

МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОБУВАНЬ**Хомяк Ю. В., Крикун В. Р.,***Національний технічний університет**«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Математичні моделі використовуються для імітації вихрових струмів і їх застосування в неруйнівному контролі. Ці моделі прогнозують сигнал зонда, пов'язаний з дефектами при різних експериментальних умовах і корисні для проектування зондів, візуалізації взаємодії поля з дефектами, оптимізації тестової установки і генерації сигнатур дефектів. Імітаційні моделі відносно недорогі порівняно з даними, отриманими експериментально на штучних дефектах. Всі електромагнітні явища, включаючи витік магнітного потоку і вихрострумівий контроль, описуються диференціальними рівняннями Максвелла: $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$; $\nabla \times H = J$; $\nabla \times B = 0$; $\nabla \times D = \rho$. У рівняннях Максвелла, B - густина магнітного потоку (в теслах), D - густина електричного потоку (в кулонах на квадратний метр), E - напруженість електричного поля (в вольтах на метр), H – напруженість магнітного поля (в амперах на метр), J – густина струму (в амперах на квадратний метр), t – час (в секундах), і ρ – густина заряду (в кулонах на кубічний метр).

Рівняння $\nabla \times H = J$ залежить від квазістатичного наближення, яке нехтує струмом зміщення. У вихрострумовому методі відсутній струм витіснення, оскільки найвищі частоти, що зустрічаються, мають порядок кількох мегагерц. На таких частотах струм провідності в металах зазвичай значно більший за струм зміщення. Заряд може накопичуватися на границях розривів і на поверхні провідників, призводячи до стрибка нормальної складової електричного поля. Однак, з рівняння 2 випливає, що $\nabla \cdot J = 0$, тобто струм, який прямує вздовж поверхні, яка набуває заряду, дуже малий. Хоча можна знехтувати струмом заряду, вплив заряду на електричне поле не можна ігнорувати. Якщо межа не є різкою, падаючий заряд розподіляється по об'єму.

Прирівнявши всі похідні за часом до нуля, ці рівняння можна використовувати для опису явища витіку магнітного потоку. Та ж чисельна модель, застосовувана для контролю вихрових струмів, може тестувати витіки магнітного потоку, прирівнявши частоту струму джерела до нуля.

Крім рівнянь Максвелла, співвідношення $B = \mu H$, $D = \epsilon E$, $J = \sigma E$ описують лінійні, ізотропні середовища, де діелектрична проникність ϵ (у фарадах на метр), магнітна проникність μ (у генрі на метр), та електропровідність σ (у сименс на метр) розглядаються як скалярні константи. У анізотропних середовищах вони стають тензором 3×3 . Нелінійна поведінка для будь-якої з трьох властивостей може існувати в конкретних ситуаціях.

Література:

1. Хомяк Ю.В. Крикун В.Р. Познякова М.Є. Моделювання вихрострумового контролю з врахуванням шорсткості поверхні контрольованого зразка. XXX Міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2022. С.374.
2. Satish S. Udpa, Patrick O. Moore. Nondestructive testing handbook. Electromagnetic Testing. Third edition Volume 5 (2004).