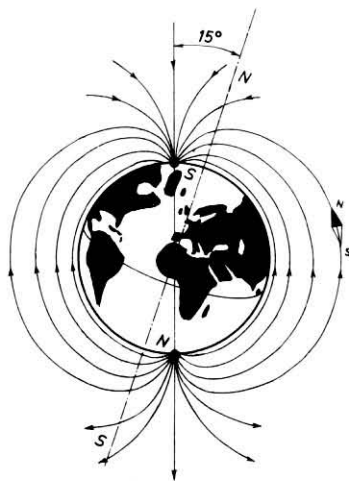


Видимо да су и овде магнетне линије непрекидне, а смер им је ван магнета од северног (N) ка јужном (S) магнетном полу, а унутар магнета од јужног ка северном полу. Вектор магнетне индукције $\vec{B}$ је тангента у свакој тачки магнетне линије. Између полова потковичастог магнета поље је хомогено.



Сл. 4.15

И Земља има своје магнетно поље. Обична магнетна игла пружа доказе о постојању овог поља. Очито је да Земља показује особине сталног магнета. Земљина оса и магнетна оса Земље не поклапају се. Угао међу њима је $\theta = 15^\circ$. На Земљи су уведени еквивалентни магнетни полови — јужни магнетни пол (S) на приближно 70° северне географске ширине и 96° западне географске дужине и северни магнетни пол (N) на 72° јужне географске ширине и 157° источне географске дужине. Утврђено је да интензитет вектора магнетне индукције магнетног поља Земље није сталан. Он је различит у разним местима Земље, а мења се и са временом (магнетне буре). На слици 4.15 приказано је Земљино магнетно поље.

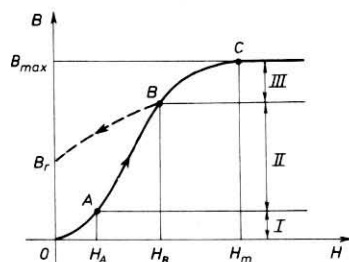
4.7. МАГНЕТИСАЊЕ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРИЈАЛА

Вратићемо се опет феромагнетима као изразито важним магнетним материјалима и проучићемо процес магнетисања ових материјала.

Нека се феромагнетни материјал, који претходно није био намагнетисан, изложи дејству спољашњег магнетног поља чију јачину постепено повећавамо од нуле па до неке вредности H . Са повећањем интензитета поља H повећаваће се и интензитет магнетне индукције B с обзиром на везу $B = \mu \cdot H$. Зависност промене интензитета вектора $\vec{B}$ од јачине поља H (које још називамо и магнетизационим пољем) приказана графички ($B = f(H)$) представља криву магнећења феромагнетног материјала коју приказује слика 4.16.

Криву магнећења делимо на три дела, односно разликујемо три етапе овог процеса.

Први део криве (од нуле до тачке А на слици 4.16) показује почетак магнетисања. Под дејством поља H , које је од вредности 0 до H_A малог интензитета, у феромагнетном материјалу оријентишу се само они домени чији су магнетни моменти подударни са спољашњим пољем или су му приближни по правцу и смеру. Види се да влада прилична пропорционалност између B и H (слично као код пара и дијамагнетних материјала) и ако се у тачки А укине магнетно поље и магнетна индукција B пада одмах на нулу.



Сл. 4.16

Други део криве (од тачке А до тачке В на слици 4.16) показује највећи пораст магнетисања, тј. број оријентисаних домена расте. Ако поље H смањујемо од вредности H_B до нуле, интензитет магнетне индукције B ће спорије опадати у односу на пораст при магнетисању и за $H=0$ имаће неку вредност B_r (цртицама је означена крива $\overline{BB_r}$ која показује зависност B и H ако се поље смањује од вредности H_B до нуле). Ова вредност B_r назива се заостали (реманентни) магнетизам.

Трећи део криве води до подручја засићења у коме наступа усмеравање свих домена (део криве од тачке В до тачке С на слици 4.16). Када поље H достигне одређену вредност H_m (тачка С) сви домени у материјалу су оријентисани у правцу и смеру поља H , и даље повећање поља не доводи до знатног повећања магнетне индукције B изнад B_{max} , па кажемо да је наступило магнетно засићење.

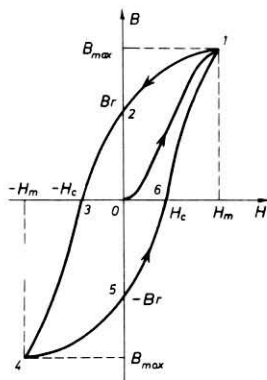
Магнетно засићење је стање намагнетисаног тела у коме су магнетни моменти свих домена оријентисани као и страно поље H (магнетизационо поље).

