

HYSTEREZIGRAF NA MERRANIE CYLINDRICKÝCH TENKÝCH MAGNETICKÝCH VRSTIEV PRE RÝCHLE PAMÄTE POČÍTAČOV

RUDOLF HAMERLIK, Bratislava

Cylindrické tenké magnetické vrstvy (TMV) si dobjíjajú stále lepšie postavenie medzi tenkými magnetickými vrstvami. Aby ich ďalší vývoj bol úspešný, treba skonštruovať rôzne meracie aparatury na ich premeriavanie. Jednou z nich je hysterezigraf na meranie cylindrických TMV. Kým na kvázistatické merania roviných TMV plne postačil hysterezigraf popísaný v [1], cylindrické TMV sa na ňom dajú merať len v smere osi valca. Na meranie v smere obvodu valca sa dá použiť hysterezigraf, ktorý je predmetom tohto príspevku.

Princíp merania je analogický ako v prípade roviných TMV s tým rozdielom, že tu treba vytvoriť premagnetovacie magnetické pole cylindrické. Indukované napätie v dôsledku premagnetovania TMV — odozva sa ďalej spracuje ako pri hysterezigrafe pre roviné TMV [1].

Na vytvorenie cylindrického magnetického pola máme prakticky dve možnosti. Po prvé, že vhodným zoskupením vodičov, ktorými preteká premagnetovacia prúd, sa vytvorí kvázi-cylindrické pole. A po druhé, cylindrické magnetické pole sa vytvára tak, že samotným vodičom, na ktorý je nanosená TMV, preteká premagnetovacia prúd. Odozvu môžeme snímať z koncov vodiča s TMV. Z hľadiska spracovania odozvy je výhodnejší prvý spôsob premagnetovania. V tomto prípade nie je galvanická väzba medzi vodičom s TMV a vodičmi, ktoré vytvárajú premagnetovacie pole, čo umožňuje ľahšiu kompenzáciu nežiadúcich napätí, ktoré sa navyše objavujú spolu s odozvou na koncoch vodiča. V druhom prípade, pretože vodičom s TMV preteká premagnetovacia prúd $I = I_0 \sin \omega t$, na jeho koncoch je okrem odozvy e ešte o niekoľko rádov vyššie napätie u . Je to úbytok napätia na odpore vodiča s TMV R_0 od premagnetovacieho prúdu I :

$$u = R_0 I_0 \sin \omega t. \quad (1)$$

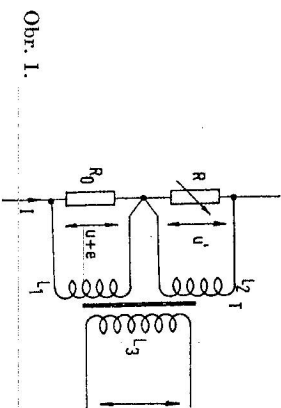
Odozva e sa dá vyčistiť takto:

$$e = d\Phi/dt, \quad (2)$$

kde Φ — magnetický tok v TMV.

Z hľadiska vytvárania cylindrického magnetického pola, jednoducho vyniká druhý spôsob. Po zväžení ťažkostí pri navrhovaní vhodného zoskupenia vodičov v prvom prípade a kompenzácie napätia u v druhom prípade začal sa realizovať druhý spôsob.

Predpokladajme, že TMV je nanosená napr. na medený drôt o priemere 0,4 mm a dĺžke 13 cm, potom jeho elektrický odpor je $R_0 = 0,018 \Omega$. Pri sínusovom premagnetovacím prúde o efektívnej hodnote $I = 1$ A vznikne na ňom úbytok napätia u , ktorého maximálna hodnota je ca $u_{\max} = 25$ mV. Namieraná odozva má maximálnu hodnotu približne $e_{\max} = 25 \mu\text{V}$. Z porovnania týchto hodnôt vidíme, že ak chceme mať odstup užitočného signálu (e) od pozadia 26 dB, musíme napätie u vykompenzovať s presnosťou 5 · 10⁻⁵. Kompenzácia sa dá urobiť viacerými spôsobmi, napr. v mostíkovom zapojení [4], ďalej transformátorom, ako sme to riešili v našom prípade a i.



