

Csoportosítsa a villamos gépeket!

Ismertesse a transzformátor felépítését, működését és fajtáit, s rajzolja fel rajzjelét!

Hasonlítsa össze az ideális és a valóságos transzformátorokat!

Ismertesse a transzformátorok veszteségeit, szórását és hatásfokát!

Mutassa be a transzformátor veszteségeinek okait és a csökkentésére szolgáló megoldásokat!

Értelmezze a transzformátorok feszültség-, áram- és impedancia-átvételeit!

Mutassa be a transzformátorok legfontosabb műszaki jellemzőit és azok mérésrel történő meghatározásait!

A villamos gépek felosztása

A gépeknek nevezzük azokat a szerkezeteket, amelyek energia felhasználása árán munkát végeznek, vagy a felhasznált energiát más jellegű energiává alakítják át.

A villamos gépek rendszerezése többféle módon történhet. Itt az energia átalakítása és az áramnem szerinti rendszerezéssel foglalkozunk.

Az energia átalakítása szerint megkülönböztetünk generátorokat, motorokat és átalakítókat.

Generátorok

Generátorokkal termeljük a villamos energiát, amely az erőművekben történik. Mechanikai energiát alakítanak át villamos energiává. Hajtásuk gőz-, gáz- vagy vízturbinával, belsőégésű motorral történhet.

Motorok

A motorokkal a villamos energiát mechanikai energiává alakítjuk át. A motorok munkagépeket hajtanak. A generátorok és a motorok a mozgási elektromágneses indukció és a mágneses térben fellépő elektrodinamikai erők alapján működnek. Általában szerkezeti kialakítás szempontjából nem különböznek egymástól: ugyanolyan szerkezetű gép lehet generátor vagy motor.

Átalakítók

Az átalakítók a villamos energiát más jellemzőkkel rendelkező villamos energiává alakítják át. Megváltoztatják pl. a feszültséget, a frekvenciát, az áramnemet stb. Vannak álló és forgó átalakítók. Az álló átalakítók a nyugalmi elektromágneses indukció (transzformátor), vagy a villamos szelephatás (pl. egyenirányító) alapján működhetnek. A forgó átalakítók a mozgási elektromágneses indukció alapján működnek (pl. motor-generátorgép csoport).

Az átalakítók is gyakran képesek a villamos energia mindkét irányú átalakítására. A transzformátor pl. nemcsak a feszültség csökkentésére, hanem növelésére is alkalmas; vannak egyenirányítók, amelyek képesek váltóirányításra is.

Áramnem szerint a villamos gép váltakozó áramú vagy egyenáramú. Természetesen ezek lehetnek generátorok és motorok vagy átalakítók.

Vannak ún. univerzális gépek is, ezek egyen- és váltakozó áramra egyaránt alkalmasak.

A váltakozó áramú gépek

A váltakozó áramú gépek tovább csoportosíthatóak álló és forgó gépekre. Álló váltakozó áramú gép a transzformátor. Forgó váltakozó áramú gép a szinkron és aszinkron gépek. A szinkron gépek fordulatszáma állandó, az aszinkron gépek a szinkron fordulatszámtól kisebb fordulatszámmal forognak, és lehetnek indukciós vagy kommutátoros gépek. Az indukciós gép forgórészébe az áramot nem vezetjük be kívülről, az a forgórészben indukált feszültség hatására folyik. Ide tartozik a kalickás (vagy rövidre zárt), a csúszógyűrűs (vagy tekercselt) forgórészű és a lineáris motor is. A kommutátoros váltakozó áramú gépek forgórészébe a kommutátoron keresztül vezetjük be az áramot. A váltakozó áramú gépek az előző csoportosításon kívül lehetnek egy- és háromfázisúak. Az egyenáramú gépek rendszerezésével az egyenáramú gépek ismertetésénél találkozunk.

A transzformátor felépítése, működése és fajtái

A transzformátor felépítése

A transzformátor vastestből és tekercsekből áll. Ehhez járulnak még a hűtésre szolgáló szerkezeti részek és más külső szerelvények.

A vastest

A váltakozó áramú fluxust mennél kisebb veszteséggel kell vezetnie, ezért szilíciummal ötvözött lemezekből készül. Az egyfázisú transzformátorok vasteste lehet láncszem, mag vagy köpeny típusú. A láncszem típusú vasmag és a tekercsek úgy kapcsolódnak egymáshoz, mint egy lánc két szeme.

A mag típusú vasmag két oszlopára fele-fele arányban osztják el a primer és szekunder tekercsüket.

A köpeny típusnál a két járom úgy veszi körül az oszlopon elhelyezkedő tekercsüket, mint a köpeny.

