FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Toroid alakú vasmagot tartalmazó tekercs mágneses veszteségei

Szabó Zsolt, Iványi Amália, Fűzi János, Székely Gyula

Abstract

In the modern measurement techniques, the computer can be applied to develop and realise the measurement tools for hysteresis loop in magnetic materials. Thus the computer can represent a virtual instrument and in this way the measurement can be automated. For realisation of virtual instrument in this investigation the LabView program package had been introduced. This virtual instrument read a specified number of data from the input channel, realise a delayed acquisition, use the hardware clock for control of sample rate. [1], [2].

The coil with ferromagnetic cores, exposed by different shaped of currents, produces several effects. Because of the magnetic flux density appears in the cores with values in the nonlinear regions of the magnetisation characteristics $B-H$, this produce results in variation of the permeability, the coil behaves as a nonlinear element, [3], [4], [5]. The time variation of the magnetic induction produces heat losses in the ferromagnetic cores. The ferromagnetic energy which is transformed into heat in a unit time represents the hysteresis loss, indicated by the magnetisation process. The variation of the magnetic induction produces eddy currents in the ferromagnetic cores. These eddy currents through the Joule effect generate losses which can be represented as the classical eddy current losses.

Bevezetés

A mérnöki gyakorlatban, a mágneses veszteségek becslése igen fontos lépés a mágneses köröket tartalmazó készülékek tervezésében. Ebben a dolgozatban bemutatunk egy mérési módszert, melynek segítségével becsülhetjük ezeket a veszteségeket. A modern mérési technikában a számítógépet úgy használjuk, mint egy mérőműszert, ennek segítségével mérhetjük a mágneses anyagok histerézis görbéit, tehát a számítógép egy virtuális mérőműszerként viselkedik, az egész mérési folyamatot automatizálhatjuk. A mért histerézis karakterisztikák segítségével kiszámíthatjuk a veszteségeket a toroid alakú vasmagot tartalmazó tekercsben.

A mérési elrendezés

A mérés elrendezését az 1. ábra tartalmazza. Ez három fő részből áll: a kimenetből, a készülékekből és a bemenetből. A kimeneti rész tartalmaz egy függvénygenerátort, amelyet a számítógép segítségével vezérelhetünk, és egy bipoláris erősítőt a kimeneti áramjel erősítésére. A használt függvénygenerátor frekvenciaskálája 100 μHz és 1 MHz között változik, a rezolúciója 100 μHz és GPIB buszon keresztül vezérlhető. Az eszközök rész tartalmazza a ferromágneses tekercset, egy etalon ellenállást, valamint a szükséges szoftvert. A toroid alakú ferromágneses vasmag azonosító száma RF60. Az etalon ellenállás értéke $R=1\Omega$, így az ellenálláson mért feszültség értéke egyenlő a rajta keresztül folyó áram értékével. A bementi rész az adatgyűjtő lapot tartalmazza. Ez egy teljesen plug and play kompatibilis, analog/digitális multifunkcionális lap. A számítógép egyrészt vezérli a függvénygenerátort, beállítva a kimenő jel alakját, amplitúdóját, frekvenciáját stb., másrészt konfigurálja az adatgyűjtő lapot, elvégzi az adatok beolvasását, valamint a szükséges számításokat.

1. ábra A mérési elrendezés

A hiszterézis karakterisztika mérése

A mérések elvégzéséhez az adatgyűjtő lap két csatornáját használjuk. Ennek a két csatornának a segítségével egyszerre két feszültséget fogunk beolvasni, az etalon ellenálláson és a toroid alakú ferromágneses tekercs kimenetén mért feszültségeket.

A hiszterézis karakterisztika meghatározásához a függvénygenerátor által szolgáltatott jel szinuszos alakú [8], [9],

$$u(t) = U_i \sin(\omega t) . \quad (1)$$

A tekercs árama egyenlő az R etalon ellenálláson mért feszültség értékével, (mivel ennek értéke 1Ω), A forgási szimmetriából következik, hogy a tekercs erővonalai körök. A gerjesztési törvényt egy erővonalra alkalmazva a tekercs mágneses térerősségének kifejezése

$$H_0 = \frac{N_1 i_1}{\ell} = \frac{N_1}{R\ell} u_1, \quad (2)$$

ahol i_1 a bemeneti áram, H_0 a mágneses térerősség, u_1 az etalon ellenálláson mért feszültség, N_1 a primer tekercs menetszáma, ℓ a közepes sugár. A tekercs mágneses indukcióját a közepes sugáron a kimeneti u_2 , feszültség segítségével határozhatjuk meg

$$u_2 = -\frac{d\Psi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}, \quad (3)$$

ahol N_2 a szekunder tekercs menetszáma, S a tekercs keresztmetszetének felülete. A B mágneses indukciót a teljes mágnesezési ciklusra vett integrállal számítsuk ki, a C integrál állandót a fő hiszterézis hurok szimmetria feltételéből határozzuk meg,

$$B = -\frac{1}{N_2 S} \int u_2 dt + C. \quad (4)$$

A 2. ábrán néhány karakterisztikát mutatunk be, melyeket a mért feszültségek segítségével számított a virtuális mérőműszer. A 2. a ábra a mágneses térerősség, a 2. b ábra a mágneses indukció időbeli változását, a 2.c ábra a hiszterézis karakterisztikát mutatja be abban az esetben, mikor a vasmag a vasmag telített.

a) a mágneses térerősség időbeli változása

b) a mágneses indukció időbeli változása

c) a hiszterézis karakterisztika

2.ábra A mért adatok és a hiszterézis karakterisztika

A mágneses veszteségek számítása

A dinamikus mágnesezési karakterisztikákat növekvő feszültség amplitúdókra különböző frekvenciákon ábrázoltuk. A 3. a, b, c ábrán $f=50, 100$ és 150 Hz frekvenciákra mért dinamikus

histerézis karakterisztikák láthatók. Az adott térfogatban fellépő p veszteségeket a következő összefüggés segítségével számítjuk:

$$p = f \int_{\Gamma} H dB \quad (5)$$

ahol f a frekvencia, H a mért mágneses térerősség, B a mért mágneses indukció. A 3. d ábrán a mágneses veszteségek változása látható.

3. ábra Dinamikus histerézis karakterisztikák, és ezekre számolt veszteség görbék

Konklúzió

A mért adatok és a számolt veszteségek megmutatják az örvényáramok hatását. Ezt megfigyelhetjük a fenti dinamikus histerézis karakterisztikákon. Növelve a frekvenciát, az örvényáramok hatására a histerézis karakterisztikák szélesednek. Mivel a veszteségek arányosak a histerézis hurkok területével, a frekvencia növekedésével ezek is nagyobbak lesznek.

Referencia

- [1] National Instruments, *LabView Data Acquisition Basics Manual*, Edition Part Number 320997B01, 1997.
- [2] A. Iványi, Zs. Szabó, Losses in Rotational Magnetic Field, *Proceedings of the 5th Japan-Hungarian Joint Seminar on Applied Electromagnetics in Materials and Computational Technology*, Budapest, Hungary, 1998, pp. 41-44.

Név/tudományos fokozat: Szabó Zsolt, okl. villamosmérnök, PhD hallgató

Munkahely/cím: Budapesti Műszaki Egyetem, Elméleti Villamosságtan Tanszék,

Egry József utca 18. H-1521 Budapest, Hungary.

Telefon/Fax, E-mail: (36 1) 463 2914, (36 1) 463 3189, szabo@evtsz1.evt.bme.hu