

В.В. НАНИЙ, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков
А.Г. МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",
Харьков

В.Д. ЮХИМЧУК, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ", Харьков
А.А. ДУНЕВ, аспирант, НТУ "ХПИ", Харьков
А.М. МАСЛЕННИКОВ, аспирант, НТУ "ХПИ", Харьков
А.В. ЕГОРОВ, аспирант, НТУ "ХПИ", Харьков
Д.В. ПОТОЦКИЙ, ассистент, НТУ "ХПИ", Харьков

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ

Розглянуто експериментальні дослідження динамічних характеристик двигуна з ротором, що котиться, (ДРК) на базі восьми- і шестипазової конструкції машини. Отримано картини розподілу магнітного поля двигуна з урахуванням нерівномірності його повітряного проміжку для різних типів магнітопровода і приведено їх порівняльний аналіз.

Рассмотрены экспериментальные исследования динамических характеристик двигателя с катящимся ротором (ДКР) на базе восьми- и шестипазовой конструкции машины. Получены картины распределения магнитного поля двигателя с учетом неравномерности его воздушного зазора для разных типов магнитопровода и приведен их сравнительный анализ.

Введение. Двигатели с катящимся ротором – это тихоходные высокомоментные двигатели, принцип действия которых основан на обкатывании ротора по расточке статора под действием силы одностороннего магнитного притяжения, созданного обмоткой статора. Ротор обкатывается по расточке статора, эксцентрично его оси. Благодаря высокому выходному моменту и низкой частоте вращения, двигатели с катящимся ротором могут успешно применяться везде в промышленности, где необходима плавная регулировка поворота рабочего органа при высоком моменте, в основном в качестве безредукторных приводов, благодаря его низким массогабаритным показателям по сравнению с мотор-редукторами.

Цель, задание исследования: провести сравнительный анализ двигателей с катящимся ротором для шести- и восьмипазовой конструкции ДКР при одинаковых токах питания и получить картины магнитного поля для этих типов машин.

Теоретические исследования. Принцип действия двигателя с ка-

тящимся ротором базируется на создании в машине силы одностороннего магнитного притяжения. В общем случае результирующая сила Q_0 притяжения ротора к статору имеет следующий вид [1]:

$$Q_0 = k \cdot d_r \cdot l_s \cdot k_z \cdot B_{0m}^2, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от схемы обмотки и способа ее питания; d_r – диаметр ротора; l_s – активная длина сердечника ротора; k_z – относительная ширина зубца; B_{0m} – максимальное значение индукции в воздушном зазоре.

Из (1) следует, что сила прямо пропорциональна квадрату магнитной индукции.

Вращающий момент M_r на валу также зависит от геометрических параметров машины

$$M_r = k \cdot d_r^2 \cdot l_s \cdot k_z \cdot B_{0m}^2 \cdot \sin \theta, \quad (2)$$

где θ – угол нагрузки.

Таким образом, задача заключается в правильном определении распределения магнитной индукции в двигателе.

Рекомендации к проектированию. С этой целью были проведены исследования с применением программного пакета Ansoft Maxwell для шести- и восьмипазового ДКР с Ш-образной конструкцией магнитопровода статора и массивным цилиндрическим ротором.

Для решения задачи необходимо оговорить, что ДКР запитывался от преобразователя частоты, который питал обмотку двигателя дискретными прямоугольными импульсами тока. Двигатель испытывался на разных частотах питания. В шестипазовой конструкции одновременно работали три катушки, в восьмипазовой – четыре. При трех и пяти катушечном питании в восьмипазовой машине момент уменьшался на 10-15%. Наилучшие показатели момента получались при питании одновременно четырех катушек, так как при пяти катушечном питании в восьмипазовом ДКР дополнительно возникала составляющая тормозного момента, которая пагубно влияла на выходной результат.

В восьмипазовой модели ДКР в пазы укладывался провод диаметром 0,45 мм и подавался ток 3 А на катушку, в то время как в шестипазовой конструкции укладывался провод с 0,27 мм в диаметре и подавался ток меньше: 0,7 А на 300 витков в обоих случаях.

Конструктивно эти два вида ДКР почти не отличаются друг от друга, за исключением лишь разности внутренних и внешних диаметров ротора и статора: для шестипазового ДКР она составила 0,16 мм а

для восьмипазового – 0,3 мм.

Результаты распределения картины магнитного поля для шести-

пазовой конструкции при питании обмоток током 0,7 А и воздушным зазором 0,16 мм приведены на рис.1 (вид сбоку). С помощью полученной картины распределения магнитного поля удалось оптимизировать размеры отдельных элементов активной части машины. И в результате полученный восьмипазовый образец ДРК имеет на 20-25 % меньше массогабаритные показатели и на 20 % более высокий вращающий момент.

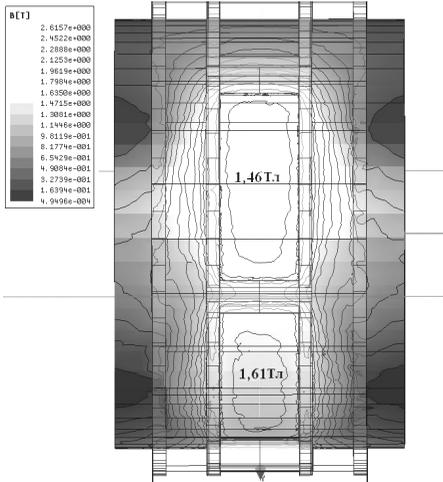


Рис. 1.

ДРК при питании обмоток током 3 А и максимальным воздушным зазором 1 мм и 0,3 мм приведены на рис. 2 и рис. 3 соответственно (вид сбоку).

