

1. Учитывая объективную необходимость эксплуатации трансформаторов со сверхнормативным сроком эксплуатации, для повышения надежности их работы целесообразно проводить в процессе эксплуатации комплексные диагностические обследования, позволяющие получить объективную оценку состояния трансформаторов и осуществить правильное планирование ремонтов.

2. Реализовывать программы по внедрению систем автоматизированного мониторинга и диагностики на трансформаторах 35-220 кВ и систем on-line диагностики на трансформаторах 6-20 кВ для своевременного выявления и устранения неисправностей.

3. Для существенного снижения затрат на эксплуатацию и ремонт силовых трансформаторов необходима реализация долгосрочной программы модернизации с применением современного высоконадежного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Б.А., Несвижский Е.И. Система контроля и диагностики состояния трансформаторов // Электрические станции. – 2000. – №3. – С. 48-50.

2. Чупак Т. М. Прогнозирование технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов дис. канд. тех. наук. – Красноярск, 2007. – 196 с.

3. Аль Хамри Саид Сейф Сабир Исследование дефектов в силовых трансформаторах и разработка мероприятий по повышению эффективности их диагностирования: дис. канд. тех. наук. – Иванова, 2005. – 152 с.

4. Ярославкина Е. Е. Информационно-измерительная система стендовых испытаний силовых трансформаторов в режимах холостого хода и короткого замыкания: дис. канд. тех. наук. – Самара, 2010. – 168 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ СТАТОРА С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Л.Ю. Бурцев, А.Б. Серов, Д.Э. Асатурян

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Введение

Однофазные асинхронные электродвигатели применяются в различных сферах применения, преимущественно бытовых, таких как холодильные установки, стиральные машины, станки по обработке дерева и металла, системы вентиляции и отопления, а также в других сферах. Для большинства перечисленных устройств важно, чтобы электродвигатель имел высокий номинальный момент, а также обладал высокой кратностью пускового

момента, особенно необходимой для двигателя, применяемого в приводе компрессоров холодильных установок, для обрабатывающих станков по дереву и металлу, а также для различных дробильных и измельчительных установок. Не менее актуально данная проблема проявляется при питании устройств от сети с пониженным напряжением, что часто встречается в нашей стране в отдаленных районах, в сельской местности и даже в пригородных поселках.

Повышение номинального момента, а также повышение пускового момента однофазных асинхронных электродвигателей является актуальной задачей для предприятий, занимающихся проектированием и производством данных двигателей. Решение указанной задачи позволит обеспечить стабильную и безопасную работу вышеперечисленных устройств. Кроме этого, для некоторых устройств и приборов за счет увеличения кратности пускового момента можно будет рекомендовать асинхронные двигатели меньшей мощности, что позволит решить ряд других задач, таких как снижение массогабаритных показателей установок и уменьшения стоимости готового изделия за счет снижения расхода активных материалов.

Объектом моделирования стал однофазный асинхронный двигатель с рабочей и пусковой обмотками, используемый в шлифовальных машинах настольного исполнения (электроточило «Томск-УХЛ 4», потребляемая мощность $P = 460 \text{ В} \cdot \text{А}$, напряжение питания $U = 220 \text{ В}$, номинальная частота вращения $n = 2700 \text{ мин}^{-1}$.

Исследования однофазного асинхронного электродвигателя с модифицированной конструкцией статора проводились путем моделирования в программной среде ANSYS Software. Расчёт момента вращения в программе ANSYS Maxwell 2D осуществлялся путем дифференцирования величины энергии магнитного поля в воздушном зазоре машины по углу поворота ротора. Модель в среде Maxwell является динамической и представлена системой интегро-дифференциальных уравнений, которые, в свою очередь показывают изменение состояния электромеханического объекта во времени при наличии управляющих воздействий. Модель асинхронного однофазного электродвигателя УХЛ-4, импортированная в программе Ansys Maxwell 2D, представлена на рис. 1, 2.

Задачи повышения момента имеет различные технические решения. Одно из таких решений предложено коллективом авторов Томского политехнического университета [1]. Основная суть предложенного решения заключается в расположении в зонах магнитных осей пусковой обмотки немагнитных сквозных зазоров, что позволяет снизить индуктивность ротора до двух раз по сравнению с обычной конструкцией статора. В результате снижения индуктивности обмотки ротора удастся достичь снижения величины индуктивного сопротивления фазы ротора, и, соответственно, повышения пускового момента.

