



MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

Měření magnetických veličin, část 3-9-1

Výukový materiál

Číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0093

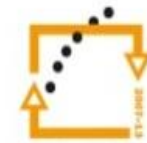
Šablona: III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Sada: 22

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_ SPŠ-ELE-6-III2_E3_05



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NÁZEV DUM

Předmět: MĚŘENÍ

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Vít Krňávek

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace : Rozbor základních magnetických veličin a jejich měření.

Klíčová slova: feromagnetické látky, křivka prvotní magnetizace, remanentní magnetismus, koercitivní intenzita, hysterezní smyčka, permanentní magnet

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Vít Krňávek
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

POUŽITÉ ZDROJE

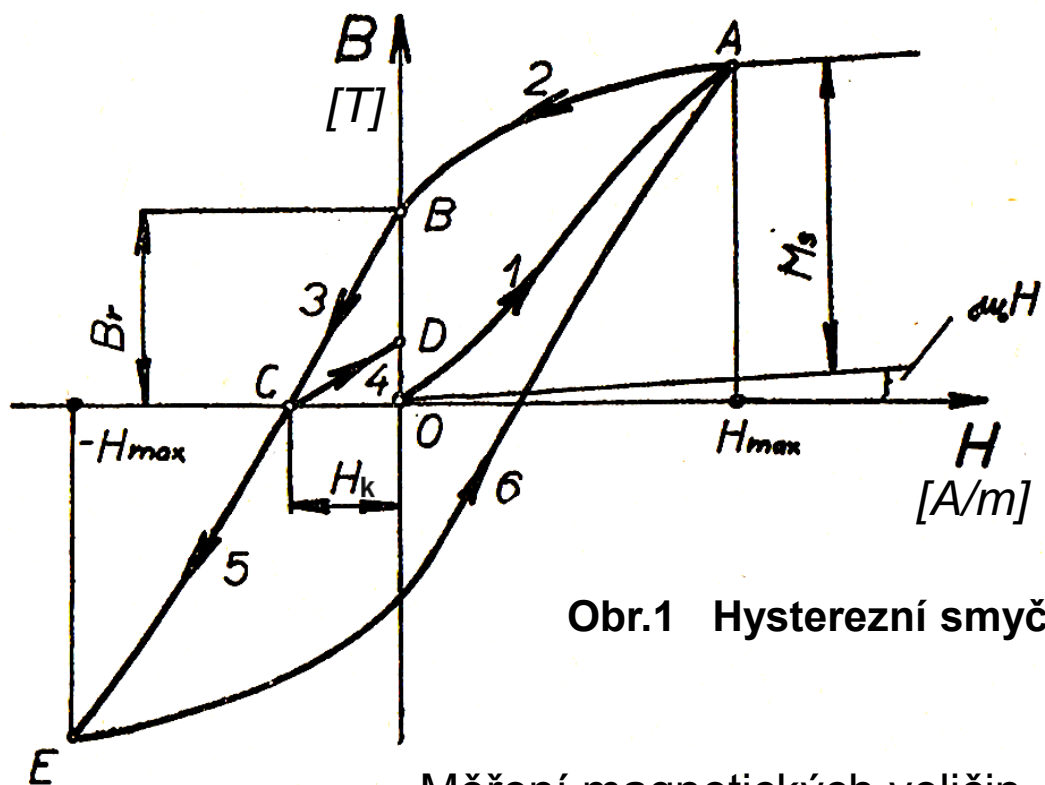
1. FIALA, M.; VROŽINA, M.; HERCIK, J. *Elektrotechnická měření I*. 3.vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1986. 350 s. DT 621.317 (075.3).
2. DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky - 1.díl, Základy elektroniky, ideální a reálné prvky*. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2005. 344 s. ISBN 80-7300-146-2.

Předmětem magnetických měření je zejména stanovení vlastností a parametrů feromagnetických látek, magnetických polí, magnetických obvodů apod.

Z hlediska magnetických vlastností rozeznáváme:

- 1. Látky diamagnetické, kde $\mu_r < 1$ a je nezávislé na H , to jsou např. měď, zlato, rtuť, zinek a z nekovů např. voda.**
- 2. Látky paramagnetické, u nichž $\mu_r > 1$ a je závislé na intenzitě magnetického pole H , sem patří např. platina, hliník, hořčík, draslík, mangan a z nekovů ebonit.**
- 3. Látky feromagnetické, jejichž $\mu_r \gg 1$ a je funkcí H . Jsou to železo, nikl, kobalt a jejich slitiny. Mezi magnetickou indukcí B a intenzitou magnetického pole nastává u feromagnetických látek zvláštní vztah, jehož grafické vyjádření udává tzv. hysterezi smyčka na obr.1.**

Přiložíme-li magnetické pole H ke vzorku z feromagnetického materiálu a vyjdeme-li z nemagnetického stavu, při postupném zvyšování intenzity pole H roste magnetická indukce B úměrně s H . Později pak roste B dále pomaleji až do stavu nasycení daného na smyčce bodem A . Křivku 1 nazýváme křivkou prvotní magnetizace. Při pozvolném snižování intenzity H nedochází ke snižování indukce B ve stejné míře, tedy nevrací se po křivce prvotní magnetizace. Materiál vykazuje tzv. remanentní magnetismus, což znamená, že pro $H=0$ má indukce ještě hodnotu $B>0$.



