

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОРМАТА НА ВИХРОВИТЕ ТОКОВЕ ПРИ ИМПУЛСНО ВЪЗБУЖДАНЕ В ПЛОСКИ ПРОВОДЯЩИ СРЕДИ

Калинка Тодорова

Резюме: Електромагнитният вихротоков метод се основава на резултатите от взаимодействието на приложено външно електромагнитно поле с електромагнитното поле на вихровите токове, които се създават в изследван обект от същото това външно поле. За да се определи конкретната зона на контрол в контролирания обект (КО), е много важно да се познава характера на индуктираните вихрови токове. На базата на разработен модел в средата на Mag Net 7.4 е проведен числен експеримент и е изследвана формата на вихровите токове, индуктирани в КО с различна специфична електрическа проводимост – от 0,01 до 200 MS/m, при източник на периодичен импулсен възбудителен ток с правоъгълна форма на импулса.

Ключови думи: МКЕ, ударно възбуждане, импулсен вихротоков преобразувател

STUDY OF THE FORM OF A FLAT EDDY CURRENTS IN CONDUCTIVE MEDIUM AT PULSE EXCITATION

Kalinka Todorova

Abstract: Electromagnetic eddy current method is based on results from the interaction of externally applied electromagnetic field with the electromagnetic field of the eddy currents are created in the object studied by the same external field. To determine the specific zone of control in the controlled object (CO) is very important to know the nature of the induced eddy currents. Based on the model developed in the mid Magnet 7.4 numerical experiment was carried out and evaluated is the form of eddy currents induced in the CO with different specific electric conductivity - from 0.01 to 200 MS / m, when a source of a periodic excitation current pulse of a rectangular a pulse.

Key words: FEM, shock excitation, pulse eddy current transducer

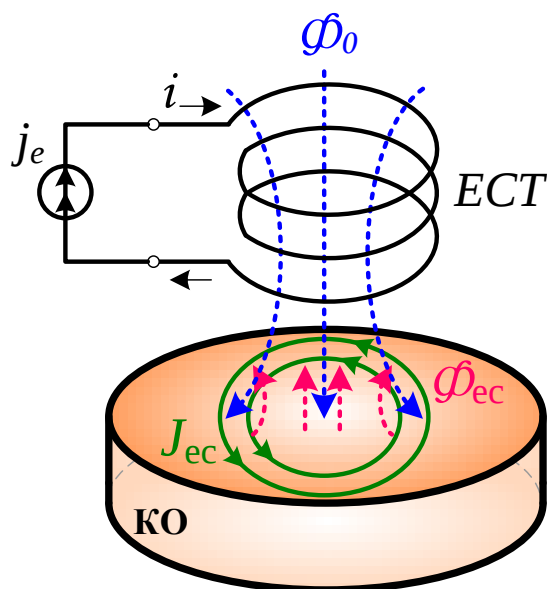
1. Въведение

Както е известно [1], при проникване на електромагнитно поле в проводяща веществена среда, в нея се индуктира електродвижещо напрежение и протичат вихрови токове. Разпределението и интензивността на тези вихрови токове зависят, както от геометричните и електро физични параметри на

вещественната среда, така и от различни параметри на възбудителната намотка и от взаимното разположение на средата и намотката. Интензивността и разпределението на вихровите токове е различно в различните участъци на проводящата среда. За целите на вихровотоковия контрол, за да се определят зоните на контрол, е важно да се познава характера на разпространение на вихровите токове в контролирания обект. За целите на вихровотоковия безразрушителен контрол [2, 3, 4, 5, 6, 7] все по-често се прилагат импулсните методи. При импулсните методи изходният сигнал е многомерен. Това разширява възможностите на вихровотоковия безразрушителен контрол.

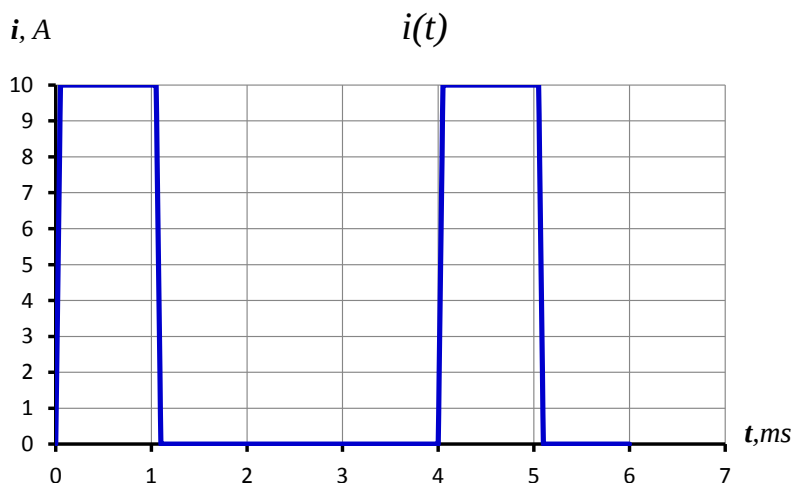
2. Постановка на задачата

Разглежда се (фиг. 1) параметричен вихровотоков преобразувател (ВТП), захранен от идеален източник на ток. Входен сигнал за ВТП е токът $i = j_e$, а изходен – напрежението u .



Фиг. 1

Възбудителният ток е периодична поредица от импулси с правоъгълна форма на импулса и честота $f=0.25\text{ kHz}$ (фиг. 2).



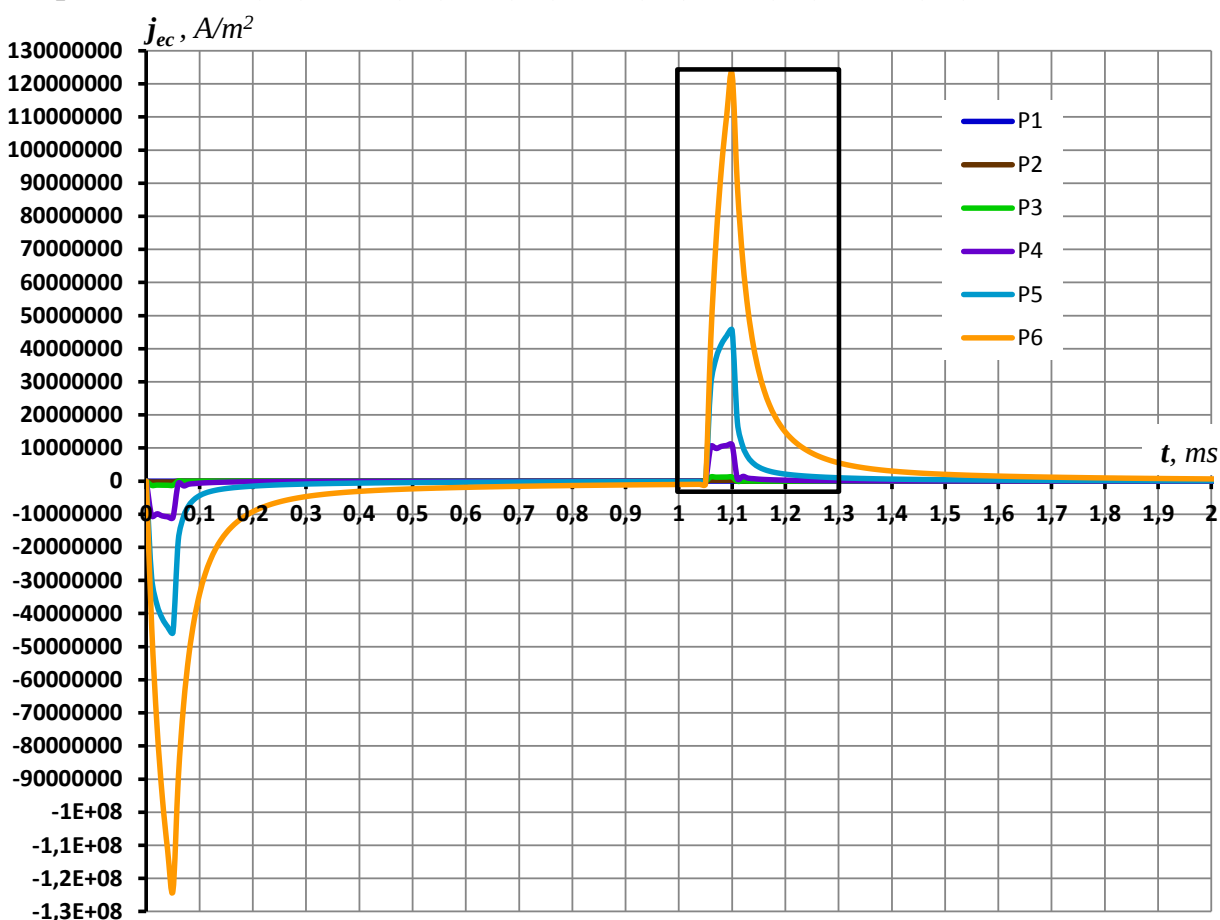
Фиг. 2

В средата на програмен продукт MagNet 7.4 е създаден е числен модел: образец (контролиран обект – КО), който е феромагнитен ($\mu=100$) проводящ цилиндър със специфична електрическа проводимост σ , и ВТП. Вихровотоковият преобразувател е параметричен и представлява цилиндрична намотка от меден проводник. Той е разположен в непосредствена близост над КО и съосен с него (фиг. 1). В модела е въведена параметризация по отношение на специфичната електрическа проводимост σ на контролирания обект. Изследва се формата на вихровите токове, индуцирани в образца, за поредица стойности на специфичната електрическа проводимост σ на КО в диапазон – от 0,01 MS/m до 200 MS/m.

