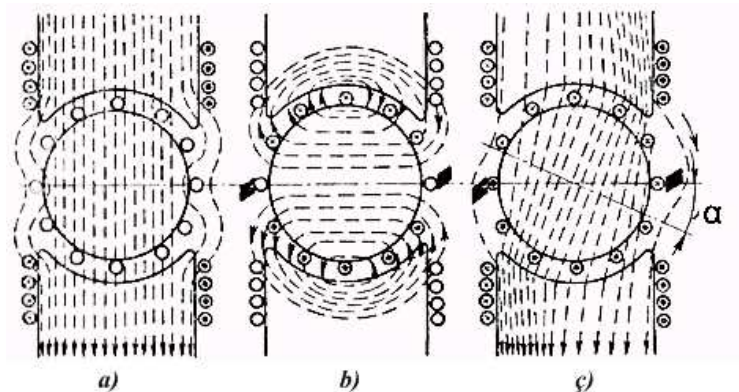
Hemişelik tok generatorynyň elektrohereketlendiriji güýji statoryň magnit akymyna we rotaryň aýlaw sanyna (aýlaw tizligine) göni baglydyr. Ondan başgada generatornyň gurluşyna hem baglydyr.

3. Ýakoryň reaksiýasy. Kommutasiýa we ony gowulaşdyrmagyň usullary.

Goşmaça polýuslar.

Ýakoryň magnit meýdanynyň statoryň magnit meýdanyna täsirine ýakoryň reaksiýasy diýilýär.

Generatorlaryň agramlykda, ýagny daşky zynjyra birikdirilen ýagdaýyndaky işinde ýakoryň sarymyndan akýan tok magnit meýdanyny emele getirýär (surat - 111). Maşynyň jemleýji magnit meýdany Φ_{st} we Φ_{yak} magnit akymalarynyň her nokadyny geometriki goşmak arkaly alynan. Haçanda ýakor aýlanyp polýuslaryň aşagyndan çykanda, stator bilen ýakoryň magnit meýdanlary bir ugura tarap gönükýär we netijede maşynyň magnit meýdanlary güýçlenýär. Emma ýakoryň aýlanyp polýuslaryň aşagyna girýän tarapynda magnit akymlar Φ_{st} we Φ_{yak} biri-birine ters gönükdirilendir we bu tarapda maşynyň magnit meýdany peselýär.



Surat-111. Ýakoryň reaksiýasy.

**a) – statoryň magnit meýdany (Φ_{st}); b) - ýakoryň magnit meýdany ($\Phi_{řak}$);
ç) - agramlykda işleýän generatorýň jemleýji magnit meýdany**

111-nji ç suratda görkezilen generatorýň statorynyň we ýakorynyň ortasyndan magnit akymyna perpendikulýargeçýan neýtral liniýa ab ýakoryň reaksiýasynyň täsiri bilen ýakoryň aýlanýan ugruna α burç bilen öwriler.

Merkezi çyzygyň süýşmegi aşakdaky ýaramaz täsirli netijelere getirýär:

- generatorýň E peselmegi;
- kollektor bilen çotkalaryň arasynda üçgunyň emele gelmegi;
- ýakoryň sarymynyň gyzmagy.

Generatorýň Epeselmegi çotkalaryň oturdylan ýeriniň neýtralliniýa bilen gabat gelmezligi netijesinde ýüze çykýar. Başgaça aýdylanda ýakoryň sarymynda heniz tok barka kollektor çotkadan aýrylýar.

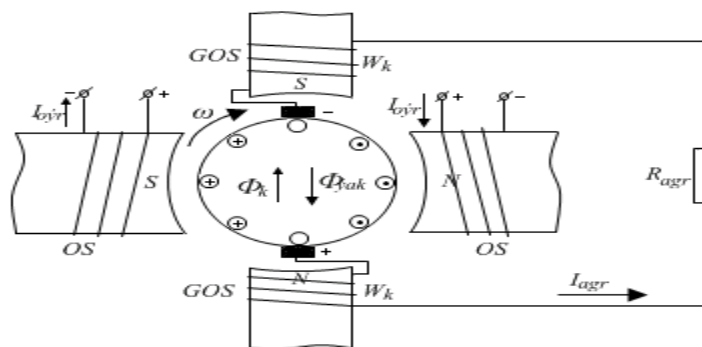
Ýakoryň reaksiýasyny aradan aýyrmagyň bir usuly çotkalaryň oturdylýan ýerini ýakoryň reaksiýasynyň ugruna deň bolan α burça süýşürmekdir. Bu ýerde bir zady bellemeli, ýakoryň magnit meýdany onuň sarymyndan akýan tok bilen emele getirilýän bolsa, onda ýakoryň reaksiýasynyň ululygy generatorýň agramlygyna baglydyr we agramlygyň üýtgemegi bilen ýakoryň reaksiýasynyň ululygy hem üýtgär.

Kuwwaty uly bolmadyk (3 kWtçenli) generatorlarda ýakoryň reaksiýasyny azaltmak üçin ýörüte niýetlenen göşmaça gurluşlar ulanylmaýar.

Belli bir derejede hemişelik agramlyklarda işleýän kuwwatly stasionar generatorlarda ýakoryň ýaramaz täsirini aradan aýyrmak üçin çotkalar neýtral liniýalaryň süýşýän birçuna deň bolan burç bilen süýşürilip goýulýar.

Uçýan apparatlarda ulanylýan generatorlar üýtgeýän agramlylyklarda işleýändigini üçin neýtral liniýany hemişelik saklamak mümkin däl. Şonuň üçin, ýakoryň reaksiýasynyň ýaramaz täsirini aradan aýyrmak maksady bilen statorda goşmaça (kompensirleýji) polýuslar W_k oturdylýar. Esasy polýuslara garanynda goşmaça polýuslar kiçi göwrümde ýasalýar, polýuslara saralýan diametri boýunça belli bir derejede inçe bolan sarymlar agramlyga yzygider birikdirilýär.

Goşmaça polýuslar statorda kompensirleýji magnit akym Φ_k ýakoryň magnit akymyna $\Phi_{řak}$ garşylykly bolar ýaly oturdylýar (surat - 112). Magnit akym Φ_k we $\Phi_{řak}$ ululyklary boýunça deňdir.



Surat-112. Goşmaça polýuslaryň kömegi bilen ýakoryň reaksiýasyny aýyrmak

Mysal üçin, agramlygyň ýokarlanmagy bilen, ýakoryň togy we onuň emele getirýän magnit akymy Φ_{yak} hem ýokarlanýar, şol bir wagtda goşmaça polýuslarda hem garşylyly ugrukdyrylan kompensirleýji magnit akymy Φ_k emele gelýär.

Şeýlelikde generatorlarda oturdylan goşmaça polýuslar ýakoryň reaksiýasyny ýaramaz täsirini peseltýar. Ýerine ýetirýän işiniň peýdalydygyna garamazdan, goşmaça polýuslar gysga utgaşma togunyň has ýokary bolmagyna sebäp bolup biler. Gysga utgaşma kadasynda goşmaça polýuslaryň sarymyndan tok akýar, bu tok statoryň magnitleşmegini, ol hem galyndy magnit induksiýasynyň induktirlenýän elektrohereketlendiriji güýjiniň (E) ýokary bolmagyna sebäp bolýar.

Kommutasiýa togy diýilip seksiyalaryň bir parallel şahadan beýleki şaha geçmegine hem-de bu ýagdaýda onda toguň ugrunyň üýtgemegine aýdylýar.

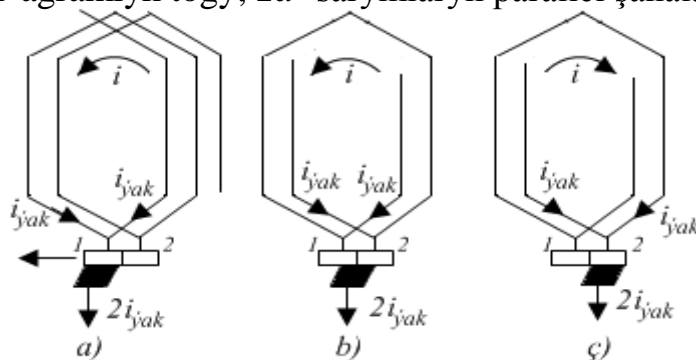
Hemişelik tok elektrik maşynyň ýakory aýlananda kollektor plastinalar gezekli-gezeginde çotka bilen galtaşýarlar we belli bir wagt pursatynda seksiya ýa-da birnäçe seksiyalar çotka galtaşýar. Kollektor plastinalary bilen çotkalaryň arasynda geçiş garşylygy örän az bolanlygy üçin bu gysga utgaşma golaý bir hadysadyr.

Aşakdaky suratda ýönekeý parallel sarymyň seksiýasy görkezilen (surat - 113).

Bu seksiyadan bir parallel şahanyň togy akýar:

$$i_{\text{yak}} = I/2a,$$

bu ýerde I -agramlyk togy; $2a$ - sarymlaryň parallel şahalarynyň sany.



Surat-113. Sarymlaryň kommutirlenýän seksiýasialary

Ýakor aýlananda onuň sarymlary we kollektor hereketsiz çotka görä sagdan çeppe aýlanýar. Kommutasiýanyň başlangyjyna gabat gelýän pursatda çotka sarymyň her birinden parallel şahalaryň togy geçýän iki sany geçiriji birikdirilen kollektor plastinasyny 1 bilen galtaşýar. Şeýlelikde, kollektor plastinasynyň hem-de çotkanyň üstinden iki parallel şahalaryň toklarynyň jemine ($2i_{\text{yak}}$) deň bolan tok akýar.

Görkezilen seksiyada tok bir parallel şahanyň toguna deňdir we bu pursatda tok sagat strelkasynyň ugrunyň tersine gönükdirilendir.

Ýakoryň mundan soňky aýlanmasynda çotka görkezilen seksiyany utgaşdyryp, kollektor plastinalary 1 we 2 bilen galtaşar (surat-113 b). Belli bir wagt pursadyndan soň çotka dolulygyna beýleki kollektor plastinasyna 2 geçer we tok bu seksiyada ugruny ters tarapa üýtgeder (surat-113 ç). Seksiyanyň geçiş wagtyna kommutasiýa peridy diýilýär we ol örän az wagtdyr. Bu wagtda seksiyanyňtohy $+ i_{yak}$ - dan $- i_{yak}$ çenli üýtgeýär. Seksiyada toguň üýtgemegi, onda belli bir ululykly özünden induktirlenme EHG emele getirýär. Mundan başgada, özünden induktirlenme hadysasy birbada ähli seksiyalarda ýüze çykýandygy sebäpli özara induksiýa EHG hem ýüze çykarýar.

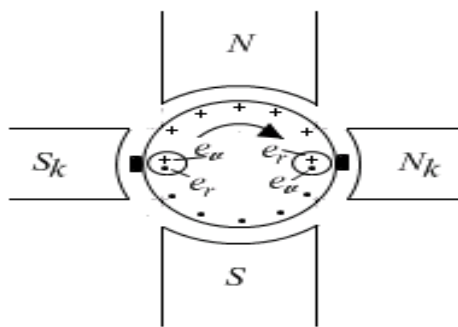
Özünden induktirlenmäh we özara induksiýan elektrohereketlendiriji güýçlerinereaktiw EHG (e_r) diýilýär. Reaktiw EHG (e_r) toguň ugruny üýtgetmegine päsgel berýär weçotkanyň galtaşýan ýerinde toguň dykzlygynyň deňligini bozýar. Bu bolsa uçgunyň emele gelmeginiň esasy sebäbi hasaplanylýar. Uçgunyň emele gelmegi esasan seksiyanyň çotka galtaşýan ýeriniň aýrylýan pursadynda has köp duýulýar.

Toguň aşa dykzlygy çotka bilen kollektoryň arasynda potensiýallaryň tapawudy bar bolan ýagdaýynda egri (дуговой) razrýadyň emele gelmegine getirýär we ol çotka bile kollektoryň arasyndaky ýuka howa gatlagyny ionlaşdyryp razrýadyň has ýokarlanmagyna getirýär. Egri (дуговой) razrýadyň garşylykly polýusly çotka geçip kollektorda aýlanýan ýalny emele getirip, onuň zaýalanmagyna getirýär.

Çotkalarda uçgunyň emele gelmegi birnäçe başga sebäplere görä hem ýüze çykyp biler: kollektoryň üstiniň tekizliginiň ýaramazlygy; çotkalaryň degmegi; kollektoryň üstüniň hapalanmagy; oňa çyg (suw) degmegi we ş.m. Şotkalaryň azajyk hem uçgunlamagy ýaramaz häsiýetdir, bu çotkalaryň we kollektoryň ýitgisini köpeltýär hem-de çotka bilen kollektoryň arasyndaky geçiş garşylygyň ýokarlanmagy netijesinde olaryň gyzmagyna getirýär.

Kommutasiýany gowulaşdyrmagyň netijeli usuly reaktiw EHG tasirini ýatyrmak bolup durýar. Munuň üçin kommutirlenýän seksiyanyň aktiw taraplarynyň golaýynda daşky magnit meýdanyny emele getirmek gerekdir. Bu ýagdaýda seksiyada aýlanma netijesinde emele gelýän EHG (e_v) reaktiw EHG deň we garşylykly bolmaly, ýagny $e_v = -e_r$. Bu daşky magnit meýdany emele getirmek üçin esasy polýuslaryň arasynda goşmaça polýuslar (N_k we S_k) oturdylýar.

Eger generatoryň ýakory sagat ugruna aýlanýan bolsa, onda ýakoryň sarymynda EHG induktirlener we daşky zynjyra birikdirilen ýagdaýynda tok akar. Geçirijilerde EHG we toguň ugry gabat geler. 114-nji suratda seksiyanyň 1 we 2 sarymlary aýratyn görkezilen. Kommutirlenýän seksiyada reaktiw EHG (e_r) 1 we 2 geçirijilerdäki toguň üýtgemeginiň tersine ugrukdyrylan bolup toguň ugrunyň üýtgemegine päsgel berer.



Surat-114. Hemişelik tok generatorlarynda goşmaça polýuslaryň oturdylyşywe meýdanlarynyň ýerleşşi

Reaktiw EHG ýatyrmak üçin 1 we 2 geçirijilerde, goşmaça polýuslaryň (N_k we S_k) kömegi bilen aýlanma EHG (e_v) emele getirilýär.

Şeýlelikde, generatorda goşmaça polýuslar rotaryň aýlanýan ugrunda öňündäki esasy polýusyň polýusy bilen gabat gelmeli.

Elektrodwigatellerde bolsa goşmaça polýuslar rotaryň aýlanýan ugrunda geçen esasy polýus bilen gabat gelmeli.

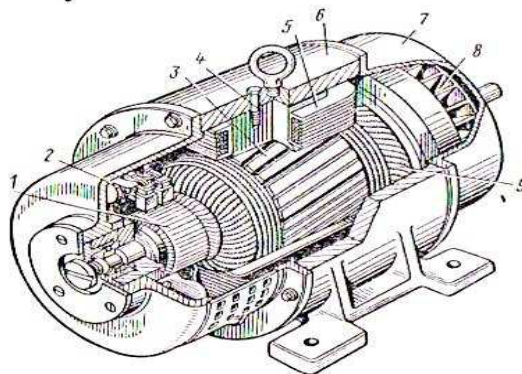
Goşmaça polýuslaryň oýaryjy sarymlary, reaktiw EHG –ni ahli agramlyklardahem ýatyrмага mümkinçilik berer ýaly ýakoryň sarymyna yzygider birikdirilýär. Bu maksat bilen hem, goşmaça polýuslaryň magnit zynjyry doýgun däl, ýagny ýakor bilen goşmaça polýuslaryň arasyndaky howa giňişligi belli bir derejede giňdir, bu bolsa magnit akymyny peseldip goşmaça polýusyň magnitden doýgunlaşmagyna mümkinçilik bermeýär.

Reaktiw EHG-niň ýakoryň toguna gabat gelyändigini (proporsionallygy) üçin, ol elektrik maşynyň nähili agramlykda bolýandygyna garamazdan, hatda aýlanma EHG (e_v) agramlyk toga deň bolan ýagdaýynda hem, reaktiw EHG (e_r) basyp ýatyrýar. Bu sebäpden hem, magnit meýdany kommutasiýa bölekde ýakoryň toguna baglylykda üýtgemeli.

5.9.2. Hemişelik toguň generatorlary

1.Özbaşdak oýandyryjyly hemişelik toguň generatory.

Hemişelik tok generatorlaryň ýakorynyň sarymynda EHG-i induktirlemek üçin gerekli magnit meýdanyny hemişelik magnitli ýa-da elektromagnitli stator emele getirýär. Hemişelik tok generatoryň gurluşy 115-nji suratda görkezilen.



Surat-115. Hemişelik tok elektrik maşynyň gurluşy.

1-kollektor; 2-çotkalar; 3-ýakor; 4-esasy polýus; 5-oýaryjy sarym; 6-stator; 7-podşipnikli şit; 8-wentilýator; 9-ýakoryň sarymy

Statorynyň magnit meýdanynyň emele getirilişi boýunça hemişelik tok generatorlary aşakdakylara bölünýärler:

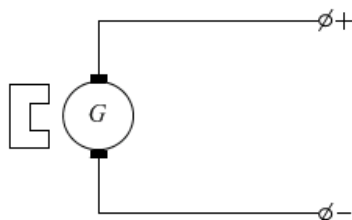
- magnitoelektrik generatorlar;
- özbaşdak oýandyryjy sarymly generatorlar;
- özünden oýandyryjy sarymly generatorlar.

Magnitoelektrik generatorlar.

Statorynyň magnit meýdany hemişelik magnitiň kömegi bilen emele getirilýän generatorlar magnitoelektrik generatorlar diýlip atlandyrylýar (surat-116). Bu görnüşli generatorlar pes kuwwatly ýörite niýetlenen maşynlar hökümünde ulanylýar. Statoryň magnitakymyhemişelik ($\Phi = \text{const}$) bolandygy sebapli bu maşynlarda EHG-iň deňlemesi aşakdaky görnüşde bolar:

$$E = c\Phi n = kn$$

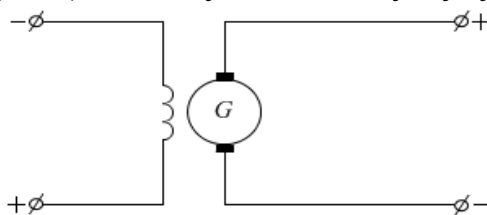
Magnitoelektrik generatorlaryň EHG-i rotaryň aýlanma tizligine göni baglydyr (proporsionaldyr). Uçarlarda magnitoelektrik generatorlarawiadwigateliň rotorynyň aýlanma tizligini ölçemek üçin tahogenerator hökümünde ulanylýar.



Surat-116. Magnitoelektrik generatorlaryň shemasy

Özbaşdak oýandyryjy sarymly generatorlar. Esasan has giňişleýin ulanyşa eýe bolan generator statory elektromagnitli generatorlardyr (surat - 117). Statoryň polýuslarynyň elektromagnit sarymlaryna oýaryjy sarym diýilýär.

Generatorlaryň oýaryjy sarymlaryny iýmitlendirmegiň birnäçe usullary ulanylýar. Özbaşdak oýaryjy sarymly generatorlarda oýaryjy sarym başga bir tok çeşmesinden iýmitlendirilýär (akkumulýator batareýasy ýa-da başga hemişelik tok generatory).



Surat-117. Özbaşdak oýaryjy sarymly generatorýň shemasy

Oýaryjy saryma yzygider ýagdaýda reostat birikdirilýär. Reostatyň kömegi bilen oýaryjy sarymyň toguny we onuň netijesinde statoryň magnit akymyny üýtgetmek bolar. Bu bolsa ýakoryň sarymynda induktirlenýän EHG-i üýtgetmäge mümkinçilik berýär.