Obr. 1.

Kompenzačné napätie u' (obr. 1) získavame ako úbytok napätia od prúdu I na odpore R .

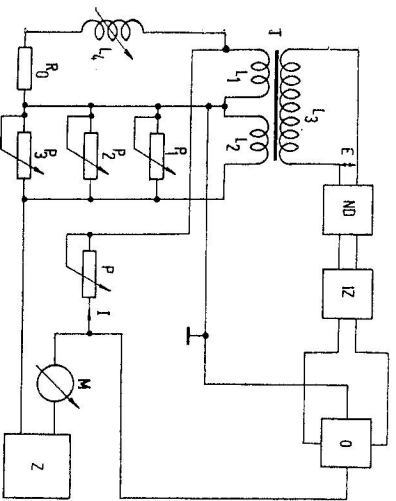
$$u' = R I_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

Napätia $u + e$ a u' sa privádzajú na primárne vinutia transformátora T . Tieto vinutia o indukčnosťach L_1 a L_2 sú zhodné a sú zapojené v opačnom zmysle. Porovnaním (1) a (3) vidíme, že napätie u sa vykompenzuje, ak

$$R = R_0. \quad (4)$$

Transformátor T má vzostupný prevod n , teda navyše má funkciu napätového bezšumového zisloňovača. Má permalloyové jadro a primárne vinutia majú po 80 závitoch. Indukčnosť primárnych vinutí sme volili tak, aby fázový posun medzi vstupným a výstupným napätím bol menší než 1° na frekvencii premagnetovacieho prúdu ω (v našom prípade frekvencia siete). Ďalej ich impedancia je oveľa väčšia než odpor R_0 , resp. R a ak zväžime, že presnosť ďalších obvodov (napr. osciloskopu) je ca 3 %, potom časť premagnetovacieho prúdu, ktorý preteká týmto vinutiami, môžeme zanedbať. Odpor R

tvoria paralelne zapojené potenciometre P_1, P_2, P_3 (obr. 2) zhotovené osobitne na tento účel. Skutočnosť, že treba presne nastaviť pomerne veľmi malý odpor, podľa (4) 18 mΩ, vynútila si použitie drôtoových potenciometrov vinutých z medeného, resp. odporového drôtu. Skonstruovali sme ich tak, aby prechodové odpory boli minimálne a stále.



Obr. 2. Schéma hysterezigrafu. ND — napáťový delič; IZ — integračný zosilňovač; Z — zdroj premagnetovacieho prúdu; O — osciloskop.

Použitím drôtoových potenciometrov sme zvýšili indukčnosť v obvode R, L_2 , vzhľadom na obvod R_0, L_1 . V dôsledku toho, že tieto obvody sú vlastne závitky — slučky, ktoré sa nachádzajú v silnom vonkajšom premenlivom magnetickom poli, indukuje sa v nich napätie ϵ , resp. ϵ' .

$$\epsilon = d\Phi_1/dt, \quad (5)$$

$$\epsilon' = d\Phi_2/dt, \quad (6)$$

Kde Φ_1 je magnetický tok cez slučku R_0, L_1 a Φ_2 je magnetický tok cez slučku R, L_2 . Ak uvážime, že Φ_1 a Φ_2 sú magnetické toky, vyvolané predovšetkým od premagnetovacieho prúdu cez odpory R_0 a R , môžeme pre ϵ a ϵ' napísať:

$$\epsilon = L'_1 \frac{dI}{dt}, \quad (7)$$

$$\epsilon' = L'_2 \frac{dI}{dt}, \quad (8)$$

kde L'_1 a L'_2 sú indukčnosti slučiek R_0, L_1 , resp. R, L_2 . Tieto napätia by sa navzájom tiež vykompenzovali na transformátore T , keby boli rovnaké, t. j. keby platilo

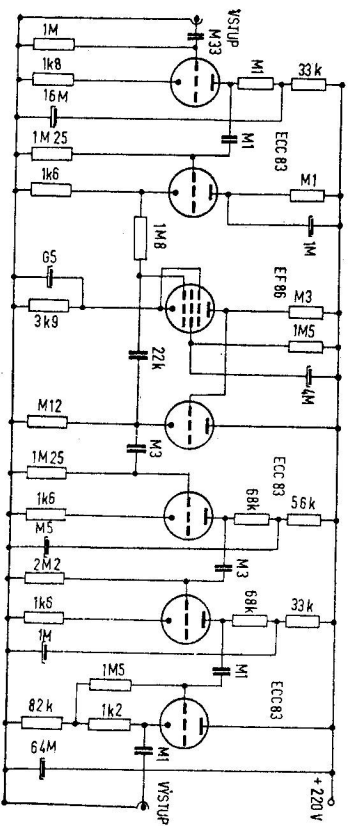
$$L'_1 = L'_2. \quad (9)$$

Aby platila podmienka (9), zaradili sme do obvodu R_0, L_1 navyše meniteľnú indukčnosť L_4 .

Napätie E na sekundárnej strane transformátora

$$E = n(Lu + Le + e), \quad (10)$$

kde $Lu = u - u'$ a $Le = e - e'$, sa privádza na fázovo-kompenzovaný napäťový delič ND. Tento delič má ochranný charakter, totiž chráni integračný zosilňovač IZ pred prehltním v čase, keď rovnica (4) ešte neplatí, čo nastáva vtedy, keď sa začína merať nejaká TMV. Vtedy nastavujeme maximálny útlm.

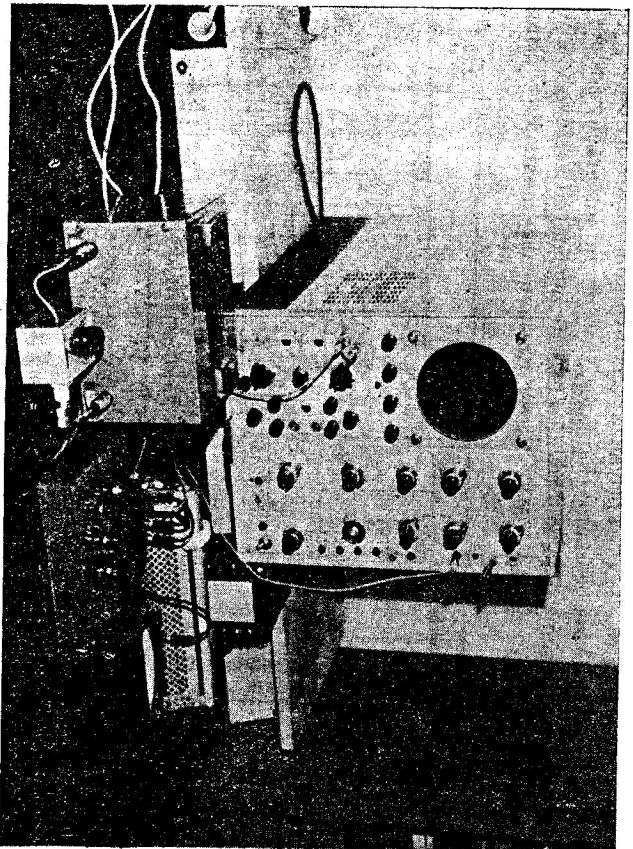


Obr. 3. Integrovačný zosilňovač [3].

Postupne ako rovnica (4) nadobúda platnosť (kompenzácia u), útlm na ND sa znižuje. Napätie z ND privádzame na IZ [3] (obr. 3), odiaľ na vertikálnu časť osciloskopu. Horizontálny rozklad je odvodený od premagnetovacieho prúdu napätím z odporu P . Pretože bolo potrebné uzemniť uzlový bod $L_1, L_2, R_0, P_1, P_2, P_3$ (obr. 2) napätie na horizontálny rozklad sa vlastne odoberá zo sériovo zapojených prvkov P, L_4 a R_0 (prúd cez L_1 , ako sme už vyššie uviedli, môžeme zanedbať). Odpor P má rádovo niekoľko Ohmov, teda pri premagnetovacom prúde 1 A na ňom bude napätie niekoľko voltov. Z toho vidieť, že napätie z $L_4 + R_0$ t. j. $u + e + e$, ktoré s ním nie je vo fáze, možno zanedbať.