Obr.1 Hysterezní smyčka feromagnetického materiálu

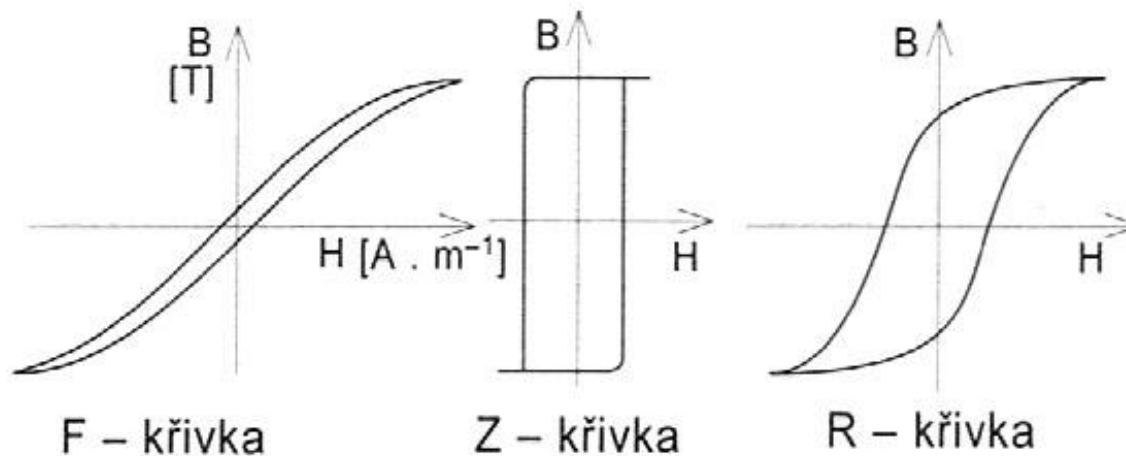
Teprve působením záporné intenzity $H < 0$ dojde nejprve ke stavu $B = 0$ a pak $B < 0$, až opět k nasycení v záporných hodnotách H a B . Velikost $B_r = 0B$ je tzv. remanentní indukce, k jejímu potlačení musíme vynaložit $H_k = 0C$, tzv. koercitivní intenzita. Kdybychom demagnetizující intenzitu $0C$ nechali klesnout na nulu, vyskočila by indukce podle čáry 4 do bodu D. Dáme-li demagnetizační intenzitě dále stoupat (v záporném smyslu), mění B znaménku a stoupá do záporných hodnot, až při $-H_{\max}$ dospěje graf do bodu E, který je přibližně středově souměrný vůči bodu A (odpovídajícímu H_{\max}).

Když budeme nyní snižovat H v záporných hodnotách až k nule, dále pak ji necháme stoupat v kladných hodnotách, vrátíme se po čáře 6 přibližně do bodu A. Uzavřená křivka o větvích 2, 3, 5 a 6 je hysterezní křivka.

Hysterezní smyčka, tak jak jsem ji sledovali, platí jen pro udaný smysl oběhu. Malé odchylky, např. CD, umožní ještě návrat na hysterezní smyčku. Takovou malou změnu nazýváme vratnou (reverzibilní). Jsou-li odchylky velké, nelze se již vrátit s pracovním bodem na původní hysterezní smyčku. Pracovní bod se dále pohybuje po nové hysterezní smyčce. Tečna ke křivce prvotní magnetizace, resp. její sklon, určuje tzv. počáteční permeabilitu, která patří k charakteristickým hodnotám feromagnetického materiálu. Za oblastí nasycení může indukce B s rostoucí intenzitou H přibývat jen podle vztahu $\mu_0 H$.

Extrémní tvary hysterezních smyček mají tzv. magneticky tvrdé materiály a magneticky měkké materiály. Smyčky magneticky tvrdých látek, např. AlNi, AlNiCo se vyznačují velikou plochou s velkou šířkou. Slouží k výrobě permanentních magnetů. Materiály magneticky měkké, např. Permalloy, mají úzkou hysterezní smyčku s nepatrnou koercitivní silou.