Özbaşdak oýaryjy sarymly generatorlaryň kemçiligi - olarda goşmaça iýmitlendiriji çeşmesiniň ulanmagyň gerek bolmagydyr.

2. Özünden oýandyryjyly generatorlar. Hemişelik toguň generatorynyň özünden oýandyrylmasy.

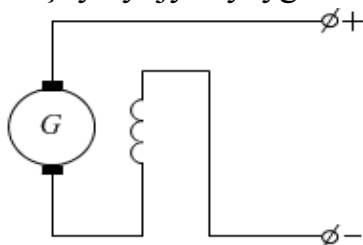
Bu generatorlarda oýaryjy sarymlar generatorýň özüniň öndüren togundan iýmitlendirilýär. Bellik: bu ýagdaýda, eger ýakoryň sarymlarynda heniz EHG emele

gelmedik bolsa oýaryjy sarymda tok bolmaz. Beýleki tarapdan bolsa oýaryjy sarymda tok bolmasa ýakorda EHG emele gelmez. Munuň üçin, özünden oýaryjy sarymly generatorlarda oýaryjy sarymyň togy statoryň galyndy magnit meýdanynyň kömegi bilen ýüze çykýar. Ýakoryň galyndy magnit meýdanynda aýlanmagy bilen onuň sarymlarynda uly bolmadyk EHG (1-3V) emele gelýär. Emele gelen EHG-iň hasabyna oýaryjy sarymda oýaryjy tok ($I_{oý}$) akyp başlaýar.

Bu ýagdaýda statoryň magnit akymy ýokarlanýar, onuň netijesinde generatorýň EHG hem ýokarlanýar, ol bolsa oýaryjy sarymyň toguny ýokarlandyrýar. Oýaryjy tok hem öz gezeginde generatorýň EHG-ni ýokarlandyrýar. Generatorýň EHG-siniň ýokarlanmagy statoryň magnit doýgunlygyna ýetýänçä dowam eder. EHG-iň ondan soňky ýokarlanmasy ýakoryň aýlanma tizligine baglydyr.

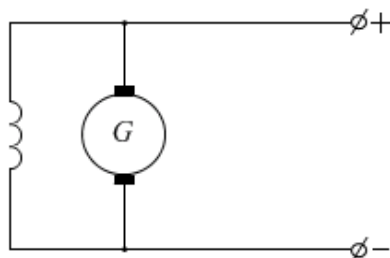
Birikdiriliş usuluna baglylykda özünden oýaryjy sarymly generatorlar üç görnüşe bölünýärler:

1. Yzygider oýaryjy sarymly generatorlar (serisnyýe) (surat - 118). Bu generatorlarda oýaryjy sarym daşky zynjyra yzygider birikdirilýär.



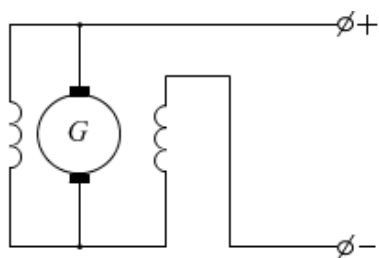
Surat-118. Yzygider oýaryjy sarymly generatorýň shemasy

2. Parallel oýaryjy sarymly generatorlar (şuntowyýe) (surat-119). Bu generatorlarda oýaryjy sarym daşky zynjyra parallel birikdirilýär.



Surat-119. Parallel oýaryjy sarymly generatorýň shemasy

3. Garyşyk oýaryjy sarymly generatorlar (kompautnyýe) (surat-120). Bu generatorlarda iki sany oýaryjy sarym bolup olaryň biri daşky zynjyra yzygider beýlekisi bolsa parallel birikdirilýär.



Surat-120. Garyşyk oýaryjy sarymly generatorýň shemasy

Uçarlarda esasy hemişelik tok çeşmesi bolup parallel oýaryjy sarymly generatorlar giňişleýin ulanyşa eýe boldylar.

3. Hemişelik toguň generatorlarynyň energiýasynyň ýitgisi we peýdaly täsir koeffisienti.

Hemişelik toguň maşynlarynda üç görnüşli ýitgiler döreýär:

1. Maşynyň ýakory magnit meýdanynda aýlananda ýüze çykýan energiýanyň polatdaky magnit ýitgileri. Olar gisterezise we wihr toklaryna bolan ýitgilerden ybarat bolup durýär.

2. Ýakor aýlananda onuň polady üznüksiz ýagdaýda magnitleşýär. Magnitleşmäge sarp edilýän we ýylylyga öwrülýän kuwwat, gisterezise bolan ýitgileriň kuwwaty diýilip atlandyrylýar.

Şol bir wagtda ýakor magnit meýdanynda aýlananda polatda wihr toklary induktirlenýärler, olar hem onuň gyzmagyna getirýärler.

Ýakoryň mis sarymlaryny gyzdymaga we olar boýunça akýan toklar bilen ony oýarmaga gidýän kuwwadyň ýitgileri.

3. Sürtülmäniň hasabyna bolýan ýitgiler (podşipniklerde, aýlanýan bölümleriň howa bilen sürtülmesine we çotgalaryň kollektora bolan sürtülmesine).

Gisterezise we wihr toklaryna bolan ýitgileri ýapmaga sarp edilýän kuwwat poladyň agramyna, magnitleşmäniň ýygylgyna $f = p_n / 60$ we maksimal induksiýa B baglydyr.

Ýakoryň mis sarymlarynyň gyzmagyna we ony oýarmaga gidýän kuwwadyň ýitgilerini ýapmaga sarp edilýän kuwwat aşakdaky deňlemeler bilen kesgitlenýär:

a) parallel oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{yak}}^2 r_{\text{yak}} + U I_{\text{oýar}}$$

b) ýzygider oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{yak}}^2 (r_{\text{yak}} + r_{\text{jýar}})$$

ç) garyşyk oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{yak}}^2 (r_{\text{yak}} + r_{\text{jýar}}) + U I_{\text{oýar}}$$

Goşmaça polýuslar bar bolsa olaryň sarymlarynyň garşylyklary ýakoryň sarymynyň garşylygyna goşulýar.

Sürtülmäniň hasabyna bolýan ýitgiler diňe maşynyň aýlanma tizligine baglydyr we bu tizligiň ýokarlanmagy bilen ulalýar.

Maşynyň peýdaly täsir koeffisiýenti diýilip peýdaly kuwwatyň P_2 doly kuwwada P_1 bolan gatnaşygyna aýdylýar. Şeýlelikde, PTK:

$$\eta = (P_2 / P_1) 100 \%$$

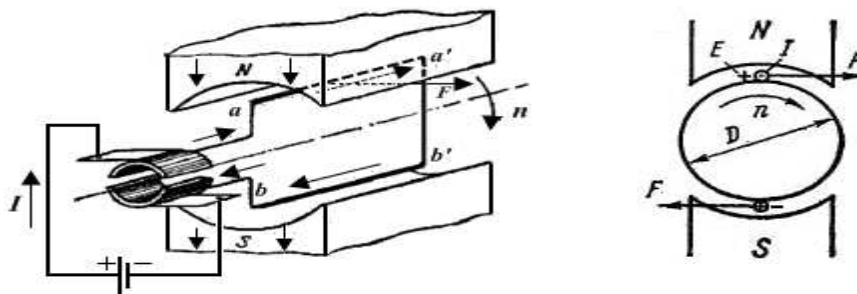
Maşyn generator kadasynda işläinde peýdaly kuwwat doly kuwwatdan generatordaky ýitgileriň hasabyna kiçidir, PTK bolsa:

$$\eta = (U I / U I + P_{\text{sürt}} + P_{\text{polat}} + P_{\text{mis}}) 100 \%$$

5.9.3. Hemişelik toguň dwigatelleri

1. Özbaşdak we parallel oýandyryjyly hemişelik toguň dwigatelleri. Aýlaw momenti. Dwigateliň walyndaky aýlaw we peýdaly momentleriniň arasyndaky baglanyşyk.

Hemişelik tok elektrik dwigatelleriň iş prinsipi tokly geçirijiniň elektrik meýdanyndan iteklenme hadysasyna esaslanandyr (surat - 121).



Surat-121. Hemişelik tok elektrodwigateliň işleýişi

Eger magnit meýdanynda ýerleşdirilen sarymdan tok akýan bolsa, onda onuň aa' we bb' işjeň taraplaryna sag eliň düzgünine gabat gelýän itekleýji elektromagnet güýç F täsir edýär.

Bu ýagdaýda itekleýji güýç sarymy sagat ugruna öwürýän aýlanma momenti ($M_{aýl.}$) emele getirýär. Sarymyň neýtral çyzykdan geçmegi bilen itekleýji güýjiň ugry sarymyň aa' we bb' işjeň taraplarynda ters tarapa üýtgär we şol bir täsir işjeň taraplary çalyşyp gaýtalanar. Neýtral çyzygy geçmegi bilen togyň sarymda akýan ugry üýtgär, oňa baglylykda itekleýji güýjiň hem ugry üýtgär we sarym üzniksiz aýlanar.

Hemişelik tok elektrik dwigatelleri aşakdaky böleklerden durýar:

1. Stator – magnit meýdanyny emele getirýär;
2. Ýakor – sarymyndan toguň akmagy netijesinde aýlanma momenti emele getirýän itekleýji güýç emele gelýär.
3. Kollektorlar we çotkalar – elektrik togynyň sarymlara barmagyny üpjün edýär.

Şeýlelikde hemişelik tok elektrodwigateller hem hemişelik tok generatorlaryňky ýaly birmeňzeş gurluşlardan durýar. Elektrodwigatelleriň we generatorlaryň gurluşlarynyň birmeňzeşligi şol bir gurluşly elektrik maşynynyň hem generator hem-de elektrodwigatel bolup işläp biljekdigini aňlatýar. Bu meňzeşlik häsiýete elektrik maşynlaryň öwrülme hasiýeti diýilýär.

Elektrodwigatelleri oýarmak hemişelik magnit ýa-da elektromagnetler bilen ýerine ýetirilýär. Hemişelik magnitli dwigatellere başgaça magnitoelektrik dwigateller diýilýär. Bu görnüşli elektrodwigateler pes kuwwatly ýörite dwigatellerdir.

Elektrodwigatelleriň elektromagnet oýaryjy sarymlary hem ýakoryň sarymlaryny iýmitlendirýän çeşmelerden iýmitlendirilýär.

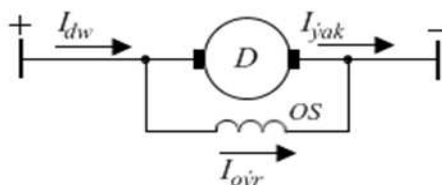
Bu dwigateller oýaryjy sarymlarynyň iýmitlendiriliş usullary boýunça üç görnüşe bölünýärler:

- parallel oýaryjy sarymly elektrodwigateller (şunt);
- yzigider oýaryjy sarymly elektrodwigateller (seris);
- garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigateller (kompaunt).

Parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatellerde oýaryjy sarymlaryň zynjyry ýakoryň sarymlarynyň zynjyry ýaly setiň hemişelik naprýaženiýesine birikdirilendir. Oýaryjy sarymlaryň zynjyry aýratyn hemişelik toguň çeşmesinden ýymtlendirip bolýar (özbaşdak oýandyryjyly). Iki ýagdaýda hem oýandyryjy tok ýakoryň toguna bagly dälendir.

Parallel oýaryjy sarymly elektrodwigateller diýlip oýaryjy sarymly ýakoryň sarymyna parallel birikdirilen elektrodwigatellere aýdylýar.

Bir geçirijili sete birikdirilen parallel oýaryjy sarymly elektrodwigateliň prinsipial shemasy (surat-122):



Surat-122. Parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň birikdirilişi.

Elektrodwigatele barýan tok (I_{dw}) iki sany şaha - ýakoryň togyna (I_{yak}) we oýaryjy toga (I_{ojr}) bölünýär. Bu ýagdaýda oýaryjy tok (I_{ojr}) elektrodwigatele berilýän nominal togyň 2-5% tutýar we kuwwatly oýaryjy magnit akymyny emele getirmek üçin oýaryjy sarymyň sarym sany köp bolmalydyr. Inçe simlerden saralan köp sanly sarymyň bolmagy parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň aýratynlyklarynyň biridir.

Parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň statorynyň magnit akymy ýakoryň togyna bagly dälendir, ýagny ol mehaniki agramlyga hem bagly dälendir (sebäbi ýakoryň togy agramlyga baglydyr). Ähli elektrodwigatelleriň aýlanma momentleri aşakdakylara deňdir:

$$M_{a\dot{\gamma}l} = k \cdot I_{yak}$$

parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatellerde $\Phi = const$ we $k\Phi = const$, onda:

$$M_{a\dot{\gamma}l} = k_I \cdot I_{yak}$$

Parallel oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň aýlanma momenti ýakoryň togunyň ululugyna gönü baglydyr (proporsionaldyr).

2. Özbaşdak we parallel oýandyryjyly hemişelik toguň dwigatelleriniň tizliginiň sazlanlyşy.

Ýakoryň aýlanma tizligini sazlamak diýlip dwigateliň waly hemişelik mehaniki agramlykda (ýagny, $M_{sak1} = const$) bolan ýagdaýynda ýakoryň aýlaw tizliginiň üýtgedilmegine aýdylýar.

Ýakoryň aýlanma tizligi özünden sazlanma ýagdaýynda üýtgeýär. Ýöne özünden sazlanma ýagdaýynda ýakoryň aýlanma tizligi mehaniki agramlygyň üýtgemegi netijesinde üýtgeýär, aýlanma tizligi sazlamakda bolsa mehaniki agramlyk hemişelik galýar. Mehaniki agramlygy hemişelik saklap aýlaw tizligi üýtgetmekligi öz-özünden sazlanma usulda ýerine ýetirip bolmaz.

Aýlanma tizliginiň formulasyna seredip tizligiň bahalaryny kesgitläp bileris:

$$n = \frac{U - I_{\text{yak}} R_{\text{yak}}}{c\Phi}$$

Ýakoryň sarymynda ýüze çykýan naprýaženýanyň düşmegi ($I_{\text{yak}} R_{\text{yak}}$) örän kiçi ululuk bolandygy üçin hasaba alynmasa hem bolar. Onda aýlanma tizlik aşakdaky görnüşde bolar:

$$n \approx \frac{U}{c\Phi}$$

Şeýlelikde ýakoryň aýlanma tizligini elektrodwigatele berilýän naprýaženýany ýa-da statoryň magnit akymyny üýtgetmek arkaly sazlap bolar.

Ýakoryň aýlanma tizligini naprýaženiýany üýtgetmek arkaly sazlamak üçin elektrodwigateliň zynjyryna yzygiderli edilip reosatat birikdirmeli. Ýöne bu usul reosatatda belli bir derejede kuwwatyň ýitirilýändigini sebäpli maksada laýyk däl.

Ýakoryň aýlanma tizligini sazlamak statoryň magnit akymyny üýtgetmek arkaly ýerine ýetirmek amatlydyr. Munuň üçin elektrodwigateliň oýaryjy sarymyna barýan tok üýtgedilýär. Formulalara laýyklykda rotaryň aýlanma tizligi statoryň magnit akymyna ters baglydyr. Aýlanma tizligiň üýtgemeginiň fiziki manysyny aşakdaky görnüşde düşündirip bolar.

Hemişelik mehaniki agramlykda statoryň magnit akymy peseldildi diýeliň. Statoryň magnit akymynyň peselmegi garşylykly elektrohereketlendiriji güýjiň (E_{gar}) peselmegine we ýakoryň togynyň (I_{yak}) ýokarlanmagyna getirer.

Bu ýagdaýda elektrodwigateliň aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýän aýlanma momenti nähili üýtgedilýär diýen sorag ýüze çykýar:

$$M_{\text{aýl}} = k\Phi I_{\text{yak}}$$

Bu aňlatma görä hem statoryň magnit akymy hem-de ýakoryň togy bilelikde üýtgeýär, ýagny magnit akymy peseler, ýakoryň togy bolsa ýokarlanar. Bu ululuklaryň haýsy biriniň has çalt üýtgeýändigini sanlary göýüp seredilse has anyk bolar.

Mysal üçin, elektrodwigatele berilýän naprýaženiýa $U=28 \text{ V}$, ýakoryň sarymynyň garşylygy $R_{\text{yak}}=0,1 \text{ Ohm}$ we statoryň magnit akymy we aýlanma tizlik garşylykly elektrohereketlendiriji güýç $E_{\text{gar1}}=26 \text{ V}$ deň bolar ýaly ýagdaýda, onda ýakoryň togy:

$$I_{\text{yak1}} = \frac{U - E_{\text{gar1}}}{R_{\text{yak}}} = \frac{28 - 26}{0,1} = \frac{2}{0,1} = 20 \text{ A}.$$

Magnit akymy iki esse peseldildi diýeliň. Onda elektrohereketlendiriji güýç hem iki esse pese düşer $E_{\text{gar2}}=13 \text{ V}$.

Indi ýakoryň togy:

$$I_{\text{yak2}} = \frac{U - E_{\text{gar2}}}{R_{\text{yak}}} = \frac{28 - 13}{0,1} = \frac{15}{0,1} = 150 \text{ A}$$

Ýokardaky mysala görä magnit akymynyň iki esse peseldilmegi ýakoryň togynyň 7,5 esse ýokarlanmagyna getirýär. Netijede ýakoryň aýlanma momenti ýokarlanar we saklaýjy momentden uly bolar. Elektrodwigateliň durnuklaşan kadasy

bozular, ýagny aýlanma tizlik ýokarlanar, ýakoryň togy, oňa baglylykda aýlanma moment peselip ýene-de saklaýjy momente bilen deňleşer, ýöne indi başlangyç tizlikden ýokary aýlaw tizlikde aýlanar.

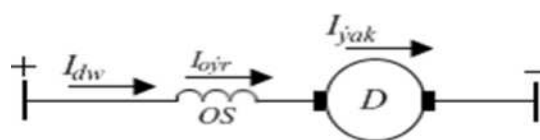
Şeýlelikde, statoryň magnit akymynyň peseldilmegi, aýlanma tizligiň ýokarlanmagyna we tersine magnit akymynyň ýokarlandyrylmagy aýlaw tizliginiň peselmegine getirýär.

Ýöne statoryň magnit akymyny çäksiz ýokarlandyrmak bolmaýar, sebäbi onuň ýokarlandyrylmagy hemişelik saklaýjy momentde, elektrodwigateliň kuwwatynyň güýçlenmegine getirer. Her bir elektrodwigateliň kuwwatynyň belli bir derejede çäginin bellenendigi üçin aýlaw tizligi şol kuwwat derejesine çenli ýokarlandyrmak bolar. Eger statoryň magnit akymy has peseldilse, elektrodwigateliň kuwwat çäginde geçip, onuň durmagyna, käbir halatlarda bolsa ýanmagyna getirer.

3. Yzygider we garyşyk oýandyryjyly hemişelik toguň dwigatelleri. Hemişelik toguň dwigatelleriniň işledilişi we rewersirlenişi. Hemişelik toguň dwigatelleriniň energiýasynyň ýitgisi we peýdaly täsir koeffisienti.

Yzygider oýaryjy sarymly elektrodwigateller diýlip oýaryjy sarymlary ýakoryň sarymyna yzygider birikdirilen elektrodwigatellere aýdylýar.

Yzygider oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň sete bir geçirijili birikdirilişi 123-nji suratda getirilen:



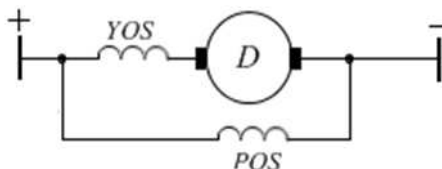
Surat-123. Yzygider oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň birikdirilişi

Suratda görnüşi ýaly elektrodwigatele barýan ýakoryň togy (I_{yak}) oýaryjy toga (I_{oyr}) deňdir. Şonuň üçin yzygider oýaryjy sarymlydwigatelleriň oýaryjy sarymlarynyň sarym sanynyň az, ýöne belli bir derejede diametri ýogyn simlerden saralmagy, olaryň beýleki dwigatellerden esasy tapawydy bolup durýar.

Garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigateller diýlip iki - parallel we yzygider oýaryjy sarymlary bolan dwigatellere aýdylýar.

Bu dwigatellere başgaça kompautny dwigateller hem diýilýär.

Garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň sete birikdirilişi (surat-124):



Surat-124. Garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň birikdirilişi

Bu dwigatelleriň gurluşynda statoryň her polýusynda parallel (POS) hem-de yzygider sargylar (YOS) oturdylyan.

Garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň statorynyň magnit akymy parallel hem-de yzygider birikdirilen sarymlaryň magnit akymalarynyň toplumyndan durýar:

$$\Phi_{STAT} = \Phi_{POS} + \Phi_{YOS}$$

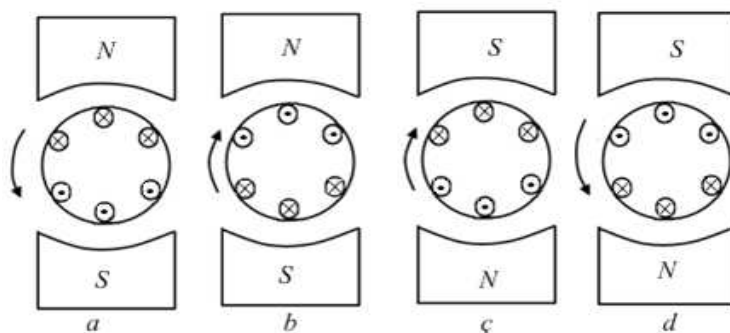
Parallel birikdirilen oýaryjy sarymyň magnit akymy (Φ_{POS}) ýakoryň togyna bagly däldir, yzygider birikdirilen oýaryjy sarymyň magnit akymy (Φ_{YOS}) bolsa ýakoryň togyna gönü baglydyr. Bu sebäpli garyşyk oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň häsiýeti parallel we yzygider oýaryjy sarymly elektrodwigatelleriň aralygyndaky häsiýete eýedir.

Elektrodwigateliň aýlanma ugrunyň üýtgedilmegine rewersirmek diýilýär.

Rotora täsir edýän itekleýji güýjiň täsiriniň ugury aşakdakylara baglydyr:

- ýakoryň togunyň ugruna;
- statoryň magnit akymynyň ugruna.

Itekleýji güýjiň täsiriniň ugruny, ýagny ýakoryň aýlanma ugruny üýtgetmek (rewersirmek) üçin, ýakoryň togunyň ýa-da statoryň magnit akymynyň ugry üýtgedilýär.



Surat125. Hemişelik tok elektrodwigateliň aýlaw ugruny üýtgetmek (rewersirmek)

Dwigateliň ýakorynyň sarymynyň we magnit meýdanynyň togyny birlikde çalyşylanda aýlanma ugury üýtgemez, ýagny elektrodwigatel şol bir tarapa aýlanar (surat - 125).

Hemişelik toguň dwigatelleriniň energiýasynyň ýitgisi we peýdaly täsir koeffisienti.

Hemişelik toguň maşynlarynda üç görnüşli ýitgiler döreýär:

1. Maşynyň ýakory magnit meýdanynda aýlananda ýüze çykýan energiýanyň polatdaky magnit ýitgileri. Olar gisterezise we wihr toklaryna bolan ýitgilerden ybarat bolup durýär.

Ýakor aýlananda onuň polady üznüksiz ýagdaýda magnitleşýär. Magnitleşmäge sarp edilýän we ýylylyga öwrülýän kuwwat, gisterezise bolan ýitgileriň kuwwaty diýilip atlandyrylýar.

Şol bir wagtda ýakor magnit meýdanynda aýlananda polatda wihr toklary induktirlenýärler, olar hem onuň gyzmagyna getirýärler.

2. Ýakoryň mis sarymlaryny gyzdyrmaga we olar boýunça akýan toklar bilen ony oýarmaga gidýän kuwwadyň ýitgileri.

3. Sürtülmäniň hasabyna bolýan ýitgiler (podşipniklerde, aýlanýan bölümleriň howa bilen sürtülmesine we çotgalaryň kollektora bolan sürtülmesine).

Gisterezise we wihr toklaryna bolan ýitgileri ýapmaga sarp edilýän kuwwat poladyň agramyna, magnitleşmäniň ýygylgyna $f = pn / 60$ we maksimal induksiýa B baglydyr.

Ýakoryň mis sarymlarynyň gyzmagyna we ony oýarmaga gidýän kuwwadyň ýitgilerini ýapmaga sarp edilýän kuwwat aşakdaky deňlemeler bilen kesgitlenýär:

a) parallel oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{ýak}}^2 r_{\text{ýak}} + U I_{\text{oýar}}$$

b) ýzygider oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{ýak}}^2 (r_{\text{ýak}} + r_{\text{oýar}})$$

c) garyşyk oýaryjy sarymly maşynlar üçin:

$$P_m = I_{\text{ýak}}^2 (r_{\text{ýak}} + r_{\text{oýar}}) + U I_{\text{oýar}}$$

Goşmaça polýuslar bar bolsa olaryň sarymlarynyň garşylyklary ýakoryň sarymynyň garşylygyna goşulýar.

Sürtülmäniň hasabyna bolýan ýitgiler diňe maşynyň aýlanma tizligine baglydyr we bu tizligiň ýokarlanmagy bilen ulalýar.

Maşynyň peýdaly täsir koeffisiýenti diýilip peýdaly kuwwatyň P_2 doly kuwwada P_1 bolan gatnaşygyna aýdylýar. Şeýlelikde, PTK:

$$\eta = (P_2 / P_1) 100 \%;$$

Maşyn dwigatel kadasynda işläinde peýdaly kuwwat doly kuwwatdan dwigateldäki ýitgileriň hasabyna kiçidir, PTK bolsa:

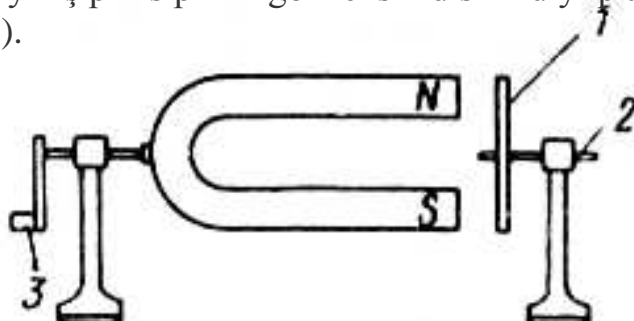
$$\eta_{\text{dw}} = (U I - (P_{\text{sürt}} + P_{\text{polat}} + P_{\text{mis}}) 100 \%) / U I;$$

TEMA № 10: ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ELEKTRIK MAŞYNLARY

5.10.1. Asinhron dwigatelleriň gurluşy we onuň rotory aýlananda bolup geçýän fiziki hadysalar

1. Aýlanýan magnit meýdany. Asinhron dwigateliň gurluşy.

Asinhron maşynlaryň iş prinsipi “Argo-Lensiň diski” diýlip atlandyrylan hadysa esaslanandyr (surat - 126).



Surat - 126. Asinhron maşynlaryň iş prinsipi

Bu hadysa aşakdaky dörnüşde düşündirilýär.

Eger erkin oka (2) berkidilen mis diskiň (1) önünde hemişelik magnitiň N we S polýus taraplaryny oturtsak we hemişelik magnitiň sapyndan (3) tutup aýlamaga başlasak, onda mis disk hem hem şol tarapa aýlanyp başlar. Bu hemişelik magnit aýlananda onuň magnit meýdanynyň mis diskde wihr (aýlaw, towlanýan, burum) toklaryny induktirleýändigini bilen düşündirilýär. Magnit meýdany bilen emele gelen wihr toklary diski aýlaýan güýji emele getirýär. Lensiň kanunyna laýyklykda ähli induktirlenen toklar özüni emele getiren güýje garşylykly ugrukdyrylandyr. Şonuň üçin wihr toklary hemişelik magnitiň hereketini saklamaga çalyşýar, ýöne bu mümkin bolmandygy üçin ol diski herekede getirip magnitiň yzyndan aýlaýar. Bu ýagdaýda diskiň aýlanma ýygylgy hemişelik magnit meýdanynyň aýlanma ýygylgyndan kiçi bolar. Eger haýsy hem bolsa bir sebäpler bilen diskiň aýlanma tizligi magnit meýdanynyň aýlanma tizligine deň bolsa onda olar biri-birine görä hereketsiz ýagdaýda bolarlar we wihr toklary emele gelmez, ýagny diski aýlanmaga mejbur edýän güýç bolmaz.

Eger daşky mehaniki energiýa çeşmesiniň kömegi bilen herekede getirilse aýlanma ýygylgy aýlanýan magnit meýdanyndan uly bolar ($n_2 > n_1$) we maşyn generator kadasynda işlar. Ýöne asinhron generatorlar ulynyşda amatly däldir.

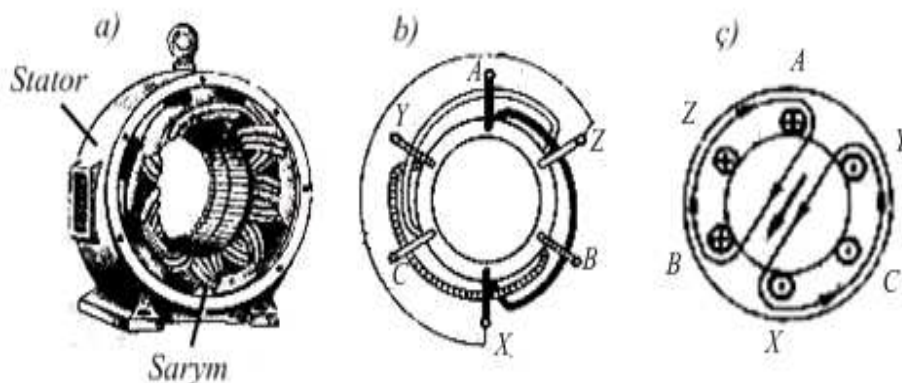
Iki we üç fazaly elektrodwigatellerde hemişelik magnit, fazalaryň kömegi bilen emele getirilýän aýlanma magnit meýdanlary bilen çalşylan. Üýtgeýän toguň köp fazaly ulgamy aýlanýan magnit meýdanyny emele getirmek üçin örän amatlydyr.

Üç fazaly asinhron dwigateliň gurluşy.

Üç fazaly tokly elektrodwigateller tehnika da örän giň çäklerde ulanyşa eýe boldy. Bu dwigatelleriň beýleki görnüşli dwigatellerden esasy amatly tarapy - gurluşynyň ýönekeýligi, belli bir derejede arzan we ygtybarly bolmagydyr.

Üç fazaly tok elektrodwigatelleriniň işleýiş prinsipi dwigateliň statorynda emele gelýän aýlanýan magnit meýdanyna esaslanandyr.

Asinhron dwigatelleriň statory şol bir wagtda korpus bolup hyzmat edýär. Statorda dinamopolat listlerden taýýarlanan polýuslar bolup, olaryň pazalaryna üç sany biri birine 120° burç bilen sarym (faza) saralan (surat - 127).



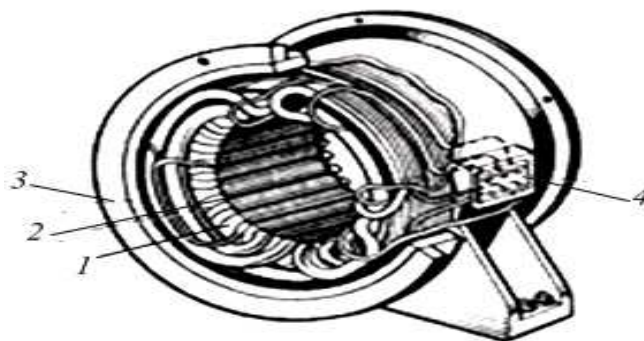
Surat 127. Asinhron dwigatelleriň gurluşy we faza sarymlaryň ýerleşşi

126 b suratda sarym bir simden durýan görnüşde şertli kabul edilen. Sarymlaryň başlangyjy A, B, C we soňy X, Y, Z bilen belgilenen. çsuratda bolsa sarym kesilen görnüşde görkezilen.

Elektrodwigateliň faza sarymlary ýyldyz ýa-da üçburç görnüşde birikdirilýär. Munuň üçin sarymlaryň başlangyjy we soňlary korpusda oturdylan ýörite klemmalara degişli tertipde birikdirilýär.

Üç fazaly dwigateliň statorynyň sarymlary üç fazaly tok bilen iýmitlendirilýär weaýlanýan magnit meýdanyny emele getirmek üçin hyzmat edýär. Elektrodwigateliň ähli faza sarymlary parametrleri boýunça birmeňzeş taýýarlanylýar. Tok her sarymdan akyp geçip öz magnit meýdanyny emele getirýar. Aýry-aýry sarymlaryň magnit meýdanlary jemlenilýär we jemleýji magnit meýdany emele getirilýär.

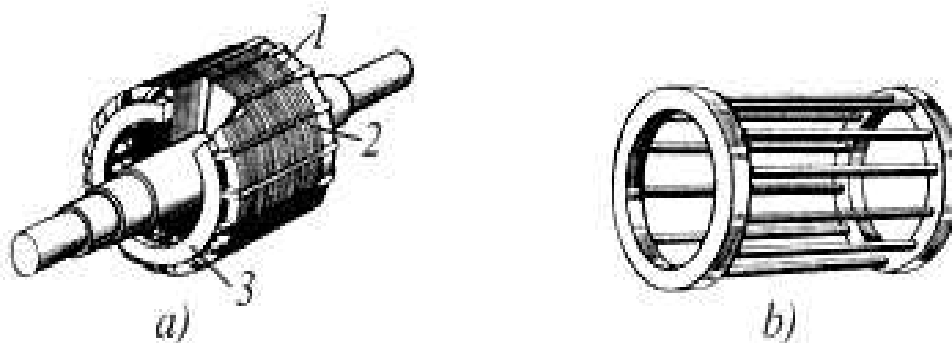
Statoryň özeni (1) (surat-128) galyňlygy 0,35 ýa-da 0,5 mm bolan polat plastinalardan ýygnaýlar. Plastinalarda saralýan sarymlar ýerleşer ýaly ýörite oýtaňlar (pazalar) (2) göz önüne tutulan we plastinalaryň aralary burum toklaryny peseltmek üçin lak bilen izolirlenýär. Plastinalardan ýygnaýan aýry-aýry paketler statora (3) berkidilýär. Sarymlar pazalara ýerleşdirilip öz aralarynda üç fazaly ulgamy emele getirer ýaly görnüşde birikdirilýär. Mundan başgada dwigateliň korpusynda ýörite şitde (4) alty sany gysgyç bolup üç fazaly sarymlaryň başlangyjy we soňlary birikdirilýär.



Surat-128. Asinhron dwigateliň gurluşy.

1 – statoryň özeni; 2 – oýtaňlar (pazalar); 3 – stator; 4 – birikdirmek üçin şit

Asinhron dwigatelleriň ýene bir esasy bölegi rotordyr (surat - 129). Rotor aýry-aýry polat listlerden ýasalýar. Rotoryň pazalaryna sarymlar ýerleşdirilýär.



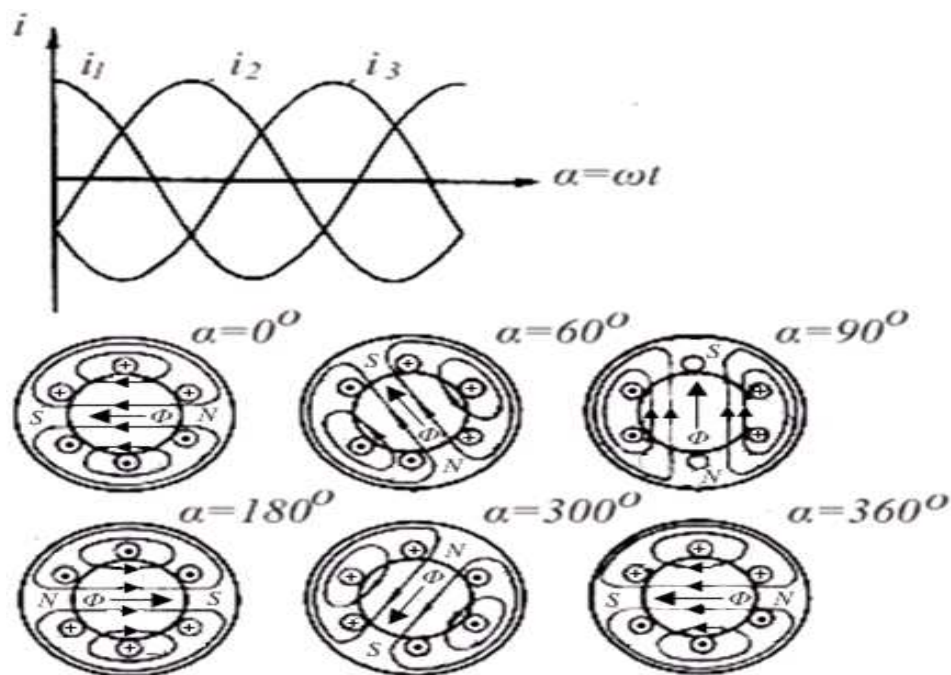
**Surat-129. Asinhron dwigateliň rotory we gysga utgaşdyrylan sarym
1- rotaryň özeni; rotaryň pazalaryna ýerleşdirilen sarymlary; 3-gapdal halkalar**

Rotorlarynyň gurluşlaryna görä asinhron dwigateller iki görnüşe - faza rotorly we gysga utgaşdyrylan rotorly dwigatellere bölünýärler.

Gysga utgaşdyrylan rotor mis ýa-da alýumyn sterženlerden taýýarlanýar. Sterženler rotoryň ýakorynyň pazalaryna ýerleşdirilýär we olaryň iki uçlary mis halka birikdirilýär. Bu görnüşli rotor gysga utgaşdyrylan ýa-da “belka tigrçeği” görnüşli rotor diýip atlandyrylýar. Dwigateliň rotory, korpusyň iki gapdal gapaklarynda oturdylan podşipnikde aýlanýar.

Faza rotor - başgaça sarymly rotor, uly kuwwatly elektrodwigatellerde ulanylýar.

Statoryň magnit meýdanynyň dürli wagt pursatlarynda (dürli faza toklarynda) işine seredip geçeliň (surat - 130).



**Surat-130. Statoryň magnit meýdanynyň dürli wagt pursatlarynda
(dürli faza toklarynda) işi**

Üç fazaly toguň grafiginde toklar i_1 , i_2 we i_3 sarymlara gabat gelýär.

Faza sarymynda toguň položitel ugry höküminde onuň başlangyjyndan soňyna tarap ugry, otrisatel ugry höküminde bolsa soňyndan başyna tarap ugry kabul edilen.

Magnit meýdanynyň faza burçy $\alpha=0^\circ$ bolan ýagdaýyna seredeliň. Bu wagtda pursadynda ýokarky üç geçirijilerde tok bizden aňryk, aşaky geçirijilerde bolsa bize tarap akýar. Nurbatyň towlanýan ugruna görä ýa-da sag eliň düzgünini ulanyp her geçirijide emele gelýän magnit meýdanynyň ugruny kesgitlemek we bu magnit meýdanlaryny jemläp, jemleýji magnit akymynyň ugruny kesgitlemek bolar.

