

Лабораторная работа № 6

Цель работы:

1. Научиться определять потери энергии, вызываемые наведением вихревых токов в переменном поле,
2. Приобрести навыки задания шихтованных материалов в Femm.

Описание: Данная лабораторная работа предполагает несколько различающиеся варианты задания. В материалах к лабораторной работе содержится информация по заданию шихтованных материалов в Femm. Более подробную информацию можно найти в руководствах Femm и справке к нему.

В ходе выполнения работы необходимо выполнить действия:

- а) Рассчитать потери на наведение вихревых токов в устройстве при изотропном материале магнитопровода и коэффициент трансформации по напряжению.
- б) Выполнить оптимизацию расчетов (требуемая точность 3%).
- в) Рассчитать потери для случая, когда магнитопровод имеет слоистую структуру параллельно плоскости чертежа. Рассчитать коэффициент трансформации по напряжению.
- г) Сравнить результаты и сделать выводы.

ЗАДАНИЕ

Задание: Определить потери энергии в трансформаторе, вызванные наведением вихревых токов. Установить характер зависимости потерь от шихтовки материала магнитопровода. Рассчитать коэффициент трансформации по напряжению для каждого случая.

Модель: Однофазный трансформатор броневого типа.

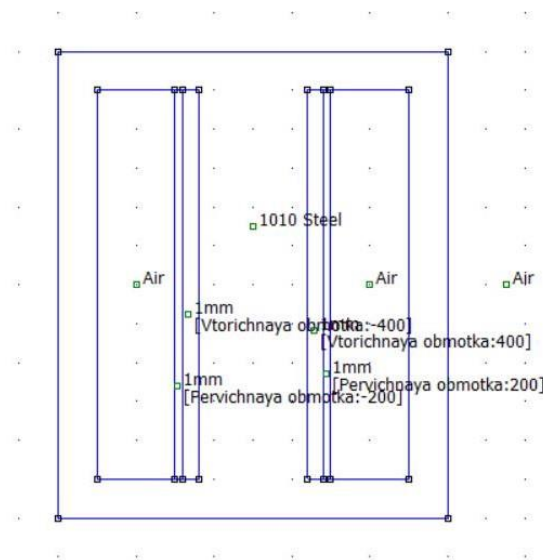


Рисунок 1 – Модель трансформатора

На рисунке приведено сечение однофазного трансформатора броневого типа. Магнитопровод (1010 Steel) такого трансформатора состоит из следующих частей:

- стержень с намотанными на него обмотками;
- разветвляющиеся ярма, прикрывающие обмотки.

На стержень намотаны два слоя медной обмотки:

- внутренний слой является обмоткой низкого напряжения;
- наружный слой – обмотка высокого напряжения.

Обмотка состоит из проводов диаметром 1 мм. По проводам первичной обмотки течет ток 1 А. Трансформатор работает на промышленной частоте (50 Гц).

Параметры шихтовки: толщина пластины стали равна 0,9 мм, толщина изоляционной прослойки – 0,1 мм. Высота трансформатора равна 12 см, ширина – 10 см.

Высота обмоток равна 10 см. Ширина стержня равна 2 см. Ширина каждого ярма равна 1 см. В качестве толщины (глубины) трансформатора взять 1 м.

Толщина внутренней обмотки (НН) а и толщина внешней обмотки (ВН) b индивидуальны для каждого варианта. В качестве первичной обмотки может выступать как обмотка низкого напряжения (НН), так и обмотка высокого напряжения (ВН), в зависимости от варианта.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Исходя из формулировки задачи, можно сделать вывод, что нам необходимо рассчитать поле для двух случаев. Каждый вариант будем сохранять в файл как отдельную задачу, выписывая в таблицу значения потерь энергии на вихревые токи, а также коэффициент трансформации.

Задание расчетной области

В качестве глубины задачи возьмем 1 м.