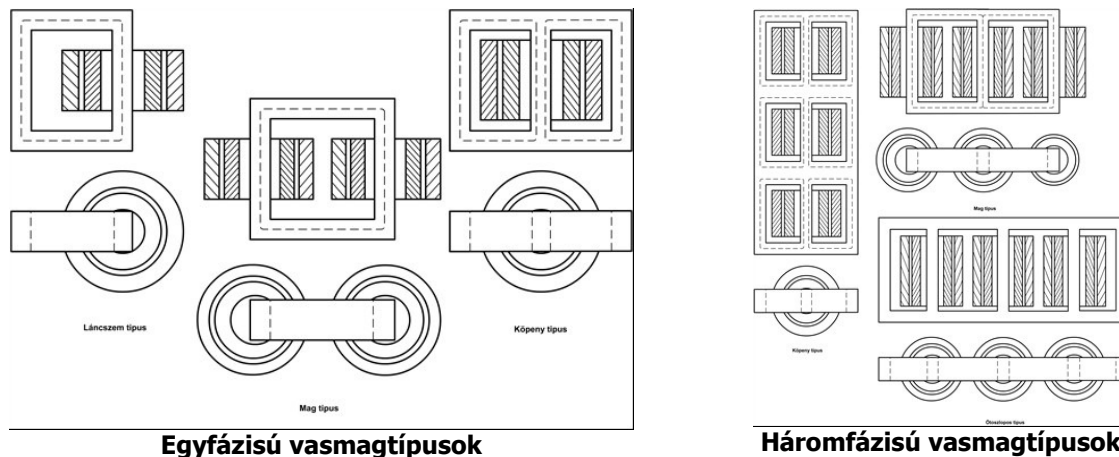
Az egyfázisú transzformátorok vasmagtípusai a következő ábrán láthatóak.

A háromfázisú transzformátorok mag, köpeny vagy ötoszlopos típusúak. Három fázis esetén leggyakrabban mag típust alkalmaznak.

Köpeny típus esetén a három fázis fluxusai egymástól függetlenül alakulnak ki, hasonlóan, mint három egyfázisú transzformátorban.

Az ötoszlopos típus elnevezés helytelen, mert csak három oszlopon van tekercs, a másik kettő tulajdonképpen járom. Ezt a típust nagy teljesítmény esetén alkalmazzák, mert az alacsonyabb járom miatt alacsonyabb transzformátorok készíthetők. A háromfázisú feszültségváltók is készülhetnek öt oszlopos kivitelben. Az 1. és 5. oszlopon jelzőtekercsüket helyeznek el.

A lemezelés az indukcióvonalak mentén történik, hogy a mágneses ellenállás mennél kisebb legyen. A vasmaggyártás hagyományos anyaga a 3-4,5 %-os szilícium tartalmú melegen hengerelt lemez. A lemezek egyik oldalát szigetelik.



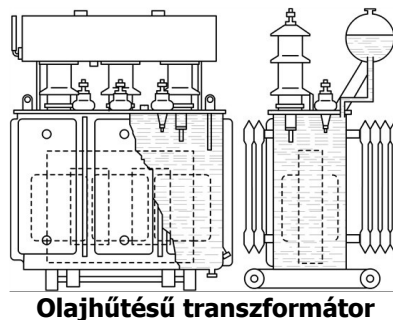
A tekercsek

Anyaguk réz vagy alumínium. A huzalkeresztmetszet 5 mm^2 -ig kör, felette téglalap. A huzalok szigetelése lehet zománclakk, rácsévált papírszalag és ez esetleg rögzíthető pamutlál fonva vagy szőve.

A tekercselés elrendezése lehet hengeres vagy tárcsás. A legegyszerűbb hengeres tekercs az egy vagy több rétegű spirális.

A transzformátor hűtése

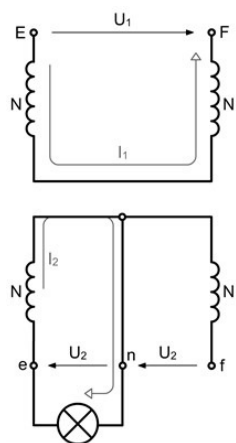
1 MVA teljesítményig és 6000 V feszültségig levegőhűtésű, úgynevezett száraz transzformátorokat lehet készíteni. Ezeknél a tekercsek és a vasmag körül szabadon áramlik a levegő. Alkalmazhatnak mesterséges hűtést, ilyenkor ventilátorral segítik elő a levegő áramlását. Nagyobb teljesítmények esetén olyan sok hő keletkezik, hogy azt már levegővel elszállítani nem lehet, ilyenkor alkalmazzák az olajhűtést. Erre látunk példát a következő ábrán.



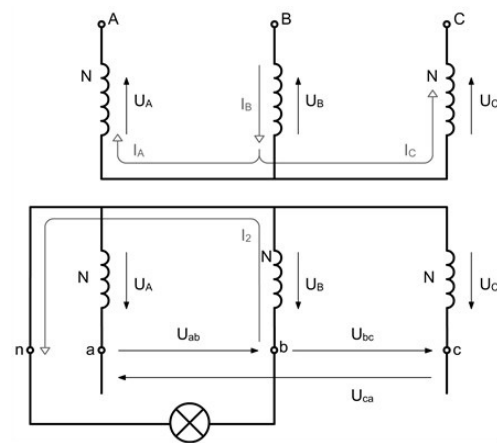
Olajhűtésű transzformátor

A transzformátor rajzjele

Ha a transzformátor egyfázisú, akkor a nagyobb feszültségű oldal (többnyire primer) jelölése: E, F, a szekunder oldal jelölése e, f.



