

7. mérés

Mágneses jellemzők mérése

A mérés célja

A ferromágneses anyagok statikus és dinamikus hiszterézisgörbéje mérési módszereinek megismerése. Transzformátorlemez és hipersil vasmagok tulajdonságainak összehasonlító vizsgálata.

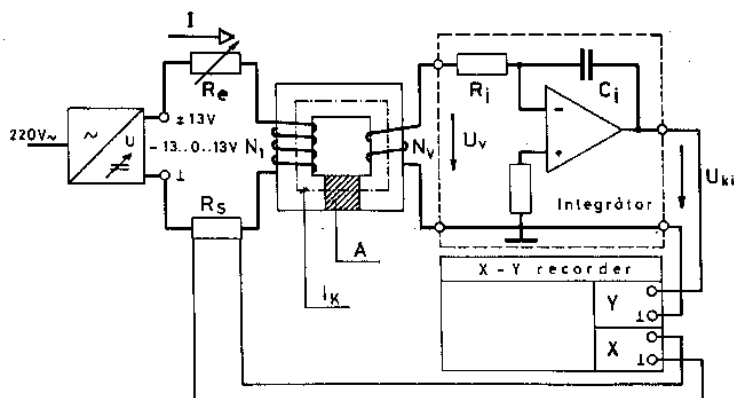
Biztonságtechnikai útmutató

A dinamikus hiszterézisgörbe mérését 0...230 V-os változtatható feszültségű, földelt tápegységről tápláljuk, a mérésben használt oszcilloszkóp jelföldje a hálózat nullavezetőjére csatlakozzék.

MÉRÉSI FELADATOK

A. VASMAGOK STATIKUS HISZTERÉZISGÖRBÉJÉNEK FELVÉTELE

Kapcsolási vázlat



A vizsgált vasmag N_1 menetszámú gerjesztő tekercsének I gerjesztőáramát folyamatosan változtatható feszültségű elektronikus tápegységgel hozzuk létre. A tápegység feszültsége potenciométerrel változtatható $-13\text{ V} \dots +13\text{ V}$ tartományban. Az R_e előtétellenállással állíthatjuk be az I gerjesztőáram maximális értékét. A feszültséget $+13\text{ V}$ -ról -13 V -ra, majd innen ismét $+13\text{ V}$ -ra beállítva egy teljes átmágnesezési ciklus játszódik le a vasmagban. A lassú átmágnesezés miatt az örvényáramveszteségek elhanyagolhatóak, a statikus hiszterézisgörbét vizsgálhatjuk ebben a mérőkörben. A vasmagban kialakuló H térerősség arányos az I gerjesztőárammal. Az R_s sőtön létrejövő feszültségessel egy X-Y koordinátarajzoló X eltérítését vezéreljük, a koordinátarajzoló írotollának X irányú elmozdulása az I gerjesztőárammal és egyben a vasmag H térerősségével arányos. A gerjesztőáram változása fluxusváltozást kelt a vasmagban, a φ fluxus változása feszültséget indukál az N_v menetszámú vizsgálótekercsben. A vizsgálótekercs U_v indukált feszültségét egy műveleti erősítő integrátor bemenetére kapcsoljuk. Az integrátor kimenő feszültségének ΔU_{ki} változása a bemeneti U_v feszültség idő szerinti integráljával arányos. A fluxusváltozás és kimenő feszültség változása között a következő kapcsolat áll fenn:

$$\Delta U_{ki} = -\frac{1}{R_i C_i} \int_{t_1}^{t_2} U_v(t) dt = -\frac{1}{R_i C_i} \int_{t_1}^{t_2} N_v \frac{d\Phi}{dt} dt = -\frac{N_v}{R_i C_i} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi$$

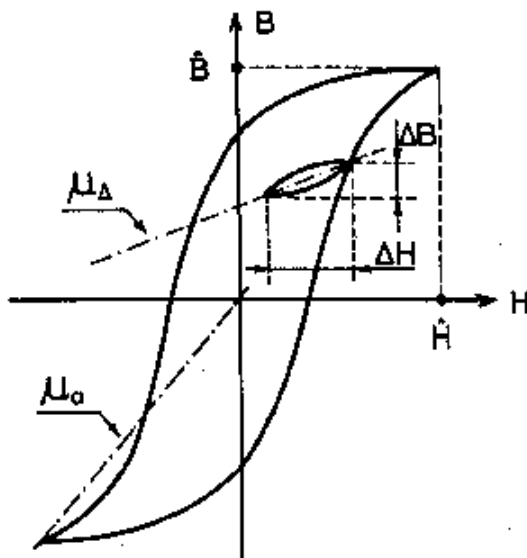
$$\Delta U_{ki} = -\frac{N_v}{R_i C_i} (\Phi_2 - \Phi_1) = -\frac{N_v}{R_i C_i} \Delta\Phi = -\frac{N_v}{R_i C_i} \Delta BA$$

Az integrátor kimenő feszültségének változása a vasmag φ fluxusának és egyben B indukciójának változásával arányos. Az integrátor a koordinátarajzoló Y eltérítését vezérli, az Y irányú elmozdulás az indukcióváltozással arányos. Az előzőekben ismertetett működési sajátosságok eredményeként a vasmag egy teljes átmágnesezési ciklusa folyamán a koordinátarajzolón a vasmag hiszterézisgörbéje rajzolódik fel.

