

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ПРОСТОРОВО-ПЕРІОДИЧНИМ ПОЛЕМ

В. О. Вевенко¹, О.І. Кочерга², Є.А. Борисенко³, Б. М. Горкунов⁴

¹ *магістрант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

² *асистент кафедри загальної електротехніки, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

³ *доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна, 4borisea@gmail.com*

⁴ *професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, доктор. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

Вихороструміві вимірювальні перетворювачі широко застосовуються при вирішенні завдань неруйнівного контролю. В основу вихретокового методу контролю покладено аналіз електромагнітного поля, створюваного вихровими струмами, що протікають в контрольованому металевому об'єкті. Фізично, вихрострумівий перетворювач являє собою генераторний датчик трансформаторного типу з одною або декількома обмотками збудження і декількома вимірювальними обмотками. Особливістю вихретокового методу є можливість його застосування під час здійснення багатопараметрового контролю, а саме такий підхід часто є єдиним, який може виявити напружено-деформований стан, або ідентифікувати тип матеріалу досліджуваного металевго об'єкта.

Вимірювальні перетворювачі із просторово-періодичним полем призначені для вирішення задач дефектоскопії та структуроскопії, зокрема під час виявлення напружено-деформованого стану об'єктів. За допомогою таких перетворювачів можна здійснювати неруйнівний контроль металевих виробів, виготовлених як з магнітних, так і з немагнітних матеріалів. У [1] наведений математичний апарат, що дозволяє за допомогою даного перетворювача вирішити обернену задачу, яка полягає у визначенні електрофізичних параметрів (зокрема питомої провідності та магнітної проникності) об'єктів циліндричної форми шляхом обробки електричних сигналів, спричинених електромагнітним полем, у якому цей об'єкт розташований.

У [2] наведений попередній аналіз даних, отриманих під час проведення експерименту на дослідницькому зразку вимірювального перетворювача із просторово-періодичним полем. Наступним етапом у дослідженнях було заплановано комп'ютерне моделювання роботи перетворювача. Таке моделювання дозволить виявити оптимальні режими роботи перетворювача. Дотримання цих режимів у перспективі дозволить забезпечити меншу похибку вимірювання та визначити засади підбору режиму у відповідності до типу матеріалу об'єкту вимірювання.

Серед багатьох варіантів програмних продуктів, що моделюють об'єкти у електромагнітних полях вибір був зроблений на користь Comsol Multiphysics, оскільки він є дуже поширеним і він дозволяє враховувати цілу низку факторів і процесів, що мають місце під час взаємодії металевго об'єкта зі змінним електромагнітним полем (індукційний нагрів, розширення, і т. ін.). На даному етапі досліджень була побудована двомірна осе-симетрична модель. Хоча вона не враховує крайові ефекти, проте за її допомогою можна зіставити експериментальні дані із даними, отриманими під час моделювання.

На рисунку 1а показано результат моделювання розподілу нормальної компоненти щільності магнітного потоку. Електромагнітне поле продукується намагнічувальною обмоткою 1 (напряв протікання струму в правому та лівому перерізі цієї обмотки протилежний). Геометричне місце досліджуваного зразка 2 представлено

на рисунку колом. У даному моделюванні зразок був заміщений повітрям. Вимірювальні обмотки розташовані радіально, цифрою 4 позначена одна з них. Вимірювальні обмотки та обмотка намагнічування розміщені на каркасах, прозорих в електромагнітному полі; через це ці каркаси на рисунку не показані.

Інформативними сигналами вимірювального перетворювача із просторово-періодичним полем є амплітуди та фази ЕРС вимірювальних обмоток. На рисунку 1б показані залежності ЕРС вимірювальних обмоток від часу. Варто відмітити, що просторова система вимірювального перетворювача – зразок симетрична відносно горизонтальної осі, що проходить через центри обмотки намагнічування 1. Через це отримані залежності ЕРС для відповідно симетричних вимірювальних обмоток однакові.

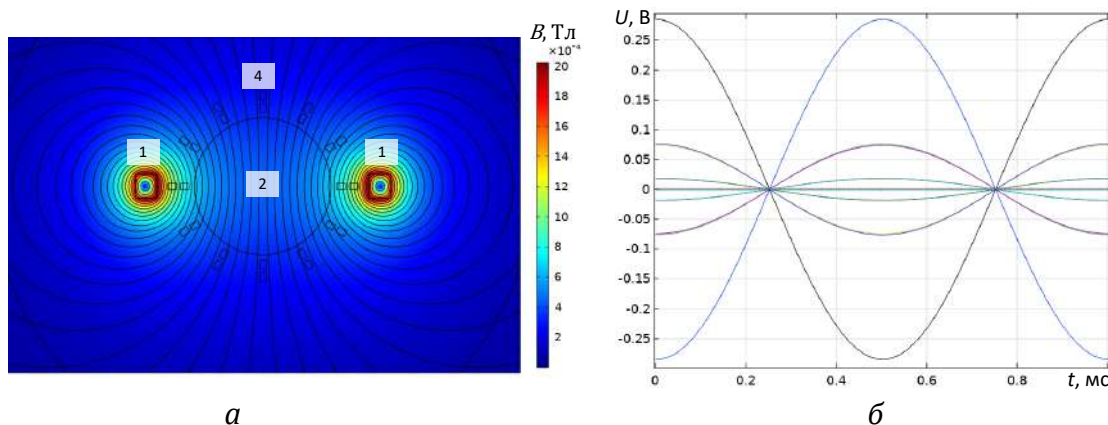


Рис. 1 – Графічне представлення результатів моделювання: а – розподілу нормальної компоненти щільності магнітного потоку; б – ЕРС

Порівняння значень напруги отриманих у ході моделювання та під час експериментів із виготовленим дослідним зразком вимірювального перетворювача показало достатню адекватність розробленої моделі. Використання цієї моделі дозволить у подальших дослідженнях розробляти методи поліпшення метрологічних характеристик вимірювального перетворювача із просторово-періодичним полем.

Список літератури:

1. Горкунов Б. М. Нормированные функции вихретоковых измерительных преобразователей с пространственно-периодической структурой поля при многопараметровом контроле металлических изделий / Б. М. Горкунов, С. Г. Львов, Е. А. Борисенко, Т. Шибан // Український метрологічний журнал. - 2018. - № 3. - С. 28-34..
2. Горкунов Б. М. Дослідження прототипу вимірювального перетворювача із просторово-періодичною структурою електромагнітного поля/ Б. М. Горкунов, С. Г. Львов, Е. А. Борисенко, // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХІХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2021, 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. І. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ».