

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

В.К. Палійчук¹, к.т.н.,

О.Л. Кондратюк¹, магістрант,

¹Поліський національний університет, м. Житомир, Україна.

Постановка проблеми. Головною проблемою при моделюванні електричних машин залишається відтворення магнітного поля, точне значення якого дозволяє в подальшому перейти до розрахунку всіх електричних величин, параметрів, втрат, нагрівів і т.д.

Основні матеріали дослідження. Стан поля описується рівняннями Пуассона і Лапласа, методи рішення яких поділяються на аналітичні, чисельні та змішані. Змішані методи являють собою поєднання чисельних і аналітичних методів. В аналітичних методах рішенням є алгебраїчні функції, в які підставляють значення параметрів, які визначають поле.

При розрахунку поля електричних машин аналітичними методами встає проблема спрощення розрахункової області і граничних умов.

Найбільш поширеними припущеннями при цьому є наступні:

1. довжина машини нескінченно велика в порівнянні з повітряним зазором;
2. магнітне поле плоскопаралельне;
3. процеси, пов'язані з утворенням магнітного поля в зазорі, не розглядаються, а задаються відносними значеннями потенціалів поверхонь, що обмежують дану область магнітного поля;
4. статор і ротор нерухомі один відносно іншого;
5. нехтують кривизною зазору.

Подібні припущення неприйнятні для розрахунків сучасних електричних машин або машин з нетиповою конструкцією.

Що стосується завданням розрахунку полів в електричних машинах аналітичними методами найбільш корисним є використання методу поділу змінних в циліндричних і декартових координатах. Даний метод знайшов широке застосування в електромеханіці. Наприклад, він був використаний для розрахунку магнітного поля в повітряному зазорі синхронної явнополюсової машини. Тут враховані одночасно зубчатість статора і явнополюсність ротора. Метод використовує кусково-безперервні функції і дозволяє в ряді випадків реалізувати його без застосування обчислювальної техніки.

Зазначені недоліки аналітичних методів поряд з розвитком обчислювальної техніки зумовили широке поширення чисельних методів розрахунку магнітного поля. Найбільшого поширення з

чисельних методів розрахунку і аналізу полів отримали метод кінцевих елементів і метод кінцевих різниць.

Головний недолік чисельних методів полягає в тому, що рішення повинно повторюватися для кожного набору параметрів, що задаються в завданні, що робить використання цих методів дуже трудомісткими.

Одним з найбільш поширених чисельних методів є метод кінцевих елементів, що дозволяє розраховувати магнітні поля, які описуються рівняннями Лапласа і Пуассона.

Найбільш важливими перевагами методу скінченних елементів для розрахунків магнітних полів з використанням ЕОМ є наступні:

1 Властивості матеріалів суміжних елементів не повинні бути обов'язково однаковими. Це дозволяє застосовувати метод до тіл, складених з декількох матеріалів. Наприклад, для зубцевої зони машини з урахуванням витіснених потоків в паз і т.п.

2 Криволінійна область може бути апроксимована за допомогою прямолінійних елементів або описана точно за допомогою криволінійних елементів. Таким чином, метод кінцевих елементів дозволяє розраховувати поля в областях зі складними межами: зубцях з виїмками під клин, пазах будь-якої форми, елемента з вентиляційними каналами і технологічними отворами і т.д.

3 Розміри елементів можуть бути не вирішальними. Це дозволяє укрупнити або подрібнити мережу розбиття області на елементи, якщо є в цьому необхідність.

4 За допомогою методу скінченних елементів не складає труднощів розгляд граничних умов поверхневого навантаження, а також змішаних граничних умов.

Поряд з цим складна границя зубцевої зони, великі розміри розрахункової області та наявність середовищ з різними магнітними проникаючими здатностями вимагають великої кількості вузлів при використанні даного методу. Кількість вузлів, на яке розбивається область поля електричної машини, сягає не-скількох тисяч. Система рівнянь такого порядку може бути вирішена тільки з використанням обчислювальної техніки.

З наведеного огляду основних методів розв'язання рівнянь поля видно, що аналітичним і чисельним методам розрахунку притаманні свої переваги і недоліки, тому був розроблений універсальний метод розрахунку полів і процесів в електричних машинах. Універсальний метод розрахунку дозволяє комплексно враховувати вплив на магнітне поле машини таких факторів, як двостороння зубчатість сердечників, насичення сталевих ділянок магнітопровода, зміна конфігурації зазору при обертанні ротора, структура машини вздовж осі, реальна форма струмів і ін.

Магнітний ланцюг електричної машини включає в себе повітряний зазор, зубцеві зони сердечників і спинки їх ярем. Такий магнітний ланцюг згідно універсального методу замінюють еквівалентною схемою заміщення. Така схема заміщення дозволяє

уявити феромагнітні і неферомагнітні середовища в електричній машині кінцевим числом дискретних елементів. Подібно електричній схемі вона складається з гілок, певним чином з'єднаних у вузол. Гілки містять лінійні і нелінійні провідності і джерела розташовані поблизу МДС. У схемі заміщення магнітного ланцюга, для її розрахунку справедливі закони Кірхгофа і Ома. Рівняння, засновані на цих законах, пов'язують між собою потенціали вузлів схеми, напруги, магнітні потоки, що діють між ними і магніторушійні сили. Складання розрахункової схеми заміщення засноване на розбитті безперервного простору магнітного ланцюга електричної машини на окремі ділянки. Для кожної ділянки вводиться інтегральна крива намагнічування, яка визначає залежність між потоком Φ і зміною скалярного магнітного потенціалу на елементі. Характеристика намагнічування повністю визначає параметри магнітної ділянки і не залежить від режиму роботи машини. При розбитті на ділянки статора і ротора робиться припущення, що радіальна складова магнітного потоку в ярах відсутня. Для зубцевої зони робиться припущення про те, що в зубці є лише радіальна складова потоку. Зубець розбивається на ділянки по висоті. При цьому потік розсіювання вважається таким, що входить в ділянку зосереджено.

Висновки. Таким чином, згідно універсального методу повний розподіл магнітного поля в зазорі машини замінюється кінцевим числом лінійних магнітних провідностей, що з'єднують коронки зубців статора і ротора.