

УДК 621.3.072.6

РАЗРАБОТКА БЮДЖЕТНОГО ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ***В. Е. Сивоконь, М. Г. Бутенко***

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аннотация. В настоящее время на рынке частотных преобразователей отсутствуют бюджетные модели, имеющие характеристики, достаточные для выполнения задач по управлению двигателями мощностью до 1 кВт. Существующие устройства являются громоздкими и дорогостоящими, это делает нецелесообразным применение их для управления двигателями небольшой мощности. Цель авторов данной статьи — разработка дешёвого частотного преобразователя, способного управлять электродвигателями малой мощности, это позволит значительно снизить стоимость систем кондиционирования помещений, охлаждения, регулирования скорости вращения двигателей станков и оборудования.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, IGBT транзистор, ШИМ, скорость вращения.

DEVELOPMENT OF A LOW-COST FREQUENCY CONVERTER***Viktor E. Sivokon, Maksim G. Butenko***

Don State Technical University, (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Abstract. Currently, there are no low-cost models on the frequency converter market that have characteristics sufficient to perform tasks for controlling motors with a power of up to 1 kW. The existing devices are cumbersome and expensive, which makes it impractical to use them to control low-power engines. The authors' objective is to develop a cheap frequency converter capable of controlling low-power electric motors. This will significantly reduce the cost of indoor air conditioning systems, cooling, speed control of machine tool motors and equipment.

Keywords: asynchronous motor, IGBT transistor, PWM, rotation speed.

Введение. В настоящее время 2/3 всей потребляемой в промышленном производстве электроэнергии приходится на электродвигатели. Поэтому остро стоит проблема эффективного управления ими, чтобы позволить экономить энергию и продлевать срок службы. Для управления скоростью вращения двигателей используют частотные преобразователи. Частотный преобразователь — это электротехническое устройство, контролирующее скорость электродвигателя в непрерывном процессе. Принцип работы частотного преобразователя заключается в преобразовании сетевого однофазного переменного тока частотой 50 Гц в трехфазный переменный ток с частотой от 1 до 800 Гц. Изменяя частоту, приложенную к статору, можно регулировать скорость вращения ротора в широких пределах — практически от полного нуля до максимально возможной [1]. Частотный преобразователь можно использовать и как устройство плавного пуска трехфазного электродвигателя, тем самым уменьшать пусковые токи, возникающие на обмотках статора, снижать вероятность перегрева, что приведет к увеличению срока службы электродвигателя.

Основная часть. Снижение стоимости разрабатываемого в проекте устройства достигается путём использования современной элементной базы. Основным элементом, за счет которого достигается этот эффект, является модуль IKCM15F60GA. Он обладает высокой степенью интеграции, следовательно, небольшими габаритными размерами, имеет возможность коммутировать токи до 5 А и обладает небольшой стоимостью.

На рынке частотных преобразователей представлены изделия таких фирм, как Siemens, Hyundai, LG.

В качестве типового был выбран частотный преобразователь N700E фирмы Hyundai. N700E обладает следующими характеристиками:

Мощность	0.4 кВт
Напряжение сети	220 В
Номинальный ток	3 А
Габариты (НхВхГ, мм)	68x128x128

Частотный преобразователь разрабатывается для управления:

- скоростью вращения вентиляторов охлаждения в электроаппаратуре, чувствительной к электромагнитным помехам;

- электродвигателями станков;
- приводами систем вентиляции и кондиционирования помещений.

Разработанное устройство должно отвечать следующим параметрам:

- регулировать скорость вращения с погрешностью в 1 %;
- иметь возможность реверса;
- использовать плавный пуск;
- изделие должно быть компактным;
- должно быть дешевым;
- должно быть технологичным.

Принцип работы частотного преобразователя (рис. 1).

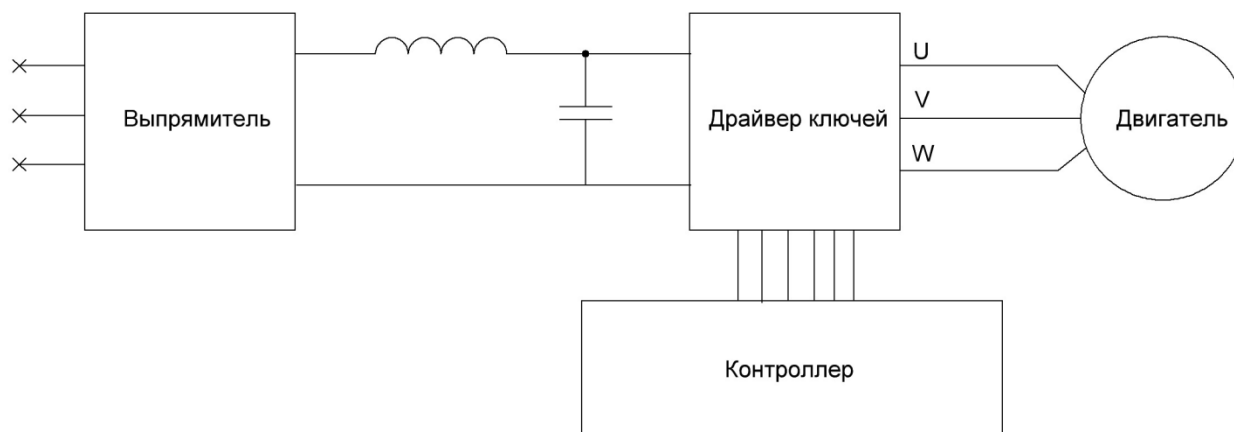


Рис.1. Частотный преобразователь (составлено автором)

Сначала трёхфазное напряжение сети поступает на выпрямитель, состоящий из диодного моста, подключённого по схеме Ларионова, после чего фильтруется и поступает на драйвер IGBT ключей. Контроллер генерирует и передает посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сигнал на драйвер, тем самым управляя переключением силовых ключей (рис. 2) [2]. Широтно-импульсная модуляция — это метод подачи мощности к нагрузке, заключающийся в изменении длительности импульса при постоянной его частоте [3].

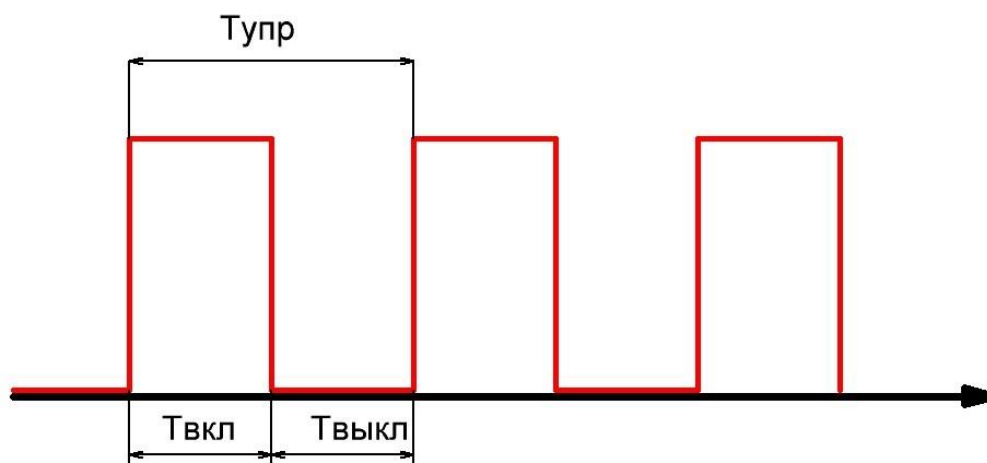


Рис. 2. Широтно-импульсная модуляция: $T_{упр}$ – время управления, $T_{вкл}$ – время включения, $T_{выкл}$ – время выключения (составлено авторами)

Принцип работы разрабатываемого устройства. Выпрямитель преобразовывает питающее однофазное напряжение в постоянное, после чего оно поступает в промежуточную цепь, где происходит фильтрация и сглаживание пульсаций. Далее постоянное напряжение поступает на драйвер ИКСМ15F60GA, управляемый микроконтроллером Arduino Leonardo (рис. 3). Драйвер, управляемый командами с Arduino Leonardo, производит переключение ключей, тем самым происходит преобразование постоянного напряжения в трёхфазное переменное.

