

# Transzformátorok

Magyar találmány: Bláthy Ottó Titusz (1860-1939), Déry Miksa (1854-1938), Zipernovszky Károly (1853-1942), Ganz Villamossági Gyár, 1885.

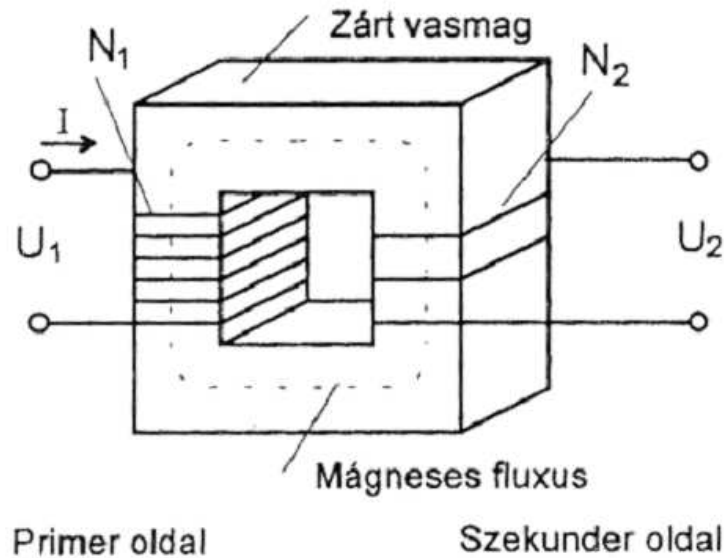


Déry Miksa

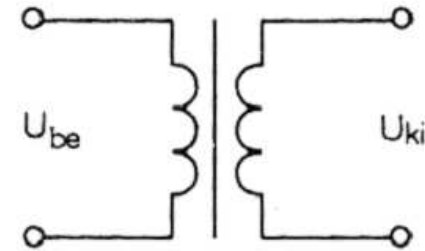


Bláthy Ottó Titusz az indukciós fogyasztásmérővel és az első zárt vasmagú transzformátorral

# Felépítés, működés



a)



b)

4.19. ábra

A transzformátor szerkezete (a) és rajzjele (b)

Transzformátor: négy pólus.

*Működési elv*

A primer oldali váltakozó feszültség fluxust indukál a vasmagban, amelynek a változása feszültséget indukál a szekunder tekercsben. Az elektromos energia mágneses energiává alakul, majd visszaalakul elektromos energiává.

# Négy-pólusok helyettesítő kapcsolásai

Négy-pólusok különféle helyettesítő képei és a négy-pólus-paramétereket definiáló egyenletrendszerek

	Helyettesítő kép	Definiáló egyenletrendszer
$y$ helyettesítő kép		$i_1 = y_{11}u_1 + y_{12}u_2$ $i_2 = y_{21}u_1 + y_{22}u_2$
$z$ helyettesítő kép		$u_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2$ $u_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2$
$h$ helyettesítő kép		$u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2$ $i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}u_2$

## Ideális transzformátor

Ideális transzformátor:

- nincs szórt fluxus, a primer és szekunder tekercs között a csatolási tényező 1
- nincsenek veszteségek.

### Feszültség transzformálás

Mind a primer, mind a szekunder oldali feszültség a menetszámmal és a közös fluxus idő szerinti deriváltjával arányos:

