

Таблица 2. Характеристики двигателя с омедненным ротором

bk, мм	I <sub>ф</sub> , А	cosφ, о.е.	M, кН·м	n, об/мин	Потери в роторе, кВт	s, %
5	531,2	0,646	2,7	987,2	14,8	1,28
3,5	501,6	0,683	2,7	983,8	16,6	1,62
2	484,3	0,71	2,7	977,1	22,1	2,29

Таблица 3. Сравнительные данные

Параметр	Короткозамкнутый ротор	Массивный ротор с высокопроводящей гильзой	Массивный ротор с омеднением
Коэффициент мощности, о.е.	0,86	0,73	0,7
Ток статора, А	394	476,4	484
Сумма потерь в роторе, кВт	8	12,9	16,6
Кратность пускового момента, о.е.	1,2	1,7	–
Кратность пускового тока, о.е.	5,4	4,6	–

Применение массивного ротора приводит к ухудшению энергетических характеристик в сравнении с короткозамкнутым ротором – снижению коэффициента мощности двигателя, увеличению потерь в обмотке статора и суммарных потерь в роторе, в то же время двигатель с массивным ротором обладает лучшими пусковыми характеристиками.

Исходя из результатов расчета массивного ротора с медным цилиндром на поверхности, приведённых в таблице 3, применение стали с высокой электропроводностью является более предпочтительным по всем показателям.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Нейман Л. Р.: поверхностный эффект в ферромагнитных телах. – Ленинград; Москва: Изд-во Госэнергоиздат, 1949. – 190 с.
2. Куцевалов В.М: вопросы теории и расчета асинхронных машин с массивными роторами. – Москва; Ленинград: Изд-во Энергия, 1966. – 304 с.

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Г. Гарганеев, профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

### РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ ANSYS MAXWELL

Б.С. Доржиева, А.Б. Раднаев  
Томский политехнический университет  
ИШЭ, ОЭЭ, группа А0-28

Сложность аналитических исследований процессов, протекающих в электрических машинах, обусловлена одновременным изменением нескольких факторов. Большую роль играет нелинейность кривой намагничивания, зависимость параметром машины от нагрузки, появление вихревых токов в массивных элементах, взаимное влияние электромагнитных и механических процессов [1].

В настоящее время для исследования электрических машин широко используется численное моделирование. Моделирование, основанное на расчете электромагнитных, силовых и других полевых задач методом конечных элементов (МКЭ), при условии корректной постановки задачи отличается высокой точностью, быстрой скоростью вычисления и наглядным представлением результатов.

Рассмотрим разработку модели электрической машины на примере турбогенератора. В работе приведены результаты конечно-элементного моделирования турбогенератора в среде ANSYS MAXWELL.

В таблице 1 приведены номинальные данные турбогенератора.

Таблица 1. Номинальные данные турбогенератора

Наименование	Значение
Номинальная активная мощность, МВт	350
Номинальная полная мощность, кВА	411,765
Номинальный коэффициент мощности, о.е.	0,85
Число фаз	3
Частота питающей сети, Гц	50
Частота вращения ротора, об/мин	3000
Номинальное напряжение, кВ	20

Исходными данными для построения модели служат размеры активной зоны и обмоточные данные статора и ротора. Сердечник статора турбогенератора выполнен из шихтованной электротехнической стали. Ротор выполняется из стальной поковки. Обмотка статора – трехфазная, двухслойная, с укороченным шагом. Обмотка ротора выполняется из полосовой меди [2].

Для аналитического расчета в ANSYS MAXWELL встроен пакет RMXprt, из которого можно получить двух- или трехмерную модель (Maxwell 2D или Maxwell 3D). Аналогичным образом была построена двухмерная модель турбогенератора. На рисунке 1 в качестве примера решения полевой задачи показано распределение магнитной индукции в поперечном разрезе машины.

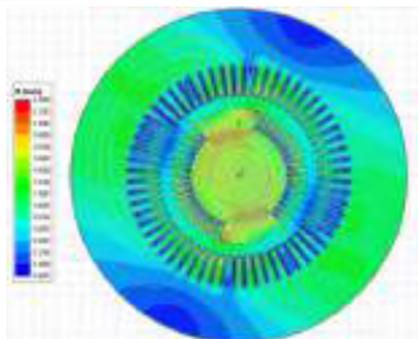


Рис. 1. Распределение магнитной индукции в поперечном разрезе турбогенератора в номинальном режиме

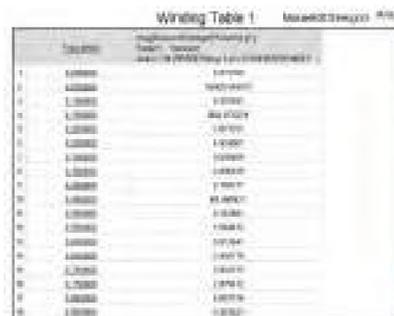


Рис. 2. Гармонический состав выходного напряжения генератора

Получены высокие значения индукции в роторе и коронках зубцов статора, что может привести к увеличению потерь и нагреву участков магнитопровода, в связи с чем необходима оптимизация размеров активной зоны или применение схемы охлаждения, обеспечивающей эффективный отвод тепла.

В качестве результатов могут быть выбраны графики напряжений, токов, моментов, мощностей, индуктивностей, потоков. Результаты также могут быть представлены и в табличном виде, например, гармонический состав выходного напряжения генератора (рисунок 2).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учебное пособие для вузов / О.Д. Гольдберг, О.Б. Буль, И.С. Свириденко, С.П. Хелемская; Под ред. Гольдберга О.Д. – Москва: Высшая школа, 2001. – 512 с.
2. Турбогенераторы : монография / В.В. Титов, Г.М. Хуторецкий, Г.А. Загородная и др. – Ленинград: Ленинградское отделение издательства «Энергия», 1967. – 894 с.

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Г. Гарганеев, профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ.