

TEHNIČKO REŠENJE

Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu

M-85: Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genetska proba, mikroorganizmi

Autori: dr Miodrag Milutinov, dr Nelu Blaž, dr Ljiljana Živanov, MSc. Čedo Žlebić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Godina: 2016.

Podtip tehničkog rešenja: Nova metoda – M85

Korisnik: Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, za potrebe daljih istraživanja

Projekti u okviru koga je realizovano tehničko rešenje:

Broj projekta: TR 32016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2016.

Tehnološka oblast: Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije

Naziv projekta: Inovativne elektronske komponente i sistemi bazirani na neorganskim i organskim tehnologijama ugrađeni u robe i proizvode široke potrošnje

Rukovodilac projekta: dr Ljiljana Živanov, redovni profesor

Broj projekta: TR 32055 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2016.

Tehnološka oblast: Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije

Naziv projekta: Razvoj informacione mreže za kontinualno ispitivanje elektromagnetskih polja

Rukovodilac projekta: dr Nikola Đurić, redovni profesor

1 Kratak opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem

U ovom tehničkom rešenju je izložena metoda za merenje magnetskih karakteristika feritnih jezgara u širokom frekvencijskom opsegu. Karakterizacija magnetskih materijala je od velike važnosti prilikom dizajniranja modernih elektronskih uređaja koji koriste induktivne komponente. Da bi se povećala efikasnost takvih uređaja, između ostalog, potrebno je posvetiti pažnju dizajniranju induktivnih komponeti. Poznavanje magnetskih osobina jezgara koja se koriste u induktivnim elementima pomaže prilikom odabira jezgra i samih induktivnih elemenata. Jedan od najvažnijih parametara magnetskih materijala su gubici koji nastaju u jezgrima. Osim toga, permeabilnost jezgra i histerezisna petlja su, takođe, parametri koji određuju područje primene induktivnog elementa.

2 Uvod

Karakterizacija magnetskih osobina različitih feritnih materijala je značajna za dizajniranje kalemova, potiskivača elektromagnetske interferencije (EMI – *Electromagnetic Interference*, eng.), transformatora, filtera, prigušnice, koji se koriste u uređajima kao što su frekvencijski pretvarači, senzori, prekidačko napajanje, prenos podataka i u drugim uređajima za potrebe energetske elektronike. Da bi se povećala efikasnost takvih uređaja, između ostalog, potrebno je i veliku pažnju posvetiti dizajniranju induktivnih komponeti. Osobine induktivnih elemenata osim geometrije i broja navojaka zavise u velikoj meri i od magnetskih osobina jezgara koja se koriste u induktivnim elementima. Poznavanje magnetskih osobina materijala od kojih se prave jezgra pomaže prilikom odabira jezgra a samim tim i oblika i geometrije induktivnih elemenata. Permeabilnost i gustina snage gubitaka su dva najvažnija parametra. Velika permeabilnost je preporučljiva za dizajniranje kalemova malih dimenzija (*low-profile*, eng.), a mala gustina snage gubitaka je korisna za postizanje visoke efikasnosti kalemova i pretvarača [1]. Zbog toga je prilikom dizajniranja uređaja za prekidačko napajanje (SMPS – *Switching Mode Power Supply*, eng.) veoma važno da se dobro proceni snaga gubitaka magnetskih jezgara kako bi se povećala efikasnost tih uređaja [1]-[3].

Gubici u feritnim jezgrima zavise od provodnosti upotrebljenog materijala. Po pravilu, materijali koji se koriste za izradu feritnih jezgara spadaju u grupu poluprovodnika čija je otpornost znatno veća u odnosu na materijale koji se koriste za izradu feromagnetskih jezgara. Međutim kod Mn-Zn materijala otpornost značajno opada sa porastom frekvencije i gubici usled vrtložnih struja predstavljaju problem [4].

Metoda opisana u ovom tehničkom rešenju je razvijena za potrebe određivanja snage gubitaka u feritnim jezgrima u obliku prstena. Ovo tehničko rešenje predstavlja doprinos istraživanju uticaja tehnoloških postupaka izrade Mn-Zn feritnih jezgara na snagu gubitaka i permeabilnost u širokom frekvencijskom opsegu.

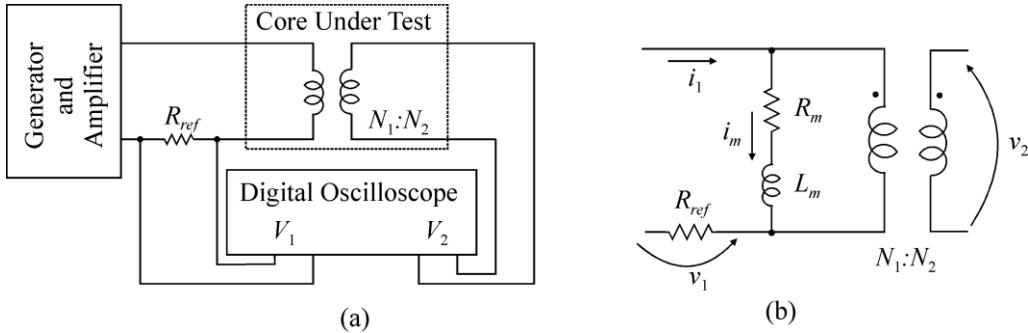
3 Stanje rešenosti ovog problema

Za merenje permeabilnosti i snage gubitaka feritnih jezgara postoje brojne metode u zavisnosti od frekvencije i oblika pobudnog signala [5][6]. Kompleksna magnetska permeabilnost može da se izmeri korišćenjem koaksijalne metode, impedansne metode ili neke od mostnih metoda. Koaksijalna metoda se zasniva na merenju parametara refleksije talasovoda u kome se nalazi ispitivano jezgro [7]. Pogodna je za merenje na visokim frekvencijama, jer isključuje parazitnu kapacitivnost i snagu gubitaka u namotajima. Nedostatak ove metode je ograničena veličina ispitivanog jezgra, koja treba da odgovara veličini koaksijalnog držača. Sa druge strane, impedansne [8] i mostne metode [9] mogu se koristiti za ispitivanje jezgra bilo koje veličine, pri čemu se na testirano jezgro postavlja jedan namotaj.

