

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ ANSYS

Карпенко Е. В.,

научный руководитель канд. техн. наук Колбасина Н. А.
Сибирский федеральный университет

Исследовательская работа выполняется в рамках проекта усовершенствования конструкции торцевого генератора, рассматриваются пути повышения работоспособности конструкции. Основными элементами запатентованной конструкции генератора являются статор, смонтированный в корпусе генератора и ротор, связанный с входным валом машины [1]. Ротор выполнен в виде диска, на котором закреплены постоянные магниты, закрытые полюсными наконечниками, свободная поверхность залита компаундом. Диск ротора соединен ступицей с валом ротора.

Величина воздушного зазора между ротором и статором непостоянна по окружности генератора. В зоне минимального зазора сила тяжения между ротором и статором возрастает, что приводит к увеличению изгибных деформаций диска ротора и дополнительному возрастанию силы тяжения. Неравномерное распределение силы тяжения по окружности приводит к смещению равнодействующей сил тяжения и появлению момента, изгибающего вал ротора генератора. Этот изгибающий момент от неравномерности сил тяжения создает дополнительную нагрузку на подшипниковых опорах и снижает их ресурс. Цель исследования – повышение работоспособности конструкции генератора с заданными характеристиками.

Для достижения поставленной цели решено использовать метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе ANSYS. На основе модели одноблочного генератора с одним ротором и двумя статорами разработана расчетная модель для генератора, состоящего из двух блоков, расположенных на одной оси с двумя роторами и четырьмя статорами. Поскольку существенны только деформации вала с роторами, статоры в модели не учитываются (см. рисунок 1).

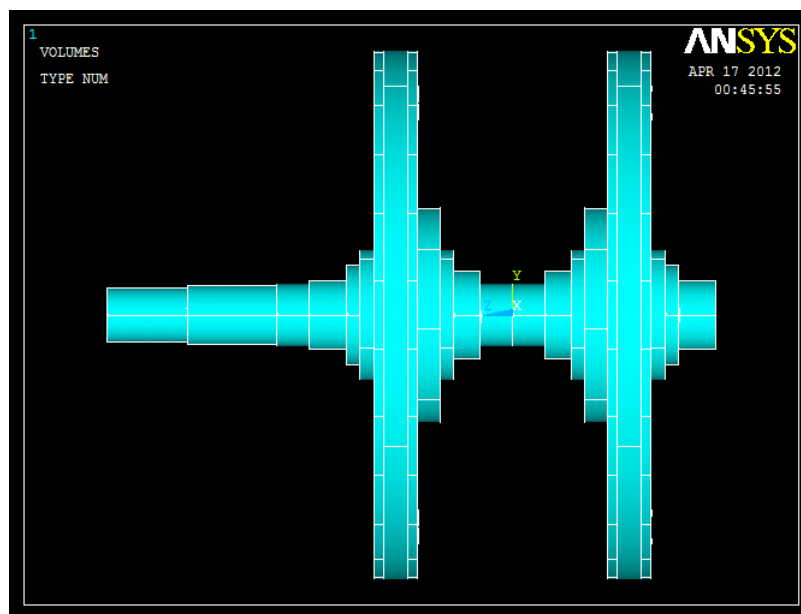


Рисунок 1 – Расчетная модель

Для проведения расчёта и построения упорядоченной сетки модель ротора упрощена за счёт конструктивных элементов, не оказывающих влияние на его напряженно – деформированное состояние.

Решение типичной для ANSYS задачи включает следующие этапы:

- 1 Определение типа элемента, характеристик элемента и материала.
- 2 Создание геометрической модели средствами МКЭ ANSYS.
- 3 Создание сетки конечных элементов.
- 4 Приложение нагрузок и закреплений.
- 5 Выполнение расчета.
- 6 Просмотр результатов.

На построение конечно-элементной модели уходит больше времени, чем на выполнение любой другой части анализа, поэтому рассмотрим ее создание подробнее.

Расчетная модель одноблочного генератора (см. рисунок 2) включает в себя ротор, ступицу и вал. Для построения сетки каждая деталь разбивается на геометрически простые фигуры для последующего создания конечно-элементной сетки. Такое усложнение необходимо для точной подгонки узлов деталей и соответственно более точного решения.