$$U_1 = N_1 \cdot d\Phi/dt$$

$$U_2 = N_2 \cdot d\Phi/dt$$

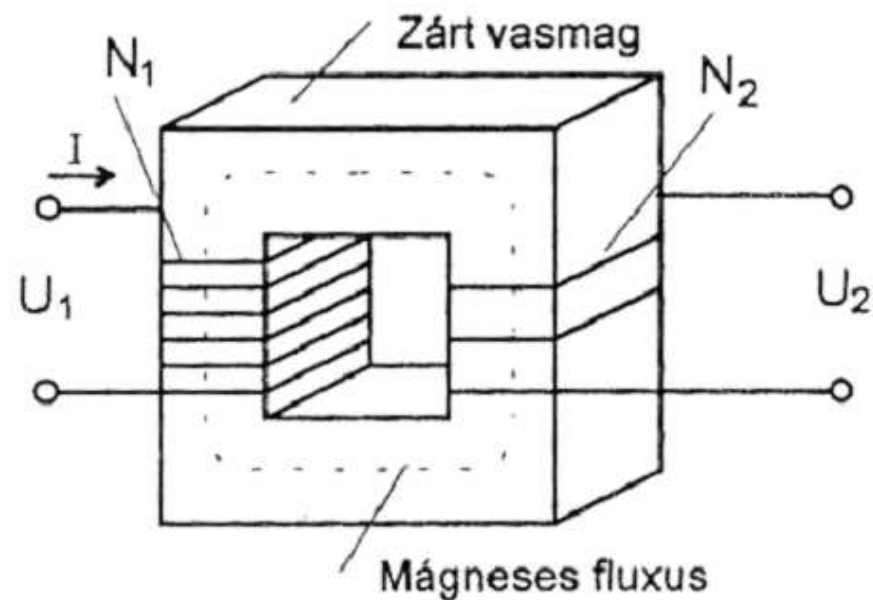
A két feszültség aránya:

$$U_2/U_1 = N_2/N_1 = a$$

A menetszámok arányát a transzformátor áttételének nevezik:

$$a = N_2/N_1.$$

Szinuszos feszültség esetén a fenti összefüggés mind az amplitúdókra, mind az effektív értékekre igaz.



## *Áram transzformálás*

A primer és szekunder oldali teljesítmények megegyeznek egymással:

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

ahol az U és I értékek effektív értékek.

Innen az áramok aránya:

$$I_2 / I_1 = U_1 / U_2 = 1/a$$

Az áram az áttétel reciproka szerint transzformálódik.

## *Impedancia transzformálás*

A teljesítmények egyezősége alapján:

$$U_1^2 / R_1 = U_2^2 / R_2$$

Innen:

$$R_2 / R_1 = U_1^2 / U_2^2 = a^2$$

Az impedancia az áttétel négyzetének arányában transzformálódik. A primer oldali körben a szekunder oldali terhelésnek az  $1/a^2$ -szeres értéke látszik:

$$R_1 = R_2 / a^2$$

A szekunder oldali üresjárású feszültség:

$$U_{2\ddot{u}} = a U_1$$

A rövidzárási primer impedancia:

$$Z_{1r} = 0$$

## TRANSZFORMÁTOROK EGYENLETEI

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 \quad B = \mu_0 \mu_r H \quad H = \frac{I_2}{l_m}$$

$$\Phi_1 = A_m B_1 = A_m \mu_0 \mu_r \frac{N_1 I_1}{l_m} = A_L N_1 I_1$$

$$\Phi_2 = A_m B_2 = A_m \mu_0 \mu_r \frac{N_2 I_2}{l_m} = A_L N_2 I_2$$

$$A_L = \frac{A_m}{l_m} \mu_0 \mu_r$$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = A_L (N_1 I_1 + N_2 I_2)$$

$A_m$  és  $l_m$  – vas keresztmetszete és hossza,  $A_L$  – vas induktivitás állandója

$$U_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} = \cancel{A_L} N_1^2 \frac{dI_1}{dt} + A_L N_1 N_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$U_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = A_L N_1 N_2 \frac{dI_1}{dt} + \cancel{A_L} N_2^2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$L_1 = \cancel{A_L} N_1^2$$

$$L_2 = \cancel{A_L} N_2^2$$

$$\cdot M_{12} = M_{21} = M = \cancel{A_L} N_1 N_2 = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$U_1 = L_1 \frac{dI_1}{dt} + M \frac{dI_2}{dt}$$

$$U_2 = M \frac{dI_1}{dt} + L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

SZINUSZOS JELEN  $u, I \sim \exp j\omega t$

$$u_{1p} \exp j\omega t = L_1 \frac{d}{dt} (I_{1p} \exp j\omega t) + M \frac{d}{dt} (I_{2p} \exp j\omega t)$$

$$u_{2p} \exp j\omega t = M \frac{d}{dt} (I_{1p} \exp j\omega t) + L_2 \frac{d}{dt} (I_{2p} \exp j\omega t)$$

