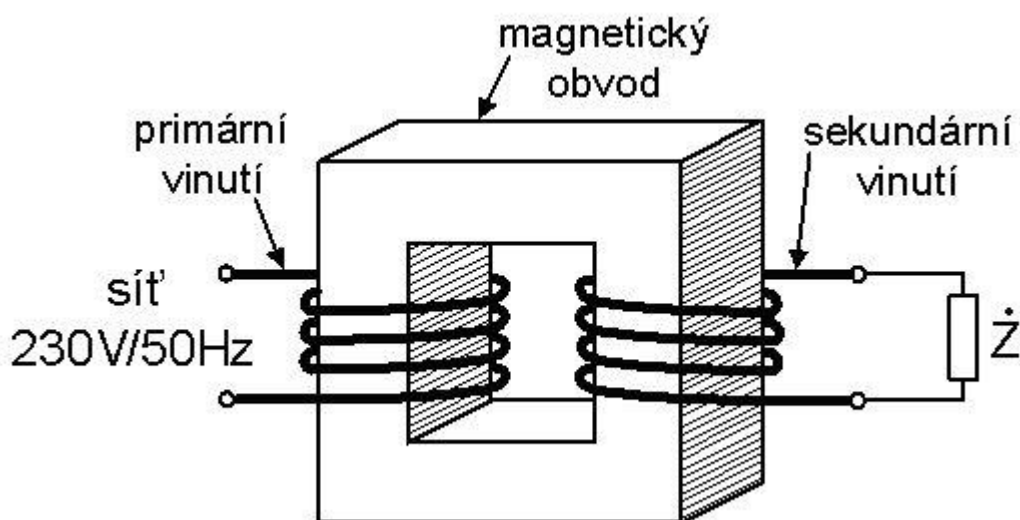


Měření napětí a proudu na transformátoru

Teorie

Požadavek vysoké účinnosti při přenosu energie vede k použití vysokého napětí; to je ale v základním rozporu s bezpečností práce při výrobě i spotřebě elektřiny. Potřebujeme proto zařízení, kterým bychom mohli napětí v obvodech zvýšit (pro přenos) a snížit (pro spotřebu), přičemž by součin proudu a napětí zůstal konstantní. Tímto zařízením je transformátor. Transformátor využívá jevu elektromagnetické indukce.

Transformátor se skládá (obr.1) ze dvou cívek navinutých na železném jádru; nejsou s ním vodivě spojeny. Za provozu je primární vinutí s N_1 závitů připojeno ke generátoru střídavého napětí. Sekundární vinutí s N_2 závitů může být připojeno k zatěžovacímu rezistoru Z . Předpokládejme nejprve, že rezistor není připojen. Potom sekundární cívkou neprotéká žádný proud. Dále budeme předpokládat, že odpor primárního a sekundárního vinutí je zanedbatelný, stejně jako ztráty v důsledku magnetické hystereze v železném jádru. Za těchto předpokladů má primární vinutí pouze indukčnost a chová se jako cívka. Proto je malý primární proud zpožděn za primárním napětím o 90° ; účinník primárního vinutí je nulový, a tedy generátor do transformátoru nedodává žádný výkon.



Obrázek 1: Transformátor sestává ze dvou cívek navinutých na společném železném jádru.

Malý střídavý primární proud vytváří v železném jádru střídavý magnetický indukční tok Φ_B , a protože je na jádru navinuto i sekundární vinutí, zasahuje tento tok i jeho závitů. Z Faradayova indukčního zákona (Velikost elektromotorického napětí indukovaného ve vodivé smyčce je rovna rychlosti změny magnetického indukčního toku procházejícího touto smyčkou: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$.) plyne, že elektromotorické napětí indukované v jednom závitě e_{zav} je stejné jak pro primární, tak pro

sekundární vinutí. Dále napětí u_1 je rovno elektromotorickému napětí indukovanému v primárním vinutí a napětí u_2 je rovno elektromotorickému napětí na sekundárním vinutí. Můžeme proto psát

$$e_{zav} = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{u_1}{N_1} = \frac{u_2}{N_2},$$

Odkud pro efektivní hodnoty napětí plyne

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (\text{transformace napětí}) \quad (1)$$



Obrázek 2: Měření napětí na primárním a sekundárním vinutí

Transformátor, u kterého je $N_2 > N_1$, nazýváme zvyšovací, protože zvyšuje primární napětí U_1 na vyšší napětí U_2 . Transformátor s $N_2 < N_1$ nazýváme snižovací.

Až dosud jsem uvažoval, že není připojena zátěž; transformátor je zapnut naprázdno. Připojíme-li k sekundárnímu vinutí zátěž, sekundárním vinutím protéká proud I_2 . Nalezneme nyní vzájemný vztah mezi I_2 a I_1 . Výkon přiváděný z generátoru na primární vinutí je $I_1 U_1$. Výkon přenášený z primárního vinutí do sekundárního vinutí (obě cívky jsou spřaženy magnetickým polem) je $I_2 U_2$. Protože předpokládáme, že se žádná energie během přenosu neztratí, plyne ze zákona zachování energie

$$I_1 U_1 = I_2 U_2.$$

Dosadíme-li za U_2 z rovnice (1) dostaneme

$$I_2 = I_1 \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{transformace proudu}) \quad (2)$$

Z této rovnice vyplývá, že proud I_2 v sekundárním vinutí může být větší, menší, nebo stejný ve

srovnání s proudem I_1 v primárním vinutí, a to v závislosti na poměru počtu závitů N_1/N_2 .

