



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 magnetických veličin, část 3-9-4

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: 1

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_SPŠ-ELE-6-III2_E3_08

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Vít Krňávek

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace: Pracovní list pro měření magnetických veličin - 2.část.

Klíčová slova: hysterezní smyčka, integrační obvod, remanence, koercitivita



Název úlohy: **Měření magnetických veličin**

Listů: 5 List: 2

Zadání:

Na předloženém vzorku (transformátoru) proveďte pomocí osciloskopu následující měření:

- a) Na obrazovce osciloskopu postupně zobrazte hysterezní smyčky pro různé velikosti magnetické indukce B_{max} (minimálně pro dvě hodnoty stanovené v předcházejícím měření) a určete příslušné remanentní indukce B_r a koercitivní intenzity H_k .
- b) Zkreslete do grafu magnetizační křivky přibližné tvary změřených hysterezních smyček (pouze v I. a II. kvadrantu) a vyznačte v nich remanenci B_r a koercitivu H_k .
- c) Proveďte zhodnocení naměřených a vypočítaných výsledků.

Rozbor zvolené měřicí metody:

Určení B_{max} při měření hysterezní smyčky

Okamžitá u_2 hodnota napětí u indukovaného v sekundárním vinutí měřeného transformátoru je dána výrazem

$$u_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} = N_2 S_{Fe} \frac{dB}{dt}$$

kde N_2 je počet závitů sekundárního vinutí,

$\frac{d\phi}{dt}$ časová změna magnetického toku,

S_{Fe} je čistý průřez jádra,

$\frac{dB}{dt}$ časová změna magnetické indukce.

Z tohoto vztahu určíme integrováním

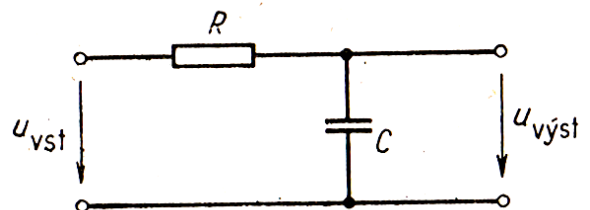
$$B_t = \frac{1}{S_{Fe} N_2} \int u_2 dt$$

tj. výchozí vztah pro určení B_{max} .

Integrací sekundárního napětí $\int u_2 dt$ provedeme elektricky integračním obvodem RC viz. obr.1, ve kterém platí vztah mezi vstupním a výstupním napětím

$$u_{výst} = \frac{1}{RC} \int u_{vst} dt$$

Z toho vyplývá, že výstupní napětí integračního obvodu RC je rovno integrálu vstupního napětí děleného časovou konstantou $RC = \tau_1$. Má-li obvod RC dobře integrovat, musí platit, že $\tau_1 \gg T$ (T je doba periody integrovaného průběhu). V praxi se volí $\tau_1 \geq (20 \text{ až } 100)T$.



Obr.1 Integrační obvod RC

Jméno:	Třída:	Měřil dne:	Odevzdal dne:		
KLASIFIKACE	Příprava:	Činnost:	Zpracování:	Vyhodnocení:	Celkem:

Název úlohy: **Měření magnetických veličin**

Listů: 5 List: 3

Zapojení pro vlastní měření B_{max} je na schématu pro měření. Z předchozího odvození

$$\text{platí } B_t = \frac{1}{S_{Fe} N_2} \int u_2 dt$$

Jestliže na vstup integračního obvodu RC přivedeme napětí u_2 , dostaneme na výstupu

$$u_{výst} = \frac{1}{RC} \int u_{vst} dt = \frac{1}{RC} \int u_2 dt$$

Osamostatníme integrál

$$\int u_2 dt = u_{výst} RC$$

Dosadíme-li tento výraz do vztahu pro magnetickou indukci B, dostáváme

$$B_t = \frac{1}{S_{Fe} N_2} u_{výst} RC$$

Dosažením efektivní hodnoty $U_{výst}$ za $u_{výst}$ dostaneme velikost efektivní hodnoty magnetické indukce

$$B_{ef} = \frac{RC}{S_{Fe} N_2} U_{výst}$$

Jelikož B_{max} měříme při sinusové průběhu magnetické indukce, platí

$$B_{max} = B_{ef} \sqrt{2}$$

Dosažením do předcházejícího vztahu získáme konečný výraz

$$B_{max} = \frac{RC\sqrt{2}}{S_{Fe} N_2} U_{výst} \quad [T; \Omega; F; m^2; V]$$

kde $U_{výst}$ je údaj na voltmetru, který je při tomto měření zapojen na výstup integračního obvodu RC a zbytek výrazu je po celou dobu měření konstantní.

Určení remanence B_r a koercitivity H_k

Hysterezní smyčka je dána funkčním vztahem $B=f(H)$. Na měřicím schématu pro měření hysterezních smyček je vidět, že napětí U_{xt} přivedené na horizontální vstup osciloskopu ze snímacího rezistoru R_1 odpovídá průběhu magnetizačního proudu I_{1t} .

Víme, že

$$H_{max} = I_{1max} \frac{N_1}{l_s} \quad \text{a z toho } H_t = I_{1t} \cdot konst$$

Pak musí platit úměra $H_t \approx U_{xt}$

Napětí U_{yt} přivedené na vertikální vstup osciloskopu z integračního obvodu RC odpovídá výstupnímu napětí $U_{výst t}$.

$$\text{Víme, že } B_{max} = \frac{RC\sqrt{2}}{S_{Fe} N_2} U_{výst} \quad \text{z toho } B_t = U_{výst} \cdot konst$$

pak musí platit úměra $B_t \approx B_{yt}$

Z předchozího odvození vyplývá, že přivedeme-li na vertikální (Y) vstup osciloskopu napětí U_{yt} a na horizontální vstup (X) vstup napětí U_{xt} , zobrazí se nám na stínítku obrazovky závislost $U_y = f(U_x)$, což odpovídá požadované funkční závislosti $B=f(H)$, tj. hysterezní smyčce viz. obr.2.



Podle výše uvedených vztahů a z poměrů v zobrazené hysterezní smyčce pak platí:

