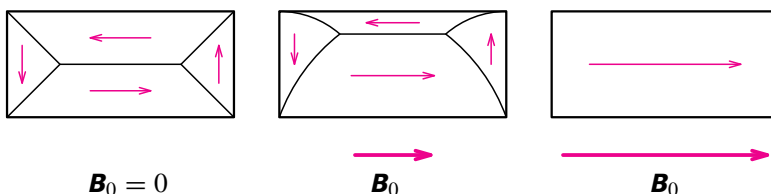


Hallův jev v polovodičích našel také řadu praktických aplikací, např. v konstrukci čidla (*Hallova sonda*) pro měření velikosti magnetické indukce pomocí přístroje, který se jmenuje *teslametr*, nebo v konstrukčních prvcích automatiizační techniky (bezkontaktní tlačítka, snímače polohy, otáček, zrychlení apod.). Např. v současných automobilech je využit ve snímači, který určuje okamžik zapálení směsi v pracovním válci motoru.

Poznámka: Studium Hallova jevu při teplotách blízkých se termodynamické teplotě 0 K má značný význam pro poznání struktury pevných látek a nitra hmoty. Důkazem významu tohoto jevu jsou i dvě Nobelovy ceny (v letech 1985 a 1998), jimiž bylo studium Hallova jevu oceněno.

R5.3 Magnetizace látek

Působením magnetického pole cívky na jádro cívky z magnetického materiálu dochází k takové změně vnitřní struktury magnetické látky, že získává vlastnosti trvalého nebo dočasného magnetu. Příčinou magnetizace látky je působení tzv. výměnných sil mezi sousedními atomy. Vlivem těchto sil nastává i bez vnějšího působení souhlasné uspořádání magnetických polí atomů v malé oblasti látky. Při této **spontánní (samovolné) magnetizaci** vznikají v látce zmagetované mikroskopické oblasti o objemu 10^{-3} mm^3 až 10 mm^3 zvané **magnetické domény**. Jednotlivé domény jsou však orientovány nahodile. Působením vnějšího magnetického pole se v krystalu feromagnetika domény orientují souhlasně, objem domén se postupně zvětšuje, až při jejich souhlasném uspořádání doménová struktura vymizí (obr. R5-8). Říkáme, že *látka je magneticky nasycena*.



R5-8 Doménová struktura magnetika

Magnetická hysterese

Popíšeme průběh magnetizace jádra cívky, kterou prochází proud I , podrobněji. Magnetickou indukci magnetického pole velmi dlouhé cívky (viz čl. 5.4)

označíme $\mathbf{B}_0$ a pro velikost magnetické indukce platí

$$B_0 = \mu_0 \frac{NI}{l}.$$

Do cívky vložíme jádro z magnetické látky o relativní permeabilitě μ_r a magnetická indukce magnetického pole v látce bude

$$\mathbf{B} = \mu_r \mathbf{B}_0.$$

Výsledná magnetická indukce bude záviset nejen na proudu I , ale i na hustotě závitů cívky N/l . Obě tyto veličiny zahrneme do nové fyzikální veličiny, kterou nazveme **intenzita magnetického pole $\mathbf{H}$** a její velikost

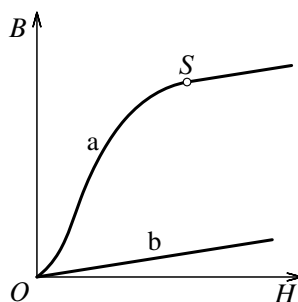
$$H = \frac{NI}{l}.$$

Jednotka intenzity magnetického pole je $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$.

Magnetická indukce v materiálu jádra dlouhé cívky tedy bude

$$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \mathbf{H} = \mu \mathbf{H}.$$

Obě vektorové veličiny mají stejný směr a liší se jen velikostí. Bude nás zajímat, jak se obě veličiny budou měnit, když budeme zvětšovat proud v cívce z nulové hodnoty. Na obr. R5-9 je znázorněna tato závislost jednak pro samotnou cívku bez jádra (křivka b), jednak pro jádro (křivka a). Vidíme, že u samotné cívky jde o lineární závislost. To znamená, že magnetická indukce B_0 se zvětšuje jen málo vzhledem k hodnotě permeability vzduchu.

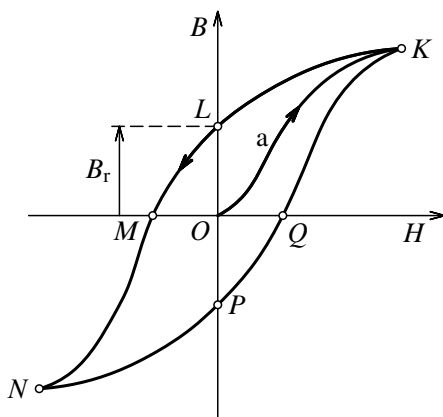


R5-9 Křivka prvotní magnetizace feromagnetika

Odlišný průběh má tato závislost v případě materiálu jádra cívky. Zpočátku se magnetická indukce zvětšuje, až je dosažen bod S . Tomuto bodu odpovídá magnetické nasycení jádra, kdy jsou všechny domény uspořádány rovnoběžně ve směru vektoru $\mathbf{H}$. Po dosažení tohoto bodu se magnetická indukce zvětšuje

jen zvolna, obdobně jako u cívky bez jádra. Křivka (a) se nazývá *křivka prvotní magnetizace*.

