

## СЕКЦИЯ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ»

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОВОДНИКЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Абражевич Д.С., Хуторная Е.В.

Пискун Г.А. – канд. тех. наук, доцент

В работе производится сравнение программных продуктов для физического моделирования основанных на методе конечных элементов. Проведено решение и сравнение результатов электромагнитной задачи.

Для верификации результатов будет произведено физическое моделирование нескольких простейших примеров: распределение и напряжение магнитного поля проводника с током и модель проводника с током, помещенным в магнитопровод. Проверке подвергнутся несколько параметров, а именно:

- Распределение и величина магнитной индукции  $B$ , Тл.
- Распределение и величина напряженности магнитного поля  $H$ , А/м

Проводник и магнитопровод имеют следующие исходные данные: высота проводника – 0,02 м; ширина проводника – 0,02 м; магнитная проницаемость проводника – 1; магнитная проницаемость воздуха – 1; магнитная проницаемость магнитопровода – 1000; удельное электрическое сопротивление проводника –  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом/м; удельное электрическое сопротивление воздуха –  $1 \cdot 10^{32}$  Ом/м; плотность тока – 200000 А/м<sup>2</sup>.

Распределение магнитного поля является непрерывным, и поэтому его расчеты являются сложной аналитической задачей. Для решения подобных сложных аналитических задач используют метод конечных элементов. Дискретизация дифференциальных уравнений, описывающих физические явления, которые имеют непрерывный характер, позволяет получить конечное число точек для использования в компьютерном моделировании. Исследуемая область делится на более мелкие элементы с общими узлами и информацией о смежных элементах. Для каждого полученного элемента выполняется решение дифференциального уравнения на основе информации, полученной с узлов, окружающих данный элемент. Для моделирования распределения магнитного поля были использованы программы *ANSYS* и *Finite Element Method Magnetics (FEMM)*.

*ANSYS* — программный пакет конечноэлементного анализа, решающий задачи в различных областях инженерной деятельности (прочность конструкций, термодинамика, динамика жидкостей и газов, электромагнетизм), включая связанный междисциплинарный анализ [1].

*FEMM* представляет собой набор программ для решения низкочастотных электромагнитных задач на двумерной плоской и осесимметричной областях. Являясь новым представителем программных продуктов для физического моделирования, задачи, решенные в этом пакете, вызывают некоторые сомнения насчет их точности. В следствие чего было обусловлено его более узкое распространение.

Важно отметить, что эти продукты используют различные методы построения сетки. Поэтому довольно проблематично задать одинаковое количество элементов. Но это не критично, т. к. увеличение количества элементов лишь повысит точность расчета, а в таком простом случае будет достаточно и такого разбиения. Если и будет какая-либо погрешность, то она будет составлять доли процентов.

Оба программных продукта имеют блок визуализации, который позволяет достаточно наглядно продемонстрировать результаты расчетов. В свою очередь, в отличие от *ANSYS*, в *FEMM* отсутствует возможность присваивания цвета векторам. Поэтому можно лишь увидеть их направление.

Нас интересует распределение и величина магнитной индукции  $B$  и напряженности магнитного поля  $H$ . Все эти физические величины и их распределение представлены ниже на рисунках 1 и 2.

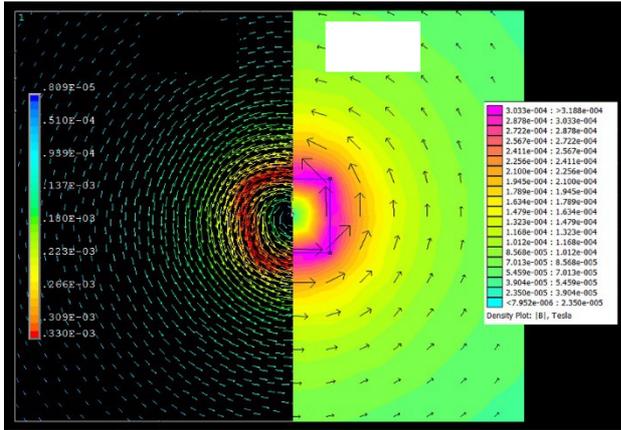


Рисунок 1 - Внешний вид распределения вектора магнитной индукции  $B$  в программах ANSYS (а) и FEMM (б)

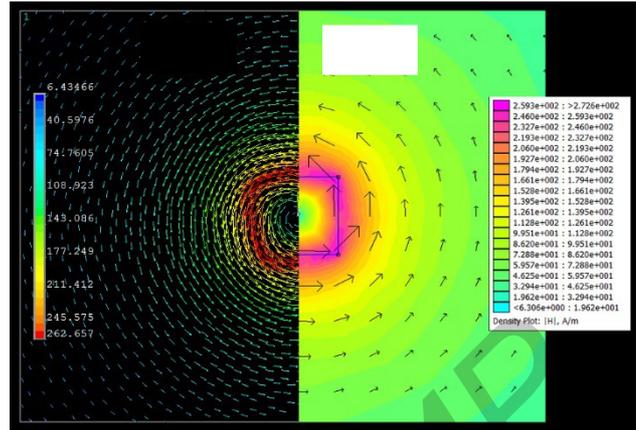


Рисунок 2 - Внешний вид распределения вектора напряженности магнитного поля  $H$  в программах ANSYS (а) и FEMM (б)

Вторым примером послужит модель проводника с током, помещенным в магнитопровод. Исходные данные аналогичны первому примеру, с одним исключением. В этой задаче присутствует магнитопровод со своей магнитной проницаемостью. Физические величины и их распределение представлены на рисунках 3 и 4.

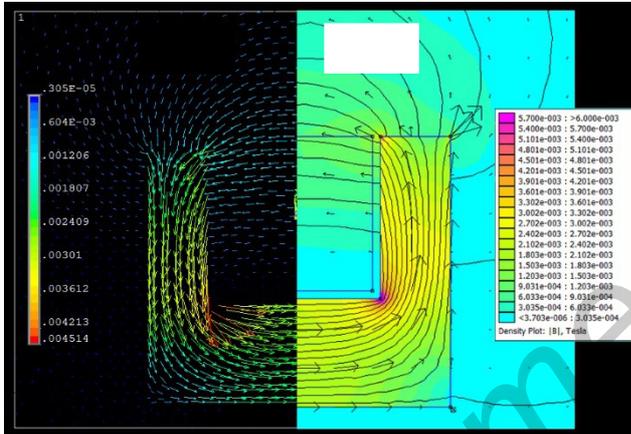


Рисунок 3 – Внешний вид распределения вектора магнитной индукции  $B$  в программах ANSYS (а) и FEMM (б)

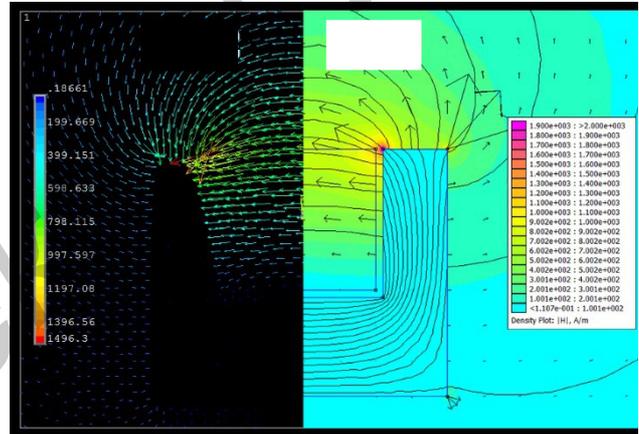


Рисунок 4 – Внешний вид распределения вектора напряженности магнитного поля  $H$  в программах ANSYS (а) и FEMM (б)

Результаты моделирования представлены на рисунках 5-8.

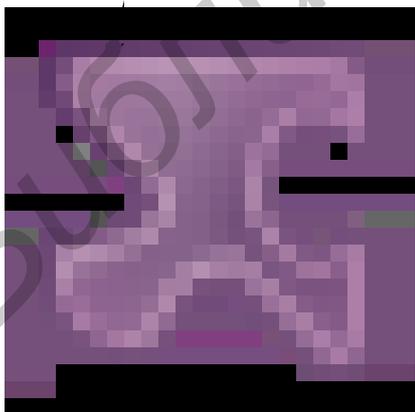


Рисунок 5 – Сравнительный график распределения вектора магнитной индукции в проводнике

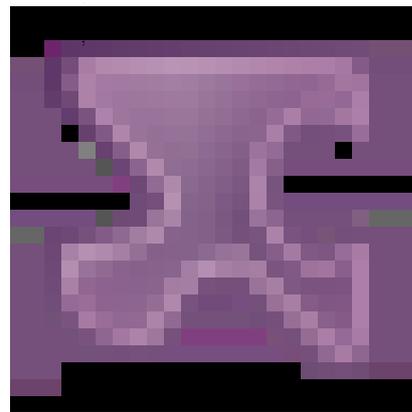


Рисунок 6 – Сравнительный график распределения вектора напряженности магнитного поля в проводнике