Gustina snage gubitaka se može meriti pomoću kalorimetrijske ili vatmetarske metode. Obe metode omogućavaju merenje snage gubitaka bez obzira na talasni oblik signala, sa ili bez prisustva jednosmerne komponente. Kalorimetrijska metoda se zasniva na merenju brzine promene temperature ispitivanog feritnog jezgra [10]. Vatmetarska metoda je metoda sa dva namotaja. Zasniva se na merenju struje pobude u primarnom namotaju i indukovanih napona u sekundarnom namotaju.

Izmereni signali mogu da se obrade koristeći analogno-digitalne konvertore u kombinaciji sa procesorom za digitalnu obradu signala. Alternativno, signali mogu biti snimljeni pomoću digitalnog osciloskopa sa ugrađenim matematičkim operacijama i memorijom za skladištenje rezultata [11]-[13].

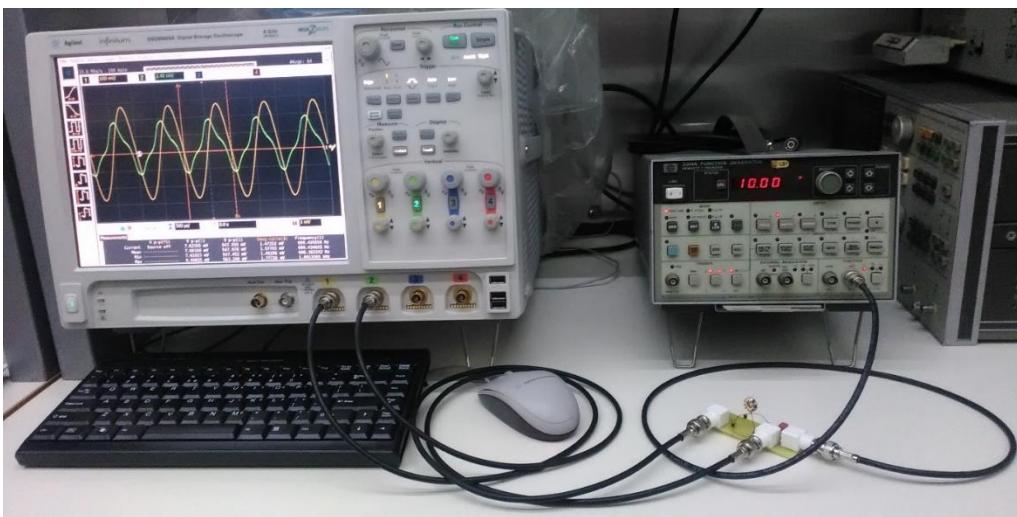
U ovim rešenjima indukovani napon u sekundarnom namotaju se meri pomoću visokoomskih sonda otpornosti $1M\Omega$, Slika 1. Takav pristup obezbeđuje malu struju sekundarnog namotaja koja može da se zanemari. Na taj način snaga Džulovih gubitaka u sekundarnom namotaju može da se zanemari u odnosu na snagu gubitaka u jezgru. Ovo je najvažnija prednost vatmetarske metode u odnosu na kalorimetrijsku metodu



Slika 1. Vatmetarska metoda sa osciloskopom sa visokoomskim ulazima i ekvivalentna električna šema

4 Detaljan opis tehničkog rešenja

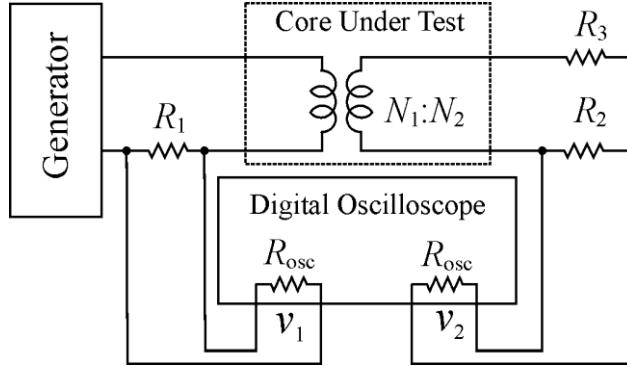
Prethodno prikazana vatmetarska metoda se odnosi na merenje snage gubitaka pomoću osciloskopa sa visoko-omskim ulazima ($R_{osc} = 1M\Omega$). U okviru ovog tehničkog rešenja je prikazana modifikovana vatmetarska metoda prilagođena za merenje snage gubitaka pomoću digitalnog osciloskopa DSO90604 sa nisko-omskim ulazima ($R_{osc} = 50\Omega$). DSO90604 je osciloskop visokih performansi proizvođača Keysight Technology ®, sa analognim propusnim opsegom do 6 GHz i frekvencijom uzorkovanja od 20×10^9 odbiraka u sekundi na svakom od četiri kanala, Slika 2, [14].



