



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

Měření na 1-fázovém transformátoru

Návod na laboratorní cvičení

Miroslav Novák, Eva Konečná

Liberec

2014/2015



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

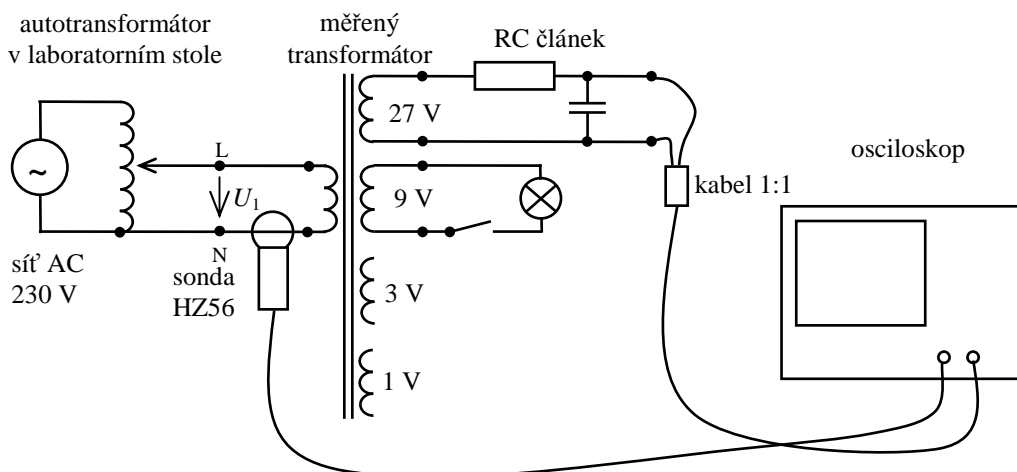
**TENTO MATERIÁL VZNIKL ZA PODPORY EVROPSKÉHO SOCIÁLNÍHO FONDU A STÁTNÍHO
ROZPOČTU ČESKÉ REPUBLIKY.**



1. Zadání

1. Zakreslete změnu tvaru hysterezních smyček magnetického obvodu 1-fázového transformátoru naprázdno v závislosti na napětí primáru U_1 .
2. Změřte transformátor naprázdno a sestrojte závislosti P_{10} , I_{10} , $\cos \varphi_{10} = f(U_{10})$.
3. Změřte transformátor se zátěží a sestrojte závislosti P_1 , I_1 , $\cos \varphi_1 = f(U_1)$.
4. Změřte transformátor nakrátko a sestrojte závislosti P_{1K} , I_{1K} , $\cos \varphi_{1K} = f(U_{1K})$.
5. Určete převody transformátoru, účinník a u_k pro všechna 4 sekundární vinutí.
6. Vypočítejte prvky náhradního obvodu pro U_N (pro nadané studenty).

2. Schéma zapojení



Zapojení obvodu pro zobrazení hysterezní smyčky

3. Použité přístroje

1. Autotransformátor (v laboratorním stole)
2. Přípravek s 1-fázovým transformátorem se 4 sekundárními vinutími
3. Osciloskop Agilent Technology DSO3062 A, 60 MHz
4. Přípravek s RC obvodem
5. Přípravek s žárovkami 24 V, 60 W a vypínači
6. Proudová sonda HZ 56 (nebo PR 30)
7. 2× multimetr



4. Postup měření

ad 1) Měření magnetizační smyčky

Vstupní vinutí transformátoru připojte k regulačnímu autotransformátoru na laboratorním stole. Jeden připojovací vodič provlékněte 10× proudovou sondou HZ56 (PR30) a tu připojte ke vstupu 1 osciloskopu. Sonda má převod 10:1. Po namotání 10 závitů je převod 1:1. Takto měříme proud do transformátoru, který odpovídá intenzitě magnetického pole $H(t) = i(t)N/l$, kde l je střední délka siločáry jádra a N počet závitů.

Na druhý vstup osciloskopu potřebujeme přivést obraz měrného magnetického indukčního toku transformátoru B (indukce). Převod ze svorkového napětí na měrný tok je

$$B(t) = -\frac{1}{N_2} \int u_2(t) dt + B_0. \text{ Proto k výstupnímu vinutí 27 V připojte integrační RC článek (4,7 uF}$$

+ 10 kOhm) a ten připojte kabelem 1:1 ke vstupu 2 osciloskopu. Přenos integračního članku je

$$u_{out}(t) = RC \int u_{in}(t) dt + u_c(t=0).$$

Pokud je $RC = -\frac{1}{NS}$, je hodnota na osciloskopu přesně v T (tesla), v našem případě to není

zajištěno – tvar smyčky je správný, ale svislé měřítko je chybné.

Nastavte správně kanály 1 (Probe 1:1, AC, 100 mV), 2 (Probe 1:1, AC, 1V).

Přepněte osciloskop v sekci *Horizontal* tlačítkem Main/Delayed do režimu Y-X.

Sledujte tvar magnetizační smyčky při změně napájecího napětí autotransformátorem.

