

А. Н. Якимов

МЕТОД СИНТЕЗА АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В работе предложен метод эффективного проведения оптимального параметрического синтеза аксиально-симметричных источников магнитного поля с ферромагнитными элементами. Задача синтеза решается с учетом линейных и нелинейных магнитных свойств ферромагнетика

Ключевые слова: источники магнитного поля, ферромагнитные элементы, интегральные уравнения, оптимальный синтез

1. Введение

Источники магнитного поля (ИМП) с априори заданной пространственной конфигурацией поля широко применяются в различных отраслях науки и техники. В силу сложного характера зависимости между параметрами источника и создаваемой им топографией магнитного поля, задача его оптимального проектирования обычно формулируется и решается как задача условной оптимизации. Особенно проектирование усложняется при наличии в составе ИМП ферромагнитных элементов (ФЭ) с нелинейными магнитными свойствами, когда даже однократное решение задачи анализа требует значительных временных и вычислительных затрат. Поэтому актуальным является вопрос разработки эффективного метода синтеза, позволяющего с одной стороны находить глобальное, Парето-оптимальное решение задачи оптимизации за минимально возможно количество вычислений алгоритмически заданной целевой функции, а с другой - уменьшить затраты на проведение расчета магнитного поля.

2. Постановка проблемы

Целью данной работы является создание метода бионического многокритериального оптимального параметрического синтеза аксиально-симметричных (АС) ИМП с ФЭ и заданной конфигурацией магнитного поля, основанного на гармоничном сочетании аппарата интегральных уравнений и разработанного авторами бионического алгоритма глобальной оптимизации роением частиц с эволюционным формированием состава роя [1, 2].

3. Основная часть

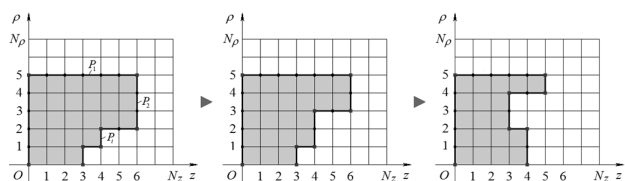
В предлагаемом методе оптимального синтеза на начальном этапе область пространства, которую

потенциально могут занимать ФЭ проектируемого устройства, дискретизируется на тонкие кольцевые элементы. Затем для каждого из элементов разбиения, с учетом их трансляционной симметрии, производится предварительное вычисление коэффициентов матрицы влияния, которая будет в дальнейшем использоваться в процессе синтеза. При синтезе, с целью сокращения пространства поиска, геометрия профиля магнитной системы (МС) проектируемого ИМП описывается с использованием множества примитивов, заданных на сети элементов дискретизации. Под примитивами понимаются простейшие геометрические объекты, используемые для описания геометрии МС, состоящие из наборов элементов разбиения сети. Количество примитивов задается априори. В случае, когда заданное число примитивов не позволяет реализовать МС с требуемыми свойствами, их количество необходимо увеличить. В совокупности примитивы определяют форму продольного сечения МС АС ИМП. В нелинейном случае в качестве примитивов удобно использовать прямоугольники, а в линейном – отрезки вертикальной и горизонтальной ориентации (см. рис.) [3, 4].

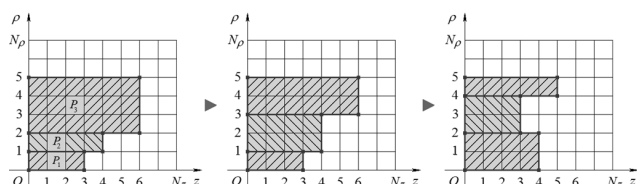
В процессе синтеза бионический гибридный алгоритм оптимизации находит различные варианты реализации АС ИМП. Размеры примитивов задаются с точностью до шага на сети разбиений на основе численных значений параметров, в качестве которых используются координаты, радиусы и длины полюсных элементов, т.е. примитивы включают целое число элементов дискретизации. Сопряжение примитивов производится таким образом, чтобы обеспечить односвязность генерируемых областей, заполненных ферромагнетиком.

Для каждого варианта реализации ИМП определяется множество элементов разбиений, которые входят в текущий профиль МС, которые задаются с использованием битового образа, определяющего вхождение отдельных кольцевых элементов разбиения

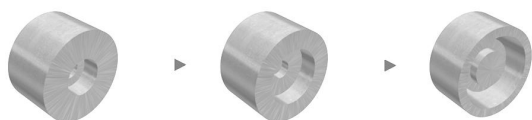
ния в состав источника. Повышение эффективности решения задачи анализа, сводящейся к решению системы уравнений высокой размерности, удастся достичь путем учета трансляционной симметрии элементов разбиения АС ИМП, применением технологии On/Off, матриц специального вида и ускоренной операции матрично-векторного умножения благодаря применению быстрого преобразования Фурье для операции типа циклической свертки.



а) этапы синтеза с использованием линейной модели источника



б) этапы синтеза с использованием нелинейной модели источника



в) эволюция формы ферромагнитного элемента при синтезе для случаев линейной и нелинейной модели

Рис. 1. Синтез аксиально-симметричного источника магнитного поля

По данным для сгенерированного варианта МС ИМП производится оценка значения целевой функции с целью ее соответствия заданным критериям. Результатом проведения синтеза является поиск оптимальных геометрических размеров примитивов, задающих геометрию проектируемой МС, обеспечивающую требуемое распределение магнитного поля в рабочем объеме.

4. Выводы

Разработан метод оптимального параметрического синтеза АС ИМП с ФЭ в однокритериальной и многокритериальной постановках, заключающийся в том, что потенциальное пространство размещения ИМП дискретизируется введением регулярной сети, на которой средствами глобальной оптимизации осуществляется поиск оптимальных

параметров примитивов, состоящих из сгруппированных элементов дискретизации, характеризующих в совокупности геометрию синтезируемой МС.

Литература

1. Гальченко, В.Я. Поиск глобального оптимума функций с использованием гибрида мультиагентной роевой оптимизации с эволюционным формированием состава популяции [Текст] / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапушенко // Информационные технологии. – 2010. – № 10. – С. 9-16.
2. Гальченко, В.Я. Оптимальное конструирование электромагнитов с коническими полюсами для генерации высокооднородного магнитного поля [Текст] / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов // Электронное моделирование. – К. – 2010. – т. 32. – №6. – С. 85-96.
3. Гальченко, В.Я. Многокритериальный оптимальный синтез аксиально-симметричных магнитных систем с ферромагнитными элементами и заданной конфигурацией магнитного поля [Текст] / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапушенко // Электричество. – 2012. – № 4. – С. 40-54.
4. Гальченко, В.Я. Метод Парето-оптимального параметрического синтеза аксиально-симметричных магнитных систем с учетом нелинейных магнитных свойств ферромагнетика [Текст] / В.Я. Гальченко, А.Н. Якимов, Д.Л. Остапушенко // Журнал технической физики. – 2012. – № 7 – С. 1-7.

МЕТОД СИНТЕЗУ АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ ДЖЕРЕЛ МАГНИТНОГО ПОЛЯ З ФЕРОМАГНІТНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

О. М. Якимов

У роботі запропоновано метод ефективного проведення оптимального параметричного синтезу аксиально-симметричних джерел магнітного поля з ферромагнітними елементами. Задача синтезу вирішується з урахуванням лінійних та нелінійних магнітних властивостей ферромагнетика

Ключові слова: джерела магнітного поля, ферромагнітні елементи, інтегральні рівняння, оптимальний синтез

Олександр Миколайович Якимов, викладач кафедри медичної та біологічної фізики, медичної інформатики, біостатистики ДЗ «Луганський державний медичний університет», тел. 095-50-82-372, e-mail: alex_forever_82@mail.ru

METHOD OF SYNTHESIS OF AXIALLY SYMMETRIC MAGNETIC FIELD SOURCES WITH FERROMAGNETIC ELEMENTS

A. Yakimov

In this work the effective method of optimal parametric synthesis of axially symmetrical magnetic field sources with ferromagnetic elements is offered. The synthesis problem is solved with taking into account the linear and nonlinear magnetic properties of ferromagnetic

Key words: magnetic field source, ferromagnetic elements, integral equations, optimal synthesis

Alexander Yakimov, teacher of Department of Medical and Biological Physics, Medical Informatics, and Biostatistics, SI «Lugansk State Medical University», tel. 095-50-82-372, e-mail: alex_forever_82@mail.ru