

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.А. Кремлёв

ivankremlyov@mail.ru

*Научный руководитель: Леонов С.В., к.т.н., доцент кафедры
ИКСУ, Томский политехнический университет*

Современное развитие прецизионные системы и устройства начали в конце 70-х годов XX-го века одновременно с созданием космического аппарата «Луч», на котором требовалось одновременное и независимое наведение четырех антенн, две из которых являлись крупногабаритными. Здесь были впервые в отрасли реализованы принципы цифрового управления, впервые были созданы приборы, входными сигналами которых являлись коды скоростей, а выходными – коды текущих углов поворота [1]. Для того, чтобы рассчитать и проанализировать прецизионные системы, не обойтись без современных технологий.

В настоящее время для расчета параметров электромагнитных полей двигателей и приводов используются специальные программные комплексы. Одним из мощнейших инструментов является программа Maxwell от компании Ansys. ANSYS Maxwell – это ведущее программное обеспечение для моделирования двумерных и трехмерных электромагнитных полей, используемое для исследования и проектирования двумерных и трехмерных моделей, датчиков, трансформаторов, двигателей и других электромеханических и электрических устройств различного применения. Она базируется на методе конечных элементов (Finite Element Method – FEM) и точно рассчитывает гармонические, а также статические электрические и электромагнитные поля и переходные процессы в полевых задачах [2].

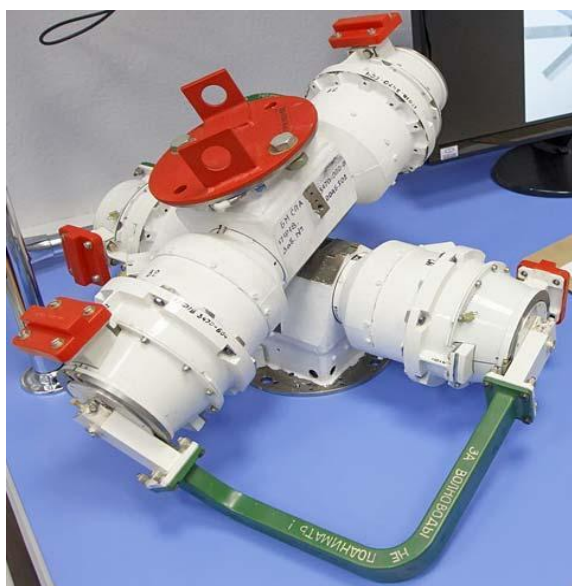


Рисунок 1. Синхронный двигатель с электромагнитной редукцией скорости

Предметом исследования данной статьи стал синхронный двигатель с электромагнитной редукцией скорости (Рис.1), который используется в прецизионных космических аппаратах. Для исследования динамических режимов работы такого класса электромеханических устройств, нельзя обойтись без использования специализированного программного обеспечения, которое обладает возможностями моделирования магнитных полей и расчетом его интегральных характеристик.

Главной задачей работы является электромагнитный анализ двигателя, который может быть успешно выполнен с использованием возможностей дополнения RMXprt. Оно позволяет ускорить процесс оптимизации модели и дает возможность более точного описания всевозможных особенностей геометрии зубцовой зоны. Зачастую вопрос исследования магнитных полей различных устройств бывает затруднен задачей точного описания геометрических свойств магнитной системы.

Для описания геометрии магнитной системы имеется возможность использования CAD-приложений, а значит, модель может быть выполнена в любой системе автоматизированного проектирования, например в Autodesk Inventor или SolidWorks.

