

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И МОМЕНТА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ЯВНО ВЫРАЖЕННЫМИ ПОЛЮСАМИ НА СТАТОРЕ

В.В.Гребеников, канд.техн.наук, **М.В.Прыймак**
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Применение высокоэнергетических магнитов позволяет создавать электрические машины, имеющие существенно меньший объем магнитной системы по сравнению с классическими электрическими машинами. Вопросы теории и проектирования таких электрических машин еще недостаточно развиты. В работе приведены результаты компьютерного моделирования магнитной системы электрической машины с явно выраженными полюсами на статоре и обмотками катушечного типа, у которой ротор выполнен на основе плоских постоянных магнитов и ферромагнитных концентраторов магнитных потоков. Приведены также результаты расчета магнитного поля и электромагнитного момента в зависимости от угла поворота ротора при различных плотностях тока в обмотках статора. Библ. 2, рис. 2.

Ключевые слова: магнитная система, постоянные магниты, электромагнитная индукция и момент.

В последние годы наметилась тенденция к более широкому распространению магнитоэлектрических машин благодаря достижениям в области создания высокоэнергетических постоянных магнитов (ПМ) на основе Nd-Fe-B. Во многих странах мира ведутся работы по разработке и усовершенствованию электрических машин с постоянными магнитами, которые находят применение в высокомоментных электроприводах, системах мехатроники, бытовой техники, электромобилях, генераторах для ветроустановок и т. п.

Однако формирующийся спрос на управляемые магнитоэлектрические машины приводит к необходимости разработки конструкций таких машин, которые в полной мере использовали бы высокие показатели современных постоянных магнитов. Вопросы теории и проектирования таких электрических машин еще недостаточно развиты, ведутся исследования магнитных полей и параметров в различных программных комплексах таких, как FEMM, COMCOL, ELCUT. Конфигурация магнитной системы магнитоэлектрических машин существенным образом влияет на их характеристики, поэтому применение компьютерного моделирования позволяет еще на стадии предварительного проектирования находить варианты конструкции с заданными характеристиками [1].

Целью настоящей работы является проектирование магнитоэлектрической машины с явно выраженными полюсами на статоре мощностью $P = 30$ кВт и частотой вращения ротора $n = 2000$ об/мин. Основной задачей является уменьшение массогабаритных показателей за счет применения современных магнитов и технических нововведений.

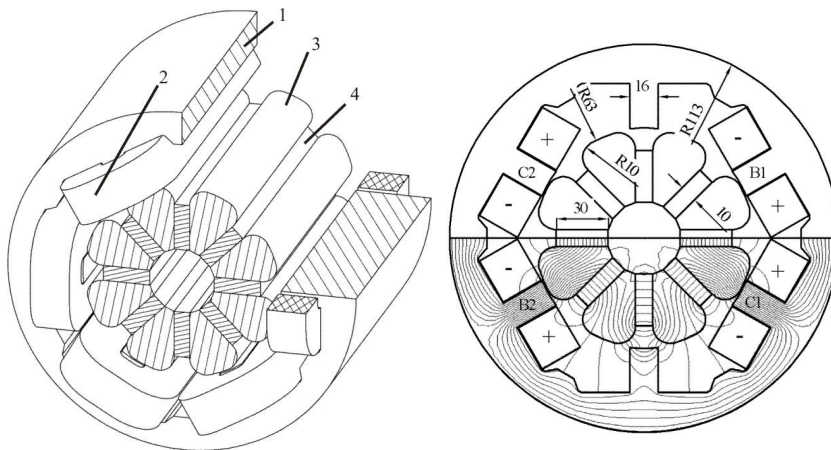


Рис. 1

Активная часть магнитной системы исследуемой магнитоэлектрической машины и ее основные размеры показана на рис. 1. Статор **1** имеет шесть явно выраженных полюсов, на которых размещаются обмотки **2** катушечного типа. Каждая фаза состоит из двух последовательно соединенных катушек. Ротор состоит из ферромагнитных концентраторов **3** и восьми ПМ **4**. Ферромагнитные концентраторы выполнены из конструкционной стали марки СТ20, статор выполнен шихтованным из электротехнической стали марки СТ2211. Длина активной части машины равна $L = 175$ мм.

Для уменьшения пульсаций электромагнитного момента ферромагнитные концентраторы на роторе имеют скругления [2]. На рис. 1 справа показана картина распределения магнитного поля в поперечном сечении машины, взятом посередине продольной оси. Моделирование магнитостатики выполнялось в программном комплексе ELCUT 5.6.

Зависимость крутящего момента от положения ротора $M = f(\theta)$ для исследуемой магнитоэлектрической машины вычислялась в диапазоне от оси d до оси q (рис. 2). Для исследуемых машин этот диапазон равен 45° (геометрических градусов). Коммутация фаз осуществляется от трех бесконтактных датчиков. Через каждые 15° происходило изменение состояния датчиков и выдавалась команда на включение соответствующих фаз, т. е. ве-

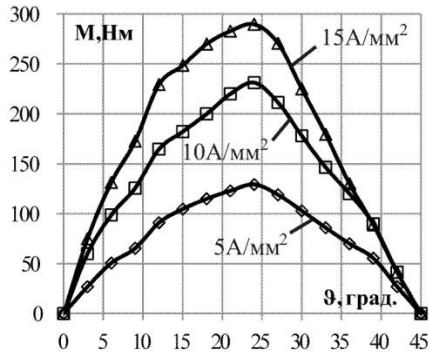


Рис. 2

личина зони комутації равнялась $\tau_{зк} = 15^\circ$ (в діапазоні від $\theta = 15^\circ$ до $\theta = 30^\circ$ по рис. 2). Рачеты вьполнены для трех значений плотности тока в обмотках – ($j = 5 \text{ A/mm}^2$, $j = 10 \text{ A/mm}^2$, $j = 15 \text{ A/mm}^2$). Коэффициент заполнения был принят равным $k_z = 0,5$.

Таким образом, при плотности тока рачной $j = 5 \text{ A/mm}^2$, средний электромагнитный момент в пределах зони комутації составляет $M_{ср} = 120 \text{ Нм}$. Следовательно, при частоте вращения ротора $n = 2000 \text{ об/мин}$, средняя мощность будет составлять $P = 24 \text{ кВт}$. При интенсивном водяном охлаждении, которое используется в последнее время, например, в электромобилях, плотность тока может быть повышена до $j = 15 \text{ A/mm}^2$, и средняя мощность двигателя будет составлять $P = 50 \text{ кВт}$.

1. Гребенников В.В., Прымак М.В. Исследование влияния конфигурации магнитной системы на моментные характеристики электродвигателей с постоянными магнитами. // Электротехника и электроэнергетика. – 2009. – №2. – С. 57-60.

2. Гребенников В.В. Прымак М.В. Способы уменьшения пульсаций электромагнитного момента в электрических машинах с постоянными магнитами и зубцово-пазовым статором // Праці ІЕД НАН України. – 2009. – Вип. 27. – С. 52–58.

УДК 621.313.17

Розрахунок магнітного поля і моменту магнітоелектричної машини з явно вираженими полюсами на статорі

В. В. Гребеніков, канд.техн.наук, **М. В. Прымак**,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Застосування високоенергетичних магнітів дозволяє створювати електричні машини, що мають суттєво менший об'єм магнітної системи в порівнянні з класичними електричними машинами. Питання теорії і проектування таких електричних машин ще недостатньо розвинені. Наведено результати комп'ютерного моделювання магнітної системи електричної машини з явно вираженими полюсами на статорі і обмотками котушкового типу, у яких ротор виконано на основі плоских постійних магнітів і ферромагнітних концентраторів магнітних потоків. Наведено також результати розрахунку магнітного поля і електромагнітного моменту залежно від кута повороту ротора при різній щільності струму в обмотках статора. Бібл. 2, рис. 2.

Ключові слова: магнітна система, постійні магніти, електромагнітна індукція і момент.

Calculation of the magnetic field and torque of electric motor with salient poles on the stator

V.V. Grebenikov, M.V. Pryymak
Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

Application of high-energy magnets can create electric motors that are significantly smaller amount of magnetic system in comparison with classical electrical machines. The questions of the theory and design of such electrical motors are still not sufficiently developed. The results of computer simulation of electrical motor magnetic system containing salient poles in the stator and coil-type windings are represented. Rotor is based on flat permanent magnets and ferromagnetic concentrators of magnetic fields. The results of calculation of magnetic field and torque depending from rotor position and various current density in stator windings are represented too. References 2, figures 2.

Key words : magnetic system, permanent magnets, inductance and torque.

1. Grebenikov V. V., Pryymak M. V. Research of magnetic configuration influence on torque characteristics of electrical motors with permanent magnets // Elektrotehnika i elektroenerhetika. – 2009. – №2. – Pp. 57–60. (Rus)

2. Grebenikov V.V. Pryymak M. V. Methods of decreasing torque pulsation in electrical motors with permanent magnets and cogging stator // Pratsi IED NAN Ukrainy. – 2009. – Vol.27. – Pp. 52–58. (Rus)

Надійшла 04.01.2012

Received 04.01.2012