

УДК 621.365.5

Яримбаш Д.С.¹, Яримбаш С.Т.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ КОМБІНОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ПОЛЬОВОГО І СХЕМНОГО ПІДХОДІВ

Виробничі системи, робота яких визначається електромагнітними перетвореннями енергії змінного струму, як правило характеризуються складної конструктивною будовою. У якості прикладу таких систем можна розглядати потужні системи індукційного нагріву. До системи індукційного нагріву входять живлячі трансформатори, шинопроводи, індуктори нагріву, за допомогою яких забезпечується перетворення електричної енергії змінного струму у теплову. Традиційно у більшості випадків точність моделювання роботи окремих складових такої систем, а також системи в цілому вдавалося забезпечити схемними підходами і методами [1].

Проте із збільшенням потужності індукторів точність моделювання мала тенденцію до погіршення, обумовлену тим, що розміри самого

індуктору нагріву збільшувалися, а конструктивні елементи індуктора ставали складовими іншого технологічного обладнання. Такі особливості конструктивної будови притаманні, наприклад, мундштукам для потужних пресів, на яких виготовляються (пресуються) великогабаритні заготовки вуглеграфітових подових і бічних блоків алюмінієвих електролізерів [2]. Саме такі тенденції стають найбільш вагомими чинниками, що актуалізують розробку нових або модернізацію існуючих підходів до моделювання, конструювання і дослідження потужних систем індукційного нагріву.

Метою роботи є підвищення точності розрахунків для проектування і дослідження режимів роботи технологічних систем з електромагнітним перетворенням енергії змінного струму на основі інтегрування польових електромагнітних моделей у ланки схемних моделей електротехнічних комплексів [3,4].

Найбільш ефективним напрямом для модернізації підходів математичного моделювання стало поєднання схемних і польових методів дослідження. Однак для кожного об'єкту дослідження мають бути визначені чіткі специфічні умови спряження моделей, частина з яких базується на припущення для систем із зосередженими електричними і магнітними параметрами, а інші – на розподіленні електричних параметрів у просторі середовища, де здійснюється перетворення енергії змінного струму у теплову.

У відомих дослідженнях [5] моделювання електромагнітних полів було застосовано для уточненого визначення параметрів у схемах заміщення. Це дозволяло покращити точність схемних розрахунків завдяки зменшенню похибок вхідних даних. Проте із-за нелінійності властивостей феромагнітних матеріалів у системах індукційного нагріву, залежності їх від значень індукції або напруженості магнітного поля такий підхід не завжди забезпечує потреби у покращенні точності розрахунків.

Метою роботи є створення комбінованих схемно-польових моделей шляхом включення польових моделей підобластей у ланки між вузлами схемної моделі, що має забезпечити підвищення точності та зменшити витрати часу.

Для таких моделей вузлові напруги і струми у ланці схеми стають вхідними даними для моделювання електричних і магнітних полів, а схемні параметри визначаються електромагнітними властивостями, індукцією і напруженістю, що розподілені у об'ємах розрахункових областей, включених між вузлами схеми заміщення.

Для реалізації запропонованих моделей найбільш раціональним є застосування програмного забезпечення Comsol Multiphysics [5]. Його засоби дозволяють з одного боку описати схемну модель і польові електромагнітні

моделі у середовищах її окремих ланок, а з іншого боку – сполучити польові моделі у вузлах схеми заміщення, що обмежують зазначені ланки.

Обґрунтовано, що для забезпечення достовірності та точності розрахункових даних, як на етапі проектування, так і на етапі визначення робочих режимів індукційного нагріву, необхідно дотримуватися обмежень рівності електричного і магнітного потенціалів на зовнішніх поверхнях умовного контакту області польових досліджень з вузлами магнітно-електричної схеми заміщення. У тих випадках, коли виконання зазначених умов не вдається забезпечити, необхідно здійснити декомпозицію області польових досліджень на окремі просторові підобласті, що розташовуються між додатковими вузлами декомпозиції у виділеній ланці схеми.

Для запропонованої декомпозиції області з електромагнітним перетворенням електричної енергії у теплову кількість кінцевих елементів у просторі польового моделювання практично не змінюється, а тому вимоги до апаратних ресурсів і час розрахунків майже не збільшуються.

Валідація розрахункових даних для індукторів мундштука потужного пресу 6300 т під час пресування [6] доводить високу точність прогнозування параметрів роботи обладнання і технологічних режимів, що дозволяє значно підвищити якість заготовок подових блоків і зменшити до декількох відсотків втрати на, так званий, «зелений бій».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кувалдин А. Б. Индукционный нагрев магнитной стали на промышленной частоте / А. Б. Кувалдин. – М.: ВИНТИ, 1976. – 78 с.
2. Ярымбаш Д.С. Повышение эффективности управления режимами электрического обогрева при прессовании заготовок подовых блоков / Д.С. Ярымбаш, А.В. Тютюнник, О.Л. Загрунный // Электротехника та електроенергетика – 2006. – № 2. – С. 56 – 60.
3. Тиховод С.М. Усовершенствование итерационных методов решения систем нелинейных уравнений состояния магнитоэлектрических схем замещения [Текст] / С.М. Тиховод // Электротехника и электроэнергетика – 2015. – № 1. – С. 46–49. DOI: 10.15588/1607-6761-2015-1-8
4. Ярымбаш Д. С. Динамическая адаптация схемных моделей короткой сети [Текст] / Д. С. Ярымбаш, И. М. Килимник, С. Т. Ярымбаш // Электротехника и электроэнергетика – 2015. – № 2. – С. 65–70. DOI: 10.15588/1607-6761-2015-2-9
5. Ярымбаш Д. С. Особенности определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя для режима короткого замыкания [текст] / Д. С. Ярымбаш, М. И. Коцур, С. Т. Ярымбаш, И. М. Коцур // Электротехника та електроенергетика – 2017. – № 1. – с. 24-30. Doi: 10.15588/1607-6761-2017-1-4.

6. Андриенко П.Д. Усовершенствование и оптимизация режимов электрообогрева мундштука пресса для производства заготовок подовых и доменных блоков / П.Д. Андриенко, Д.С. Ярымбаш // Вісник Національного технічного університету «ХП». Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – 2007. – № 30. – С. 497 – 499.