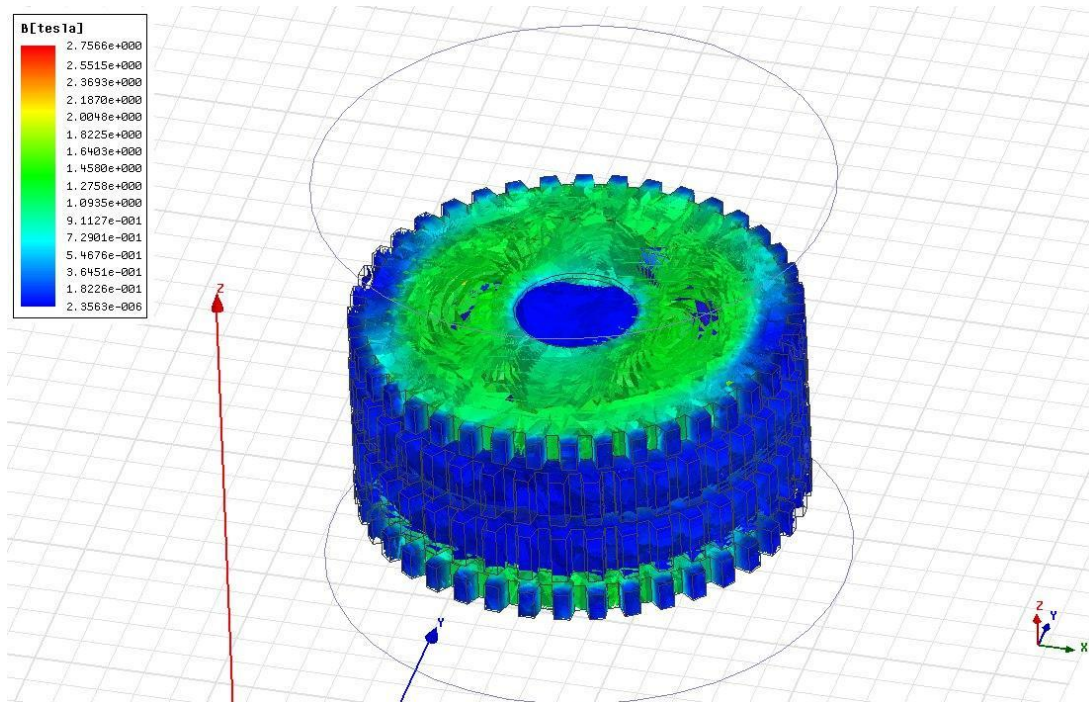


Рисунок 2. Картина электромагнитного поля

Затем для расчета параметров двигателя были назначены свойства материалов всех твердо-тельных объектов магнитной системы. Практическим путем установлено, что некорректный подбор материалов значительно искажает картину электромагнитного поля. После анализа влияния геометрических характеристик электродвигателя на его внешние статические характеристики, были определены варианты наиболее эффективного исполнения зубцовой зоны с позиции снижения пульсаций электромагнитного момента.

Немаловажной задачей является синтез оптимальных соотношений размеров и параметров по заданным выходным характеристикам электромеханических систем. С одной стороны – это диктуется дороговизной и дефицитностью используемых материалов, что стимулирует выполнение электромеханических преобразователей энергии с минимальными затратами этих материалов при условии достижения достаточно высоких удельных и энергетических показателей. С другой стороны – непрерывно разрабатываются принципиально новые конструкции, подлежащие детальному исследованию. Например, при проектировании магнитных систем с концентрацией магнитного потока нарушается, как правило, привычная схема инженерного проектирования [3].

Проект электромеханической системы с постоянными магнитами однозначно и полностью определяется совокупностью большого количества данных: конструктивными размерами и обмоточными данными; активными, изоляционными и конструкционными характеристиками материалов; а также напряжениями, токами, частотой вращения и др.

Обзор применения поисковых методов оптимизации показывает, что большинство из них так или иначе уже апробировано в проектировании. Однако сравнительные оценки затруднены из-за использования их в разработке различных типов электромеханических преобразователей для различных функций цели и ограничений. И все же можно отметить, что если критерий оптимальности задан не в явном виде, наиболее пригодны безградиентные методы.

Для большинства применений постоянных магнитов в составе электромеханических устройств, актуальным с точки зрения энергоэффективности является вопрос их размещения и крепления в подвижных и неподвижных элементах магнитной системы [4]. При этом максимальных значений энергетических характеристик добиваются минимизацией магнитных сопротивлений воздушных зазоров, т.е. расположением, формой и креплением постоянных магнитов. Известно, что наилучший магнитный поток в воздушном зазоре может обеспечить радиально расположенный призматический

постоянный магнит. Однако крепление постоянного магнита данной формы не надежно, без применения обечайки, каркаса или болтовых соединений. В связи с этим, было выполнено сравнение потоков рассеяния нескольких призматических магнитов с разным исполнением боковой поверхности для целей наиболее надежного крепления. Если основной магнитный поток магнита принять за 100 %, то величина потока в остальных случаях будет 98, 96 и 95 % соответственно при условии, что ширина магнита много больше его толщины. Сохранить величину магнитного потока с обеспечением надежного крепления магнита предлагается путем использования паза в боковой поверхности.

Список литературы

1. Курбатов Е.М. Современное состояние прецизионных электромеханических систем и устройств разработки и производства ОАО «ИСС». // Форум школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение». – Томск, 2013. – Т. 1. – С. 40-41.
2. Кремлёв И.А., Гилев В.А., Зеленин М.В. Моделирование синхронного двигателя с электромагнитной редукцией скорости в Ansys Maxwell. // III Молодежный международный форум «Интеллектуальные энергосистемы». – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 211–214.
3. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макасева 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.
4. Леонов С.В. Вопросы моделирования магнитного поля электромеханических систем с постоянными магнитами // Решетневские чтения. – 2011. – Т. 2. – № 15. – С. 463–465.