



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

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: ftndeac@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2013-12-27

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 18. редовној седници одржаној дана 26.12.2013. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 11.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 11.1.46. у циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Др Александар Менићанин, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд
- Др Милољуб Луковић, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

Назив техничког решења:

МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КОМПЛЕКСНЕ ПЕРМЕАБИЛНОСТИ ФЕРИТНИХ МАТЕРИЈАЛА У НИЖЕМ ФРЕКВЕНЦИЈСКОМ ОПСЕГУ (1 KHZ - 1 MHZ)

Аутори техничког решења: Нелу Блаж, Андреа Марић, Љиљана Живанов, Горан Радосављевић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

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: ftndeans@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2014-01-16

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 19. седници одржаној дана 15.01.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 3. Верификација техничких решења

Тачка 3.42: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решења под називом:

МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КОМПЛЕКСНЕ ПЕРМЕАБИЛНОСТИ ФЕРИТНИХ МАТЕРИЈАЛА У НИЖЕМ ФРЕКВЕНЦИЈСКОМ ОПСЕГУ (1 KHZ - 1 MHZ)

Аутори техничког решења: Нелу Блаж, Андреа Марић, Љиљана Живанов, Горан Радосављевић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Мерна метода:

Метода за одређивање комплексне пермеабилности феритних материјала у нижем фреквенцијском опсегу (1 kHz - 1 MHz)

Руководилац пројекта: проф. др Владимир Срдих

Одговорно лице: Нелу Блаж

Аутори: Нелу Блаж, Андреа Марић, Љиљана Живанов,
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад;

Горан Радосављевић,

Институт за сензорске и актуаторске системе, Беч, Аустрија

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја ИИИ - 45021

Година: 2013.

Примена: 01.09.2013.

Кратак опис

Познавање магнетске пермеабилности феритних материјала је веома важно приликом дизајнирања и одабира материјала за израду електронских компоненти. Индуктивност индуктора са феритним језгром не зависи само од броја или геометрије навојака већ и од пермеабилности феритног језгра. Постоје различите методе за одређивање пермеабилности. Најчешће коришћена метода за одређивање пермеабилности материјала јесте трансмисиона/рефлексиона метода. Поред наведене методе постоје такође и метода са еквивалентним колом као и резонантна метода.

Магнетска пермеабилност описује интеракцију између магнетског поља и материјала изложеног том пољу, а представља однос вектора магнетне индукције B и вектора јачине магнетског поља H . Комплексна релативна пермеабилност састоји се од реалног дела, μ' који представља ускладиштену енергију и имагинарног дела, μ'' који представља дисипацију снаге. За одређивање комплексне пермеабилности ниским фреквенцијама (фреквентни опсег 1 kHz – 1 MHz) метода са дискретним намотајем. За мерења у нижем фреквентном опсег ће се вршити на LCZ метру HP 4277A.

Феритни мерни узорак мора бити изведен у облику торуса минималних димензија: унутрашњег пречника 4 mm, спољашњег пречника 7 mm и висине 1 mm. Ове минималне димензије су задате како би могуће да се на торус намота калем за испитивање.

Метода се састоји из два сета мерења. Прво се врши мерења калема намотаног на феритни торус а потом се намотај истог облика и димензија мери без феритног језгра. У з помоћ ЛЦЗ метра мере се следеће величине: импеданса, $\cos \theta$ и индуктивност. Користећи развијени математички модел из измерених величина прерачунава се комплексна пермеабилност.

Техничке карактеристике:

Мерни систем се састоји од LCZ метра, развијеног програмског алата за контролу инструмента и преузимање измерених вредности са истог и два индетична калема (на торусу и намотаног на диелектрични материјал нпр. тефлон).

Техничке могућности:

Приказани мерни систем омогућава одређивање комплексне пермеабилности феритних материјала на основу измерених електричних величина Z , $\cos \theta$ и L . LCZ метар се контролише помоћу развијеног програмског алата и поћу кога се такође преузимају измерене величине и записују у текстуалну датотеку (CSV формат). Мерења је могуће спровести у оквиру целог фреквентног опсега инструмента од 1 kHz до 1 MHz.

Реализатори: ФТН, Нови Сад

Корисници:

Факултет техничких наука, Нови Сад, Институт за сензорске и актуаторске системе, Беч, Аустрија, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд; ИРИТЕЛ А.Д., Београд.

Подтип решења: М 85 - Нова мерна метода.

Увод

Пермеабилност феритних материјала није константна већ њена вредност варира са променом фреквенције а с обзиром да се феритни материјали користе на различитим фреквенцијама неопходно је познавати вредност пермеабилности у широком фреквентном опсегу. Одређивање комплексне пермеабилности неопходна је у два случаја: у случају да је произведен нови феритни материјал или у случају да је комерцијално доступни материјал није довољно окарактерисан.

Ферити су хемијска једињења која се састоје од смеша оксида метала од којих је основна компонента гвожђе оксид (Fe_2O_3). Имају многобројне примене као што су израда сталних магнета, феритних језгара за трансформаторе, рачунарских меморија за масовно складиштење података итд. Постоје више врста магнетских материјала, али су само феромагнетски и феримагнетски материјали од важности у технологији, јер се лако могу намагнетисати релативно слабиом пољем. Ферит је у суштини керамички материјал који у себи комбинује отпорност изолаторских материјала са релативно великом пермеабилношћу. Легуре ферита које се највише користе су манган-цинк (у даљем тексту MnZn) и никл-цинк (у даљем тексту NiZn). Ови материјали имају велику унутрашњу отпорност и способност да се брзо намагнетишу. MnZn се користи на нижим фреквенцијама док се NiZn користи на вишим фреквенцијама. У овом истраживању биће карактерисани материјали на бази обе легуре.

Познавање магнетске пермеабилности феритних материјала је веома важно приликом дизајнирања и одабира материјала за израду електронских компоненти. Индуктивност индуктора са феритним језгром не зависи само од броја или геометрије навојака већ и од пермеабилности феритног језгра. Постоје различите методе за одређивање пермеабилности. Најчешће коришћена метода за одређивање пермеабилности материјала јесте трансмисиона/рефлексиона метода. Поред наведене методе постоје такође и метода са еквивалентним колом као и резонантна метода.

Теоријски модел

Магнетска пермеабилност описује интеракцију између магнетског поља и материјала изложеног том пољу, а представља однос вектора магнетне индукције B и вектора јачине магнетског поља H . Комплексна релативна пермеабилност $\mu \approx \mu' - j\mu''$ састоји се од реалног дела, μ' који представља ускладиштену енергију и имагинарног дела, μ'' који представља дисипацију снаге. За одређивање комплексне пермеабилности ниским фреквенцијама (фреквентни опсег 1 kHz – 1 MHz) метода са дискретним намотајем. За мерења у нижем фреквентном опсег ће се вршити на LCZ метру HP 4277A.

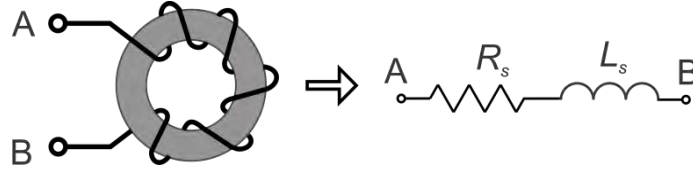
На нижим учестаностима (1 kHz – 1 MHz) као што је већ наведено користи се метода са дискретним намотајем. Ова метода се заснива на чињеници да феритни торус на који је намотан калем, Слика 1., може представити као импеданса:

$$Z = R_s + j\omega L_s, \quad (1)$$

где је L_s сопствена индуктивност а R_s серијска отпорност. Слично је и за намотај који има исти број навоја као и исти геометријски облик и димензије као калем на торусу и његова импеданса Z_0 се може записати као:

$$Z_0 = R_0 + j\omega L_0 \quad (2)$$

где је L_0 сопствена индуктивност а R_0 серијска отпорност калема без феритног језгра.



Слика 1 Модел феритног језгра са намотајем и његова еквивалентна шема

За приказани електрични модел са феритним торусом важи следећа једнакост:

$$Z = R_0 + j\omega\mu_0(\mu' - j\mu'')\frac{SN^2}{l_s} = R_0 + j\omega\mu_0\mu'\frac{SN^2}{l_s} + j\omega\mu_0\mu''\frac{SN^2}{l_s}, \quad (3)$$

док за намотај без торуса важи да је импеданса Z_0 једнака:

$$Z_0 = R_0 + j\omega\mu_0\frac{SN^2}{l_s} \quad (4)$$

Из приказане једначине се може закључити да се одређивање пермеабилности може постићи преко мерења импедансе односно преко разлике импедансе намотаја са и без феритног торуса, једначина (5).

$$Z - Z_0 = R_s - R_0 + j\omega(L_s - L_0). \quad (5)$$

Убацивањем једначина (3) и (4) у једначину (5) добија се :

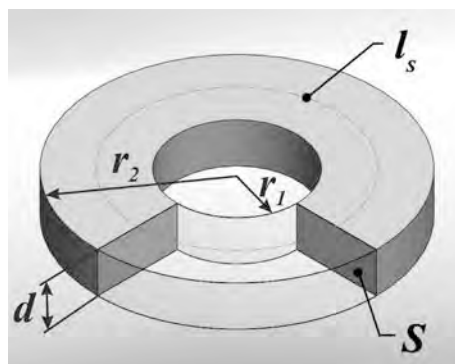
$$Z - Z_0 = \cancel{R_0} + \omega\mu_0\mu''\frac{SN^2}{l_s} + j\omega\mu_0\frac{SN^2}{l_s}\mu' - \cancel{R_0} - j\omega\mu_0\frac{SN^2}{l_s} \quad (6)$$

Изједначавањем једначина (5) и (6) добијају се једначине преко којих се може изразити реални и имагинарни део комплексне пермеабилности су дате као:

$$\mu' = \frac{l_s(L_{s0} - L_s)}{\mu_0 SN^2}, \quad (7)$$

$$\mu'' = \frac{l_s(|Z|\cos\Theta - |Z_0|\cos\Theta_0)}{\mu_0\omega SN^2}, \quad (8)$$

где је L_{s0} , Z_0 и $\cos\theta_0$ вредности измерене за намотај без феритног језгра а L_s , Z и $\cos\theta$ вредности измерене за намотај са испитиваним феритним језгром.

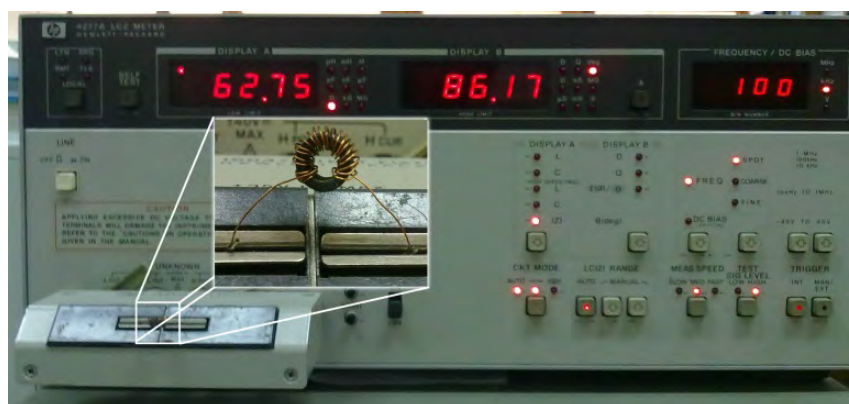


Слика 2. Попречни пресек феритног торусног језгра са обележеним потребним геометријским параметрима.

Као што је већ напоменуто ова метода подразумева мерење индуктивности калема са N навојака у случају када је калем намотан на феритно језгро и у случају када нема феритног језгра с ограничењем да у оба случаја калем мора имати исти облик и димензије. Поред броја навојака за ову методу такође је потребно знати (као што се може видети из једначина (7) и (8)) и површину попречног пресека S и дужину средње линије l_s feritnog torusnog jezgra, Слика 2.

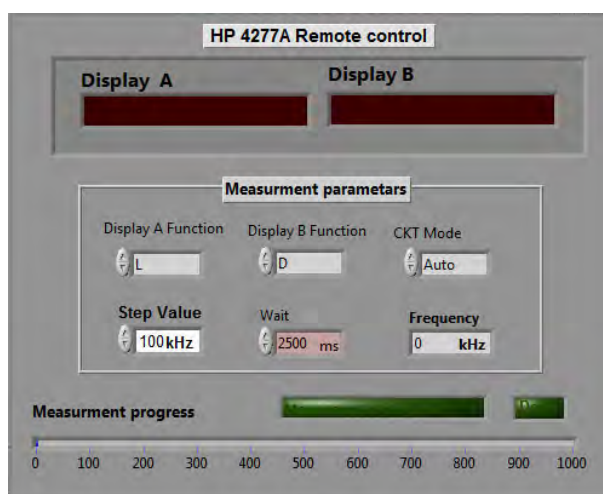
Мерна метода и експериментални резултати

Koristeći gore opisanu metodu određena je kompleksna permeabilnost za dva komercijalno dostupna LTCC materijala ESL 40011 i ESL 40012 произвођача ElectroScience laboratory. Карактеризација је вршена на претходно фабрикованим феритним језгрима димензија $r_1 = 4$ mm, $r_2 = 6,68$ mm и $d = 3,2$ mm. На оба језгра намотано је $N = 20$ навојака лаком изоловане жице.



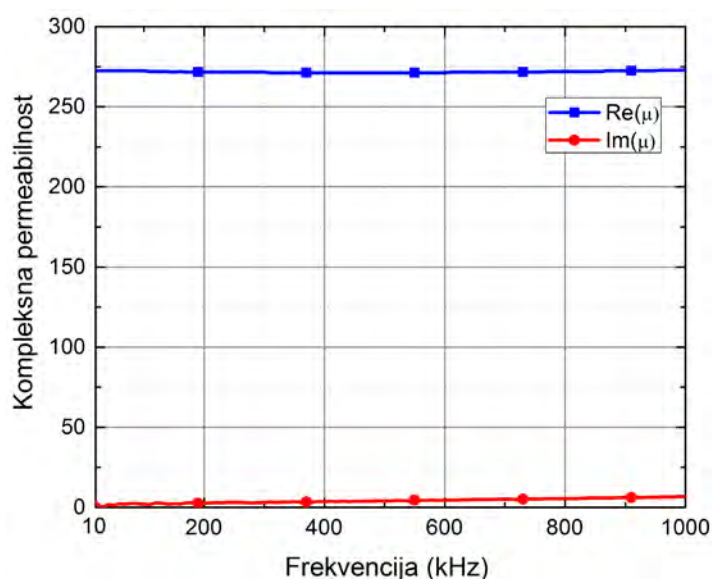
Слика 3. Мерна поставка за одређивање комплексне пермеабилности на нижим фреквенцијама.

Такође су намотани и калемови на торусима од тефлона који су пресечени на пола да би се могли скинути намотани калемови и на тај начин добили калемове који су идентичног облика и димензија као калемови на феритним језгрима. Добијени калемови са и без феритног језгра прикључени су на LCZ метар HP 4277A и измерене су вредности за модуо импедансе, $\cos\theta$ и индуктивност, Слика 3 и то у пуном мерном опсегу инструмента од 1 kHz – 1 MHz. Ради ефикаснијег и бржег мерења развијен је програмски алат који управља радом инструмента, омогућава мерење са унапред задатим кораком у целом фреквентном опсегу и бележи измерене резултате у текстуалну датотеку на рачунару. Изглед управљачког интерфејса овог програмског алата приказан је на Слици 4.

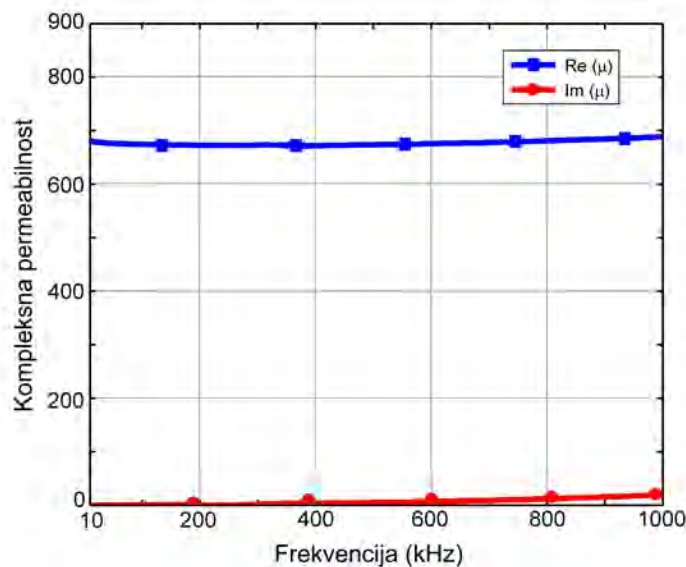


Слика 4. Управљачки интерфејс програмског алата.

Добијене вредности укључене су у горе наведене формуле и на тај начин прорачуната је комплексна пермеабилност LTCC feritnih uzoraka. Израчунате вредности за комплексну магнетну пермеабилност материјала приказане су на Слици 5. ESL 40011 и на Слици 6. ESL 40012.



Слика 5. Комплексна магнетна пермеабилност материјала ESL 40011 у фреквенцијском опсегу 1 kHz – 1 MHz.



Слика 6. Комплексна магнетна пермеабилност материјала ESL 40012 у фреквенцијском опсегу 1 kHz – 1 MHz.

Са презентових графика може се закључити да је за феритни LTCC материјал ESL 40011 и реални и имагинарни део комплексне пермеабилности приближно константан у мереном фреквентном опсегу док су вредности за ESL 40012 приближно константне у фреквентном опсегу од 1 kHz до 500 kHz након чега вредности почињу благо да расту. Добијене вредности су у складу са иницијалним вредностима које је произвођач дао за феритне материјале: ESL 40011 $\mu \geq 200 @ 100 \text{ kHz}$ и ESL 40012 $\mu \geq 450 @ 100 \text{ kHz}$ чиме је потврђена валидност мерне методе.

Могућности представљене мерне методе

У овом технолошком решењу је приказана је метода за одређивање комплексне пермеабилности феритних материјала. Новина се огледа у карактеризацији комерцијално доступних или новопроизведених феритних материјала помоћу LCZ метра HP 4277A и развијеног програмског алата. Овакав начин карактеризације је омогућен је преко развијеног теоријског модела а преко кога је могуће из измерених електричних величина одредити комплексну пермеабилност испитиваног феритног материјала.

Феритни мерни узорак мора бити изведен у облику торуса минималних димензија: унутрашњег пречника 4 mm, спољашњег пречника 7 mm и висине 1 mm. Ове минималне димензије су задате како би могуће да се на торус намота калем за испитивање.

Приказана метода карактеризације је тестирана на комерцијално доступним LTCC материјалима компаније *ElectroSience laboratory* ESL 40011 и ESL 40012 тако што је на испитивано феритно језгро намотан калем од 20 навојака. Индентичан калем је намота и на тefлонски торус који је идентичних димензија и облика као испитивани феритни торус. За ова два индентична калема измерене су следеће електричне величине: модуо импедансе, $\cos\theta$ и индуктивност. Из добијених измерених вредности уз помоћ развијеног теоријског модела израчунате су вредности за комплексну пермеабилност испитиваног материјала за ова два, до сада комерцијално доступна али неокарактерисана материјала. Комплексна пермеабилност одређена је

предложеном методом на собној температури. Добијени резултати су у сагласности са оквирним вредностима које је произвођач презентовао у техничкој документацији испитиваних феритних материјала.

Нова метода за одређивање комплексне пермеабилности феритних материјала у нижем фреквенцијском опсегу (1 kHz - 1 MHz) развијена је на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. ИИИ-45021 код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.

Штампано –2014.

RECENZIJA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma
za pisanje tehničkog rešenja

Merna metoda:

Metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala u nižem frekvencijskom opsegu (1 kHz - 1 MHz)

Broj projekta: III - 45021

Rukovodilac projekta: prof. dr Vladimir Srdić

Odgovorno lice: Nelu Blaž

Autori: Nelu Blaž, Andrea Marić, Ljiljana Živanov,
Fakultet tehničkih nauka (FTN), Novi Sad;
Goran Radosavljević,
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja III - 45021

Godina: 2013

Primena: 01.09.2013.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd; IRITEL A.D., Beograd.

Podtip rešenja: M 85 - Nova merna metoda.

Obrazloženje

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava je sledeći: Poznavanje magnetske permeabilnosti feritnih materijala je veoma važno prilikom dizajniranja i odabira materijala za izradu elektronskih komponenti. Induktivnost induktora sa feritnim jezgrom ne zavisi samo od broja ili geometrije navojaka već i od permeabilnosti feritnog jezgra. Razvijena je i optimizovana metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti u nižem frekventnom opsegu (1 kHz - 1 MHz). Metoda uključuje sistem koji se sastoji iz mernog instrumenta i razvijenog programskog alata. Ograničenje ove metode jeste u činjenici da svi ispitivani uzorci moraju biti torusnog tipa i činjenica da je potrebno dva puta namotati identične kalemове.

Karakteristike predloženog tehničkog rešenja su sledeće: Ovo tehničko rešenje prezentuje metodu za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala na nižim frekvencijama (1 kHz - 1 MHz). Merni sistem se sastoji od mernog instrumenta LCZ metra HP 4277A i razvijenog programskog alata za kontrolu i preuzimanje izmerenih vrednosti

(moduo impedanse, $\cos\theta$ i induktivnost) sa instrumenta. Izmerene električne veličine je moguće preko razvijenog teorijskog modela iskoristiti za određivanje kompleksne permeabilnosti ispitivanog feritnog materijala. Feritni merni uzorak mora biti izveden u obliku torusa minimalnih dimenzija: unutrašnjeg prečnika 4 mm, spoljašnjeg prečnika 7 mm i visine 1 mm. Ove minimalne dimenzije su zadate kako bi moguće da se na torus namota kalem za ispitivanje.

Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja su sledeće: Određivanje kompleksne permeabilnosti u frekventnom opsegu od 1 kHz do 1 MHz. Prikazana metoda karakterizacije je testirana na komercijalno dostupnim LTCC materijalima kompanije ElectroSience laboratory ESL 40011 i ESL 40012 tako što je na ispitivano feritno jezgro namotan kalem od 20 navojaka. Indentičan kalem je namotan i na teflonski torus koji je identičnih dimenzija i oblika kao ispitivani feritni torus. Za ova dva identična kalema izmerene su sledeće električne veličine: moduo impedanse, $\cos\theta$ i induktivnost. Iz dobijenih izmerenih vrednosti uz pomoć razvijenog teorijskog modela izračunate su vrednosti za kompleksnu permeabilnost ispitivanog materijala za ova dva, do sada komercijalno dostupna ali neokarakterisana materijala. Kompleksna permeabilnost određena je predloženom metodom na sobnoj temperaturi. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa okvirnim vrednostima koje je proizvođač prezentovao u tehničkoj dokumentaciji ispitivanih feritnih materijala.

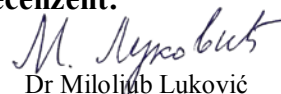
Iz prethodno izloženog se zaključuje da se ovom metodom može odrediti permeabilnost kako komercijalnih tako i novoproizvedenih feritnih materijala u datom frekventnom opsegu.

Nova metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala u nižem frekvencijskom opsegu (1 kHz - 1 MHz) razvijena je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta br. III-45021 kod Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije..

U Beogradu,

08.01.2014.

Recenzent:



Dr Miloljub Luković

Institut za multidisciplinarna
istraživanja, Beograd

RECENZIJA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma
za pisanje tehničkog rešenja

Merna metoda:

Metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala u nižem frekvencijskom opsegu (1 kHz - 1 MHz)

Broj projekta: III - 45021

Rukovodilac projekta: prof. dr Vladimir Srdić

Odgovorno lice: Nelu Blaž

Autori: Nelu Blaž, Andrea Marić, Ljiljana Živanov,
Fakultet tehničkih nauka (FTN), Novi Sad;
Goran Radosavljević,
Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja III - 45021

Godina: 2013

Primena: 01.09.2013.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Institut za senzorske i aktuatorске sisteme, Beč, Austrija, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd; IRITEL A.D., Beograd.

Podtip rešenja: M 85 - Nova merna metoda.

Obrazloženje

Poznavanje magnetske permeabilnosti feritnih materijala je veoma važno prilikom dizajniranja i odabira materijala za izradu elektronskih komponenti. Induktivnost induktora sa feritnim jezgrom ne zavisi samo od broja ili geometrije navojaka već i od permeabilnosti feritnog jezgra.

U ovom tehnološkom rešenju je prikazana je metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala. Novina se ogleda u karakterizaciji komercijalno dostupnih ili novoprodučenih feritnih materijala pomoću LCZ metra HP 4277A i razvijenog programskog alata. Ovakav način karakterizacije je omogućen je preko razvijenog teorijskog modela a preko koga je moguće iz izmerenih električnih veličina odrediti kompleksnu permeabilnost ispitivanog feritnog materijala.

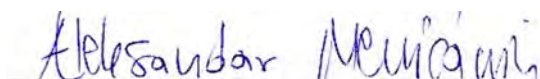
Feritni merni uzorak mora biti izveden u obliku torusa minimalnih dimenzija: unutrašnjeg prečnika 4 mm, spoljašnjeg prečnika 7 mm i visine 1 mm. Ove minimalne dimenzije su zadate kako bi moguće da se na torus namota kalem za ispitivanje.

Prikazana metoda karakterizacije je testirana na komercijalno dostupnim LTCC materijalima kompanije ElectroSience laboratory ESL 40011 i ESL 40012 tako što je na ispitivano feritno jezgro namotan kalem od 20 navojaka. Indentičan kalem je namota i na teflonski torus koji je identičnih dimenzija i oblika kao ispitivani feritni torus. Za ova dva indentična kalema izmerene su sledeće električne veličine: moduo impedanse, $\cos\theta$ i induktivnost. Iz dobijenih izmerenih vrednosti uz pomoć razvijenog teorijskog modela izračunate su vrednosti za kompleksnu permeabilnost ispitivanog materijala za ova dva, do sada komercijalno dostupna ali neokarakterisana materijala. Kompleksna permeabilnost određena je predloženom metodom na sobnoj temperaturi. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa okvirnim vrednostima koje je proizvođač prezentovao u tehničkoj dokumentaciji ispitivanih feritnih materijala.

Nova metoda za određivanje kompleksne permeabilnosti feritnih materijala u nižem frekvencijskom opsegu (1 kHz - 1 MHz) razvijena je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta br. III-45021 kod Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije..

U Beogradu, 8.1.2014.

Recenzent:



Dr Aleksandar Menićanin

**Institut za multidisciplinarna
istraživanja, Beograd**