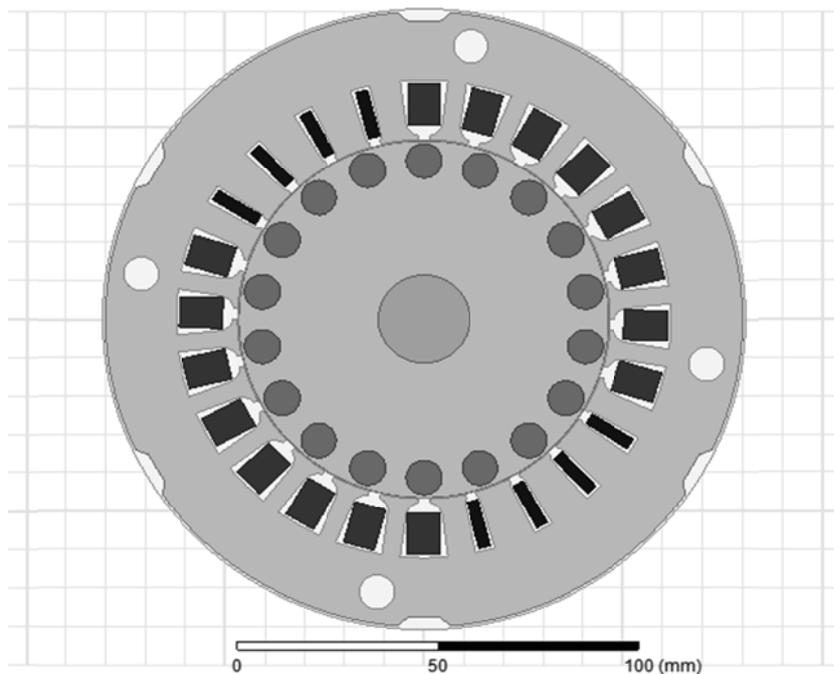


Рис.1. Модель асинхронного однофазного электродвигателя УХЛ-4, импортированная в программе Ansys Maxwell 2D

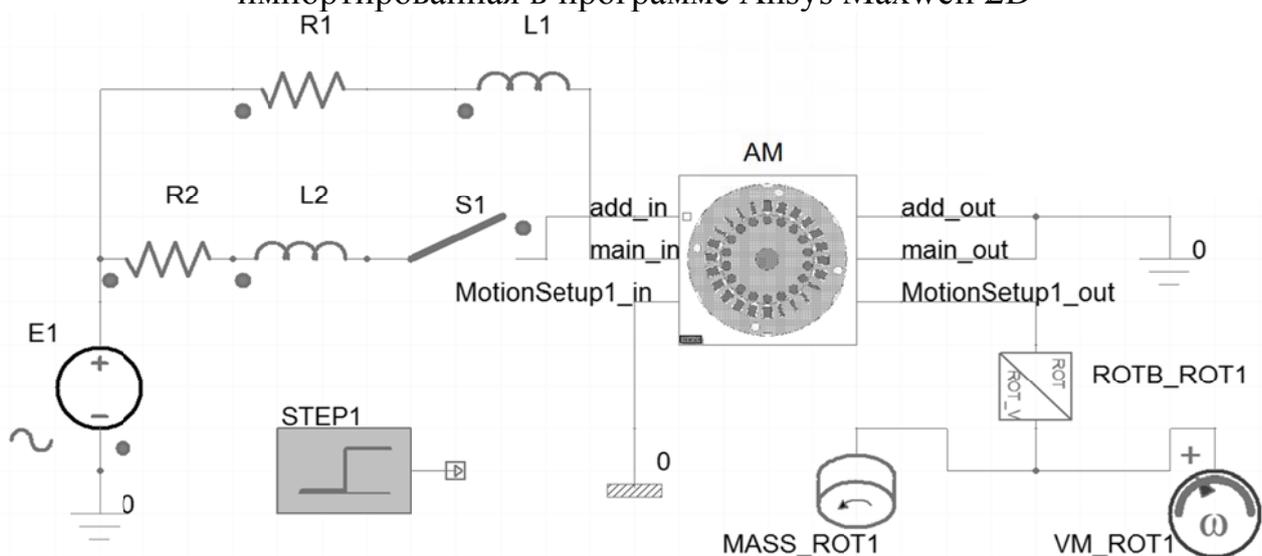


Рис. 2. Схема управления однофазного асинхронного электродвигателя в Ansys Simplorer

По результатам исследований проводился анализ механических характеристик нескольких вариантов исполнения однофазного асинхронного электродвигателя при равных условиях испытаний:

1 вариант. Электродвигатель с традиционной конструкцией статора серийного производства (прототип).

