



УДК 621.313.3

ВЫБОР СИЛОВОЙ ЧАСТИ И РАЗРАБОТКА СХЕМ ДЛЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

SELECTION OF POWER MODULE AND DEVELOPMENT OF THE CIRCUITS FOR FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC DRIVE WITH MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM

Плотников Юрий Валерьевич, канд. техн. наук, доцент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: yu.v.plotnikov@urfu.ru, Тел.: +7 (343) 375-46-46

Уймин Юрий Сергеевич, магистрант каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: yura20legend@yandex.ru, Тел.: +7(912)699-88-12

Iurii V. Plotnikov, candidate of technical sciences, associate professor, department of « Electric drive and automation of industrial plants and technological complexes», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: yu.v.plotnikov@urfu.ru, Тел.: +7 (343) 375-46-46

Yury S. Uymin, Master student, Department « Electric drive and automation of industrial plants and technological complexes», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: yura20legend@yandex.ru. Ph.: +7(912)699-88-12

Аннотация: В данной статье представлена работа по созданию испытательного стенда для изучения алгоритмов и систем управления частотно-регулируемым электроприводом с микропроцессорным управлением на базе цифрового сигнального процессора TMS320F28335. Рассматриваются требования к выбору силовой части. Проводится разработка схем для согласования уровней логических сигналов.

Abstract: This article is devoted to the creation of a test bench for the study of algorithms and control systems for frequency-controlled electric drive with microprocessor control based on the digital signal processor TMS320F28335. The requirements for choosing of the power module are formulated. The development of circuits for adaptation of logic signals levels is described.

Ключевые слова: привод переменного тока; частотно-регулируемый привод; контроллер TI F2812; силовая электроника; инвертор, PS-12018-A.

Key words: AC electric drive; variable-frequency electric drive; TI F2812 controller; power electronics; PWM inverter; PS-12018-A.

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности широко используются системы управления двигателями на базе микроконтроллеров и цифровых сигнальных процессоров, которые обеспечивают построение гибкой и высокопроизводительной системы. Управление электроприводом с помощью микропроцессора является наиболее надёжным, эффективным, а самое главное, дешевым способом и имеет огромные перспективы развития [7]. Помимо основной функции — управление скоростью, современные микропроцессоры позволяют осуществить также другие функции,

начиная от контроля потребления энергии, заканчивая коррекцией коэффициента мощности [1]. Кроме того, такие системы позволяют организовать более сложные структуры, например, такие как: бесдатчиковые позиционные системы с алгоритмами идентификации.

При использовании цифровых сигнальных процессоров для создания алгоритмов управления электроприводом важным этапом проектирования рабочей системы является правильный выбор ее аппаратной реализации. Инженер-проектировщик, при выборе силовой части и разработке общих схем, может столкнуться с рядом проблем,

поэтому важно заранее четко сформулировать требования к системе.

ТРЕБОВАНИЯ К СИЛОВОЙ ЧАСТИ

Для задач частотного управления электроприводом переменного тока наиболее широкое применение имеют преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока и трехфазным инвертором напряжения, зачастую строящимся на IGBT-транзисторах.

Очень важно для испытательного стенда его компактность и простота подключения и минимизация пайки, поэтому оптимальным вариантом является расположение всех основных элементов в одном корпусе и минимизация количества элементов в целом. Другие требования указаны ниже в порядке приоритета:

- Наличие встроенных драйверов
- Наличие встроенных датчиков тока
- Защита по току/напряжению
- Оптическая развязка
- Согласование токов с нагрузкой (двигателем)
- Наличие тормозного транзистора (чоппера)
- Охлаждение
- Выпрямитель и инвертор в одном корпусе
- Согласование напряжений логических сигналов с микропроцессором

На основании этих требований выбирается силовая часть для будущего испытательного стенда.

