

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

316-1

20-22 октября 2022 года

УДК 621.316

Н.К. Третьяков, студент гр. 3220М (ГУАП)

Д.В. Можегов, студент гр. 3220М (ГУАП)

В.П. Кузьменко, к.т.н., доцент (ГУАП)

Научный руководитель Солёный С.В к.т.н., доцент (ГУАП)

г. Санкт-Петербург

**ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОТОРА
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ ОБОРУДОВАНИЕ**

Введение. Следствием развития современных технологий является расширение области применения электродвигателей. Основными компонентами электродвигателя являются ротор и статор. Вращение ротора обусловлено магнитным полем. Для корректного управления электродвигателем применяются устройства обработки положения ротора. Надежность и точность устройства позволяет поддерживать скорость, момент и позиционирование ротора электродвигателя.

Анализу, применяемых в настоящее устройств обработки положения ротора электродвигателя, а также используемой в них современной электронной компонентной базе и посвящена настоящая статья.

Современные устройства обработки перемещения. Одним из устройств обработки положения ротора электродвигателя является двухканальная плата обработки аналоговых сигналов от датчиков типа синус-косинус вращающийся трансформатор (СКВТ) SD-PC фирмы “ЭЛКУС”. Устройство (плата) предназначено для обработки и преобразования сигналов, поступающих от аналоговых датчиков углового положения типа СКВТ, в цифровой код угла. Устройство построено по принципу следящей системы с обратной связью с двойным преобразованием сигналов. Подстройка для устранения погрешностей происходит по аналоговым сигналам [1].

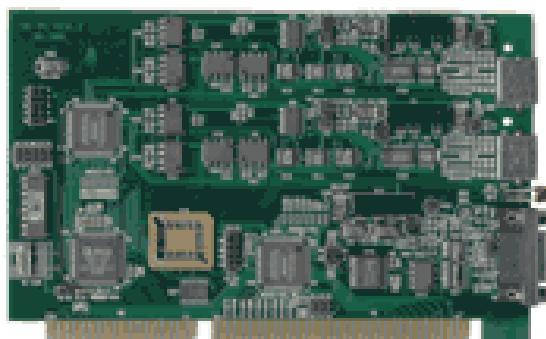


Рис.1 – Внешний вид SD-PC

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

316-2

20-22 октября 2022 года

Достоинствами являются: возможность применения двух аналоговых датчиков типа СКВТ и одновременная обработка положения, а также вибрационная стойкость: синусоидальная вибрация в диапазоне частот 10...2000Гц ≤ 80 м/с², ударное ускорение (от 0.1мс до 2.0мс) ≤ 1000 м/с².

Недостатки: температурный диапазон эксплуатации от 0 до 70 градусов; возможность обработки сигнала только с аналоговых датчиков типа СКВТ.

Следующим современным устройством обработки положения ротора, применяемым в электродвигателях, является абсолютный угловой энкодер ЛИР-ДА219А.01 фирмы “СКБ ИС”. Данное устройство представляет собой цифровой фотоэлектронный датчик угловых перемещений, где информация о положении формируется с помощью прохождения светового потока от излучающих элементов к приёмным через кодовую шкалу с отверстиями с последующей обработкой кодом Грея и преобразованием в стандартный интерфейс.

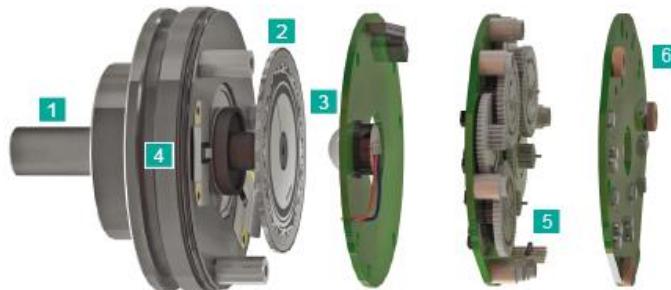


Рис.2 – Внешний вид абсолютного энкодера ЛИР-ДА219А.01

Абсолютный энкодер состоит из следующих составных узлов:

- 1) Вал энкодера, фиксирующийся на роторе электродвигателя
- 2) Энкодерный диск с метками (рисками)
- 3) Источник света с электронной печатной платой
- 4) Приемный инфракрасный (ИК) фотодатчик
- 5) Оптико-механический блок с шестернями
- 6) Электронная печатная плата с процессорами обработки сигналов и преобразователями цифрового интерфейса

Поверхность диска абсолютного энкодера поделено на определенное количество секторов. Каждому сектору на диске энкодера присвоено индивидуальное значение (цифровой код). При вращении вала абсолютный энкодер считывает данные сектора, формируя определенный код (или так называемый - "абсолютный код"). Данный код формирует индивидуальные последовательности меток или рисок, нанесенные на диске энкодера. Считывание сигналов происходит при помощи фотоэлемента (приемной

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
316-3 20-22 октября 2022 года**

матрицы), имеющей множество фотодатчиков (приемных элементов). По причине формирования некого полного индивидуального значения (кода), данный тип энкодера называется - "абсолютным"[2].

Достоинствами фотоэлектронных датчиков являются: высокая помехозащищённость и точность (единицы угловых минут), а также максимальное расстояние между датчиком и устройством обработки цифрового сигнала, которое может доходить до 1200 метров, т.к. сигнал предаётся по средствам цифрового интерфейса RS-422.

Недостатки: высокая стоимость; конструктивное исполнение датчика рассчитано только на измерение углового перемещения; сложность установки; низкая механическая стойкость по причине применения хрупкого материала кодированного диска.

Основными недостатками применяемых в настоящее время устройств измерения положения ротора являются: температурные диапазон эксплуатации, массогабаритные характеристики, отсутствие универсальности, а также стойкость к внешним воздействующим факторам. Кроме того, стоит отметить, что в настоящее время на российском рынке отсутствуют устройства, отвечающие вышеуказанным требованиям, построенные на отечественной компонентной базе. Фактически все представленные на рынке изделия являются импортными изделиями (или российскими, но изготовленными на импортной ЭКБ). Так же существует целый сегмент применений, где использование подобных импортных изделий запрещено или ограничено, например, программы импортозамещения и специального назначения.

Предложение нового решения. В качестве устройства обработки положения ротора предлагается разработать модуль обработки аналоговых (линейных и угловых перемещений) сигналов с датчика типа СКВТ и/или ЛВДТ и преобразования их в цифровой общепромышленный интерфейс SSI. Реализация обработки сигналов по принципу следящей системы с обратной связью, реализованную на современных цифровых микроконтроллерах отечественной разработки “ПКК Миландр”[3]. Устройство обработки датчика типа СКВТ/ЛВДТ предлагается разработать малогабаритной печатной платы, размещаемого непосредственно в корпусе электродвигателя или преобразователе.

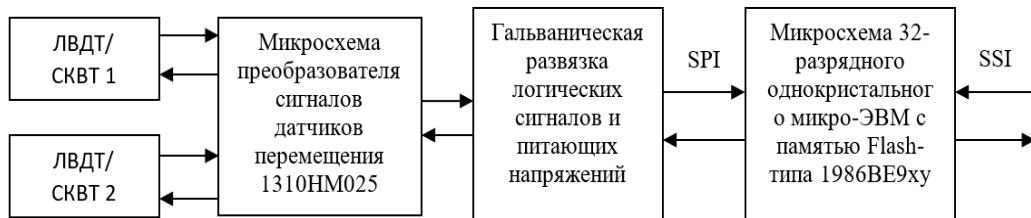


Рис.3 – Схема электрическая структурная устройства

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

316-4

20-22 октября 2022 года

В качестве источника первичной информации об угловом положении ротора электродвигателя предлагается применить синус-косинус вращающийся трансформатор типа БВТ-36 производства АО «Фиолент» (г. Симферополь). Это недорогое, стойкое к внешним механическим воздействиям изделие, которое размещено непосредственно на валу электродвигателя. Частота возбуждения обмотки до 12 кГц, позволяет получать информацию о положении вала электродвигателя с точностью до 16 разрядов. Вибрационное воздействие: синусоидальная вибрация в диапазоне частот $10\ldots2000\text{Гц}$ $\leq 100 \text{ м/с}^2$; ударное ускорение (от 0.1мс до 2.0мс) $\leq 5000 \text{ м/с}^2$ [4].



Рис.4 - Внешний вид БВТ-36

Преобразование аналоговых сигналов датчика в координату производится в следящем контуре с обратной связью микросхемы 1310HM025. Контур содержит модель датчика, которая выполняет преобразование вычисленной на предыдущем шаге координаты в виртуальные сигналы датчика. Сигнал ошибки $\Delta\phi$ для следящего контура вычисляется через свертку сигналов реального датчика, полученных с АЦП, с сигналами от математической модели датчика. По сигналу ошибки $\Delta\phi$ в контуре обратной связи вычисляется новое значение координаты, поступающее на выход преобразователя. Для контура с обратной связью настраивается полоса пропускания, что позволяет получить требуемую разрядность преобразования. В данном типе систем за счет наличия двух интеграторов в контуре, результат преобразования не имеет постоянной составляющей ошибки, а также запаздывания при движении вала датчика с постоянной скоростью. Далее сигнал изменения перемещения ротора поступает по интерфейсу SPI на микросхему контроллера 1986BE9xy, где он преобразуется и передается на систему управления по помехозащищенному интерфейсу SSI.

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

316-5

20-22 октября 2022 года

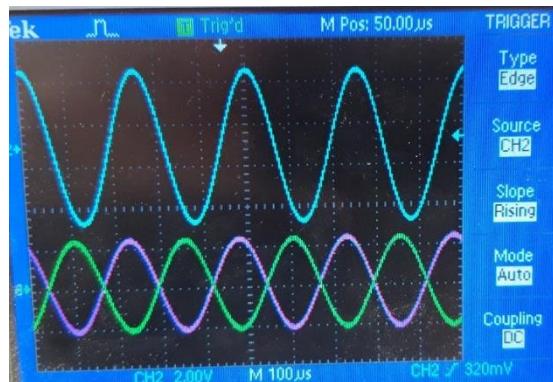


Рис.5 – Осциллограммы сигналов датчика БВТ-36

Предлагаемое изделие объединит в себе достоинства существующих решений и позволит исключить недостатки.

Сравнение технических параметров современных устройств и предложенного.

Таблица 1

Сравнение параметров устройств

Технические параметры устройств	ЛИР-ДА219А “СКБ ИС”	SD-PC “ЭЛКУС”	Предлагаемое решение
Максимальная скорость вращения	10000 об/мин	6000 об/мин	10000 об/мин
Диапазон рабочих температур, град. С	0...+70	0...+75	-60...+125
Тип измерения перемещения	Угловое	Угловое	Угловое/Линейное
Максимальное расстояние от электродвигателя, метры	1200	50-70	1500
Вибрационное воздействие: Ударное ускорение (от 0.1мс до 2.0мс), м/с ²	≤ 300	≤ 500	≤ 3000

Заключение. В сравнении с аналогами предложенное устройство будет превосходить по всем основным характеристикам и функциональному назначению на 30-50%, будет лучше адаптирован к эксплуатации в тяжелых климатических условиях, что будет являться конкурентным преимуществом.

Список литературы

1. SD-PC Двухканальная система сбора информации от датчиков углового положения (СКБТ) SD-PC[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elcus.ru/boards.php?ID=sd-pc>

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

316-6

20-22 октября 2022 года

2. “СКБ ИС”. Каталог продукции, угловые энкодеры, абсолютные, ЛИР-ДА119А.01[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skbis.ru/datasheet/lir-da119a.pdf>
3. АО “ПКК Миландр”. Микросхемы, микросхемы преобразователей, 1310HM025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ic.milandr.ru/upload/iblock/86f/86fa56ffc18f03a292b1dcc876ab5351.pdf>
4. АО “Завод Фиолент”. Каталог изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zdphiolent.ru/upload/iblock/bfb/bfb449cb5ba504574f559d26865c841b.pdf>

Информация об авторах:

Третьяков Никита Константинович, студент гр. 3220М, ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, NT7836655@yandex.ru
Можегов Даниил Владимирович, студент гр. 3220М, ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, danilmozhegov@gmail.com

Кузьменко Владимир Павлович доцент, к.т.н., ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, Mr.konnny@gmail.com

Солёный Сергей Валентинович заведующий кафедрой, к.т.н., ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, ssv@guap.ru