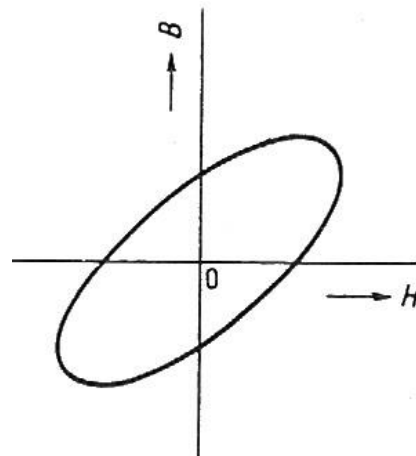
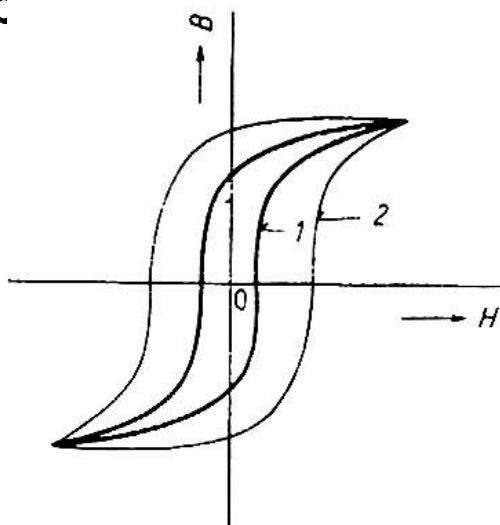
U magneticky měkkých materiálů rozeznáváme tři tvary hysterezních smyček. Hysterezní smyčku tvaru F mají jádra s nejmenší náchylností k přesycení, naopak u křivky Z dochází k přesycení jádra velmi rychle.



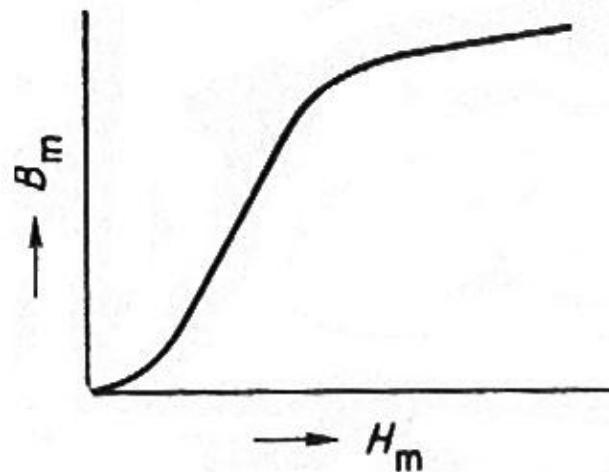
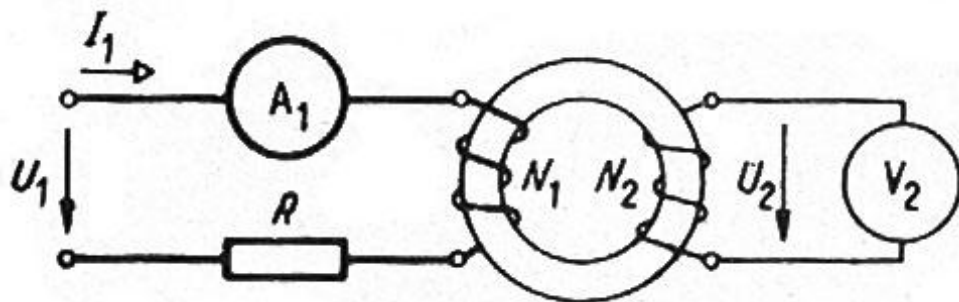
Zdroj: DOLEČEK (2), str. 282.

Základním měřením vlastností feromagnetických materiálů je měření magnetizačních charakteristik, které představují křivky prvotní magnetizace a hysterezní smyčky. Měření lze provádět při stejnosměrné nebo střídavé magnetizaci. V dalším výkladu bude popsáno měření při střídavé magnetizaci, které je použito v dané úloze.

Budeme-li měřit hysterezní smyčku feromagnetického materiálu místo stejnosměrnou magnetizací střídavým proudem, obdržíme tzv. dynamickou smyčku u které se uplatní vliv kmitočtu, činitel tvaru křivky a povrchový jev. Se zvýšením kmitočtu dojde ke zvýšení ztrát vířivými proudy ρ a smyčka bude širší popř. se její tvar zaoblí.



Při měření sinusovým magnetizačním proudem dostáváme závislost $B_m=f(H_m)$ tzv. amplitudovou magnetizační křivku.



Pro amplitudu magnetické intenzity platí:

$$H_m = \sqrt{2} \frac{N_1 I_1}{l_s}$$

Pro amplitudu magnetické indukce platí:

$$B_m = \frac{U_2}{4,44 f N_2 S_{Fe}}$$

Zdroj: FIALA (1), str. 180.