

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов И.С., Пролыгин А.П., Андреев Ю.М., Миндлин А.Б. Теория и расчет тягового привода электромобилей: Учеб. Пособие для вузов по спец. "Городской электрический транспорт" и "Электрическая тяга и автоматизация тяговых устройств"/ Под ред. И.С. Ефремова. – М.: Высш. Школа, 2004. – 383 с., ил.
2. Гульков Г.И., Гульков А.Г. Формирование тяговой характеристики бесконтактного двигателя постоянного тока. – Энергетика №6, 2001 г.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2005-560с., ил.
4. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 2002. – 392 с., ил.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РЕДУКЦИЕЙ СКОРОСТИ В ANSYS MAXWELL

Кремлёв И. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В последнее десятилетие становятся все более популярными специальные программные комплексы для расчета параметров электромагнитных полей. Одним из мощнейших инструментов для решений этой задачи 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. [1]

Данная работа связана с исследованием синхронных реактивных двигателей с электромагнитной редукцией скорости. Электродвигатели с электромагнитной редукцией скорости используются в основном в машинах, работающих на основе зубцовых гармоник, например в составе электропривода антенн космических аппаратов. Исследование динамических режимов работы подобного класса электрических машин невозможно без использования специализированного программного обеспечения, обладающего возможностями моделирования трехмерных магнитных полей и расчетом его интегральных характеристик. Суть работы данного типа двигателей заключается в том, что электродвигатель состоит из статора с полюсами, на внутренней поверхности которых присутствуют зубцы, m -фазная обмотка, которая выполнена в виде $2-p$ катушек (где p - число пар полюсов), которые размещены на полюсах. Также содержит коммутационный аппарат, и безобмоточный зубчатый ротор, по окружности которого расположены короткозамкнутые витки из немагнитного и высоко-токопроводящего материала. Эти витки расположены на зубцах ротора таким образом, что при повороте ротора под каждым полюсом статора находится не менее одного витка. [2]

У такого типа электродвигателей можно выделить следующий недостаток: в короткозамкнутой обмотке, которая пересекает магнитное поле первой гармоники, и при синхронной скорости вращения ротора появляется ток, который вызывает

некоторые потери. Это связано с тем, что тип ротора, так называемая, "беличья клетка" определяет характер протекания тока в роторе, а от этого зависит как магнитное насыщение стали ротора при нагрузке, так и электрические потери энергии в нем. И в итоге, все это снижает энергетические показатели двигателя. Также недостатком данного типа электродвигателей можно назвать то, что происходит значительное снижение стабильности частоты вращения ротора из-за пульсации вращающего момента, вследствие чего возникают такие явления, как сильная вибрация и шум, которые вызваны низкочастотными колебаниями.

Учитывая недостатки, первостепенной задачей является электромагнитный анализ двигателя, который успешно может быть выполнен с использованием возможностей дополнения RMXprt. ANSYS RMXprt — программа, которая ускоряет процесс оптимизации и проектирования вращающихся электрических машин. В ней используется метод эквивалентной магнитной цепи для вычисления рабочих характеристик машины и классическая аналитическая теория электрических машин, что позволяет намного быстрее проанализировать модель и дать результат [3].

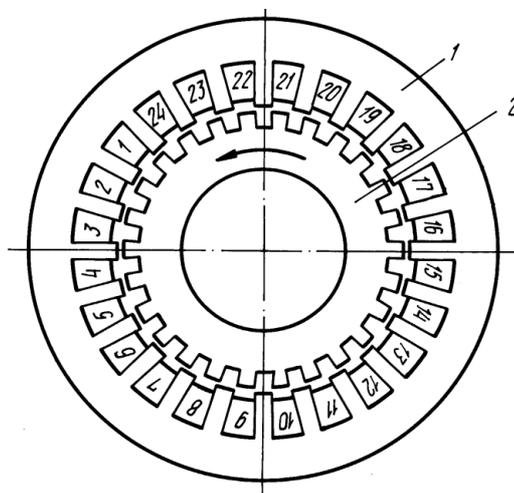


Рис. 1. Модель двигателя

Вопрос исследования магнитного поля электрических машин, часто затруднен задачей точного описания геометрии магнитной системы. В программной среде Maxwell в составе библиотеки RMXprt есть возможность точного описания особенностей геометрии зубцовой зоны и рассчитать кривые тока, ЭДС и электромагнитного момента с учетом гармонических составляющих (рис.1). При описании геометрии магнитной системы есть возможность поддержки систем автоматизированного проектирования, т.е. модель может быть выполнена в любом САД-приложении, например в SolidWorks.

