

Andrey S. Martyanov,
engineer;

Nikolay I. Neustroyev,
student
South Ural State University

ANSYS Maxwell Software for Electromagnetic Field Calculations

Key words: *ANSYS Maxwell, brushless DC motor, permanent magnet synchronous motor, finite element analysis, electromagnetic field calculation*

Annotation: *At the present time there is a demand on quick and accurate analysis of permanent magnet synchronous machines. ANSYS Maxwell software meets all the requirements for calculation of electromagnetic fields using finite element analysis that provides high-precision results. This software package has been used to estimate performance and efficiency of high-speed electric generator for turbine engine power station. Research compares results of ANSYS Maxwell calculation and handmade calculation carried out according to known technique that proves the accuracy of ANSYS Maxwell.*

На сегодняшний день в условиях рынка остро стоит вопрос экономичности развития и скорости обработки вариантов решений в электромеханической промышленности. По этой причине требуется быстро и с минимальными затратами анализировать различные электромеханические системы. При этом расчёт ручным способом по известным методикам является трудоемким и требует много времени. Целью данной статьи является знакомство читателя с современными способами анализа электромеханических систем на примере программного пакета для электромагнитных расчетов ANSYS Maxwell.

Типичным применением этого программного пакета может быть автоматизированный расчет электрических машин с заданными характеристиками. В качестве примера такого расчета была поставлена задача расчета электрического генератора для газотурбинной установки (1), а для обеспечения качества проектирования было использовано современное программное обеспечение с целью исследования возможности ускорения расчета при одновременном повышении точности вычислений (2).

Для исследования был использован программный пакет ANSYS Maxwell(3). Этот набор программ предназначен для моделирования электромагнитных полей при проектировании и исследовании моделей двигателей, датчиков, трансформаторов и других электрических и электромеханических устройств различного применения. ANSYS Maxwell построен на основных уравнениях Максвелла и для расчетов использует метод конечных элементов (Finite Element Method - FEM), что позволяет

рассчитывать электромагнитные и электрические поля, а также переходные процессы в полевых задачах.

В пакете программ имеется большая библиотека шаблонов известных электрических машин. В этих шаблонах достаточно ввести основные геометрические размеры, материалы, предполагаемые к использованию, и по этим исходным данным выполнить расчет характеристик исследуемой электрической машины. Есть возможность расчета и анализа на трёх различных уровнях:

- ускоренный анализ по схемам замещения;
- расчет методом конечных элементов в двумерной постановке задачи;
- расчет методом конечных элементов в трехмерной постановке задачи.

В последних двух уровнях расчета существует возможность решения магнитоэлектрической задачи, динамической задачи, есть возможность подключения электрической схемы системы, как изображено на рисунке 1, а значит, есть возможность анализа работы электрической машины при подключении полупроводниковой техники, различной нагрузки и т.д.

Также имеется возможность ознакомиться с различными осциллограммами, как показано на рисунке 2, увидеть величину индукции, картину путей замыкания силовых линий потока, как показано на рисунке 3, произвести расчёт магнитных, электрических потерь, а так же потерь, вызванных генерацией вихревых токов в магнитопроводящих частях системы.