Şu görnüşde magnit meýdanynyň faza tok burçy $\alpha=60^\circ$ ýagdaýyna seredilende, statoryň magnit meýdanynyň hem 60° burç bilen sagat ugruna öwrülýändigini bilmek bolar. Statoryň magnit meýdanynyň beýleki faza burçlarda ($\alpha=90^\circ$, $\alpha=180^\circ$, $\alpha=300^\circ$, $\alpha=360^\circ$), ýagny dürli wagtda pursadynda häsiýetine seredip, üç fazaly tok elektrodwigateliň statorynyň üç sany sarymynda emele getirýän magnit meýdanlarynyň aýlanýandygyny görmek bolýar.

Seredip geçilen mysalymyzda üýtgeýän toguň bir period üýtgemeginde magnit meýdany bir aýlaw edýär. Magnit meýdanynyň minutda aýlanmasy:

$$n=60 \cdot f$$

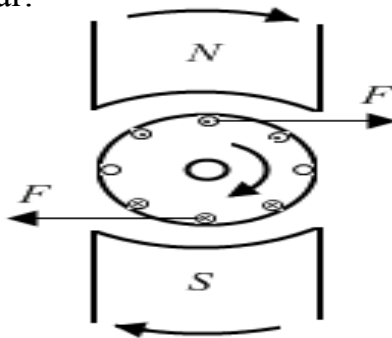
bu ýerde, f - togyň ýygylýgy.

Durmuşda adaty ulanylýan toklarda ($f=50$ Gs) statoryň magnit meýdanynyň aýlanmasy aşakdaky görnüşde kesgitlenilýär:

$$n=60 \cdot 50=3000 \text{ aýl/min.}$$

2. Asinhron dwigateliň täsir ediş prinsipi. Rotoryň aýlanan wagtynda bolup geýän fiziki hadysalar.

Asinhron dwigatellerde aýlanma momentiniň emele gelişine seredip geçeliň (surat-131). Faza sarymlardan üç fazaly tok akan ýagdaýynda, statorda aýlanýan magnit meýdany emele gelýär.



Surat-131. Asinhron dwigateliň aýlanma momenti

Suratda aýlanýan magnit meýdanlary sagat ugruna aýlanýan N we S magnit polýuslary görnüşinde şertli kabul edilen. Statoryň magnit meýdany rotoryň sarymlaryny kesip geýýär we sarymda elektrohereketlendiriji güýji induktirleýär. Emele gelen elektrohereketlendiriji güýjiň ugruny sag eliň usuly boýunça kesgitlemek bolar.

Suratda görkezilişi ýaly statoryň magnit meýdany sagat ugruna hereket edýär. Bu bolsa, duran rotor aýlanýan magnit meýdanyna görä sagat ugrunyň tersine hereket

edýär diýen ýaly täsiri ýüze çykarýar. Induktirlenýän elektrohereketlendiriji güýç sag elni usuly bilen anyklananda bu ýagdaý hasaba alynmalydyr.

Mundan soň elektodwigateliň rotory gysga utgaşdyrylan görnüşde bolandygy sebäpli, emele gelen elektrohereketlendiriji güýjiň täsiri bilen rotoryň sarymyndan tok akar. Şeýlelikde asinhron dwigateliň işinde rotoryň sarymy magnit meýdanyna ýerleşdirilen tokly geçiriji hasap edilýär. Öňden bilişimiz ýaly magnit meýdanyna ýerleşdirilen tokly geçirijä itekleýiji güýç F täsir edýär. Güýjiň täsir ugry çep elni usuly bilen kesgitlenilýär. Çep elni usuly bilen itekleýiji güýjiň ugruny kesgitläp, emele gelýän aýlanma momentiň rotory aýlanýan magnit meýdanynyň ugruna äkidýändigini kesgitleýis.

Rotoryň aýlanmagy üçin onda toguň induktirlenmegi hökmandyr, ýagny onyň sarymlaryny statoryň magnit meýdanynyň kesip geçmegi gerekdir. Bu ýagdaý haçanda rotor magnit meýdanynyň aýlanma tizliginden yza galan ýagdaýynda ýüze çykar. Şonuň üçin hem bu dwigatellere asinhron dwigateller diýilýär (*deň däl, birlikde däl*).

3. Rotoryň aýlaw tizligi we taýmasy.

Eger magnit meýdanynyň aýlanma tizligini n_{st} , rotoryň aýlanma tizligini n_r bilen belgilesek, onda rotoryň otnositel tizligi magnit meýdanynyň aýlanma tizligine görä tapawutlara deň bolar $n_{st}-n_r$.

Rotoryň otnositel aýlanma tizliginiň statoryň magnit meýdanynyň aýlanma tizliginden näçe esse pesdigini görkezýän sana asinhron dwigateliň taýma täsiri diýilýär.

Matematikada taýma täsiri aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$S = \frac{n_{st} - n_r}{n_{st}}$$

Soňky deňlikden rotoryň aýlanma tizligini tapýarys:

$$n_r = (1 - S) n_{st} = (1 - S) 60 \cdot f / p [aýl/min]$$

Köp ýagdalarda taýma täsiriprosent hasabynda görkezilýär:

$$S = \frac{n_{st} - n_r}{n_{st}} \cdot 100\%$$

Mysal üçin, eger statoryň magnit meýdanynyň aýlanma tizligi 3000 aýl/min, rotoryňky 2900 aýl/min bolsa, onda taýmatäsiri:

$$S = \frac{3000 - 2900}{3000} \cdot 100\% = \frac{100}{3000} \cdot 100 = 3,3\%$$

Taýmatäsiriň ululygy nominal agramlykda kiçi kuwwatly dwigatellerde 3-6%, uly kuwwatlylarda 1-3%.

Taýma täsiri netijesinde asinhron dwigatellerde özünden sazlanma faktor ýüze çykýar hasap edilýär.

Mysal üçin mehaniki agramlygyň netijesinde rotoryň aýlanma tizligi peselýär, bu ýagdaýda taýma täsiri ýokarlanar. Statoryň magnit akymynyň sarymy kesip geçýän

tizligi artar we elektrohereketlendiriji güýjiň induktirlenmegini ýokarlandyryp toguň ululygyny ýokarlandyrrar, bu bolsa öz gezeginde aýlanma momentini köpelder.

Asinhron dwigatelleriň walyna düşýän agramlygyň peselenýagdaýynda ýüze çykýan fiziki hadysany aşakdaky görnüşde getirmek bolar:

$$M_{agr}; n_r; S; I_r; F_r; M_{ayl.} \quad \downarrow \quad \uparrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

4. Rotoryň sarymynda taýmanyň EHG-ä edýän täsiri.

Transformatoryň we asinhron maşynlaryň sarymlarynda EHG induktirlenme şertleri meňzeşdir, ýagny ähli kanunlary deňdir. Hakykatdan hem, transformatoryň sarymlaryny üýtgeýän ululykly öz ugruny giňişlikde üýtgetmeýän magnit akymy kesip geçýär. Asinhron maşynlaryň sarymlary bolsa ululygy boýunça üýtgemeýän, ýöne aýlanýan magnit meýdany bilen kesişýär.

Şonuň üçin asinhron maşynlaryna transformator EHG-niň formulasyny doly ulanyp bolýar. Asinhron dwigateliň rotorynyň hereketsiz wagty, onuň sarymlary n_{st} tizlikli aýlanýan magnit meýdany bilen kesişýär. Hereketsiz rotoryň bir fazasynyň EHG E_{2hs} bilen belläliň. Onda EHG-niň formulasy:

$$E_{2hs} = 4,44 w_2 k_2 f_1 \Phi$$

bu ýerde w_2 – rotoryň bir fazasynyň sargy sanlary, k_2 – rotoryň sarym koeffisiýenti, f_1 - iýmitlendirýän setiň togynyň ýygylgy, Φ – aýlanýan magnit akymy.

Rotoryň hereketsiz ýagdaýynda onuň sarymlarynda induktirlenýän EHG-niň ýygylgy setiň togynyň ýygylgyna f_1 deňdir. Rotor aýlanyp başlanýanda aýlanýan magnit meýdanynyň onuň sarymlaryny kesip geçiş tizligi ($n_{st}-n_r$) azalýar. Şeýlelikde, rotoryň sargylaryndaky toguň ýygylgy taýma tizligine $n_{st}-n_r$ göni proporsionaldygy sebäpli ol hem azalar:

$$f_2 = \frac{(n_{st}-n_r) p}{60}$$

Deňligiň sag tarapynyň sanawjysyny we maýdalawjysyny n_{st} köpeldip alarys:

$$f_2 = \frac{(n_{st}-n_r) p}{60} \frac{n_{st}}{n_{st}} = \frac{(n_{st}-n_r)}{n_{st}} \times \frac{p n_{st}}{60} = S \times f_1$$

Şeýlelikde, rotoryň sargylaryndaky EHG-niň ýygylgy taýma koeffisiýentine göni proporsionaldyr.

Hereketlenýän rotorda EHG-niň ýygylgy f_2 deň diýip hasaplap, bu ýagdaýda döreýän EHG-ni ýazýarys:

$$E_2 = 4,44 k_2 w_2 f_2 \Phi = 4,44 k_2 w_2 S f_1 \Phi$$

Hereket edýän we hereketsiz rotorlaryň arasyndaky baglanyşygy deňeşdirip taparys:

$$E_2 = S E_{2hs}$$

Aýlanýan magnit meýdany tarapyndan rotoryň sarymlarynda induktirlenýän EHG-ň ululygy dwigateliň taýma koeffisiýentine göni proporsionaldyr.

5. Toguň ululygynyň hem-de fazasynyň taýma we rotoryň EHG-ne baglylygy.

Transformatorda ikinji sarymyň EHG-si agramlykda naprýaženiýany döredýär we içki naprýaženiýanyň düşmegini ýeňip geçýär. Asinhron dwigatelde rotoryň sarymy gysga utgaşdyrylan, şonuň üçin EHG E_2 öz sarymlarynyň aktiw we induktiw garşylyklarynda harçlanýar.

Faza rotorly dwigatelde rotoryň sarymynyň aktiw garşylygy sazlaýjy reostatyň kömegi bilen üýtgedilip biliner. Rotoryň sarymynyň induktiw garşylygy belli bolan formula bilen kesgitlenýär we taýma baglydyr $x_2 = \omega_2 L_2 = 2\pi f_2 L_2$.

Dogrudan hem

$$f_2 = S \times f_1; \quad x_2 = 2\pi S f_1 L_2 = S \omega_1 L_2$$

$\omega_1 L_2$ ululyk bolsa hereketsiz rotoryň sarymynyň x_{2hs} induktiw garşylygydyr, bu ýerden

$$x_2 = S x_{2hs}.$$

Omuň kanuny esasynda üýtgeýän toguň zynjyry üçin ýazyp bileris:

$$I_2 = E_2 / \sqrt{R_2^2 + x_2^2}$$

Bu ýerdäki E_2 we x_2 ululyklardwigateliň aýlanma tizligi üýtgände üýtgeýärler. Şonuň üçin I_2 togy üýtgemeyän ululyklaryň we taýmanyň üsti bilen aňlatmak maksada laýyk bolar:

$$I_2 = S E_{2hs} / \sqrt{R_2^2 + (S x_{2hs})^2} = E_{2n} / \sqrt{(R_2/S)^2 + x_{2hs}^2}$$

Bu ýerden hereketsiz rotoryň sarymynda ($S=1$) tok iň uly bahasyna ýetýär:

$$I_2 = E_{2n} / \sqrt{R_2^2 + x_{2n}^2}$$

Rotor gaty aýlanyp başlanynda taýma S azalýar we nula ymtylýar, rotordaky tok hem azalýar we sinhron tizlikde nula deň bolýar:

$$S = 0; \quad I_2 = 0.$$

Rotoryň togunyň we EHG arasyndaky faza süýşme burçy onuň tangensi boýunça kesgitlenip biliner:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = x_2 / R_2 = S x_{2hs} / R_2$$

$x_{2hs} = \omega_1 L_2$ we R_2 ulylyklar dwigateliň aýlanma tizligine bagly dälendirler, şonuň üçin $\operatorname{tg} \varphi_2$ diňe dwigateliň taýmasyna proporsionaldyr.

Rotoryň hereketsiz ýagdaýynda (işe goýberiliş pursatynda), haçan $S=1$ bolanda rotoryň togy we EHG-si fazalary boýunça maksimal burç süýşendirler:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = x_{2hs} / R_2$$

Rotoryň aýlanyp başlanmagy bilen I_2 we E_2 arasyndaky faza süýşmesi azalýar. $S = 0$ bolanda

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = 0.$$

φ_2 kesgitlemek üçin aşakdaky formuladan hem peýdalanyp bileris:

$$\cos \varphi_2 = R_2 / \sqrt{R_2^2 + x_2^2} = R_2 / \sqrt{R_2^2 + (S x_{2hs})^2}$$

6. Asinhron dwigateliň aýlaw momenti.

Ähli elektrik dwigatellerde aýlanma momenti magnit meýdanynyň we tokly geçirijiniň täsirleşmegi netijesinde ýüze çykýar. HT dwigatelinde aýlanma moment aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$M = c_M I \Phi.$$

Asinhron dwigatelde aýlanma moment meňzeş formula bilen aňladylýar. Diňe toguň haýsy bahasynyň ulanylýandygyny kesgitleseň bolýar. Rotoryň sarymyndaky doly tok I_2 aktiw $I_{2a} = I_2 \cos \varphi_2$ we reaktiw $I_{2r} = I_2 \sin \varphi_2$ düzüjilerden durýar. Goý toguň aktiw düzüjisi nula deň diýeliň. Onda rotoryň sarymynda E_2 EHG-niň we I_2 toguň bardygyna garamazdan bu sarymyň aktiw kuwwaty nula deň bolar. Ýöne aktiw kuwwaty sarp etmeýän rotor aýlanma momentini döredip bilmez, çünki $P=0$ bolanda aýlanmamoment $M = P / \omega$ nula deň bolar. Şeýlelikde, rotoryň togunyň reaktiw düzüjisi aýlanma momentini döretmäge gatnaşmaýar we ýazyp bileris:

$$M = c \Phi I_2 \cos \varphi_2,$$

ýagny asinhron dwigateliň aýlanma momenti jemleýji magnit akymyna we rotoryň sarymyndaky toguň aktiw düzüjisine proporsional bolar. Proporsionallyk koeffisiýenti c dwigateliň ýasalýş parametrlerine baglydyr.

Aýlanma momentiniň taýma baglylygyny kesgitlemek wajyp bolup durýar. Momentiň formulasyna I_2 we $\cos \varphi_2$ bahalaryny goýalyň:

$$M = c \Phi S E_{2n} / \sqrt{R_2^2 + (S x_{2n})^2} \times R_2 / \sqrt{R_2^2 + (S x_{2n})^2} = c \Phi E_{2n} R_2 / (R_2^2 / S + S x_{2n}^2)$$

Garaşşymyz ýaly $S=0$ bolanda aýlanma momenti ýitýär. $S = \infty$ bolanda aýlanma momenti ýene-de nula ymtylýar. Şeýlelikde, taýmanyň nuldan ulalyp başlamagy bilen aýlanma momeni ýokarlanýar we iň ýokary bahasyna ýetýär, taýmanyň has ýokarlanmagy bilen aýlanma momenti ýene-de nula ymtylýar.

5.10.2. Asinhron dwigateli işe goýbermek

1. Asinhron dwigateli işe goýbermek.

Asinhron dwigatel üýtgeýän toguň setine birikdirilende onuň statorynyň we rotorynyň sarymlaryndan onuň nominal togundan birnäçe esse uly bolan toklar akýar. Bu hadysa şeýle düşündirilýär: ýagny hereketsiz duran rotoryň sarymlaryny ýokary tizlikli aýlanýan magnit meýdany kesip geçýär we onda uly EHG induktirleýär.

Rotoryň aýlanma tizligi ýokarlananda taýma peselýär, bu bolsa rotoryň sarymynda EHG-iň we toguň peselmegine getirýär. Bu hem öz gezeginde statoryň sarymynda toguň peselmegine getirýär.

Uly goýberiş togy dwigatel üçin hem, dwigateliň energiýa alýan tok çeşmesi üçin hem zyýanlydyr. Köp gaýtalanýan goýberişlerde uly goýberiş togy dwigateliň sarymlarynyň temperaturasynyň birden ýokarlanmagyna getirýär, bu bolsa sarymlaryň izolýasyýasynyň wagtyndan öň könelmegine we hatardan çykmagyna getirýär. Uly toklarda setiň naprýaženiýesiniň peselmegi bolup geçýär, bu hem beýleki şu sete birikdirilen energiýany kabul edijileriň işine zyýan berýär.

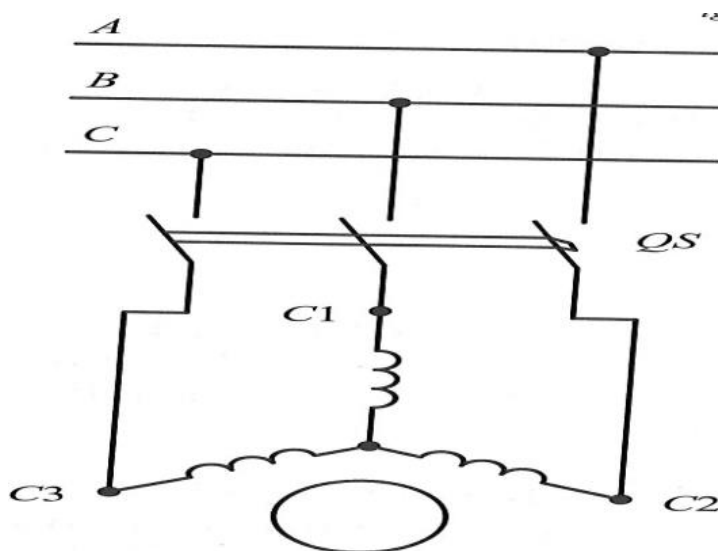
Şonuň üçin dwigateli gönümel sete birikdirip işe goýbermek diňe dwigateliň kuwwaty seti iýmitlendirýän toguň çeşmesiniň kuwwatyndan pes bolan ýagdaýynda

rugsat berilýär. Eger dwigateliň kuwwaty toguň çeşmesiniň kuwwatyna barabar bolsa, onda dwigatel işe goýberilende alýan toguny azaltmak zerurdyr.

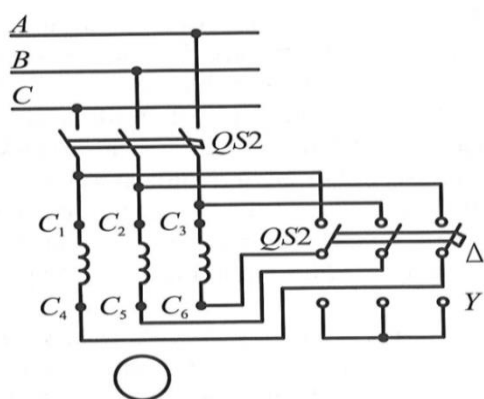
Asinhron dwigateli sete birikdirmezden öň onuň sarymlaryny işiň nominal kadalaryna gabat gelýän birikdiriliş çyzygysyny kesgitlemeli. Liniýa naprýaženiýe setde 220 V bolsa, dwigateliň pasportynda 220/380 V görkezilen bolsa, onda sarymlary olarda naprýaženiýeler hasaplanan naprýaženiýelere deň bolar ýaly üçburçlyk şekilli birikdirmek gerek. Praktikada asinhron dwigateller işe goýberilende goýberiş toklaryny çäklendirmek üçin onuň sarymlaryny gysga wagtlaýyn ýyldyz şekilli birikdirýärler. Üçburçlyk şekilli birikdirmekden ýyldyz şekilli birikdirmeklik we tersine birikdirmeklik ýörite pereklyuçatel bilen amala aşyrylýar.

