

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В СРЕДЕ ANSYS WORKBENCH

Карпенко Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Колбасина Н.А.

Сибирский федеральный университет

Магнитные поля могут появляться в результате действия электрического тока или постоянного магнита. При действии магнитного поля можно определить:

- Электрический потенциал;
- Плотность потока;
- Направленная плотность потока;
- Напряженность поля;
- Направленная напряженность поля;
- Сила;
- Направленная сила/момент;
- Плотность тока;
- Индукцию;
- Потокосцепление.

Решение таких задач актуально для электрических машин, трансформаторов, магнитов, в ускорителях атомных частиц, в случаях индукционного нагрева и прочее.

Среда ANSYS WORKBENCH позволяет рассчитать такие типы задач для 3D моделей. Геометрия при этом может быть единичным твердым телом, единичной твердой деталью состоящей из нескольких тел или обмоточным модулем. Проводник может быть определен из твердотельной геометрии или, в особых случаях, из тел в виде линий. Моделирование магнитных полей требует, чтобы воздух, окружающий физическую модель был смоделирован как часть общей геометрии. Тела в виде линий, используемые для моделирования обмотки, могут существовать вне детали. Во многих случаях, необходимо смоделировать только часть симметрии магнитного устройства. Геометрия может быть построена в полной симметрии в системе CAD, или в части симметрии.

При моделировании магнитного поля возможно использовать следующие типы материалов:

1. Линейные «мягкие» магнитные материалы – обычно используются в случаях низкого насыщения. Требуется относительная магнитная проницаемость. Материал может быть постоянным или ортотропным по отношению к системе координат тела. Ортотропные свойства часто используются для имитации слоистых материалов.

2. Линейные «жесткие» магнитные материалы – используются для моделирования постоянных магнитов. Кривая намагничивания магнита считается линейной. Требуется остаточная индукция и коэрцитивная сила.

3. Нелинейный «мягкий» магнитный материал – используется для моделирования устройств, которые испытывают магнитное насыщение. Требуется кривая намагничивания по индукции. Для ортотропных материалов, можно связать кривую намагничивания с любым ортотропным направлением, указывая константой относительную магнитную проницаемость в других направлениях.

4. Нелинейный «жесткий» магнитный материал – используется для моделирования нелинейных постоянных магнитов. Требуется моделирование кривой размагничивания материала.

Следует отметить, что определение и задание контактов не поддерживается в магнитостатическом анализе.

Точность решения зависит от плотности сетки. Расчет точной силы или крутящего момента требует мелкой сетки в области воздуха, окружающего интересующее тело. Использование треугольных элементов в критических областях должно быть сведено к минимуму. Треугольные элементы используются для перехода от гексагональных к тетраэдрическим элементам.

Управление анализом позволяет выбрать либо прямой, либо итерационный решатель. По умолчанию программа будет использовать прямой решатель. При использовании прямого решателя сходимость гарантируется. Использовать итерационный решатель рекомендуется только в тех случаях, когда возникают проблемы с памятью компьютера. Сходимость не гарантируется при использовании итерационного решателя.

Для магнитостатического анализа начальные условия не задаются. Электромагнитное возбуждение и граничные условия можно приложить к граням. Граничные условия считаются постоянными в области. Возбуждение считается ненулевым краевым условием, которое вызывает электрические или магнитные возбуждения в системе. Граничные условия применяются к полю на внешние грани. Возбуждения применяются к проводникам. Граничные условия могут быть применены и на плоскости симметрии. Инструменты симметрии позволяют задавать симметричные, несимметричные и периодические граничные условия.

Рассмотрим пример решения магнитостатического анализа.

Модель – это $\frac{1}{4}$ симметричного вращающегося ротора, яра статора и обмотки (см. рисунок б). Обмотка – это структура, состоящая из 100 витков, проводящая 10 ампер за 1 оборот. Изначальная модель включает в себя тела в виде линий для изображения центральной линии обмотки.

