

УДК 621.313

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

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ С ДИСКОВЫМ РОТОРОМ**

The review of existent constructions of electric motor with a rolling rotor (MRR). The special attention is spared an electric motor with the disk construction of rotor. Conducted test at the different types the power of coils MRR.

Сделан обзор существующих конструкций двигателя с катящимся ротором (ДКР). Особое внимание уделено двигателю с дисковой конструкцией ротора. Проведены испытания при различных видах запитывания обмоток ДКР.

Зроблено огляд існуючих конструкцій двигуна з ротором, що котиться (ДПК). Особлива увага приділена двигуну з дисковою конструкцією ротора. Проведені випробування при різних видах живлення обмоток ДПК.

**Постановка проблемы.** В настоящее время, в устройствах автоматики и систем управления, находит широкое применение ДКР, в качестве электропривода с малой инерцией ротора и высоким быстродействием. Эти машины показали себя хорошими в практически во всех режимах работы от S1 до S8.

**Анализ литературы.** В работе [1] рассмотрены разновидности ДКР с цилиндрической и дисковой конструкцией роторов. Приведены различные материалы для сердечников статора. Но в предложенных конструкциях отсутствуют варианты двигателей с массивным сердечником. В работе [2] приводится расчет коэффициента редукиции двигателя, но нет вариантов для ротора, выполненного виде плоского диска.

**Цель статьи** – Разработать и испытать новую конструкцию ДКР с дисковым ротором и выполнить сравнительный анализ вариантов питания обмоток двигателя.

**Проектирование ДКР с дисковой конструкцией ротора.** Стремление найти более высокие моменты в одном и том же объеме, привели к попытке проектирования и изготовления ДКР с дисковой конструкцией ротора. Эта конструкция предполагает расположение

обмоток статора в одной плоскости.

За основу принята Ш-образная конструкция активной части двигателя. Благодаря этому варианту расположения, обмотка не имеет рассеяния магнитного потока в зоне лобовых частей, т.к. вся катушка обмотки лежит в зоне активной части сердечника ДКР и участвует в создании полезного вращательного момента.

В ходе изготовления двигателя, была разработаны технологии намотки обмотки на криволинейный шаблон и ее изоляции, которые позволяют использовать шаблонную сыпную обмотку.

В ДКР с дисковой конструкцией ротора, вращающий момент, как и в цилиндрических машинах, зависит от квадрата радиуса активной части и поэтому, для таких двигателей, момент может быть сформирован практически по размеру наружного диаметра машины. Дисковая конструкция ротора позволит снизить износ обкатывающихся частей и

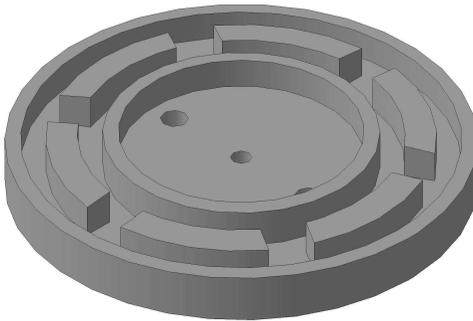


Рис.1. Конструкция статора ДКР.

достичь больших значений редукиции синхронной скорости.

Была выбрана шестизубцовая конструкция сердечника статора, как универсальная, для возможности подачи как постоянного, так и переменного трехфазного напряжения (рис. 1). Максимальный диаметра точки обкатывания ротора по статору, он же наружный диаметр ста-

тора составил 150 мм.

Частота вращения вала машины, может быть определена так же, по углам наклона обкатываемых поверхностей ротора и статора, относительно опорной оси машины.

$$i = \frac{\sin \beta_p}{\sin \beta_c - \sin \beta_p}, \quad (1)$$

где  $i$  – коэффициент редукиции частоты вращения,  $\beta_c$ ,  $\beta_p$  – половины углов при вершинах конусов поверхностей качения статора и ротора соответственно.