Eger setiň naprýaženiýesi 380 V bolsa, onda onuň sarymlary işe goýberilende hem, işläinde hem ýyldyz şekilli birikdirilýär.

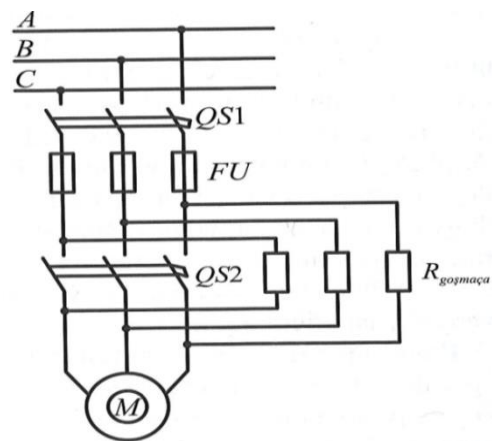
Asinhron dwigatelleriň işe goýberiliş çyzyglaryaşakdaky suratlarda getirilen (surat – 132, 133, 134, 135, 136).



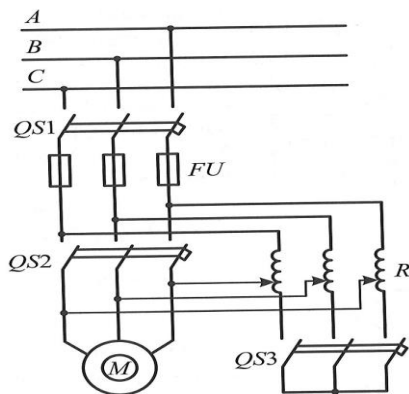
Surat - 132. Dwigateliň gös-göni işe goýberilişiniň çyzygysy



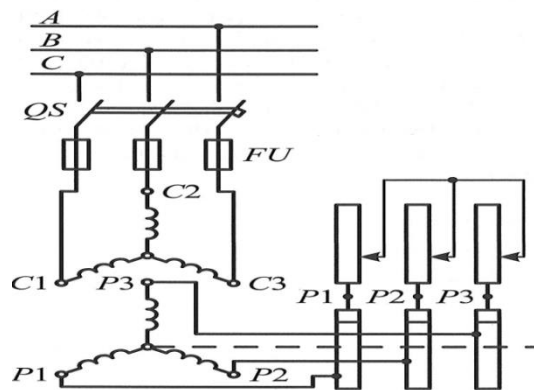
Surat-133. Statoryň sargylarynyň birleşdirilişini üýtgedip işe goýbermegiň çyzygysy



Surat -134. Statoryň zynjyryna goşmaça garşylyk girizilip işe goýberilişi



Surat-135. Awtotransformatoryň kömegi bilen asinhron dwigateliň işe goýberilişi



Surat -136. Kontakt halkaly dwigateli rotorly reostatyň kömegi bilen işe girizmeginiň elektrik shemasy

2. Asinhron dwigateliň aýlaw tizligini sazlamak.

Rotorynyň aýlanma tizligini emäý bilen sazlamak üçin häzirkizaman asinhron dwigatellerde sada we tygşytly gurluşlar ýok. Bu uly ýetmezçilik olaryň ulanylýan ýerlerini çäklendirýär.

Asinhron dwigateliň aýlanma tizliginiň formulasyndan görnüşi ýaly, n_r sazlamaklygy taýma koeffisiýentini S , jübüt polýuslaryň p sanyny ýa-da iýmitlenýän naprýaženiýesiniň f ýygylgyny üýtgedip amala aşyryp bolýar.

$$n_r = (1 - S) n_{st} = (1 - S) 60 f / p$$

Taýma koeffisiýentini üýtgedip dwigateliň aýlanma tizligini emäý bilen üýtgetmek diňe faza rotorly dwigatellerde ulanylýar. Taýma koeffisiýenti rotoryň sarymlarynyň aktiw garşylygyna bagly bolýar. Şonuň üçin bu sarymlaryň zynjyryna kontakt halkalaryň we çotgalaryň kömegi bilen sazlanýan reostat birikdirilip, onuň bilen sarymlaryň garşylygy, taýma we rotoryň aýlanma tizligi emäý bilen üýtgedilýär. Bu usul uly ýylylyk ýitgileri bilen baglydyr. $S = 0,5$ bolanda aýlanýan magnit meýdany tarapyndan rotora berilýän energiýanyň ýarysy rotory we sazlanýan reostaty gyzdurmaga harçlanýar. Mundan başga-da, halkalaryň we çotgalaryň barlygy maşyny ulanmaklygy kynlaşdyrýar we onuň ynamdarlygyny peseldýär.

Taýmanyň ululygyny, bu ýerden hem dwigateliň aýlanma tizligini uly bolmadyk çäklerde sazlamaklygy dwigatele berilýän naprýaženiýany sazlamak arkaly amala aşyrmak mümkindir.

Aýlanma tizligini basgançak-basgançak sazlamaklyk dwigateliň statorynyň jübüt polýuslarynyň sanyny üýtgetmek arkaly hem amala aşyrylýar. Ýöne bu tygşytly we beýlekiler bilen deňeşdireniňde sada usul, dwigateliň aýlanmagyny emäý bilen sazlamaga mümkinçilik bermeyär. Senagat tarapyndan aýlanma tizligini basgançak bilen 2, 3, 4 esse sazlamak mümkin bolan dwigateller çykarylýar.

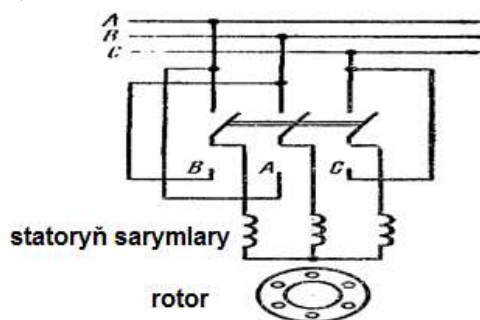
Şeýle hem, dwigateliň aýlaw tizligini iýmitlendiriji toguň ýygylgyny üýtgedip sazlamak mümkin. Ýöne bu usul kuwwatly elektrik zynjyrlarynda toguň ýygylgyny üýtgediji sada we tygşytly gurluşlaryň ýoklugy sebäpli praktikada ulanylmaýar diýen

ýaly. Toguň ýygylgy generatorň rotorynyň aýlanma tizligi bilen kesgitlenýär, ýöne generatorlar parallel işlänlerinde rotoryň aýlanma tizligini berk hemişelikde saklamak zerurdyr. Şeýlelikde, bu usul her dwigatel üçin aýratyn generator talap edýär we maksadalaýyk däl.

Kuwwatly ýarymgeçirijili diodlaryň senagatda özeleşdirilmegi we işlenilip taýýarlanylmanyk, ýygylgyny sazlap bolýan çykyş naprýaženiýeli statiki gurluşlary döredmäge mümkinçilik berýär. Bu sada, tygşytly we ynamdar bolan gysga utgaşmaly rotorly asinhron dwigatelleriň aýlaw tizligini sazlamak üçin ýygylgyny üýtgedijiler dürli mehanizmleriň priwodyny has sadalaşdyrýarlar: reduktorlara, tizlik korobkalaryna we transmissiýa bolan zerurlyk aradan aýrylýar.

Käbir ýagdaýlarda diňe tizliginiň ululygyny däl, eýsem dwigateliň aýlanýş ugruny hem sazlamak zerurlygy ýüze çykyar. **Dwigateliň rotorynyň aýlanma ugryny üýtgetmeklige rewersirmek diýilýär.**

Dwigateli rewersirmek üçin statoryň magnit meýdanynyň aýlanma ugryny üýtgetmeli (surat-137). Aýlanýan magnit meýdanyna seredilende onuň aýlanma ugrynyň fazalaryň nobatynyň tertibine baglydygy kesgitlenipdi. Şonuň üçin dwigateli rewersirmek üçin dwigateliň klemmalar tagtasynda haýsy hem bolsa iki fazanyň ýerini çalyşmak ýeterlik bolýar.



Surat -137. Asinhron dwigateliň rewersirleniş çyzygysy

3. Asihron dwigateliň PTK-sy we kuwwat koeffisenti.

Asinhron dwigatelde energiýanyň ýitgisi statoryň we rotoryň sarymlaryndaky ýitgilerden, magnitgeçirijidäki ýitgilerden, mehaniki we goşmaça ýitgilerden durýar.

Sarymlardaky ýitgiler P_m (mişdäki ýitgiler) toguň kwadratyna proporsional bolup dwigateliň ýüki üýtgände gaty üýtgeýändir. Magnitgeçirijide gisterezise we wihir toklaryna bolan ýitgiler P_c (polatdaky ýitgiler) ýüke kân bagly däl, çünki asinhron dwigateliň magnit akymy ýük üýtgände üýtgemeyär diýen ýalydyr. Mehaniki ýitgiler P_{meh} podşipniklerdäki sürtülmä we dwigateliň aýlanýan bölümleriniň howa bilen sürtülmesine baglydyr. Goşmaça ýitgiler $P_{goşm}$ ýakoryň özeniniň diş-diş gurluşynyň netijesinde magnit akymynyň pulsirlmegi we beýleki hasaba alynmasy kyn bolan faktorlar bilen kesgitlenýär. Goşmaça ýitgiler uly däl we nominal ýükde dwigatele berilýän kuwwatyň ýarym göterimine ýakyn bolýar.

Ýitgileri kesgitlemek üçin asinhron dwigateliň boş iş we gysga utgaşma tejribesini geçirýärler. Boş iş tejribesinde polatdaky we mehaniki ýitgileri kesgitleýärler:

$$P_o = P_c + P_{meh}$$

Boş işiň kuwwatyny P_0 elektrodwigateliň iýmitleniş gysgyçlaryna birikdirilen wattmetr bilen ölçeyärler.

Gysga utgaşma tejribesini hereketsiz rotorda we azaldylan iýmitleniş naprýaženiýesinde geçirýärler. Gysga utgaşma tejribesinde misdäki ýitgileri kesgitleýärler:

$$P_{gu} = P_m$$

Şonuň ýaly-da, gysga utgaşma kuwwaty P_{gu} wattmetr bilen hem ölçenilýär. Dwigateliň PTK aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\eta = P_1 - (P_m + P_c + P_{meh} + P_{goşm}) / P_1$$

bu ýerde P_1 – dwigatel tarapyndan setden alynýan kuwwat.

Asinhron dwigateliň PTK - sy ýüke baglydyr. Nominal kadada onuň bahasy 0,9 – 0,95 aralygyndadyr. Dwigateliň hasaplanan kuwwaty näçe ýokary bolsa, onuň PTK-sy hem şonça ýokarydyr.

Asinhron dwigateliň wajyp häsiýetleriniň biri hem onuň kuwwat koeffisiýentidir $\cos\phi$. Ol setden gelyän doly kuwwatyň haýsy böleginiň ýitgileri ýapmak üçin gidýändigini we haýsysynyň mehaniki energiýa öwrülýändigini görkezýär. Asinhron dwigateliň kuwwat koeffisiýenti ýüke baglydyr we nominal iş kadasynda 0,7 – 0,9 ýetip, boş iş kadasynda bolsa 0,2 – 0,3 çenli peselýär.

Asinhron dwigateliň $\cos\phi$ pes bahalary, howa ýşlary bolan magnitgeçirijide magnit akymyny döretmek üçin özi reaktiw bolan we howa ýşlarynyň ulalmagy bilen ýokarlanýan uly magnitleýji toklaryň gerekligi bilen düşündirilýär.

5.10.3.Sinhron generatorlar we dwigateller

1. Sinhron generatorlar.

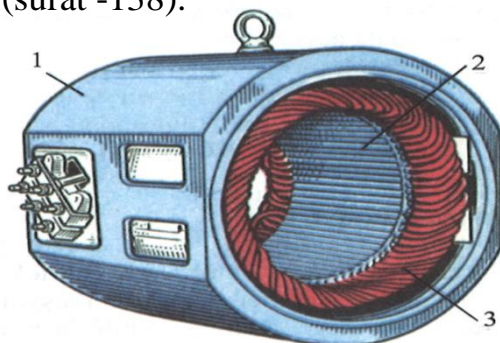
Sinhron maşynlaryň rotory aýlanýan magnit meýdany bilen bir wagtda aýlanýar (bu ýerden hem olaryň ady sinhron – bir wagtda). Rotoryň we magnit meýdanynyň aýlanma tizlikleri deň bolandygy sebäpli rotoryň sarymlarynda toklar induktirlenmeýärler (döremeýärler). Şonuň üçin rotoryň sarymy hemişelik toguň çeşmesinden iýmitlenýär. Käbir ýagdaýlarda rotory hemişelik magnit görnüşinde hem ýasaýarlar. Sinhron maşynlaryň işleýiş prinsipi rotoryň sarymyna hemişelik toguň berilmegi we onda döreyän hemişelik magnit meýdanynyň (hemişelik magnitiň) rotory statoryň aýlanýan magnit meýdany bilen bilelikde sinhron aýlamagyna esaslanýar.

Sinhron maşynlary hemişelik ýygylgyň gerek bolan ýerinde ulanylýar. Sinhron maşynlary generator we dwigatel düzgüninde işläp bilýär. Olary generatora we dwigatele öwürp bolýar, ýagny olaryň öwrüljilik häsiýeti bardyr.

Häzirki wagtda elektrik energiýasyny öndürýän ähli elektrik stansiýalary diýen ýaly sinhron generatorlary bilen üpjün edilendir. Olar bug we gidrawlik turbinalar, käbir halatlarda bolsa içinden ýandyrylýan dwigateller bilen herekete getirilýär.

Häzirki zaman sinhron generatorlaryň kuwwaty 1500 MWt çenli ýetýär. Mundan uly energobloklar hem proýektirlenýär. Kuwwatly sinhron generatorlary köp ýagdaýlarda biri-biri bilen bilelikde (parallel) işleýärler. Olaryň öndürýän elektrik energiýasy umumy elektrik ulgamyna goşulýar.

Sinhron maşynlaryň gurluşy iki bölekden, hereket etmeýän statordan we statoryň içinde aýlanýan bölekden - rotordan durýar. Sinhron maşynlaryň statory asinhron dwigateliň statoryndan tapawutlanmaýar we daşky gabykdan 1, özenden 2 we sargylardan 3 durýar (surat -138).



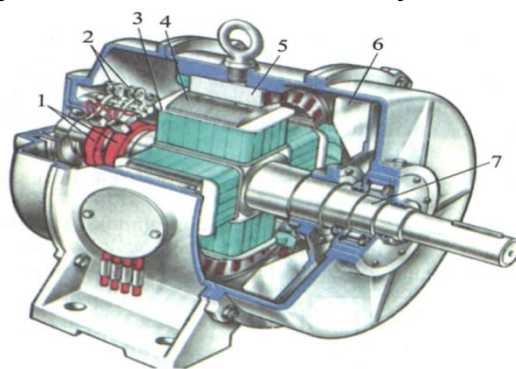
Surat – 138. Sinhron maşynyň statorynyň gurluşy

Üýtgeýän toguň elektrik energiýasyny öndürýän energetiki enjamlarda sinhron generatorlary herekete getiriji dwigatelleriň deregine olaryň üç sany görnüşleri: bug turbinalary, gidrawlik turbinalar we içinden ýandyrylýan dwigateller (dizeller) ulanylýar. Bu dwigateliň islendigi ulanylanda sinhron generatoryň gurluşyna düýpli täsir edýär.

Eger herekete getiriji dwigatel gidrawlik turbina bolsa, onda sinhron generatora gidrogenerator diýilýär. Gidrawlik turbina uly bolmadyk 60-500 aýl/min ýygylgy berip bilýär. Şonuň üçin 50 Gs bolan önümçilik ýygylgyny almak üçin gidrawlik generatorda köpsanly polýusly rotorlar ulanylýar.

Bug turbinalary ýokary aýlaw ýygylgy berýär. Şonuň üçin onuň hereketlendirýän generatoryna turbogenerator diýilýär. Bu generatoryň rotoryny ikipolýusly ($n_1 = 3000$ aýl/min) ýa-da dört polýusly ($n_1 = 1500$ aýl/min) edip ýasaýarlar.

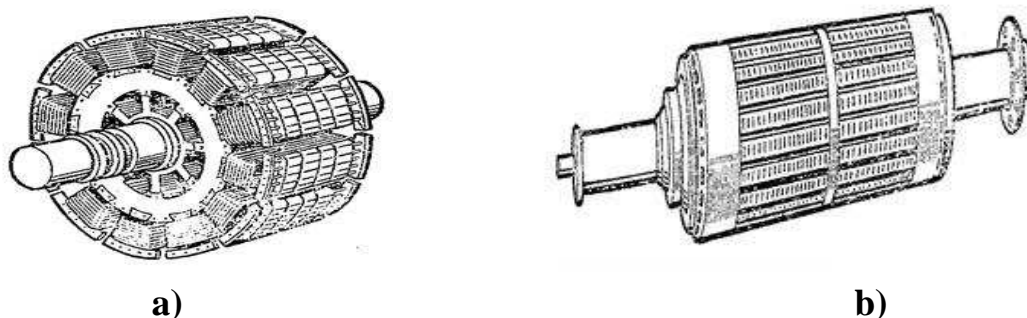
Dizel generatorlar 600-1500 aýl/min ýygylgy hasaplanylýp, rotoryň polýuslary görnüp duran edilip ýasalýar (surat -139). Sinhron generator 1 kontakt halkalaryndan, 2 çotga saklaýjydan, rotoryň 3 polýus tegeklerinden, polýuslary saklaýjylardan 4, statoryň özeninden 5, wentilýatordan 6 we okdan 7 durýar.



Surat – 139. Sinhron generatoryň (dizel-generatoryň) daşky görnüşi

Sinhron maşynlaryň rotory gurluşy boýunça biri-birinden tapawutlanýan, polýuslary görnüp duran (surat-140b) we görünmeýän görnüşleri bardyr (surat-140b).

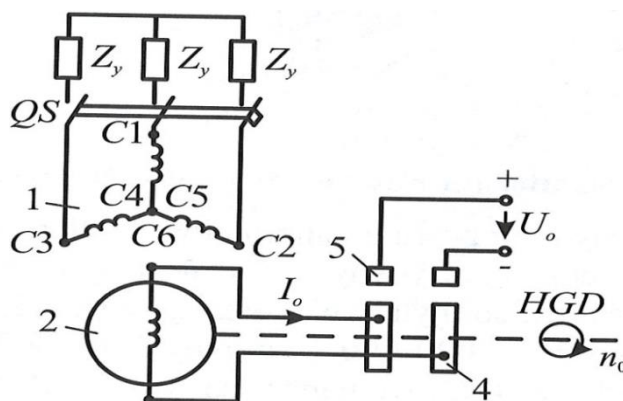
Sinhron maşynyň rotory onuň bilen bile aýlanýan, magnit meýdanyny döredýän hemişelik toguň elektromagnitinden, ýöriteleşdirilen kontakt halkalarynyň üsti bilen birleşdirilen göneldiji gurluşdan ýa-da oýandyryjydan, uly bolmadyk hemişelik toguň çeşmesinden iýmitlenýän oýandyryjy sargydan durýar.



Surat - 140. Sinhron maşynlaryň rotorlary

Sinhron generatoryň işleýiş prinsipi elektromagnit induksiýa kanunyna esaslanandyr.

Rotoryň sarmyna tok mis halka we grafit çotgalardan durýan typýan kontakt arkaly berilýär. Rotor herekete getiriji dwigatel tarapyndan n_0 tizlik bilen aýlananda onuň magnit meýdany statoryň sarmyny kesip geçýär we onda EHG oýarýar (surat - 141).