Для упрощения задачи примем допущение, что магнитное поле не выходит за пределы трансформатора, т.е. будем решать внутреннюю задачу. Зададим необходимые граничные условия на основе данного допущения самостоятельно. Кроме того, проверим, можно ли использовать симметрию для большего сокращения расчетной области.

Учитывая размеры стержня, на который производится обмотка, можно сказать, что для внутренней обмотки количество витков будет 200, а для внешней – 400.

Block Property

Name: 1mm

B-H Curve: Linear B-H Relationship

Linear Material Properties

Relative μ_x : 1 Relative μ_y : 1

ϕ_{hx} , deg: 0 ϕ_{hy} , deg: 0

Nonlinear Material Properties

Edit B-H Curve ϕ_{hmax} , deg: 0

Coercivity

H_c , A/m: 0

Electrical Conductivity

σ , MS/m: 58

Source Current Density

J , MA/m²: 0

Special Attributes: Lamination & Wire Type

Magnet wire

Lam thickness, mm: 0 Lam fill factor: 1

Number of strands: 1 Strand dia, mm: 1

OK Cancel

Рисунок 2 – Настройка материала обмотки

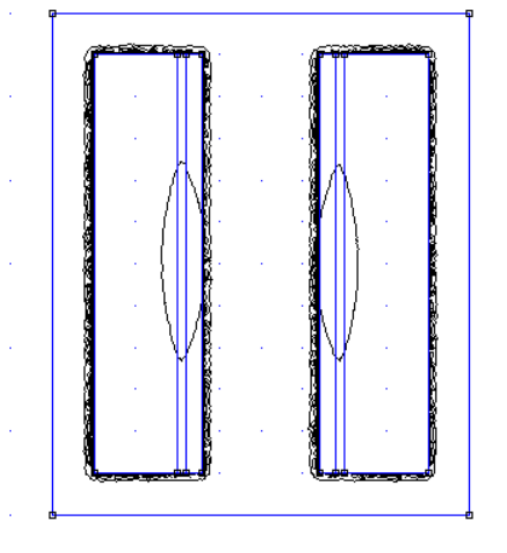


Рисунок 3 – Расчет поля для первого случая

Просмотр результатов и оптимизация

Нам необходимо определить потери на вихревые токи и коэффициент трансформации. Для определения потерь необходимо выделить все блоки, относящиеся к обмоткам и к магнитопроводу, и вычислить для них интеграл Resistive losses. Таким образом, мы вычислим тепловые потери в трансформаторе.



Рисунок 4 – Применение интеграла для определения тепловых потерь в трансформаторе для первого случая

Для определения коэффициента трансформации необходимо определить напряжение на первичной и вторичной обмотке. Это можно сделать, ознакомившись с параметрами соответствующих цепей. Напряжению соответствует параметр Voltage Drop. Обратим внимание, что это комплексная величина, поэтому необходимо по приведенным действительной и мнимой частям вычислить ее модуль. Коэффициент трансформации можно рассчитать, как отношение модуля напряжения на первичной обмотке к модулю напряжения на вторичной обмотке.

