

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ С ЛЕНТОЧНОЙ НАМОТКОЙ СТАТОРА

Кодермятов Р.Э., Самодуров И.Н.

Научный руководитель: Иванова А.Г., аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kodermyatovra@mail.ru

При экспериментальных исследованиях электрических машин достаточно часто приходится определять такие их характеристики, как момент инерции вращения частей и моменты сопротивления вращению. К числу последних относятся моменты сухого и вязкого трения в опорах подвеса, моменты нагрузки, моменты, вызываемые конструктивным исполнением электрической машины. Указанные выше характеристики определяются, исходя из математического описания процессов движения подвижных элементов, связанных с ротором. В частности, момент инерции ротора можно определить качение эталонного груза [1], а моменты сопротивления по характеру затухания собственного колебательного движения [2].

Особенность исследований моментного двигателя с ленточной намоткой [3] является определение момента сопротивления, вызванного влиянием вихревых токов в материале намотки.

Общий вид макета исследуемого двигателя приведен на рисунке 1.

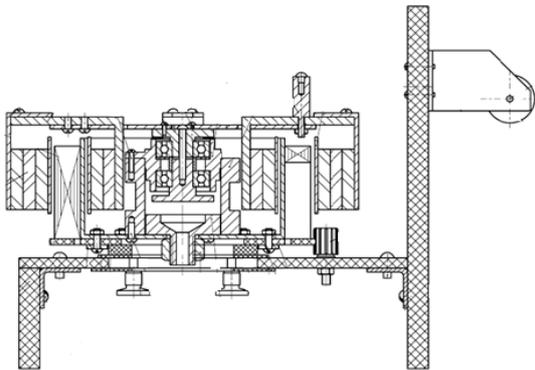


Рисунок 1 Макет моментного двигателя

Моментный двигатель содержит первичный элемент, выполненный в виде многополюсного магнита и магнитопровода. Магнит и магнитопровод соединены основанием из немагнитного материала и образуют единый узел – ротор двигателя. В зазор между полюсами магнита и магнитопроводом помещается вторичный элемент, который представляет собой спирально намотанную на каркас ленту из электропроводящего материала [3].

Методика определения моментной характеристики заключается в том, что на ленточную намотку подается постоянный ток, под действием которого создается момент двигателя, преодолевающий тарированный момент нагрузки.

Данная методика описана в [4]. Результаты обработки полученных приведены на рисунке 2, который представляет собой экспериментально полученную характеристику изменению момента по углу поворота ротора при неизменном токе в 1А.

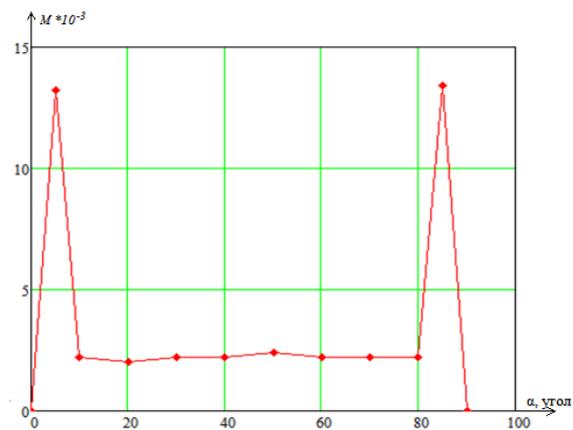


Рисунок 2 Моментная характеристика макета

Характер движения определялся по перемещению отметки луча лазерной указки, закрепленной на роторе макета. Перемещение светового пятна по шкале фиксировалось с помощью видеозаписи, покадровая расшифровка которой с периодом 0,04 с позволила построить графики движения ротора как при подключении к источнику питания, так и при собственных колебаниях ротора с присоединённой массой.

Вид установки показан на рисунке 3.



Рисунок 3 Вид экспериментальной установки

Методика определения момента инерции заключается в том, что на некотором расстоянии от

оси ротора закрепляется эталонный груз затем, задав ротор отклоняется от нейтрали на некоторый угол и в данный момент совершает колебательное движение.

Момент инерции маховика определяется по формуле [1]

$$J = m_э \cdot l_э \cdot \left(\frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} - l_э \right) =$$

$$= 0,118 \cdot 0,12 \cdot \left(\frac{1,2^2 \cdot 9,81}{4 \cdot 3,14^2} - 0,12 \right) =$$

$$= 3,37 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

где: $J = 3,37 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ момент инерции ротора;

$T = 1,2 \text{ с}$ - период колебаний системы, определяемый из графика на рисунке 4;

$m_э = 0,118 \text{ кг}$ - эталонная масса;

$l_э = 0,12 \text{ м}$ - расстояние от оси ротора до центра эталонной массы;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

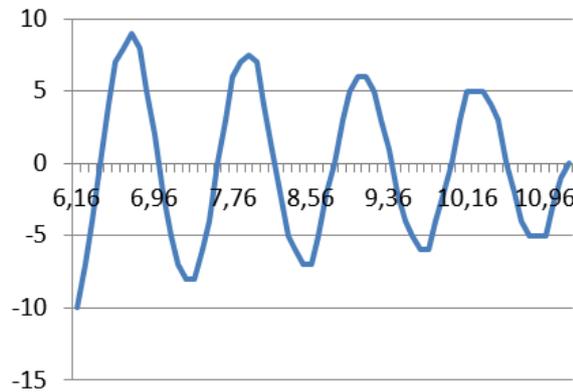


Рисунок 4 Колебания ротора с закрепленной массой

Графики на рисунке 5 отображают затухающие колебания ротора с присоединённой массой в случаях наличия (а) и отсутствия (b) в макете ленточной намотки.

Известно [1], что для затухающих свободных колебаний, определяемых уравнением

$$J \cdot \alpha^2 + \mu \cdot \alpha^1 + c \cdot \alpha^0 = 0, \text{ или}$$

$$y^2 + 2 \cdot \beta \cdot y^1 + \omega_0^2 \cdot y^0 = 0,$$

$$\text{где: } 2\beta = \frac{\mu}{J}, \omega_0^2 = \frac{c}{J}.$$

Декремент затухания (λ) определяется как

$$\lambda = \beta \cdot T = \ln \frac{A_m}{A_{m+1}}, \beta = \frac{1}{T} \cdot \ln \frac{A_m}{A_{m+1}}$$

где: A_m - амплитуда колебания.

Отсюда следует, что искомый параметр коэффициент скоростного трения (μ) определяется как

$$\mu = 2 \cdot J \cdot \beta = \frac{2 \cdot J}{T} \cdot \ln \frac{A_m}{A_{m+1}}.$$

Расчёты показывают, что коэффициент скоростного трения в случае отсутствия линейной

намотки, определяется в основном трением в опорах подвеса, равен

$$\mu_b = 0,215 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}, \text{ а при её наличии}$$

$$\mu_a = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}.$$

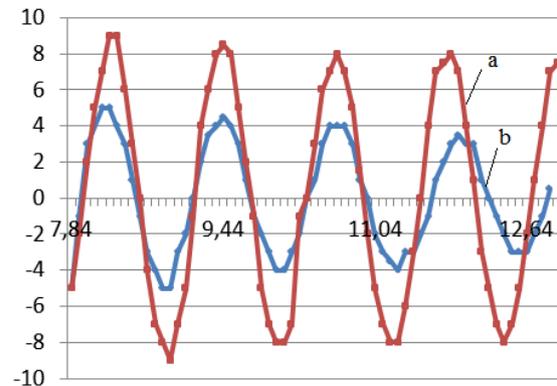


Рисунок 5 Колебания ротора с отсутствием намотки (а) и с её наличием (b)

Из экспериментально полученных данных можно сделать вывод, что влияние демпфирующего момента (вызванного действием вихревых токов в теле намотки) превышает более чем в четыре раза момент трения в опорах, что оказывает существенное влияние на работу двигателя. Полученные результаты дают возможность провести дальнейшие аналитические исследования с целью определения основных динамических характеристик двигателя.

Литература

1. Фаворин М.В. Моменты инерции тел. Справочник. / Под ред. М.М. Гернета – 2-е издание переработано и дополнено – М: Машиностроение, 1977. – 511 с., ил.

2. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. – М: Мир, 1982 – с.520. ил.

3. Кодермятов Р.Э., Самодуров И.Н. Макет моментного двигателя с ленточной намоткой // Космическое приборостроение: сборник научных трудов форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием/ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Изд-во ТПУ, 2013 - с. 196-197.

4. Екимова О.Ю., Иванова А.Г., Татарникова К.А. Экспериментальные исследования моментного двигателя с ленточной намоткой // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 6-ти частях. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. Часть 2 – с. 104 – 106.