



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

Měření na elektrických strojích - transformátor, část 3-2-4

Číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0093

Název projektu: Inovace výuky na VOŠ a SPŠ Šumperk

Šablona: III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Sada: 20

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_SPŠ-ELE-4-III2_E3_08

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Jaroslav Drexler

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace: Pracovní sešit pro laboratorní cvičení - 2. část.

Klíčová slova: stejnosměrný vnitřní odpor, měření naprázdno, měření nakrátko, měření při zatěžování.

	ELEKTROTECHNICKÁ MĚŘENÍ – PRACOVNÍ SEŠIT		Číslo úlohy: 3-2-4	Číslo žáka:
Název úlohy: Měření parametrů transformátoru - 2.část			Listů: 10	List: 1
<u>Zadání:</u> Na předloženém jednofázovém transformátoru změřte: 1. Izolační stav (izolační odpor R_{iz}) zkušebním napětím 500 V 4. Měřením transformátoru nakrátko zjistěte: a) Procentní napětí nakrátko - u_k b) Procentní impedanci nakrátko - z_k c) Skutečný ustálený zkratový proud v primárním i sekundárním vinutí - I_{1k}, I_{2k} 5. Při zatěžování transformátoru změnou rezistoru R_L zjistěte: a) Zdánlivé a činné výkony - S_1, S_2, P_1, P_2 b) Účinit v primárním obvodu - $\cos\varphi$ c) Účinnost transformátoru - η d) Velikost zatěžovacího odporu - R_L Měření doplňte požadovanými grafickými závislostmi <u>Základní parametry:</u> Ze štítkových údajů transformátoru zjistíme základní parametry. Není-li některý údaj uveden můžeme si jej orientačně vypočítat z ostatních údajů, nebo jej zjistíme měřením, např. proud z výkonu, nebo z průřezu vodičů, výkon z rozměrů železného jádra, počet závitů měřením apod. Mezi základní parametry transformátoru patří: • <i>Typové označení:</i> • <i>Jmenovité napětí primárního a sekundárního vinutí</i> • <i>Jmenovitý výkon</i> • <i>Jmenovitý proud primárního vinutí (hodnota pojistky)</i> • <i>Jmenovitý proud sekundárního vinutí</i> • <i>Frekvence, pro kterou je transformátor navržen</i>				
Měřil dne:	Odevzdal dne:	Třída:	Jméno:	Klasifikace:
Inovace výuky na VOŠ a SPŠ Šumperk CZ.1.07/1.5.00/34.0093			Spolupracovali:	

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

List: 2

Měřený předmět:

<i>Štítkové údaje transformátoru:</i>	
<i>Typové označení:</i>	
<i>Jmenovité napětí primárního vinutí</i>	<i>V</i>
<i>Jmenovité napětí sekundárního vinutí</i>	<i>V</i>
<i>Jmenovitý výkon</i>	<i>VA</i>
<i>Jmenovitý proud primárního vinutí (hodnota pojistky)</i>	<i>A</i>
<i>Jmenovitý proud sekundárního vinutí</i>	<i>A</i>
<i>Frekvence, pro kterou je transformátor navržen</i>	<i>Hz</i>
<i>Počet závitů primární a sekundární cívky, nebo převod</i>	
<i>Výrobní číslo</i>	
<i>Krytí</i>	
<i>Rozměry š x h x v</i>	<i>mm</i>
<i>Hmotnost</i>	<i>kg</i>
<i>Rok výroby</i>	

Použité měřicí přístroje a pomůcky:

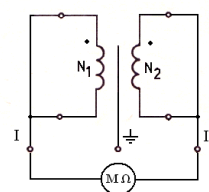
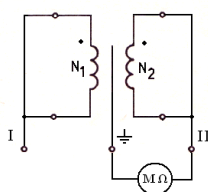
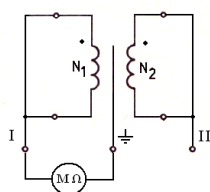
<i>Označení</i>	<i>Název</i>	<i>Měřicí systém</i>	<i>Rozsah</i>	<i>TP</i>	<i>Vnitřní odpor</i>	<i>Inven. číslo</i>