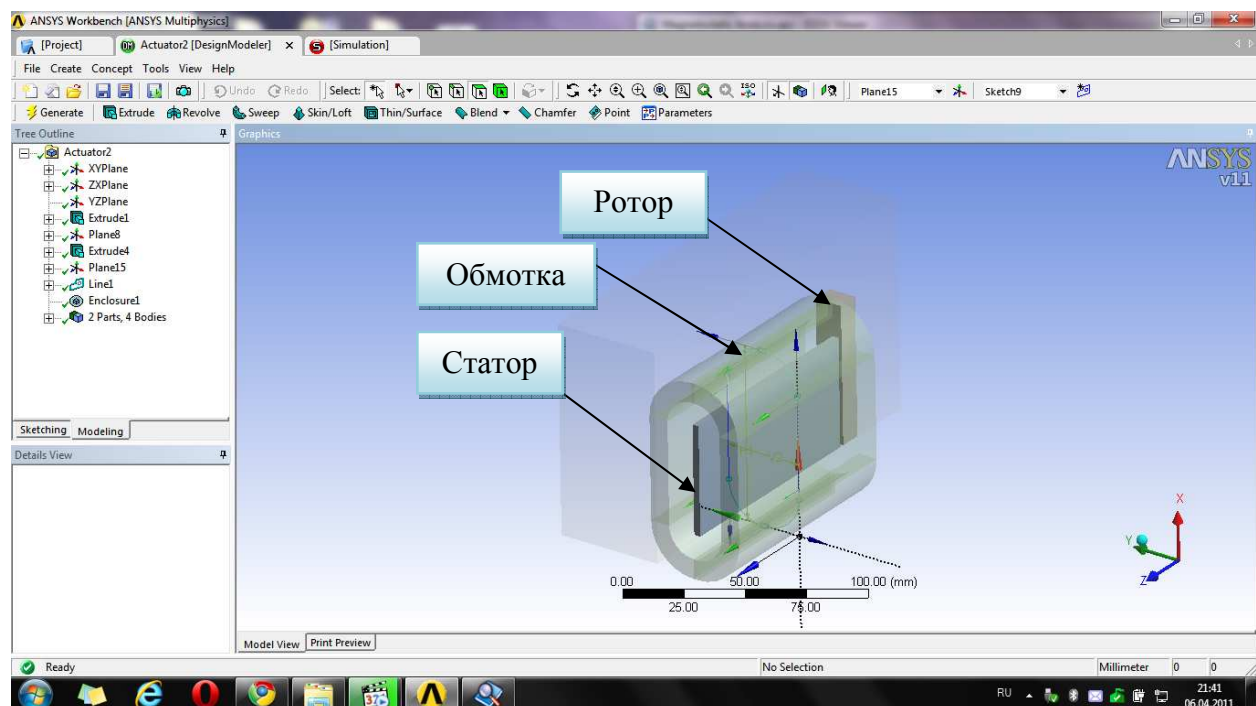


Рисунок 6 – Геометрическая модель

Целью анализа является вычисление силы тяжения, магнитной индукции и потокосцепления. После задания типа анализа (магнитостатический), указываются плоскости симметрии, сила тока (10 А), граничные условия магнитного потока, задается тип элементов сетки (тетраэдрические элементы) и выбираются необходимые результаты решения. Для просмотра магнитной индукции (Тл) необходимо выбрать: Solution → Total Flux Density (см. рисунок 7).

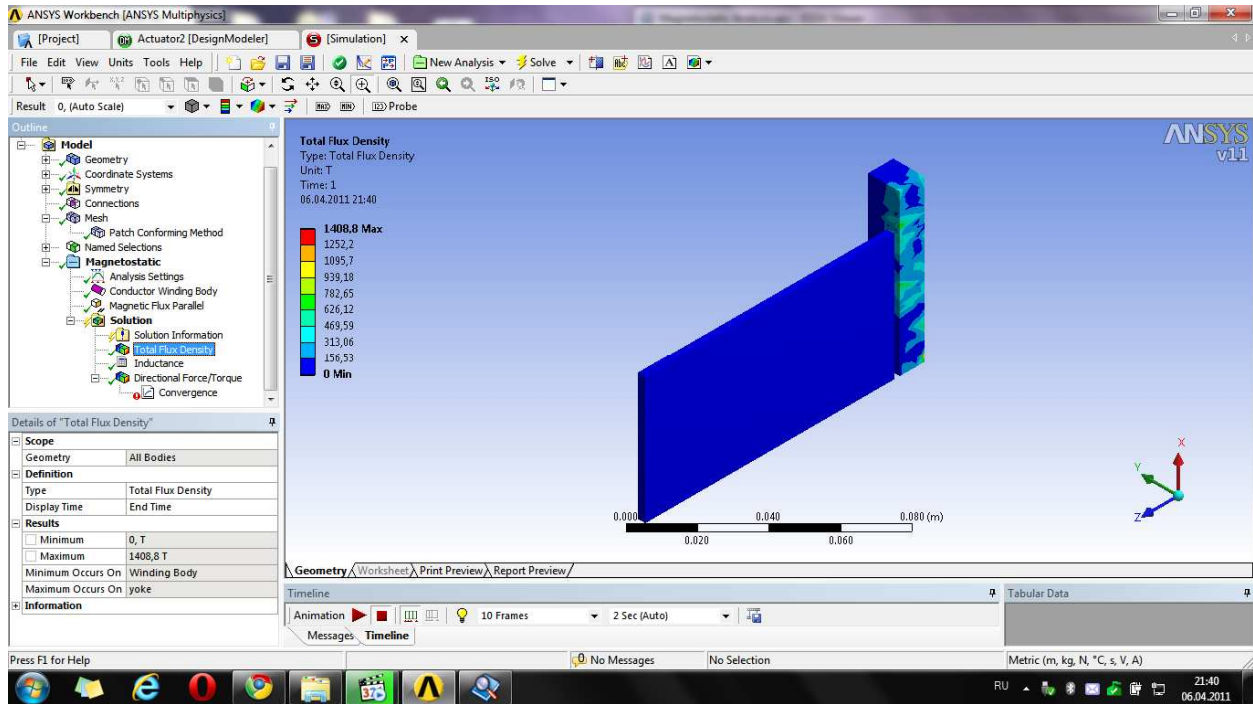


Рисунок 7 – Магнитная индукция

Для отображения силы необходимо выбрать Solution → Directional Force/Torque по выбранной ранее координате (см. рисунок 8).

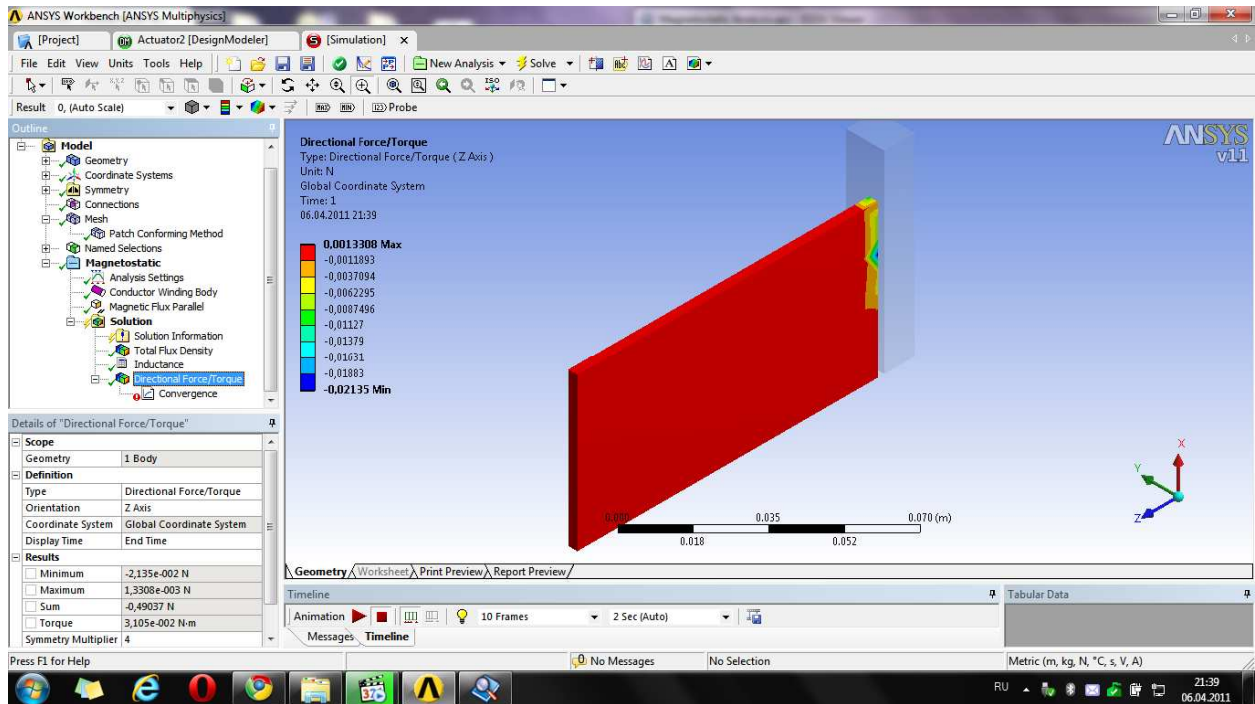


Рисунок 8 – Направленная сила (по оси Z)

Решение данного примера наглядно иллюстрирует теоретический расчет и позволяет существенно сократить трудозатраты при проектировании электрических машин.