

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Захаров Е.П.

научный руководитель канд. техн. наук Колбасина Н.А.

Сибирский федеральный университет

В рамках дипломного проекта «Разработка методики решения электромагнитной задачи торцевого низкоскоростного синхронного генератора в программном комплексе ANSYS», был проведен анализ модели генератора, как объекта исследования, а также была разработана расчетная модель для решения электромагнитных задач.

Объектом исследования является торцевой низкоскоростной синхронный генератор электрического тока, который представляет из себя электрическую машину для выработки электроэнергии, основными особенностями которого являются:

- параллельное расположение друг относительно друга ротора и статора, взаимодействующие торцевыми частями;
- низкая частота вращения.

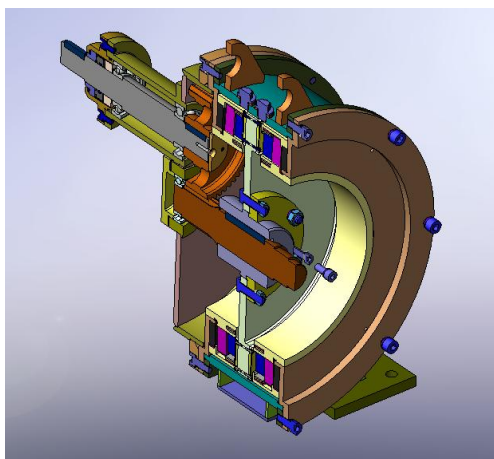


Рисунок 1 – Твёрдотельная модель НТСГ в разрезе

Целью работы является исследование электромагнитного взаимодействия в паре ротор-статор и факторов, существенно влияющих на результаты.

Для выработки необходимой энергии, несмотря на маленькую скорость вращения, требуется большое количество пар полюсов магнитов.

Рассматриваемый нами генератор смонтирован в цилиндрическом корпусе на лапах, передняя крышка представляет собой подшипниковый щит соединенный с корпусом входного вала генератора (смотрите рисунок 1). Вал ротора и входной вал генератора взаимодействуют между собой посредством цилиндрической зубчатой передачи. Задняя крышка корпуса представляют собой типовой подшипниковый щит электрических машин. Данный генератор применяется на микро-ГЭС. Его мощность составляет 1 кВт.

Основными элементами генератора являются два статора, смонтированные в корпусе генератора и ротор, связанный с валом машины. Базовым элементом статора является диск основания статора, на котором навиты катушки индуктивности. Основным элементом ротора являются диск ротора, на котором закреплены постоянные магниты, закрытые наконечниками, свободная поверхность залита компаундом.

Для уменьшения размерности модели и так как магниты и катушки в плане имеют практически прямоугольную форму - данная задача решалась как плоская, ряд катушек и магнитов рассматривался в развернутом виде в среднем сечении.

Для электромагнитного расчета данного генератора были получены решения для ряда тестовых задач, чтобы убедиться в корректности взаимодействия элементов генератора, а также изучить влияние характеристик на расчетную модель и как следствие полученные результаты. Так было изучено взаимодействие магнита с металлом, магнита с магнитом, катушки индуктивности с металлом и магнитом, взаимодействие пары катушек индуктивности. Было исследовано влияние смещений и перекосов элементов, расположение полюсов на электромагнитные характеристики.

Взаимодействие магнита с металлом и магнитом отображено на рисунке 2. Также было рассмотрено взаимодействие двух магнитов, где варьировалось смещение между ними, это можно видеть на рисунке 3, и как результат эксперимента – полученные силы отображены в таблице 1. Изучено взаимодействие магнитов в зависимости от направления полюса магнита.

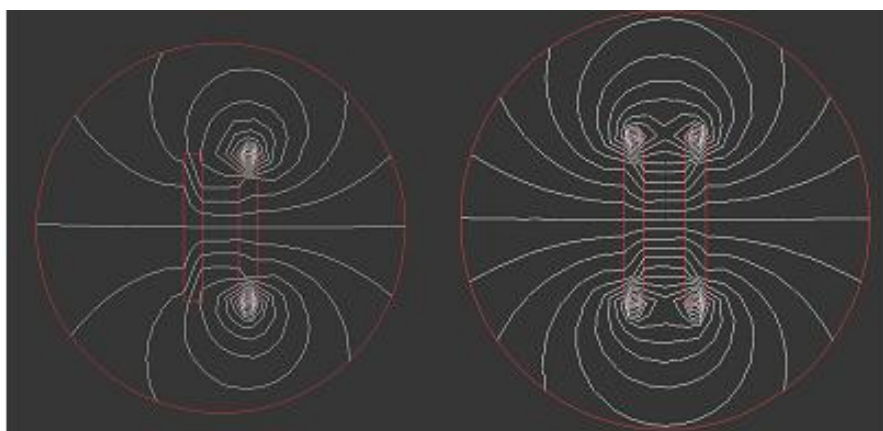


Рисунок 2 – Линии магнитной индукции при взаимодействии магнита с металлом и магнитом

