

Стенд для управления шаговым двигателем

05, май 2014

УДК: 621.31

авторы: Ситников А. В., Ажгиревич И. Л., Пушин А. В.

Россия, МГТУ им. Баумана

sin_irina@mail.ru

mail@igorAzh.com

darthalexis@rambler.ru

Введение и постановка задачи

Шаговый двигатель (ШД) представляет собой электромеханическое устройство, преобразующее электрические импульсы в дискретный поворот или линейное перемещение подвижной части машины (ротора, каретки) [1,2]. На обмотки, расположенные на статоре двигателя, подаются последовательности импульсов. Магнитное поле, возникающее в обмотках, взаимодействует с магнитным полем ротора, который может быть активным, т.е. быть намагниченным или пассивным - не содержать постоянных магнитов. Ротор для увеличения пар полюсов электромагнитной системы выполняется зубчатым. Количество полюсов статора и число зубцов ротора определяют угол поворота ротора при подаче на обмотку управляющего импульса (т.е. величину шага двигателя). Период следования управляющих импульсов и последовательность переключения обмоток определяют скорость и направление вращения ротора. Формируются импульсы схемой управления, которая представляет собой электронный (как правило, микропроцессорного типа) коммутатор [3].

Главными достоинствами ШД являются:

- высокая точность обеспечения угла поворота ротора;
- обеспечение полного момента на валу в статическом режиме;
- высокая надежность работы;
- возможность использования двигателя без обратной связи в системах автоматического регулирования;
- возможность работы на низких скоростях вращения без использования редуктора.

Т.к. управление двигателем осуществляется последовательностью импульсов, подаваемых на обмотки, то для изменения скорости вращения ротора необходимо изменять период следования (а в микрошаговом режиме и амплитуду) этих импульсов. Это проще всего делать с помощью микроконтроллера. Программа, записываемая в память такого микроконтроллера, обеспечивает работу ШД по определенному алгоритму. Однако при необходимости изменения этого алгоритма требуется перепрошить микроконтроллер. Эта процедура дорогостоящая, требует большого времени и дополнительного оборудования (компьютера и программатора).

Последнее время наметилась тенденция использования шагового двигателя в гибком режиме, включая в состав управляющего устройства персональный компьютер (ПК). Для этого создана серия коммутирующих блоков компьютер-микропроцессор и сопутствующее программное обеспечение. Таким образом, стенд для управления ШД выполняется по схеме, изображенной на рис.1.

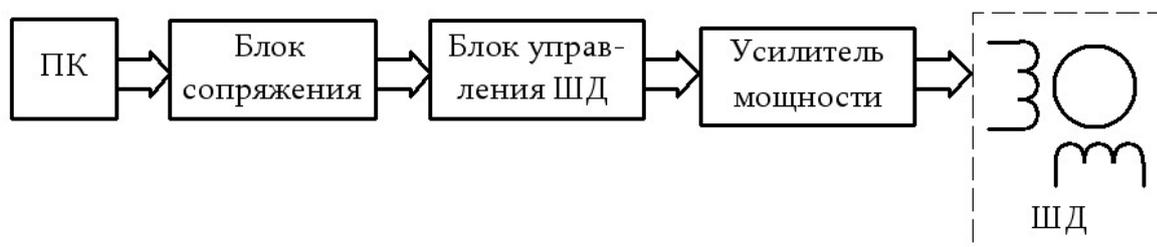


Рис. 1 Структурная схема стенда управления ШД

Такие стенды имеют ряд существенных недостатков:

- огромная стоимость. Даже без ПК в комплекте, блок сопряжения и программное обеспечение стоят очень дорого;
- привязка к определенному типу ШД;
- недогрузка микропроцессора блока управления шаговым двигателем.

Нужно заметить, что использование двух процессоров (ПК и микроконтроллер блока управления ШД) является верхом расточительности ресурсов, т.к. ПК используется в качестве клавиатуры для задания параметров работы шагового двигателя и индикаторного устройства для отображения задаваемых (не реальных, т.к. отсутствует система обратной связи) параметров работы ШД. При этом загрузка микропроцессора блока управления не превышает десяти процентов.