**Měření a vyhodnocení úloh:****1. Měření izolačního stavu (izolační odpor R_{iz}) zkušebním napětím 500 V**

Měřením izolačního odporu kontrolujeme, zda izolace elektrického stroje má dostatečný odpor, který je potřebný pro provoz zařízení. Bez ověření izolačního stavu, nelze zahájit měření na jakémkoliv elektrickém stroji. Po každém zatěžování el. stroje zjišťujeme izolační odpor za tepla a kontrolujeme, zda nedošlo k poškození stroje. Izolační odpor měříme měřičem izolačních odporů (Megmetem) při zkušebním napětí 100 V, 500 V nebo 1000 V podle jmenovitého napětí daného elektrického stroje. Před měřením zkratujeme jednotlivá vinutí a měříme (viz. **Obr. 1**) :

Primární vinutí proti kostře

Sekundární vinutí proti kostře

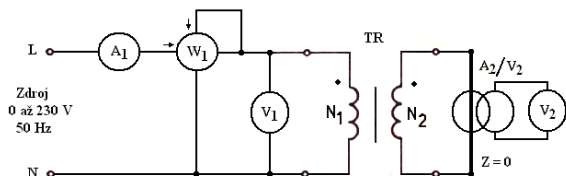
Primární proti sekundárnímu
vinutí

Obr. 1 Měření izolačního stavu transformátoru

Povolená hodnota izolačního stavu je dána typem zařízení a je rozdílná při měření v teplém stavu (norma stanovuje teplotu 75 °C) a za studena (musí být hodnota několikanásobně vyšší).

TAB 1- Izolační stav (izolační odpor R_{iz}) zkušebním napětím 500 V

Měření	R_{iz} [MΩ] za studena	vyhovuje - nevyhovuje	R_{iz} [MΩ] po zahřátí	vyhovuje - nevyhovuje
Prim. vinutí - kostra				
Sekund. vinutí - kostra				
Prim. vinutí, - sekund. vinutí				

**4. Měření transformátoru nakrátko**

Obr. 4 Měření transformátoru nakrátko

Zapojíme obvod dle Obr. 4 (ampérmetr A_1 a wattmetr W_1 přepneme na maximální rozsah podle jmenovité hodnoty proudu I_{1N} nebo vyměníme celé přístroje). Sekundární vinutí N_2 zkratujeme bezindukční spojkou a tak dosáhneme stavu nakrátko. Výstupní proud I_{2k} nemůžeme měřit klasickým ampérmetrem, protože by došlo k ovlivnění měření vnitřním odporem ampérmetru. Pro měření proudu I_{2k} můžeme použít klešťový převodník proud/napětí s Halovou sondou. Proud I_{2k} vypočítáme z napětí U_{2KA} vynásobeného konstantou převodu A/V. Konstantu převodu k_{KA} můžeme upravit i počtem průvleků N klešťovým převodníkem.

Transformátor připojíme ke zdroji napětí **jen při hodnotě $U_1 = 0$ V**. Při vyšší hodnotě by mohlo dojít vlivem proudového rázu ke **zničení transformátoru!** Měření provedeme při $I_1 = 50\%$ a $100\% I_{1N}$. Opatrně zvyšujeme napětí U_1 od hodnoty 0 V a kontrolujeme velikost proudu I_1 a zvyšujeme jej až do hodnoty I_{1N} . Současně odečítáme hodnoty proudů I_1 a I_{2k} z přepočteného napětí U_{2KA} a napětí U_{1k} (bude podstatně nižší než jmenovité napětí U_{1N}) a ztráty P_{1k} . Měření provádíme co nejrychleji, protože se transformátor silně zahřívá.

TAB 4. Měření transformátoru nakrátko $I_{1N} = \dots\dots\dots$ A

Čís. měř.	I_1 [A]	U_{1k} [V]	P_{1k}			I_{2k}			S_{1k} [VA]	$\cos \varphi_{1k}$ [-]	$u_k (z_k)$ [%]	I_{1k} [A]	I_{2k} [A]
			α [d]	k_W [W/d]	P_{1k} [W]	U_{2KA} [V]	k_{KA} [A/V]	I_{2k} [A]					
1.													
2.													

Příklad výpočtu:

Zdánlivý příkon nakrátko určíme ze vztahu:

$$S_{1k} = U_{1k} \cdot I_1 \quad [\text{VA}; \text{V}, \text{A}]$$

Účinník nakrátko určíme ze vztahu:

$$\cos \varphi_{1k} = \frac{P_{1k}}{S_{1k}} = \frac{P_{1k}}{U_{1k} \cdot I_1} \quad [- ; \text{W}, \text{VA}, \text{W}, \text{V}, \text{A}]$$

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

List: 5

Procentní napětí nakrátko u_k určíme ze vztahu:

$$u_k = \frac{U_{1k}}{U_{1N}} \cdot 100 = \frac{Z_{1k} \cdot I_{1k}}{Z_{1N} \cdot I_{1N}} \cdot 100 \quad [\%; V, V; \Omega, A, \Omega, A]$$

Procentní impedanci nakrátko z_k určíme odvozením z předchozího vztahu při splnění podmínky $I_{1k} = I_{1N}$

$$z_k = \frac{Z_{1k}}{Z_{1N}} \cdot 100 = \frac{Z_{1k} \cdot I_{1k}}{Z_{1N} \cdot I_{1N}} \cdot 100 = u_k \quad [\%; \Omega, \Omega; \Omega, A, \Omega, A]$$

Skutečný ustálený zkratový proud I_{1k} , který by protékal vinutím při napájení jmenovitým napětím U_{1N} určíme ze vztahu:

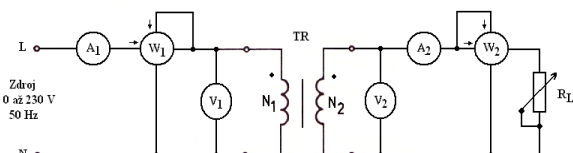
$$I_{1k} = \frac{I_{1N}}{u_k} \cdot 100 \quad [A; A, \%]$$

Skutečný ustálený zkratový proud v sekundárním vinutí můžeme přibližně určit z následujícího vztahu a porovnáme tuto hodnotu s hodnotou naměřenou klešťovým ampérmetrem.

$$I_{2k} = K \cdot I_{1k} \quad [A; -, A]$$

**5. Měření transformátoru při zatěžování**

Zapojíme obvod dle **Obr. 5** (na sekundární vinutí připojíme ampérmetr A_2 , wattmetr W_2 a stavitelný rezistor R_L dostatečně proudově a výkonově dimenzovaný).



Obr. 5 Měření transformátoru při zatěžování

Měření provádíme při jmenovité hodnotě vstupního napětí ($U_{1N} = \text{konst.}$). Začínáme s odpojeným R_L a postupně snižujeme jeho hodnotu tak abychom nepřekročili víc jak $1,2 \times I_{2N}$. Během

měření odečítáme hodnoty na přístrojích A_1 , A_2 , V_1 , V_2 , W_1 a W_2 a zapisujeme do tabulky.

TAB 5. Zatěžování transformátoru změnou rezistoru R_L

Čís. měř	U_1 [V]	I_1 [A]	P_1			U_2 [V]	I_2 [A]	P_2			S_1 [VA]	S_2 [VA]	$\cos\phi$ [-]	η [%]	R_L [Ω]
			α [d]	k_W [W/d]	P_1 [W]			α [d]	k_W [W/d]	P_2 [W]					
1.	V $U_{1N} = \text{konst.}$														
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															
7.															
8.															
9.															
10.															
11.															
12.															