Feladatok

A mérés során transzformátorlemezről ill. hipersil lemezből készült vasmag jellemzőit vizsgáljuk. Mindkét vasmag esetében végezzük el a következő feladatokat.

- (a) Jegyezzük fel a vizsgálatra előkészített vasmag jellemzőit (N_1 gerjesztőtekercs menetszám, N_v vizsgálótekercs menetszám, A vasmagkeresztmetszet, l_k közepes indukcióvonalhossz) valamint az R_s sönt ellenállásának értékét. A gyakorlatvezető útmutatásai alapján állítsuk be az X-Y koordinátarajzoló X és Y csatornájának érzékenységét, az R_e ellenállással az I gerjesztőáram maximális értékét úgy, hogy telítésig mágnesezett állapot jöjjön létre a vasmagban. Ezután végezzünk el néhány átmágnesezést az X-Y koordinátarajzoló író tollának letétele nélkül, megfigyelve a hiszterézisgörbe helyzetét. A koordinátarajzoló pozícionáló potenciométereinek kezelésével vagy szükség esetén a tápegység potenciométere középhelyzetében ($I=0$ gerjesztőáram esetén) az integrátor C₁ kondenzátorának kisütésével olyan állapotot hozunk létre, hogy a hiszterézisgörbe az A4 formátumban közel szimmetrikusan helyezkedjen el. Ezt követően a koordinátarajzoló író tollának letétele után egy teljes átmágnesezési ciklust hajtunk végre, ennek hatására a koordinátarajzoló felrajzolja a hiszterézisgörbét. A tápegység potenciométereinek szélső helyzetében emeljük fel az író tollat, majd az R_e előtétellenállás értékét növeljük meg annyira, hogy a kialakuló kisebb gerjesztőáram csak a könyökpontra mágnesezze a vasmagot. Ezután cseréljük papírt a regisztrálóban.



- (b) Az író toll letétele nélkül végezzünk el néhány átmágnesezést. A kitéréseket megfigyelve az X és az Y csatorna érzékenységét úgy változtassuk, hogy a hiszterézisgörbe az A4 formátumot a lehető legjobban kitöltse (eközben az a. szerinti pozícionálásra és az integrátor kondenzátorának kisütésére is szükség lehet). Jegyezzük fel az X-Y koordinátarajzoló új beállításait majd az író toll letétele után egy teljes átmágnesezéssel rajzoljuk fel a hiszterézisgörbét. Ezt követően a tápegység potenciométereivel - a legnagyobb pozitív tápfeszültségről indulva, a regisztrátum alakulását figyelve - úgy változtassuk a tápfeszültséget és ezzel a gerjesztőáramot, hogy közel 30...40 %-os csökkentést követően 15...20 %-al növeljük az áramot, majd ezeket a műveleteket ismétljük addig, míg a legnagyobb negatív tápfeszültséget el nem értük. A nem monoton csökkenő gerjesztőáram hatására a már felrajzolt hiszterézisgörbén belül kisebb zárt hurkok rajzolódnak fel, amelyek meredeksége kisebb, mint a hiszterézisgörbe átlagos meredeksége.

Mind a transzformátorlemezről, mind a hipersil lemezről készült vasmag mérési eredményeit a következő lépésekben dolgozzuk fel.

- (a) Mind a telítésg mágnesezett, mind a könyökpontig mágnesezett vasmag hiszterézisgörbéjéhez rajzoljuk meg a koordinátatengelyeket, lássuk el ezeket a H térerősség ill. a B indukció skálájával. A koordinátarendszer középpontját a hiszterézisgörbe csúcspontjait összekötő egyenes felezőpontja jelöli ki. Az I. síknegyedben lévő csúcspont x és y koordinátái valamint a mérőkör jellemzői alapján a csúcsponthoz rendelhető H térerősség és B indukció meghatározható, a koordinátatengelyek skálázhatók.

A vizsgált vasmag mágnescőre homogén (azonos keresztmetszetű, anyagú, légrés nélküli), a H térerősség minden keresztmetszetében azonos. A gerjesztési törvény és a mérőkör sajátosságainak figyelembevételével a csúcsponti H térerősséget az N_1 gerjesztő menetszám, l_k közepes indukcióvonalhossz, a sönt R_S ellenállása, a koordinátarajzoló X csatornájának C_x skálaállandója és a csúcspont x koordinátája alapján a következő módon határozhatjuk meg:

$$\hat{H} = \frac{\Theta}{l_k} = \frac{N_1 I}{l_k}, \quad U_x = I R_S = C_x x, \quad \hat{H} = \frac{N_1}{l_k} \frac{1}{R_S} C_x x$$

A csúcsponti B indukció megállapítása az integrátor működési sajátosságai, ennek R_i C_i időállandója, a vizsgálótekeres N_v menetszáma, a vasmag A keresztmetszete, a koordinátarajzoló Y csatornájának C_y skálaállandója és a csúcspont y koordinátája alapján történik:

$$U_y = \frac{1}{R_i C_i} N_v \hat{B} A, \quad U_y = C_y y, \quad \hat{B} = \frac{R_i C_i}{N_v A} C_y y$$

- (b) A könyökpontig mágnesezett vasmag hiszterézisgörbéjéből határozzuk meg a vasmag μ_a amplitúdó permeabilitását és μ_Δ inkrementális permeabilitását. Az amplitúdó permeabilitás - amely transzformátorok és váltakozóáramú fojtótekercesek méretezésében játszik szerepet - a csúcsponti térerősség és indukció értékeiből állapítható meg. Az inkrementális permeabilitás a nem monoton változó mágnesezőáram esetén kialakuló belső hiszterézishurkok jellemzője, nagysága változó (a telítődés közelében csökken). Az inkrementális permeabilitás az egyenárammal előmágnesezett fojtók méretezésében játszik szerepet. Egy tetszőlegesen választott belső hiszterézishurokra végezzük el az inkrementális permeabilitás meghatározását!

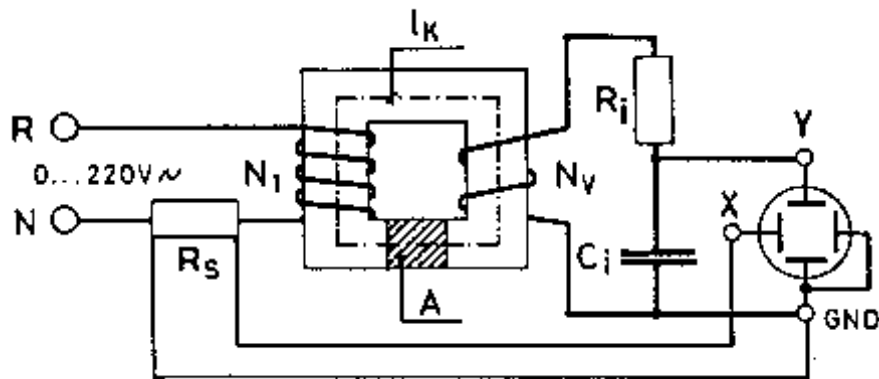
$$\mu_a = \frac{\hat{B}}{\mu_0 \hat{H}}, \quad \mu_\Delta = \frac{\Delta B}{\mu_0 \Delta H}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

- (c) A könyökpontig mágnesezett vasmag amplitúdó permeabilitását figyelembevéve számítsuk a vasmag A_L induktívitásállandóját (a villamosságban ezt mágneses vezetőképességnek nevezik és Δ -val jelölik), valamint a gerjesztőkör L önindukciós tényezőjét!

$$A_L = \mu_0 \mu_a \frac{A}{l_k}, \quad L = N_1^2 A_L$$

B. VASMAG DINAMIKUS HISZTERÉZISGÖRBÉJÉNEK FELVÉTELE

A mérés elve egyezik a statikus hiszterézisgörbe mérésével. A vasmag ciklikus átmágnesezését az 50 Hz frekvenciájú váltakozóáram végzi, emiatt az örvényáramvesztés is érezteti a hatását. A vizsgálótekeresben indukálódó feszültséget passzív RC integrátor (RC aluláteresztő szűrő) közbeiktatásával csatlakoztatjuk az X-Y módban működő oszcilloszkóp függőleges bemenetére, a vízszintes bemenetre a gerjesztőárammal arányos feszültségjel jut.



Feladatok

A mérést 230 V primer feszültségű, transzformátorlemez vasaggal készült kistranszformátoron végezzük el. Jegyezzük fel a transzformátor és a mérőkör jellemzőit. A toroid transzformátorral 0...20 V között 5 V-onként, 20...230 V között 20 V-onként növeljük a tápfeszültséget. Mindegyik tápfeszültség esetére végezzük el a következőket:

- Pozícionáljuk középre a hiszterézisgörbét, az X és Y csatorna érzékenységét úgy válasszuk meg, hogy a hiszterézisgörbe a képernyőn a lehető legjobban kitöltse.
- Olvassuk le a hiszterézisgörbe csúcspontjának x és y koordinátáit, jegyezzük fel az oszcilloszkóp beállításait.

Értékelés

A statikus hiszterézisgörbe értékelése kapcsán ismertetett összefüggések értelemszerű alkalmazásával határozzuk meg mindegyik esetre a vasmag csúcsponti H térerősségének és B indukciójának értékét. A hiszterézisgörbék csúcspontjai az első mágnesezési görbét adják, ábrázoljuk ezt diagramban.

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Az amplitudó permeabilitás és az inkrementális permeabilitás definíciója.
2. Homogén mágneses kör induktívitasállandója.
3. Statikus és dinamikus hiszterézisgörbe felvételére alkalmas kapcsolat rajza.
4. Hiszterézisgörbe csúcspontja H és B koordinátáinak meghatározása a vasmag és a mérőkör jellemzői alapján.
5. Az első mágnesezési görbe szerkesztésének módja, menete.