

7. mérés

Mágneses jellemzők mérése

A mérés célja

A ferromágneses anyagok statikus és dinamikus hiszterézis görbéje mérési módszereinek megismerése. Transzformátorlemez és hypersil vasmagok tulajdonságainak összehasonlító vizsgálata.

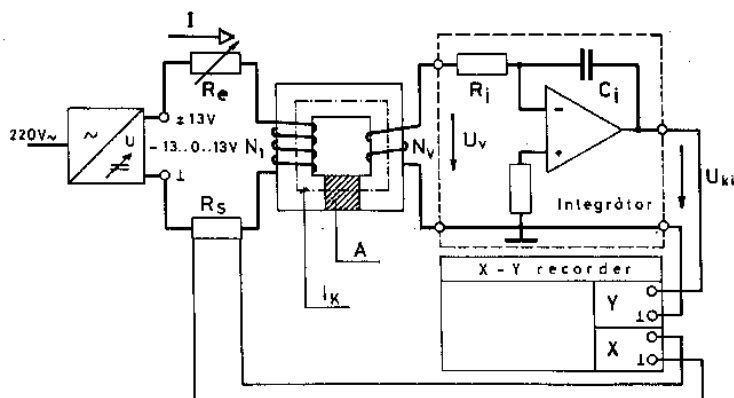
Biztonságtechnikai útmutató

A dinamikus hiszterézis görbe 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 örvényáramvesztés elhanyagolható, a statikus hiszterézis görbét 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:

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

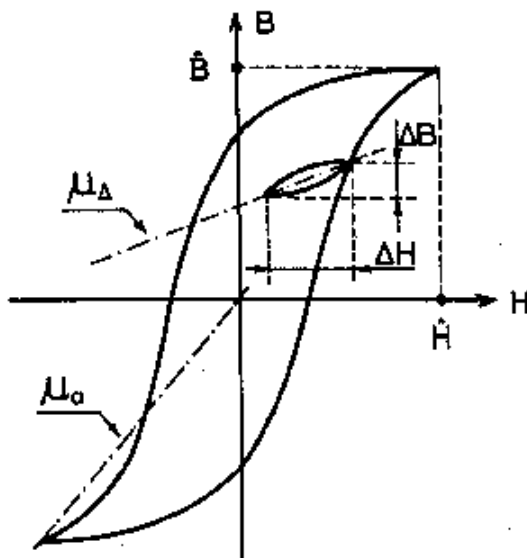
$$\Delta U_{ki} = -\frac{N_v}{R_i C_i} (\Phi_2 - \Phi_1) = -\frac{N_v}{R_i C_i} \Delta\Phi = -\frac{N_v}{R_i C_i} \Delta BA$$

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 hiszterézis görbéje rajzolódik fel.

Feladatok

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

- (a) Jegyezzük fel a vizsgálatra előkészített vasmag jellemzőit (N_1 gerjesztőtekerecs menetszám, N_2 vizsgálótekerecs 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_s ellenállással az I gerjesztőáram maximális értékét úgy, hogy telítésig mágnesezett állapot jöjjön létre a vasmagban. Ezután végezzünk el néhány átmágnesezést az X-Y koordinátarajzoló írótollának letétele nélkül, megfigyelve a hiszterézis görbe helyzetét. A koordinátarajzoló pozicionáló potenciométereinek kezelésével vagy szükség esetén a tápegység potenciómétere középhelyzetében ($I=0$ gerjesztőáram esetén) az integrátor C_i kondenzátorának kisütésével olyan állapotot hozunk létre, hogy a hiszterézis görbe az A4 formátumban közel szimmetrikusan helyezkedjen el. Ezt követően a koordinátarajzoló írótollának letétele után egy teljes átmágnesezési ciklust hajtunk végre, ennek hatására a koordinátarajzoló felrajzolja a hiszterézis görbét. A tápegység potencióméterének szélső helyzetében emeljük fel az írótollat, majd az R_s előtétellenállás értékét növeljük meg annyira, hogy a kialakuló kisebb gerjesztőáram csak a könyökpontig mágnesezze a vasmagot. Ezután cseréljünk papírt a regisztrálóban.



- (b) Az írótoll letétele nélkül végezzünk el néhány átmágnesezést. A kitéréseket megfigyelve az X és az Y csatorna érzékenységét úgy változtassuk, hogy a hiszterézis görbe az A4 formátumot a lehető legjobban töltsé ki (eközben az a. szerinti pozicionálásra és az integrátor kondenzátorának kisütésére is szükség lehet). Jegyezzük fel az X-Y koordinátarajzoló új beállításait majd az írótoll letétele után egy teljes átmágnesezéssel rajzoljuk fel a hiszterézis görbét. Ezt követően a tápegység potencióméterével - a legnagyobb pozitív tápfeszültségről indulva, a görbe 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 hiszterézis görbén belül kisebb zárt hurkok rajzolódnak fel, amelyek meredeksége kisebb, mint a hiszterézis görbe átlagos meredeksége.