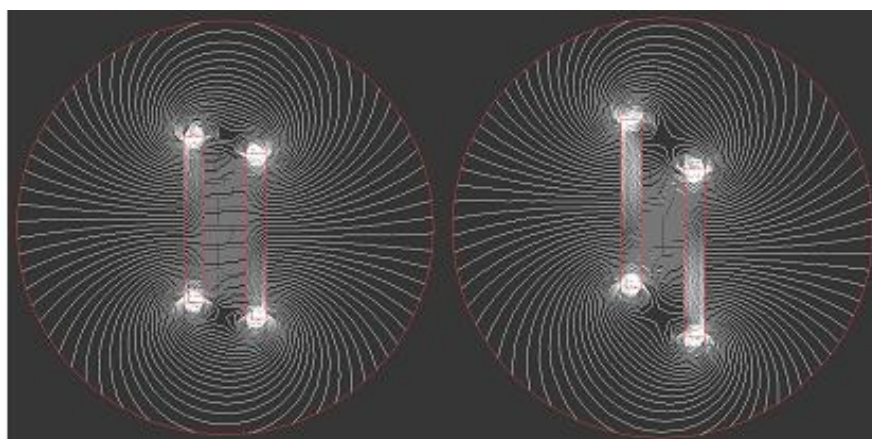


Рисунок 3 – Взаимодействие магнитов со смещением

Таблица 1 – Зависимость электромагнитных сил от величины смещения

№	Смещение, мм	Компонент	Сила по X, Н	Сила по Y, Н
1	8	COM3ELAR	0.89316E-02	-0.17350E-02
2	16	COM3ELAR	0.70913E-02	-0.29026E-02
3	24	COM3ELAR	0.63514E-02	-0.44404E-02

Было выявлено, что помимо осевых сил, в катушках возникают существенные силы взаимодействия между витками в катушке, а также между соседними катушками, что можно видеть на рисунке 5.

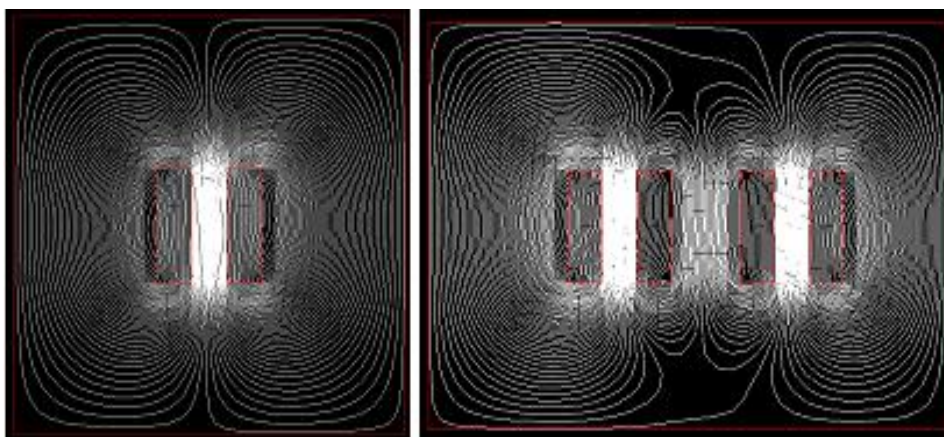


Рисунок 4 – Силы, действующие в проводниках одной катушки

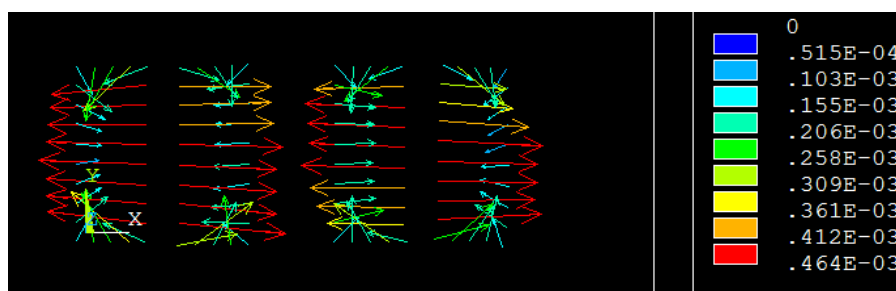


Рисунок 5 – Силы, действующие в проводниках двух катушек

Разработанная модель по своим параметрам как физическим, так и геометрическим соответствует исследуемому генератору, включая характеристики магнитов, катушек индуктивности и т.д. Построение модели было автоматизировано в среде ANSYS с помощью встроенного языка команд APDL. Полученный лог файл позволяет регулировать зазор между ротором и статором, варьировать параметры магнитов и катушек индуктивности (такие как геометрия, коэрцитивная сила магнита, ее направление; плотность тока, число витков, коэффициент заполнения, фаза тока в катушке). Полученные эпюры и электромагнитные характеристики как результат эксперимента предоставлены на рисунке 7-10. Эпюры в векторном виде позволяют видеть не только числовое значение, но и направление векторов, что позволяет получить наглядную характеристику происходящих процессов.