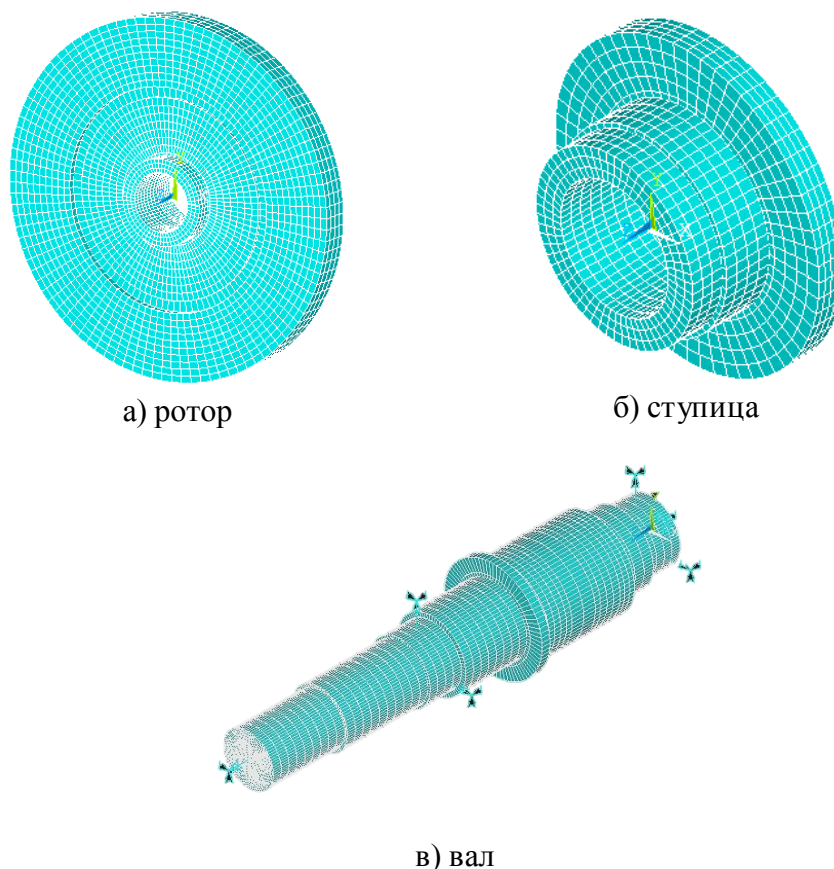


Рисунок 2 – Детали расчетной конструкции

Статор целенаправленно исключен из конечно-элементной модели по ряду причин без нарушения достоверности результатов:

- симметричное расположение статоров между диском ротора приводит к компенсации сил тяжения, действующих со стороны диска ротора в направлении оси вала;
- в конструкции отсутствуют силы, способные привести к существенной деформации статора;
- статор крепится к корпусу генератора независимо от остальных деталей конструкции и, следовательно, не влияет на величину прогиба вала.

Действие статора на диски ротора моделируется действием силы тяжения.

Выведена зависимость силы тяжения от величины воздушного технологического зазора между ротором и статором [3]:

$$\text{Для холостого хода: } F_{\text{тяж}} = 800x^2 - 2880x + 3974$$

$$\text{Для работы под нагрузкой: } F_{\text{тяж}} = 994,25x^2 - 3190,6x + 3983,5$$

где $F_{\text{тяж}}$ – сила притягивающая ротор к статору, Н;

x – величина воздушного зазора по среднему диаметру магнитов, мм.

Площадкой нагружения силой будет вся поверхность магнитов, причём в один момент времени притягивается (работает) каждый второй магнит.

В рассматриваемой конструкции генератора, присутствуют следующие типы граничных условий: запрет в осевом перемещении и гибкая заделка в радиальном направлении в местах посадки подшипников.

Моделирование посадки вала на подшипниковых опорах разбивается на три граничных условия – запрет на перемещение вала в осевых направлениях, гибкая заделка в радиальном направлении и разрешение вращения вала вокруг собственной оси.

На рисунке 3 показаны суммарные перемещения дисков роторов при действии силы тяжения. Максимальные перемещения достигают 17 мм, что не допустимо для работы системы, а результаты требуют уточнения.

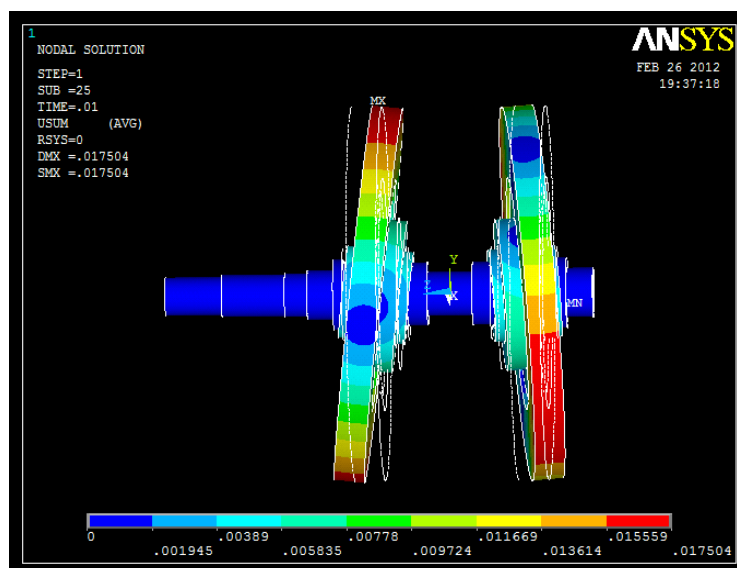


Рисунок 3 – Суммарные перемещения

Автоматизированное построение геометрической модели и приложение нагрузок и ограничений достигается путем использования параметрического языка APDL[2]. В загрузочном LOG-файле в качестве входных параметров задаются базовые размеры и количество элементов в сетке.

Список использованных источников

1 Патент 2246168 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 21/24 / Торцевая электрическая машина / А.Л. Встовский, М.П. Головин и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. – № 2003123588/09; заявл. 24.07.03; опубл. 10.02.05, Бюл. №2. – 6 с.: ил.

2 Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов; под общей ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – С. 224.

3 Федий, К.С. Анализ и расчет синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов / К.С. Федий, А.Л. Встовский // Оптимизация режимов работы электротехнических систем. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск ИПЦ КГТУ. – 2006 г.