Zajímavý je průběh magnetizace, když se proud v cívce začne zmenšovat. Magnetická indukce jádra se zmenšuje po jiné křivce (*KLM* na obr. R5-10), a když $I = 0$, a tedy i $H = 0$, má magnetická indukce jádra hodnotu odpovídající bodu *L*. Jádro tedy zůstává zmagnetováno a magnetická indukce má hodnotu B_r , kterou nazýváme **remanentní magnetická indukce**. Změnou směru proudu v cívce můžeme zmenšit magnetickou indukci až na nulu (bod *M*) a dalším zvětšováním proudu dosáhneme znovu magnetického nasycení, ale při opačném směru vektorů $\mathbf{H}$ i $\mathbf{B}$.

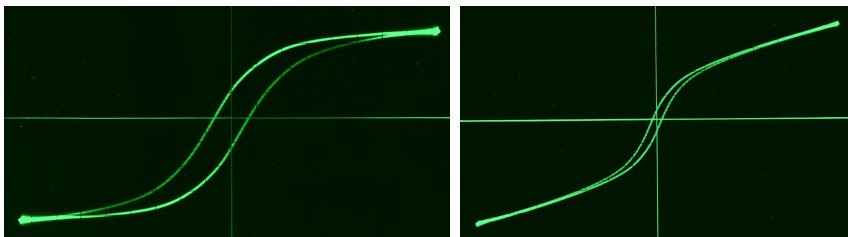


R5-10 Hysterezní smyčka feromagnetické látky

Dalšími změnami proudu můžeme dosáhnout opět magnetického nasycení v bodě *K*, čímž je celý cyklus magnetizace jádra cívky uzavřen. Děj nestejného průběhu magnetizace při změnách proudu v cívce se nazývá **magnetická hystereze** a křivka na obr. R5-10 je **hysterezní smyčka**.

Hysterezní smyčka je důležitou charakteristikou feromagnetických látek. Podle jejího průběhu lze určit ztráty energie při opakovaném magnetování látky, což vede např. k zahřívání jádra. Čím širší je hysterezní smyčka, tím větší ztráty vznikají v magnetické látce, např. když cívku prochází střídavý proud. Materiály se širokou hysterezní smyčkou jsou magneticky tvrdé a naopak úzkou hysterezní smyčku mají látky magneticky měkké. Tyto materiály se používají jako jádra cívek, kterými prochází střídavý proud s větší frekvencí. Např. ke konstrukci záznamové hlavy pevného disku počítače (viz čl. R5.4) se používá materiál *permalloy* (slitina niklu a železa) s velkou relativní permeabilitou ($\mu_r > 5 \cdot 10^4$) s velmi úzkou hysterezní smyčkou, tzn. s malou hodnotou rema-

rentní indukce B_r . Příklady experimentálně získaných hysterezních smyček magneticky tvrdého a magneticky měkkého materiálu jsou na obr. R5-11.

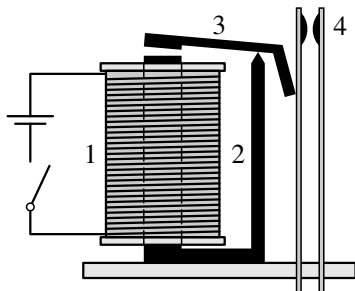


R5-11 Příklady hysterezních smyček feromagnetik

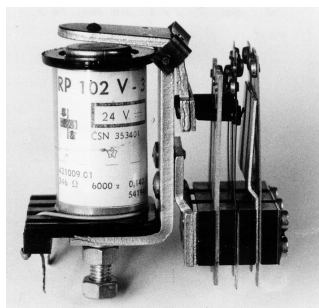
R5.4 Magnetické materiály v praxi

Z mnoha příkladů využití magnetických materiálů v technické praxi uvedeme pouze dva (s některými dalšími se ještě setkáme v učivu o střídavých proudech):

1. **Elektromagnetické relé** je důležitým funkčním prvkem mnoha zařízení, především v soustavách automatizace. Schéma elektromagnetického relé je na obr. R5-12a a jedno z možných provedení zachycuje obr. R5-12b. V blízkosti elektromagnetu tvořeného cívkou (1) a jádrem (2) z magneticky měkké oceli je pohyblivá kotva (3), rovněž z magneticky měkké oceli. Kotva se dotýká pružných kontaktů (4), k nimž je připojen obvod ovládaného zařízení.



a)



b)

R5-12 Elektromagnetické relé

Jakmile elektromagnetem začne procházet ovládací proud, kotva relé se přitáhne k jádru cívky a sepne pružné kontakty. Tím je uvedeno ovládané