

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

ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ

Розглянуті експериментальні дослідження теплового стану двигуна з ротором, що котиться (ДРК). Отримано залежності нагріву двигуна при різній тривалості включення. Проведена аналогія з редукторним електроприводом.

Рассмотрены экспериментальные исследования теплового состояния двигателя с катящимся ротором (ДРК). Получены зависимости нагрева двигателя при различной продолжительности включения. Проведена аналогия с редукторным электроприводом.

Вступлення. При електромеханичному преобразованні енергії, частина споживаної енергії завжди перетворюється в теплову. Зменшення виділяємої теплової енергії, т.е. нагріву електричної машини, приведе до збільшення довговічності машини і підвищенню її надійності, при заданому режимі роботи.

Цель, задание исследования: провести сравнительный анализ нагревания двигателя с катящимся ротором при различной продолжительности включения.

Расчет теплового состояния. Для исследования теплового состояния электрической машины, при различных режимах работы, был выбран частотно-управляемый двигатель с катящимся ротором (ДРК). В связи с малыми габаритами двигатель имеет естественную систему охлаждения.

Целесообразностью применения ДРК является то, что в большинстве случаев он способен заменить электропривод, состоящий из быстросходного электродвигателя и механического редуктора. Электрические однооборотные исполнительные механизмы МЭО-100 предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматиче-

ского регулирования технологическими процессами в соответствии с командными сигналами автоматических регулирующих и управляющих устройств. Они и располагаются в машинных залах, где температура окружающей среды может достигать 60 °С. Поэтому тепловой анализ ДКР является одним из важнейших критериев на ряду с электромагнитным и механическим расчетами.

Поэтому был проведен расчет теплового состояния ДКР с помощью метода эквивалентных тепловых схем (ЭТС). После решения системы уравнений получены результаты: температура обмотки 121 °С, температура сердечника 117 °С.

Сравнение нагрева обмотки двигателя проводилось при фиксированном значении тока и напряжения. Нагрев обмотки измерялся методом термометра, в качестве термопреобразователя датчика температуры применялась термопара.

При продолжительном режиме работы (S1), по мере нагрева ДКР, температура его обмотки повышается, все большая часть тепла передается через статор в окружающую среду и нагрев машины замедляется. При длительной работе ($t = \infty$) с неизменной нагрузкой наступает тепловое равновесие и дальнейший нагрев машины прекращается. Это является установившимся тепловым режимом. Можно записать уравнение теплового баланса:

$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_{уст} \left(1 - e^{-t/T}\right), \quad (1)$$

где $\Delta\vartheta$ – превышение температуры обмотки машины над температурой охлаждающей среды, °С; $\Delta\vartheta_{уст}$ – установившаяся температура обмотки, °С; T – постоянная времени нагрева, с.

Охлаждение ДКР, при отключении питания обмоток, достигшей установившейся температуры, происходит по следующему закону:

$$\Delta\vartheta = \Delta\vartheta_{уст} \cdot e^{-t/T}. \quad (2)$$

Из эксперимента получены следующие кривые нагрева и охлаждения (рис. 1).

По истечении 1 часа ДКР выходит на установившийся тепловой режим работы с температурой обмотки, равной 113 °С, что соответствует предварительным расчетам.

Условия эксплуатации диктуют применение редукторного электропривода типа МЭО-100 в повторно-кратковременном режиме S4 и дополнительно технические условия на данные типы механизмов предусматривают до 630 включений в час. В соответствии с этим требованиями проводились исследования ДКР.

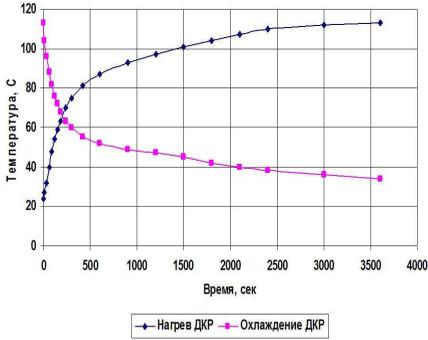


Рис. 1.

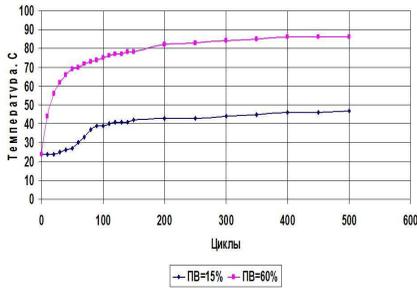


Рис. 2.

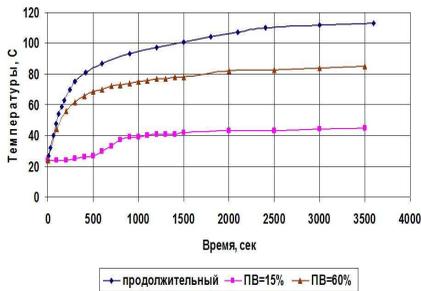


Рис. 3.

ДКР начинает работать в установившемся режиме с незначительным колебанием температуры, зависящей от продолжительности циклов включения.

Был проведен ряд экспериментов при различной продолжительности включения (ПВ). ГОСТ 183-74 регламентирует следующие ПВ, равные 15, 25, 40 и 60% продолжительности одного цикла. Для ДКР предполагается отсутствие влияния на нагрев обмотки увеличения потерь за время пуска, так как продолжительность пускового периода много меньше периода работы машины.

Рассмотрим два крайних случая: ПВ=15% и ПВ=60%. Продолжительность цикла в обоих экспериментах была установлена равной 10 с, соответственно интервалы времени для ПВ – 15% – работы $t_p=1,5$ с, пауз $t_0=8,5$ с, для ПВ=60% – работы $t_p=6$ с, пауз $t_0=4$ с. Замеры температуры проводились каждые 10 циклов. Всего было сделано свыше 10000 пусков двигателя. Кривые нагрева обмотки двигателя, при различном ПВ, показаны на рис. 2. Как видно из рис. 2, спустя некоторое время температурный режим повторно-кратковременной работы ДКР практически устанавливается и общий подъем кривой прекращается.

На рис. 3 приведены кривые нагрева ДКР при продолжительном и повторно-кратковременном режиме работы с ПВ=15 % и ПВ=60 %.

Анализируя эти графики, можно сказать, что использование ДКР в повторно-кратковременном режиме имеет достаточный запас по температуре. Следовательно, при тех же габаритах двигателя, используя его в повторно-кратковременном режиме, мощность ДКР можно увеличить, что поведет за собой увеличение вращающего момента, создаваемого на валу двигателя [2].

Выводы. Непревышение допустимых температур в очередной раз доказывает целесообразность применения ДКР вместо МЭО-100, в качестве привода шаровых и пробковых кранов, поворотных дисковых затворов, заслонок.

Список литературы: 1. *Бертинов А.И., Варлей В.В.* Электрические машины с катящимся ротором. – М.: Энергия, 1969. – 200 с. 2. *Супайлов Г.А., Санников Д.И., Жадан В.А.* Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах – М.: Высшая школа, 1989. – 239 с.



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 кафедры "Электрические машины". 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.



Потоцкий Дмитрий Васильевич, ассистент кафедры "Электрические машины". 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 09.11.2010
Рецензент д.т.н., проф. Міліх В.І.*