

Руслана Трембовецька, к.т.н., доц., Володимир Гальченко, д.т.н., проф.,  
Володимир Тичков, к.т.н., доц., Анатолій Сторчак, аспірант

## СИНТЕЗ ОБ'ЄМНИХ СТРУКТУР СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Простота виконання конструкції та відсутність контакту з об'єктом контролю (ОК) надає суттєві переваги вихрострумовому методу в різноманітних задачах дефектоскопії. Для дефектометрії важливою характеристикою є рівномірна чутливість перетворювача, яку в зоні контролю бажано мати, наприклад, П-подібну. Проте класичні конструкції вихрострумових перетворювачів (ВСП) створюють суттєво нелінійний розподіл густини вихрових струмів (ГВС) на поверхні ОК і, як наслідок, нерівномірну чутливість. Дана проблема перебуває у центрі уваги багатьох дослідників, зокрема ними розглядаються задачі вдосконалення систем збудження (СЗ), які забезпечують в зоні контролю оптимальне електромагнітне поле збудження. Детальний огляд запропонованих різноманітних конструктивних рішень СЗ міститься в [1]. Однак в наявних дослідженнях розглядаються лише нерухомі ВСП. У випадку, коли перетворювач рухається відносно ОК, виникає необхідність врахування додатково наведеної ГВС від струмів перенесення.

Тому **актуальною** є задача сурогатного синтезу рухомих ВСП з об'ємною структурою СЗ, що забезпечує однорідний розподіл ГВС в зоні ОК.

**Постановка задачі.** Відома бажана інтенсивність розподілу ГВС, що створюється СЗ в зоні контролю та нульове її значення поза межами цієї зони. Необхідно розв'язати нелінійну обернену задачу і знайти параметри об'ємної структури СЗ, яка містить декілька котушок. Тобто визначаються середні радіуси котушок збудження, їх середні висоти розташування над ОК та значення магніторушійної сили для кожної котушки, що забезпечують наперед заданий розподіл ГВС на поверхні в зоні контролю.

**Розв'язання задачі.** Задача синтезу СЗ ВСП формулюється в оптимізаційній постановці у вигляді квадратичного функціонала різниці між бажаними значеннями ГВС  $J_{ref}$  в контрольних точках зони ОК та відповідною ГВС  $J$ , створеною котушками СЗ ВСП в тих самих точках [2].

Для розв'язку задачі синтезу застосовано технологію сурогатної оптимізації [2], яка передбачає побудову метамodelей ВСП від декількох аргументів на основі багатовимірних комп'ютерних планів експерименту [3] та штучних радіально-базисних нейронних мереж (НМ). Комп'ютерні плани реалізовано за допомогою комбінацій ЛП<sub>т</sub>-послідовностей Соболя, що мають мінімальні показники розходження. Метамodelі отримано з використанням гібридного підходу, що передбачає одночасне застосування множинних НМ, а саме адитивної НМ регресії та декомпозиції простору пошуку.

Реалізація поставленої задачі синтезу досягнута застосуванням сучасних метаевристичних стохастичних алгоритмів пошуку глобального екстремуму. Чисельними експериментами продемонстровано переваги синтезованих СЗ накладних ВСП з об'ємною структурою перед їх класичними аналогами, а також СЗ із планарною структурою [2].

**Висновки.** Запропоновано метод сурогатного нелінійного параметричного синтезу накладних ВСП з використанням НМ RBF-метамodelей, що дозволило отримати об'ємну структуру СЗ, яка забезпечує близький до однорідного розподіл ГВС на поверхні ОК в зоні контролю з врахуванням ефекту швидкості та реалізує однакову чутливість до дефектів.

### Література

1. Halchenko V.Ya. Surface eddy current probes: excitation systems of the optimal electromagnetic field (review). / Halchenko V.Ya., Trembovetskaya R.V., Tychkov V.V. - Devices and Methods of Measurements. - 2020. № 2 (11). p. 91–104. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2020-11-2-91-104>
2. Halchenko V.Ya. Nonlinear surrogate synthesis of the surface circular eddy current probes. / Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V., Storchak A.V. - Przegląd elektrotechniczny. – 2019. № 9. p. 76-82. <https://doi.org/10.15199/48.2019.09.15>
3. Halchenko V.Ya. The Construction of Effective Multidimensional Computer Designs of Experiments Based on a Quasi-random Additive Recursive  $R_t$ -sequence. / Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V., Tychkov V.V., Storchak A.V. - Applied Computer Systems. – 2020. Vol. 25, № 1 (25). p. 70-76. <https://doi.org/10.2478/acss-2020-0009>