Отказавшись от компьютера в системе, добавив индикаторный элемент и клавиатуру с минимальным набором клавиш, а также используя несколько коммутирующих эле-

ментов и управляемый усилитель мощности, можно создать стенд для управления ШД с максимальной универсальностью, минимальными стоимостью, габаритами, массой, с открытой архитектурой, с возможностью управления ШД в реальном времени.

Описание универсального стенда управления шаговым двигателем

В состав универсального стенда управления шаговым двигателем входят: блок ввода и отображения информации (БВОИ), блок управления, усилитель мощности и датчик обратной связи, устанавливаемый на шаговый двигатель (рис. 2). В качестве блока управления удобно использовать микроконтроллер, например, серии PIC (Peripheral Interface Controller). В состав микроконтроллера входят: арифметическо-логическое устройство, порты ввода-вывода, оперативная и долговременная память.

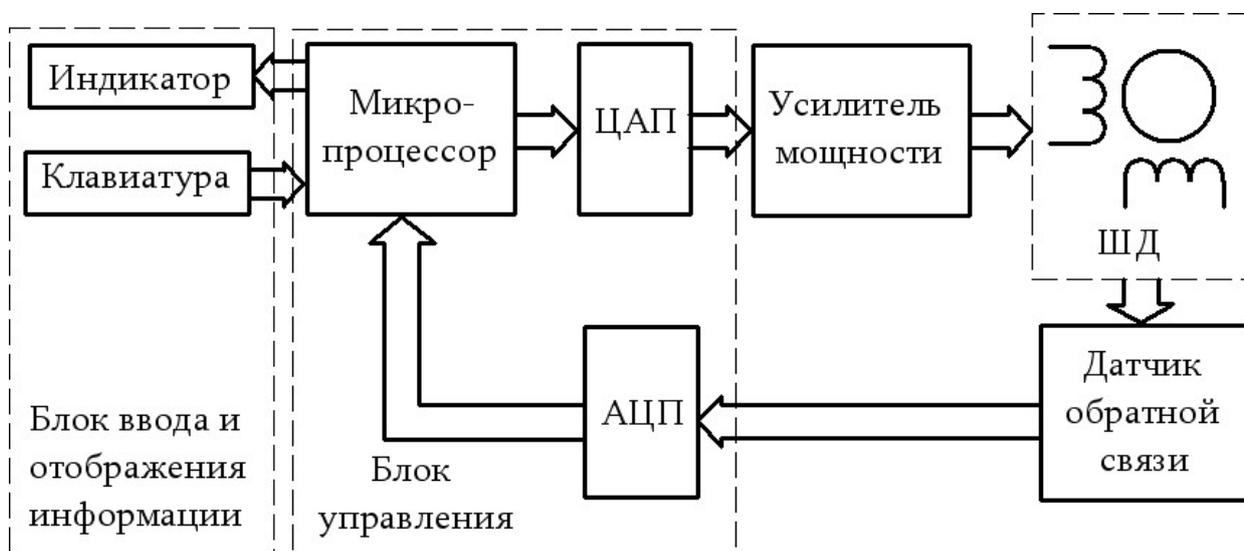


Рис. 2 Структурная схема универсального стенда управления ШД

На рис. 2 обозначено:

- ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Программное обеспечение, записываемое в память микроконтроллера (EPROM для PIC - процессоров) обеспечивает:

- управление шаговым двигателем. Причем, использование ЦАП позволяет осуществить режим работы двигателя, как обычный, так и микрошаговый;
- обработку сигнала, снимаемого с датчика обратной связи;
- управление отображением информации на индикаторе;
- изменение режима работы системы по сигналам с клавиатуры.