В среда на програмния продукт MagNet 7.4 [8] смесената задача (електрическа верига – полева задача) се решава по метода с крайните елементи.

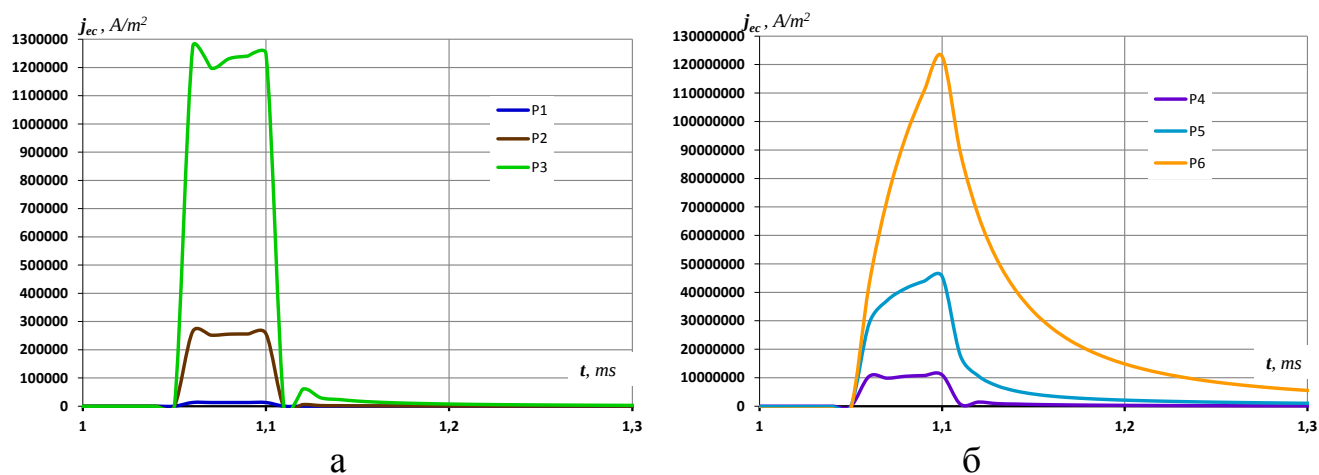
3. Резултати от числените експерименти

Проведените числени експерименти показват, че формата на индуцираните в КО вихрови токове за различни стойности на специфичната електрическа проводимост се различават. На фиг. 3 са показани осцилограми на плътността на вихровия ток в КО в точката с координати $r = 8 \text{ mm}$ и $d = 0,01 \text{ mm}$ при $\sigma = 0,01$ (P1); 0,2 (P2); 1 (P3); 10 (P4); 50 (P5); 200 (P6) MS/m.



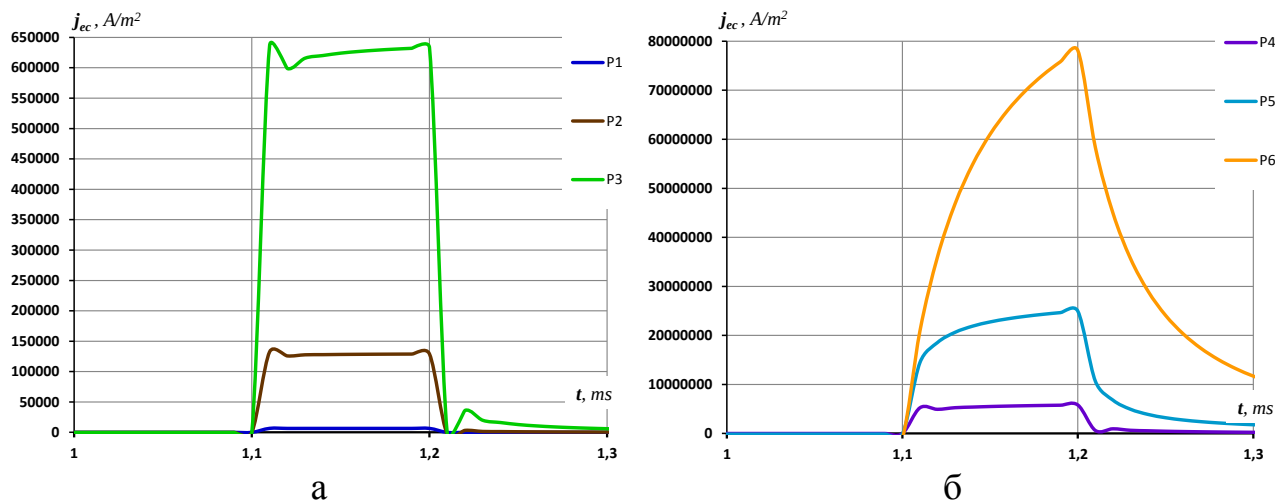
Фиг. 3

Тъй като амплитудата и формата на вихровите токове за различните стойности на специфичната електрическа проводимост значително се различават, на фиг. 4 (фиг. 4а – P1, P2, P3; фиг. 4б – P4, P5, P6) е показан увеличен участък от осцилограмата от фиг. 3, който е заграден в правоъгълник.



