

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОКУПАЕМОСТЬ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Рыбак А.Д., Зарницын А.Ю., Власов К.С.
Научный руководитель – Леонов С.В.
Томский политехнический университет,
e-mail: anna_rybak96@mail.ru

Введение

В современном мире развитие ресурсоэффективных технологий и создание новых материалов приводит к прогрессу в разработке новых электротехнических систем и принципов их управления. Одним из самых популярных сейчас является совершенствование теории проектирования синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ). Развитие данной теории влечет за собой разработку и внедрение новых методов расчета и конструирования. В работе использовался один из методов расчета СДПМ с применением специального ПО на базе теории расчета магнитных полей. Задачей проводимого исследования является разработка метода проектирования СДПМ с ротором без магнитопровода.

1. Конструкция СДПМ

Рассмотрим конструкцию СДПМ. Основной частью ротора являются магниты. Статор представляет собой три обмотки, соединенные по схеме «звезда». При подаче трехфазного переменного напряжения создается вращающее магнитное поле, которое при взаимодействии с магнитным полем ротора создает крутящий момент. Частота вращения ротора и частота вращения магнитного поля совпадают, по этой причине двигатель называют синхронным. Важнейшей особенностью данного двигателя является наличие у него абсолютно жесткой механической характеристики в определенном диапазоне нагрузок.

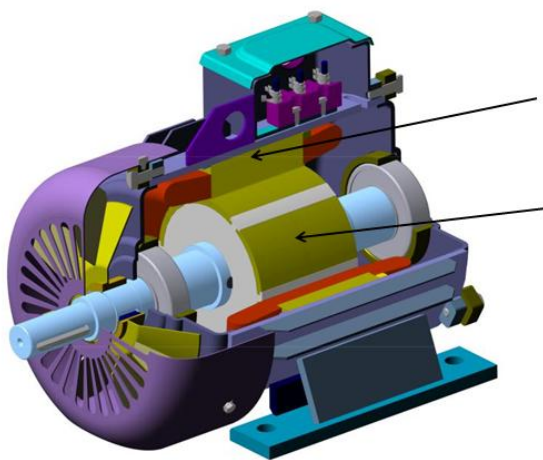


Рис.1. Конструкция СДПМ

2. Обеспечение высоких энергетических характеристик

В СДПМ применяются магниты со следующими свойствами:

1. Наличие большой коэрцитивной силы;
2. Наличие малой магнитной проницаемости;
3. Наличие высокой остаточной индукции.

Данные свойства магнитов служат для обеспечения высоких энергетических характеристик привода. Помимо свойств магнитов на высокие энергетические характеристики влияют геометрические характеристики ротора такие как: заполняемость ротора магнитами, ширина воздушного зазора, геометрическая форма ротора и пр.

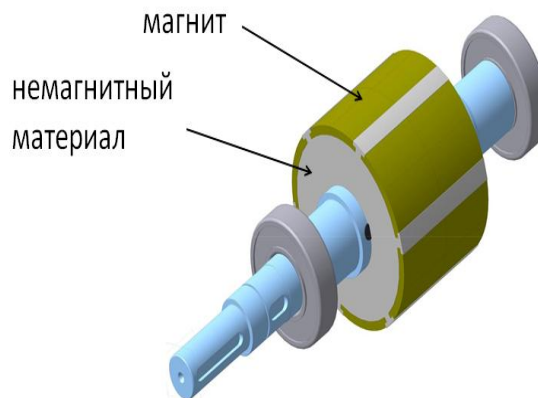


Рис.2. Конструкция ротора СДПМ

3. Методы проектирования электрических машин

Традиционные методы проектирования электрических машин с постоянными магнитами представляют собой набор аналитических формул, по которым производится расчет. Метод имеет один существенный недостаток - аппроксимацию формул. Принимаются допущения с целью упрощения, в результате которых в процедуру вносится существенная погрешность порядка 15-20 %. С развитием современной вычислительной техники появилась и возможность изменить процедуру проектирования СДПМ.

При применении прямого метода расчета учет всех факторов значительно усложняет саму процедуру расчета. Современный же подход к процедуре проектирования заключается в применении специализированных программных средств. В них производится расчет как электротехнических параметров, так и магнитных полей, используя метод конечных элементов. Примером такого ПО является Ansys.

4. Макетный образец двигателя

Для проведения ряда экспериментов был создан макет СДПМ со следующими параметрами:

1. номинальное напряжение – 380 В;
2. номинальная мощность – 370 Вт;
3. номинальный ток – 1,2 А;
4. номинальная скорость – 3000 об/с.

Был поставлен ряд экспериментов, в результате которого были определены энергетические и эксплуатационные характеристики двигателя. В дальнейшем на основании макетного образца в ПО Ansys была создана модель. Для проверки адекватности модели и возможности ее дальнейшего использования был проведен сопоставительный анализ значений КПД. Анализ позволил судить о разумности применения методов моделирования СДПМ в ПО Ansys. В дальнейшем модель использовалась для проектирования СДПМ с КПД 92%

5. Сравнительный анализ АД с КЗ ротором и СДПМ

Стоимость СДПМ выше чем АД с КЗ ротором, с ростом полезной нагрузки расхождение в стоимости растёт, это объясняется пропорциональной зависимостью между количеством постоянных магнитов и полезной мощностью. По сравнению с АД с КЗ ротором одним из достоинств СДПМ является высокий КПД. По энергетическим характеристикам АД с КЗ ротором также уступает СДПМ.

Заключение

Выделим основные результаты исследования:

1. разработана технологическая конструкция синхронного двигателя с постоянными магнитами для общепромышленного применения;
2. создана инженерная методика проектирования синхронных двигателей с постоянными магнитами большой мощности;
3. определена экономическая целесообразность использования и сроки окупаемости двигателей мощностью до 25 кВт при условии их непрерывной работы;
4. исследован макетный образец двигателя с ротором без магнитопровода мощностью 370 Вт;
5. спроектирован и изготавливается двигатель мощностью 6 кВт с КПД = 92%.

Литература

1. Муравлев О.П., Леонов С.В., Фокин В.В. Расчёт статических характеристик низкоскоростного синхронного двигателя с концентрацией магнитного потока // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. № 6. С. 32-35.
2. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макасеев Ю.Н., Кремлёв И.А.

Анализ влияния геометрии постоянных магнитов на энергоэффективность электромеханических систем // Известия высших учебных заведений. Физика. 2016. Т. 59. № 2. С. 126-130.

3. Леонов С.В. Вопросы моделирования магнитного поля электромеханических систем с постоянными магнитами // Решетневские чтения. 2011. Т. 2. № 15. С. 463-465.

4. Леонов С.В., Федянин А.Л., Муравлев О.П. Статическая модель герметичного синхронного двигателя дискового типа с магнитосвязанными полюсами // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2008. Т. 312. № 4. С. 125-127.

5. Fedyanin A.L., Leonov S.V., Muravlev O.P. Experimental investigation of a sealed A.C. motor of disk type // В сборнике: Modern Techniques and Technologies MTT' 2005 proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference of Students, Post-graduates and Young Scientists. Tomsk Polytechnic University. 2005. С. 92-94.

6. Букреев В.Г., Леонов С.В., Богданов А.А., Чарухин А.Г. Некоторые вопросы моделирования бесконтактных двигателей постоянного тока с распределенными обмотками // Депонированная рукопись № 1075-B2003 02.06.2003