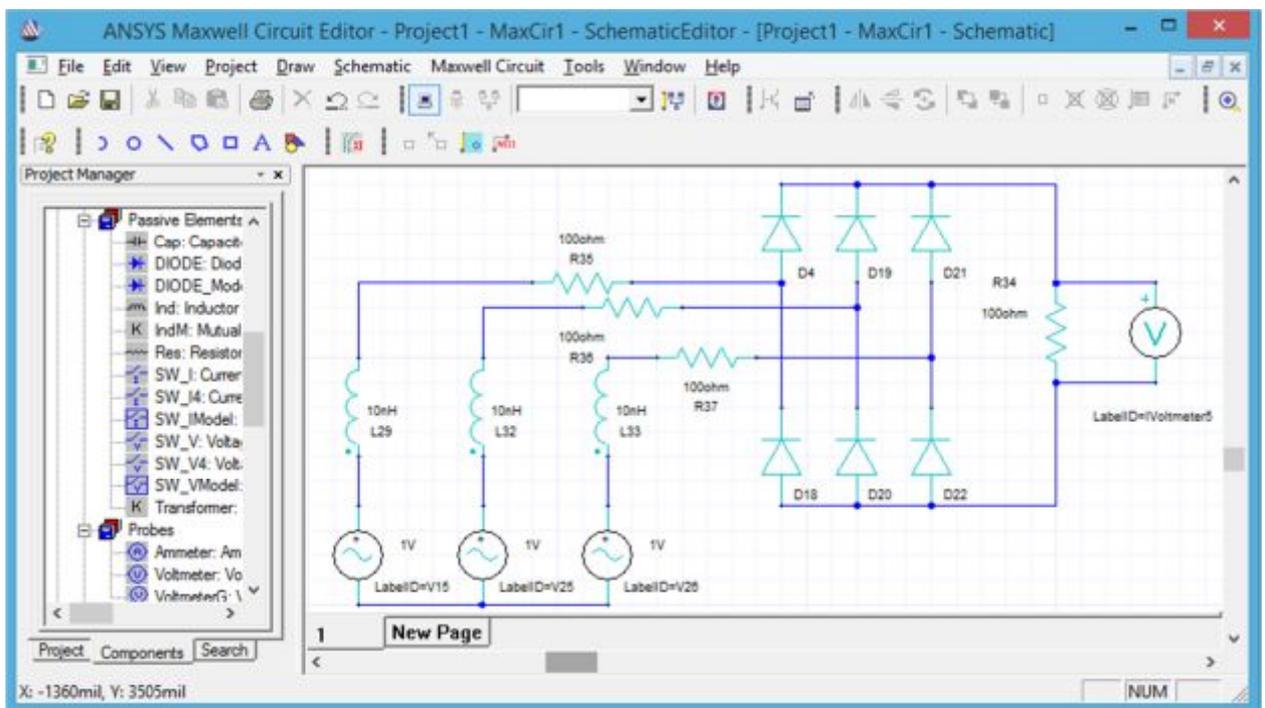


Рисунок 1 – Пример подключения электрической схемы к общему анализу электромеханического преобразователя.