Egyfázisú transzformátor

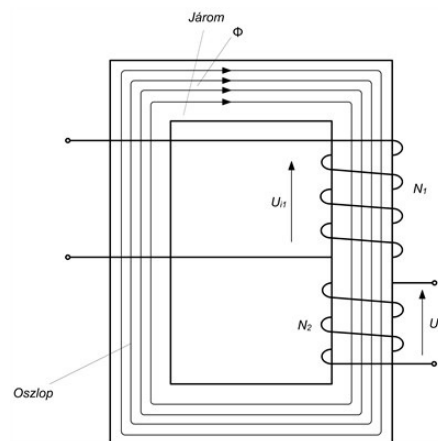


Háromfázisú transzformátor

Ha a transzformátor háromfázisú, akkor a primer tekercsek jelölése: A, B, C, a szekunder tekercsek jelölése a, b, c.

A transzformátor működési elve

A transzformátor jól mágnesezhető anyagból készült lemezelt, zárt vasmagból és tekercsekből áll. A vasmagnak az a része, amelyen a tekercsek vannak, az oszlop, a többi részének az elnevezése: járom. Egy ilyen transzformátor látható a következő ábrán.



Transzformátor vasmag primer és szekunder tekercssel

Az N_1 menetszámú primer tekercs a hálózatról teljesítményt vesz fel, az N_2 menetszámú szekunder tekercs teljesítményt szolgáltat. A két tekercs felcserélhető, ezért sok esetben a tekercseket feszültségeik szerint különböztetjük meg: beszélünk nagyobb és kisebb feszültségű tekercsről.

A transzformátor üresjárása

Kapcsoljunk a primer tekercsre f frekvenciájú U_1 feszültséget és a szekunder tekercset hagyjuk nyitottan. Az U_1 feszültség hatására I_g gerjesztő áram folyik a primer tekercsben. Ennek a gerjesztése a vasmagban szinuszosan váltakozó fluxust létesít, maximális értéke φ_m . Ez a fluxus a primer tekercsben:

$$U_{i1} = 4,44 \cdot N_1 \cdot \varphi_m \cdot f$$

a szekunder tekercsben pedig :

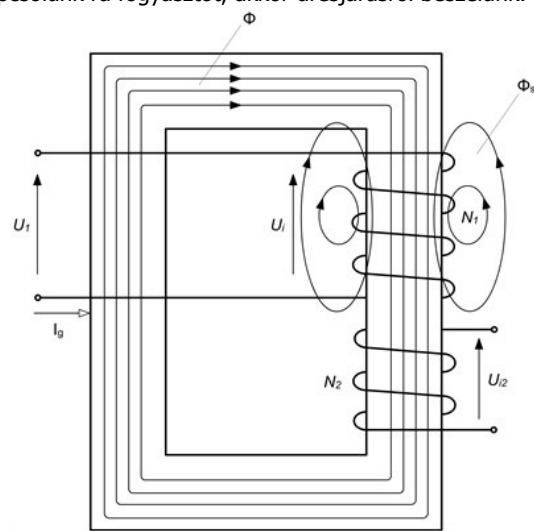
$$U_{i2} = 4,44 \cdot N_2 \cdot \varphi_m \cdot f$$

feszültséget indukál.

Az indukált feszültségek arányosak a menetszámokkal. A két indukált feszültség hányadosát menetszám-, vagy feszültségáttételnek szokás nevezni. Jele: a .

$$a = \frac{U_{i1}}{U_{i2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

A fluxust nem csak a vas vezeti, hanem kismértékben a levegő is. A fluxusnak a vasmagon, tehát mindkét tekercsen át záródó része a főfluxus (Φ), csak a primer tekercs körül záródó része a primer szórt fluxus (Φ_{s1}). Ha a szekunder tekercset nem terheljük, nem kapcsolunk rá fogyasztót, akkor üresjárásról beszélünk.

