

АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОСТОРОВОГО СТРУМУ ПОБЛИЗУ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ СИЛЬНОМУ СКІН-ЕФЕКТІ

Задача розрахунку електромагнітного поля систем з масивними електропровідними тілами у випадку швидкоплинних процесів виникає при аналізі і розробці різноманітних пристроїв магнітогідроімпульсних технологій, магніто-імпульсної обробки металів та інші. В цьому випадку в електропровідних тілах проявляється сильно виражений скін-ефект ($\delta \rightarrow 0$), коли струм протікає в тонкому поверхневому шарі електропровідного тіла. Задача у квазістационарній постановці зводиться до розв'язку рівнянь Максвелла для напруженості магнітного поля \mathbf{H} при заданому розподілі густини струму джерела \mathbf{j} і рівності нулю нормальної компоненти напруженості поля на поверхні тіла:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}, \quad \operatorname{div} \mathbf{H} = 0, \quad \mathbf{H} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad (1)$$

де \mathbf{n} - зовнішня нормаль.

Поверхнева густина струму \mathbf{j}_S відповідає умові неперервності та відповідає значенню магнітного поля на поверхні тіла:

$$\operatorname{div} \mathbf{j}_S = 0, \quad \mathbf{j}_S = \mathbf{n} \times \mathbf{H}. \quad (2)$$

При розгляді поля всередині провідного тіла, зазвичай, використовується модель провідного півпростору з плоскою границею. Локальне значення напруженості поля розраховується при розв'язанні зовнішньої задачі (1).

Джерелом змінного магнітного поля в цих системах можуть бути просторові контури складної конфігурації зі струмом. В роботі розглядається випадок, коли просторовий контур зі струмом розташований над електропровідним тілом з плоскою поверхнею.

Точне рішення задачі (1) представлено як суперпозиція полів вихідного і дзеркально відбитого від плоскої поверхні контурів. Показано, що коректні результати будуть, якщо вихідний контур є замкненим, як і повинно бути в квазістационарній постановці задачі.

Проведено аналіз магнітних полів, густини струму, магнітного тиску на поверхню та джоулевих втрат для контурів зі струмовідводами, що орієнтовані перпендикулярно і паралельно границі поділу середовищ. Проведено порівняння с даними, в яких не враховується магнітне поле струмовідводів, і показано, що в цьому випадку не тільки змінюються числові значення характеристик, що розраховуються, але й порушується безперервність поверхневої густини струму.

У зв'язку з отриманим простим аналітичним розв'язком розглянута задача може бути використана при розробці математичних моделей більш складних електромагнітних систем.