ВЫБОР СИЛОВОЙ ЧАСТИ

Лидерами на рынке силовой электроники являются такие фирмы, как Mitsubishi Electric, Infineon, STMicroelectronics и другие. К сожалению, устройства удовлетворяющего сразу всем параметрам, найти не представляется возможным. Выбор пал на разработку фирмы Mitsubishi Electric интеллектуальный IGBT-модуль специального назначения (AS IPM) PS12018-A. Модули данной серии разработаны специально для задач сложного векторного управления электроприводом и удовлетворяют всем наиболее приоритетным требованиям. Модуль не содержит лишь встроенного выпрямителя, и логические напряжения не совпадают с имеющимся микропроцессором TMS320F28335. Поскольку к выпрямителю менее строгие требования чем к инвертору, то этот модуль является наиболее оптимальным для экспериментальных задач.

Модуль представляет собой конструктивно законченное изделие, обладает всеми необходимыми защитами, имеет оптическую развязку, состоит из семи IGBT-транзисторов (6 инверторных ключей + тормозной транзистор), в модуль интегрирован драйвер. Напряжение

питания модуля 15В и 5В, напряжение логических сигналов 5В, поддерживает как ТТЛ (TTL), так и КМОП (CMOS) логику [2]. Основные характеристики модуля приведены в таблице 1.

Таблица 1.
Характеристики модуля PS-12018-A

Параметр	Значение
Максимальная мощность привода	3,7 кВт
Максимальный ток, потребляемый нагрузкой	9,2 А
Напряжение коллектор-эмиттер	1200 В
Выходной ток коллектора	25 А
Максимальная частота ШИМ	15 кГц
Допустимое мертвое время входного сигнала	4 мс
Ток срабатывания защиты от короткого замыкания	55 А

Для выбора выпрямителя, нужно обращать внимание на параметры диодов. Диоды должны быть выбраны на большее напряжение и больший ток, чтобы избежать электрического и теплового пробоя. В соответствии с этими требованиями выбран трехфазный диодный мост VS-36MT160, диоды которого рассчитаны на токи до 36 А, и обратное напряжение 1600 В [3]. Основные характеристики модуля приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Характеристики модуля VS-36MT160

Параметр	Значение
Максимальное постоянное обратное напряжение	1600 В
Максимальное импульсное обратное напряжение	1600 В
Максимальный выпрямленный ток за полупериод	36 А

Выбранные выпрямитель и инвертор имеют одинаковый – сквозной – типа монтажа и размеры, позволяющие удобно монтировать их на печатную плату, что улучшает эргономику будущего испытательного стенда.

Что касается имеющегося микропроцессора TMS320F28335, он относится к специализированной серии для управления двигателями, обладает производительностью, позволяющей организовать самые сложные алгоритмы управления электроприводом. Входные и выходные напряжения логических сигналов 3,3 В КМОП логики [4]. Микропроцессор установлен на отладочной плате MChip176-28335, которая является отечественной разработкой.

Чтобы исключить выход из строя полупроводниковых элементов из-за нагрева, надо обеспечить систему охлаждением. В качестве теплоотводящего элемента можно использовать

радиатор. Для лучшего теплообмена наносится термопаста.

СОГЛАСОВАНИЕ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ИНВЕРТОРА И МИКРОПРОЦЕССОРА

Первой задачей, с которой сталкивается инженер-проектировщик при подключении микропроцессора к транзисторному модулю, является согласование разных уровней напряжений логических сигналов двух устройств. В данном случае нужно повысить уровень напряжения с 3,3 В до 5 В. Поскольку в обоих устройствах используется КМОП логика, то задача становится более простой. При согласовании выходного сигнала 3,3 В с 5 В входом, не обойтись без специальных схем согласования логических уровней [5].

При выборе схем согласования необходимо учитывать следующие:

- Логика, используемая в приемнике и передатчике
- Количество входов, которые нужно согласовать
- Скорость передачи данных
- Необходимость прямого и обратного согласования
- Тип корпуса

В нашем случае, на первом этапе разработки, нужно согласовать 6 входов ШИМ сигналов микропроцессора. Максимальная запланированная частота ШИМ – 15 кГц. Для такой задачи целесообразно использовать однонаправленный транслятор логических уровней, поскольку передача сигнала идет только в одном направлении. Однонаправленные трансляторы менее требовательны в эксплуатации, например, схемы подключения таких трансляторов намного проще чем двунаправленных. Здесь под двунаправленным транслятором понимается, транслятор логических уровней, который в любой момент времени без внешнего переключения может передавать сигнал как в одну, так и в противоположную сторону.