В качестве микроконтроллера была выбрана плата Arduino Leonardo. Arduino Leonardo — это микроконтроллерная плата на базе микропроцессора ATmega32U4. Основное преимущество данной платы — это наличие 20 контактов цифрового ввода/вывода (из которых семь могут использоваться в качестве ШИМ-выходов и 12 — в качестве аналоговых входов). Наличие шести ШИМ-выходов необходимо для управления драйвером ключей. На данном модуле установлен кварцевый генератор, позволяющий с большей точностью генерировать ШИМ-сигнал, чем встроенный таймер процессора ATmega32U4.

Открытая среда разработки Arduino позволяет реализовать такие сложные режимы работы устройства, как реверс и плавный пуск электродвигателя. Возможность генерировать ШИМ высокой частоты дает возможность уменьшить погрешность регулирования скорости вращения электродвигателя, тем самым увеличивая диапазон доступных скоростей.

В качестве драйвера ключей был выбран модуль ИКСМ15F60GA, содержащий шесть IGBT транзисторов, три из которых подключены в прямом режиме (НО1, НО2, НО3), а три — в инверсном (НО4, НО5, НО3), что обеспечивает протекание тока [4].

Выбор модуля ИКСМ15F60GA обусловлен его небольшими габаритами, по сравнению с шестью IGBT транзисторами сопоставимой мощности, что дает возможность организовать эффективное охлаждение модуля [5]. При этом модуль содержит терморезистор, позволяющий следить за температурой модуля на программном уровне и не допускать перегрева.