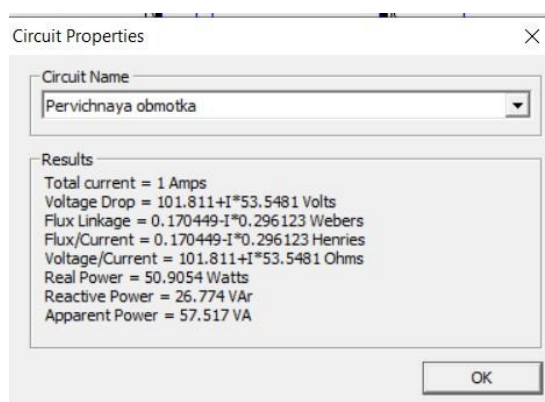


Рисунок 5 – Просмотр параметров внутренней цепи

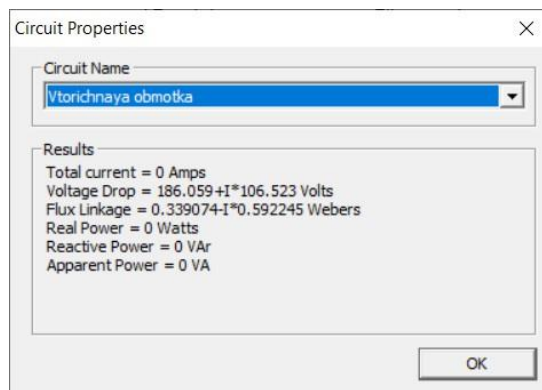


Рисунок 6 – Просмотр параметров внешней цепи

Составим таблицу 6.2 с результатами тепловых потерь, параметрами цепей и вычислений коэффициента трансформации для наглядности. Запомним полученные значения потерь и коэффициента трансформации и перейдем к шихтованному магнитопроводу.

Расчеты для случая наличия шихтовки

Создадим новую копию задачи и присвоим магнитопроводу шихтованный материал. Для задания шихтовки параллельно плоскости сечения просто заменим в метке блока материал 1010 Steel на 1010 Steel Z.

