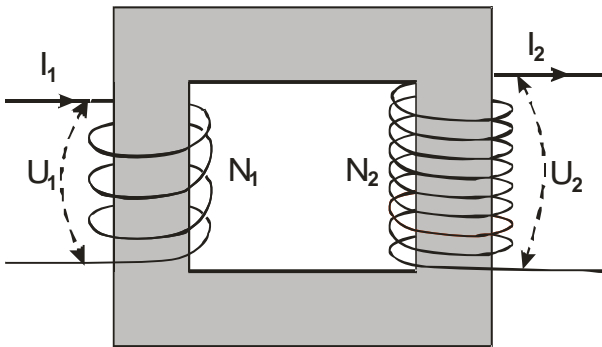


## 4.7.3 Transformátor

**Předpoklady:** 4508, 4701

Uzavřený kruh z plátkového železa, na které jsou usazeny dvě cívky (mohou mít stejný nebo různý počet závitů). Měříme napětí na obou cívkách, proud, který přes ně prochází a známe počty jejich závitů.



Náš konkrétní případ: levá cívka 300 závitů (primární), pravá cívka 600 závitů (sekundární).

**Př. 1:** Odhadni, jaké napětí naměříme na sekundární cívce, když primární cívku připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí 12 V.

Na sekundární cívce nenaměříme žádné napětí.

Stejnosemné napětí na primární cívce  $\Rightarrow$  přes primární cívku teče stejnosměrný proud  $\Rightarrow$  v primární cívce vzniká magnetické pole, se stálou velikostí  $\Rightarrow$  v sekundární cívce se nic neindukuje (nedochází k změně magnetického indukčního toku).

Na sekundární cívce se bude indukovat napětí pouze při zapínání a vypínání primárního obvodu.

**Pedagogická poznámka:** Pokud ukážete studentům transformátor a zadáte příklad 1 naprostá většina z nich bude odhadovat, že se na sekundární cívce objeví napětí 6V. Všichni mají matné povědomí o tom, že transformátor mění napětí elektrického proudu, o tom, jak by měl celý proces fungovat a že je nutné, aby se napětí měnilo nepřemýšlejí.

$\Rightarrow$  Pokud chceme, aby se indukovalo napětí na sekundární cívce, musíme zajistit změny magnetického pole:

- neustále zapínat a vypínat primární cívku
- pustit do primárního obvodu střídavý proud (ten se zapíná a vypíná sám od sebe)

**Př. 2:** Vysvětli, proč se po připojení primární cívky na zdroj střídavého proudu v sekundární cívce indukují střídavé napětí.

Střídavý proud v primární cívce indukují střídavé magnetické pole  $\Rightarrow$  střídavé magnetické pole se šíří železným jádrem do druhé cívky  $\Rightarrow$  uvnitř sekundární cívky se mění magnetické pole  $\Rightarrow$  v sekundární cívce se indukují střídavé napětí.

Zkusíme několik možností, jak zkombinovat cívky s různými počty závitů na primární a sekundární

poloze:

$N_1$ (počet závitů primární cívky)	$N_2$ (počet závitů sekundární cívky)	$U_1$ (napětí primární cívky)	$U_2$ (napětí sekundární cívky)
600	300	4,10	1,92
300	600	4,08	7,45
1200	300	4,11	0,86
300	1200	4,08	15,6
600	60	4,08	0,20
60	600	3,81	36,3

**Př. 3:** Na základě naměřených hodnot odhadni vztah mezi počty závitů a napětími u cívek transformátoru. Ztráty zanedbávej.

Pokud si uvědomíme, že v transformátoru dochází ke ztrátám, zřejmě platí: Poměr závitů je stejný jako poměr napětí.  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$

**Př. 4:** Primární vinutí cívky má 300 závitů. Urči počet závitů potřebný u sekundární cívky, pokud chceme 230 V transformovat na 12 V.

$$N_1=300 \quad U_1=230 \text{ V} \quad U_2=12 \text{ V} \quad N_2=?$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot N_1$$

$$N_2 = \frac{12}{230} \cdot 300 = 16$$

Sekundární cívka musí mít 16 závitů.

**Př. 5:** Urči jaký proud bude transformátor z předchozího příkladu odebírat ze sítě, když spotřebič odebírá 0,5 A. Ztráty v transformátoru zanedbej.

Výkon proudu v primárním i sekundárním vinutí musí být stejný.

$$P_1 = P_2 \quad \text{Dosadím: } P_1 = U_1 \cdot I_1 \quad P_2 = U_2 \cdot I_2$$

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2$$

$$I_1 = \frac{12}{230} \cdot 0,5 = 0,026 \text{ A}$$

Transformátor odebírá ze sítě 0,026 A.

$\Rightarrow$  Transformátor, který zmenšuje napětí zvětšuje proud  $\Rightarrow$  transformace proudu probíhá v obráceném poměru

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

**Př. 6:** Urči účinnost transformátoru, jestliže platí:  $I_1=0,5\text{ A}$  ,  $I_2=3,5\text{ A}$  ,  $N_1=800$  ,  $N_2=100$  .

$$\eta = \frac{P}{P_0}$$

$P$  - výkon = výkon na sekundární cívice  $P_2$

$P_0$  - příkon = výkon na primární cívice  $P_1$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} = \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{I_2}{I_1} \quad \text{dosadím:} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\eta = \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \frac{100}{800} \cdot \frac{3,5}{0,5} = 0,875$$

Účinnost transformátoru je 87,5%.

V porovnání s 35% účinností motoru se 87,5% zdá hodně, ale na transformátor je to málo. Velké transformátory mají až 99,75% účinnost.

Použití:

- transformace síťového napětí na menší pro domácí spotřebiče (počítače, přehrávače, zesilovače, nabíječky...)
- zvětšování proudu (indukční pec, transformátorová pájka)
- transformace napětí při přenosu z elektráren ke spotřebiteli

### Přenos elektrické energie z elektráren ke spotřebitelům

elektrárna: výroba napětí například 2000 V.

Napětí s transformuje nahoru na napětí: 220 kV nebo 400 kV a v této formě se převádí na velké vzdálenosti

U spotřebitele se transformuje dolů: 110 kV, 22kV až 0,4 kV (sdružené napětí normální sítě)

Proč se to dělá tak složitě a utrácí se za transformátory?

Přenos elektrické energie pomocí vysokého napětí snižuje ztráty.

**Př. 7:** Urči ztráty, které by vznikly při přenosu 1 MW na elektrickém vedení z Temelína do Prahy

a) kdyby byl proud přenášen normálním napětím 230 V

b) kdyby byl proud přenášen velmi vysokým napětím 400 000 V.

Nejdříve určíme odpor vedení z Temelína do Prahy:

vzdálenost 100 km  $\Rightarrow l=100\,000\text{ m}$

průměr drátu 6 cm  $\Rightarrow r=0,03\text{ m}$

materiál hliník  $\Rightarrow \rho=0,027 \cdot 10^{-6}\ \Omega\text{ m}$

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2} = 0,027 \cdot 10^{-6} \frac{100000}{\pi 0,03^2} \Omega = 0,95 \Omega$$

Počítám ztráty při  $U = 230\text{ V}$

Spočtu potřebný proud:  $P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1000000}{230}\text{ A} = 4350\text{ A}$

Vypočtu ztráty:  $P = R \cdot I^2 = 0,95 \cdot 4350^2 \text{ W} = 18\,000\,000 \text{ W}$   
⇒ při přenesení 1 MW ztratím po cestě 18 MW.

Počítám ztráty při  $U = 400\,000 \text{ V}$

Spočtu potřebný proud:  $P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{10\,000\,000}{400\,000} \text{ A} = 2,5 \text{ A}$

Vypočtu ztráty:  $P = R \cdot I^2 = 0,95 \cdot 2,5^2 \text{ W} = 6 \text{ W}$   
⇒ při přenesení 1 MW ztratím po cestě 6 W.

Ztráty jsou více než milionkrát menší. Není pochyb, že se transformátory vyplatí.

Právě možnost snadné transformace je největší výhodou střídavého proudu.

**Shrnutí:** Střídavý proud v primární cívce vytváří střídavé magnetické pole, které indukuje napětí v sekundární cívce. Velikosti napětí závisí na počtech závitů cívek. Tak můžeme měnit střídavé napětí a šetřit elektrickou energii při přenosu.