Úkol

- a) Zapojte transformátor naprázdno a proměřte sekundární napětí v závislosti
 1. na primárním napětí
 2. na počtu závitů v primární cívice
 3. na počtu závitů v sekundární cívice
- b) Zapojte transformátor nakrátko a proměřte sekundární proud v závislosti
 1. na proudu v primárním vinutí
 2. na počtu závitů v primární cívice
 3. na počtu závitů v sekundární cívice

a) Zapojte transformátor naprázdno a proměřte sekundární napětí v závislosti na U_1, N_1, N_2

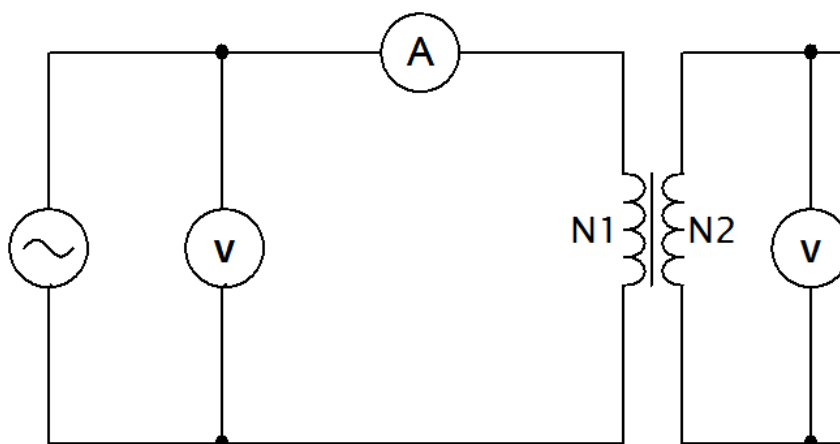
Seznam použitých pomůcek

Zdroj střídavého napětí, transformátor, 2x ampérmetr, 2x voltmetr, propojovací vodiče a tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 3. Cívky zapojte tak, aby počet závitů v primární cívice byl $N_1 = 30$ závitů a počet závitů v sekundární cívice byl $N_2 = 60$ závitů.
- 2) Postupně zvyšujte napětí na primárním vinutí a zaznamenejte do tabulky 1 (minimálně deset hodnot) napětí na primárním a sekundárním vinutí.
- 3) Zopakujte bod 1) a 2) pro $N_1 = 30$ závitů a $N_2 = 12$ závitů.
- 4) Zapojte obvod dle obrázku 1a, počet závitů na primární cívice bude $N_1 = 60$ závitů a počet závitů na sekundární cívice bude $N_2 = 6$ závitů. Zapněte zdroj a nastavte proud na primárním vinutí I_1 na hodnotu cca 4 A. Zaznamenejte napětí na primárním vinutí a napětí na sekundárním vinutí do tabulky. Vypněte zdroj.
- 5) Opakujte bod 4) pro různý počet závitů v sekundární cívice uvedený v tabulce 1. Pro každé měření zvyšujte proud v primárním vinutí tak, aby napětí na primárním vinutí bylo pro všechna měření stejné.
- 6) Zapojte obvod dle obrázku 1a, počet závitů na primární cívice bude $N_1 = 6$ závitů a počet závitů na sekundární cívice bude $N_2 = 42$ závitů. Zapněte zdroj a nastavte proud na primárním vinutí I_1 na hodnotu cca 4 A. Zaznamenejte napětí na primárním vinutí a napětí na sekundárním vinutí do tabulky. Vypněte zdroj.
- 7) Opakujte bod 6) pro různý počet závitů v primární cívice uvedený v tabulce 1. Pro každé měření zvyšujte proud v primárním vinutí tak, aby napětí na primárním vinutí bylo pro všechna měření stejné.

- 8) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data, graf napětí na sekundárním vinutí v závislosti na napětí na primárním vinutí $U_2 = f(U_1)$ a graf napětí na sekundárním vinutí v závislosti na počtu závitů v sekundární cívice a na počtu závitů v primární cívice $U_2 = f(N_2)$ a $U_2 = f(N_1)$. Každou uvedenou závislost proložte přímkou a uveďte rovnici proložené přímkou. Na závěr shrňte výsledky svého snažení.