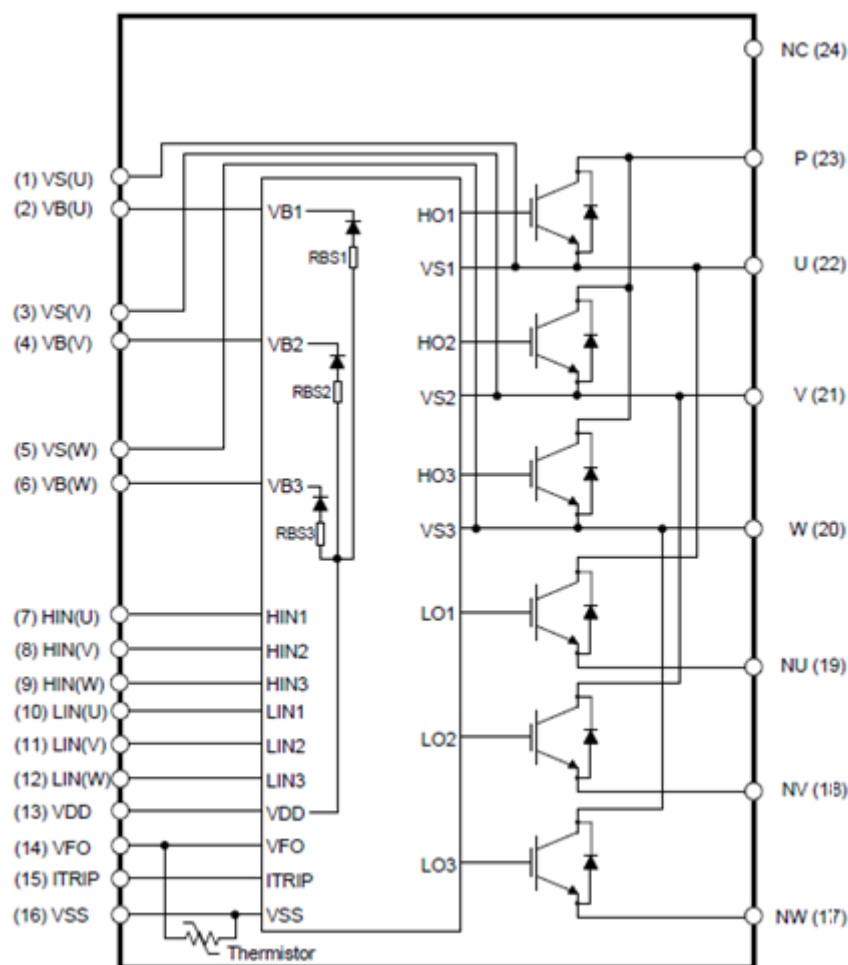


Рис. 3. Драйвер ключей (datasheet IKCM15F60GA) [5]

Технологичность разрабатываемого устройства заключается в относительно простой конструкции с минимальным количеством элементов, что повышает общую надежность устройства. Распространенность используемых компонентов подразумевает их небольшую стоимость и предсказуемую продолжительность работы.

Небольшие размеры модулей позволяют компактно разместить их на печатной плате, тем самым уменьшить габариты устройства.

Расчетные характеристики устройства:

Мощность нагрузки	1 кВт
Напряжение сети	230 В
Номинальный выходной ток	5 А

Заключение. В статье были рассмотрены основные принципы работы частотных преобразователей, на их основе был создан проект устройства, которое при сниженной стоимости, по сравнению с рыночной, обладает высокими эксплуатационными характеристиками.

Проект имеет потенциал к улучшению, следовательно, к уменьшению стоимости путём замены микроконтроллера.

Частотные преобразователи являются востребованными приборами на предприятиях, использующих двигатели переменного тока, это гарантирует высокий спрос на данный продукт.

Библиографический список

1. Частотный преобразователь — виды, принцип действия, схемы подключения // Школа для электрика : [сайт]. — URL: <http://electricalschool.info/econom/721-chastotnyjj-preobrazovatel-dlja.html> (дата обращения: 25.12.2022).
2. Sultanov, E. F. Gəmi kran elektrik intiqallarında tezlik çeviricilərinin gərginliyinin formalaşdırılması / E. F. Sultanov, E. M. Məmmədov // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri. — 2021. — Vol. 13. — № 1. — P. 92–96. [10.52171/2076-0515_2021_13_01_92_96](https://doi.org/10.52171/2076-0515_2021_13_01_92_96)
3. Виноградов, А. Б. Управление многоуровневым преобразователем частоты энергоэффективного электропривода / А. Б. Виноградов, А. А. Коротков // Электротехника. — 2017. — № 4. — С. 38–45.
4. Анализ эффективности применения силовых ключевых транзисторов частотных преобразователей / Е. А. Шумилов, А. А. Шкромато, Р. В. Шестов, А. А. Миницкая // Современные научные исследования и разработки. — 2018. — № 10 (27). — С. 945–947.
5. Control Integrated POver System / Reference manual IKCM15F60GA : [сайт]. — URL: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IKCM15F60GA-DS-v02_05-EN.pdf?fileId=5546d4624fb7fef2014fcb43b29e78c1 (дата обращения: 25.12.2022).

Об авторах:

Сивоконь Виктор Евгеньевич, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, sve6599@yandex.ru

Бутенко Максим Геннадьевич, студент кафедры «Автоматизация, мехатроника и управление» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), mb565133@gmail.com

About the Authors:

Sivokon, Viktor E., associate professor of the Electrical Engineering and Electronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Cand.Sci. (Eng.), associate professor sve6599@yandex.ru

Butenko, Maksim G., student of the of Automation, Mechatronics and Management Departments, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), mb565133@gmail.com