

**ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ  
С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ TEXAS INSTRUMENTS СЕРИИ C2000**

**Шеремет А. И., Солдатенко А. А.**

Выполнена разработка функциональной схемы лабораторного стенда для исследования цифровых систем управления электроприводами постоянного тока, рассмотрен принцип работы данной схемы с описанием используемых в ней элементов. Рассмотрен принцип работы широтно-импульсной модуляции. Предложен алгоритм управления двигателем постоянного тока, используемый в экспериментальном стенде. Выполнено описание используемого в проекте микроконтроллера фирмы Texas Instruments серии C2000 TMS320f28335, его основные параметры и характеристики. Приведены общие сведения об интегрированной среде разработки программного обеспечения для микроконтроллеров фирмы Texas Instruments – Code Composer Studio, в которой выполняется разработка программы управления лабораторным стендом.

Виконана розробка функціональної схеми лабораторного стенду для дослідження цифрових систем керування електроприводами постійного струму, розглянуто принцип роботи даної схеми з описом використовуваних в ній елементів. Розглянуто принцип роботи широтно-імпульсної модуляції. Запропоновано алгоритм керування двигуном постійного струму, який використовується в експериментальному стенді. Виконано опис використовуваного в проекті мікроконтролера фірми Texas Instruments серії C2000 TMS320f28335, його основні параметри і характеристики. Наведено загальні відомості про інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів фірми Texas Instruments – Code Composer Studio, в якій виконується розробка програми управління лабораторним стендом.

Development of the functional diagram of the laboratory bench for research of digital management systems is executed by electric drives of a direct current, the principle of operation of this diagram with the description of the elements used in it is considered. The principle of operation of pulse width modulation is considered. The control algorithm for the engine of a direct current used in the experimental bench is offered. The description of the microcontroller of Texas Instruments firm of the TMS320f28335 C2000 series used in the project, its key parameters and characteristics is executed. There is a general information about a software integrated development environment for microcontrollers of Texas Instruments firm – Code Composer Studio in which development of the program of control of the laboratory bench is executed.

Шеремет А. И.

канд. техн. наук, доц. каф. ЭСА ДГМА  
soldatenko.alexey22@mail.ru

Солдатенко А. А.

студент ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 62-523

Шеремет А. И., Солдатенко А. А.

## ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ TEXAS INSTRUMENTS СЕРИИ C2000

В настоящее время широкое распространение получило цифровое управление техническими объектами. Развитие цифровых систем управления обеспечивается за счет необходимости решения более сложных задач, реализующих алгоритмы управления взаимосвязанными устройствами. Одной из подобных задач является цифровое управление электроприводами. На современном этапе, когда развитие микропроцессорной техники достигло довольно высокого уровня, основной проблемой является качественно разработанный и выполненный алгоритм управления, поскольку без необходимого программного обеспечения, возможности цифровых устройств используются только на незначительную часть своего потенциала.

Поэтому наряду с повышением производительности аппаратной базы, необходимо качественно разрабатывать алгоритмы управления для достижения максимально возможного результата для каждого отдельно взятого проекта. Для исследования дискретной системы управления [1] двигателем постоянного тока (ДПТ), являющейся актуальной на современном этапе развития систем управления, появилась необходимость создания лабораторного стенда. Одной из главных задач, возникших в процессе разработки стенда, стала задача разработки схемы и алгоритма управления экспериментальным стендом. Появилась необходимость разработки функциональной схемы стенда, обобщенной схемы управления двигателем постоянного тока [2], а также алгоритма его управления при помощи микроконтроллера [3].

Целью работы является создание алгоритма управления лабораторным стендом с использованием в качестве контроллера управления микроконтроллера фирмы Texas Instruments - TMS320f28335.

Для данного проекта выходной контролируемой величиной является скорость двигателя постоянного тока, которую необходимо программно регулировать при помощи контроллера TMS320f28335, выполняющего заданную программу управления двигателем.

Разработка функциональной схемы экспериментального стенда. Проведение лабораторных практикумов с применением исследовательского оборудования является основной особенностью образовательного процесса по техническим дисциплинам. Имея практический опыт работы с передовыми системами управления, студенты будут иметь возможность на практике закрепить освоенный теоретический материал.