Не сложно найти микроконтроллер с ЦАП и АЦП в одном корпусе. Например, микросхемы типа PIC серии 16С, 17С, 18С содержат в одном корпусе 8-ми битные ЦАП и АЦП, три параллельных двунаправленных порта и могут работать на частотах до 40 МГц. С помощью встроенного таймера легко формировать управляющие импульсы необходимой длительности, а система прерываний по изменению состояния входного порта позволяет обрабатывать информацию, снимаемую с клавиатуры и датчика обратной связи (ДОС).

На индикаторе можно отображать информацию о таких параметрах работы ШД (заданных и реальных), как:

- угловая скорость;
- угол поворота ротора;
- число шагов;
- величина тока в обмотках;
- момент на валу (рассчитанный косвенным методом);
- режим работы двигателя и др.

Микропроцессор может осуществлять сравнение заданных и реальных параметров работы двигателя, отображать результаты сравнения на индикаторе, принимать решение по корректировке режима по этим результатам.

Необходимо заметить, что в виду того, что любой шаговый двигатель управляется последовательностью импульсов (микрошаговый режим можно рассматривать, как управление импульсами разной амплитуды), подаваемых на обмотки двигателя, систему управления ШД можно сделать универсальной для любого типа ШД.

Универсальной может быть также система измерения тока в обмотках двигателя, а для определения угловой скорости (угла поворота ротора, числа шагов) можно использовать оптические, магнитные (индуктивные), емкостные и др. датчики, закрепляемые на валу двигателя.

Для реализации такой системы необходим микроконтроллер, на выходе которого формируются 4 канала аналоговых сигналов, содержащий АЦП и, как минимум, десятиразрядный порт ввода-вывода для организации 4-х разрядной шины адреса, 4-х разрядной шины данных, канала считывания информации с клавиатуры. Таким требованиям отвечают, например, микроконтроллеры серии PIC16С7. Наличие внутрисхемного программатора микросхем этой серии еще более расширяет возможности их использования в гибких системах управления.

Организацию системы управления ШД без использования микрошагового режима можно осуществить с помощью более простого и дешевого микроконтроллера PIC16F874, основными характеристиками которого являются:

- тактовая частота до 20 МГц;
- FLASH память программ до 8К x 14 слов;
- до 14 внутренних/внешних источников прерываний;
- программирование на плате через последовательный порт с использованием двух выводов;
- широкий диапазон рабочих напряжений питания: от 2 В до 5.5 В;
- низкое потребление энергии: до 10 мВт.

микроконтроллер содержит 3 программируемых таймера, 10-битный многоканальный аналого-цифровой преобразователь и встроенный генератор опорного напряжения.

Микроконтроллер поставляется в нескольких вариантах корпусов. В 40-Pin-овом варианте корпуса PDIP цоколевка микроконтроллера изображена на рис. 3.

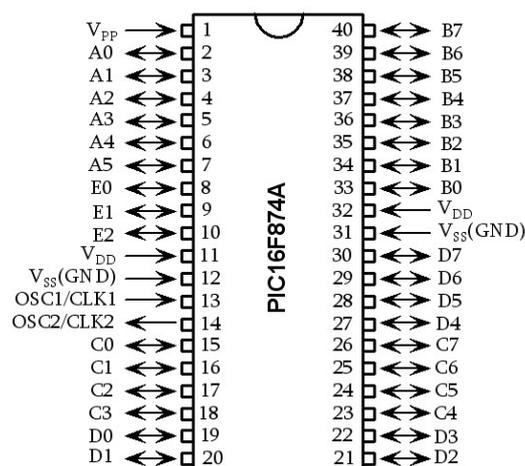


Рис. 3 Микроконтроллер PIC16F87

На рис. 3 обозначено:

A0-5, B0-7, C0-7, D0-7, – двунаправленные порты ввода-вывода общего назначения, выходы B0, B5-B7 порта B могут являться источниками внешнего прерывания;

E0-2, - двунаправленный порт служебных сигналов («запись», «чтение», «выбор кристалла»);

OSC1/CLK1, OSC2/CLK2 - выводы для подключения генератора внешнего тактового сигнала, кварцевого резонатора;

V_{PP} - вход сброса микроконтроллера или вход напряжения программирования;

$V_{SS}(GND)$ - общий вывод;

V_{DD} - положительное напряжение питания.