K výstupnímu vinutí transformátoru 9 V připojte žárovku 24 V/60 W a sledujte změnu hysterezní smyčky. Přepněte osciloskop do režimu Y-T a sledujte průběhy v časové oblasti se zapnutou a vypnutou žárovkou.

ad 2) Měření naprázdno

K vstupnímu a výstupnímu vinutí připojte voltmetry (V AC).

Odpojte integrační článek a kanál 2 osciloskopu připojte přímo k vinutí transformátoru 9 V.

Osciloskop přepněte tlačítkem Main/Delayed do režimu Y-T.

Na osciloskopu aktivujte tlačítkem *MATH* funkci *Operate 1 x 2* (zobrazuje okamžitý výkon dodávaný do transformátoru). Nastavte správně vertikální zesílení u kanálu 1 a 2 i *MATH*. Pomocí tlačítka *MEASURE* zapněte měření CH1 – VRMS (efektivní hodnota primárního proudu) a *MATH* – Vavg (činný výkon dodávaný do transformátoru – nutno vynásobit převodem transformátoru).

Pro několik napětí změřte U_{vstup} , $U_{výstup 1V}$, $U_{výstup 3V}$, $U_{výstup 9V}$, $U_{výstup 27V}$, I_{vstup} , P_{vstup} . Sledujte změny tvaru proudu a okamžitého výkonu.

Určete převod transformátoru pro jednotlivá vinutí. Spočítejte účinník.

ad 3) **Zatížený transformátor:** k výstupnímu vinutí 9 V připojte žárovku 24 V / 60 W.

Pro několik napětí změřte U_{vstup} , $U_{výstup 1V}$, $U_{výstup 3V}$, $U_{výstup 9V}$, $U_{výstup 27V}$, I_{vstup} , P_{vstup} . Sledujte změny tvaru proudu a okamžitého výkonu.

ad 4) **Měření nakrátko:** k výstupnímu vinutí 1 V připojte ampérmetr na rozsahu 10 A. Autotransfornátorem nastavujte proud na ampérmetru 0-2 A. Změřte I_{vstup} , $I_{výstup}$ 1V, $U_{výstup}$ 9V, P_{vstup} .

Spočtete proudový převod, účinník a procentní napětí nakrátko $u_k = \frac{U_{KN}}{U_N} \cdot 10^2$ (%), kde U_{KN} je napětí nakrátko, při kterém protéká transformátorem jmenovitý proud I_N .

5. Tabulky naměřených hodnot, grafické závislosti

6. Vyhodnocení úlohy.

Rozbor úlohy

Transformátor je netočivý stroj, sloužící ke změně napětí, kdy s napětím se transformuje i proud. Pracuje na základě elektromagnetické indukce, vstupní a výstupní obvod jsou spojeny jen uzavřeným magnetickým obvodem a galvanicky odděleny.

Magnetická indukce B (měrný tok) procházející jádrem transformátoru je integrálem napětí.

$$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow \Phi = -\frac{1}{N} \int u_i dt + \Phi_0 \rightarrow B = \frac{\Phi}{S} .$$

Vztahy pro určení prvků náhradního obvodu transformátoru:

$$\text{měření naprázdno: } P_{10} = U_{10} \cdot I_{10} \cdot \cos \varphi_{10} \rightarrow \cos \varphi_{10} = \frac{P_{10}}{U_{10} \cdot I_{10}} ,$$

$$\text{měření nakrátko: } P_{1K} = U_{1K} \cdot I_{1K} \cdot \cos \varphi_{1K} \rightarrow \cos \varphi_{1K} = \frac{P_{1K}}{U_{1K} \cdot I_{1K}} ,$$

$$\text{náhradní schéma transformátoru nakrátko: } R_K = \frac{\Delta P_K}{I_N^2}$$

$$\text{napětíový převod: } p = \frac{U_1}{U_2} ,$$

$$\text{odpor vinutí primáru a sekundáru: } R_1 = p^2 \cdot R_2 = R_2' = 1/2 \cdot R_K$$

$$\text{reaktance vinutí primáru a sekundáru: } X_{1\sigma} = p^2 \cdot X_{2\sigma} = X_{2\sigma}' = 1/2 \cdot X_K,$$

$$\text{impedance: } Z_N = \frac{U_N}{I_{1N}}, \quad Z_K = \frac{u_{K\%} \cdot Z_N}{100} \quad (\Omega),$$

$$\text{reaktance: } Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} \rightarrow X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} \rightarrow X_{1\sigma} = \frac{X_K}{2}, \quad X_{2\sigma} = X_{1\sigma} p^2 \quad (\Omega).$$

Ve stavu naprázdno teče obvodem při napětí U_{1N} proud i_{10} , $I_{10} = I_{1N} \cdot i_{10}$,

$$\text{magnetizační reaktance: } X_\mu = \frac{U_{1N}}{I_{10} \cdot \sin \varphi_0},$$

$$\text{odpor vyjadřující ztráty v železe: } R_{Fe} = \frac{U_{1N}^2}{\Delta P_{10}}.$$

Tento materiál vznikl v rámci projektu ESF CZ.1.07/2.2.00/28.0050

Modernizace didaktických metod a inovace výuky technických předmětů.