УДК 004.932.2+006.86

**Разработка ПРОГРАММЫ ДЛЯ определения УГЛОВ ПОВОРОТА РОТОРА ЭЛЕКТРИЧеского ДВИГАТЕЛЯ НА НИЗКИХ ЧАСТОТАХ ВРАЩЕНИЯ**

**Аметов И.И.**

студент

институт комплексной безопасности и специального приборостроения.

МИРЭА – Российский технологический университет

*Статья посвящена вопросу разработки алгоритма и программы для анализа углов поворота ротора вентильного двигателя при низких частотах вращения в соответствии со стандартом ГОСТ 27803-91, как составной части испытательного стенда. Разработанные алгоритмы и собранные экспериментальные данные послужат основой для разработки информационной системы оценки и моделирования улучшенных характеристик современных электрических приводов.*

***Ключевые слова:*** *вентильный двигатель, тестовый стенд, алгоритм определения углов поворота ротора при низких частотах вращения.*

**WRITING A PROGRAM FOR ANALYZING electric motor’s ANGLES WITH LOW SPINNING FREQUENCY**

**Ametov I.I.**

student

The institute of complex security and special instrument engineering.

MIREA – Russian technological university

*The article is dedicated to the algorithm development and a program for analyzing electric motor’s angles at low spinning frequency in accordance with GOST 27803-91 standard, as a part of a test bench. The developed algorithm and the collected experimental data will serve as a basis for developing of information system for evaluation and modeling improved characteristics of modern electrical engines.*

***Keywords:*** *ventile engine, testing machine, algorithm for analyzing engine rotor’s angles with low spinning frequency.*

Электрические двигатели играют большую роль в жизни человека. Трудно найти сферы, где не используются электроприводы. Электродвигатели используются повсеместно: в энергетике, в машиностроении, в транспорте, на производстве, в здравоохранении и так далее. В связи с этим к электрическим приводам выставляется ряд требований со стороны стандартизации и метрологии.

На территории Российской Федерации существует государственный стандарт, определяющий требуемые характеристики электроприводов постоянного и переменного тока, а также регулируемых по скорости электроприводов [3].Согласно этому стандарту диапазон регулирования скорости () электродвигателя в зависимости от исполнения должен быть либо до 1000 включительно, либо от 1000 до 10000 включительно и/или свыше 10000.

При этом возникает проблема определения углов поворота при низких частотах вращения ротора. Проблема заключается в следующем: на промышленных системах испытания электрических двигателей при снижении частоты вращения ротора ухудшается надёжность сигнала от тахогенератора, растёт погрешность определения, что в конечном итоге приводит к недопустимому искажению полученных данных.

Повысить надёжность определения углов поворота ротора электродвигателя при работе на низких частотах можно с помощью оптического метода, а именно: с помощью фото или видеокамеры. Предлагаемый способ определения углов поворота следующий:

1. На ротор крепится поперечина-флажок длиной от 10 сантиметров, основание поперечины (находящееся в центре ротора окрашивается в синий цвет), противоположная сторона поперечины окрашивается в красный цвет.
2. Напротив поперечины по линии ротора электродвигателя устанавливается фото или видеокамера с возможностью ведения автоматической съёмки по заданному интервалу времени.
3. Включают камеру и электродвигатель.
4. По истечении требуемого регламентом анализа времени камера и двигатель отключаются.
5. На карте памяти фото или видеокамеры накапливается массив изображений.
6. Зная периодичность съёмки и цвета стрелки можно распознавать углы поворота с течением времени и сохранять полученные данные в текстовый файл.

В данном случае в качестве цвета точки центра ротора был выбран синий цвет, а в качестве цвета конца поперечины – красный. Важным условием является контрастность цветов относительно заднего фона. Высокая контрастность цветов вкупе с хорошей освещённостью позволит получать хорошо распознаваемые снимки и снизить до минимума ошибки вычислений.

Для автоматизации задачи расчета угла поворота ротора была разработана программа анализа массива изображений. Программа была выполнена на языке Perl 5 с применением пакета манипулирования изображениями ImageMagick с открытым исходным кодом.

В качестве первого аргумента программе передаётся название файла, содержащее изображение центра ротора, второй аргумент – это название файла, с изображением цвета флажка поперечины, третий аргумент – это регулярное выражение, описывающее массив обрабатываемых данных с фото или видеокамеры.

С помощью регулярного выражения формируется список файлов изображений вращения ротора с поперечиной. Программа находит средние координаты массива точек, соответствующие цвету на центре ротора и цвету на поперечине. При этом получается пара точек и . Первая точка выражает координаты центра ротора, а точка – координаты конца поперечины. Из полученных данных создаётся вектор . Аналогичным способом из следующего файла из массива изображений создаётся вектор .

После получения двух векторов необходимо определить произошёл ли поворот и если произошёл, то по часовой или против часовой стрелки. Для этого к полученным векторам дописываем ещё третью координату, причём эта координата нулевая, а именно: из получаем , а из получаем . Вводим ещё один базисный вектор и выполняем смешанное произведение векторов:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

Если значение оказалось больше нуля, то произошёл поворот по часовой стрелке, если значение оказалось равно нулю, то поворота не произошло, если значение оказалось меньше нуля, то произошёл поворот против часовой стрелки.

После определения направления поворота нужно выяснить угол поворота. Для этого было применено скалярное произведение векторов.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

где – это угол между векторами и , –скалярное произведение векторов, и – длины векторов и соответственно.

Перейдя к координатам векторов из формулы (2) можно получить значение искомого угла:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3) |

Эта математическая модель позволяет находить углы поворота ротора по полученному массиву изображений. Выведенные формулы были применены в реализации исходного кода программы.

**Заключение**

Представленная в статье программа позволяет определять угол поворота ротора при работе электродвигателя на низких оборотах. Подобный подход может использоваться для определения соответствия двигателя заданным стандартам. В рамках верификации работоспособности программы были проведены эксперименты, подтверждающие актуальность разработанной программной реализации. Этот подход, при наличии соответствующего оборудования, может быть модифицирован для произвольного числа оборотов электрического двигателя.

**Список литературы**

1. Shmeleva A.G., Ladynin A.I., Talanova Y.V., Galemina E.A., Manufacturing planning information system development. / Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Moscow, 2018, pp. 366-369. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317108.
2. ГОСТ 27803-91. Электроприводы регулируемые для металлообрабатывающего оборудования и промышленных роботов. Дата вступления в силу: 01.01.92.
3. Слепцов В.В., Шмелева А.Г., Галёмина Е.А. Разработка стенда для определения технических характеристик регулируемых по скорости электроприводов. / Приборы. 2017. № 4 (202). С. 26-32.