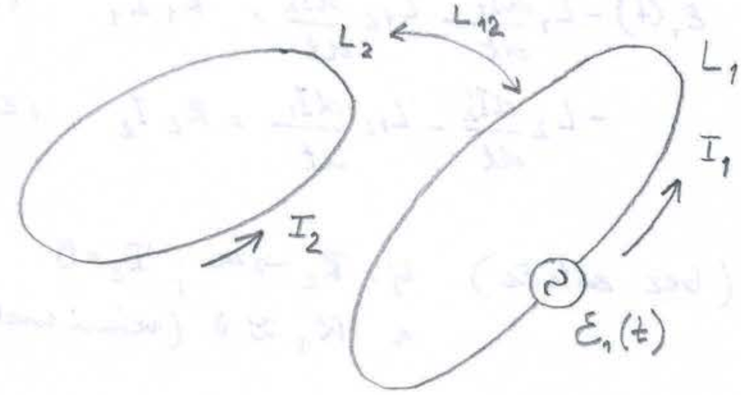
INDUKČNĚ VÁZANÉ OBVODY – TRANSFORMÁTOR



$$\mathcal{E}_1(t) - L_1 \frac{dI_1}{dt} - L_{12}\frac{dI_2}{dt} = 0$$

$$-L_{12}\frac{dI_1}{dt} - L_2 \frac{dI_2}{dt} = 0$$

$$\frac{dI_2}{dt} = -\frac{L_{12}}{L_2}\frac{dI_1}{dt}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_1(t) - L_1\left(1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}\right)\frac{dI_1}{dt} = 0}$$

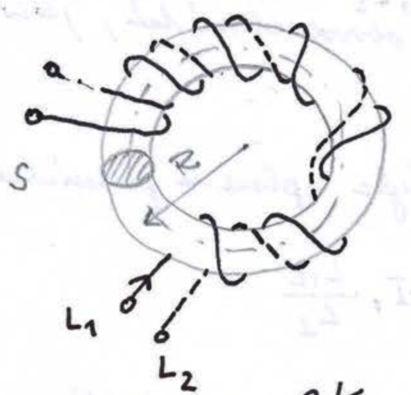
První smyčka se chová jako by její indukčnost byla rovna

$L_{1ef} = L_1\left(1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}\right)$; $L_{1ef} \geq 0$; $k^2 = \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}$ je činitel vazby ($k \doteq 1$)

V mezním případě $k \to 1$ je $L_{1ef} \approx 0$, mluvíme o těsné vazbě a oběma smyčkami prochází stejný magnetický tok. Ve skutečnosti $k < 1$ a $L_{12} < \sqrt{L_1 L_2}$

V případě $k \to 1$ se jedná o transformátor

2 cívky navinuté na toroidním feromagnetickém jádře mají společný magnetický tok.



Počet závitů 1. cívky : z_1

2. cívky : z_2

počet závitů na jednotku délky

$$B = \mu \cdot \frac{z}{l} \cdot I \; ; \quad l = 2\pi R$$

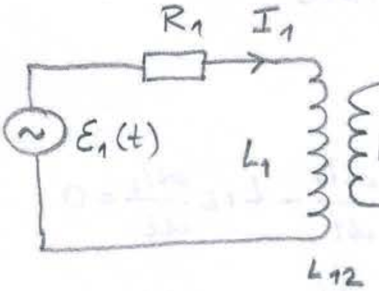
$$L_1 = \frac{\Psi_1}{I_1} \; ; \quad L_2 = \frac{\Psi_2}{I_2} \; ; \quad L_{12} = \frac{\Psi_{12}}{I_2} = \frac{\Psi_{21}}{I_1}$$

$$\Psi_1 = z_1 \cdot S \cdot \mu \cdot \frac{z_1}{l} \cdot I_1 \Rightarrow L_1 = \frac{\mu \cdot S \cdot z_1^2}{l} \quad \text{resp. } L_2 = \frac{\mu \cdot S \cdot z_2^2}{l}$$

$$\Psi_{12} = z_1 \cdot S \cdot \mu \cdot \frac{z_2}{l} \cdot I_2 \Rightarrow L_{12} = \frac{\mu \cdot S \cdot z_1 z_2}{l}$$

$$\frac{L_1}{L_{12}} = \frac{L_{12}}{L_2} = \frac{z_1}{z_2} \; ; \quad k = 1$$ "ideální transformátor"

transformátor v přiblížení soustředěných parametrů:



$$\mathcal{E}_1(t) - L_1\frac{dI_1}{dt} - L_{12}\frac{dI_2}{dt} = R_1 I_1 \qquad (1)$$

$$-L_2\frac{dI_2}{dt} - L_{12}\frac{dI_1}{dt} = R_2 I_2 \qquad (2)$$

1. "transformátor naprázdno" (bez zátěže) tj. $R_2 \to \infty$; $I_2 = 0$
a $R_1 \approx 0$ (velmi malý)

označíme $\mathcal{E}_{20} = L_{12}\frac{dI_1}{dt}$

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{20}}{L_{12}} \quad \text{a potom} \quad \mathcal{E}_1(t) = L_1\frac{\mathcal{E}_{20}}{L_2} \Rightarrow \boxed{\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_{20}} = \frac{L_1}{L_{12}} = \frac{z_1}{z_2}} \ (3)$$

Napětí se transformuje v poměru počtu závitů
(z_1 – primární vinutí, z_2 – sekundární vinutí)

2. "transformátor nakrátko" $R_2 = 0$

$$L_2\frac{dI_2}{dt} = -L_{12}\frac{dI_1}{dt} \Rightarrow \boxed{\frac{I_1}{I_2} = -\frac{L_2}{L_{12}} = -\frac{z_2}{z_1}} \ (4)$$

Proud v sekundárním obvodu je orientován opačně vůči proudu v primárním při stejné orientaci cívek. V případě harmonického průběhu je fázový posuv roven π. Proud se transformuje v obráceném poměru počtu závitů.

3. Proud I_1 splňuje rovnici: $\mathcal{E}_1(t) - L_1\left(1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}\right)\cdot\frac{dI_1}{dt} = R_1 I_1$
(V případě ideálního transformátoru se obvod chová tak, jakoby měl pouze odpor R_1)

OBECNĚ: $R_2 \neq 0$, ale dostatečně malý, aby byla splněna podmínka (4)

z (2) plyne: $-\frac{dI_2}{dt} = \frac{L_{12}}{L_2}\frac{dI_1}{dt} + \frac{R_2}{L_2}I_2$; $I_2 = -I_1\frac{L_{12}}{L_2}$

$-\frac{dI_2}{dt} = \frac{L_{12}}{L_2}\frac{dI_1}{dt} - \frac{L_{12}}{L_2^2}R_2 I_1$ a po dosazení do (1)

$$\mathcal{E}_1(t) - L_1\left(1 - \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}\right)\frac{dI_1}{dt} = \left(R_1 + \frac{z_1^2}{z_2^2}R_2\right)I_1$$

=> kromě zmenšení indukčnosti v primárním obvodu na hodnotu L_{1ef} se přítomnost sekundáru projeví nárůstem efektivního odporu o hodnotu $R_2\left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2$.
Odpor sekundárního obvodu se do primáru transformuje v poměru čtverců závitů.