Slika 2. Fotografija merne postavke metode na kojoj se vide: digitalni osciloskop DSO90604, štampana pločica sa uzorkom za ispitivanje, signal generator i sonde.

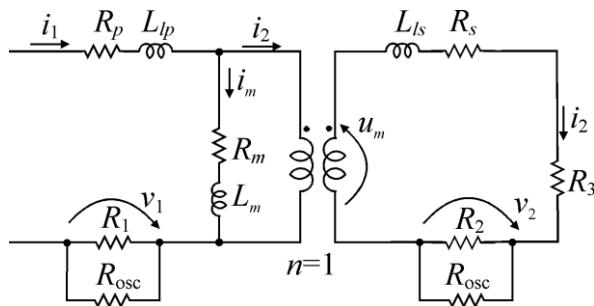
Slika 3 prikazuje šemu merne postavke modifikovane vatmetarske metode. Povezivanje sonde male otpornosti u kolo sekundarnog namotaja izaziva značajnu struju u sekundarnom namotaju. U

ovom slučaju struja sekundara ne može da se zanemari što znači da nije ispunjena polazna pretpostavka koja se koristi kod klasične metode. U cilju smanjenja ove struje postavljen je otpornik R_3 vezan redno sa otpornikom R_2 , koji se koristi kao senzorski otpornik za merenje struje sekundara. Otpornik R_1 se koristi kao senzorski otpornik za merenje struja primarnog namotaja. Dve pasivne 50Ω sonde se koriste za merenje napona v_1 i v_2 na senzorskim otpornicima R_1 i R_2 , respektivno. Otpornosti otpornika R_1 i R_2 su 50Ω , i odabранo je tako da odgovara ulaznoj otpornosti DSO.



Slika 3. Električna šema merne postavke modifikovane vatmetarske metode.

Ekvivalentna električna šema predložene modifikovane vatmetarske metode je prikazan na slici 4. Jezgro je modelovano rednom vezom otpornika otpornosti R_m i kalema induktivnosti L_m . Elementi R_p i R_s ekvivalentnog modela predstavljaju otpornost namotaja primara i sekundara, respektivno. Rasipni fluks je modelovan dodavanjem kalemova u kolo primara i sekundara induktivnost L_{lp} i L_{ls} , respektivno. Broj zavojaka N_1 na primarnoj i N_2 na sekundarnoj strani je jednak, čime je ostvaren jedinični prenosni odnos, $n=1$.



Slika 4. Ekvivalentna električna šema modifikovane vatmetarske metode.

4.1 Merenje gustine snage gubitaka

Snaga gubitaka u jezgru P_{core} se određuje pomoću izraza

$$P_{core} = \frac{1}{T} \int_0^T u_m \cdot i_m dt, \quad (1)$$

gde je T osnovna perioda izmerenog napona, i_m je struja magnetizacije, a u_m indukovani napon na krajevima sekundara. Gustina snage gubitaka P_v je određena pomoću izraza

$$P_v = P_{core} / V_e, \quad (2)$$

gde je P_{core} snaga gubitaka a V_e efektivna zapremina torusnog jezgra. Struja magnetizacije i indukovani napon se, određuju na osnovu izmerenih napona v_1 i v_2 pomoću izraza

$$i_m = i_1 - i_2 = \frac{v_1}{R_{e1}} - \frac{v_2}{R_{e2}}, \quad (3)$$

i

$$u_m = \frac{v_2}{R_{e2}} \cdot (R_s + R_3 + R_{e2}) + \frac{L_{ls}}{R_{e2}} \frac{dv_2}{dt}. \quad (4)$$

U ovim izrazima R_{e1} je ekvivalentna otpornost paralelne veze senzorskog otpornika R_1 i ulazne otpornosti osciloskopa R_{osc} , dok je R_{e2} ekvivalentna otpornost paralelne veze senzorskog otpornika R_2 i ulazne otpornosti osciloskopa, videti sliku 4.

4.2 Merenje kompleksne permeabilnosti

Kako je za određivanje snage gubitaka jezgra potrebno izmeriti napon u_m i struju i_m , to znači da bi se u slučaju malih signala, kada je jezgro u linearnom režimu rada, te vrednosti moglo iskoristiti i za određivanje kompleksne permeabilnosti, $\underline{\mu} = \mu' - j\mu''$. Ako sa Z_m označimo impedansu kojom je modelovano jezgro, sa U_m fazor napona u_m , i sa I_m fazor struje i_m , tada se realni i imaginarni deo kompleksne permeabilnosti mogu odrediti pomoću izraza

$$(a) \mu' = Z_m \sin(\varphi_m) \frac{l_e}{\omega N^2 A_e}, \quad (5)$$

$$(b) \mu'' = Z_m \cos(\varphi_m) \frac{l_e}{\omega N^2 A_e},$$

gde je

$$\underline{Z}_m = \frac{U_m}{I_m} = Z_m \cdot e^{j\varphi_m} \quad \varphi_m = \arg(Z_m). \quad (6)$$

U ovim izrazima Z_m je moduo impedanse, φ_m argument impedanse, U_m i I_m efektivne vrednosti napona u_m i struje i_m , N je broj namotaja, l_e je efektivna dužina torusnog jezgra, A_e je efektivna površina poprečnog preseka torusnog jezgra, ω je kružna frekvencija.

4.3 Merenje histerezisne petlje

Primenom predložene metode mogu da se odrede i parametri histerezisne petlje u slučaju velikih signala koje uvode jezgro u zasićenje. Na osnovu izračunatih vrednosti jačine magnetskog polja H i intenziteta vektora magnetske indukcije B može da se grafički prikaže oblik histerezisne petlje. Jačina magnetskog polja može da se odredi na osnovu izmerenih napona v_1 i v_2 korišćenjem izraza

$$H = \frac{Ni_m}{l_e} = \frac{N}{l_e} \left(\frac{v_1}{R_{e1}} - \frac{v_2}{R_{e2}} \right), \quad (7)$$

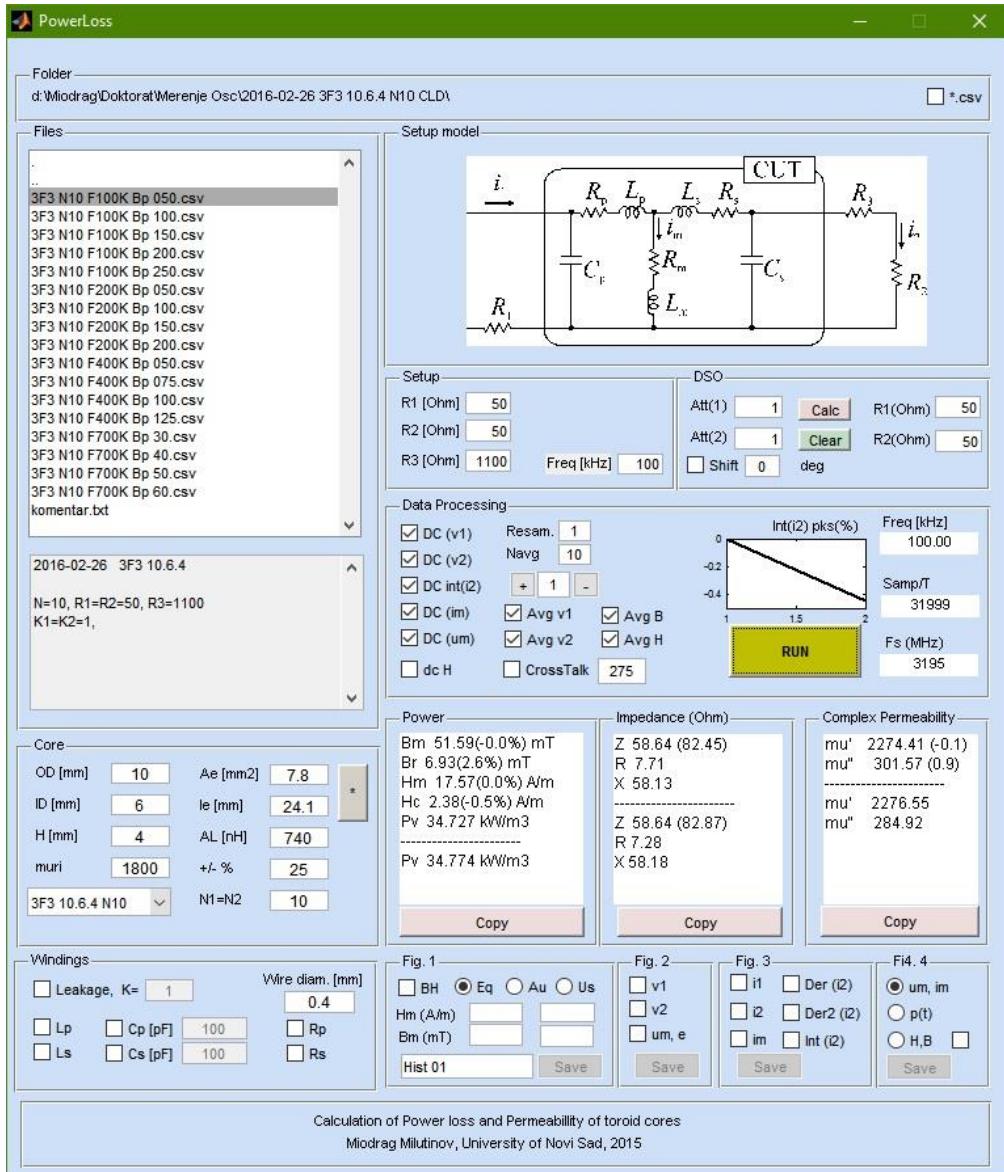
dok se magnetska indukcija određuje pomoću izraza

$$B = \frac{1}{N \cdot A_e} \int u_m \cdot dt, \quad (8)$$

gde je N broj zavojaka sekundarnog namotaja, A_e efektivna površina poprečnog preseka torusnog jezgra, a u_m napon na krajevima otvorenog sekundara određen izrazom (4).

4.4 Obrada izmerenih podataka i prikaz rezultata

Za obradu mernih rezultata napisan je programski kod u programskom paketu Matlab. Maska programa je prikazana na slici 5. Ulazne veličine programa su izmereni signali v_1 i v_2 , dimenzije jezgra, broj namotaja i otpornost otpornika korišćenih u mernoj postavci. Izlazne veličine su gustina snage gubitaka, parametri kompleksne permeabilnosti i histerezisna petlja. Takođe su, kao izlazne veličine, prikazane vrednosti jačine magnetskog polja H , intenziteta vektora magnetske indukcije B , i frekvencije izmerenih signala.



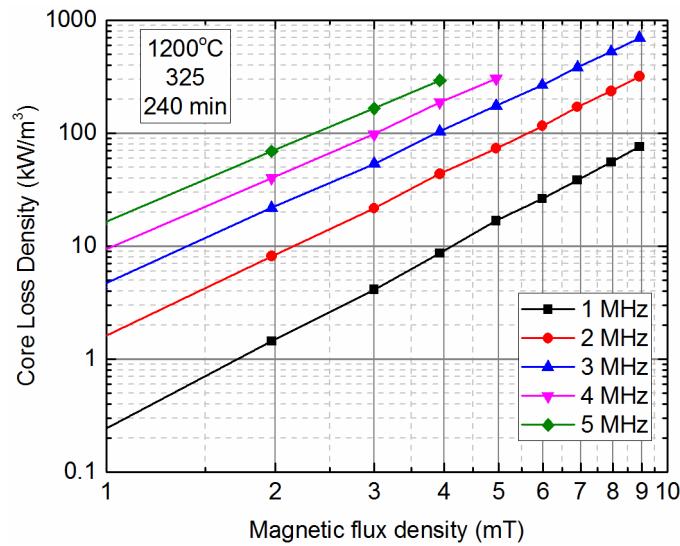
Slika 5. Maska programa za obradu izmerenih podataka.

Program omogućuje pristup datotekama *.csv, prikazanim u panelu „Files“, koje su prethodno izvezene is DSO. U tim datotekama su odbirci izmerenih signala v_1 i v_2 kao i vremenski trenuci tih odbiraka. Ispod panela „Files“ se prikazuju informacije smeštene u tekstualnoj datoteci koja prati rezultate merenja. U panelu „Core“ se upisuju parametri ispitivanog jezgra ili se uvlače automatski iz baze programa korišćenjem padajuće liste. Parametri primarnog i sekundarnog namotaja se nalaze u panelu „Windings“ i mogu opciono da se uključe. Otpornosti upotrebljenih otpornika R_1 , R_2 i R_3 kao i

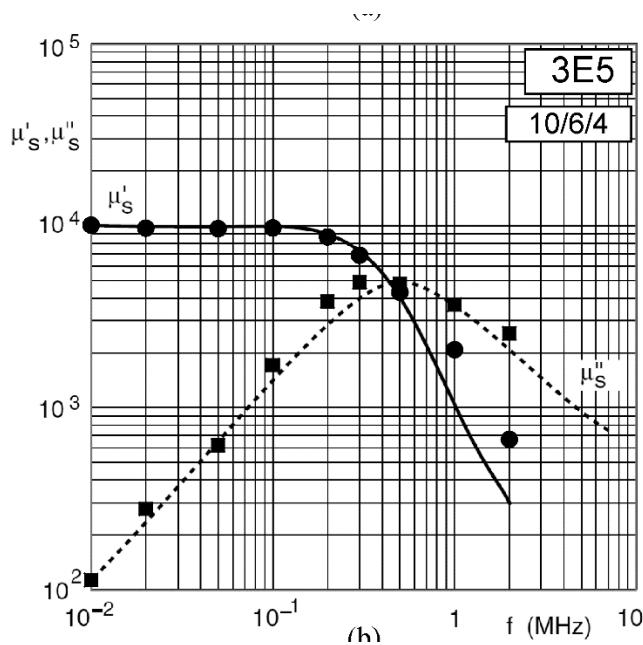
frekvencija na kojoj je izvršeno merenje se unose u panelu „Setup“. Korekcija faznog pomeraja prouzrokovanih neuparenosti sondi može da se izvrši u okviru panela „DSO“. Opcije koje se tiču obrade podataka, kao i podaci o frekvenciji izmerenog signala, broju odbiraka po jednoj periodi i frekvenciji uzorkovanja se nalaze u panelu „Data Processing“.

Rezultati obrade podataka se prikazuju brojno i grafički.

Brojni podaci su dati u tri odvojena panela: „Power“, „Impedance“ i „Complex Permeability“. Brojni podaci za svako pojedinačno merenje mogu da se izvezu u bilo koju spoljnu datoteku, na primer „Excel“ ili „Origin“, za trajno čuvanje i grafičko prikazivanje. Primer grafičke obrade rezultata gustine snage gubitaka za grupu izmerenih podataka je prikazan na slici 6. Primer grafičke obrade rezultata parametara kompleksne permeabilnosti za grupu izmerenih podataka je prikazan na slici 7.

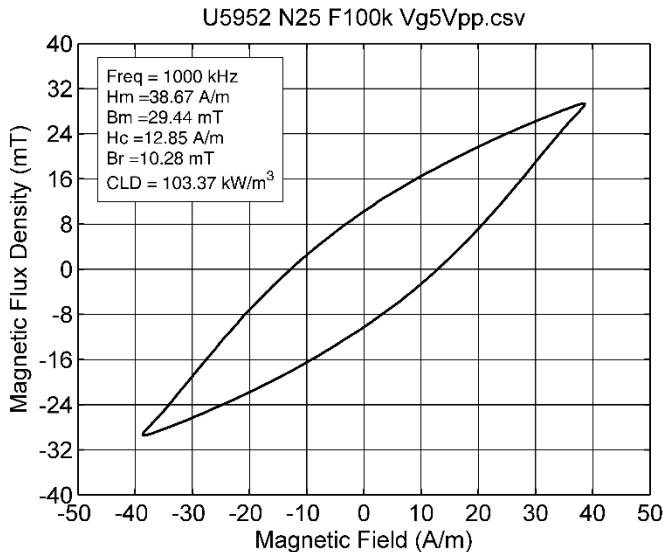


Slika 6. Grafička predstava brojnih vrednosti gustine snage gubitaka.



