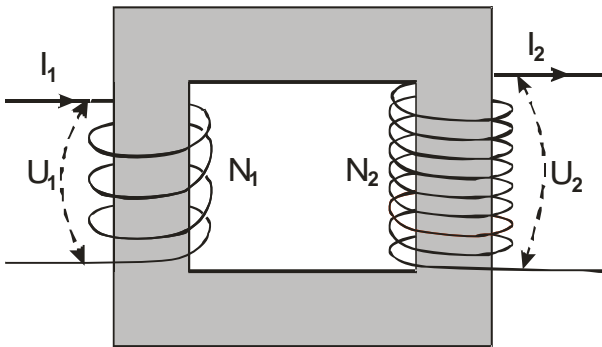


4.7.3 Transformátor

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.

Stejnoseměrné 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 cívka)	N_2 (počet závitů sekundární cívka)	U_1 (napětí primární cívka)	U_2 (napětí sekundární cívka)
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 cívce P_2

P_0 - příkon = výkon na primární cívce 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

- kdyby byl proud přenášen normálním napětím 230 V
- 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.