$$\frac{a}{b} = \frac{H_k}{H_{max}}$$

a z toho pak

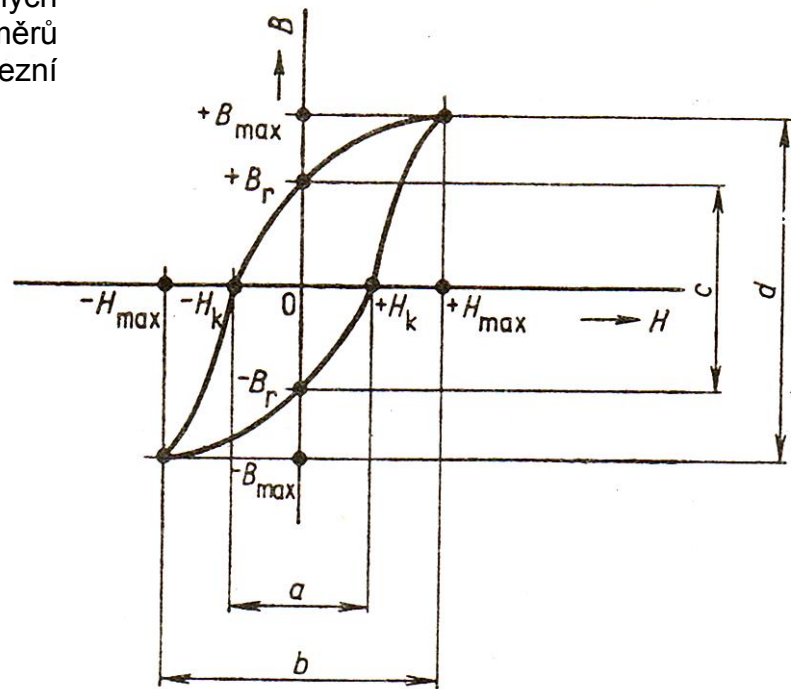
$$H_k = H_{max} \frac{a}{b}$$

Dále platí

$$\frac{c}{d} = \frac{B_r}{B_{max}}$$

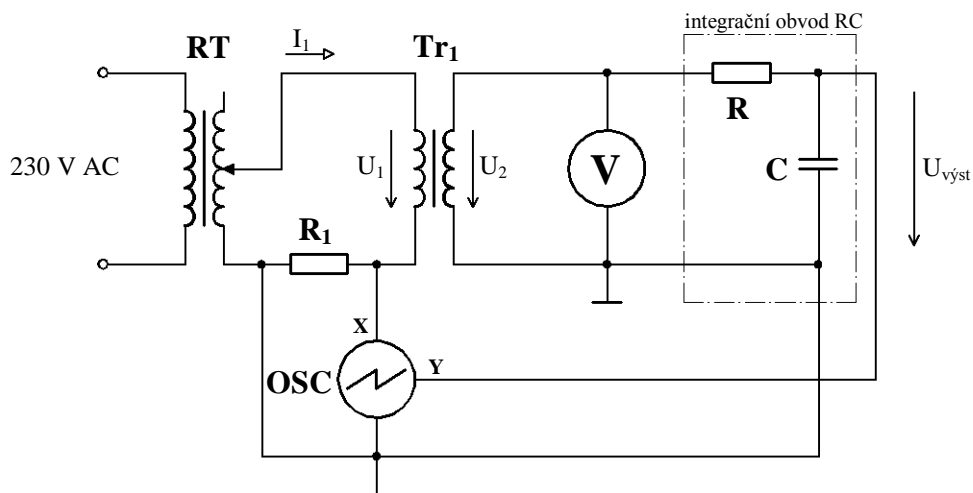
a z toho pak

$$B_r = B_{max} \frac{c}{d}$$



Obr.2 Určení B_r a H_k z hysterezní smyčky

Schéma pro měření: Schéma pro zobrazení hysterezní smyčky.



Měřený předmět:

Tr1 – transformátor typ

(z předcházejícího měření)

Použité měřicí přístroje a pomůcky:

Označení	Název	Typ	Tp	Použitý rozsah	Inventární číslo



Název úlohy: Měření magnetických veličin

Listů: 5

List: 5

Postup měření:

Zobrazení hysterezních smyček

Obvod podle schématu z předchozího měření doplníme o integrační obvod RC. Z předchozího měření magnetizační křivky si ke zvoleným hodnotám B_{\max} přiřadíme odpovídající velikosti H_{\max} a U_2 . Požadované napětí U_2 nastavíme před vlastním měřením hysterezní smyčky na voltmetru V pomocí regulačního transformátoru. Na osciloskopu v režimu x-y zobrazíme hysterezní smyčku. Na stínítku obrazovky odečteme velikosti úseček a, b, c, d, v dílcích a z nich vypočítáme hodnoty B_r , H_k . Zobrazené tvary hysterezních smyček zakreslíme do grafu magnetizační křivky (pouze v I. a II. kvadrantu).

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot:

č.m.	B_{\max} [T]	H_{\max} [A/m]	a [d]	b [d]	c [d]	d [d]	B_r [T]	H_k [A/m]
1								
2								

Příklad výpočtů:**Grafy:**

Zobrazené hysterezní smyčky zakreslete do grafu magnetizační křivky z předcházejícího měření.

Závěr:

Použité zdroje

FIALA, M.; VROŽINA, M.; HERCIK, J. *Elektrotechnická měření I.* 3.vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1986. 350 s. DT 621.317 (075.3). Kapitola 23.13, Magnetická měření, s. 327–336.