

УДК621.318.1

Дівчук Т.Є.¹, Дьомічева Г.В.²

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

²старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Силові трансформатори є основними перетворювачами електричної енергії в сучасних енергосистемах. В робочому циклі силових трансформаторів можливо виділити моменти найбільш відповідального функціонування – перехідні процеси, що виникають під час ввімкнення, зміни навантаження зі сторони споживачів енергії, аварійні режими роботи. Тому важливою задачею залишаються питання автоматизованого проектування силових трансформаторів, складання проекту, що дозволяє при мінімізації витрат, часу та матеріалів забезпечити надійність нового об'єкту у всіх режимах експлуатації.

В сучасних системах автоматизованого проектування широко використовуються наступні основні підходи до моделювання магнітного поля силового трансформатора:

- фізичні методи моделювання потенційних полів;
- графічні методи – побудова картини потенційного поля виходячи з властивостей ліній рівного потенціалу та силових ліній, або шляхом вирішення рівняння Лапласа в кінцевих різницях;
- аналітичні методи, засновані на теоремі Гауса і закону повного струму в інтегральній формі, що передбачають вирішення диференціальних рівнянь у часткових похідних. Результат отримують у загальному вигляді, що дозволяє вивчити взаємозв'язки між характеристиками магнітного поля та

параметрами трансформатора. Вони використовуються для розрахунку лише симетричних полів;

- чисельні методи, що нині є найперспективнішими. Це пов'язано насамперед із розвитком обчислювальної техніки, у результаті стало можливим рішення великих систем алгебраїчних рівнянь, яких у кінцевому підсумку зводиться до завдання розрахунку поля. Переваги цих методів полягають у тому, що вони дозволяють враховувати складну геометрію об'єктів, що розглядаються, неоднорідність і нелінійність характеристик середовищ;

- методи комп'ютерної імітації поля, що ґрунтуються на методі часток, Монте-Карло або ітераційного перебору. Математика тут дуже проста, тому що не вимагає зведення завдання до вирішення систем рівнянь. Це дозволяє без проблем поширити алгоритм розрахунку на тривимірні польові завдання.

В даний час перевага у моделюванні поля надається чисельним методам розрахунку. Найбільшого поширення набули два методи:

- метод кінцевих різниць (МКР). За своєю ідеєю він простий і наочний. Нині цей метод значно розвинений.;

- метод кінцевих елементів (МКЕ). На відміну від попереднього методу, що є по суті кінцевою імітацією процесу інтегрування диференціальних рівнянь, цей метод більш тісно пов'язаний з фізичною природою поля. У його основі лежать методи варіаційного обчислення.

Незважаючи на велику кількість моделей та методів розрахунку динамічних режимів, вкрай важливим залишається питання отримання підходу, який дозволить імітувати роботу силового трансформатора в різних режимах, при будь яких експлуатаційних умовах. Така модель повинна давати адекватні результати та не вимагати великих витрат на їх отримання.