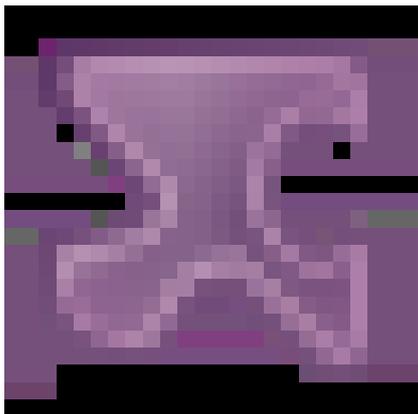


Рисунок 7 – Сравнительный график распределения вектора магнитной индукции в магнитопроводе

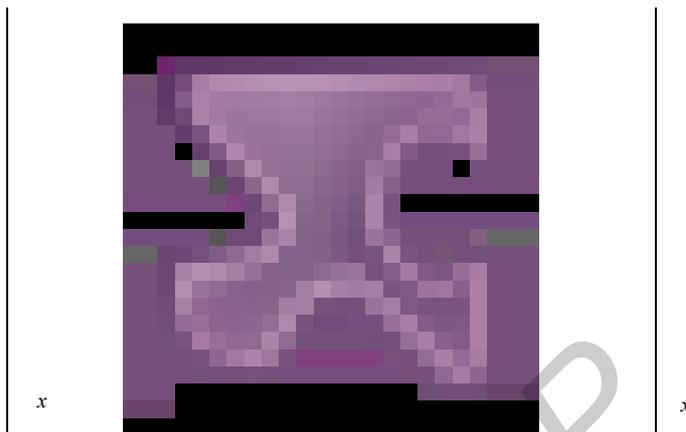


Рисунок 8 – Сравнительный график распределения вектора напряженности магнитного поля в магнитопроводе

Как видно из полученных результатов обе программы прекрасно справляются с поставленными задачами. Результаты задач, решенных в *FEMM*, можно считать достоверными. Погрешность в результатах минимальна. Быстродействие решателя у программ на одинаковом уровне. Но скорость построения сетки у *ANSYS* несколько ниже, за счет более широкого спектра изменения размера и типа сетки.

Список использованных источников:

1. Жидков А.В. Применение системы *ANSYS* к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования / А.В. Жидков. — Нижний Новгород: ННГУ, 2006. — 115 с.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ НА ОБЪЕКТЕ АДМИНИСТРАТИВНО-ПРОЕКТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Васильева Е.В., Жуковский А.С.*

*Боровская О.О. – магистр техники и технологии, ассистент*

Рассмотрены основные принципы построения системы пожарной сигнализации и оповещения о пожаре с учётом особенностей объекта защиты.

В современном обществе огромное внимание уделяется созданию систем пожарной безопасности, предназначенные для защиты жизни людей и материальных ценностей от огня. Ведь опасность для жизни, связанная с возникновением пожара, и ущерб, наносимый огнем, в десятки раз превышают те, которые могут быть вызваны кражами и другими видами причинения ущерба.

Проектирование системы пожарной сигнализации (далее СПС) по-прежнему является одним из наиболее важных аспектов в обеспечении противопожарной защиты зданий и сооружений. Раннее обнаружение пожара, ограничение его распространения, исключение воздействия опасных факторов при эвакуации людей – задачи, выполняемые, в первую очередь, техническими средствами. Для обеспечения максимальной безопасности людей в случае пожара при проектировании необходимо обеспечить взаимосвязь пожарной автоматики с системами вентиляции, технологическим и электротехническим оборудованием объекта, а также другими системами безопасности (противодымная защита, пожаротушение, системы контроля и управления доступом и др.).

Проектирование пожарной автоматики, является сложным процессом. От того насколько качественно выполнены все системы, зависит эффективность противопожарной защиты. Поэтому, первым этапом проектирования системы является анализ пожарной опасности объекта и его назначения, конструктивных, объемно-планировочных особенностей, определение категории объекта и выявление опасных факторов [1]. При проектировании системы пожарной сигнализации нужно учитывать ее тип: адресная, неадресная. Вид выбранной системы определяет оборудование, входящее в ее состав (приемно-контрольное оборудование, пожарные извещатели и т.д.), линии связи (проводные, беспроводные).

Защищаемый объект представляет собой двухэтажное административное здание общей площадью 2227 м<sup>2</sup>. В данном случае была выбрана неадресная СПС согласно п.12.2 [1]. Доминирующим признаком возникновения очага пожара в начальной стадии в рассматриваемом объекте является дым, что и определяет выбор извещателей. Разработанная система пожарной сигнализации выполнена на сертифицированном