Для проведения лабораторных и научных исследований современных дискретных систем управления электроприводами постоянного тока было предложено создание лабораторного стенда. Данный стенд необходим для проведения лабораторных практикумов по следующим техническим дисциплинам: «Системы управления электроприводами», «Дискретные системы управления электроприводами», «Программирование микроконтроллеров» и др. Функциональная схема лабораторного стенда представлена на рис. 1.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

- датчик напряжения ДН;
- датчик тока ДТ;
- датчик скорости ДС;
- программируемый логический контроллер ПЛК;

- выпрямительный мост В;
- фильтр Ф;
- персональный компьютер ПК;
- кнопки управления SB1 – SB4;
- двигатель постоянного тока независимого возбуждения М;
- обмотка возбуждения двигателя постоянного тока независимого возбуждения ОВ;
- напряжение на выходе датчика напряжения  $U_{дн}$ ;
- напряжение на выходе датчика тока  $U_{дт}$ ;
- ключи N-моста К1 – К4;
- ключ, коммутирующий обмотку возбуждения К5;
- трансформатор TV.

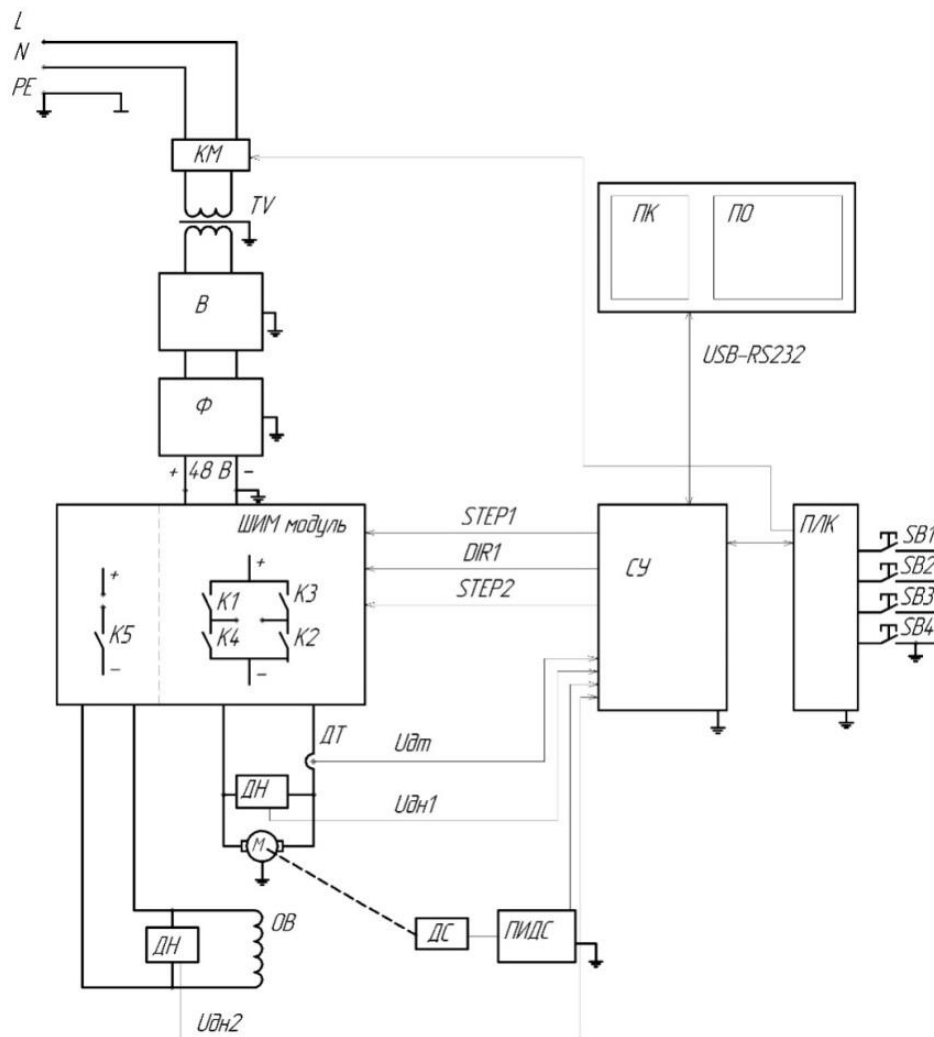


Рис. 1. Функциональная схема лабораторного стенда

При включении на трансформатор поступает напряжение переменного тока 220 В. На вторичной обмотке трансформатора образуется напряжение 48 В. При помощи выпрямительного моста переменный ток преобразуется в пульсирующий и далее, проходя через фильтр, на выходе образуется постоянный ток. После чего поступает на модуль широтной-импульсной модуляции (ШИМ-модуль), который состоит из четырех ключей для управления непосредственно двигателем и еще одного – для управления обмоткой возбуждения. Для измерения и регулирования значения тока в якорной цепи размещен датчик тока, кото-

рый передает сигнал на систему управления. Аналогичным образом подключены датчики напряжения и скорости вращения. Система управления посредством интерфейса USB–RS-232, связана с персональным компьютером, который загружает в нее необходимую программу работы двигателем. В соответствии с этой программой система управления при помощи каналов связи STEP1, STEP2, DIR1 задает нужную частоту работы ШИМ-модуля [4]. Система управления также связана двусторонней связью с ПЛК, который также может задавать работу системы.

Наиболее простой метод регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока [5] основан на использовании широтно-импульсной модуляции (ШИМ или PWM). Суть этого метода заключается в том, что напряжение питания подается на двигатель в виде импульсов. При этом частота следования импульсов остается постоянной, а их длительность может меняться.

ШИМ-сигнал характеризуется таким параметром как коэффициент заполнения. Это величина обратная скважности и равна отношению длительности импульса к его периоду и имеет вид:

$$D = (t/T) \cdot 100, \quad (1)$$

где  $t$  – длительность импульса, с;  $T$  – длительность периода, с.

При таком способе управления скорость вращения двигателя лабораторного стенда будет пропорциональна коэффициенту заполнения ШИМ сигнала.

На рис. 4 показаны ШИМ-сигналы с различными коэффициентами заполнения.

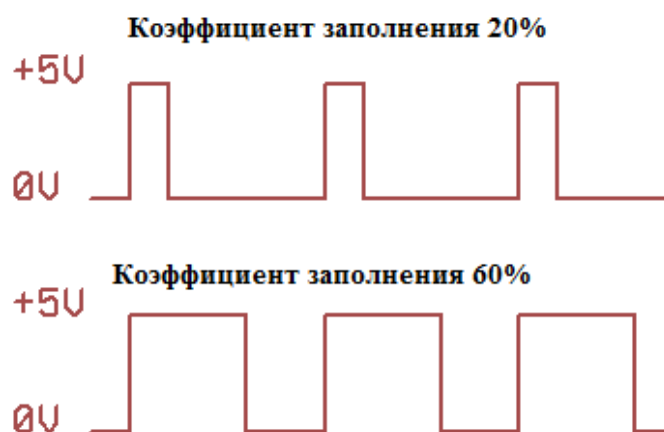


Рис. 4. Изображение ШИМ-сигналов с различными коэффициентами заполнения

Разработка алгоритма управления ДПТ лабораторного стенда для исследования цифровых систем управления. Для проведения лабораторных и практических работ необходимо выполнить разработку алгоритма управления, на основе которого будет написана программа управления ДПТ. Алгоритм работы двигателя лабораторного стенда при заданной программе управления представлен на рис. 2.

В первый момент времени проверяется условие пуска двигателя. В случае, если пуск осуществлен, нам необходимо определить, в каком направлении вращается ротор двигателя. Также при помощи датчика скорости необходимо выяснить текущую скорость и ее соответствие заданной. В случае, когда скорость не равна требуемой, производится ее регулировка. Далее скорость поддерживается на нужном уровне. Программа завершается при нажатии кнопки «стоп» или при программной остановке пользователем.

Необходимая программа управления записывается в микроконтроллер TMS320f28335 посредством программы отладчика Code Composer Studio [6] и может задавать или изменять параметры системы в реальном времени. Обобщенная схема управления двигателем на основе использования контроллера TMS320f28335 показана на рис. 3.