На рынке существует много преобразователей логических сигналов с разными параметрами и для разных задач. Популярными являются микросхемы серии 7400. Эти микросхемы имеют несколько модификаций. Наиболее быстрыми являются микросхемы с префиксом НС. Буква Н означает – High Speed, С – CMOS логика. Такие

микросхемы, кроме высокоскоростной передачи данных обладают, высокой допустимой температурой, низким энергопотреблением и адаптированы под КМОП логику [6].

Итоговым выбором является однонаправленный шинный формирователь производства фирмы Texas Instruments – SN74HC245N, который обладает всеми требуемыми качествами. Данная микросхема выполнена в корпусе PDIP, этот вид корпуса предназначен для сквозного монтажа, что облегчает разводку и пайку итоговой печатной платы.

РАЗРАБОТКА СХЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Заключительным этапом проектировки испытательного стенда является подготовка схемы подключения всех элементов. Для этого сначала составляется общая функциональная схема, которая показана на рисунке 1.

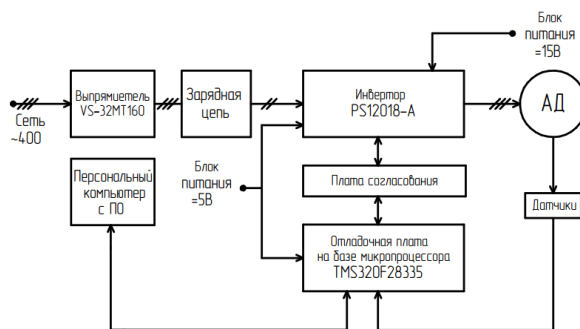


Рис. 1. Функциональная схема испытательного стенда

В данной схеме используется как постоянное, так и переменное напряжение, что нужно учитывать при проектировании стенда. Также, самому инвертору необходимо питание 15В и 5В. Поэтому нужно правильно развести все источники питания, правильно подключить все элементы. Для того чтобы защитить диоды в выпрямителе, предусматриваются специальные зарядные цепи. Идея таких цепей, состоит в том, чтобы ограничить ток, идущий через выпрямитель с помощью сопротивления, отключаемого, после достижения определенного значения напряжения на конденсаторе.

Общая электрическая схема испытательного стенда представлена на рисунке 2.