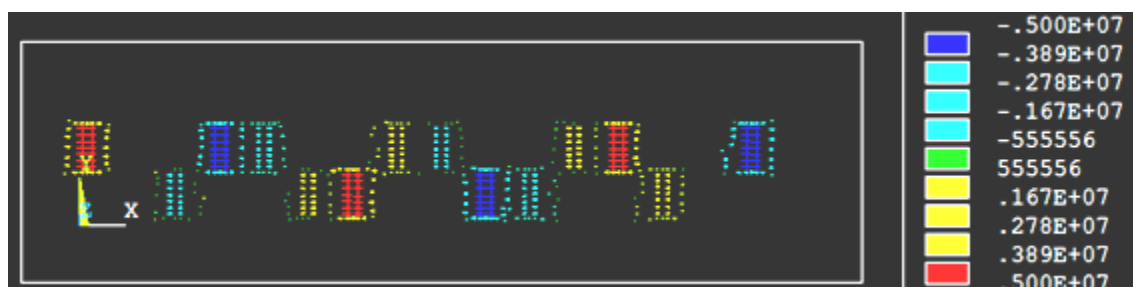


Рисунок 6 – Плотности тока на обмотках катушек индуктивности и фазы

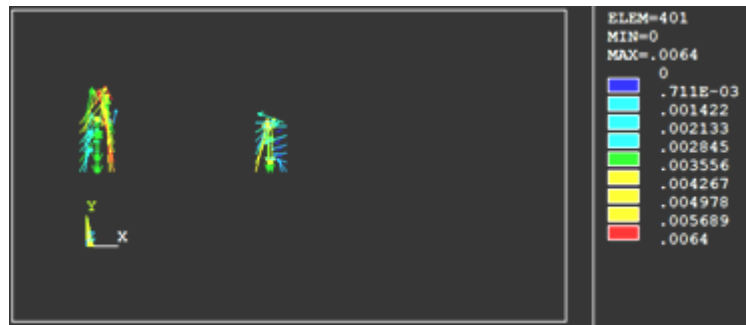


Рисунок 7 – Векторный вид сил возникающих в модели

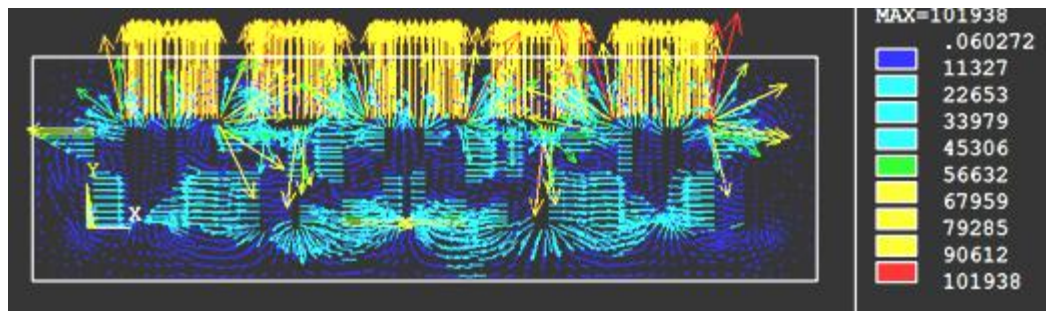


Рисунок 8 – Интенсивность магнитного поля в модели

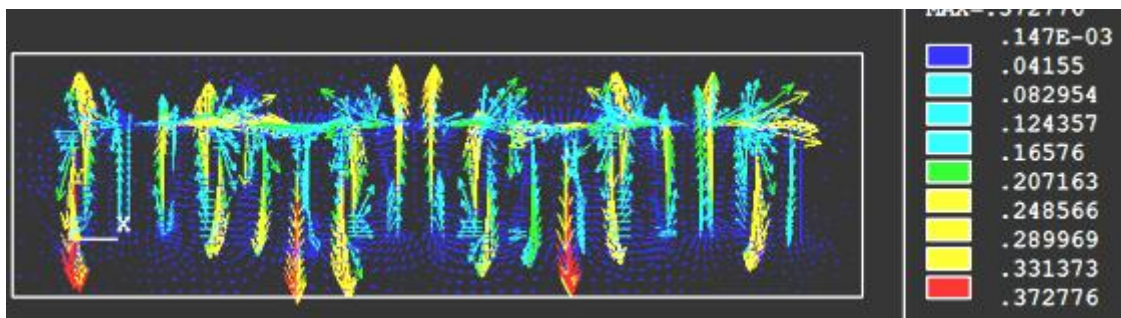


Рисунок 9 – Плотность магнитного поля в модели

Полученные характеристики магнитного поля приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Полученные электромагнитные характеристики

Характеристика	Min значения	Max значение
Плотность тока A/m^2	-5e6	5e6
Электромагнитная сила, Н	0,918	8,264
Плотность магн. поля, Вб	0,000147	0,372
Интенсивность магн. поля, Т	0,0602	101938

Таким образом, была разработана автоматизированная расчетная модель, позволяющая провести электромагнитный анализ взаимодействия катушек с магнитами генератора и определить электромагнитные силы, действующие в модели, а также значения плотности, интенсивности магнитного поля.