Фиг. 4

Освен с възбудителен ток с правоъгълна форма на импулса от фиг. 2, проведени са числени експерименти със същия модел, но формата на правоъгълните импулси на възбудителния ток са с по – широк фронт. Получените резултати, аналогични на тези от фиг. 4а, б, са показани на фиг. 5а, б.



Фиг. 5

4. Анализ на получените резултати

Резултатите, получени от проведените числените експерименти може да се анализират така:

- При правоъгълен импулс на възбудителния ток (фиг.2) индуктираните в проводящия контролиран обект вихрови токове представляват еднакви по форма двуполярни импулси по време на фронтовете на тока;
- При малки и средни стойности на специфичната електрическа проводимост на КО (от 0,01 MS/m до 10 MS/m – P1÷P4) формата на импулсите

на вихровите токове в началото и края на импулса на възбудителния ток е трапецовидна;

- При големи стойности на специфичната електрическа проводимост на КО (от 50 MS/m до 200 MS/m – P5, P6) формата на двуполярните импулси на вихровите токове в началото и края на импулса на възбудителния ток е приблизително триъгълна;
- Широчината на фронта на правоъгълния импулс на възбудителния ток влияе върху широчината на двуполярните импулси на вихровите токове, индуцирани в контролирания обект.

5. Заключение

От проведените числени експерименти и направения анализ на получените резултати може да се направят следните изводи:

- При различни специфични проводимости на КО (в широк диапазон на изменение), когато се използва импулсен възбудителен ток с правоъгълна форма на импулса, за целите на вихровотоковия контрол като информационни параметри на индуцираните вихрови токове могат да се използват положителната и отрицателната амплитуди на двуполярните импулси;
- Влиянието на широчината на фронтовете на импулсите на възбудителния ток би могло да се използва, защото при по-широк фронт индуцираните вихрови токове могат да се характеризират и с параметри, свързани с площи на двуполярните импулси.

Благодарност

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани по договор ДФНИ Е02/8 с Фонд „Научни изследвания“ при МОН.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цветков Д. и кол., Електромагнитна дефектометрия, ДИ „Техника“, София, 1981
- [2] Zhou Deqiang, Binqiang Zhang, Guiyun Tian, Haitao Wang, Ping Wang, Hua Liang, RESEARCH ON SURFACE DEFECT DETECTION USING PULSED EDDY CURRENT TESTING TECHNOLOGY, 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China
- [3] Huang Chen, Xinjun WU, Shuqing Lin, Gongtian Shen, DEVELOPMENT AND APPLICATION OF PULSED EDDY CURRENT TESTING SYSTEM FOR FERROMAGNETIC PIPES, 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China
- [4] Zergoug M., N.Boucherrou, MATERIAL CHARACTERIZATION BY PULSED EDDY CURRENT,
- [5] Preda Gabriel, Mihai Rebican, Florea Ioan Hantila, PULSE EDDY CURRENTS USING AN INTEGRALFEM FORMULATION FOR CRACKS

DETECTION, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics 33 (2010), 1225–1229

[6] Smetana Milan, Tatiana Strapacova, Ladislav Janousek, Klara Capova, PULSED EDDY CURRENTS: A NEW TREND IN NON-DESTRUCTIVE EVALUATION OF CONDUCTIVE MATERIALS, 17th Symposium IMEKO TC 4, 3rd Symposium IMEKO TC 19 and 15th IWADC Workshop Instrumentation for the ICT Era Sept. 8-10, 2010, Kosice, Slovakia, 238-243

[7] Menana Hocine, Mouloud Fe'liachi, CONTRIBUTION TO THE MODELING OF A VOLTAGE DRIVEN PULSED EDDY CURRENT SENSOR FOR THE CHARACTERIZATION OF CONDUCTIVE PLATES, Analog Integr Circ Sig Process (2011) 69: 75–80

[8] www.infolytika.com

Автори:

д-р инж. Калинка Тодорова – гл. ас. в катедра “Обща електротехника” (ОЕ),
email: ktodorova@tu-sofia.bg

Постъпила на хх.хх.2015 г.

Рецензент: доц. д-р Стефчо Гунински