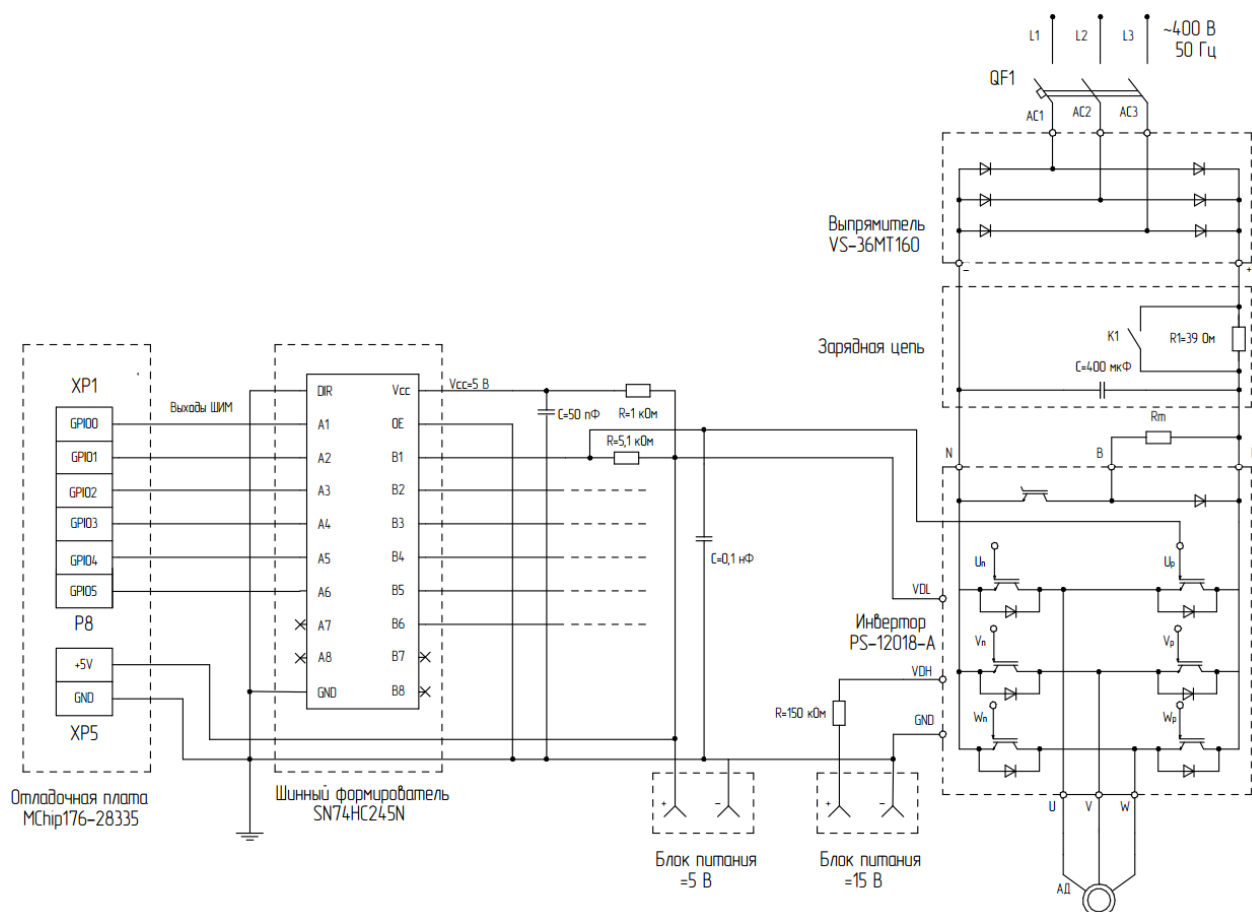


Рис. 2. Электрическая схема лабораторного стенда

Инвертор подключается к микропроцессорной плате через конденсаторы и подтягивающие резисторы.

Зарядный резистор шунтируется контактом реле, который замыкается при достижении определенного уровня напряжения в звене постоянного тока ПЧ. Номинал зарядного резистора выбирается по допустимым токам на диодном мосте. Также важно выбрать зарядный резистор правильной мощности, в нашем случае мощность резистора должна составлять не менее 5 Вт. Конденсатор выбирается по мощности преобразователя – 100 мкФ на 1кВт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье, была рассмотрена задача разработки испытательного стенда для изучения частотно-регулируемого электропривода с микропроцессорным управлением. Были выбраны основные компоненты, в соответствии с предъявленными требованиями. Результатом проделанной работы является итоговая электрическая схема установки, в которой учтены все требования, которые возникают во время разработки. Разработанная установка могут служить инструментом для проведения лабораторных экспериментов студентами и

исследования микропроцессорных систем управления частотно-регулируемого электропривода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. R. Duma, Rapid Prototyping of Control Systems using Embedded Target for TI C2000 DSP// Proceedings of the IEEE, 2007.
2. Mitsubishi Semiconductor. Application Specific Intelligent. Power Modules PS-12018-A – Jan. 2000. 6 p.
3. Vishay Semiconductors. VS-26MT., VS-36MT.. Series–Revision: 09-Apr-15. 7 p.
4. Texas Instruments. TMS320F2833x, TMS320F2823x Digital Signal Controllers (DSCs). Application Report. Literature Number: SPRS439N – Revised October 2016. 201 p.
5. Lessons In Electric Circuits, Volume IV – Digital By Tony R. Kuphaldt. – Fourth Edition, November 01, 2007
6. Texas Instruments. Logic Guide. Application Report. Literature Number: SDYU001AA – 2014. 21 p.
7. Masahito Otsuki, Manabu Watanabe and Akira Nishiura, Trends and Opportunities in Intelligent Power Modules (IPM)// Proceedings of the IEEE, 2015