Obrázek 3: Zapojení transformátoru naprázdno

Tabulka 1: Tabulka pro zápis naměřených hodnot transformátoru zapojeného naprázdno

	$N_1 = 30$ závitů $N_2 = 60$ závitů		$N_1 = 30$ závitů $N_2 = 12$ závitů		$N_1 = 60$ závitů $U_1 =$		$N_2 = 42$ závitů $U_1 =$	
Číslo měření	U_1 (V)	U_2 (V)	U_1 (V)	U_2 (V)	N_2 (závitů)	U_2 (V)	N_1 (závitů)	U_2 (V)
1					6		6	
2					12		12	
3					18		18	
4					24		24	
5					30		30	
6					36		36	
7					42		42	
8					48		48	
9					54		54	
10					60		60	

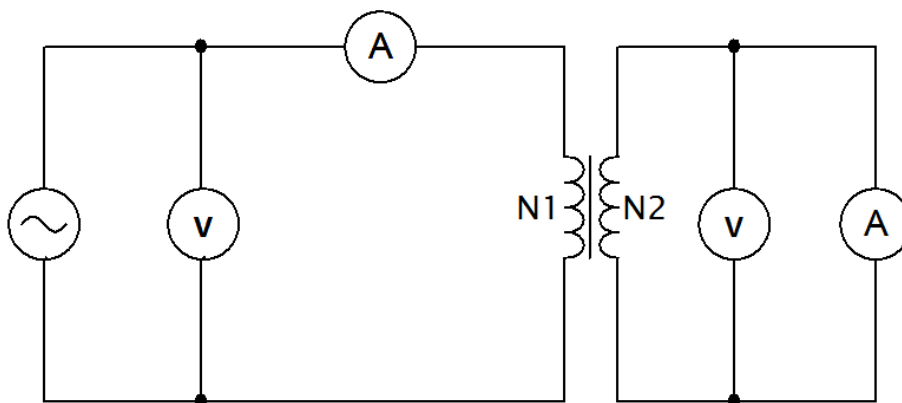
b) Zapojte transformátor nakrátko a proměřte sekundární proud v závislosti na I_1, N_1, N_2 .

Pomůcky:

Zdroj střídavého napětí, transformátor, 2x ampérmetr, 2x voltmetr, propojovací vodiče a tabulka pro zapisování naměřených hodnot.

Postup:

- 1) Zapojte obvod dle obrázku 4. Cívky zapojte tak, aby počet závitů v primární cínce byl $N_1 = 42$ závitů a počet závitů v sekundární cínce byl $N_2 = 30$ závitů.



Obrázek 4: Zapojení transformátoru nakrátko

- 2) Postupně zvyšujte proud na primárním vinutí a zaznamenejte do tabulky 2 (minimálně deset hodnot) proud na primárním a sekundárním vinutí. Dbejte na to, aby proud na primárním vinutí nebyl vyšší než 0,5 A.
- 3) Zopakujte bod 1) a 2) pro $N_1 = 42$ závitů a $N_2 = 12$ závitů.
- 4) Zapojte obvod dle obrázku 3, počet závitů na primární cínce bude $N_1 = 42$ závitů a počet závitů na sekundární cínce bude $N_2 = 6$ závitů. Zapněte zdroj a nastavte proud na primárním vinutí I_1 na hodnotu cca 0,4 A. Zaznamenejte proud na primárním vinutí a proud na sekundárním vinutí do tabulky. Vypněte zdroj.
- 5) Opakujte bod 4) pro různý počet závitů v sekundární cínce uvedený v tabulce 2. Pro každé měření regulujte proud v primárním vinutí tak, aby byl pro všechna měření stejný.
- 6) Zapojte obvod dle obrázku 2, počet závitů na primární cínce bude $N_1 = 6$ závitů a počet závitů na sekundární cínce bude $N_2 = 42$ závitů. Zapněte zdroj a nastavte proud na primárním vinutí I_1 na hodnotu cca 0,4 A. Zaznamenejte proud na primárním vinutí a proud na sekundárním vinutí do tabulky 2. Vypněte zdroj.
- 7) Opakujte bod 6) pro různý počet závitů v primární cínce uvedený v tabulce 2. Pro každé měření regulujte proud v primárním vinutí tak, aby byl pro všechna měření stejný.
- 8) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data, graf napětí na sekundárním vinutí v závislosti na napětí na primárním vinutí $U_2 = f(U_1)$ a graf napětí na sekundárním vinutí v závislosti na počtu závitů v sekundární cínce a na počtu závitů v primární cínce $U_2 = f(N_2)$ a $U_2 = f(N_1)$. Každou uvedenou závislost proložte přímkou a uveďte rovnici proložené přímkou. Na závěr shrňte výsledky svého snažení.

Tabulka2: Tabulka pro zápis naměřených hodnot transformátoru zapojeného naprázdno

	$N_1 = 42 \text{ závitů}$ $N_2 = 30 \text{ závitů}$		$N_1 = 42 \text{ závitů}$ $N_2 = 12 \text{ závitů}$		$N_1 = 42 \text{ závitů}$ $I_1 =$		$N_2 = 42 \text{ závitů}$ $I_1 =$	
Číslo měření	I_1 (A)	I_2 (A)	I_1 (A)	I_2 (A)	N_2 (závitů)	I_2 (A)	N_1 (závitů)	I_2 (A)
1					6		6	
2					12		12	
3					18		18	
4					24		24	
5					30		30	
6					36		36	
7					42		42	
8					48		48	
9					54		54	
10					60		60	