Értékelés

Mind a transzformátorlemezről, mind a hypersil lemezből készült vasmag mérési eredményeit a következő lépésekben dolgozzuk fel.

- (a) Mind a telítésig mágnesezett, mind a könyökpontig mágnesezett vasmag hiszterézis görbéjéhez rajzoljuk meg a koordinátatengelyeket, lássuk el ezeket a H térerősség ill. a B indukció skálájával. A koordinátarendszer középpontját a hiszterézis görbe 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 mágnesköre 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 koordináta rajzoló X csatornájának C_x skálaállandója és a csúcspont x koordinátája alapján a következő módon határozhatjuk meg:

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

A csúcsponti B indukció megállapítása az integrátor működési sajátosságai, ennek R_i C_i időállandója, a vizsgálótekercs N_v menetszáma, a vasmag A keresztmetszete, a koordináta rajzoló 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 hiszterézis görbéjéből határozzuk meg a vasmag μ_a amplitúdó permeabilitását és μ_Δ inkrementális permeabilitását. Az amplitúdó permeabilitás - amely transzformátorok és váltakozóáramú fojtótekercs méretezésében játszik szerepet - a csúcsponti térerősség és indukció értékeiből állapítható meg. Az inkrementális permeabilitás a nem monoton változó mágnesezőáram esetén kialakuló belső hiszterézis hurkok jellemzője, nagysága változó (a telítődés közelében csökken). Az inkrementális permeabilitás az egyenárammal előmágnesezett fojtók méretezésében játszik szerepet. Egy tetszőlegesen választott belső hiszterézis hurokra végezzük el az inkrementális permeabilitás meghatározását!

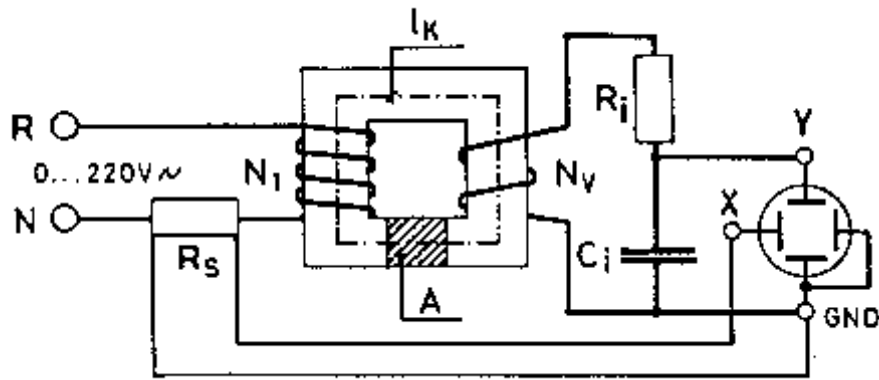
$$\mu_a = \frac{\hat{B}}{\mu_0 \hat{H}}, \quad \mu_\Delta = \frac{\Delta B}{\mu_0 \Delta H}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

- (c) A könyökpontig mágnesezett vasmag amplitúdó permeabilitásának figyelembevételével számítsuk a vasmag A_L induktívitásállandóját (a villamosságban ezt mágneses vezetőképességnek nevezik és Λ -val jelöljük), 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 hiszterézis görbe mérésével. A vasmag ciklikus átmágnesezését az 50 Hz frekvenciájú váltakozóáram végzi, emiatt az örvényáramvesztés is érezteti a hatását. A vizsgálótekercsben 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 vasmaggal 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:

- Pozicionáljuk középre a hiszterézis görbét, az X és Y csatorna érzékenységét úgy válasszuk meg, hogy a hiszterézis görbe a képernyőt a lehető legjobban kitöltse.
- Olvassuk le a hiszterézis görbe csúcspontjának x és y koordinátáit, jegyezzük fel az oszcilloszkóp beállításait.

Értékelés

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

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Az amplitúdó permeabilitás és az inkrementális permeabilitás definíciója.
2. Homogén mágneses kör induktívásállandója.
3. Statikus és dinamikus hiszterézis görbe felvételére alkalmas kapcsolás rajza.
4. Hiszterézis görbe csúcspontja H és B koordinátáinak meghatározása a vasmag és a mérőkör jellemzői alapján.
5. Az első mágnesezési görbe szerkesztésének módja, menete.