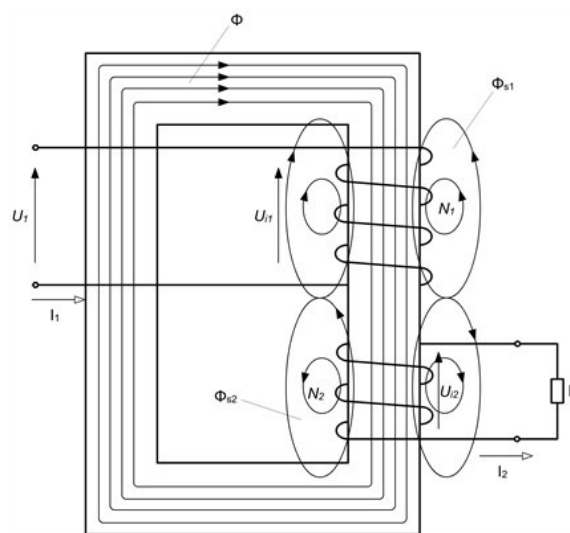


A transzformátor üresjárása

A transzformátor terhelése

Kapcsoljunk a szekunder tekercsre fogyasztót, például egy ohmos ellenállást, azaz terheljük a transzformátort. Ezt terhelési állapotnak nevezzük, melyet a következő ábrán láthatjuk.

A fogyasztón az U_{i2} feszültség I_2 áramot hajt át. A szekunder áram gerjesztése a főfluxust megváltoztatja. A megváltozott főfluxus miatt megváltozik a primer indukált feszültség is. A primer tekercsre kapcsolt és a benne indukált feszültség különbség a primer tekercs áramát I_1 -re változtatja, tehát a primer gerjesztés is megnövekszik. Ez a megnövekedett gerjesztés a fluxust közel az eredeti értékre állítja vissza és ezáltal az U_{i1} is alig változik. Ha tehát a transzformátort fogyasztóval terheljük, akkor nemcsak a szekunder tekercsekben indul meg áram, hanem megváltozik a primer áram is, úgy, hogy a főfluxus és az indukált feszültség közel állandó marad.



A transzformátor terhelése

A gerjesztés egyensúlyának törvénye

A terhelt transzformátorban tehát két gerjesztés van: a primer és a szekunder. A két gerjesztés együtt \approx ugyanazt a Φ fluxust hozza létre, mint üresjárásban az $I_0 \cdot N_1$ gerjesztés. A két gerjesztés ellentétes irányú. Különbségük ugyanakkora kell legyen, mint az üresjárási gerjesztés:

$$I_1 \cdot N_1 - I_2 \cdot N_2 = I_0 \cdot N_1$$

Ez a gerjesztés egyensúlyának törvénye.

Az üresjárási gerjesztő áramot gyakran elhanyagoljuk, nullának vesszük, hiszen a névleges áramhoz képest kis értékű, ilyenkor ideális transzformátorról beszélünk, ezézt

$$I_1 \cdot N_1 - I_2 \cdot N_2 \approx 0$$

Ezen összefüggésből

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a}$$

A transzformátorban tehát az áramerősségek a menetszámokkal fordítottan arányosak.

A terhelt transzformátorban már nem csak a primer áram hoz létre szórt fluxust, hanem a szekunder is, amely csak a szekunder tekercs körül záródik.

Rövidzárási állapot

Ha a transzformátort névleges feszültséggel tápláljuk meg és a szekunder tekercsét gyakorlatilag ellenállásmentes vezetővel összekötjük, akkor zárlatról beszélünk. Ez egy üzemszerű állapot, s ilyenkor valamilyen hiba lépett fel. Igen nagy áramerősség alakul ki mind a két tekercsrendszerben.

A rövidzárási állapot nem egy üzemi állapot, hanem a transzformátor jellemzőinek mérésekor mi állítjuk elő. Ilyenkor a szekunder tekercsüket rövide zárjuk, és akkora feszültséggel tápláljuk meg, hogy a tekercseiken éppen a névleges áram folyjék keresztül. Ez az állapot, alkalmas a transzformátor vasvesztéseinek a meghatározására.

Az a feszültség, melynél ilyen esetben a névleges áram folyik: a névleges rövidzárási feszültség.

A rövidzárási állapot jellemzésére szoktak alkalmazni egy mennyiséget, amelyet dropnak neveznek. A drop az a szám, amely megmutatja, hogy a névleges rövidzárási feszültség hány százaléka a névleges feszültségnek. A jele: ε .

$$\varepsilon = \frac{U_{zn1}}{U_{n1}} \cdot 100\%$$

A transzformátorok százalékban megadott névleges rövidzárási feszültsége: 4,5....12 %.(A nagyobb érték a nagy transzformátoroknál szokásos felső határt jelenti.)

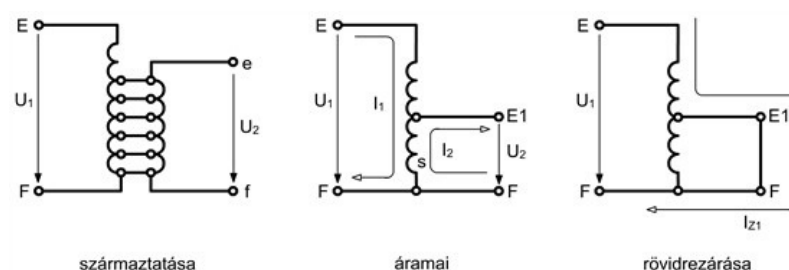
A transzformátorok fajtái

Már az előbbieken volt szó arról, hogy a transzformátorok lehetnek egy és háromfázisú kivitelűek.