Была разработана конструкция с плоским ротором  $\beta_p = \pi/2$ , а зна-

чение угла конусности наклона статора, с возможностью изменения в пределах  $\pi/3 \leq \beta_{\tilde{n}} \leq \pi/2$ , которая показана на рис. 2.

На первом этапе обрабатывался вопрос работоспособности образца, при различных вариантах питающего напряжения. Первый эксперимент показал, что ротор без нагрузки демонстрирует значительные вибрации, приводящие к потере момента.

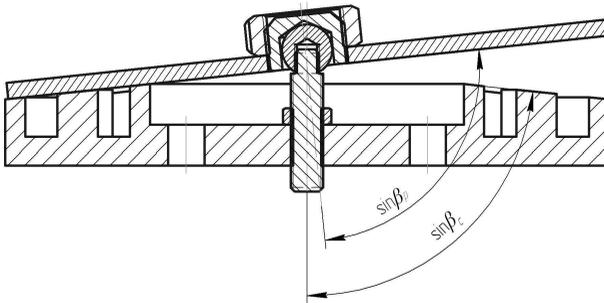


Рис.2. Поперечное сечение ДКР с дисковой конструкцией ротора.

При этом наблюдалась периодическая потеря контакта активных поверхностей сердечников статора и ротора. Для устранения вибрации, была предложена конструкция приспособления, прижимающая, центр масс ротора, к шаровой поверхности регулировочного винта. С помощью этого винта удачно реализуется изменение механической редукции частоты вращения выходного вала, путем изменения угла наклона обкатываемой поверхности ротора, относительно опорной оси машины. Для увеличения механической прочности и износостойкости шаровой поверхности, она была подвергнута термической обработке.

**Исследования при различных способах питания.** Испытания проводились для двух видов запитывания обмоток двигателя:

1. От преобразователя, с дискретным питанием, постоянным напряжением.

2. Через известную диодную схему, от трехфазной сети переменного напряжения.

В первом случае, при дискретном питании, на низких частотах следования питающих импульсов, можно применить массивные магнитопроводы статора и ротора, которые изготовлены из конструкционных марок сталей, с магнитной проницаемостью близкой к электротехнической стали.

Во втором случае был выбран преобразователь частоты Frequency Inverter CF23-16 (Швеция), который позволяет изменять величину частоты питающего напряжения по закону Костенко ( $U/f = \text{const}$ ). При частоте питающего напряжения  $f = 10$  Гц, значения напряжения и тока составили соответственно  $U=48$  В,  $I=2,8$  А, ДКР с дисковой конструкцией ротора развил вращающий момент на уровне 10 Нм, так же следует отметить значительную плавность хода ротора двигателя.

**Возможные варианты модернизации двигателя.** В отличие от ДКР цилиндрического типа, в дисковом, имеется возможность применения второго сердечника статора с обмотками, что позволит улучшить использование объема машины на 30-40%. При этом, удастся достигнуть значения удельного момента на уровне 10-15 Нм/кг, в то время как, для лучших образцов вентельно-моментных двигателей, этот показатель составляет 5-7 Нм/кг.

Возможен так же вариант двухроторной машины, в которой между роторами располагается двухобмоточный статор. При этом решается задача динамического уравнивания конструкции, и как следствие, снижение уровня вибрации.

**Выводы.** Спроектированный и изготовленный ДКР, с дисковой конструкцией ротора, подтвердил свою работоспособность, а результаты испытаний определили цели дальнейших исследований. Для реализации такого двигателя необходима дальнейшая серьезная проработка механического сочленения опорной оси статора с осью ротора и механической передачи несоосного вращения.

**Список литературы:** 1. *Бертинов А.И.* Электрические машины с катящимся ротором / *А.И. Бертинов, В.В. Варлей.* – М.: Энергия, 1969. – 200 с.  
2. *С.В. Покровский* Приведенный момент инерции электродвигателя с дисковым катящимся ротором / *С.В. Покровский, И.И. Петров* – Электротехника, №14, 1981. – 120 с.

*Поступила в редколлегию 18.04.2012  
Рецензент д.т.н., проф. Милых В.И.*