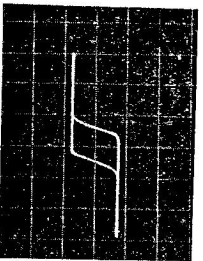
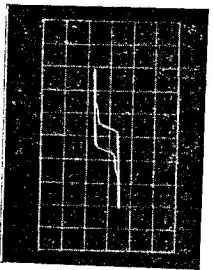
Vplyv napätia Lu . Ak napätie u nie je vykompenzované, na tienidle osciloskopu vidíme elipsu (totiž po integrácii v IZ je medzi napätím na odpore P a u fázový posun 90°). Čím bude vyšší stupeň kompenzácie u , tým viac bude elipsa zmeňovať svoj vertikálny rozmer. Až v prípade, ak je u vykompenzované, elipsa prejde v úsečku. Sklon úsečky určuje stupeň kompenzácie napätia e . (Napätie e po integrácii v IZ je vo fáze s napätím na odpore P .) Ak sa vykompenzuje (L_4), úsečka sa skllopí do vodorovného smeru. Tieto úvahy sa vzťahovali na prípad, že vodič R_0 bol bez TMV. Ak je zapojený vodič

s TMV, potom kompenzácia napätia u sa prejavuje podobne ako v spomnanom prípade, lenže výsledkom vykompenzovanosti je nedefinovaná hysterézná slučka, ktorá ešte môže byť sklonená. Sklon hysteréznej slučky sa odstráni nastavením L_4 .



obr. 4. Celkový pohľad na hysterezigraf na meranie cylindrických TMV.

Poznámka; Môžeme tvrdiť, že sklon hysteréznej slučky je približne nulový vtedy ak hysterézná slučka v oblasti nasýtenia je rovnobežná s osou x . V prípade, že tomu tak presne nie je, dopustíme sa prakticky zanedbateľnej



Obz. 5. Hysterézne slučky toristorov zhotovených v ÚTK SAV Bratislava. Na osi x jeden dielik je 3 Oe. a) homogénna TMV; b) nehomogénna TMV.

chyby pri meraní. Premagnetovací prúd I meriame ampérmetrom M (obr. 2), ktorý môže byť okalibrovaný priamo v jednotkách intenzity magnetického poľa (Oe) na povrchu vodiča s TMV. Na obr. 5 sú namerané hysterézne slučky.

ZÁVER

Postaveným hysterezigrafom sa dajú kvázi-staticky merať najdôležitejšie statické vlastnosti TMV. Pre toristory koerzitívna sila H_c a pravohľosť p , pre roody pole anizotropie H_r . Čítilivosť postavenej aparatúry je na hraniciach teplej stability jednotlivých prvkov. Čítilivosť by sa zvýšila, keďby sa snímacia časť umiestnila do termostatu. Čítilivosť by sa dala zvýšiť aj použitím premagnetovacieho prúdu s vyššou frekvenciou, tým by sa však namerané hodnoty viac odlišovali od statických hodnôt.

LITERATÚRA

- [1] Eckert U., Telefunkenzeitung 36 (1963), 134.
- [2] Апокин И. А., Кинаренко Г. Ф., *Тонкие магнитные пленки в вычислительной технике*. Изд. Энергия, Москва—Ленинград 1964.
- [3] Hamerlik R., *Hysterezigraf*, Vyskumná zpráva Z 30/1965, Ústav technickej kybernetiky SAV, Bratislava 1965.
- [4] Jurák K., Zpráva 421, Výzkumný ústav matematických strojů, Praha. Došlo 3. 5. 1967

*Ústav technickej kybernetiky SAV,
Bratislava*

HYSTERESIGRAPH FOR MEASUREMENT OF CYLINDRICAL THIN MAGNETIC FILMS FOR FAST COMPUTER MEMORIES

Rudolf Hamerlik

Summary

The described hysteresigraph was constructed for measurement of hysteresis loops of cylindrical thin magnetic films in the direction of the cylinder perimeter. The difference from other known hysteresigraphs [1] consists in the way of generating the magnetizing field, in scanning the induced voltage and in compensating the unweighted voltage.