2-7 варианты. Электродвигатели модернизированной конструкции, изготовленные в соответствии с предложенным техническим решением и отличающиеся друг от друга положением немагнитных зазоров в статоре электродвигателя в области пазов пусковой и рабочей обмоток (рис.3).

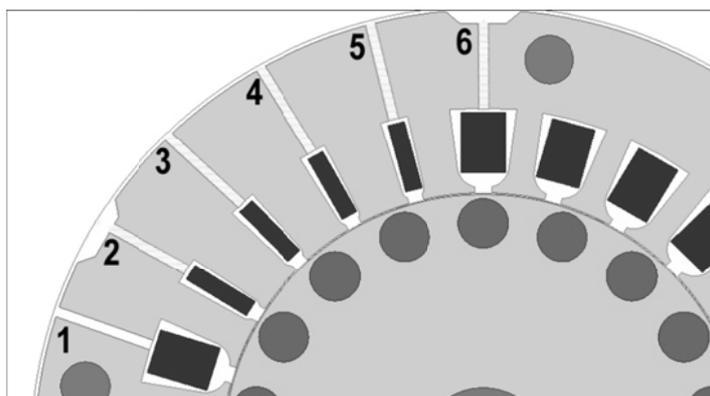


Рис. 3. Модернизированная конструкция двигателя с различным положением немагнитных зазоров статора в программе Ansys Maxwell 2D.

Результаты моделирования различных положений немагнитных зазоров указанных конструкций обобщены и представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Конструкция электродвигателя	Номинальная скорость вращения	Время разгона	Средний пусковой момент	Увеличение момента	Уменьшение времени пуска
Прототип	2700 об/мин	1.83 с	0.86 Н·м	+0%	-0%
Положение выреза №1	2700 об/мин	1.64 с	0.92 Н·м	+6.9%	-10.4%
Положение выреза №2	2700 об/мин	1.48 с	1.06 Н·м	+23.2%	-19.1%
Положение выреза №3	2700 об/мин	1.3 с	1.22 Н·м	+41.8%	-29%
Положение выреза №4	2700 об/мин	1.32 с	1.2 Н·м	+40.1 %	-28%
Положение выреза №5	2700 об/мин	1.64 с	0.94 Н·м	+9 %	-10.3%
Положение выреза №6	2700 об/мин	2.10 с	0.75 Н·м	-14%	+12%

Семейство механических характеристик рассмотренных модификаций и прототипа представлено на рис. 4. Стоит отметить, что механическая характеристика прототипа с учетом момента инерции вращающихся масс (ротор и шлифовальные круги) в значительной степени совпадает с экспериментальными данными, полученными в результате натуральных испытаний прототипа на динамометрическом стенде, что свидетельствует об адекватности рассматриваемой модели электродвигателя. Последнее в свою очередь позволяет осуществлять сравнительный анализ математических моделей модификаций и прототипа.

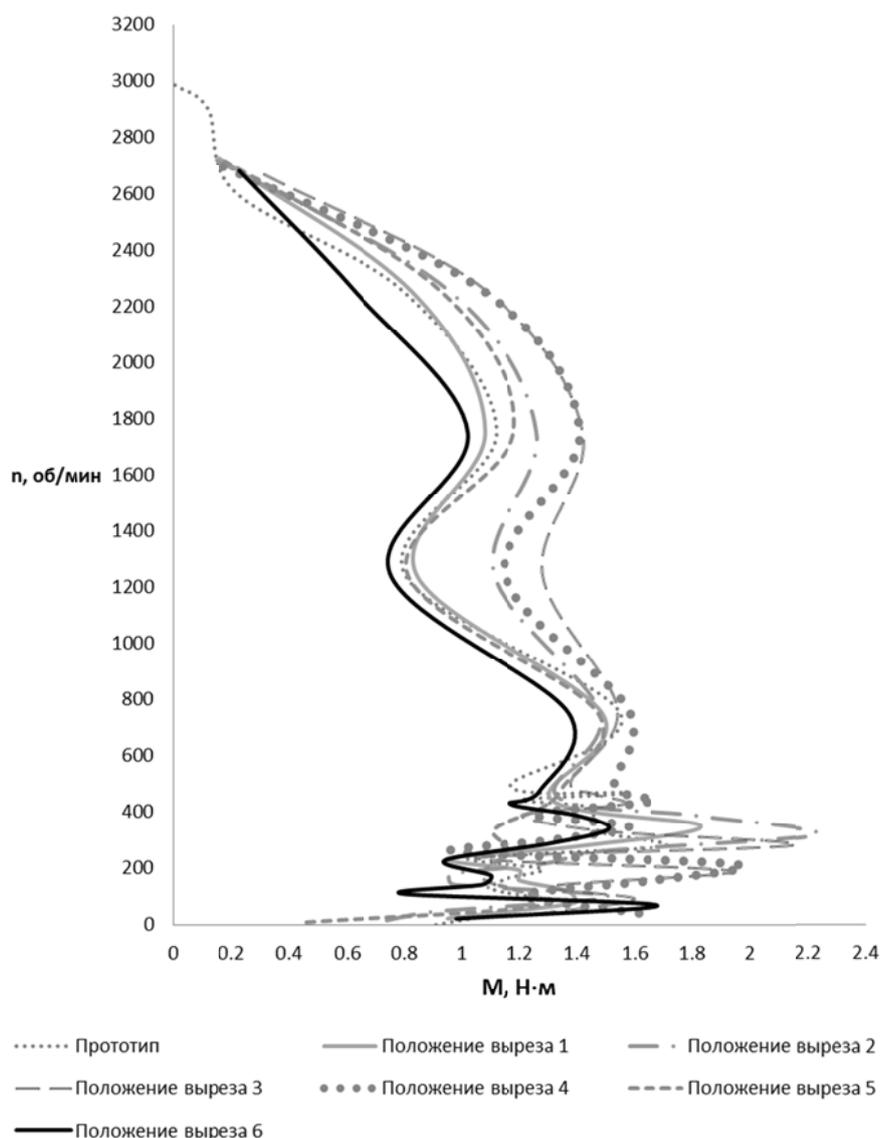


Рис. 4. Семейство механических характеристик для различных положений немагнитных вырезов

Выводы

1. Моделирование магнитного состояния двигателя выполнялось через конечно – элементный комплекс ANSYS Maxwell 2D. Выбор данного программного продукта обусловлен его широкими возможностями – решение задач по переходным процессам (во временной области); в моделирование включены эффекты вращательного движения.

2. Через анализ результатов моделирования было выявлено оптимальное место расположения немагнитного зазора (положение №3) в области пазов пусковой обмотки.

3. Использование модифицированной конструкции статора (положение №3) позволило получить более высокие пусковые характеристики, в частности увеличение пускового момента на 41.8% и уменьшения времени пуска на 29%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2 5101 20 РФ, МПК Н 02К 17/08. Однофазный электродвигатель / С.И. Качин, О.С. Качин (РФ). – №2 012 139 937/07; заявл. 18.09.12; опубл. 20.03.14. Бюл. № 8. – 8 с.
2. ANSYS, Inc.: современные методы моделирования электромагнитного поля [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cae-expert.ru/sites/default/files/sovremennye_metody_modelirovaniya_elektromagnitnog_o_polya.pdf
3. Специальные электрические машины: источники и преобразователи энергии: учебное пособие для вузов / А.И. Бертинов, Д.А. Бут, С.Р. Мизюрин и др.; под ред. А.И. Бертинова. М.: Энергоиздат, 1982. – 552 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА

И.В. Дорощенко

Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого, Республика Беларусь, Гомель

Введение

Электромагнитная совместимость электрооборудования становится актуальной проблемой вследствие увеличения суммарной мощности электроприводов с регулированием частоты вращения посредством силовых полупроводниковых преобразователей [1, 2, 3]. Повышенные требования к параметрам качества электрической энергии питающей сети ставят актуальной задачу исследования влияния работы испытательных стендов на основе асинхронно-вентильного каскада (АВК) на сеть. Важнейшим фактором в проблеме электромагнитной совместимости являются генерирование преобразователями высших гармоник тока и напряжения и влияние их на качество электроэнергии. Гармонический спектр тока, генерируемый АВК, зависит, в основном, от типа вентильного преобразователя, используемого в схеме. Обеспечение электромагнитной совместимости возможно посредством минимизации высших гармоник напряжения и тока, генерируемых силовыми полупроводниковыми преобразователями в электрическую сеть. Наличие высших гармоник в кривой сетевого напряжения снижает надежность и качество работы электрооборудования технологических установок [1, 3].

В последние годы в электроприводах переменного тока и в системах электропитания различных потребителей широко используют инверторы напряжения, корректоры коэффициента мощности и активные выпрямители, которые способствуют основной мировой тенденции - энергосбережению [4]. Для обеспечения высокого качества электрической энергии на входе и (или) выходе таких преобразователей применяют различные виды широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [5], [6]. Искажения напряжения сети, вносимые