

УДК 621.313

В. С. Грудинин, В. М. Сбоев, В. И. Лалетин

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В статье обсуждается моделирование системы микропроцессорного управления частотным преобразователем асинхронного двигателя с возможностью разработки программы микропроцессора и ее отладки на этапе разработки. Упор делается на минимизацию затрат на приобретение оборудования, в частности использование недорогих преобразователей частоты и управляющих микроконтроллеров. При таком подходе к решению задачи возникает проблема написания программы управления и отладки программного обеспечения до изготовления натурной модели. Наиболее эффективным решением является использование языка Си с автогенератором программы, например, бесплатной версии CodeVisionAVR. Предлагаемый метод исследования позволяет провести предварительную оценку работоспособности проектируемой системы, и предназначен для студентов и инженеров – разработчиков в области автоматизированного электропривода с целью минимизировать время и расходы перед реальным прототипированием.

Ключевые слова: Микропроцессор, частотный преобразователь, асинхронный двигатель, моделирование.

Вопрос о моделировании систем электропривода рассматривается во множестве работ [1, 2, 5, 6, 7], но для разработчика всегда актуальным остается вопрос разработки и отладки программного обеспечения в условиях, максимально приближенных к реальной системе с графической визуализацией процесса управления.

В настоящее время наиболее популярным электроприводом в промышленности является привод с асинхронным двигателем (АД) и преобразователем частоты (ПЧ). Зачастую в практике его применения перед инженером возникает

задача выбора двигателя и преобразователя. Наиболее дорогие модели преобразователей, как правило, имеют на своем борту ПЛК и возможность создания программы пользователя на одном из МЭК – языков.

Более дешевые модели преобразователей имеют аналоговый управляющий вход или сетевой класса RS485. В таком случае программа пользователя может быть помещена в микроконтроллер, подключенный к ПЧ. В этом случае возникает вопрос моделирования и отладки такой системы. Использование САПР типа Proteus VSM (демоверсия доступна на сайте Labcenter Electronics [3]) позволяет это проделать, но в ней нет модели ПЧ и АД. Это ограничение можно обойти, используя MDF (Model Description Format) – файлы, которые создаются с помощью встроенного в ISIS инструмента Model Compiler из электрических схем, отражающих внутренний состав нужного устройства. Для закрепления MDF файла за определенной моделью используется свойство MODFILE. Готовую модель или методику создания модели можно найти в интернет – ресурсах [5, 6].

Формирование выходного напряжения ПЧ для всех трех фаз производится в аналоговой форме согласно выражениям:

AVS1,AVS,"2.5*(sin(0+V(A,B))*2)",PRIMITIVE=ANALOGUE

AVS2,AVS,"2.5*(sin(149.8-V(A,B))*2)",PRIMITIVE=ANALOGUE

AVS3,AVS,"2.5*(sin(359.2-V(A,B))*2)",PRIMITIVE=ANALOGUE

Управление ПЧ производится постоянным напряжением на входе «+» модели ПЧ. Аналогично составляется и компилируется модель асинхронного двигателя.

В результате предоставляется возможность визуальной отладки связки микропроцессор – ПЧ – АД. Экспериментальная модель принципиальной схемы приведена на рис. 1. Она состоит из микропроцессора U3 ATmega8, кнопок управления, жидкокристаллического дисплея LCD1, управляющего транзистора Q1, образующего совместно с резистором R1 делитель напряжения, собственно ПЧ – U1 и асинхронного двигателя U2.

Для разработки программы микроконтроллера удобно использовать язык Си, например бесплатную программу CodeVisionAVR [4], версия Evaluation.

Микроконтроллеры AVR имеют в своем составе несколько таймеров – счетчиков, из них таймер 1 имеет режим широтно импульсной модуляции ШИМ с широкими возможностями программной настройки. Используя инструмент CodeWizardAVR, настраиваем ШИМ на 15,6 кГц, его режим и подключение выходного пина, рис. 2.

В результате получается функциональная схема, представленная на рис. 3.

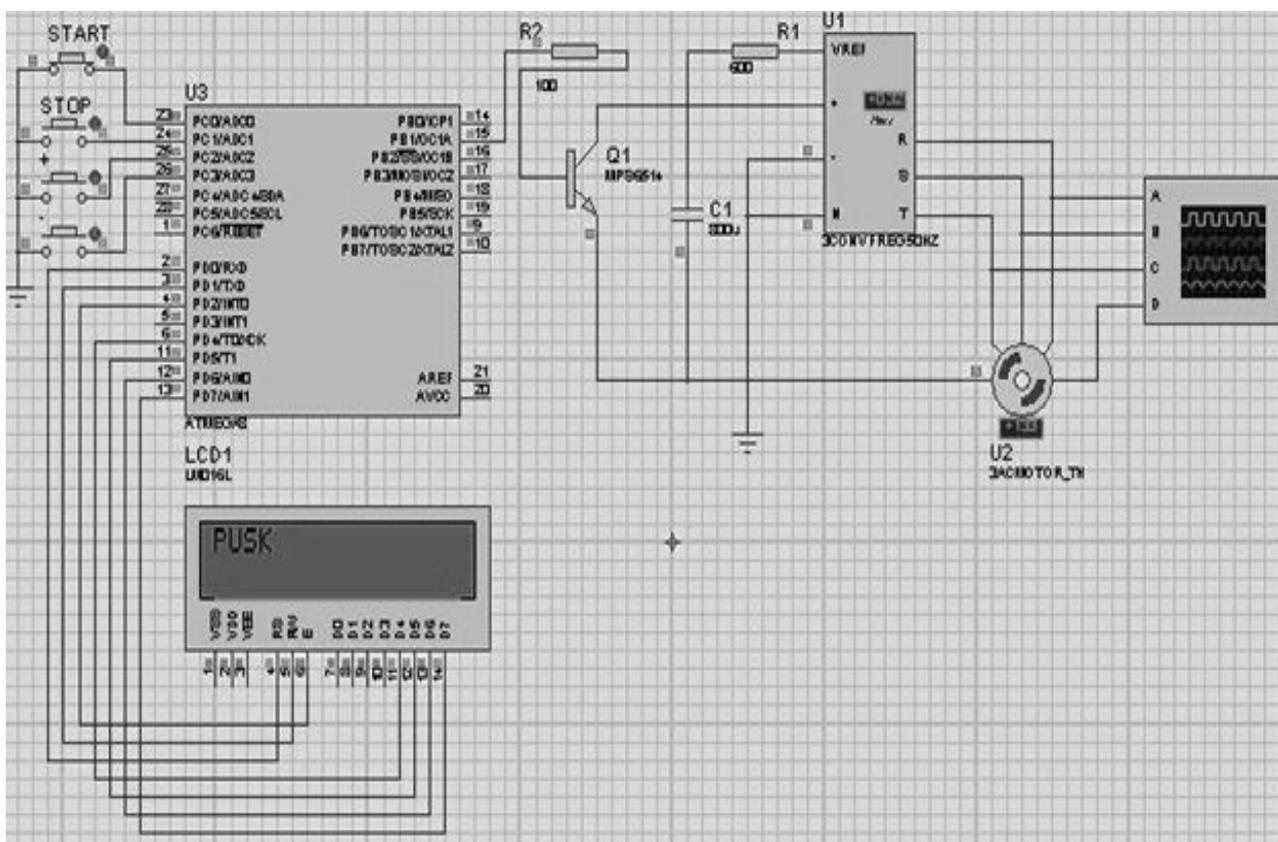


Рис. 1. Экспериментальная модель МП-ПЧ-АД

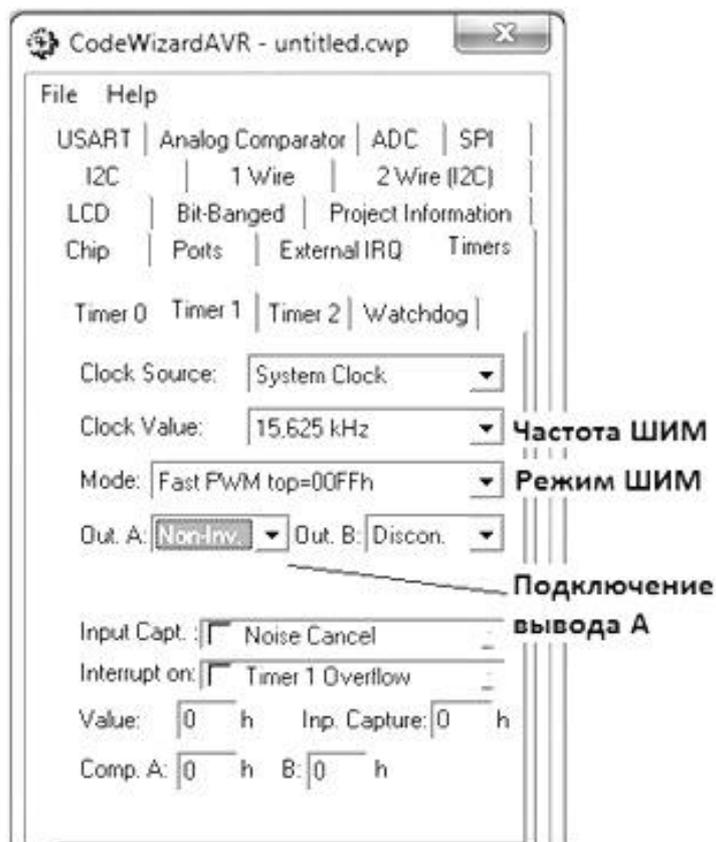


Рис. 2. Настройка таймера 1 на режим ШИМ

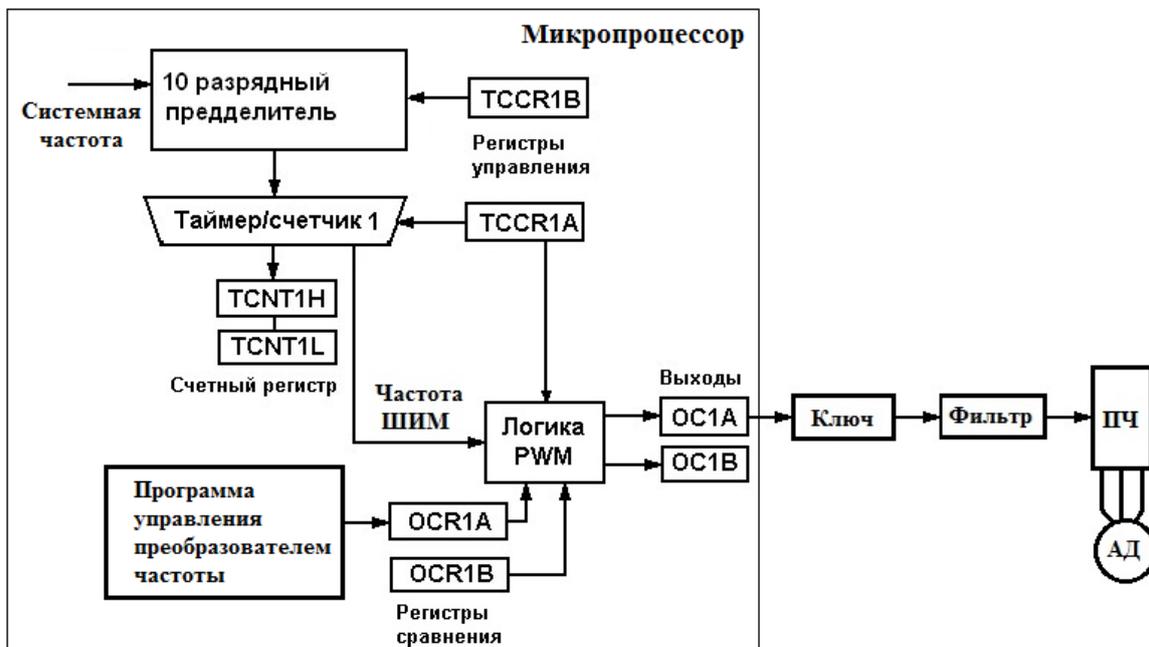


Рис. 3. Функциональная схема управления ПЧ

Как видно из рис. 3, задание на необходимый уровень управляющего напряжения формируется через регистр OCR1A, который сравнивается в блоке логики со счетным регистром TCNT1. С выхода OC1A микропроцессора сигнал подается на транзисторный ключ, фильтр первого порядка и управляющий вход ПЧ. Результат моделирования выходного трехфазного напряжения ПЧ представлен на рис. 4.

Диапазон регулирования частоты составляет от 0 до 60 Гц путем программного изменения содержимого регистра OCR1A от 0 до 255 в случае восьмиразрядного режима ШИМ. Для повышения точности регулирования может быть применен девяти или десятиразрядный режим.

Среднее напряжение $U_{вых}$, формируемое на выходе микроконтроллера, определяется соотношением $U_{вых} = U_n \cdot \frac{T_в}{T_ц}$, где отношение времени включения

$T_в$ к периоду цикла $T_ц$ изменяется от 0 до 1. Так как ШИМ преобразование применяется для формирования аналогового сигнала, то для сглаживания сигнала можно применить простейший пассивный RC фильтр первого порядка.

Если предположить, что ток, протекающий через нагрузку постоянен, а транзистор работает в ключевом режиме с полным открытием, то $\Delta U = (I/C) \Delta t$. Если подставить значение $1/f$ вместо Δt , то получим $\Delta U = I/fC$. Отсюда, зная, что ток выхода микропроцессора $I \leq 20$ мА, можно получить значение емкости сглаживающего конденсатора. Например, при $U_n = 5$ В и $R2 = 300$ Ом, $I = 0,016$ А. Пусть частота сигнала $f = 10$ кГц, тогда $C1 = 0,016$ мкФ.

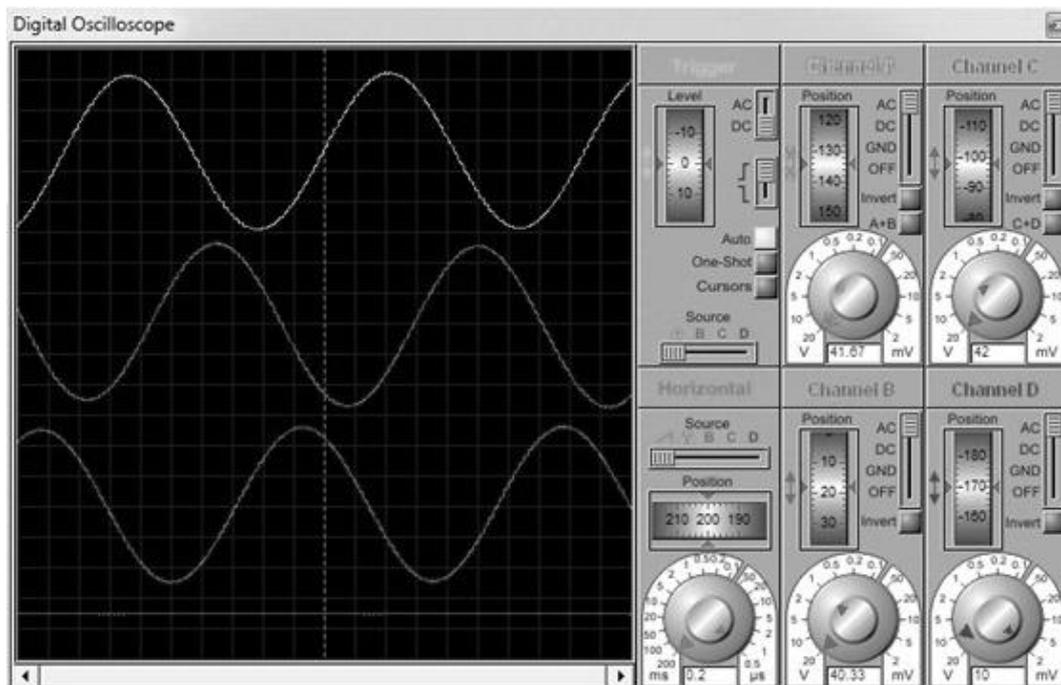


Рис. 4. Выходное напряжение модели МП-ПЧ-АД.

Итак, описанный подход моделирования системы микропроцессор – ПЧ – АД позволяет провести создание и быструю отладку аппаратуры и программного обеспечения, пригодного для прототипирования системы. Данный подход в перспективе позволяет эффективно создавать и отлаживать новые алгоритмы управления.

Список литературы

1. Герман-Галкин С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink. – СПб. : Лань, 2013.
2. Лебедев М. Б. CodeVisionAVR : пособие для начинающих. – 2-е изд., испр. – М. : Додека-XXI, 2010. – 592 с.: ил.
3. Proteus Design Suite 8.6. – URL: <http://www.labcenter.com>_(дата обращения 30.01.2017).
4. CodeVisionAVR V3.29. – URL: <http://www.hpinfotech.ro> (дата обращения 30.01.2017).
5. PROTEUS по-русски // Электронный журнал «Радиолюбитель». – 2013. – Вып. 24. – URL: www.rlocman.ru/radiobook (дата обращения 30.01.2017).

6. Proteus модели. – URL: <http://kazus.ru/forums/showthread.php?p=168126> (дата обращения 30.01.2017).

7. *Сбоев В. М., Грудинин В. С.* Визуальное моделирование микропроцессорных устройств : учеб.-метод. пособие. – Киров : ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2015. – 80 с.

ГРУДИНИН Виктор Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: grudinin@vyatsu.ru

СБОЕВ Виктор Минеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: sboev@vyatsu.ru

ЛАЛЕТИН Вениамин Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: laletin@vyatsu.ru