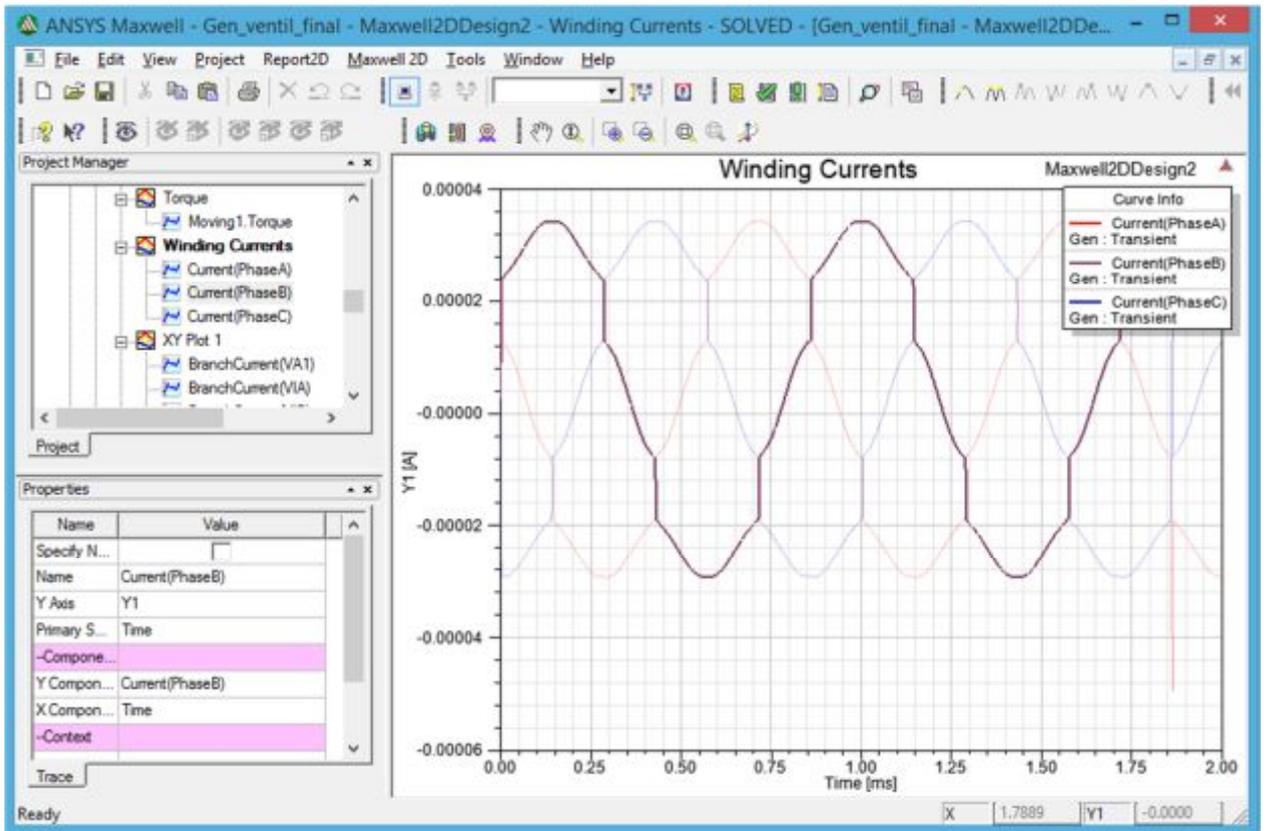


Рисунок 2 - Пример осциллограммы, полученной в программе Maxwell.

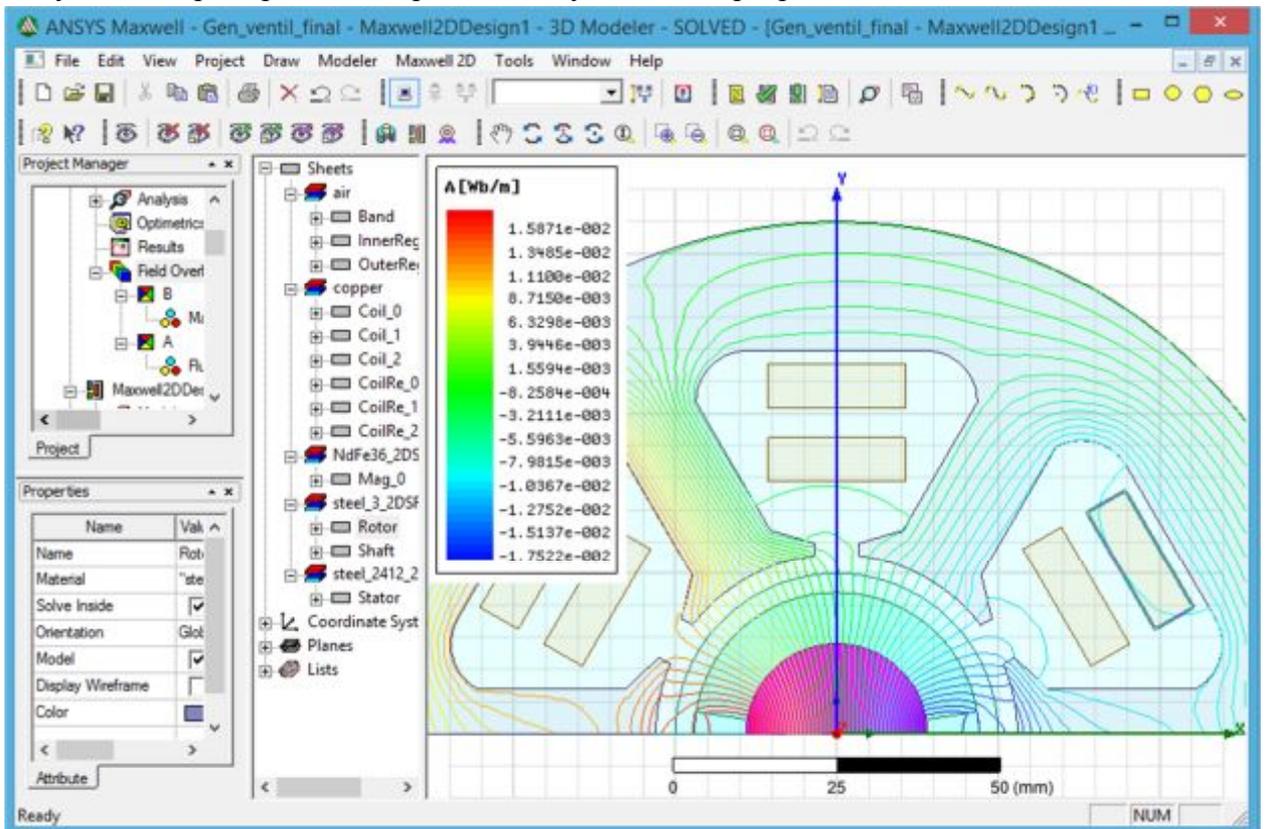


Рисунок 3 - Пример картины путей замыкания магнитного потока с учётом реакции якоря.

Для проверки качества расчета, выполненного программным пакетом, был проведён проверочный расчёт вентильного генератора с радиальным расположением постоянных магнитов по известным методикам (4, 5). В ходе проверки были рассчитаны потери в электрической машине, была рассчитана магнитная цепь, построены рабочие характеристики и осциллограммы напряжений и токов идеализированной системы. С целью наглядности результаты расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнение основных результатов проектирования вручную и с применением программы Maxwell.

Сравниваемый параметр	ANSYS Maxwell	Вручную
Индукция в воздушном зазоре, Тл	0,506	0,501
Номинальный ток фазы, А	127,7	127,2
Номинальный момент, Н*м	16,7	16,69
Магнитные потери, Вт	5979,6	5980,1
Электрические потери, Вт	505,3	501,2

Все расчёты, проведённые вручную, полностью подтвердили результаты расчета с помощью программы Maxwell. При этом следует отметить, что Maxwell предоставляет некоторые дополнительные возможности, которые невозможно получить при расчете вручную, такие как броски напряжений и скачки токов, потери от вихревых токов и пульсации электромагнитного момента.

По результатам проектирования и анализа был изготовлен и испытан генератор, параметры которого полностью соответствуют расчётным данным.

Анализируя результаты проделанной работы по расчету электрической машины можно сделать следующие выводы:

- точность расчета электрических машин в программном пакете ANSYS Maxwell не уступает точности вычислений по традиционным методикам расчета;
- для выполнения первоначально оценочного расчета электромеханической системы и определения основных размеров целесообразно воспользоваться упрощенными оценочными методиками проектирования;
- для анализа и проверки расчётов, проведения оптимизации следует использовать современное программное обеспечение, что должно обеспечить высокую точность вычислений и быстроту проведения работ.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта «Создание производства модельного ряда микротурбинных энергоустановок нового поколения» по договору № 02.G25.31.0078 от 23.05.2013 г.

References:

1. Danilevich YaB, Antipov VN, Kruchinina IYu, Khozikov YuF. *Super powerful micro-turbo-generators: capabilities and perspectives: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*. 2008. No 1; 149-151.
2. Kruchinina IYu, Antipov VN. *Creation Problems of High-Speed Mini Turbo Generators and Ways of their Solution: Informatsionno-upravliaiushchie sistemy (Information and Control Systems) 2012. No 4; 25-34.*
3. Klyavlin A. *New possibilities of ANSYS in magnetic field modelling (Novie vozmozhnosti ANSYS v oblasti modelirovaniya elektromagnitnyh poley: SAPR i grafika. 2012. No 3 (185); 44-46.*
4. Gandja SA, Martyanov AS. *Method of accelerated calculation of axial magnetic flux synchronous generators: International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2014. No 5 (145); 42-44.*
5. Gandja SA. *The analysis of electromagnetic capacity for various design of valve cars with the axial stream: Bulletin of the South Ural state university. Series Power Engineering. 2010. iss.14, No 32; 64-69.*