Математичка зависност $B=f(H)$ изражава се једначином

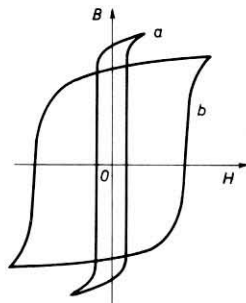
$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H. \quad (4.19)$$

Како је μ_0 константна величина, а да се зависност B од H (према дијаграму) не представља правом линијом, може се закључити да магнетна пермеабилност феромагнетног материјала није константна величина већ зависна од јачине магнетизационог поља H . Свака врста феромагнета, која се примењује у електротехници, има своју криву магнетисања. Ова крива служи као основна карактеристика при прорачунима и конструкцијама магнетних кола.

Феромагнетни материјал се обично користе као језгра разних уређаја који раде са наизменичним струјама, дакле налазиће се у променљивом магнетном пољу. Отуда је од значаја посматрати тзв. динамичке криве магнетисања које се добијају када се феромагнетни материјал изложи дејству



Сл. 4.17



Сл. 4.18

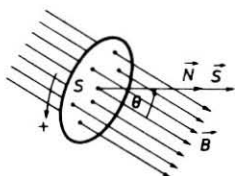
променљивог магнетног поља, што је представљено на слици 4.17. Крива прве магнетизације, део 0—1, већ смо објаснили, па ћемо посматрати шта се дешава када поље од вредности H_m опада. Смањење поља H праћено је сма-

њивањем магнетне индукције по кривој 1—2. У тачки 2 спољашње поље је једнако нули, али индукција у феромагнетном материјалу износи B_r . Ако сада повећавамо поље у супротном смеру ка тачки 3, индукција се смањује и при вредности поља H_c понишава се заостала индукција. Даљом променом поља долази се поново у засићење — тачка 4, а променом поља у супротном смеру циклус се понавља: део 4—5—6—1. Јачина поља H_c супротног смера, неопходна за поништавање заостале индукције B_r , назива се коерцитивно поље. Тиме се затвара циклус магнетисања. Процес магнетисања феромагнетног материјала даје затворену криву која изражава зависност $B=f(H)$. У току магнетисања постоји стално заостајање промена магнетне индукције у језгру за променама јачине поља H , тзв. магнетни хистерезис. На основу тога се и крива цикличног магнетисања назива хистерезисна петља.

У току магнетисања се примењује претварање електричне енергије у топлотну, тј. феромагнетни материјал се загрева и површина хистерезисне петље је пропорционална губицима енергије који се трансформишу у топлоту. Уска хистерезисна петља је карактеристика за „меке“ магнетне материјале који се лако намагнетишу, али се лако и размагнетишу (језгра електромагнета, трансформатора, генератора). Широка и стрма хистерезисна петља је карактеристика „тврдых“ магнетних материјала који имају велику реманентну индукцију B_r и велико коерцитивно поље, а погодни су за израду сталних магнета. На слици 4.18 приказане су хистерезисне петље магнетно меких (а) и магнетно тврдых (б) материјала.

4.8. ФЛУКС ВЕКТОРА МАГНЕТНЕ ИНДУКЦИЈЕ

Уочимо равну површину S у хомогеном магнетном пољу индукције $\vec{B}$ као на слици 4.19. Нацртајмо нормалу на површину и дефинишимо вектор површине $\vec{S}$. Овај вектор има павац управан на површину, а интензитет једнак самој површини S . Смер вектора површине одређује се по правилу десне завојнице, при чему се најпре дефинише референтни смер обилажења по површини, што је на слици 4.19 означено са $\rightarrow +$.



Сл. 4.19

Скаларни производ вектора $\vec{B}$ и $\vec{S}$:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \quad (4.21)$$

назива се флуks вектора магнетне индукције $\vec{B}$ кроз површину S или краће магнетни флуks $\Phi(\vec{B})$. По дефиницији скаларног производа флуks представља скаларну величину и има вредност:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\vec{B}, \vec{S}) = B \cdot S \cdot \cos \theta, \quad (4.22)$$

где θ означава који се описује при ротирању вектора $\vec{B}$, тако да се најкраћим путем поклопи са вектором површине $\vec{S}$. Када је површина S постављена под правим углом на вектор B , онда су вектори $\vec{B}$ и $\vec{S}$ колинеарни, па је тада флуks максималан, тј.

$$\Phi_m = B \cdot S \cos 0^\circ = B \cdot S. \quad (4.23)$$