Выбор этого микроконтроллера обусловлен его доступностью, низкой ценой при достаточно высоком быстродействии. Система команд, состоящая из 35-ти одно- или двухтактных операций, и достаточно большой объем программируемой памяти EPROM позволяет разработчикам использовать эти микросхемы для создания простых и эффективных систем управления.

Принципиальную схему стенда управления шаговым двигателем с применением микроконтроллера можно изобразить в виде:

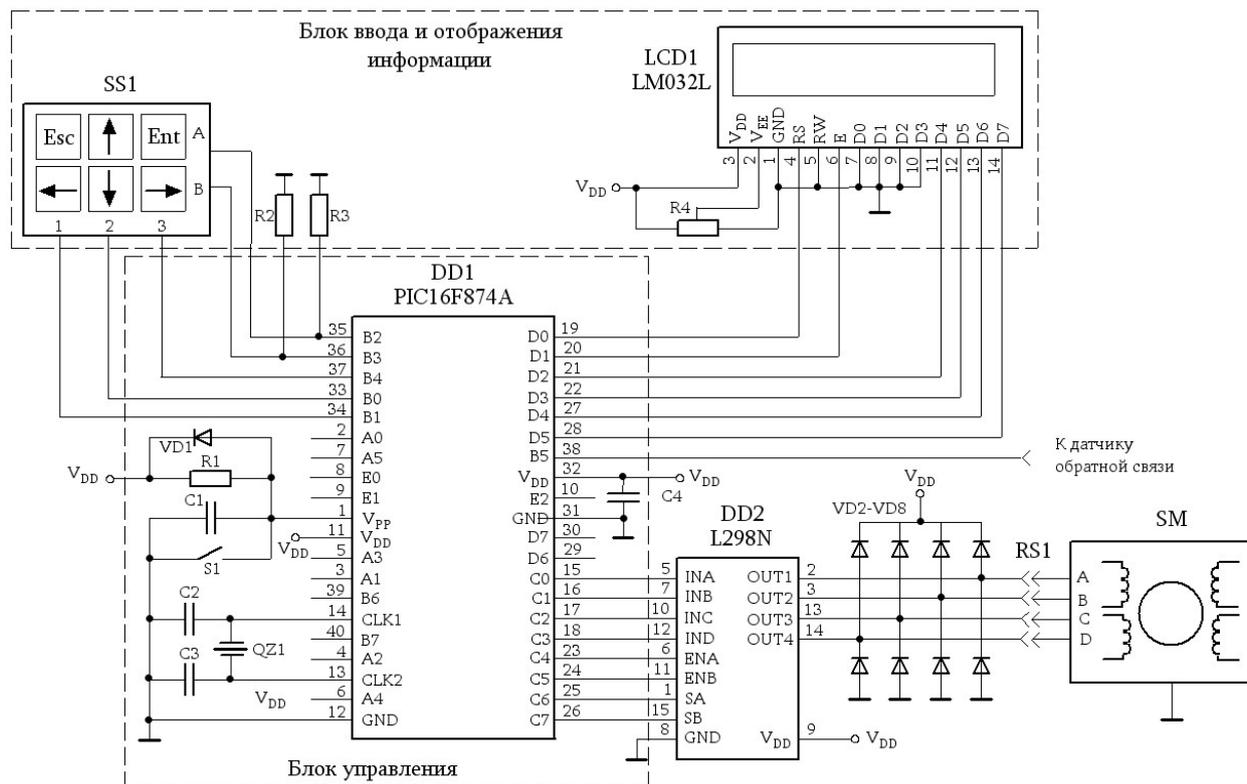


Рис. 4. Принципиальная схема стенда управления ШД

Схема состоит из нескольких основных функциональных частей (рис. 4): микроконтроллер DD1 (PIC16F874A) со схемой сброса (VD1, R1, C1, S1), со схемой задания тактовой частоты (C2, C3, QZ1) и фильтром C4 составляют блок управления, а блок ввода и отображения информации состоит из шестикнопочной клавиатуры (SS1, R2, R3) и жидкокристаллического экрана LCD1 (LM032L) с напряжением питания +5 В, серого свечения, матричной структуры 5x8 точек. Опрос клавиатуры осуществляется программно, можно также использовать систему прерываний по изменению состояния порта В. На экране можно программно формировать цифры, буквы и несложную графику.

Управление шаговым двигателем (*SM*), подключаемым к плате системы управления через разъем *RS1*, происходит с порта *C* микроконтроллера через микросхему *DD2* (*L298N*), представляющую собой систему электронных ключей, включенных по схеме H-моста. На вход микросхемы *DD2* поступают последовательности управляющих импульсов и сигналы управления (входы *SA*, *SB*, *ENA*, *ENB*), определяющие скорость и направление вращения ротора двигателя. На выходе микросхемы *DD2* формируются одно- или двухполярные (в зависимости от типа двигателя) импульсы, которые подаются на обмотки ШД (*SM*). Диодные пары *VD2-VD8* обеспечивают снижение напряжения, возникающее на биполярных транзисторах ключей микросхемы *DD2* при коммутации обмоток двигателя. В качестве набора диодов *VD2-VD8* удобно использовать диодные сборки типа *L6210* (двойной мост на диодах Шоттки, пиковый ток 7А).

С датчика обратной связи или с дополнительной информационной системы на микроконтроллер (В5 порта *DD1*) поступает сигнал, по которому происходит корректировка программы управления шаговым двигателем.