Surat - 141. Sinhron generatoryň işleýiş prinsipini düşündirmek üçin çyzgy

Sinhron generatoryň rotory herekete getiriji dwigatel tarapyndan n_0 ýygýlyk bilen aýlandyrylanda rotoryň magnit meýdany statoryň (1) C1, C4; C2, C5; C3, C6 tegekleriniň sargylaryny kesip geçende olarda EHG emele getirýär.

$$e = B \ell v$$

bu ýerde B - statoryň we rotoryň arasyndaky howa boşlugyndaky magnit meýdanynyň induksiýasy; ℓ -geçirijiniň işjeň uzynlygy; v – magnit güýç çyzyklarynyň geçiriji simleri kesip geçýän tizligi.

B magnit meýdanynyň induksiýasy howada sinuslar kanuny boýunça ýaýraýar:

$$B = B_m \sin \alpha$$

bu ýerde α – bitarap çyzykdan başlap kesgitlenýän burç.

Şonuň üçin bir sany geçirijide döreýän EHG

$$e = B \ell v = B_m \ell v \sin \alpha = B_m \ell v \sin \omega t.$$

$B_m \ell v = E_m$ belläp alarys:

$$e = E_m \sin \omega t$$

Sinhron generatorda induktirlenýän EHG - niň (naprýaženiýanyň, toguň) ýygylgy aşaky formula bilen kesgitlenýär:

$$f = \frac{pn}{60}$$

bu ýerde p – generatoryň rotorynyň jübüt polýuslarynyň sany; n – rotoryň aýlanma tizligi, aýl/min.

Statoryň sarymyndaky EHG sinusoýdal kanun boýunça üýtgeýär. Statoryň her tegegindäki simleriň EHG-leri bir-birinden fazasy boýunça tapawutlanýan (süýşen) bolýar. Daşky zynjyryň ýapyk halatynda statoryň sarymlaryndan I tok akýar. Generatoryň statorynyň öndürýän işjeň kuwwaty elektrik ulanyjy Z_y enjamlara QS açaryň üsti bilen berilýär.

2. Sinhron dwigateller.

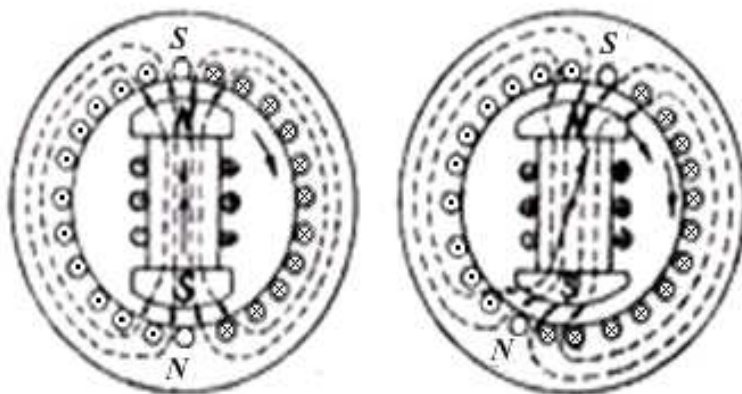
Sinhron maşynlarynyň uly bölegini sinhron dwigateller tutýar. Olaryň kuwwaty birnäçe kilowata çenli ýetip, ýygylgyny sazlamak talap edilmeýän kuwwatly wentilýatorlary, degirmenleri, suw sorujylary we başga gurluşlary işletmek üçin ulanylýar. Kuwwatly sinhron dwigatelleri metallurgiýa zawodlarynda, şahtalarda, sowadyjylarda, magistral turba geçirijileriň kompressorlarynda we nebiti sorujy, iberiji stansiýalarda ulanylýar. Ýöriteleşdirilen kiçi kuwwatly sinhron dwigatelleri (mikrodwigatelleri) elektrik sagatlarynda, özi ýazýan awtomatiki abzallarda, programmirleýji gurluşlarda, ses ulgamlarynda we wideoýazgy gurluşlarda ulanylýar.

Sinhron elektrodwigatelleriniň işleýiş prinsipi magnit meýdanynda erkin aýlanýan magnitiň, şol magnit meýdanynyň ugruna gönükmek ukybyna esaslanandyr.

Sinhron dwigateliň işleýiş prinsipini üçfazaly dwigateliň mysalynda seredeliň (surat - 142).

Sinhron elektrodwigatel statordan we rotordan durýar. Sinhron dwigateliň statorynyň gurluşy boýunça üç sarymy bolup olaryň kömegi bilen aýlanýan magnit meýdany emele getirilýär.

Sinhron dwigateliň rotoryny magnit hasap etse bolar. Kuwwatly dwigatellerde elektromagnit, pes kuwwatly dwigatellerde bolsa hemişelik magnit ulanylýar.



Surat-142. Üç fazaly sinhron dwigateliň iş prinsipi

Dwigateliň rotory magnit hasap edilýändigini üçin, ol statoryň magnit meýdany bilen bilelikde aýlanar.

Sinhron dwigateliň rotorynyň aýlanma tizligi statoryň magnit meýdanynyň aýlanma tizligine deňdir.

Dwigatel işe goýberilende statoryň magnit meýdany birden uly, hemişelik tizlik bilen aýlanyp başlaýar, belli bir derejede inersiýasy bolan rotor bolsa bir bada magnit meýdanynyň tizligine ýetip bilmeýär. Bu ýagdaýda aýlanýan magnit meýdany bilen rotoryň arasyndaky sinhronlyk bozulýar we rotor ýerinden hem gozganyp ýetişmeýär we hereketsiz ýagdaýda durýar (surat 142 a,b).

Sinhron dwigateliň rotorynyň aýlanmagy üçin ony ilki başda magnit meýdanynyň tizligine ýa-da oňa golaý tizlige çenli goşmaça gurluşlaryň kömegi bilen aýlamaly. Goşmaça hereket beriji gurluş bolup kömekçi dwigatel (pes kuwwatly) hyzmat edýär (pes kuwwatly dwigatellerde el bilen hem ýerine ýetirilip biliner).

Sinhron dwigateller hemişelik tizligiň gerek bolan ýerlerinde, mysal üçin awtomat gurluşlarda ulanylýar.

Sinhron dwigatelleriň rotory ýüke bagly bolmazdan hemişe bir aýlaw tizligi bilen aýlanýandyr. Sinhron dwigatelleriň aýlaw tizlikleriniň hemişelik bolmagy - olaryň esasy artykmaçlygydyr. Tizligiň hemişelik bolmagy tehnikaň köp oblastlarynda gerek bolýar, meselem - ses ýazylanda we aýtdyrylanda. Sinhron dwigatelleriň ýetmezçiligi – olary işledip başlamagyň kynlygydyr: işe goýbermek üçin rotory statoryň magnit meýdanynyň aýlanýan ugruna tarap aýlamak gerekdir. Munuň üçin adaty, rotora saralan ýörite gysga utgaşdyrylan sarymy ulanýarlar. İşe goýberiş pursatynda dwigatel asinhron dwigatel ýaly işleýär. Haçanda rotoryň aýlanma tizligi statoryň magnit meýdanynyň aýlanma tizligine ýakynlaşanda rotor onuň bilen sinhronlaşýar we dwigatel sinhron işleýär. Şol wagt gysga utgaşdyrylan sarymyň togy kesilen bolýar, çünki rotoryň aýlanma tizligi statoryň meýdanynyň aýlanma tizligine deň bolýar we rotoryň sarymynyň sterženleri magnit güýç liniýalary bilen kesişmeýärler.

TEMA № 11: ELEKTROPRIWOD. DOLANDYRYŞ WE GORAG APPARATURA

5.11.1. Elektropriwod. El bilen dolandyrylýan apparatura

1. Elektropriwod barada düşüňje.

Her bir önümçilik mehanizmi adaty aşakdaky esasy elementlerden durýar:

1. İş maşyny (meselem, metalkesiji stanok);
2. İş maşyny herekete getirýän gurluşlardan: dwigateller, dwigateli dolandyryjy abzallar, dwigateliň walyndan iş maşynyň walyna aýlawy geçiriji kinematiki gurluşlar (reduktor).

Herekete getirýän gurluşlar höküminde adaty elektrik dwigateller ulanylýar. Şonuň üçin iş maşyny herekete getirmäge gulluk edýän elementleriň toplumyna elektropriwod diýilýär.

Elektropriwod:

1. Toparlaýyn ýa-da transmisýonly;
2. Ýekelikdäki;

3. Köpdwigatelli bolup bilýär.

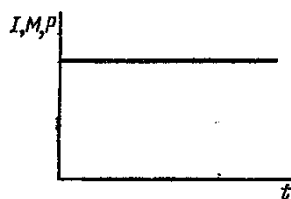
Toparlaýyn elektropriwodda birnäçe maşyn bir dwigatelden herekete getirilýär. Häzirki döwürde bular ýaly priwodlar hereketi geçirende uly ýitgileriň bolmagy we her maşyny dolandyrmagyň kynlygy sebäpli ulanylmaýar. Ýekelikdäki elektropriwodda her işçi mehanizm aýratyn elektrodwigatel bilen herekete getirilýär. Ol köp mehanizmlerde ulanylýar, çünki toparlaýyn elektropriwoda mahsus bolan kemçilikleri ýokdur. Köpdwigatelli elektropriwodlarda aýratyn maşynyň aýry-aýry elementleri özbaşdak elektrodwigateller bilen herekete getirilýär (köprüli kranlar, kuwwatly metalkesiji stanoklar we beýl.).

2. Elektrodwigateliň iş kadalary.

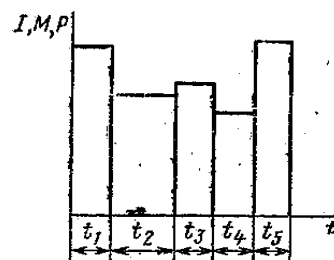
Iş mehanizminiň ýükiniň üýtgeýiş häsiýeti dwigateliň iş kadasyny kesgitleýär. Bu üygemeleriň hasaba almak üçin dwigateliň kuwwadynyň, togunyň ýa-da aýlanma momentiniň wagta baglylygyny görkezýän ýükleýiş diagrammalaryny hasaplaýarlar we gurýarlar.

Elektrodwigatelleriň aşakdaky iş kadalaryny tapawutlandyrýarlar:

1. Dowamly;
2. Gysga wagtly;
3. Gaýtalanýan gysga wagtly.



a)

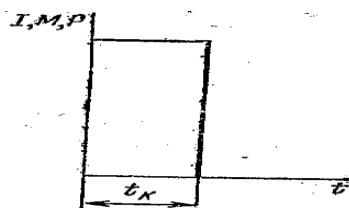


b)

Surat - 143. Dwigateliň dowamly iş kadasynda ýükleýiş diagrammalary

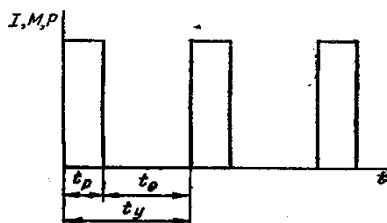
Dowamly iş kadasy: a) üýtgemeyän ýükde (surat – 143 a) - bu kadada dwigateliň temperaturasy kem-kemden bellenen bahasyna ýetýärwe butemperaturada dwigatelçäklendirilmedik uzak wagt işläp bilýär (wentilýatorlar, nasoslar, transportýorlar); b) üýtgeýän ýükde (surat – 143 b) - bu kadada dwigateliň temperaturasy arakesmesiz üýtgeýär: uly ýükli periodlarda dwigatel gyzyýar, kiçi ýüklerde – sowýar (karuselleriň dwigatelleri, uzaboýuna ýonuýy stanoklar).

Gysga wagtly iş kadasy (surat - 144). Bu kadada dwigatel çäklendirilen wagt işleýär $t_{\text{çäkl}}$. Bu wagtyň dowamynda temperatura bellenen bahasyna baryp ýetişmeýär. Dwigatel öçürilen ýagdaýyndaky wagtda daşky gurşawyň temperaturasyna çenli sowýar. Gysga wagtlaýyn iş kadasynda işleýän mehanizmlere metalkesiji stanoklaryň gysyjy gurluşlary, açylýan köprüler, gidrotehniki desgalaryň şlýuz gurluşlary degişlidir.



Surat - 144. Dwigateliň gysga wagtly iş kadasyndaýükleýiş diagrammalary

Gaýtalanýan - gysga wagtly kada (surat - 145). Bu kadada ýükli periodlar t_{isl} (iş wagtlary) arakesmeler bilen gezeleşýär t_0 . Ýükli periodyň wagtynda dwigateliň temperaturasy bellenen bahasyna baryp ýetişmeýär, arakesme wagtynda bolsa doly sowap ýetişmeýär. Belli bir gaýtalamalardan (sikllerden) soň temperaturanyň ortalama bahasy käbir bellenen bahalara ýetýär.



Surat - 145. Dwigateliň gaýtalanýan - gysga wagtly iş kadasynda ýükleýiş diagrammalary

Gaýtalanýan - gysga wagtly kada işletmegiň otnositel dowamlylygy bilen häsiýetlendirilýär:

$$\varepsilon = t_{isl} / (t_{isl} + t_0) = t_{isl} / t_{siki}$$

Bu praktikada giňden ulanylýar, meselem, kranlaryň elektropriwodlarynda, ýük galdyryjylarda, sowadyjy desgalarda we beýl.

2. El bilen dolandyrylýan apparatura.

Häzirkizaman elektropriwodlarda dolandyryş apparatlary köpsanly we kyn işleri ýerine ýetirýärler: dwigateliň işe goýberilmegi we duruzylmagy, aýlanma tizliginiň ululygyny we ugryny üýtgetmek, saklamak we beýl. Köp ýagdaýlarda priwody dolandyryjy funksiýalaryň käbirleri ýa-da hemmesi awtomatlaşdyrylýar. Niýetlenmesi boýunça dolandyryş we goraýjy apparaturalar aşakdakylara bölünýärler:

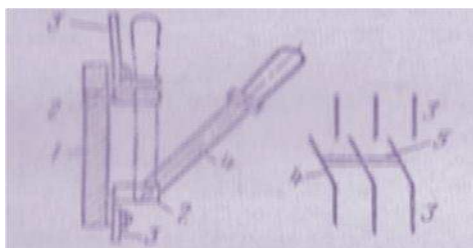
- El bilen dolandyrylýan apparaturalar;
- Rele-kontakt dolandyrylýan apparaturalar;
- Maksimal goraýjy apparaturalar;
- Tehnologiki gözegçilik apparaturalary;
- Awtomatika üçin apparaturalar we gurluşlar.

El bilen dolandyrylýan apparaturalar.

El bilen dolandyrylýan apparaturalar gönümel el bilen ýa-da mehaniki geçirijileriň – togy birikdirijileriň (wyklýuçatelleriň), paket wyklýuçatelleriň, el bilen geçirilýän reostatlaryň üsti bilen herekete getirilýär. Onuň ölçegleri uly bolýar we operatordan uly güýji talap edýär. Bu apparaturalaryň kontaktlaryny elektrodwigatelleriň güýç zynjyrlaryna birikdirýärler.

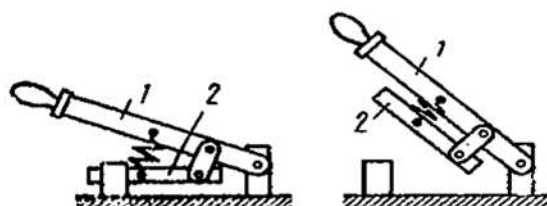
Wyklýuçateller. Wyklýuçateller hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlaryny 500 V çenli napryženiýelerde we 1000A çenli toklarda utgaşdyrmak we arasyny açmak üçin gulluk edýärler. 146-njy a suratda wyklýuçateliň gurluşy görkezilen. Izolirleýji 1 plastina setiň geçirijileri birikdirilýän diregler 2 berkidilýär. Metal pyçak 4 aşaky direge şarnir bilen berkidilýär. Wyklýuçateller bir, iki we köppolýuslylara bölünýärler. 146-njy b suratda üç polýusly wyklýuçateliň şertli belgisi görkezilen. Wyklýuçateliň pyçagyny 4 izolirleýji trawersa bilen birleşdirýärler we

birwagtda utgaşdyrýarlar. Wyklýuçateliň ýeterlik çaltlyk bilen aýrylmadyk ýagdaýynda kontaktlary ýakyjy durnukly duganyň döremegi mümkin. Şonuň üçin seredilen wyklýuçateli aýryjy hökmünde zynjyryň tok geçmeýän, ýöne naprýaženiýäniň aşagyndaky bölegini utgaşdyrmak we arasyny açmak üçin ulanylýarlar.



a)

Surat-146. Wyklýuçatel.

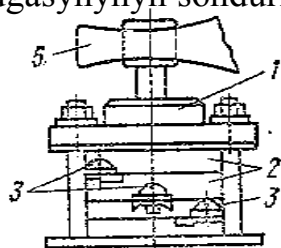


b)

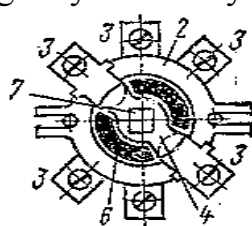
Surat - 147. Dugasöndürijili kontaktly wyklýuçatel

Ýüküň aşagynda duran zynjyrlary öçürmek üçin dugasöndürijili kontaktly wyklýuçateller ulanylýar (surat -147). Öçürilende ilki bilen pyçak 1 çykýar, soňra pružinanyň hereketi bilen aýryjy pyçak 2 aýrylýar. Öçürmek şeýle çalt bolýar, bu bolsa dugany öçürmäge ýardam berýär.

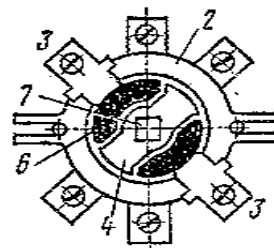
Paket wyklýuçateller. Paket wyklýuçateller hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjylarynyň 220, 380 V naprýaženiýelerde we 10-dan 400 A çenli toklarda arasyny açmak üçin gulluk edýärler. Hereketsiz kontaktlar 3 izolirleýji materialdan ýasalan hereketsiz şaýbalara 2 berkidilýär. Kontaktlara 3 setiň geçirijileri birikdirilýär. Hereketli kontaktlar 4 ruçka 5 bilen dolandyrylýan dörtgyranly walikde 7 berkidilen (surat - 148a). Bu kontaktlar iki gapdallydyr we utgaşdyrylanda hereketsiz kontaktlary iki taraplaýyn gurşap alýarlar (surat - 148b). Açylanda hereketli kontaktlar 90° burça aýlanýar (surat - 148ç). Aýrylma gapagyň aşagynda ýerleşen pružinanyň 1 kömegi bilen ruçka 5 aýlananda amala aşyrylýar. Pružinanyň ulanylmagy aýrylmanyň wagty gysgaltýar. Fibroşaýbalar 6 kontaktlar 4 bilen bir tekizlikde ýerleşýärler we aýrylmada hereketsiz kontaktlary 3 iki tarapdan gurşap elektrik dugasynyň söndürilmegine ýardam edýärler.



a)



b)

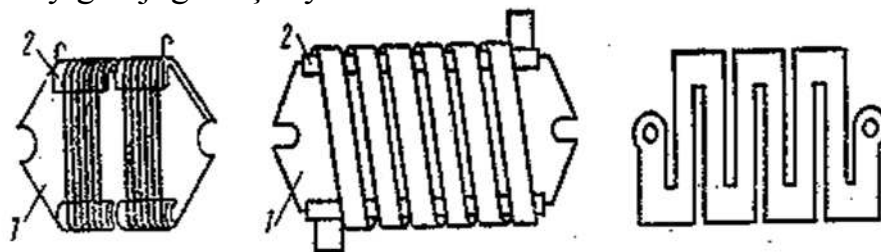


ç)

Surat - 148. Paket wyklýuçateller

Dwigateli işe goýbermek we sazlamak üçin reostatlar. Elektrodwigatelleriň güýç zynjylaryna birikdirilen reostatlar hemişelik toguň dwigatelleri işe goýberilende olaryň güýç zynjylarynda toklary çäklendirmek, şeýle hem faza rotorly asinhron dwigatelleri işe goýbermek we aýlaw tizligini sazlamak üçin gulluk edýärler. Reostatlary izolirlenen esaslara berkidilen garşylyklaryň aýratyn standart seksiýalaryndan ýygnaýarlar. Garşylyklar manganindan, nihromdan, fehraldan, konstantandan, polat simden we çöýundan taýýarlanylýp biler. 149-njy (a,b)

suratda simden we lentadan taýýarlanan rama görnüşli seksiyalar görkezilen. Olary polat esaslara 1 saraýarlar we ondan farfor elementler 2 bilen izolirleýärler. 149-njyç suratda garşylygyň çöýun seksiyasy görkezilen. Garşylygyň ululygyny sazlamak üçin reostatlaryň ýörite üýtgediji gurluşlary bar.