$$u_{1p} = j\omega I_{1p} L_1 + j\omega M I_{2p}$$

$$u_{2p} = j\omega I_{1p} M + j\omega L_2 I_{2p}$$



AMPLITUDÓ HELYETT A FOLKÁSOS EFFEKTÍV  
ÉRTÉKVEL

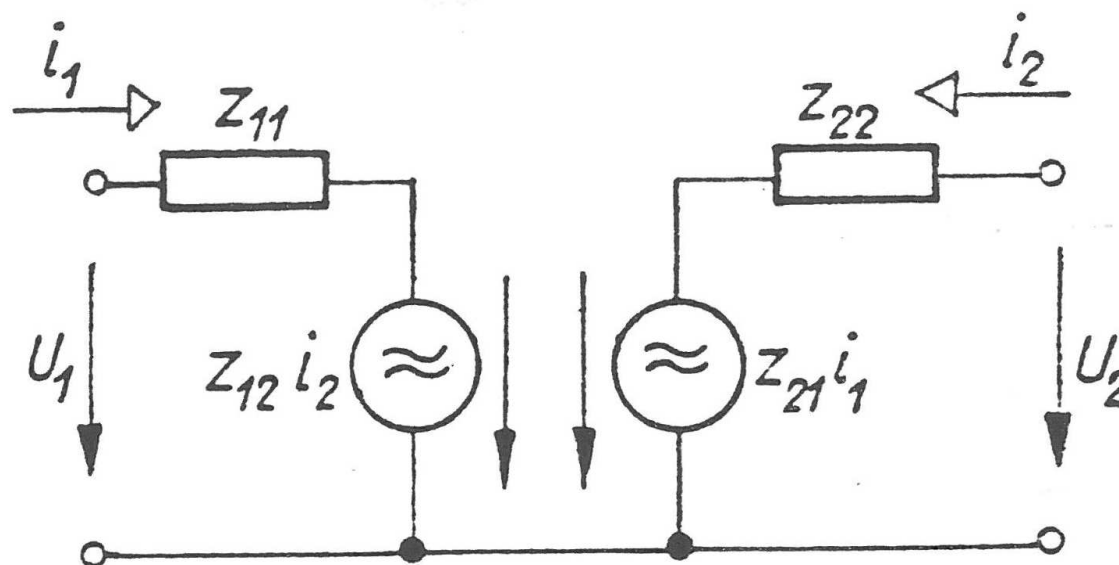
$$U_1 = j\omega L_1 \bar{I}_1 + j\omega M \bar{I}_2$$

$$U_2 = j\omega M \bar{I}_1 + j\omega L_2 \bar{I}_2$$

TRANSZFORMÁTOR MINT NÉGYPÓLUS!

„Z” PARAMÉTEREK!

# Helyettesítő kapcsolás



$$Z_{11} = j\omega L_1, \quad Z_{12} = j\omega M$$

$$Z_{21} = j\omega M, \quad Z_{22} = j\omega L_2$$

# Valódi transzformátor

Valódi transzformátor:

- van szórt fluxus, a primer és szekunder tekercs között a csatolási tényező kisebb, mint 1,
- vannak veszteségek,
- az indukció a vasmagban telítésbe megy.

A kölcsönös indukció:

$$M = k(L_1 L_2)^{1/2}$$

ahol  $k$  a csatolási tényező.

A szórási tényező:

$$\sigma = 1 - k^2$$

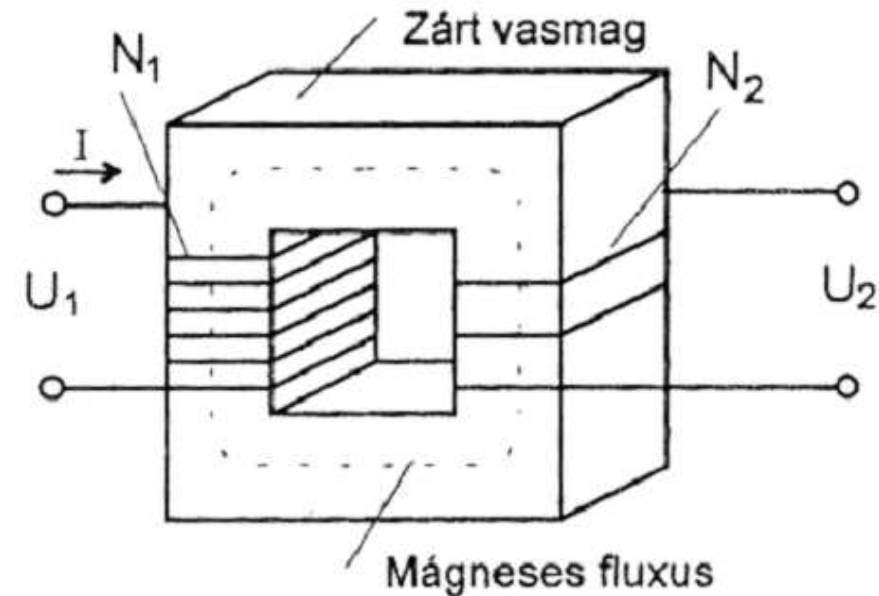
A szekunder oldali üresjárási feszültség:

$$U_{2\ddot{u}} = k a U_1$$

A rövidzárási primer oldali impedancia:

$$Z_{1r} = j\omega L_1 \sigma$$

A valódi transzformátor üresjárási feszültség áttétele az áttétel és a csatolási tényező szorzata, míg a rövidzárási primer impedanciája az induktivitás és a szórási tényező szorzatával arányos.



## **Alkalmazás**

Tápfeszültség előállítás

Villamos energia szállítása

Impedancia illesztés

# Transzformátorok méretezésének szempontjai

Cél: jó hatásfok, minimális méretek.

Korlátozó tényezők:

- vasmag telítése – megengedett legnagyobb indukció érték  $B_{\max}$  ( $\sim 1$  T)
- maximális áramsűrűség ( $2,5$  A/mm<sup>2</sup>)

Tervezésnél kiinduló adatok:

- primer és szekunder feszültségek
- szekunder teljesítmény
- frekvencia
- megengedett legnagyobb indukció
- maximális áramsűrűség

Meghatározandó:

- vasmag mérete (vas és ablak keresztmetszete)
- menetszámok
- huzalátmérők

## *A tervezés főbb lépései*

1. Vasmag méreteinek (vaskeresztmetszet és "ablak"-keresztmetszet) meghatározása illetve katalógusból való kiválasztása az átvendő teljesítmény alapján.
2. Az egyes tekercsek menetszámainak meghatározása az egyes tekercsek feszültségei és a vasmag keresztmetszete ismeretében.
3. Teljesítményveszteségek meghatározása illetve ellenőrzése.
4. Igény szerint a termikus viszonyok (melegedés) meghatározása illetve ellenőrzése.

## Főbb összefüggések

A vas mérete a teljesítménytől ( $P$ ), a megengedett legnagyobb indukció értéktől ( $B_{\max}$ ) a maximális áramsűrűségtől ( $J_{\max}$ ) és a frekvenciától ( $f$ ) függ:

$$A_{\text{abl}}A_{\text{v}} = P / (2,22B_{\max}fJ_{\max})$$

ahol  $A_{\text{abl}}$  az ablak keresztmetszete és  $A_{\text{v}}$  a vas keresztmetszete. Minél nagyobb a frekvencia, a megengedett legnagyobb indukció és az áramsűrűség, annál kisebb a transzformátor mérete.

Viszont ha nő a megengedett maximális indukció és áramsűrűség, nőnek a veszteségek – kompromisszum. Általában teljesítmény transzformátoroknál kisebb veszteségre törekszenek, illesztő transzformátoroknál kisebb méretre.

A tekercsen az effektív feszültség:

$$U = 4,44NA_{\text{v}}B_{\max}f$$

ahol  $N$  a menetszám. Innen kiszámítható a menetszám. A szekunder tekercseknél az így kapott menetszámot osztani kell a csatolási tényezővel a szóródás kompenzálására.

## **Ellenőrző kérdések**

- 1., Hogy működik a transzformátor?
- 2., Milyen helyettesítő kapcsolásaik vannak a négy pólusoknak?
- 3., Mi jellemzi az ideális transzformátort?
- 4., Hogyan transzformálódik az áram?
- 5., Mi az áttétel?
- 6., Hogyan transzformálódik az ellenállás?
- 7., Hogyan transzformálódik a feszültség?
- 8., Melyek a transzformátor egyenletek?
- 9., A négy pólusok melyik helyettesítő kapcsolásának felelnek meg a transzformátor egyenletek?
- 10., Mi jellemzi a valódi transzformátort?
- 11., Miben különbözik a szekunder oldali üresjárási feszültség ideális és valós transzformátor esetében?
- 12., Mire használják a transzformátorokat?
- 13., Mitől függ a transzformátor mérete?