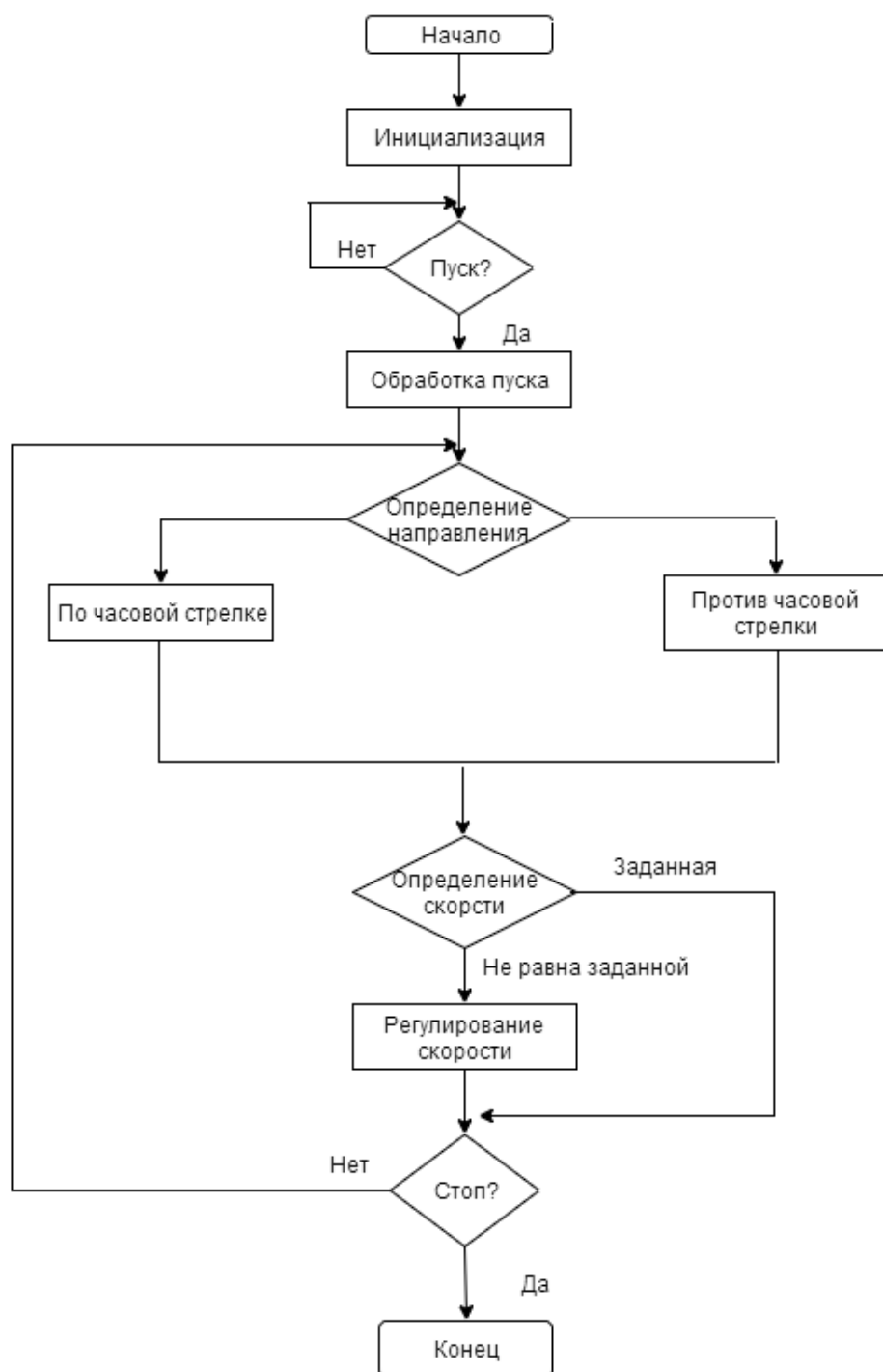


Рис. 2. Алгоритм работы двигателя лабораторного стенда

Для данного проекта в качестве микроконтроллера был выбран микроконтроллер фирмы Texas Instruments TMS320f28335. Данный микроконтроллер относится к серии микроконтроллеров Delfino, которые являются самыми высокопроизводительными приборами семейства C2000, позволяющие реализовать одни из наиболее сложных алгоритмов управления. Данная серия микроконтроллеров работает на тактовых частотах до 300 МГц, содержат до 512 кБ встроенной флэш-памяти, а также памяти RAM, ШИМ-контроллер с высоким разрешением, встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с частотой сэмпирования, либо интерфейс для подключения к внешнему АЦП. Вычислительное ядро высокой производительности, вместе с набором периферийных устройств позволяет осуществлять управление устройствами и процессами в реальном времени.

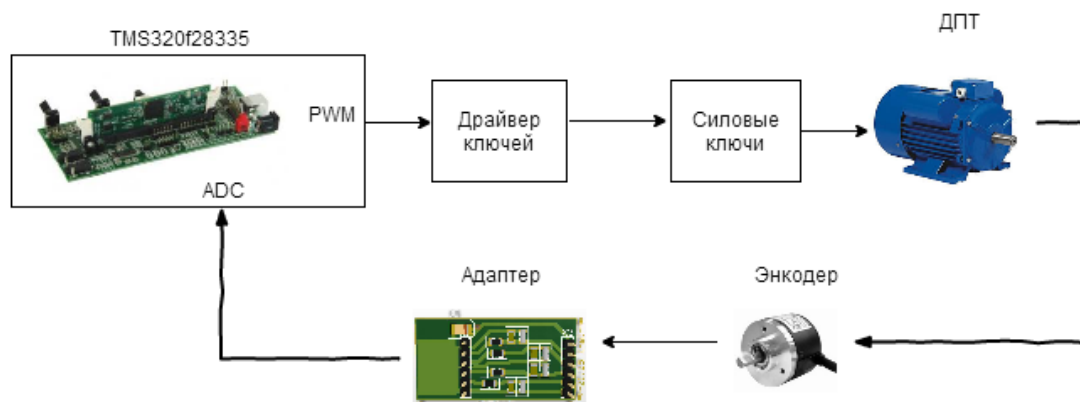


Рис. 3. Обобщенная схема управления двигателем

Программное обеспечение для данной серии микроконтроллеров выполняется в разработанной компанией TI среде разработки Code Composer Studio. Code Composer Studio представляет собой интегрированную среду разработки (IDE), которая поддерживает все микроконтроллеры компании TI. Code Composer Studio включает в себя набор различных инструментов, используемых как для разработки, так и для отладки встроенных приложений. Включает в себя оптимизирующий C / C++ компилятор, редактор исходного кода, среды сборки проекта, отладчик, профайлер, и многие другие функции. Code Composer Studio сочетает в себе преимущества в рамках программного обеспечения Eclipse, с расширенными встроенными возможностями отладки от TI.

### ВЫВОДЫ

Для проведения научных и лабораторных работ на экспериментальном стенде для исследования дискретных систем управления был разработан алгоритм управления двигателем постоянного тока, который является основой для написания программы управления. Данная программа загружается в контроллер TMS320F28335 посредством программы-отладчика Code Composer Studio, которая также позволяет выводить на экран требуемые параметры в режиме реального времени. Проведение лабораторных и практических занятий на данном стенде подразумевает разработку студентом индивидуального алгоритма управления, заданного преподавателем. После его выполнения, студентом будет разработана программа, написанная на языке высокого уровня – C/C++, записанная в микроконтроллер посредством программы-отладчика Code Composer Studio.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. / Б. Куо. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
2. Цифровые электроприводы с транзисторными преобразователями / С. Г. Герман-Галкин [и др.]. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1986. – 246 с.
3. TMS320F28335, TMS320F28334, TMS320F28332 TMS320F28235, TMS320F28234, TMS320F28232 Digital Signal Controllers (DSCs) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 29.04.2016).
4. Гольц М.Е. Быстродействующие электроприводы постоянного тока с широтно-импульсными преобразователями / М. Е. Гольц, А.Б. Гудзенко, В.М. Остреров. – М.: Энергия, 1986. – 184 с.
5. PWM Based DC Motor Speed Control using Microcontroller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electronicshub.org/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 29.04.2016).
6. Практический курс разработки и отладки программного обеспечения сигнальных микроконтроллеров TMS320x28xxx в интегрированной среде Code Composer Studio: учеб. пособие / А. С. Анучин, Д. И. Алямкин, А. В. Дроздов [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Козаченко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 270 с.