

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

**Симович Т.Е., Морозов Д. И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Колбасина Н.А.**

Сибирский федеральный университет

Между обмотками ротора и магнитами статора действует сила тяжения, величина которой существенно зависит от величины воздушного зазора. При допустимых значениях воздушного зазора система ротор-статор находится в равновесии. При увеличении воздушного зазора, величина силы магнитного тяжения между обмотками и магнитами уменьшается, а при уменьшении, сила тяжения увеличивается, что может привести к полному обнулению воздушного зазора, из-за чего произойдет залипание статора и ротора. Такие изменения воздушного зазора могут возникнуть в результате деформации вала ротора под воздействием силы тяжести, силы тяжения и других воздействий возникающих в системе.

Таким образом, становится актуальным определение деформаций конструкции ротора с целью обеспечения требуемой величины воздушного зазора,

Целью данной работы является создание модуля автоматизированного расчета конечно – элементной модели активной части торцевого низкоскоростного синхронного генератора. Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Провести информационный анализ инструментов для препроцессинга геометрии в пакет ANSYS;
2. Разработка твердотельной модели активных частей генератора в пакете ANSYS;
3. Параметризация рабочей области;
4. Автоматизированное задание сил тяжения;
5. Конечно-элементный расчет полученной конструкции.

Если результаты решения указывают на необходимость внесения изменений в проектную разработку, то требуется изменить геометрию модели и повторить весь процесс. Такой подход может оказаться весьма дорогостоящим и длительным, особенно для сложных моделей и при большом числе вносимых изменений. В данной работе эта проблема была решена путем использования языка параметрического проектирования APDL, который является основой при построении твердотельных моделей в ANSYS. В APDL представлена возможность использования параметров в качестве объектов, от которых зависит выполнение некоторой процедуры, и с помощью которых можно снабдить геометрические размеры модели (и другие ее составляющие), предоставляя пользователю возможность менять размеры при последующем анализе. Что существенно сокращает время работы потраченное на анализ той или иной задачи.

Библиотека ANSYSRotorAnalyse является подсистемой программного комплекса «Система МикроГЭС проектировщик» и предназначена для проведения конечно-элементного расчёта с целью проверки работоспособность генератора по следующим критериям:

- анализ максимальных осевых деформаций диска ротора на наружном диаметре, влияющих на эксплуатационные показатели торцевой машины. Критерием

работоспособности здесь выступает условие $\delta_{\max}^E \leq [\delta]$, где δ_{\max}^E - максимальное перемещение диска ротора в осевом направлении, δ - воздушный технологический зазор. В случае нарушения этого условия происходит залипание между диском ротора и торцевыми поверхностями пазов обмотки статора;

- локализация мест концентраций напряжений, а также исследование в них максимальных эквивалентных напряжений. Критерием работоспособности выступает условие $S = \frac{[\sigma_{\text{тек}}]}{\sigma_{\text{max}}} \geq 1,2$, где S – коэффициент запаса, σ_{max} – максимальные эквивалентные напряжения в местах концентраций напряжений, $\sigma_{\text{тек}}$ – предел текучести материала. Расчёт максимально допустимых напряжений происходит по теориям: максимальных касательных напряжений; максимальных эквивалентных напряжений; максимальных растягивающих напряжений и теории Мора-Кулона.

В качестве трёхмерной модели для структурного расчёта работоспособности генератора возникла необходимость автоматизированного моделирования ротора и вала. Использование существующей твердотельной модели, выполненной в САД-среде SolidWorks является нецелесообразным из-за необходимости упростить и адаптировать эту модель к структурному расчёту системы Ansys. Такими упрощениями являются:

- использование сборки наконечника магнита в виде единой детали
- удаление крепежных отверстий наконечника магнита;
- удаление шпоночного соединения вал-основание ротора;
- удаление скруглений и фасок на диске и основании ротора;
- удаление сборок подшипников;
- удаление отверстий для болтового соединения диск ротора - основание ротора.

Структура библиотеки представляет собой набор модулей, взаимодействующих друг с другом. Алгоритм работы подсистемы следующий (см. рисунок 1):

1. Модуль RotorModeling считывает геометрию ротора из базы данных комплекса «Система МикроГЭС проектировщик». Входные параметры, которые использует подсистема ANSYSRotorAnalyse, рассчитываются подсистемами «оптимизационный расчёт генератора» и «модуль конструирования».

2. Пользователь выбирает показатель «Качество сетки».

3. Формируются файлы, необходимые для структурного расчёта ротора.

4. Проектировщик, обладающий навыками работы с системой Ansys, анализирует полученную расчётную модель и делает вывод о работоспособности генератора.

5. Проектировщик вносит в базу данных значения характеризующие работоспособность генератора. Выходной параметр «Работоспособность ротора» может принимать одно из следующих значений: «работоспособен», «неработоспособен», «ошибка при расчёте». Последнее значение присваивается параметру, если при попытке произвести расчёт Ansys выдал сообщение об ошибке. Это может быть причиной ряда факторов: недостаточно мощный компьютер для того, чтобы произвести расчёт; геометрия, передаваемая из базы – некорректна, а значит, следует проверить значения все значения, хранимые в базе данных.

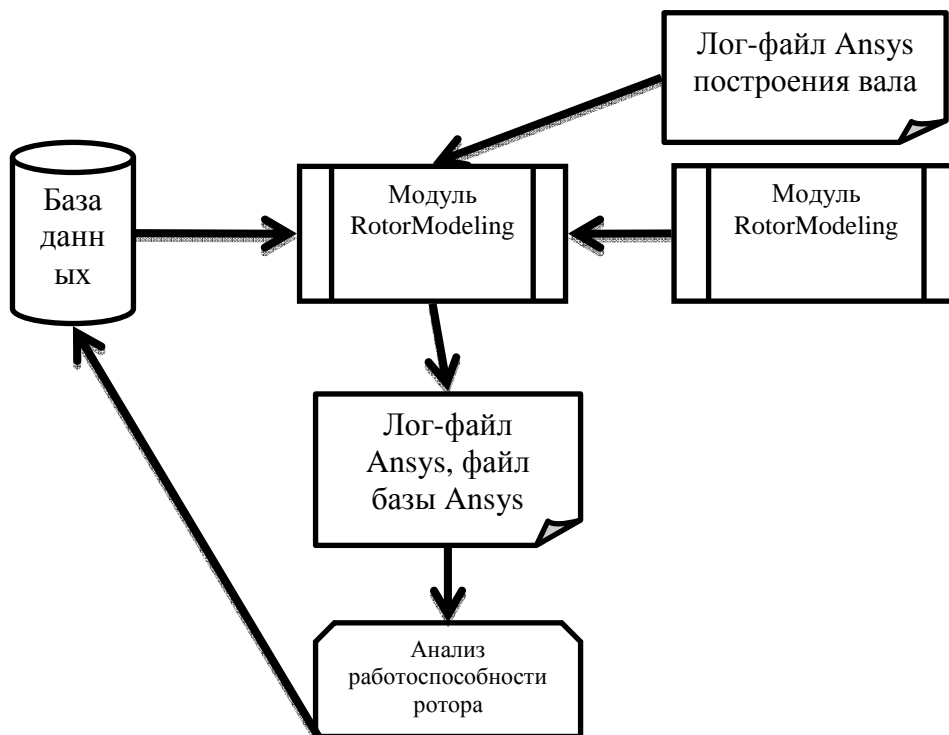


Рисунок 1 – Алгоритм использования библиотеки ANSYSRotorAnalyse

В результате, была создана программная библиотека ANSYSRotorAnalyse, которая существенно сокращает время создания расчётной конечно-элементной модели торцевого синхронного генератора. С учётом количества различных вариантов геометрических параметров генератора ранее невыполнимая задача оценки работоспособности всех вариантов из коллекции становится вполне осуществимой. Благодаря реализации модуля в виде динамически-подключаемой библиотеки dll он легко подключается к интегрированному комплексу «Система МикроГЭС проектировщик», а её функционал в дальнейшем может использоваться сторонними разработчиками.