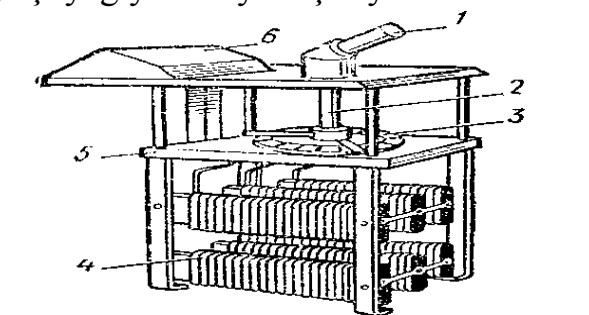
a)

b)

c)

Surat – 149. Reostatyň simden, lentadan we çöýundan taýýarlanan rama görnüşli seksiyalary

150-nji suratda reostatyň gurluşy görkezilen. Izolirlenen 5 esasda töwerekleýin seksiyalaryň 4 çykyşlary ýerleşen. Wala 2 birikdirilen çotga gurluşynyň 3 kömegi bilen goşulan seksiyalaryň sany üýtgedilýär. Wal 2 tutawajyň 1 kömegi bilen aýlanýar. Reostatyň iki sany çykyş klemmalary ýörite gurluşyň 6 aşagynda ýerleşýär. Sowatmak üçin reostaty içi ýagly baka ýerleşdirýärler.



Surat – 150. Reostatyň gurluşy

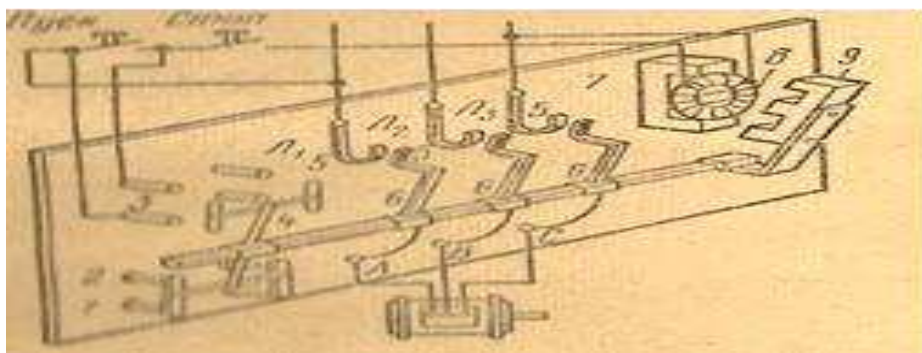
5.11.2. Rele-kontaktor dolandyrmak

1. Rele – kontaktor dolandyryjy apparatura.

Rele – kontaktor dolandyryjy apparaturalarynyň el bilen dolandyrylýan apparaturalardan tapawutly aýratynlygy hem olaryň güýç zynjyrlaryna birikdirilen kontaktlary el bilen däl-de kömekçi elektromagnitleriň üsti bilen herekete getirilýär. Elektromagnitleri dolandyrmak dürli releler bilen amala aşyrylýar. Bu apparaturalarda el bilen dolandyrylýan apparaturalarda bolan kemçilikler ýokdur we mehanizmleri uzakdan, awtomatiki dolandyrmaga uly mümkinçilikler berýär.

Kontaktorlar. Kontaktor elektromagnit uzakdan dolandyrylýan aparat bolup, güýç zynjyrlaryny köp gezek birikdirmäge we aýyrmaga gulluk edýär (sagatda 1500 birikdirilmä çenli). Kontaktorlar hemişelik toguň zynjyrlary üçin bir we ikipolýusly; üýtgeýän toguň zynjyrlary üçin iki we üçpolýusly ýasalýar.

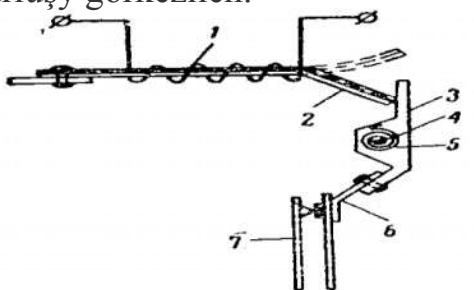
Üçpolýusly üýtgeýän toguň kontaktorynyň işleýşine seredeliň (surat - 151).



Surat – 151. Üçpolýusly üýtgeýän toguň kontaktory

“Pusk” knopkasy utgaşdyrylanda elektromagnitiň sarymyna 8 üçfazaly zynjyrdan liniýanyň naprýaženiýesi berilýär we sarymdan tok akyp başlaýar. Ýakor 9 magnitleşýär we hereketsiz özene 7 çekilýär. Şonda ýakor bilen berk baglanyşykly walik 2 aýlanýar we hereketli kontaktlar 6 hereketsiz kontaktlaryň 5 zynjyryny birikdirýär. Dwigateliň A, B, C gysgyçlaryna üçfazaly naprýaženiýe berilýär we dwigateliň rotory aýlanyp başlaýar. Şol bir wagtda ryçag 4 öwrülýär we ýokarky kontakt-bloklary birikdirýär, munuň netijesinde “Pusk” knopkasyna parallel zynjyr döreýär we ony indi goýberip hem bolýar. “Stop” knopkasy basylanda elektromagnitiň sarymy tokdan aýrylýar we hereketli ýakor 9 gaýtaryjy pružinanyň hereketi bilen yzyna gaýdýar. Işçi kontaktlar 5 açylýarlar we dwigateliň statorynyň sarymlaryndan naprýaženiýe aýrylýar.

Kontaktorlar liniýalary peregruzkadan (artykmaç ýükden) we gysga utgaşmadan goramaýar, şonuň üçin olar goraýjy gurluşlar bilen bilelikde işledilmeli. **Rele.** Rele kömekçi elektrik zynjyrlaryny awtomatiki ýagdaýda birikdirmek we aýyrmak üçin gulluk edýär. Reläniň işlemegi üçin berilýän signal elektrik ýa-da elektrik däl hem bolup biler (ýylylyk, mehaniki, gidrawliki we başg.). Niýetlenişlerine görä releler iki topara bölünýärler: 1) dolandyryjy releler; 2) goraýjy releler. Dolandyryjy releler aýratyn elementleri işe girizmegiň kömegi bilen geçiş proseslerini dolandyrmak, şeýle hem zynjyrdan toguň we naprýaženiýäniň ýeten bahalaryny saklamak üçin niýetlenendir. Goraýjy releler elektrik gurluşlaryň we liniýalaryň normal iş kadalary bozulanda güýç zynjyrlaryny aýyrmaklyga signaly bermek üçin gulluk edýär. 152-nji suratda ýylylyk relesiniň gurluşy görkezilen.

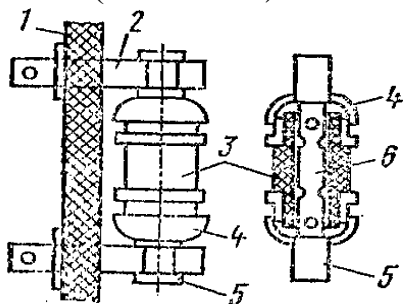


Surat – 152. Rele. 1 - elektrogzyzdyryjy; 2 – bimetallikiplasina; 3 – ryçag (ýokarky egni); 4 – ok; 5 – pružinka; 6 – ryçag (aşakyegni); 7 – kontaktlar

Wagt relesi. Wagat rellesi apparatlaryň birikdirilmeginiň zerur yzgiderliligini we aýrylmagynyň dowamlylygyny saklap, awtomatiki dolandyryş çyzgylarynyň işini üpjün etmek üçin gulluk edýärler. Rele signal berileninden soň bellenen wagtyň geçmegi bilen işleýär. Signalyň berilen ýa-da aýrylan wagtyndan reläniň işläň wagty aralygyndaky wagta reläniň wagat wyderžkasy diýilýär. Dürli releleriň wagat wyderžkalarysekundyň ondan birlerinden onlarça minuta çenlidir. Wagat releleriniň elektromagnitli, elektron we başga görnüşleri bardyr.

2. Maksimal gorag apparatura.

Ereýän predohraniteller (öňünden gorajýylar). Ereýän predohraniteller iýmitlendiriş çeşmelerini we elektrogeçiriji liniýalary gysga utgaşma toklaryndan goramak üçin niýetlenendir. Gysga utgaşmada predohranitellerde gurşundan, sinkden we misden edilen ýörite wstawkalary ýanýar. Sinkden we gurşundan edilen wstawkalaryň uly bolmadyk udel geçirijiligi we otnositel uly kese kesiginiň meýdany bardyr, ýöne olar pes temperaturalarda ereýärler (200 – 240 C), bu hem olaryň artykmaçlygydyr. Mis wstawkalaryň uly udel geçirijiligi we kiçi kese kesiginiň meýdany bardyr, ýöne olar uly temperaturalarda ereýärler (1000 C). Trubkaly predohraniteliň gurluşyna seredeliň (surat - 153).



Surat –153. Trubkaly predohraniteliň gurluşy

Fiber trubka ýerleşdirilen predohraniteli 3 izolirlenen plitä berkidilen kontakt direglerine 2 dakýarlar. Fiber trubkanyň iki tarapyndan latun gapaklar 4 bilen ýapýarlar. Çykyp duran ýerler 5 ereýän wstawkany berkitmek üçin gulluk edýär we direglere 2 birikdirmek üçin pyçagyň rolyny ýerine ýetirýärler. Gysga utgaşmada ereýän wstawka ähli inçe ýerlerinden birwagtda ereýär, bu bolsa elektrik dugasyny çalt öçürmäge kömek edýär.

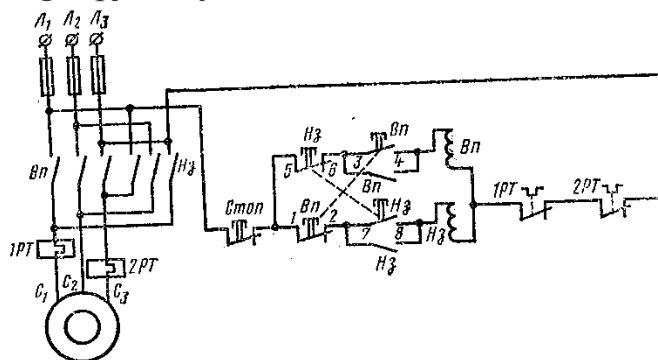
Mundan başga-da, dwigateli artykmaç ýüklerden goramak üçin niýetlenen ýylylyk releleri hem bardyr.

3. Elektrodwigatelleri rele-kontaktor dolandyrmak.

Elektrodwigatelleriň rele-kontaktor dolandyrylmagy dwigateli awtomatiki, distansiýon işe goýbermegi, onuň aýlaw tizligini üýtgetmegi, duruzmagy, rewersirlemegi, saklamagy we ony goramagy amala aşyrmaga kömek edýär.

Asinhron dwigateliň rewersiý magnit goýberijiniň kömegi bilen dolandyrylyşyna we goragyna seredeliň (surat-154). Magnit goýberiji bir esasa berkidilip metall korpusa ýerleşdirilen bir ýa-da iki kontaktdan durýar. Goýberiji ýylylyk rellesi bilen üpjün edilýär. Bir kontaktorly magnit goýberiji rewersiý däl diýilip atlandyrylýar. Onuň kömegi bilen elektrodwigateli işe goýbermek, duruzmak, öz-özünden işläp başlamakdan we agyr ýükden goramak amala aşyrylýar. Iki

kontaktorly magnit goýberijä rewersiwn diýilýär we ol sanalyp geçilenlerden başga-da dwigateli rewersiwlemegi üpjün edýär.



Surat – 154. Elektrodwigatelleriň rele-kontaktör dolandyrylmagy

Magnit goýberijiniň iki kontaktory bar: biri “öňe” işe goýbermek üçin “Bn”, beýlekisi – “yza” goýbermek üçin “H3”. Dwigateliň gysga utgaşma toklardan goragy üç sany ereýji predohraniteller, uly ýüklerden goragy – iki sany ýylylyk releleri 1PT we 2PT arkaly amala aşyrylýar. Dwigateliň statorynyň sarymlaryny sete ereýji predohranitelleriň, “Bn” ýa-da “H3” kontaktorlaryň işjeň kontaktlarynyň we 1PT we 2PT ýylylyk releleriniň gyzdyryjy elementleriniň (iki faza üçin) üsti bilen birikdirýärler. Shemanyň “öňe” goýberilende işi şeýle bolup geçýär. “Bn” knopkasy basylanda 3-4 kontaktlar birikýär we “Bn” kontaktoryň sarymyna setiň Л1-Л2 gysgyçlaryndan naprýaženiýe berilýär. “Bn” kontaktor işleýär we güýç zynjyrynyň “Bn” kontaktlary birleşýär we statoryň sarymyny sete birikdirýär. Şol bir wagtda “Bn” kontaktoryň birleşdiriji blok-kontakty birleşýär we zynjyryň “Bn” knopkasy şuntirlenýär. Şeýlelik-de “Bn” knopkasyny goýberip bolýar. Dwigateli duruzmak üçin “Стоп” knopkasyny basmaly. Bu ýagdaýda “Bn” kontaktoryň sarymyndaky naprýaženiýe aýrylýar, netijede onuň esasy kontaktlary açylýar we dwigateliň statorynyň sarymlaryndan naprýaženiýe aýrylýar. Şol bir wagtda “Bn” knopkasyny şuntirleýän “Bn” kontaktoryň birleşdiriji blok-kontaktlary açylýar. Edil şunuň ýaly hem dwigateliň “yza” goýberiliş shamasy işleýär.

TEMA № 12: ELEKTRIK ENERGIÝASYNY GEÇIRMEK WE PAÝLAMAK

5.12.1. Elektrik seti

1. Elektrik setleriniň niýetlenişi we klassifikasiýalary.

Elektrik energiýasy uniwersaldyr, ýagny ol uzak aralyga geçirmek üçin amatly, aýratyn ulanyjylar boýunça aňsat bölünýär we ony gaty çylşyrymly bolmadyk gurluşlaryň kömegi bilen ony energiýanyň başga görnüşlerine öwürüp bolýar.

Bu wezipeleri energetiki ulgam ýerine ýetirýär, ýagny onda ýangyjyň ýa-da dökülýän suwuň energiýasyny elektrik energiýasyna öwürmek, toguň we naprýaženiýeleriň ululyklarynyň transformirlenmegi (özgerdilmegi), elektrik energiýasynyň bölünmegi we ulanyjlara geçirilmegi amala aşyrylýar.

Energetiki ulgamyň transformator podstantsiýalaryny (TP) we elektrogeçiriji liniýalary (EGL) içine alýan bölegine **elektrik seti** diýilýär. Şeýlelikde, elektrik seti elektrik energiýasyny öndürilýän ýerlerinden ulanylýan ýerlerine geçirmek we ony ulanyjylaryň toparlaryna we aýratyn ulanyjlara paýlamak üçin gulluk edýär.

Elektrik setleri dürli alamatlary boýunça klassifikasiýalara bölünýärler.

Liniýanyň geçirijileriniň arasyndaky naprýaženiýeleriň ululygyna baglylykda **1000 V çenli we 1000 V ýokary naprýaženiýeli setleri** tapawutlandyryýarlar.

Toguň görnüşine baglylykda **hemişelik toguň, birlazaly toguň we üçfazaly toguň setlerini** tapawutlandyryýarlar.

Gurluş aýratynlyklaryna baglylykda **howa we kabel setleri** hem-de **binalaryň we desgalaryň içerki setleri** bolýar.

Kabel setleri şäherlerde ulanylýar. Howadan geçýän elektrik seti agaç ýa-da demir – beton sütünlerden bolup, olarda polat-alýuminiý geçiriji simler berkidilen goraýjylar (izolýatorlar) oturdylýar.

Simleriň merkezinden polat özen geçýär. Onuň daşyndan alýuminiý gabyk ýasalýar. Şeýlelikde bu geçiriji simiň garşylygy az bolýar we mehaniki berkligi ýokary bolýar.

Elektrik setlerine bildirilýän esasy talaplar - elektrotehniki materiallary tygşytlamak we elektrosetiň kepillendirilýän ygtybarlylygynda we elektroenergiýanyň ýokary hilinde ýitgileri azaltmak bolup durýar. Bu talaplary kanagatlandyrmak maksady bilen käbir çäreler işlenilip düzülen we bu çärelere ýokary naprýaženiýeleri, polat simleri, naprýaženiýeleri sazlamagy ulanmaklyk degişli bolup durýar.

Häzirki döwürde üçfazaly toguň 220/ 127 V setleri - 380/220 V setler bilen, 6 kV setler - 10 kV setler bilen doly çalşyldy.

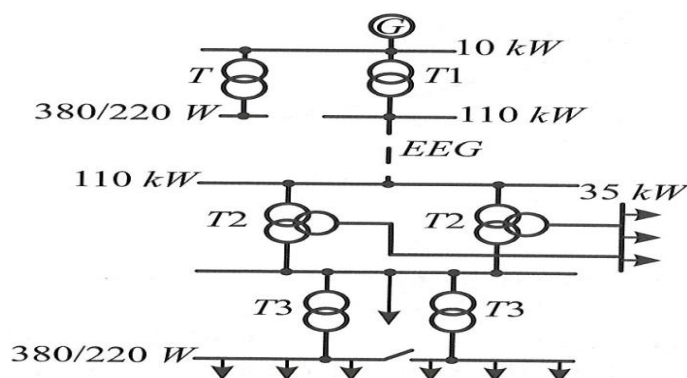
Elektrik setleri geçirilende we ulanylanda oňa hyzmat edýän adamlaryň howpsuzlygyna uly üns berilmelidir.

2. Elektrik setleriniň gurluşy we grafiki şekillendirilişi.

Elektrik energiýasyny ulanyjylar etrap energetiki ulgamyndan iýmitlenýärler. Energetiki ulgamda ähli elektrik stansiýalary biri-biri bilen parallel birleşdirilip, ýokary naprýaženiýeniň umumy etrap ulgamyny emele getirýär. Energetiki ulgamdan ululy-kiçili ulanyjylar iýmitlenýär.

1000 V–dan uly bolan ýokary naprýaženiýeli elektrik ulgamynda bitarap nokady ýere birleşdirilen çeşmäniň (generatorýň, transformatoryň) üç simli elektrik ulgamlary ulanylýar.

Elektrik energiýasy bilen üpjün etmegiň ýönekeý shemasy 155-nji suratda getirilen. Shemada ulgamyň esasy elementleri bolan generatorlar, transformatorlar, elektrik energiýasyny geçiriji liniýalar görkezilen. Onda üç sany faza bir sany liniýada şekillendirilen. Elektrik stansiýa şertli, bir sany G generator bilen şekillendirilen. Olaryň ýygnaýjy şinasyndaky naprýaženiýe 10 kV. Elektrik stansiýasyna gerek bolan naprýaženiýe bilen üpjün etmek üçin 10/0,4 kV bolan transformatorlar ulanylýar. Uzaklygy 5-20 km daşlykda ýerleşen ulanyjylar elektrik energiýasyny geçiriji liniýadan alýarlar.