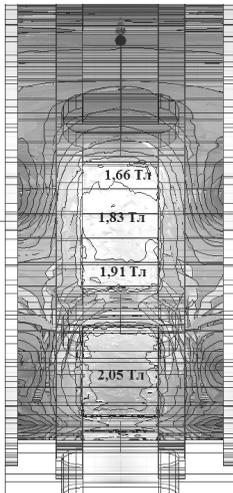


Рис. 2.

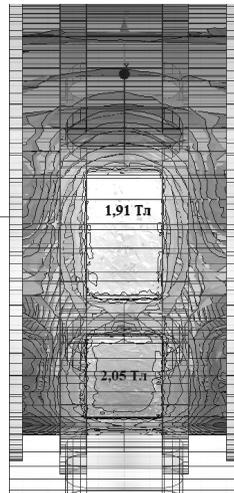


Рис. 3.

Как видно на рис. 2 и рис. 3, магнитная индукция под крайними рабочими полюсом машины в роторе для восьмипазового ДКР неоднородна. Так в ДКР с воздушным зазором 1 мм, индукция в крайнем запитанном полюсе машины изменялась от 1,66 Тл до 1,91 Тл, что вызвано чувствительностью к неравномерности воздушного зазора (рис. 2).

В ДКР с воздушным зазором 0,3 мм индукция составила 1,91 Тл под всем полюсом, что говорит о большей силе одностороннего магнитного притяжения, по сравнению с предыдущим диаметром ротора (рис. 3).

Максимальный момент для восьмипазового ДКР при частоте 1 Гц составил 150 Н*м при воздушном зазоре 1 мм и токе 3 А, а при воздушном зазоре 0,3 мм и том же токе, составил 170 Н*м, вследствие уменьшения воздушного зазора и увеличения индукции под крайними рабочими полюсами машины.

Результаты экспериментальных исследований. Так же в результате экспериментальных исследований были получены следующие зависимости. На рис. 4 и рис. 5 показаны зависимость $M = f(I)$ при разных частотах питания двигателя, для шести- и восьмипазового ДКР соответственно.

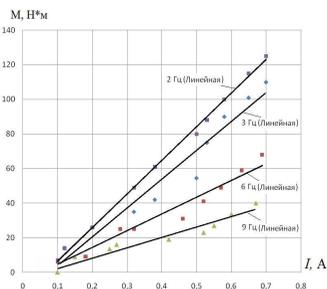


Рис.4.

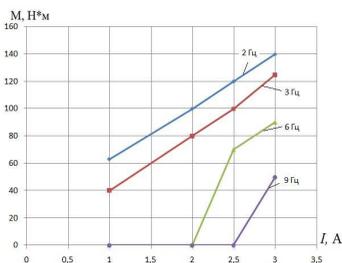


Рис.5.

Как видно из графиков, восьмипазовый ДКР (рис. 5) при частотах 6 Гц и 9 Гц стартовал только лишь при токе 2,0 и 2,5 А. Это связано с тем, что при таком токе силы одностороннего магнитного притяжения не достаточно, чтобы увлечь ротор во вращение на таких частотах. И для ее увеличения силу тока приходится поднимать [2].

Выводы. Полученные результаты дают возможность оптимизировать геометрические размеры активной части машины с последующим увеличением вращающего момента.

Список литературы: 1. Борзяк Ю.Г., Зайков М.А., Наний В.П. Электродвигатели с катящимся ротором. – Киев, Техника, 1982. 2. Бертинов А.И., Варлей В.В. Электрические машины с катящимся ротором. Энергия, – Москва, 1969.



Наний Виталий Викторович, доцент, кандидат технических наук. Закончил в 1980 г. Харьковский политехнический институт по специальности "Электрические машины". В 1987 г. защитил диссертацию в Харьковском политехническом. На данный момент работает в НТУ "ХПИ" на должности доцента кафедры электрических машин. Научные интересы связаны с исследованием и совершенствованием двигателей с катящимся ротором.



Юхимчук Владимир Данилович, профессор, кандидат технических наук. Закончил в 1968 г. Харьковский политехнический институт по специальности "Электрические машины и аппараты". В 1980 г. защитил диссертацию в Харьковском политехническом институте. Работает в НТУ "ХПИ" на должности профессора кафедры электрических машин. Научные интересы связаны с исследованием двигателей постоянного тока и их коммутации.



Мирошниченко Анатолий Георгиевич, доцент, кандидат технических наук. Закончил в 1972 г. Харьковский политехнический институт по специальности "Электрические машины и аппараты". Доцент кафедры "Электрических машин". Научные интересы связаны с разработкой и исследованием двигателей с катящимся ротором и сверхпроводниковых электрических машин.



Дунев Алексей Александрович, аспирант кафедры электрических машин. В 2009 г. защитил диплом магистра в Харьковском политехническом институте по специальности "Электрические машины и аппараты". Ассистент кафедры электрических машин с 2009 г. Научные интересы связаны с исследованием двигателей с катящимся ротором.



Масленников Андрей Михайлович, аспирант. В 2008 г. закончил Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт" по специальности "Электрические машины и аппараты". Научные интересы связаны с исследованием двигателей с катящимся ротором для автоматизированного безредукторного электропривода.



Егоров Андрей Владимирович, аспирант. В 2009 г. закончил Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт" по специальности "Электрические машины и аппараты". Научные интересы связаны с исследованием двигателей с катящимся ротором.



Потоцкий Дмитрий Васильевич, ассистент кафедры "Электрических машин". В 2009 г. закончил Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт" по специальности "Электрические машины и аппараты". Научные интересы связаны с исследованием возможности применения наноматериалов в электрических машинах.

Надійшла до редколегії 25.10.2010

ISSN 2079-3944. Вісник НТУ "ХПИ". 2010. № 55