Slika 7. Grafička predstava brojnih vrednosti parametara kompleksne permeabilnosti.

Histerezisna petlja se prikazuje u vidu grafika aktiviranjem opcije BH u panelu „Fig. 1“, slika 5. Vremenski oblici izmerenih napona v_1 i v_2 , vremenski oblici struja i_1 , i_2 i i_m , prvog i drugog izvoda i integrala struje i_2 , kao i vremenski oblici trenutne vrednosti snage $p(t)$, $H(t)$ i $B(t)$ se mogu prikazati aktiviranjem odgovarajućih opcija u panelima (Fig. 2), (Fig. 3) i (Fig. 4). Grafički rezultati (Fig. 1) – (Fig. 4) mogu da se snime u spoljnu datoteku u „TIF“ formatu. Primer grafičkog prikaza histerezisne petlje je dat na slici 8. Osim histerezisne krive, prikazane su i brojne vrednosti karakterističnih parametara bitnih za histerezisnu petlju, kao što su maksimalna vrednost magnetskog polja i magnetske indukcije, koercitivno polje i remanentna indukcija, kao i gustina snage gubitaka (CLD – *Core Loss Density* – eng.).



Slika 8. Grafički prikaz histerezisne petlje nacrtan pomoću realizovanog programa prikazanog na slici 5.

5 Verifikacija metode

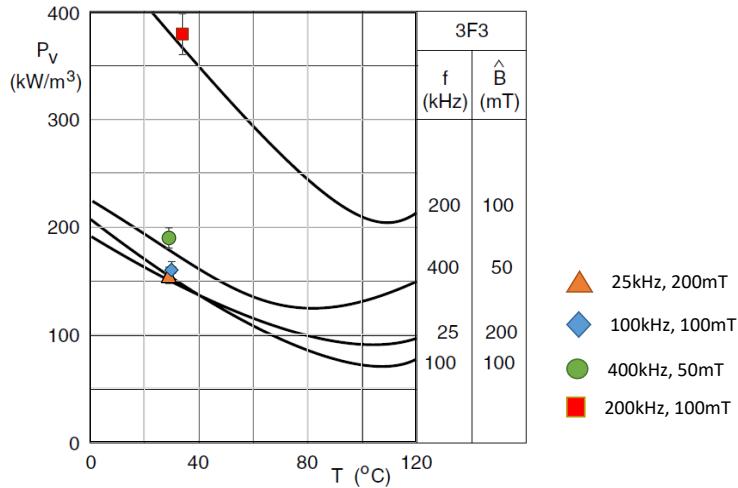
Opisana modifikovana vatmetarska metoda je testirana na dva komercijalna feritna Mn-Zn jezgra 3F3 i 3E5 proizvođača Feroxcube i jednom komercijalnom Ni-Zn jezgru 52 proizvođača Fair-Rite.

Tabela 1. Dimenzijs jezgara korišćenih za verifikaciju vatmetarske metode.

	Materijal	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	H (mm)	N	μ _r	
1	3F3, Feroxcube	14	9	5	13	1800	
2	3E5, Feroxcube	10	6	4	10	10000	
3	52, Fair-Rite	21.7	13.5	6.35	20	250	

Za verifikaciju metode za merenje gustine snage gubitaka (GSG) iskorišćeno je jezgro 3F3, jezgro broj 1 u tabeli 1. Gustina snage gubitaka je izmerena za 6 vrednosti amplituda magnetske indukcije B_m i četiri frekvencije. Na slici 9 su prikazane krive gustine snage gubitaka u funkciji temperature jezgra za materijal 3F3 koje je obezbedio proizvođač. Svaka kriva odgovara jednom paru

frekvencije i amplitudi vektora magnetske indukcije. Na istoj slici su ucrtani i markeri koji pokazuju izmerene vrednosti. Odstupanja izmerenih rezultata od fabričkih podataka su manja od 5%.



Slika 9. Poređenje izmerenih podataka sa krivama koje obezbeđuje proizvođač.

Verifikacija metode za merenje kompleksne permeabilnosti i histerezisne petlje je urađena na sličan način kao i verifikacija metode za merenje snage gubitaka. Za verifikaciju su upotrebљена jezgra 3E5 i 52, jezgra pod brojem 2 i 3, data u tabeli 1. Odstupanja izmerenih rezultata od fabričkih podataka su manja od 10%.

6 Literatura

- [1] W. G. Odendaal, J. A. Ferreira, „Effects of scaling high-frequency transformer parameters,“ *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol.35, no.4, pp.932-940, Jul/Aug 1999.
- [2] G. Wenjian, L. Rui, „A Study of Volume and Weight vs. Frequency for High Frequency Transformers“, *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp. 1123-1129, June 1993.
- [3] D. Perreault, J. Hu, J. Rivas, Y. Han, O. Leitermann, R. Pilawa-Podgurski, A. Sagneri, C. Sullivan, „Opportunities and Challenges in Very High Frequency Power Conversion“, *Applied Power Electronics Conference and Exposition 2009*, APEC 2009, 24th Annual IEEE, pp. 1-14.
- [4] F. Fiorillo, C. Beatrice, O. Bottauscio, and E. Carmi, “Eddy-Current Losses in Mn-Zn Ferrites,“ *IEEE Trans. Magn.*, vol. 50, no. 1, Jan. 2014.
- [5] Luca Callegaro, *Electrical Impedance: Principles, Measurement, and Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2013.
- [6] IEEE Std 393-1991 Standard for Test Procedures for Magnetic Cores, 1991, Reaffirmed 2007.
- [7] N. Blaz, A. Maric, G. Radosavljevic, L. Zivanov and G. Stojanovic, „Modeling and characterization of frequency and temperature variation of complex permeability of ferrite LTCC material,“ *Progress In Electromagnetics Research B*, vol. 23, pp. 131-146, 2010.
- [8] Y. Han, G. Cheung, A. Li, C. R. Sullivan and D. J. Perreault, „Evaluation of Magnetic Materials for Very High Frequency Power Applications,“ *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp. 4270-4276, June 2008.

