**Жильцов Андрій Володимирович. Підвищення ефективності розрахунку магнітних полів у кусково-однорідних лінійних і нелінійних середовищах методом інтегральних рівнянь: дис... канд. техн. наук: 05.09.05 / НАН України; Інститут електродинаміки. - К., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| Жильцов А.В. Підвищення ефективності розрахунку магнітних полів у кусково-однорідних лінійних і нелінійних середовищах методом інтегральних рівнянь. – Рукопис.Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.05 – теоретична електротехніка. – Інститут електродинаміки НАН України, Київ, 2005.Дисертаційна робота присвячена розробці на основі методу інтегральних рівнянь уточнених математичних моделей розрахунку магнітного поля стаціонарних струмів чи постійних магнітів, збудженого феромагнітним тілом. Підвищення точності й зменшення часу розрахунку поля досягається за рахунок використання додаткових інтегральних співвідношень,два і більш, що випливають із принципу безперервності магнітного потоку в інтегральній формі (для джерел у виді простого шару магнітних зарядів або подвійного шару струмів) чи закону повного струму в інтегральній формі (для джерел у виді простого шару струмів або подвійного шару магнітних зарядів). Розроблено два алгоритми рішення запропонованих систем інтегральних рівнянь, що описують магнітні поля в кусково-однорідних лінійних середовищах: ітераційний і алгоритм зведення системи до перевизначеної системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Досягнуто істотне підвищення точності й скорочення часу розрахунку магнітного поля завдяки використанню двох чи трьох додаткових інтегральних співвідношень. Розроблено методику визначення намагніченості однорідно намагнічених постійних магнітів по обмірюваній магнітній індукції в одній точці поза магнітом. Основні теоретичні й прикладні результати дисертаційної роботи у формі відповідної методики розрахунку впроваджені на фірмі «Оптимаг» (м. Сімферополь) і використовуються при проектуванні електротехнічних пристроїв (електродвигунів, електромагнітів і ін.), а основні підходи до розрахунку магнітного поля з застосуванням запропонованих математичних моделей використовуються в навчальному процесі Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського в курсах «Електродинаміка», «Статичні поля» для бакалаврів, що навчаються по напрямку «фізика». |

 |
|

|  |
| --- |
| У дисертаційній роботі одержали подальший розвиток інтегральні методи розрахунку магнітного поля і на цій основі вирішено актуальну наукову задачу підвищення точності і скорочення часу розрахунку поля у магнітних системах, що містять котушки з постійним струмом і (або) постійні магніти і магнітопровід, за рахунок багаторазового використання рівнянь електродинаміки в інтегральній формі (принципу безперервності магнітного потоку й закону повного струму) у якості додаткових до відповідних граничних інтегральних рівнянь, що у сукупності з науково обґрунтованими результатами дослідження є суттєвими при вирішенні задач побудови та підвищення ефективності електромагнітних систем.Основні результати, отримані в роботі, полягають у наступному.1. На підставі аналізу існуючих методів обґрунтовано актуальність і необхідність розробки нових більш ефективних математичних моделей для розрахунку магнітних полів з урахуванням реальних електрофізичних властивостей матеріалів.
2. Удосконалено метод граничних інтегральних рівнянь для розрахунку магнітного поля в кусково-однорідних лінійних і нелінійних середовищах. Удосконалення засноване на використанні додаткової інформації, отриманої з принципу безперервності магнітного потоку чи закону повного струму в інтегральній формі, що дозволяє значно підвищити точність і скоротити час розрахунків.
3. Отримано додаткові інтегральні співвідношення для густини вторинних джерел із принципу безперервності магнітного потоку для поверхневої густини простого шару магнітних зарядів, поверхневої густини подвійного шару струмів і із закону повного струму для поверхневої густини простого шару струмів, поверхневої густини подвійного шару магнітних зарядів.
4. Розроблені алгоритми спільного рішення граничних інтегральних рівнянь із додатковими інтегральними співвідношеннями для підвищення точності і скорочення часу розрахунку магнітного поля: метод послідовних наближень і метод зведення системи інтегральних рівнянь до спільної СЛАР і наступним її рішенням. Використання цих алгоритмів дозволяє більш ефективно використовувати ресурси ЕОМ для розрахунків магнітних систем.
5. Оцінено точність розроблених математичних моделей магнітного поля стаціонарних струмів у лінійних і нелінійних середовищах на прикладі розрахунку поля в середніх по складності геометрії магнітних системах. В порівнянні з раніше застосовуваними чисельними методами рішення інтегральних рівнянь, до яких зводиться розрахунок поля, збільшена в 3-5 разів швидкість збіжності ітераційного процесу для всіх розглянутих типів вторинних джерел, при цьому для вторинних джерел типу простого шару магнітних зарядів і простого шару струмів збільшена точність розрахунку магнітного поля на 5–23 % .
6. Доведена істотна перевага (по точності й часу розрахунку поля) використання поверхневої густини подвійного шару магнітних зарядів як шуканої функції в інтегральному рівнянні, яке описує магнітне поле в кусково-однорідному середовищі.
7. Запропоновано використання додаткових інтегральних співвідношень до граничних інтегральних рівнянь при розрахунку магнітних полів з урахуванням нелінійної характеристики феромагнітних матеріалів у сполученні з розбивкою області, займаною магнітопроводом, на елементи з постійною магнітною проникністю і з коефіцієнтом релаксації для зменшення впливу нелінійності, що привило до створення методики розрахунку магнітного поля з високим ступенем точності.
8. Доведено на прикладі оптимізації індуктивності трифазної магнітної системи з лінійними характеристиками (тривимірна задача) і розрахунку силової характеристики втяжного електромагніта (вісесиметрична задача), що запропоновані моделі розрахунку полів у магнітних системах складної геометрії більш ефективні й прості в чисельній реалізації. Розбіжність експерименту й розрахунку силової характеристики електромагніта складає не більш 4 %.
9. Розроблено методику визначення намагніченості однорідно намагнічених постійних магнітів, що дозволяє по виміру магнітної індукції в одній точці поза магнітом визначити намагніченість магніту. Проведені експерименти по визначенню намагніченості постійних магнітів показали, що зазначена методика дозволяє визначити намагніченість із погрішністю, що не перевищує 3,5 %.
10. Основні теоретичні й прикладні результати дисертаційної роботи у формі відповідної методики розрахунку впроваджені на фірмі «Оптимаг» (м. Сімферополь) і використовуються при проектуванні електротехнічних пристроїв (електродвигунів, електромагнітів і ін.). Основні методики до розрахунку магнітного поля із застосуванням запропонованих математичних моделей використовуються в навчальному процесі Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського в курсах «Електродинаміка», «Статичні поля» для бакалаврів, що навчаються по напрямку «фізика».
11. Вірогідність та обґрунтованість наукових результатів забезпечена використанням коректних методів досліджень, апробацією основних положень та одержаних результатів на наукових конференціях, результатами їх практичного застосування при розрахунках магнітних полів в конкретних електротехнічних пристроях, а також узгодженням результатів теоретичних досліджень з експериментальними даними.
 |

 |