

Б.Г. ЛЮБАРСКИЙ, канд. техн. наук,
Д.Ю. ЗЮЗИН, канд. техн. наук,
А.В. ДЕМИДОВ,
Т.В. ГЛЕБОВА,
Е.С. РЯБОВ

УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

В статті розглянуто розрахунок кутової характеристики тягового синхронного двигуна для електропоїзду за результатами розрахунку магнітного поля методом скінчених елементів.

In article the computation is considered of angular description of hauling synchronous engine for the electric train as a result of computation of magnetic field by the FEM analysis.

Вектор развития пригородного подвижного состава железнодорожного транспорта направлен на концепцию распределенной тяги с электроприводом на базе бесконтактных электродвигателей (синхронные, асинхронные), модульности конструкции, повышении энергетической эффективности тягового привода. Поэтому работа, направленная на определение параметров и характеристик, такого рода тяговых двигателей, является актуальной.

На современном подвижном составе ряда зарубежных стран начато применение синхронных тяговых двигателей с возбуждением от постоянных магнитов [1...3]. Важнейшей характеристикой синхронного двигателя является зависимость электромагнитного момента от угла нагрузки – так называемая угловая характеристика. Ее характер определяет параметры системы управления и величину максимального электромагнитного момента двигателя, а, значит, и силу тяги электропоезда в целом.

Цель работы. Провести расчет и анализ угловой характеристики тягового синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов.

Для уточнения угловой характеристики тягового двигателя предлагается провести расчет угловой характеристики по результатам расчета магнитного поля с использованием метода конечных элементов в двухмерной постановке задачи в среде FEMM [4...6].

На рис. 1 представлена расчетная область тягового двигателя. Конструкция тягового двигателя – с внешним ротором. Приняты следующие граничные условия: по границе А и Б векторный магнитный потенциал равен нулю.

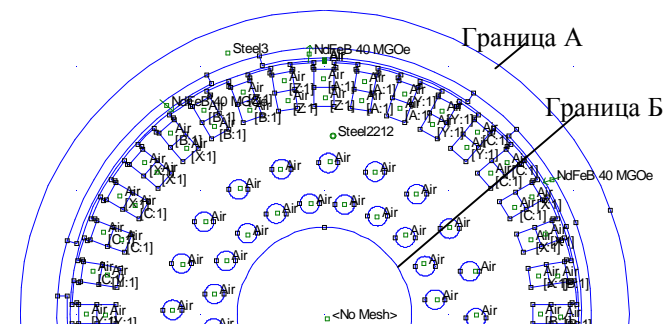


Рис. 1. Расчетная область тягового двигателя

Статор выполнен из стали 2212, ротор выполнен из стали Ст3, материал постоянного магнита – NdFeB, коэрцитивная сила 940 кА/м, остаточная индукция 0,9 Тл.

Ток фазы А равен 117 А, а токи фаз В и С равны –58,5 А. Результаты расчета магнитного поля представлены на рис. 2. Конечно-элементная сетка при расчете поля – адаптивная во всех расчетных областях, кроме воздушного зазора, где размер треугольника был выбран таким образом, чтобы количество треугольников по длине воздушного зазора было не меньше четырех. Расчет электромагнитного момента производим по результатам расчета поля методом, описанным в [4]. Для построения угловой характеристики проводим ряд расчетов магнитного поля при различном положении ротора. Ротор двигателя поворачиваем от соосного положения на угол 0...120 градусов с шагом 3 градуса. После чего производим расчет магнитного поля и определяем момента двигателя.

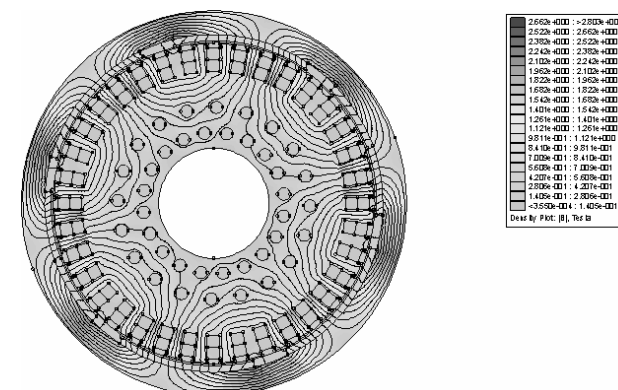


Рис. 2. Результаты расчета электромагнитного поля тягового двигателя

Проведя расчеты моментов при различном положении ротора, была получена угловая характеристика тягового двигателя, представленная на рис. 3.

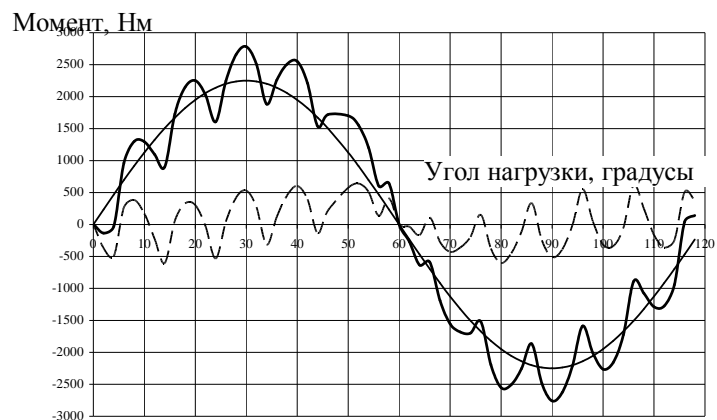


Рис. 3. Угловая характеристика тягового двигателя

Как видно из рис.3, угловая характеристика имеет вид периодической функции с двумя гармоническими составляющими. Одна с периодом 120 геометрических градусов (360 электрических градусов), другая – 10 геометрических градусов (30 электрических градусов). Первая составляющая обусловлена принципом действия синхронной машины, ее амплитуда составляет 2200 Нм, вторая – наличием зубцов статора. Амплитуда колебаний момента составляет величину 520 Нм или 23,6% от основной составляющей момента.

Вывод. Колебания момента в синхронном тяговом двигателе с возбуждением от постоянных магнитов могут достигать 23,6% от величины электромагнитного момента и их необходимо учитывать при создании системы питания и управления двигателя.

Список литературы: 1. Тяговый двигатель с возбуждением от постоянных магнитов // Железные дороги мира, 2004. – №9. С. 31-36. 2. Тяговый двигатель с возбуждением от постоянных магнитов // Железные дороги мира.– 2004.– № 9. (Т. Klockow et al. *Elektrische Bahnen*, 2003, № 3, S. 107 – 112.). 3. Непосредственный тяговый привод локомотива // Железные дороги мира – 2004 – №1. с. 24 – 31. 4. <http://femm.berlios.de> 5. P. P. Silvester Finite elements for electrical engineers, Cambridge University Press, 1990. 6. F. Henrotte et al, A new method for axisymmetric linear and nonlinear problems IEEE Transactions on Magnetics, MAG-29(2):1352-1355, March 1993.