Далее для расчета двигателя были определены свойства материалов всех твердотельных объектов в составе магнитной системы. При проведении теоретических исследований установлено, что неправильный подбор материалов искажает картину электромагнитного поля, что естественно влияет на результаты расчета. Итогом нашей работы стало исследование следующих характеристик синхронного реактивного электродвигателя с электромагнитной редукцией скорости: потребляемая мощность, коэффициент полезного действия, номинальные скольжение, вращающий момент, скорость и данных по электрическому состоянию обмоток ротора и статора (рис.2).

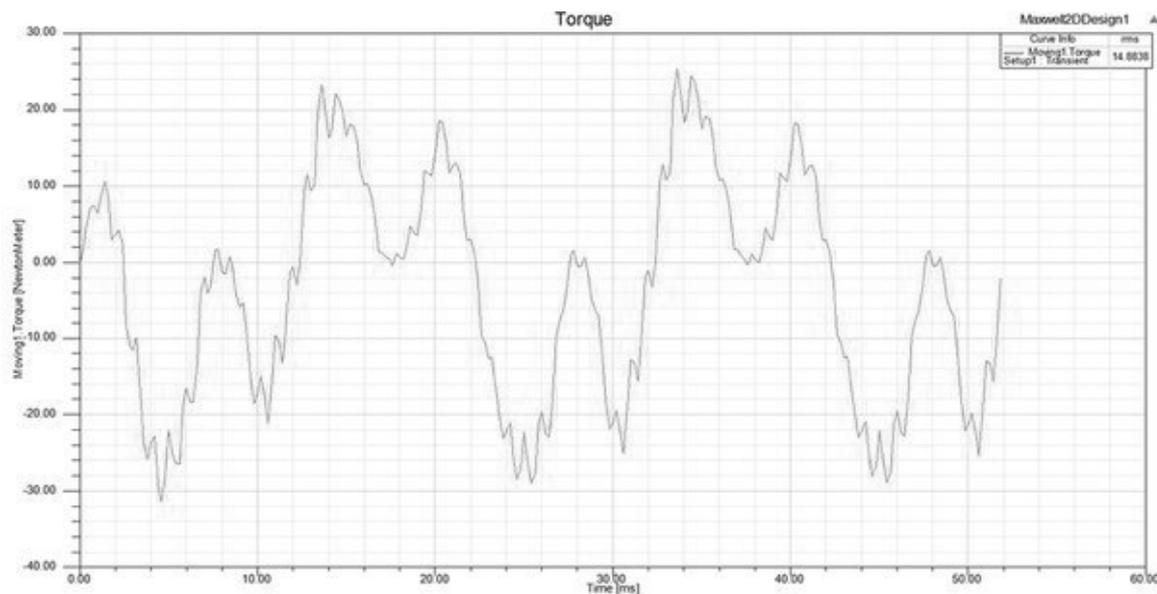


Рис. 2. Электромагнитный момент двигателя

Анализируя влияние геометрических характеристик электродвигателя на его внешние статические характеристики, были определены варианты наиболее эффективного исполнения зубцовой зоны с позиции снижения пульсаций электромагнитного момента. При этом меняли следующие параметры зубцовой зоны: высота и ширина зубца, число витков в пазу, форма паза, свойства материалов магнитопровода ротора. На рисунке ниже представлена картина электромагнитного поля ротора.

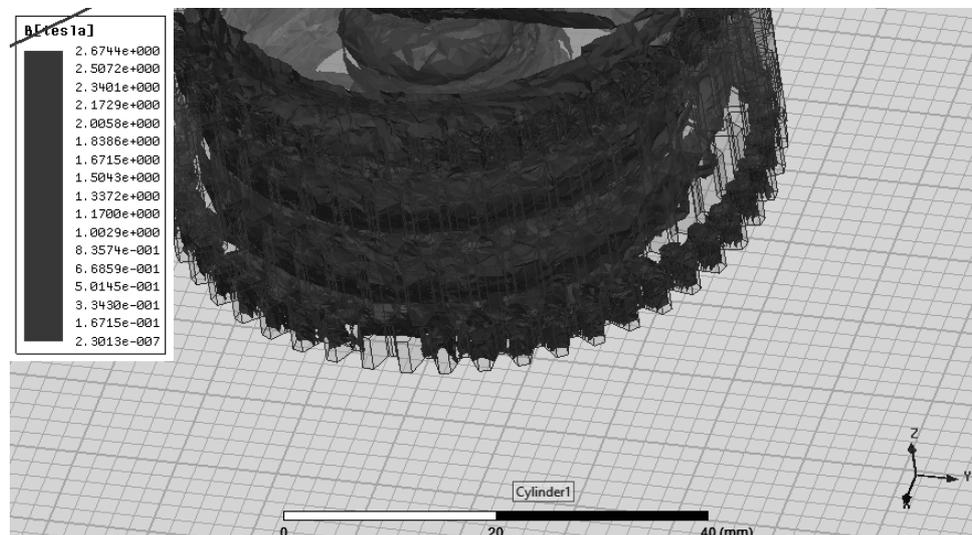


Рис. 3. Картина электромагнитного поля ротора

В целом, использование RMXprt позволило сократить время исследования режимов работы синхронного реактивного электродвигателя в части автоматизированной обработки данных. В тех случаях, когда требуется перейти от аналитического к более точному решению для детального рассмотрения процессов, происходящих внутри машины, ANSYS RMXprt позволяет перейти от виртуальной модели к двумерной или трехмерной полевой в ANSYS Maxwell 2D/3D. Создание подобных моделей может найти широкое применение в космической промышленности. На данный момент

лидером и крупнейшим поставщиком спутников на мировой рынок является Франция. Данный проект помог бы выйти нашей стране на качественно новый уровень в этой отрасли. Возможность посчитать динамические показатели различных электромеханических систем космических аппаратов, безусловно, помогут инженерам устранить конструктивные недостатки и внести необходимые поправки. Кроме того, данная разработка будет полезна коммерческим и государственным организациям и предприятиям, которые работают с разного рода электромеханическим оборудованием и мехатронными модулями. Внесение даже незначительных коррективов в такие устройства приведет к значительному повышению ресурсоэффективности на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неофициальный сайт программы ANSOFT Maxwell [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/>
2. Пат. 2006142 РФ. Н 02 К 19/06. Синхронный двигатель с электромагнитной редукицией частоты вращения / К.Г. Новоселов, Е.Б. Баталов; Оpubл. 1986.
3. RMXprt. Общая информация [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cae-expert.ru/product/rmxprt>
4. Леонов С.В. Федянин А.Л. Муравлев О.П. Статическая модель герметичного синхронного двигателя дискового типа с магнитосвязанными полюсами. Известия ТПУ Выпуск № 4 / том 312 / 2008.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИЙ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С ОБМОТКАМИ ИЗ АЛЮМИНИЯ

Елшибек А. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Силовые масляные трансформаторы являются важнейшими элементами электротехнических установок, от качества и надёжности функционирования которых зависит качество распределяемой электрической энергии. Выход из строя трансформатора приводит к высоким техническим и экономическим затратам в процессе эксплуатации.

Примером современного подхода к проектированию новых серий трансформаторов может служить принятие новых расчетных и конструктивных решений, позволяющих улучшить изоляцию трансформатора, существенно уменьшить потери холостого хода, повысить электродинамическую стойкость обмоток и модернизировать системы охлаждения трансформаторов.

При этом приходится учитывать, что в современных условиях рыночной конкуренции и мониторинга окружающей среды к трансформаторам, как новейших конструктивных исполнений, так и к модифицируемым, существенно повысились требования по энерго- и ресурсосбережению, пожаро- и взрывобезопасности, экологичности, конкурентоспособности.

Ведущими трансформаторостроительными фирмами и научно-исследовательскими электротехническими организациями мира, в том числе России и стран СНГ разработан обширный арсенал электротехнических материалов, технических решений,