**Tema13: Transformatoryň wezipesi we onuň işleýiş düzgüni.**

1. Transformatoryň şertli belgilenişi we elektromagnit shemasy.
2. Üçfazaly transformatoryň elektromagnit shemasy.
3. Transformatoryň transformasiýa koeffisiýenti.

Elektrik energiýany öndürýän, ýylylyk we suw elektrik stansiýalar tebigy baýlyklaryň (gazyň, kömüriň, suwyň we ş.m.) bol ýerinde gurulýarlar. Emma, köplenç ýagdaýlarda elektrik energiýany sarp edýän senagat merkezleri bu stansiýalardan ýüzlerçe kilometr daşlykda ýerleşýärler. Elektrik energiýany şeýle uzak aralyklara geçirmek üçin ulanylýan geçiriji liniýalaryň esasy bölegi bolup transformatorlar hyzmat edýärler.

Transformator diýip, magnit meýdanynyň kömegi arkaly üýtgeýän toguň naprýaženiýesini onuň ýygylygyny üýtgetmezden bir ululykdan ikinji ululyga geçirmek üçin ulanylýan elektrotehniki enjama aýdylýar. Onuň şertli grafiki şekillendirilişi we elektromagnit shemasy 2.1-nji suratda görkezilendir.



a) b) ç)

2.1-nji surat. Transformatoryň şertli belgilenişi (a), (b)

we elektromagnit shemasy (ç).

Suw, ýylylyk we atom elektrik stansiýalarda öndürilýän energiýalaryň nominal naprýaženiýeleri biri-birinden tapawutlanýanýarlar hem-de öz ululyklary boýunça 6,3; 10,5; 15,75 *kV*-dan ýokary geçmeýärler. Şol sebäpli, bu stansiýalaryň ählisini bir energetiki sistema birikdirmek we elektrik liniýalaryň öz üstünden energiýa geçirip bilijilik ukybyny ýokarlandyrmak, şeýle-de liniýalardaky energiýanyň ýitgilerini azaltmak maksady bilen, stansiýalarda öndürilýän elektrik energiýany liniýalara berilmezden öňürti olaryň naprýaženiýelerini belli bir derejä çenli ýokarlandyrmak zerurlygy ýüze çykýar. Şonuň üçin elektrik stansiýalarda naprýaženiýäni beýgeldiji transformatorlar oturdylýar we olaryň kömegi arkaly öndürilýän energiýanyň naprýaženiýesi 110; 220; 500; 750; 1150 *kV*-a çenli ýokarlandyrylýar we elektrik geçiriji liniýalara berilýär.

Elektrik energiýasyny sarpediji ýükleriň köpüsiniň nominal naprýaženiýeleriniň 500 *V*-dan, kuwwatly elektrodwigatelleriň naprýaženiýesiniň 6 *kV*-dan ýokary geçmeýändigi sebäpli liniýalardan alynýan energiýany ulanmazdan öňürti onuň naprýaženiýesi transformatoryň kömegi arkaly birnäçe esse peseldilýär. Elektrik energiýasyny geçirmek we ony paýlamak maksady bilen ulanylýan transformatorlara **güýç transformatorlar** diýilýär.

Bu transformatorlaryň nominal kuwwatlary birnäçe kilowoltamperden (*kVA*) birnäçe ýüz müň kilowoltamper arasynda bolup bilýär. Olar özleriniň fazalarynyň sanyna görä esasan bir we üç fazaly bolýarlar.

Praktikada kebşirlemek, impuls signallary almak, elektrik ölçeg abzallaryň ölçeg çäklerini giňeltmek üçin ýörite niýetlenen transformatorlar hem ulanylýar.

Senagat elektronikasynda birnäçe ikinji sarymy bolan pes kuwwatly (10÷300*VA*) güýç transformatorlar giňden peýdalanylýar.

Transformatorlaryň dürli görnüşleriniň bardygyna garamazdan olarda bolup geçýän elektromagnit hadysalaryň arasynda örän köp meňzeşligiň barlygy sebäpli, olaryň ählisiniň ekspluatasion iş düzgünlerine seredilende ýeke-täk bir teoriýa daýanylýar. Bu teoriýa akyl ýetirmek üçin ilki bilen birfazaly we üçfazaly transformatoryň gurluşyna we onuň işleýiş prinsipine seredeliň.

Birfazaly transformator (2.1-nji (ç) surat) ýapyk magnitgeçiriji serdeçnikde ýerleşdirilen, özara elektrik baglanyşygy bolmadyk, iki sany sarymdan ybaratdyr. Transformatoryň magnitgeçirijisi, aralary biri-birinden izolirlenen, galyňlygy 0,35 mm ýa-da 0,5 mm bolan polat plastinkalardan ýygnalýar. Onuň sarymlary bolsa, daşy izolirlenen mis ýa-da alýumin simlerinden saralýar. Transformatoryň elektrik energiýanyň çeşmesine birikdirilýän sarymyna onuň **birinji sarymy** diýilýär we oňa degişli fiziki ululyklaryň ählisiniň harp belgilerine 1-lik san belgili indeks goýulýar. Meselem: *U1, I1, R1, X1, Z1, P1* we ş.m. Onuň kabuledijä birikdirilýän sarymyna bolsa, transformatoryň **ikinji sarymy** diýilýär we bu sarymlara degişli fiziki ululyklaryň ählisiniň harp belgilerine 2-lik san belgili indeks goýulýar. Meselem: *U2, I2, R2, Q2* we ş.m.

Uly kuwwatly energosistemalarda üçfazaly toklary transformirlemek üçin üç sany birmeňzeş bir fazaly transformatorlar ulanylýar. Orta we pes kuwwatly energosistemalarda bolsa ykdysady taýdan arzan düşýändigi sebäpli, üç faza üçin umumy magnitgeçirijisi bolan, üç fazaly transformatorlar ulanylýar. Üçfazaly transformatorlar üç sany bir fazaly transformatoryň konstruktiw birleşmesi bolup, ol şahalanýan magnitgeçirijiden we üç sany birinji hem-de üç sany ikinji sarymlardan ybaratdyr (2.2-nji surat). Magnitgeçirijiniň sarymlar ýerleşdirilýän bölegine **steržen** diýiliýär. Sarym ýerleşdirilmedik bölegine bolsa **ýarmo** diýilýär.



2.2-nji surat. Üçfazaly transformatoryň elektromagnit shemasy.

Magnitgeçiriji sterženleriň her birinde şol bir faza degişli biri-birinden we sterženlerden izolirlenen birinji we ikinji sarymlar ýerleşýär. Adatça, pes naprýaženiýeli sarymlar magnitlendiriji sterženlerde ilki ýerleşdirilýär. Soňra olaryň üstünden ýokary naprýaženiýeli sarymlar ýerleşdirilýär. Praktikada üçfazaly toklary transformirlemek üçin ulanylýan bir fazaly we üçfazaly transformatolaryň ýokary hem-de pes naprýaženiýeli sarymlary „ýyldyz“ ýa-da „üçburçlyk“ görnüşinde birikdirýär. 2.2-nji suratda ýokary we pes naprýaženiýeli sarymlary „ýyldyz“ görnüşli birikdirilen üçfazaly transformatoryň shemasy görkezilendir. Faza sarymlaryň birikdiriliş toparlary drob görnüşinde görkezilýär. Meselem: Y/Y; Y/Δ; Δ/Δ we ş. m. Drobyň sanawjysynda ýokary naprýaženiýeli sarymlaryň, maýdalawjysynda bolsa pes naprýaženiýeli sarymlaryň birikdiriliş topary görkezilýär. Ýokary we pes naprýaženiýeli sarymlardaky biratly liniýa naprýaženiýeleriniň biri-biri bilen fazalary boýunça gabat gelýändigini ýa-da tapawutlanýandygyny görkezmek üçin, bir san birligi 30o-a deň bolan 0-dan 11-e çenli sanlar ulanylýar. Ýagny, bu sanlar drobyň yzyna kese çyzyk bilen ýazylýar. Meselem: Yo/Δ-11 ; Δ /Yo-11; Y/Y-0.

Sarymlaryň birikdirilişiniň dürli shemalary transformatorlar ulanylýan wagtynda düşnüksizlik döretmezligi üçin döwlet standarty tarapyndan Y/Yo-0, Yo/Δ-11 we ∆/Yo-11 görnüşdäki üç sany birikdiriliş topary bilen çäklenilýär. Bu ýerde Yo ýyldyzyň aşagyndaky „o“ bellik transformatoryň sarymlarynyň neýtral nokadynyň korpusynyň daşyna çykarylandygyny görkezýär. Transformatoryň fazalarynyň dogry birikdiriliş toparyny üpjün etmek üçin ýokary naprýaženiýeli sarymlarynyň başlanýan we gutarýan uçlary *A, B, C* we *X, Y, Z* harplar bilen, pes naprýaženiýeli sarymlaryň başlanýan we gutarýan uçlary *a, b, с* we *x, y, z* harplar bilen belgilenilýär. Bu sarymlaryň başlanýan we gutarýan uçlary transformatoryň korpusynyň ýokarsyna farfor izolýatorlar arkaly çykarylýar.

Transformatora goýlan *UA, UB, UC* faza naprýaženiýeleriň täsiri astynda, onuň birinji sarymlaryndan geçýän *IA, IB, IC* toklar magnitgeçiriji sterženlerde *ФА, ФВ, ФС* magnit akymlaryny döredýärler. Bu akymlar öz ululyklary boýunça deň, emma fazalary boýunça biri-birinden 120o-a tapawutlanmagy transformatorlaryň magnitgeçirijisini üç sterženli gurnamaga mümkinçilik berýär. Ýagny, üç sany bir fazaly transformatoryň sterženlerini (2.3-nji (a) surat) umumy bir steržene birikdirilen wagtynda (2.3-nji (b) surat) bu steržendäki magnit akymy islendik pursatda nola deň bolýar (*ФА+ФВ+ФС=0*) we onuň üstünden hiç hili magnit akymy geçmeýär. Şeýlelikde, transformatoryň magnitgeçirijisini üç sterženli konstruktirlemäge mümkinçilik döredýär.



b)



a)

ç)

2.3-nji surat. Bir (a) we üç (b, ç) fazaly transformatorlaryň elektromagnit shemalary.