Surat - 155. Elektrik energiýasy bilen üpjün etmegiň ýönekeý shemasy

Elektrik stansiýasyndan ýüzlerçe kilometr aralykda ýerleşen etraplar 110, 220, 330, 500, 750 kV naprýaženiýe bilen üpjün edilýär. Elektrik stansiýalarda ýokarlandyryjy (ulaldyjy) transformatorlar oturdylýar.

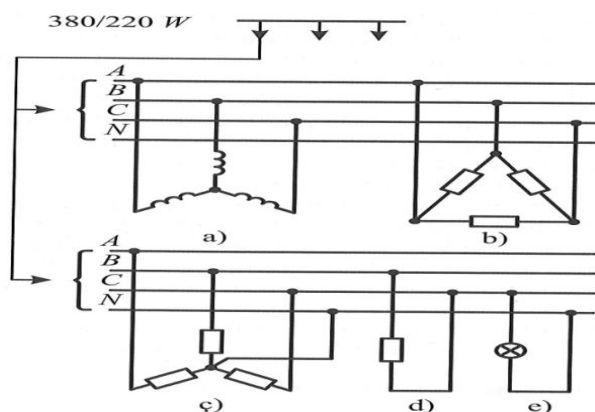
Bu ýerde 110 kV naprýaženiýe T2 transformatoryň kömegi bilen 35 we 10 kV naprýaženiýelere çenli peseldilýär. Soňra 35 kV naprýaženiýeli liniýadan iýmitlenýän kiçi stansiýadan (podstansiýadan) radiusy 40 km çenli bolan töwerekdäki ulanyjylar iýmitlenýärler. Naprýaženiýesi 10 kV bolan liniýa boýunça ýerli peseldiji T3 transformatorlara elektrik energiýasy berilýär we naprýaženiýe 380/220 V çenli peseldilýär.

Kiçi transformator stansiýalary (podstansiýalar) transformatorlary, aýryjylary, ýagly sowadyjylary, goraýjylary, dolandyryjy şitleri, ölçeýji abzallary bolan desgadyr. Olar naprýaženiýesi we kuwwaty boýunça biri-birinden tapawutlanýarlar. Etrap paýlaýjy podstansiýalar birnäçe kuwwatly (ýüz müň kVA) transformatorlary we çylşyrymly enjamlary özünde saklaýar. Transformator kiosklary uly bolmadyk kuwwatly (560 kVA çenli) bir-iki sany transformatordan durýar.

Bir sany naprýaženiýesi 10 kV bolan paýlaýjy liniýa birnäçe kiçi kuwwatly kiçi transformator stansiýalary birleşdirilýär. Elektrik üpjünçiliginiň ýönekeý shemasy, olary elektrik energiýasy bilen üpjün etmegiň shemasydyr (surat - 156).

Ýakynda ýerleşen paýlaýjy kiçi stansiýadan 10 kV naprýaženiýeli liniýa gelýär. Obanyň merkezinde bir sany peseldiji transformatorly podstansiýa gurulýar

(transformator kiosky). Köçeleriň ugry boýunça naprýaženiýesi 380/220 V bolan howa arkaly geçirilýän liniýalar çekilýär.



Surat - 156. Elektrik energiýasy bilen üpjün etmegiň shemasy

Olara üç fazaly dwigateller we bir fazaly elektrik enjamlary (ýagtylandyryş çyralary, gyzdyryjy peçler, sowadyjylar, telewizor we ş.m.) birleşdirilýär. Üçfazaly ulgamyň esasy düzgüni simmetriki bolany sebäpli ulanyjylaryň fazalarynyň ýüki deň bolar ýaly edilip paýlanylýar. 156-njy suratda: a – bitarap simi goralan (izolirlenen) ýyldyz; b - üçburçlyk şekilli birleşdirilen ulanyjy; ç– bitarap simli, ýyldyz şekilli birleşdirilen ulanyjy; d - liniýa naprýaženiýesine birleşdirilen birfazaly ulanyjy; e – faza naprýaženiýesine çyra birleşdirilen shemalar getirilen.

Jogapkärçiligi uly bolan ulanyjylaryň elektrik üpjünçiliginiň shemasy ýokarda getirilen shemadan tapawutlanýar. Podstansiýada iki sany peseldiji transformatorlar oturdylýar we iki sany liniýa çekilýär. Adatdan daşary (awariýa) ýagdaýda bir transformator hatardan çykanda beýlekisi işledilýär. Elektrik üpjünçiliginiň shemasy ulanyjylaryň kategoriýasyna (topar, dereje) görä saýlanylýar. Olar aşakdakylardan ybaratdyr:

1-nji kategoriýa - elektrik energiýasynyň berilmegi bes edilende önümleriň köpçülikleýin zaýalanmagyna ýa-da tehnologi prosesiň düýpli bozulmagyna getirýär (inkubatorlar, guş fabrikleri we beýl.). Bu kategoriýanyň has jogapkärli ulanyjylarynda ätiýaçda duran elektrik çeşmesini awtomatiki işe girizýän shema ulanylýar. Mundan başga-da, ulanyjylar üçin elektrik energiýasynyň berilmeginiň arasynyň üzülmegi 30 min çenli rugsat edilýär.

2-nji kategoriýa - elektrik energiýasynyň berilmeginiň arasy üzülmende tehnologi prosesiň arasy üzülýär, önümiň çykyşy peselýär (süýt sagyjy enjamlar we süýdi ilkinji işläp bejerýän gurluşlar, iým taýýarlaýan gurluşlar we fermalarda suw üpjünçiligi, ýyladyşhanalar we parnikler). Bu ulanyjylar üçin elektrik energiýasynyň berilmeginiň arasynyň üzülmegi 3,5 sagada çenli rugsat edilýär.

3-nji kategoriýa - 1-nji we 2-nji kategoriýadan başga ähli ulanyjylar üçin elektrik energiýasynyň berilmeginiň arasynyň üzülmegi bir sutka çenli rugsat edilýär.

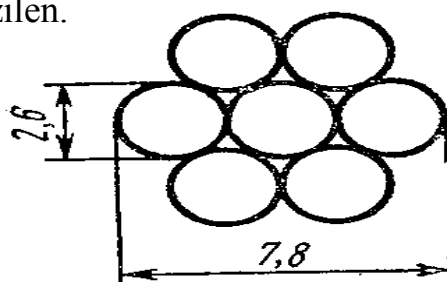
5.12.2.1000 V çenli naprýaženiýaly ulgamlarda geçirijiler, kabeller, elektroizolýasiýon materiallar

1. 1000 V çenli naprýaženiýaly ulgamlarda geçirijiler, kabeller, elektroizolýasiýon materiallar.

Howa liniýalaryny geçirmek üçin açyk simleriň dürli görnüşlerini ulanýarlar.

Birsimli polat geçirijileri 5 mm uly bolmadyk diametrde ýasaýarlar. Käbir ýagdaýlarda diametri 5 mm uly bolmadyk birsimli mis geçirijileri ulanýarlar (ýokary çyglylykly, himiki hapalanan atmosferaly etraplarda).

Ýokary berkligi we maýyşgaklygy bolan köpsimli geçirijiler iň köp ulanylýarlar. Olary sany 37 çenli barýan birmeňzeş simlerden ýasaýarlar. Simleriň diametrini we olaryň sanyny geçirijide simleriň ýokary dykyzlykda gaplanmagyny üpjün eder ýaly saýlaýarlar. Adatça 6, 11, 18 simi bir merkezi simiň daşynda ýerleşdirýärler we azajyk burum berýärler. Mysal hökmünde 158-nji suratda ПС-35 geçirijiniň kese kesigi görkezilen.



Surat - 158. ПС-35 geçirijiniň kese kesigi

Köpsimli geçirijiler polatdan, alýuminden, polatalýuminli we bimetall simlerden bolýarlar. Poslamagyň önüni almak üçin polat geçirijileri sinklenen simlerden, käte bolsa poslamaýan polatdan ýasaýarlar. Polatalýuminli geçirijilerde simleriň bir bölegini polatdan, beýleki bölegini alýuminden ýasaýarlar. Munuň bilen ýokary elektrik geçirijiliginde mehaniki berkligi üpjün edýärler. Bimetalliki simleri elektriki usulda ýasaýarlar: polat žilany mis ýa-da alýumin gatlagy bilen örtýärler.

Howa liniýalary üçin açyk geçirijileriň belgilenişine (markirowka) seredeliň.

Mis geçirijileri – M harpy bilen, alýumini – A, polatalýumini – AC, polat – ПС bilen belgileýärler.

Birsimli geçirijileri O harpy bilen belgileýärler. Harplaryň yzyndan gelýän sanlar geçirijiniň diametrini mm görkezýär (birsimli geçirijilerde) ýa-da kese kesiginiň meýdanyny mm² (köpsimli geçirijilerde) görkezýär. Mysal üçin: ПСО5- birsimli 5 mm diametrli polat geçiriji; ПС35 –kese kesiginiň meýdany 35 mm² bolan köpsimli polat geçiriji; А25 - kese kesiginiň meýdany 25 mm² bolan köpsimli alýumin geçiriji. Dürli markaly açyk geçirijileriň häsiýetlerini deňeşdirmek üçin käbir geçirijiler barada maglumatlar 8-nji tablisada getirilen.

Tablisa 8

Geçirijiniň belgisi	Aktiv garşylygy, Ом/км	Geçirijiniň agramy, кг/км
M 25	0,74	221
A 25	1,28	68
AC25	1,38	92

Tablisadan kese kesiginiň meýdany deň bolan alýumin we polatalýumin geçirijileriň ululyklary boýunça biri-birine ýakyn bolan aktiw garşylygynyň barlygy görünýär. Mis geçirijiniň aktiw garşylygy takmynan 1,5 esse kiçi, ýöne mis gymmat material we elektrik setlerde geçiriji hökmünde seýrek ulanylýar.

Jaýlaryň içinde adatça elektrogeçirijiler üçin misden ýa-da alýuminden geçirijiler ulanylýarlar. Izolirlenen birsimli geçirijileriň berkligi uly we 10 mm^2 uly bolmadyk kese kesiginiň meýdany bolýar.

Köpsimli geçirijileri örtülen mis ýa-da alýumin simlerden taýýarlaýarlar. Olar birikdirilende we ulanylanda gaty amatly.

Görünmeýän diregsiz liniýalary gurmak, şeýle hem hereketli desgalara elektroenergiýany eltmek üçin elektrik kabeller gulluk edýärler. Kabelde iki we üçsimli (üçfazly) geçirijiler köpgatly germetiki gabyga ýerleşdirilýär, bu bolsa elktrogeçiriji liniýanyň ynamdarlygyny ýokarlandyrýar. Kabelleri ýeriň we suwuň aşagyndan hem geçirmek mümkin. Ýerasty kabeller – uly şäherlerde elektroenergiýany geçirmegiň esasy serişdesidir. Kabel liniýalarynyň ýetmezçiligi – olaryň gymmatlygydyr.

Elektroizolýasyýa materiallary hökmünde wulkanizirlenen rezinany, ýörite düzümler siňdirilen pagtalykagyz materiallar, ýaglanan kagyz ulanýarlar. Soňky döwürlerde poliwinilhlorly gatlaklary ulanmak giň gerime eýe boldy.

5.12.3. Elektrik togynyň adam organizmine täsiri

1. Elektrik togynyň adam organizimine täsiri.

Adatça “peswoltly” diýilip atlandyrylýan we ýalňyşlyk bilen howpsuz hasap edilýän 220 V naprýaženiýeli setden iýmitlenýän örän köp elektroenjamlar biziň gündelik durmuşymyza ulanylýar.

Gündelik durmuşymyza ulanylýan elektrotehnika seresapsyzlyk we harsallyk bilen ulanylanda agyr netijelere getirip biler. Elektrik togy haçanda adam toguň geçýän zynjyryna birigen ýagdaýynda duýdansyz urýar. Adam haçanda bir tarapdan izolirlenmedik sime, izolýasyýasy bozulan geçirijä, izolýasyýasy bozulan elektroenjamyň metall korpusyna ýa-da bilmezlikden naprýaženiýanyň aşagynda duran metall predmete, beýleki tarapdan bolsa - ýere, ýere birikdirilen predmetlere, trubalara we beýlekilere degende ölüm howply ýagdaý ýüze çykýar. Şular ýaly ýagdaý ýüze çykmaz ýaly diňe seresap bolmak ýetmeýär, şonuň ýaly hem käbir tehniki howpsuzlyk çärelerini hem bilmek zerur bolup durýar.

Bilişimiz ýaly, adamyň bedeni elektrik toguny gowy geçirijidir. Elektrik togynyň adam organizmine howply täsiri toguň häsiýetnamalaryna, organizmiň individual häsiýetlerine we onuň tok uran wagtyndaky ýagdaýyna baglydyr.

Uly elektrik garşylyga diňe adam derisiniň üst gatlagy eýedir. Bu garşylyk köp ýagdaýlara bagly (deriniň çyglylygy, deri kapylarlarynyň giňelme derejesi we başgalar) we giň çäklerde – 8000-den 100 000 Oma çenli bolup bilýär, çygly ýagdaýda ol 1000 Omdan hem kiçidir. Alkogol içgisi ulanylan bolsa garşylyk mese-mälim kiçeler. Her adamda bu garşylyk dürlidir. Adamyň eli çygly bolsa, şeýle hem onuň eşiği çygly bolsa garşylyk peselýär. Işe girişmezden öň muny hasaba almalydyr.

Şeýle-de, elektrik togy bilen ýarawsyz ýa-da ýadaw ýagdaýda işlemeli däl – adamyň reaksiýasy peselýär we betbagtçylykly hadysalaryň ähtimallygy ýokarlanýar.

Adam üçin, eger onuň derisi arassa we gury bolsa we ol gury jaýda bolsa 36 V ýokary bolmadyk naprýaženiýa howply däl hasap edilýär. Aýratyn howply jaýlarda howpsuz hasap edilýän naprýaženiýa 12 V ýokary bolmaly däl.

Elektrik togy adam organizminden geçen ýagdaýynda ilki bilen merkezi nerw ulgamyna şikes ýetýär, netijede ýürek myşsasynyň we dem alyş organlarynyň işi bozulýar. Şikes ýetme derejesi toguň ýygylgyna we ululygyna, şeýle-de toguň organizmden akyp geçiş ýoluna bagly. Başga deň şertlerde 50-60 Gs ýygyllykly tok adam organizmine iň uly fiziologik täsirini ýetirýär. Ýürek we dem alyş nerw merkezleriniň ýollaryndan geçýän toklar has howply (mysal üçin, sag el - çep aýak). Toguň ululygy barada aýdylanda, rugsat berilýän howpsuz tok 0,5 mA diýilip hasap edilýär. Birnäçe milliamper toklar hem ýakymсыz duýgulary döredýär. 1-15 mA tokda myşsalaryň tutgaý görnüşli ýygrylmagy başlaýar we adam barmaklaryny özbaşdak ýazdyryp, elini tokly geçirijiden aýyryp bilmeýär. 100 mA (0,1 A) tokda şol bada ýüregiň we dem alyşyň ysmazlygy başlaýar. Tehniki howpsuzlygyň düzgünlerine görä 50 mA (0,05 A) ululykly tok howply hasap edilýär.

Eger adamyň endamynyň garşylygy 1000 Oma deň bolsa, onda adama:

$$U = IR_{\text{adam}} = 0,05 \cdot 1000 = 50 \text{ V}$$

naprýaženiýa goýulanda howply tok akyp geçer.

Şol wagtda çeşme:

$$P = UI = 50 \cdot 0,05 = 2,5 \text{ Wt kuwwat bermeli bolar.}$$

Eger çeşmäniň kuwwaty görkezilen sifirden kiçi bolsa, onda uly naprýaženýalar adam organizminiň umumy şikeslenmegine getirip bilmeýär, ýöne ýakymсыz duýgulary döredýär.

Elektrotehniki gurluşlaryň tok geçiriji bölekleriniň izolýasiýasynyň zaýаланан ýagdaýynda izolirlenmedik metal konstruksiýalar naprýaženiýa astynda bolup bilerler. Şeýle metal konstruksiýa degen adam hem naprýaženiýa astynda bolar. Bu naprýaženiýa galtaşma naprýaženiýa U_{gal} diýilýär.

Tehniki howpsuzlyk düzgüninde adam üçin aşakdaky galtaşma naprýaženýalary U_{gal} howply hasap edilýär:

- gury jaýda - $U_{\text{gal}} = 65 \text{ V}$;
- otnositel çyglylygy 75% we poly tok geçirýän jaýda - $U_{\text{gal}} = 36 \text{ W}$;
- howply jaýlarda (metal kabinalar, elektrik gazanlary, otnositel çyglylygy 100% bolan jaýlarda) - $U_{\text{gal}} = 12 \text{ V}$.

Adam suwa girende tok geçiriji gurşaw bilen galtaşýan endamynyň üstüniň ulalýandygy we derisiniň udel garşylygynyň kiçelýändigini sebäpli onuň endamynyň garşylygy has-da peselýär, şonuň üçin kiçi naprýaženýalar hem ölüm howply bolup biler. Şol sebäpli suwa düşülýän otaglarda elektrik iýmitlendiriji rozetkalary we öçürijileri gurnamaýarlar we ýagtylandyryjy abzallar hem aňyrsy görünýän örtükler bilen örtülýär.

EDEBIÝATLAR

1. “Elektrotehnikanyň esaslary” okuw kitaby. Knýażiskiý G., Moskwa. Harby neşirýat, 1973 ý.
2. “Umumy elektrotehnika” okuw kitaby. Danilow I., Iwanow P., Moskwa. “Ýokary mekdep”, 1977 ý.
3. “Elektrotehnikanyň esaslary” okuw gollanmasy, Türkmenistanyň Goranmak ministriliginiň Beýik Saparmyrat Türkmenbaşy adyndaky Harby instituty, 1989 ý.
4. “Elektrotehnika” okuw kitaby. Gurbanmyradow G., Handöwletow I., Ylym neşirýaty, 2012 ý.
5. “Elektrotehnika, elektronika we impuls tehnikasy”, A. Morozow. Moskwa. “Ýokary mekdep”, 1987 ý.

MAZMUNY

Giriş.....	4
BÖLÜM I. Hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlary	
TEMA 1. Hemişelik toguň elektrik zynjyrlary.....	5
TEMA 2. Üýtgeýän toguň elektrik zynjyrlary.....	29
TEMA 3. Bir fazaly elektrik zynjyrlar.....	36
TEMA 4. Üç fazaly zynjyr barada umumy düşünje.....	51
BÖLÜM II. Elektronikanyň esaslary	
TEMA 5. Elektronika.....	57
BÖLÜM III. Elektromagnetizm	
TEMA 6. Elektromagnetizm.....	72
BÖLÜM IV. Elektriki ölçemeler	
TEMA 7. Elektriki ölçemeler we enjamlar.....	87
BÖLÜM V. Elektrik maşynlar we elektropriwodlar. Elektrik energiýasyny geçirmek	
TEMA 8. Transformatorlar.....	106
TEMA 9. Hemişelik toguň elektrik maşynlary.....	121
TEMA 10. Üýtgeýän toguň elektrik maşynlary.....	137
TEMA 11. Elektropriwod. Dolandyryş we gorag apparatura.....	153
TEMA 12. Elektrik energiýasyny geçirmek we paýlamak.....	160
Edebiýatlar.....	166

“ELEKTROTEHNIKANYŇ WE ELEKTRONIKANYŇ ESASLARY”

dersinden leksiýa sapaklaryň ýazgysy

Redaktor M. Kösäýew

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, typical of notebook paper. There are no margins, text, or other markings on the page.