

с целью перевода его в однофазный режим работы, и замена механической пружины маятником, имитирующим «упругость», позволит предельно упростить реализацию и повысить надежность автоколебательных систем.

Наиболее перспективным по простоте и эффективности реализации автоколебательных режимов является трехфазный электродвигатель с пересоединением статорных обмоток для подключения к однофазной электрической сети, имеющий на валу маятник (дисбаланс).

Предлагается вместо маятника или дисбаланса использовать электропривод с возможностью рекуперации энергии в сеть, что достижимо при питании от управляемого инвертора [1]. Тогда на участке торможения энергия, запасенная в механизме, будет использоваться не в дисбалансе, а возвращаться в сеть.

Таким образом, за счет рекуперации энергии в сеть мы повысим КПД установки и уменьшим затраты на электроэнергию. Данная система регулирования позволит экономить электроэнергию не только на участке торможения (генераторном режиме), но и в двигательном режиме за счет отсутствия маятника.

В результате предложенной реализации схемы, за счет рекуперации энергии в сеть, мы повысим КПД установки и уменьшим затраты на электроэнергию. Данная система регулирования позволит экономить электроэнергию не только на участке торможения (генераторном режиме), но и в двигательном режиме за счет отсутствия дисбаланса.

#### Л и т е р а т у р а

1. Патент РБ 22642. Способ управления колебательным электроприводом с асинхронным двигателем № а 20170496 / Тодарев В. В., Логвин В. В., Зайцев А. С., Беликова А. И. // Официальный бюллетень № 4/2019 : опубли. 30.08.2019.

УДК 62-83-52

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С БЕСПРОВОДНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Л. В. Веппер, В. В. Логвин**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Объектом исследования является частотный преобразователь с беспроводным управлением для трехфазных асинхронных двигателей.*

**Ключевые слова:** частотный преобразователь, электродвигатель, выпрямитель, инвертор, фильтр, широтно-импульсная модуляция, микропроцессор.

### DESIGNING A FREQUENCY CONVERSION SYSTEM C WIRELESS CONTROL FOR THREE-PHASE ASYNCHRONOUS ENGINES

**L. V. Vepper, V. V. Logvin**

*Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus*

*The object of the study is a frequency converter with wireless control for three-phase asynchronous motors.*

**Keywords:** frequency converter, electric motor, rectifier, inverter, filter, pulse width modulation, microprocessor.

Несмотря на то что преобразователи частоты (ПЧ) нашли применение в задачах управления электродвигателями, а также их защиты относительно недавно – с 1980-х гг., сегодня они не просто широко распространены, а необходимы для большинства технологических процессов на производствах.

В связи с повсеместным использованием частотных преобразователей появилась необходимость в реализации беспроводного управления. Перед нами были поставлены следующие задачи:

- подобрать подходящий микроконтроллер и описать используемую периферию;
- выбрать протокол удаленного управления;
- описать принцип работы системы и реализовать функциональную схему управления;
- описать достоинства и недостатки системы.

Частотный преобразователь (ЧП) представляет собой электронный прибор, преобразующий сетевой ток в режиме реального времени в целях адаптации его под параметры электродвигателя. Векторные частотные преобразователи позволяют тонко регулировать и поддерживать обороты асинхронных двигателей (АД) и приводов, благодаря чему появляется возможность с высокой точностью настраивать алгоритм их работы в зависимости от требуемого режима. Используя различные математические модели, векторные преобразователи частоты могут не только контролировать работу статора и ротора АД, но и учитывать их взаимодействие, обеспечивая адаптацию момента и скорости вращения к требуемому режиму управления, гарантируя при этом двигателю наивысший КПД. Сохранение высокого крутящего момента во всем диапазоне скоростей, в том числе при малых оборотах, в свою очередь, дает возможность максимально использовать динамические свойства асинхронного двигателя.

В конструкции каждого частотного преобразователя есть несколько узлов, которые отвечают за функциональные возможности данного оборудования:

- силовой импульсный инвертор;
- звено постоянного тока, которое состоит из выпрямителя и фильтрующего устройства;
- система управления.

Первым узлом, куда подается напряжение, является выпрямительное устройство, которое преобразует переменный ток в постоянный. После выпрямителя ток протекает через транзисторные ключи, которые поочередно подключают обмотку асинхронного двигателя к плюсовому и минусовому контакту выпрямителя. Система из нескольких коммутационных транзисторов образует силовой импульсный инвертор, который является промежуточным узлом любого частотного преобразователя. В современных силовых инверторах используются биполярные транзисторы, которые позволяют вырабатывать достаточно высокую частоту переключения, что дает возможность получать синусоиду с минимальными искажениями.

Всего лишь несколько лет назад для регулировки двигателей использовались механические устройства, которые не могли предотвратить ударно-пусковые нагрузки на оборудование. В результате срок эксплуатации асинхронных двигателей был небольшой, к тому же использование механической системы управления приводило к существенным энергопотерям. Для исключения негативного воздействия на промышленное оборудование специалисты разработали электронные устройства регулировки частоты, которые позволяют осуществлять широтно-импульсное управление асинхронными двигателями. В результате пусковой ток стал ниже в 4–5 раз, что делает возможным плавный пуск оборудования.

Кроме отсутствия большого пускового тока, преобразователи частоты сокращают энергопотери, а также позволяют создавать обратную связь между смежными приводами, поэтому оборудование может работать в режиме автонастройки.