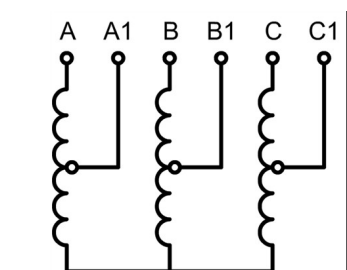
Ha a transzformátor háromfázisú, akkor mindkét tekercsrendszere lehet csillag és delta (háromszög) kapcsolású. Ettől függően a transzformátorok viselkedése igen eltérő lehet. Így különböző kapcsolási csoportok értelmezhetőek.

Takarékkapcsolású transzformátor

• Takarékkapcsolású transzformátor: gyakran használt elnevezése booster (ejtsd: buszter), de szerkezetére legjellemzőbb az egytekercselésű transzformátor elnevezés. A takarékkapcsolású transzformátor olcsósága ellenére jelentős hátránnyal is rendelkezik, így alkalmazhatósága korlátozott. Meghibásodás esetén (pl. szakadás az s helyen) a teljes nagyobb feszültség megjelenhet a kisebb feszültségű oldalon, kapcsolokon. Ezért, ha a transzformátorral a feszültséget életvédelmi szempontból kell csökkenteni, akkor nem alkalmazható.



Az egyfázisú takarékkapcsolású transzformátor



Háromfázisú takarékkapcsolású transzformátor

Ívhegesztő transzformátor

• Ívhegesztő transzformátor: primer tekercsét hálózati feszültségre kapcsoljuk, szekunder tekercsének egyik kivezetése a hegesztőpálcára, másik kivezetését földeljük. Velük szembeni követelmény, hogy üresjárásban szolgáltatssa az ív begyűjtéséhez szükséges feszültséget, meghibásodás nélkül rövide zárható legyen és terheléskor csak akkora legyen a

feszültsége, amekkora az ív fenntartásához szükséges. A következő ábrákon láthatóak a hegesztő transzformátor szerkezete és az ív jelleggörbék.

3/6 fázisú transzformátorok

• 3/6 fázisú transzformátorok: az egyenirányítók készülhetnek 6 fázisú táplálásra is, és ezekhez kell olyan transzformátor, amely előállítja a 6 fázist. Lehetnek csillag/csillag és háromszög/csillag kapcsolásúak is.

Mérőtranszformátorok

• Mérőtranszformátorok: ezen eszközöket attól függően, hogy feszültséget, vagy áramot szeretnénk mérni velük, feszültség-, illetve áramváltónak nevezzük. A feszültségváltó egy üresjárásban működő transzformátor, melynek szekunder tekercsét csak egy nagy ellenállású voltmérő-, wattmérő feszültségtekercse terheli. A közvetlenül nem mérhető nagy feszültséget szabványos 100 vagy 110 V-ra csökkenti le. Az áramváltó egy rövidzárási állapotban működő transzformátor, melynek szekunder tekercsét az ampermérő vagy a wattmérő áramtekercse zárja rövidre. Névleges szekunder rövidzárási áramuk 1 ill. 5 A lehet.

A transzformátorok veszteségei

Minden gépben, tehát a villamos gépekben is keletkeznek veszteségek, így a transzformátorban is. Ezek miatt a gép hasznosított, leadott teljesítménye P_h mindig kisebb a bevezetett, felvett P_b teljesítménynél.

A tekercsvesztesség

A TEKERCSEVESZTESÉG a gép tekercsrendszerén jön létre:

$$P_t = I^2 \cdot R$$

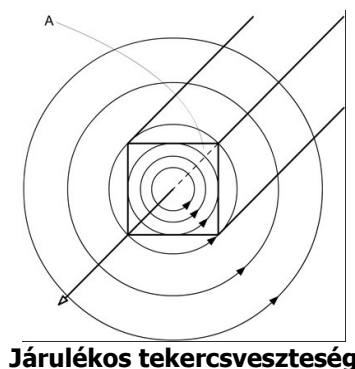
ha R ellenállású tekercsen I áramerősség folyik. Ha a gépben több tekercs van, akkor ki kell számítani mindegyik tekercsen a tekercsvesztéseket, és összegezni kell. Szokás ezt a veszteséget rézvesztésnek is nevezni.

Járulékos tekercsvesztesség

JÁRULÉKOS TEKERCSEVESZTESÉG akkor jön létre, ha a tekercs vezetőiben váltakozó áram folyik, amelyet a következő ábra mutat.

Ez a vezető belsejében és a vezető körül váltakozó mágneses teret létesít, amelynek indukcióvonalai periódusonként kétszer irányt változtatnak. A vezető belsejét több indukcióvonal veszi körül, mint a széleket, ezért a vezető belsejében nagyobb az önindukciós feszültség s Lenz törvénye értelmében ez ott jobban akadályozza az áram folyását, mint a széleken. Ez azt jelenti, hogy vezető belsejének nagyobb az induktív reaktanciája, az áram a vezető belsejéből a felület felé szorul: a széleken nagyobb az áramsűrűség, mint középen. Olyan a helyzet, mintha az áram nem folyna a vezető teljes A keresztmetszetén, tehát mintha a vezető ellenállás megnövekedne. Az $I^2 \cdot R$ összefüggés értelmében ez veszteségnövekedést jelent.

A járulékos tekercsvesztesség főleg akkor számottevő, ha a négyzetű keresztmetszetű vezető nagyobbik mérete a 10 mm-t meghaladja és a frekvencia több, mint 50 Hz.



Vasvesztesség

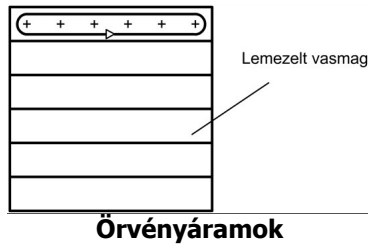
A vasat úgy tekinthetjük, hogy az elemi mágnesekből vagy elemi köráramokból áll. Ezek tengelyei igyekeznek beállni az indukcióvonalak irányába. A váltakozó indukcióvonalak irányának követése belső súrlódással jár, ez hőt fejleszt. Ezt nevezzük átmágnesezési vagy hiszterézisvesztésnek P_h . Arányos a vas súlyával, a frekvenciával, a mágneses indukció maximumának négyzetével és függ a vas minőségétől.

A hiszterézisvesztés szilíciumötvözéssel csökkenthető.

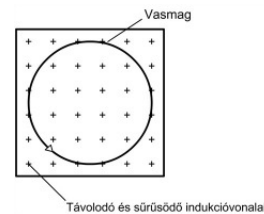
A váltakozó mágneses indukció nem csak a tekercsek vezetőiben, hanem a vastestben is indukál feszültséget és ez a vastestben – mint egy rövidzárt menetben – áramot indít, mely hőt fejleszt. Ezt a veszteséget örvényáramvesztésnek nevezzük.

Tömör vastest metszete látható a következő ábrán, ahol megrajzoltuk az indukcióvonalakat és az I_0 örvényáramot.

Az örvényáramvesztés egyenesen arányos a vas ellenállásával. Tömör vas esetén az örvényáramvesztés nagy, mert bár a nagy keresztmetszet miatt kicsi a vas ellenállása, de éppen ezért nagy az áram és a tanult összefüggésben az áram a második hatványon szerepel. Az örvényáramvesztés csökkentése a vas lemezelésével és szilíciumötvözéssel történik. A lemezeket egymástól vékony lakk réteggel szigetelhetjük.



Örvényáramok



Az örvényáram veszteség

A transzformátorok hatásfoka

A transzformátor hasznosított teljesítménye a szekunder oldalon leadott teljesítmény. Egyfázisú transzformátor esetén:

$$P_h = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi$$

A bevezetett, azaz a primer oldalon felvett teljesítményt a hasznosított teljesítményből, a vasvesztéséből és a tekercsvesztéséből számíthatjuk ki:

$$P_b = P_1 = P_2 + P_v + P_t$$

A hatásfok:

$$\eta = \frac{P_h}{P_b} = \frac{P_2}{P_1}$$

A vasvesztés a terheléstől függetlenül állandó, a tekercsvesztés a mindenkor terheléstől függ.

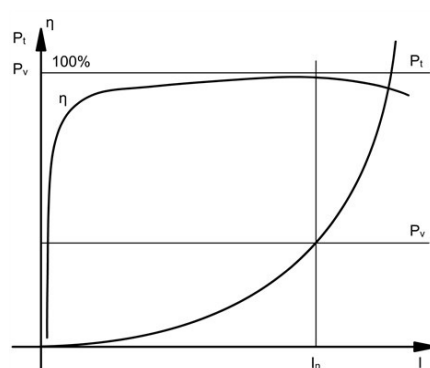
Gyakran előfordul, hogy az üresen járó, vagy hosszú ideig kis terheléssel üzemelő transzformátoroknál követelmény, hogy a hatásfokuk kis terhelésnél legyen nagy. Ezeket úgy kell méretezni, hogy a vas és a tekercsvesztésük kis áramnál legyen egyenlő. A kis vasvesztés a szokásosnál nagyobb vaskeresztmetszettel, vagy hidegen hengerelt kisvesztésű lemezanyaggal érhető el. Az állandóan jól kihasználta, azaz állandóan a névleges terhelés közelében üzemelő transzformátoroknál követelmény, hogy hatásfokuk a névleges terhelés környékén legyen nagy. Ez közel azonos vas és tekercsvesztéssel érhető el, bár ez nem mindig tartható, ezért megelégednek

$$\frac{P_t}{P_v} = 2 \dots 2,5 \text{ értékkel.}$$

A következő ábrán látható az áram függvényében a veszteség hogyan változik.

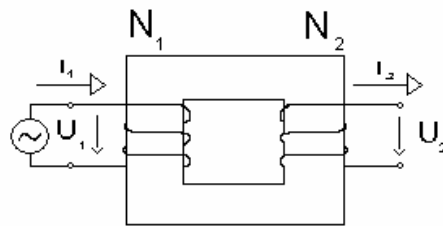
A transzformátor vas- és tekercsvesztése, valamint hatásfoka a terhelő áram függvényében

A transzformátorok hatásfoka függ a teljesítménytényezőtől is. Ha a $\cos \varphi$ romlik, tehát csökken, akkor a hatásfok is rosszabb lesz.



A transzformátor vas- és tekercsvesztése, hatásfoka

A transzformátor feszültség-, áram- és impedancia-átételei



Feszültségátétel:

A primer tekercsre rákapcsolt feszültség hatására kis értékű,

$$I_1 = \frac{U_1}{\omega L_1}$$

nagyságú áram folyik. Ennek gerjesztett fluxusa mindkét tekercsben feszültséget indukál.

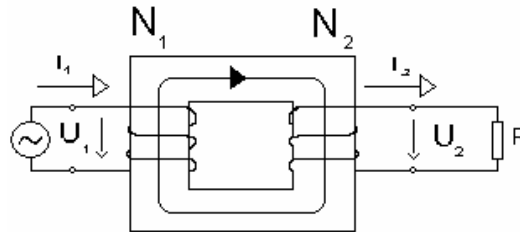
$$U_1 = N_1 \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}; \quad U_2 = N_2 \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \text{és} \quad a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

A feszültségátétel az áttétellel egyenlő

Áramátétel:

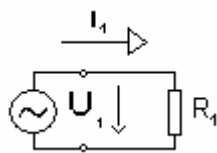
$$\text{Mivel} \quad U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{a}$$

Az áramátétel az áttétel reciprokával egyenlő.



Ellenállás-átétel:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{a \cdot U_2}{\frac{I_2}{a}} = \frac{U_2}{I_2} \cdot a^2 = R_2 \cdot a^2 \quad R_1 = R_2 \cdot a^2$$



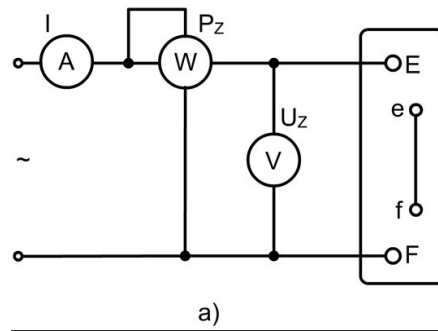
$$\frac{R_1}{R_2} = a^2 \quad \text{tehát, az ellenállás-átétel az áttétel négyzetével egyenlő.}$$

A háromfázisú transzformátor mérése

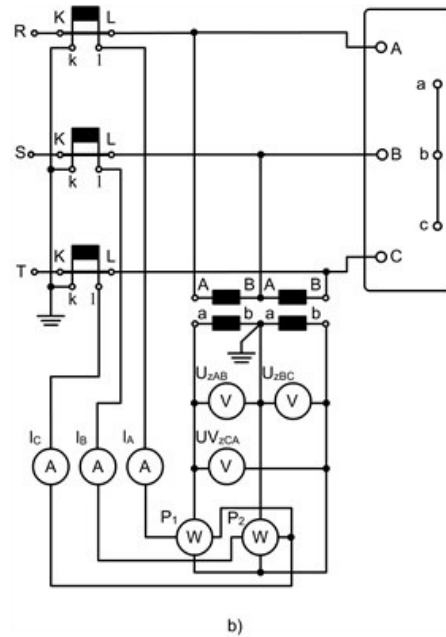
A háromfázisú transzformátor üresjárású mérési célja

A transzformátor üres járású mérésének célja az üres járású áramának és a terheléstől független veszteségének, a vasvesztésének a meghatározása. A mérés során megállapítható még, az üres járású teljesítménytényező, az üres járású áram hatásos és meddő összetevői, valamint a transzformátor meddő teljesítmény-igénye is.

Mérni kell a feszültséget, a transzformátor áramát és a teljesítményfelvételt; háromfázisú transzformátor esetében mindhárom vonali feszültséget, mindhárom áramot és a teljesítményfelvételt két vagy három wattmérős kapcsolásban.



A háromfázisú transzformátor mérése egyfázison

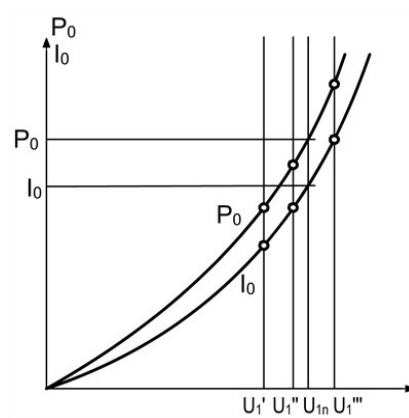


A háromfázisú transzformátor mérése háromfázison

A háromfázisú transzformátor üresjárási mérési folyamata

A méréshez szimmetrikus névleges feszültségre van szükség. Mivel ez a feszültség nem mindig áll rendelkezésre, ezért a feszültséget kb. öt lépésben állítjuk be 80 és 105% között úgy, hogy az egyik beállított érték a névlegeshez közel legyen. A mért értékeket koordináta rendszerben ábrázoljuk, a pontokat összekötve görbéket kapunk, amelyből leolvasható a névleges feszültséghez tartozó üres járási áram és a teljesítmény értéke.

A mérést végezhetjük a kis és a nagyfeszültségű oldalon is. Bármelyik feszültségű oldalon végezzük a mérést, az üres járási teljesítmény ugyanakkora, az üres járási áram viszont a feszültséggel fordítottan arányos.



A teljesítmény és az áram változásai

A háromfázisú transzformátor üresjárás mérés jellemzőinek számítása

- Összeállítjuk a háromfázisú transzformátor mérési kapcsolását háromwattmérős módszerrel.
- Öt lépésben növeljük a feszültséget, úgy hogy a tartományba essék a névleges érték.
- Képezzük a három vonali feszültség számtani középértékét: U_1
- Meghatározzuk a három vonali áram számtani középértékét: I_0
- Előállítjuk a háromfázisú hatásos teljesítményfelvétel értékét: $P_0 = P_1 + P_2 + P_3$

A háromfázisú transzformátor üresjárás mérésének kiértékelése

Minden mérési pontban a kiszámolt értékeket ábrázoljuk, és meghatározzuk a névleges feszültséghez tartozó áram és teljesítmény értékeket.

A háromfázisú transzformátor üresjárás mérés veszteségei

A névleges feszültség, valamint a névleges feszültséghez tartozó üresjárás áram és veszteség alapján kiszámítható a $\cos \varphi$, az I_0 hatásos és meddő összetevője, valamint a Q_0 üresjárás meddő teljesítmény.

A mérési táblázat:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot I_0}; \quad \sin \varphi_0 = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_0}$$

$$I_v = I_0 \cdot \cos \varphi_0; \quad I_m = I_0 \cdot \sin \varphi_0$$

$$Q_0 = \sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot I_m$$

Pontosabban meghatározható a vasvesztés, ha az üresjárás veszteségből levonjuk a P_{t0} üresjárás tekercsvesztését. Ehhez ismerni kell a tekercselés R_f fázisonkénti ellenállását, amely egyenáramú méréssel határozható meg. Ennek alapján :

$$P_t = \sqrt{3} \cdot I_{0f}^2 \cdot R_f$$

Ebben az összefüggésben az I_{0f} a fázistekercsben folyó üresjárás áram.

Csillagkapcsolásban az $I_{0f} = I_0$

A vasvesztés: $P_v = P_0 - P_{t0}$

A háromfázisú transzformátor rövidzárási mérés célja

A rövidre zárási mérés célja a transzformátor rövidre zárási feszültségének, rövidre zárási veszteségének, a névleges áramhoz tartozó tekercsvesztésének és a járulékos veszteségeinek meghatározása. Megállapítható még e mérés során a rövidre zárási teljesítménytényező, a transzformátor rövidre zárási impedanciája, valamint a rövidre zárási impedancia hatásos és meddő összetevője.

A háromfázisú transzformátor rövidzárási mérési folyamata

A transzformátor egyik tekercsrendszerét ha rövidre zárjuk és másik tekercsrendszerére akkora feszültséget kapcsolunk, hogy a tekercsekben a névleges áram folyjék, akkor rövidre zárási állapotról beszélünk. Ez a feszültség a transzformátor névleges rövidre zárási feszültsége U_z . Ilyenkor a felvett teljesítmény P_z jó közelítéssel a transzformátor névleges terheléshez tartozó tekercsvesztése. Mivel a feszültség a névleges érték 5-10%-a, és az áram a névleges terhelőáram, a vasvesztés elhanyagolható, és a felvett teljesítmény a tekercsvesztést adja.

A mérés során a kisebb feszültségű oldalt célszerű rövidre zárni, és a nagyobb feszültségű oldalon mérni, mert így a feszültség is mérhetőbb és az áram sem lesz túl nagy értékű.

A tekercsek ellenállásait P egyenáramú módszerrel mérhetjük meg. A névleges áramhoz tartozó tekercsvesztés:

$$P_t = \sqrt{3} \cdot I_n^2 \cdot R$$

A rövidre zárási teljesítményből és a tekercsvesztésből meghatározható a rövidzárási járulékos veszteség:

$$P_j = P_z - P_t$$

A transzformátor rövidzárási teljesítménytényezője:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_z \cdot I_n}$$