

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

ІНВЕРСІЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧАХ ВИХРОСТРУМОВОЇ СТРУКТУРОСКОПІЇ

Шляхом вихрострумowego неруйнівного контролю є можливість визначати електрофізичні характеристики об'єктів контролю (ОК), зокрема електричної провідності (ЕП) і магнітної проникності (МП). Завдяки кореляційним зв'язкам ЕП та МП з фізико-механічними властивостями матеріалу в свою чергу можна отримати інформацію про такі властивості приповерхневого шару матеріалу як: в'язкість, пластичність, твердість, теплоємність, міцність, а крім того, хімічний і фазовий склад; степiнь концентрації водню в поверхневих шарах ОК із легких сплавів на основі титану, цирконію; виявити ділянки ОК, які знаходилися під впливом високих температур, зробити оцінку їх розмірів та рівня температурних впливів. Тому визначення просторових розподілів ЕП та МП в об'ємі циліндричних ОК на основі вимірювань вихрострумowymi перетворювачами (ВСП) є **актуальною** науково-технічною задачею, що має суттєве практичне значення.

Постановка задачі. Припускається, що матеріал циліндричного ОК має неперервну зміну електрофізичних параметрів матеріалу в приповерхневій зоні уздовж його радіусу. Необхідно знайти профіль радіального розподілення електрофізичних параметрів ЕП та МП матеріалу ОК на основі вимірювань амплітуди та фази сигналу ВСП.

Розв'язок задачі. Задача ідентифікації профілів розподілення МП та ЕП матеріалу ОК відноситься до класу обернених задач (ОЗ). Її розв'язок отримується апроксимаційним методом з використанням апріорної інформації. Тому є сенс виконувати пошук розв'язку сформульованої ОЗ в декілька рознесених у часі етапів: - "точний" розв'язок прямої електродинамічної задачі взаємодії квазістаціонарного електромагнітного поля, яке згенеровано прохідним ВСП, з циліндричним ОК. Вибір відповідної математичної моделі, її програмна реалізація та верифікація, а також приклад генерації навчальної вибірки, створеної на основі плану з використанням ЛП_т-послідовностей Соболя, були описані в публікації [1]; - побудова засобами багатовимірної апроксимації, яка ґрунтується на техніці сурогатного моделювання, апріорної моделі-замісника (метамоделі), що є значно менш ресурсоємною та наближено з прийнятною точністю відтворює "точну". В якості метамоделі було використано глибоку штучну нейронну мережу (НМ) як універсальний засіб апроксимації. Реалізація та результати цього етапу наведені в статті [2]; - власне розв'язок ОЗ на базі проведених вимірювань із використанням ВСП та сурогатної НМ-моделі, створеної на попередньому етапі. Для цього необхідна інверсія НМ. Головною проблемою при цьому стає невизначеність – одному вхідному значенню може відповідати декілька комбінацій вихідних значень. В даному випадку певні значення амплітуди та фази напруги ВСП можуть бути сформовані різним сполученням характеристик матеріалу та радіусу ОК, а також частоти струму збудження. Стандартно цей етап виконується за допомогою оптимізаційних методів. Це передбачає багатократний розв'язок прямої задачі, що є ресурсо- та часозатратним процесом. В даному дослідженні пропонується при реалізації інверсії використати «data-driven» метод [3], що базується на застосуванні НМ з «тандем»-архітектурою. Такий підхід дозволяє створити компактний у сенсі мінімізації витрат часу, максимізації надійності та точності обчислень алгоритм розв'язку вимірювальної ОЗ.

Висновки. В роботі запропоновано розв'язок ОЗ вихрострумовой структуроскопії з використанням НМ «тандем»-архітектури, що дозволяє ефективно створити обернений НМ-оператор.

Література

1. Гальченко В.Я. Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів при вихрострумowych вимірюваннях із наявністю апріорних даних. Формування вибірки для побудови сурогатної моделі. / Гальченко В.Я., Тичков В.В., Сторчак А.В., Трембовецька Р.В. – Український метрологічний журнал. – 2020. - № 1. с.35-50. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204226>
2. Гальченко В.Я. Створення сурогатної моделі для відновлення приповерхневих профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів / Гальченко В.Я., Сторчак А.В., Трембовецька Р.В., Тичков В.В. – Український метрологічний журнал. – 2020. - № 3. (друк).
3. Liu D. Training deep neural networks for the inverse design of nanophotonic structures / Liu D., Tan Y., Khoram E., Yu Z. - ACS Photonics. – 2018. - № 4 (5), p.1365–1369.