Управлением преобразователя частоты будет заниматься система на базе кристалла ESP8266, которая изображена на рис. 1. Использование данного микроконтроллера обуславливается наличием нескольких факторов:

- 1) радио модуля на борту;
- 2) необходимой периферии для общения по интерфейсам RS422/485.

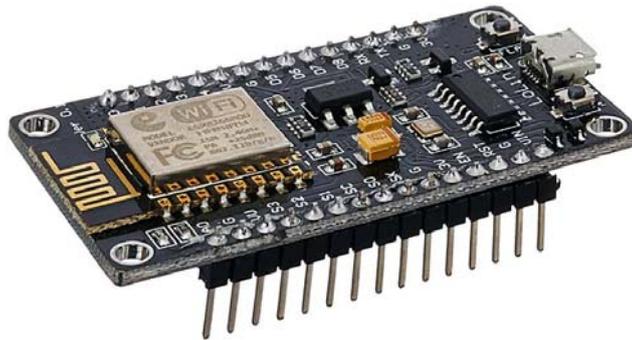


Рис. 1. Внешний вид системы на базе кристалла ESP8266

Для реализации общения нашего микроконтроллера и преобразователя частоты необходимо использовать USART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) и несколько GPIO (General-Purpose Input/Output) пинов. Usart и Gpio будут использоваться для реализации физического протокола, по которому общается наш преобразователь частоты. Также опционально Gpio пины можно использовать для управления дискретными входами ПЧ. Прошивка микроконтроллера будет реализовываться на базе SDK (Software Development Kit) Espressif-idf. Espressif-idf – это бесплатный набор инструментов для работы с ESP8266.

Для реализации беспроводного управления было решено использовать протокол MQTT. MQTT – это протокол обмена сообщениями по шаблону издатель-подписчик (pub/sub). Издатель публикует сообщение в заданный топик брокера, а подписчик в свое время проверяет периодически, опубликовал ли сообщение издатель. В качестве брокера можно использовать локальный сервер или облачное приложение. Издатель не требует каких-либо настроек по количеству или расположению подписчиков, получающих сообщения. Кроме того, подписчикам не требуется настройка на конкретного издателя. В системе может быть несколько брокеров, распространяющих сообщения.

Функциональная схема управления устройством изображена на рис. 2.

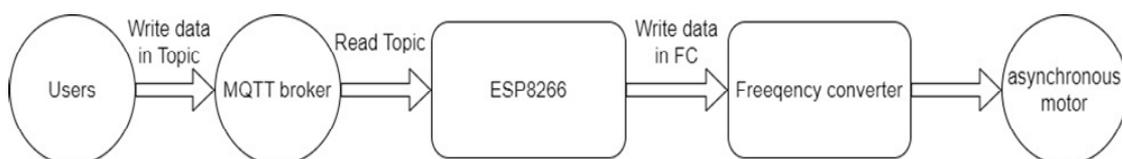


Рис. 2. Функциональная схема управления устройством

На схеме изображено:

- Users – пользователи, подключаемые к брокеру;
- MQTT broker – сервер, хранящий приходящие команды от пользователей;
- ESP8266 – система на базе кристалла с радио модулем;
- Frequency converter – преобразователь частоты;
- Asynchronous motor – асинхронный двигатель.

По нашим предположениям такая система сможет найти ряд применений в различных сферах жизни, так как она универсальна и способна реализовать комфортное управление преобразователем частоты. В ходе дальнейшей работы над проектом планируется выполнить стендовые исследования удаленного управления преобразователем частоты, а также произвести пробный запуск данной системы управления.

#### Л и т е р а т у р а

1. Преобразователи частоты «СИРИУС». – URL: <https://isup.ru/articles/47/18131/> (дата обращения: 17.03.2023).
2. Espressif-idf. – URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp8266-rtos-sdk/en/latest/get-started/index.html> (дата обращения: 17.03.2023).
3. Беспроводной протокол MQTT. – URL: <https://mqtt.org/> (дата обращения: 17.03.2023).

УДК 621.382

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЕСКЛЮЧЕВОГО ДОСТУПА

Л. А. Захаренко, В. А. Карпов, Е. Д. Цикунов, В. В. Змиевский

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Представлены результаты работы по разработке системы бесключевого доступа, в результате которой были разработаны схемы электрические принципиальные с применением приемопередатчика CC2500 и программное обеспечение для микроконтроллеров PIC18F25K80.*

**Ключевые слова:** бесключевой доступ, приемопередатчик CC2500, микроконтроллер PIC18F25K80, диалоговое кодирование, симметричное шифрование, SHA-256.

### DEVELOPMENT OF A KEYLESS ACCESS SYSTEM

L. A. Zakharanka, U. A. Karpau, E. D. Tsykunou, V. V. Zmieski

*Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus*

*The article presents the results of the work on the development of a keyless access system, as a result of which electrical circuit diagrams were developed using the CC2500 transceiver and software for PIC18F25K80 microcontrollers.*

**Keywords:** keyless access, CC2500 transceiver, PIC18F25K80 microcontroller, dialog coding, symmetric encryption, SHA-256.

Целью настоящей разработки является создание системы бесключевого доступа, предназначенной для контроля и ограничения доступа в автомобилях МАЗ.

Изделие состоит из пульта дистанционного управления ПДУ (2 шт.), блока управления (БУ) и внешней антенны. Система бесключевого доступа обеспечивает дистанционную блокировку и разблокировку замков дверей автомобиля при нажатии соответствующих кнопок на ПДУ;