- [9] K. Naishadham, „Closed-Form Design Formulas for the Equivalent Circuit Characterization of Ferrite Inductors,“ *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 53, no. 4, Nov. 2011
- [10] M. LoBue, F. Mazaleyrat and V. Loyau, „Study of Magnetic Losses in Mn-Zn Ferrites Under Biased and Asymmetric Excitation Waveforms,“ *IEEE Trans. Magn.*, vol. 46, no. 2, Feb. 2010.
- [11] V. Thottuveilil, T. Wilson, H. Owen, „High-Frequency Measurement Techniques for Magnetic Cores,“ *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 5, no. 1, Jan 1990.
- [12] P. Nakmahachalasint, K. Ngo, „High-Temperature, High-Frequency Characterization System for Power Ferrites,“ *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 52, no. 3, June 2003.
- [13] M. Mu, Q. Li, D. Gilham, F. Lee, K. Ngo, „New Core Loss Measurement Method for High-Frequency Magnetic Materials,“ *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no.8, pp.4374-4381, Aug. 2014.
- [14] Digital Storage Oscilloscope DSO 90604A Data Sheet, Online at <http://www.keysight.com/>
- [15]



Наш број:

Ваш број:

Датум: 2017-12-14

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 48. редовној седници одржаној дана 13.12.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 20.1.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 20.1.2.: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Др Обрад Алексић, научни саветник, ИМСИ Београд
2. Др Мария Весна Николић, научни саветник ИМСИ Београд

Назив техничког решења:

**“МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГУСТИНЕ СНАГЕ ГУБИТАКА,
ПЕРМЕАБИЛНОСТИ И ХИСТЕРЕЗИСНЕ ПЕТЉЕ МАГНЕТСКИХ МАТЕРИЈАЛА
У ШИРОКОМ ФРЕКВЕТНОМ ОПСЕГУ”**

Аутори техничког решења: Миодраг Милутинов, Нелу Блаж, Љиљана Живанов, Чедо Жлебич.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димитрић, дипл. правник

Тачност података оверава:

Зоран Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjavanju kriterijuma za priznavanje tehničkog rešenja

Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu

Autori: dr Miodrag Milutinov, dr Nelu Blaž, dr Ljiljana Živanov, MSc. Čedo Žlebič,
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Kategorija tehničkog rešenja: M85 – nova metoda

Razvijen u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32055 i TR-32016

Tehničko rešenje pripada polju tehničko-tehnoloških nauka i oblasti elektrotehničkog inženjerstva. Korisnik tehničkog rešenja je Centar za integrisane mikrosisteme i komponente i Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost, Fakulteta tehničkih nauka. Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta

1. „Inovativne elektronske komponente i sistemi bazirani na neorganskim i organskim tehnologijama ugrađeni u robe i proizvode široke potrošnje“, broj projekta TR-32016, rukovodilac projekta dr Ljiljana Živanov, i
2. „Razvoj informacione mreže za kontinualno ispitivanje elektromagnetskih polja“, broj projekta TR-32055, rukovodilac projekta dr Nikola Đurić.

Tehničko rešenje „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“, prikazano je na 10 stranica A4 formata, sadrži 9 slika i 1 tabelu, grupisano je u 6 poglavljja. Značaj tehničkog rešenja „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“ je jasno prikazan kroz opis problema i kroz detaljan osvrt na stanje rešenosti problema u svetu. Detaljnim opisom je ukazano na mogućnost iskorišćenja savremenih digitalnih osciloskopa sa memorijom kao delom mernih postavki predložene metode.

Mala ulazna otpornost digitalnog osciloskopa predstavlja ograničenje kod postojećih vatmetarskih metoda prilikom merenja gustine snage gubitaka, a što je jasno dokumentovano u okviru ovog tehničkog rešenja. Predloženom modifikovanom vatmetarskom metodom je ovaj problem prevaziđen čime je omogućeno da se digitalni osciloskop visokih performansi DSO90604A upotrebi za merenje snage gubitaka. Modifikacija se odnosi na dodavanje dva otpornika u kolu sekundara. Jedan otpornik služi kao senzorski otpornik, dok se drugim otpornikom smanjuje struja u sekundarnom namotaju.

Dodatnom obradom izmerenih podataka su proširene mogućnosti vatmetarske metode, tako da je sa istom mernom postavkom moguće istovremeno meriti i parametre kompleksne permeabilnosti kao i histerezisnu petlju. U okviru tehničkog rešenja je razvijen program za obradu izmerenih vrednosti što ceo proces ispitivanja čini daleko bržim i lakšim.

Predloženo tehničko rešenje predstavlja veoma efikasan alat za određivanje magnetskih karakteristika feritnih jezgara u širokom frekventnom opsegu. Tehničko rešenje predstavlja veliki doprinos razvoju i unapređenju aktivnosti kako Centra za integrisane mikrosisteme i komponente tako i Laboratorije za elektromagnetsku kompatibilnost.