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

List: 7

Příklad výpočtu:

Zdánlivé výkony určíme jako součin hodnot ampérmetru a voltmetru,
činné výkony odečítáme na wattmetrech:

$$S_1 = U_1 \cdot I_1 \quad [\text{VA}; \text{V}, \text{A}]$$

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 \quad [\text{VA}; \text{V}, \text{A}]$$

Účinník v primárním obvodu určíme dle vztahu:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1} = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1} \quad [-; \text{W}, \text{VA}; \text{W}, \text{V}, \text{A}]$$

Účinnost transformátoru určíme dle vztahu:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \quad [\%; \text{W}, \text{W}]$$

Velikost zatěžovacího odporu vypočteme dle vztahu:

$$R_L = \frac{U_2}{I_2} \quad [\Omega; \text{V}, \text{A}]$$

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

List: 8

Měření doplňte následujícími požadovanými grafickými závislostmi

Grafy zpracujte v Excelu nebo do přiložených rastrů.

Vyneste graficky závislosti z měření při zatěžování:

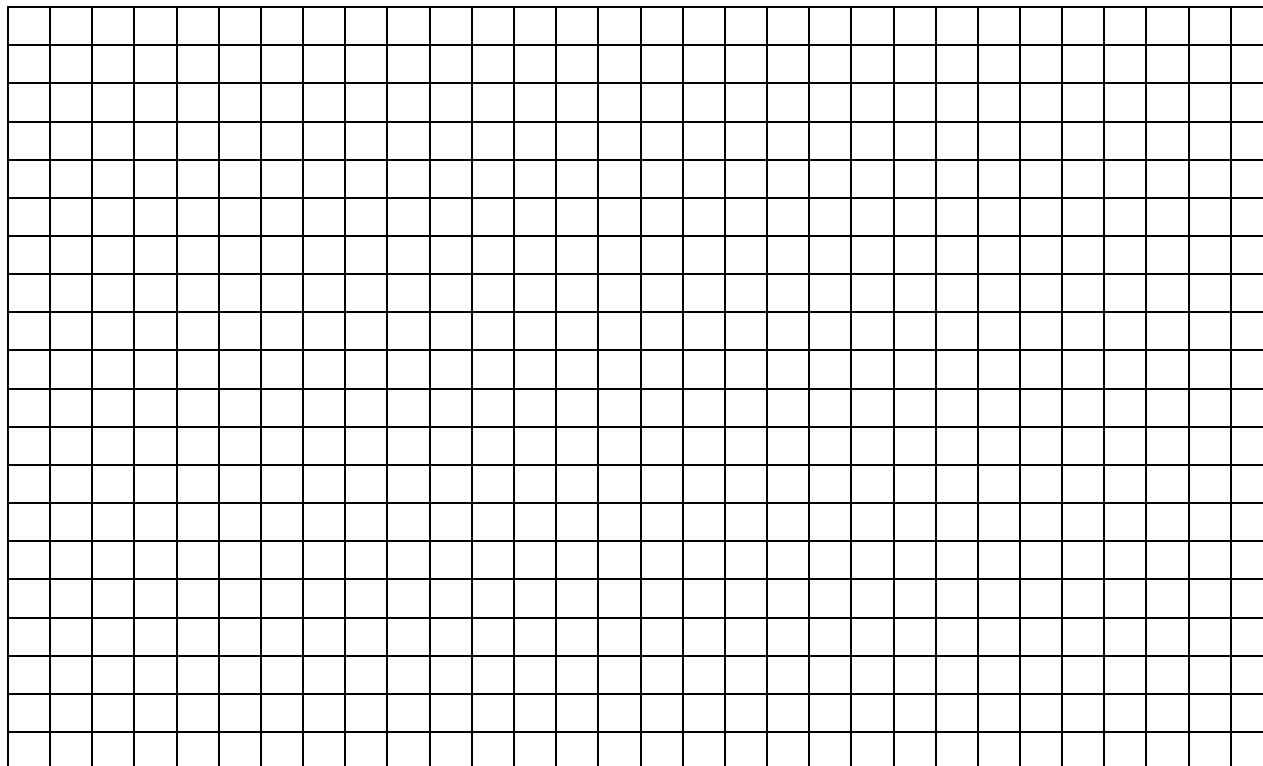
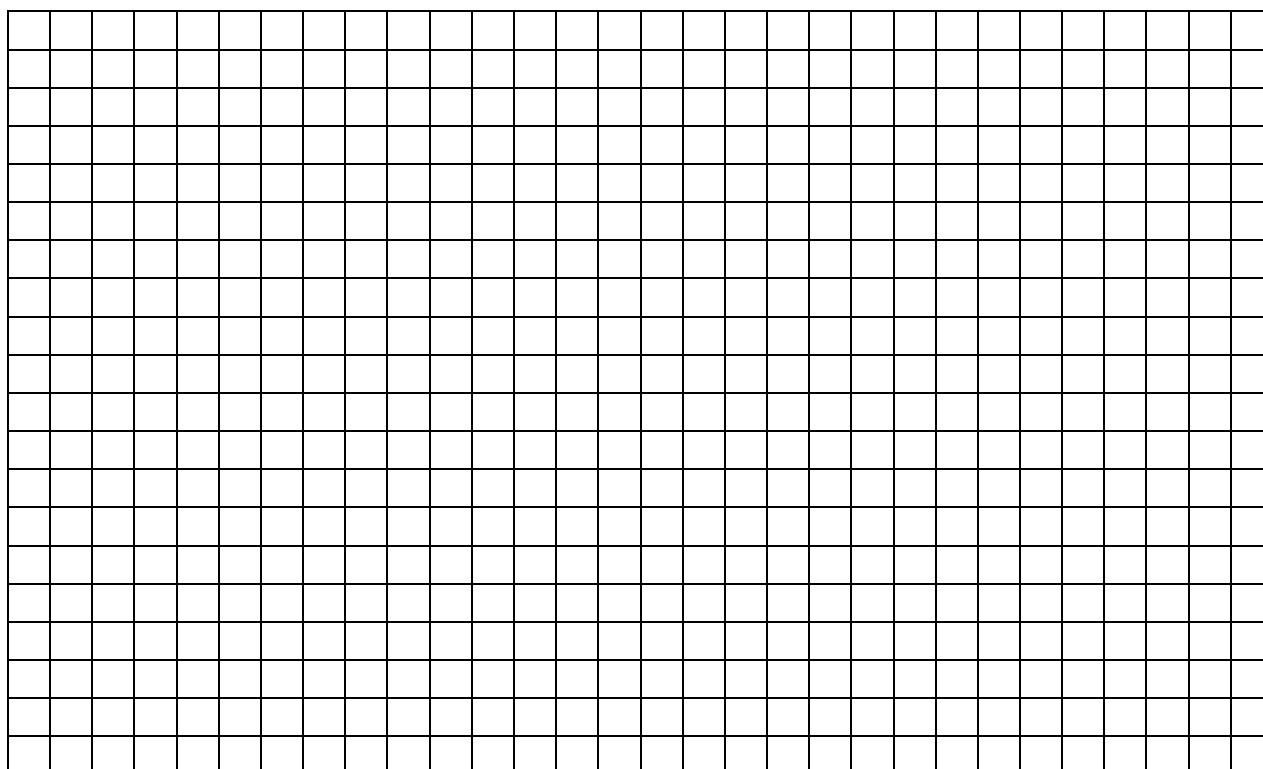
- a) $P_2 = f(R_L)$ [W; Ω]
- b) $U_2 = f(I_2)$ [V; A]
- c) $\cos \varphi_1 = f(I_2)$ [- ; A]
- d) $\eta = f(I_2)$ [%; A]

Závěr:

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

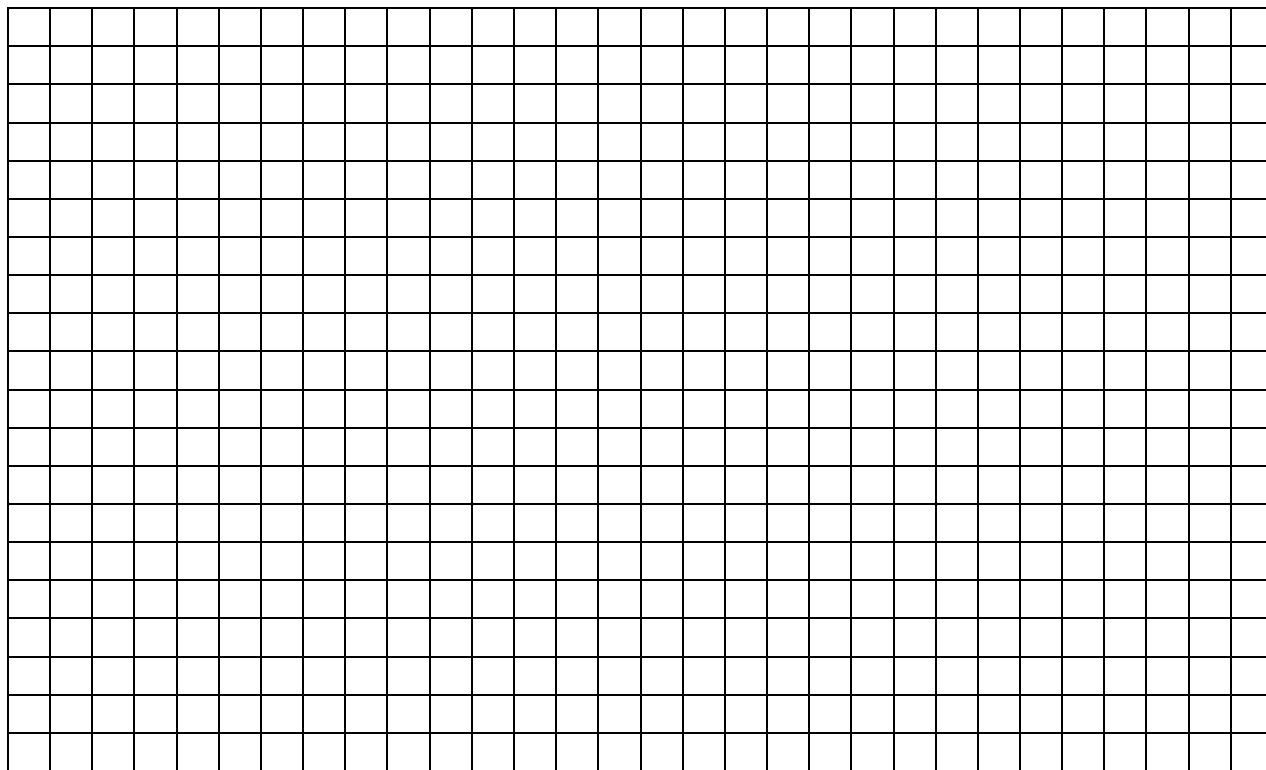
List: 9

Příloha: Grafické závislosti:a) $P_2 = f(R_L)$ [W; Ω]b) $U_2 = f(I_2)$ [V; A]

Název úlohy: **Měření parametrů transformátoru - 2.část**

Listů: 10

List: 10

c) $\cos \varphi_1 = f(I_2)$ [- ; A]d) $\eta = f(I_2)$ [%; A]