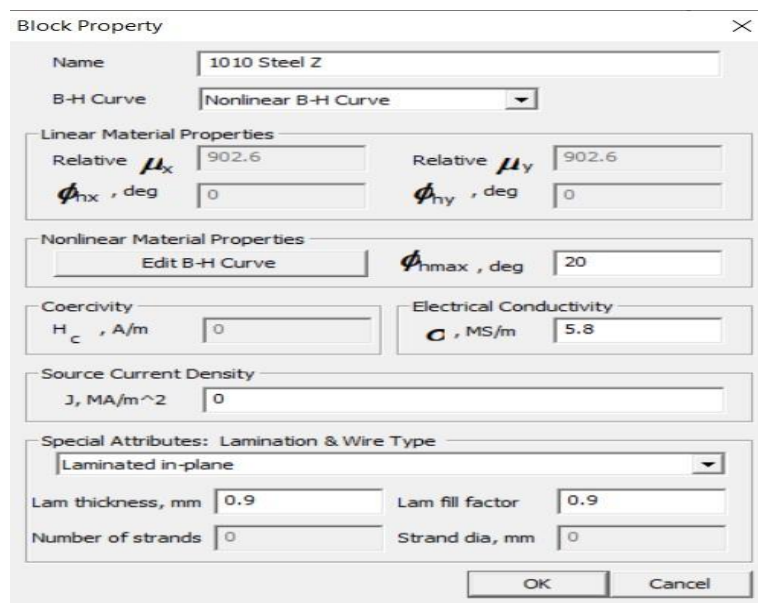


Рисунок 7 – Настройка шихтованного материала

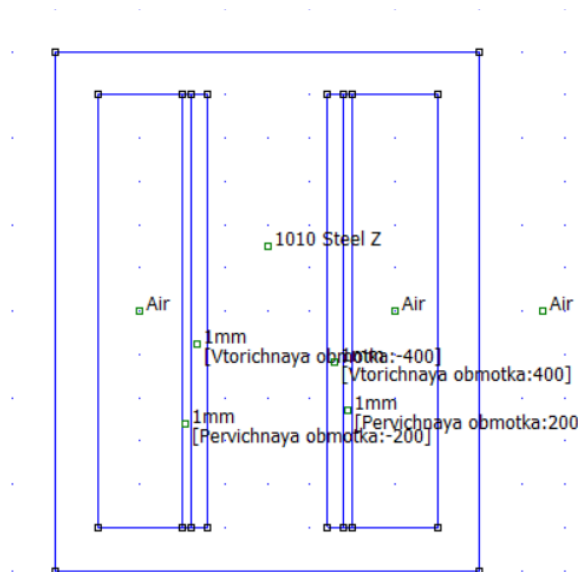


Рисунок 8 - Модель трансформатора

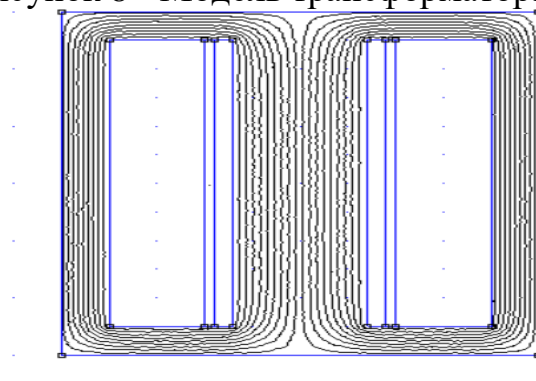


Рисунок 9 – Расчет поля для второго случая

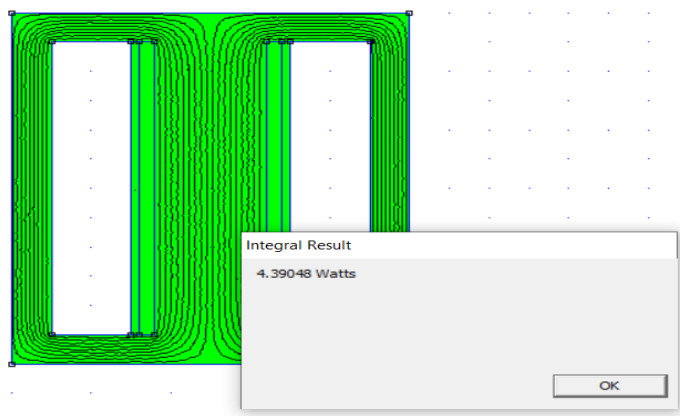


Рисунок 10 - Применение интеграла для определения тепловых потерь в трансформаторе для второго случая

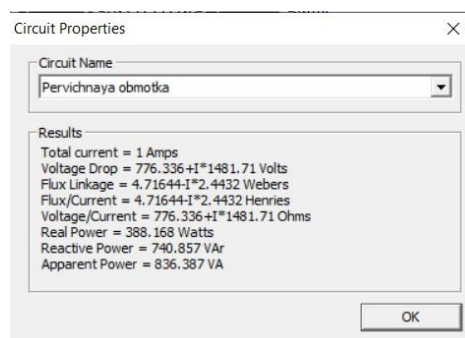


Рисунок 11 - Просмотр параметров внутренней цепи

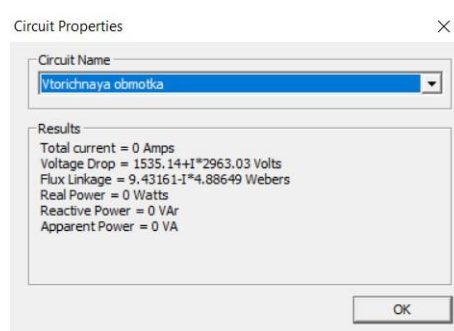


Рисунок 12 - Просмотр параметров внешней цепи

№ модели	Значение тепловых потерь	Напряжение на первичной обмотке	Напряжение на вторичной обмотке	Коэффициент трансформации
1	42.4602 Watts	115,0343 Volts	214,3947 Volts	0,5366
2	4.39048 Watts	1672,7708 Volts	3337,0948 Volts	0,5013

Вывод: в результате выполнения лабораторной работы мы рассчитали потери на наведение вихревых токов в устройстве и коэффициент трансформации по напряжению для двух случаев, когда магнитопровод состоит из материала steel 1010 и для случая, когда он имеет слоистую структуру параллельно плоскости чертежа.

Выполнил студент Пузанов В.Е., ФИТУ 010304-КМСб-о22

Проверила ст. преподаватель каф. ПМ Балабан А.Л.