Zaključak

Na osnovu prethodnog, predlažem da se tehničko rešenje pod nazivom „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“ čiji su autori dr Miodrag Milutinov, dr Nelu Blaž, dr Ljiljana Živanov i MSc. Čedo Žlebić prihvati kao novo tehničko rešenje „M85 – nova metoda“

U Beogradu
21. 12. 2017. godine

Recenzent:



Naučni savetnik, dr Obrad Aleksić,
Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjavanju kriterijuma za priznavanje tehničkog rešenja

Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu

Autori: dr Miodrag Milutinov, dr Nelu Blaž, dr Ljiljana Živanov, MSc. Čedo Žlebić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.

Kategorija tehničkog rešenja: M85 – nova metoda
Razvijen u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32055 i TR-32016

Tehničko rešenje pripada polju tehničko-tehnoloških nauka i oblasti elektrotehničkog inženjerstva. Korisnik tehničkog rešenja je Centar za integrisane mikrosisteme i komponente i Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost, Fakulteta tehničkih nauka. Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta dva projekta: „Inovativne elektronske komponente i sistemi bazirani na neorganskim i organskim tehnologijama ugrađeni u robe i proizvode široke potrošnje“, TR-32016, čiji je rukovodilac dr Ljiljana Živanov, i „Razvoj informacione mreže za kontinualno ispitivanje elektromagnetskih polja“, TR-32055, čiji je rukovodilac dr Nikola Đurić.

Tehničko rešenje „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“, prikazano je na 10 stranica, sadrži 9 slika i 1 tabelu. U kratkom opisu problema je istaknuta potreba za tehničkim rešenjem „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“. Kroz detaljan osvrt na stanje rešenosti problema u svetu je ukazano na značaj ovog tehničkog rešenja u odnosu na postojeće. Detaljnim opisom je ukazano na mogućnost iskorišćenja savremenih digitalnih osciloskopa sa memorijom kao delom merne postavke predložene metode.

Poznato je da mala ulazna otpornost osciloskopa predstavlja ograničenje kod vatmetarskih metoda prilikom merenja gustine snage gubitaka, i to je jasno dokumentovano u okviru ovog tehničkog rešenja. Predloženom modifikovanom vatmetarskom metodom je ovaj problem prevaziđen čime je omogućeno da se digitalni osciloskop visokih performansi DSO90604A upotrebi za merenje snage gubitaka. Modifikacija se odnosi na dodavanje dva otpornika u kolu sekundara. Jedan otpornik služi kao senzorski otpornik, dok se drugim otpornikom smanjuje struja u sekundarnom namotaju.

Dodatnom obradom izmerenih podataka su proširene mogućnosti vatmetarske metode, tako da je sa istom mernom postavkom na istom uzorku bez ikakvih modifikacija moguće istovremeno meriti i parametre kompleksne permeabilnosti kao i histerezisnu petlju. Iskorišćene su mogućnosti digitalnog osciloskopa sa memorijom

kako bi se izmereni signali najpre snimili u radnu memoriju osciloskopa a zatim izvezli u spoljnu datoteku. U okviru tehničkog rešenja je razvijen program za obradu izmerenih vrednosti što ceo proces ispitivanja čini daleko bržim i lakšim. Program koristi izvezene datoteke iz osciloskopa. Obrađeni podaci mogu lako da se predstave u vidu grafika što samo ispitivanje čini veoma efikasnim.

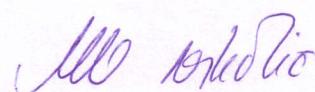
Predloženo tehničko rešenje predstavlja veoma koristan i efikasan alat za određivanje magnetskih karakteristika feritnih jezgara u širokom frekventnom opsegu. Tehničko rešenje predstavlja veliki doprinos razvoju i unapređenju aktivnosti Centra za integrisane mikrosisteme i komponente i Laboratorije za elektromagnetsku kompatibilnost.

Zaključak

Kao recenzent ovog tehničkog rešenja, smatram da je ono originalno, značajno, primenljivo i veoma korisno u oblasti ispitivanja magnetskih karakteristika novih feritnih materijala. U tom smislu ga pozitivno ocenjujem i predlažem da se tehničko rešenje pod nazivom „Metoda za određivanje gustine snage gubitaka, permeabilnosti i histerezisne petlje magnetskih materijala u širokom frekventnom opsegu“ čiji su autori dr Miodrag Milutinov, dr Nelu Blaž, dr Ljiljana Živanov i MSc. Čedo Žlebić prihvati i klasificuje kao rezultat „M85 – nova metoda“.

U Beogradu
21. 12. 2017. godine

Recenzent:



Naučni savetnik, dr Maria Vesna Nikolić,
Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2018-01-12

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 49. редовној седници одржаној дана 27.12.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13.1. *Верификација нових техничких решења и именовање рецензената*

Тачка 13.1.6.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГУСТИНЕ СНАГЕ ГУБИТАКА, ПЕРМЕАБИЛНОСТИ И ХИСТЕРЕЗИСНЕ ПЕТЉЕ МАГНЕТСКИХ МАТЕРИЈАЛА У ШИРОКОМ ФРЕКВЕТНОМ ОПСЕГУ"

Аутори техничког решења: Миодраг Милутинов, Нелу Блаж, Љиљана Живанов, Чедо Жлебич.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Засекретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки