

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РЕДУКЦИЕЙ СКОРОСТИ В ANSYS MAXWELL

Кремлёв И.А., Гилев В.А., Зеленин М.В.

Научный руководитель: Леонов С.В., к.т.н, доцент
Томский политехнический университет, Институт кибернетики
ivankremlyov@mail.ru

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 $2 \cdot p$ -тр 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].

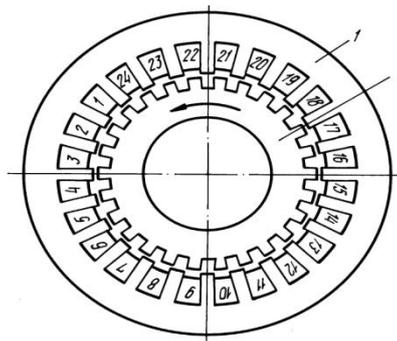


Рисунок 1 - Модель двигателя

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 CAD-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.

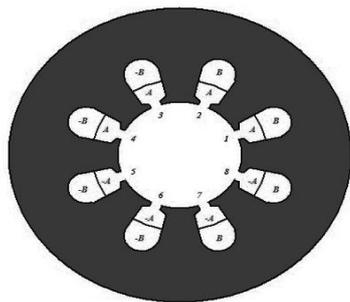


Рисунок 2 - Расположение обмотки

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).

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.

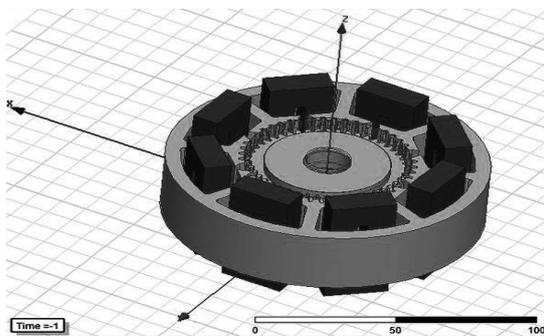


Рисунок 3 - Модель двигателя в программе Ansys Maxwell

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.

Список литературы:

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 редукцией 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.