Transformatorlaryň ulanylýan wagtynda olaryň sarymlaryndan we magnitgeçirijisinden bolünip çykýan ýylylygy aýyrmak üçin transfarmatorlar ýörite içine mineral ýag guýlan, daşy radiator görnüşli turbalar bilen üpjün edilen sowadyjy sistemanyň-gabyň içinde ýerleşdirilýär. Mineral ýag diňe transformatory sowatmak bilen çäklenmän eýsem onuň elektrik izolýasiýasyny hem ýokarlandyrýar. Transformatoryň temperaturasynyň daşky sredanyň temperaturasyna we onuň sarymlarynyň üstünden geçýän toguň ululygyna bagly üýtgemegi mineral ýagyň göwrüminiň üýtgemegine getirýär. Şonuň üçin kuwwaty 100 *kW*-dan kiçi bolan transformatorlara ýag guýlanda onuň gaby doldurylman guýulýar. Kuwwatly transformatorlaryň gaby bolsa tutuşlygyna ýagdan doldurylýar we ýagyň giňelmegi üçin onuň gabynyň ýokarsynda arasy turba bilen baglanyşykly aýratyn gap goýulýar. Bu gabyň göwrümi transformatora guýlan ýagyň göwrüminiň takmynan ondan bir (1/10) bölegini tutýar we gapda ýagyň derejesine gözegçilik etmek üçin ýörite abzal goýulýar.

Transformatoryň sarymlarynyň ýa-da onuň sargylarynyň duýdansyz gysga birleşmegi netijesinde bölünip çykýan köp mukdardaky ýylylyk mineral ýagyň dargamagyna we onuň netijesinde döreýän gazyň transformatoryň gabynyň diwarlaryna döredýän basyşyny azaltmak maksady bilen, ol içi ýukajyk membrana görnüşli perde bilen örtülen goraýjy turba bilen üpjün edilýär. Içine mineral ýag guýlan transformatorlaryň ýanmak we ýarylmak howpunyň barlygy sebäpli olar gurnalanda ýaşaýyş jaýlaryndan aýratyn ýerde ýerleşdirilýär. Eger-de olar jaýlaryň içinde ýerleşdirilýän bolsa, onda betondan ýasalan ýörite oýjagazlaryň içinde ýerleşdirilýär.

Transformatorlaryň pasportlarynda olaryň kysymy, birikdiriliş shemalary we *Sn, U1n, U2n, i0 %, P0, ugu %* nominal ululyklary görkezilýär. Bu ýerde  - transformatoryň nominal doly kuwwaty.

*U1n* we *U2n* transformatoryň islendik birikdiriliş shemasynda, onuň birinji we ikinji sarymlarynyň liniýa naprýaženiýeleri. *P0* we *Pgu* transformatoryň magnit we elektrik ýitgileridir. *ugu %* gysga utgaşmanyň *Ugu* naprýaženiýesiniň *U1n* nominal naprýaženiýä görä prosentlerde alnan ululygy ,  boş iş toguň otnasitel ululygy .

Transformatoryň birinji sarymyna goýlan, üýtgeýän *u1* naprýaženiýäniň täsirinde onuň üstinden geçýän *i1* tok bu sarymda üýtgeýän magnit meýdanyny döredýär. Ýagny, üýtgeýän toguň setinnden alynýan elektrik energiýa bu sarymda magnit meýdanynyň energiýasyna öwrülýär. Magnit akymynyň esasy bölegi transformatoryň ýapyk magnitgeçirijisi boýunça hereket edip onuň sarymlarynyň sargylaryny kesip geçýär we olarda degişlilikde *e1* we *e2* elektrik hereketlendiriji güýçleri indusirlenýär.

Eger-de transformatoryň ikinji sarymyna ýük birikdirilen bolsa, onda *e2* elektrik hereketlendiriji güýji bu zynjyrda *i2* togy döredýär. Ýagny, magnit meýdanynyň energiýasy elektrik energiýasyna öwrülýär. Şeýlelikde, transformatoryň setden alýan elektrik energiýasy onuň birinji sarymyndan ikinji sarymyna üýtgeýän magnit meýdany arkaly geçirilýär.

Fizika kursyndan belli bolşy ýaly transformatoryň sarymlarynda indusirlenýän *e1* we *e2* elektrik hereketlendiriji güýçleriň ululyklary magnit akymynyň üýtgemek tizligine (*dФ/dt*) we sarymlaryň sargy sanyna (*w*) göni baglydyrlar. Olar degişlilikde indiki görnüşde kesgitlenýär:

.

*e1* we *e2* elektrik hereketlendiriji güýçleriň gatnaşygyna transformatoryň transformasiýa koeffisiýenti diýilýär we ol *K* harpy bilen bellenilýär:

. (2.1)

Bu koeffisiýent transformatora goýlan naprýaženiýäniň näçe esse ýokarlandyrylýandygyny ýa-da peseldilýändigini görkezýär.