

# Hálózati transzformátorok méretezése

Stefanik Pál okl. vill. mérnök, HA5BT

Pákatranszformátort szeretnék készíteni, 24 V-os forrasztópákámhoz – írta az egyik fiatal amatőr. Legyenek szívesek egy egyszerű számítási eljárást ismertetni, melynek lapján el tudom készíteni a „trafót”, „home made” módon.

Mínt hogy valóban régen közöltünk transzformátorszámítást, most eleget teszünk az olvasói kérésnek. Cikkünk első részében ismertetjük az elvi kérdéseket, hogy azután annak alapján a számítás gyakorlati menetét is bemutathassuk.

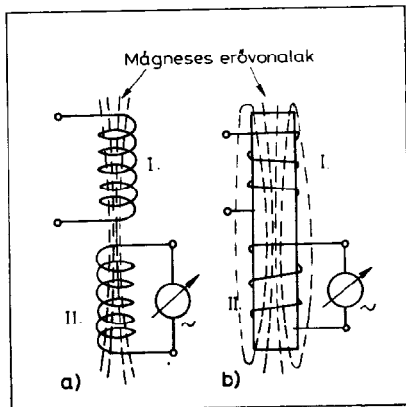
Első kérdésünk tehát: mi a transzformátor?

Fizikatanulmányainkból az indukció jelenségére kell emlékeznünk. Arra a kísérletre, amikor két tekercset helyeztünk egymás mellé (1.a ábra) és az I-essel jelölt tekercsbe váltakozó áramot vezetünk. Azt tapasztaltuk, hogy a II-essel jelölt tekercsre kapcsolt feszültségmérő műszer mutatója feszültséget mutatott, jöllehet, a két tekercs nem volt egymással fémes összeköttetésben.

Ebből az egyszerű kísérletből a következő fontos törvényszerűséget vonhatjuk le:

*Ha két tekercs egymással mágneses csatolásban áll, s az egyik tekercsben váltakozó áram folyik, ez változó mágneses erőteret hoz létre, és e változó mágneses erőter a második tekercsben feszültséget indukál.*

Mi módon tehetjük hatásosabbá a mágneses erőteret?



1. ábra

Úgy, hogy az előbb említett két tekercset egy vasrúdra, vasmagra helyezzük az 1.b ábra szerint. Az ilyen elrendezésű eszközt *transzformátornak* nevezzük. Az azonban természetes, hogy a valóságos transzformátor felépítése különbözik a kísérleti példányunktól, de a működési elv azonos. A 2. ábrán a szakirodalomban és a kapcsolási rajzokon használatos transzformátor rajzjelét szemléltetjük.

Az első kísérletünkél a két tekercset római I-gyel és II-vel jelöltük. A következőkben a két tekercs közül amelyikbe a váltakozó áramot vezetjük, *primer tekercsnek* (Pr.), a másodikat pedig *szekunder tekercsnek* (Szek.) fogjuk nevezni.

A transzformátor eddigi kísérleti vasrúdjá helyett a valóságban különböző típusú vasmagokat alkalmazunk. (Ezekről a későbbiekben még beszélni fogunk.) Egyik ilyen közismert típus a *köpenymag* (3. ábra). További kísérletünkhöz ezt a vasmagtípust fogjuk használni. Tekercseljünk fel a 3. ábra szerint a vasmagon levő csévetestre először 220 menetet és kapcsoljuk rá a 220 V-os hálózati feszültséget. Ennek hatására a tekercsben áram fog folyni, mely váltakozó mágneses erőteret hoz létre. És most egy nagyon fontos jelenséget figyelhetünk meg. Ebben a létrehozott váltakozó mágneses erőterben az erőteret létrehozó tekercs *önmaga* is benne van. Az indukció törvénye alapján a tekercsben önmagában is feszültség indukálódik, ez azonban ellentétes irányú, mint az eredeti, őt létrehozó hálózati feszültség iránya. Ezt a feszültséget *ellen-elektromotoros erőnek* nevezzük.

Jelenlegi kísérletünk során feltételezzük az ideális, veszteségmentes tekercset, így abban éppen 220 V-os ellen-elektromotoros feszültség fog indukálódni. A következő kérdésünk: ebből a feszültségből a tekercs egy menetére mennyi jut?

Ezt úgy kapjuk meg, hogy a tekercsre kapcsolt feszültség értékét elosztjuk az összes menetszámmal:

$$u_n = \frac{U_1}{n_1} = \frac{220 \text{ [V]}}{220 \text{ [me]}} = 1 \text{ [volt/menet].}$$

A képletben szereplő  
 $u_n$  = az I menetre jutó feszültség,  
 $U_1$  = a tekercsre kapcsolt feszültség voltban,  
 $n_1$  = a tekercs menetszáma.

Mi történik akkor, ha a csévetesten már meglévő tekercsre, attól elszigetelten, egy másik tekercset is elhelyezünk? (Az első tekercset ezek után már primer tekercsnek, a másodikat pedig szekunder tekercsnek fogjuk nevezni.) A szekunder tekercs menetszáma legyen tetszőleges, pl.: 20, 50 vagy 125.

Az indukció törvénye alapján a szekunder tekercs benne van a primer által létrehozott váltakozó mágneses erőterben és abban feszültség indukálódik, mégpedig az előzőleg kiszámított menetenkénti 1 V értékű. Tehát a feltételezett menetszámunknak megfelelően 20, 50 illetve 125 V feszültséget mérhetünk.

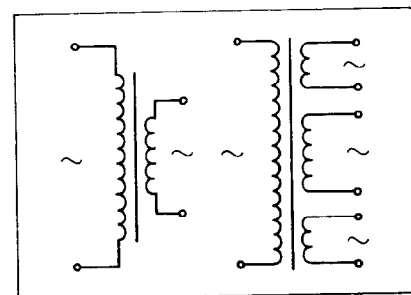
Ebből következik a fontos törvényszerűség: *a primer- és szekunderoldali feszültségek arányosak a primer- és szekunderoldali menetszámokkal.*

A primer és szekunder tekercsek menetszámarányát a transzformátor *áttételének* nevezzük:

$$\dot{a} = \frac{n_1}{n_2}$$

A szekunder tekercsben mekkora  $U_2$  feszültség indukálódik?

$$U_2 = u_n n_2 = \frac{U_1}{n_1} n_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1} \text{ [V].}$$



2. ábra

(Az  $u_n = \frac{U_1}{n_1}$  1 menetre jutó feszültséget már korábban meghatároztuk.)

A képletből már felírhatjuk a transzformátor egyik fontos alapegyenletét:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

ahol:

- $U_2$  = a szekunder feszültség,
- $U_1$  = a primer feszültség,
- $n_2$  = a szekunder tekercs menetszáma,
- $n_1$  = a primer tekercs menetszáma.

Az alapegyenletből tehát levonhatjuk azt a fontos következtetést, hogy a transzformátor segítségével a váltó-feszültséget tetszőleges értékűre alakíthatjuk. Ebből az is következik, hogy a transzformátorral egy bizonyos feszültséget *feltranszformálhatunk*, vagy *letranszformálhatunk*.

A korábban ideálisnak, azaz veszteségmentesnek feltételezett transzformátor teljesítményviszonyait vizsgálva azt találjuk, hogy a primer- és szekunder oldali teljesítmények egyenlők. A teljesítményt váltóáram esetén is mint az egyenáramnál, a feszültség és áram szorzata adja. (Ha nincs fáziseltolódás.) Tehát:

$$U_1 I_1 = U_2 \cdot I_2, \text{ ebből:}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

Ez a képlet a transzformátor másik fontos alapegyenlete, vagyis: *a primer- és szekunder áramok és -feszültségek között fordított az arány. Nagyobb szekunder feszültséghez kisebb áramerősség tartozik.* (A teljesítmények csak így lehetnek egyenlők.)

A transzformátor egyenletének felírásánál láttuk, hogy a feszültségek aránya egyenlő a menetszámok arányával, vagyis:

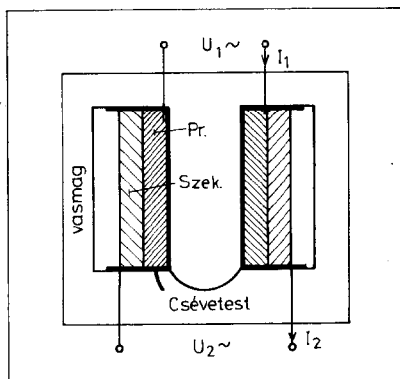
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Ezt a képletet helyettesítsük az előbb felírt teljesítmény képletébe:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}, \text{ azaz } \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

E képlet azt mutatja, hogy az áramok és a menetszámok között is fordított az arány.

A transzformátort az eddig leírtak szerint áram és feszültség transzfor-



3. ábra

málására használhatjuk. De alkalmas ellenállás, illetve váltakozó áramú ellenállás, ún. impedancia transzformálására is. Írjuk fel a teljesítményt, a következő módon:

$$P_1 = P_2,$$

ahol:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \text{ és } I_1 = \frac{U_1}{r_1}, \text{ amivel}$$

$$P_1 = U_1 \cdot \frac{U_1}{r_1} = \frac{U_1^2}{r_1},$$

$$P_2 = U_2 I_2 \text{ és } I_2 = \frac{U_2}{r_2}, \text{ amivel}$$

$$P_2 = U_2 \cdot \frac{U_2}{r_2} = \frac{U_2^2}{r_2},$$

tehát:

$$\frac{U_1^2}{r_1} = \frac{U_2^2}{r_2}, \text{ ebből } \frac{U_1^2}{U_2^2} = \frac{r_1}{r_2},$$

minthogy:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \text{ (ez a transzformátor alapegyenlete).}$$

Tehát:

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{r_1}{r_2},$$

mivel  $\frac{n_1}{n_2}$  az áttétel (az  $\hat{a}$ ), ezért:

$$\hat{a}^2 = \frac{r_1}{r_2}.$$

Ebből a képletből következik, hogy: *ellenállás, illetve váltakozó áramú ellenállás (impedancia) transzformálásakor a primer- és szekunderoldali ellenállások aránya a menetszámok arányának négyzetével, azaz az áttétel négyzetével egyenlő.*

Eddigi tárgyalásunk során ideálisnak, azaz veszteségmentesnek tételeztük fel a transzformátort. A gyakorlatban ez természetesen nem így van; a transzformátorok veszteségei. A veszteségek a következőkből tevődnek össze:

1. *Rézvesztés*, amely a tekercs anyagául felhasznált rézhuzal valós ellenállásából adódik.

2. *Vasvesztés*, mely két részből áll:

a) *Örvényáram-vesztés*. A

mágneses erőterben nemcsak a tekercsek, hanem a vasmag önmaga is benne van, melyet egy rövidre zárt egyemenetű tekercsnek foghatunk fel. Az indukció törvénye alapján a vasban is indukálódik feszültség, amely áramot hoz létre. Ezt az áramot örvényáramnak nevezzük. Ez energiavesztéséget jelent, amely hővé alakul. Ez ellen úgy védekeznek (ezt úgy csökkentik), hogy a vasmagot alkotó lemezeket elszigetelik egymástól.

b) *Hiszterézis-vesztés*, amely a vasmag átmágnesezése következtében jelentkezik. A mágneses pólusok másodpercenként százszor felcserélődnek (50 Hz-es hálózat esetén). A csere molekuláris átrendeződéssel jár, ez hőt fejleszt, tehát energiavesztés.

A transzformátor veszteségét úgy határozhatjuk meg, hogy megmérjük a primer- és szekunderoldali teljesítményeket, a kettő közötti különbség a transzformátor vesztesége.

A szekunder- és primeroldali teljesítmények arányából határozható meg a transzformátor hatásfoka:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 [\%].$$

A  $P_2/P_1$  aránya mindig kisebb 1-nél. A miáltalunk használt transzformátorok hatásfoka kb. 70...90% közötti.

Következő számunkban a gyakorlatban használatos transzformátorok számításával, méretezésével foglalkozunk majd.

**Műszervásár**  
a **Hobby Elektronika**nál!  
Különbféle elektronikai készülékek, szkopok, szignálok, kéziműszerek. Reklámapron, amíg a készlet tart! Budapest VII., Dózsa Gy. út 16.  
Tel./Fax: 122-8892.