Для обеспечения работы стенда в долговременную память микроконтроллера (EPROM) зашивается программа, работа которой активизируется при включении питания *V_{DD}*. Первым выполняемым блоком программы является начальная загрузка оперативной памяти процессора, программирование портов в режим входа/выхода, вывод на экран индикатора информации о том, что система находится в режиме ожидания ввода характеристик шагового двигателя. Далее процессор переходит в режим опроса клавиатуры. С помощью клавиатуры и индикатора оператору предлагается выбрать тип двигателя (двухобмоточный, четырехобмоточный, униполярный, биполярный и т.п.), затем аналогичным способом задаются параметры вращения ротора ШД (пошаговый, вращение с пост скоростью, направление и скорость вращения и т.д.) и принцип работы с обратной связью. После задания параметров работы шагового двигателя на индикаторе появляется информация о готовности включения рабочего режима (например, «ГОТОВ» или «READY») и по нажатию оператором клавиши «Ent» система переходит в рабочий режим, т.е. к выполнению следующего блока программы. При этом программируется внутренний таймер на значение, обеспечивающее заданную оператором скорость вращения ротора ШД, и по сигналам прерывания от этого таймера на выходе порта *C* микроконтроллера формируются последовательности управляющих импульсов. В процессе работы происходит опрос клавиатуры на предмет остановки двигателя, реверса, изменения скорости вращения и т.д.

Выводы

Предложенная схема стенда управления шаговым двигателем позволяет, не изменяя прошивки программы микроконтроллера, производить управление двигателем, как по шагу, так и по скорости с возможностью реверсирования. Перенастройка системы управления на ШД различного типа вносит в систему универсальность и гибкость, а использование индикатора делает работу со стендом удобной и наглядной.

Важным является то, что в схему стенда, изображенную на рис. 4 заложена некоторая избыточность: порты А, В, D микроконтроллера использованы не в полном объеме, что дает разработчику возможность существенно увеличить число периферийных элементов, например, осуществить управление несколькими ШД одновременно, ввести дополнительные каналы обратной связи. Причем после отработки алгоритма управления шаговым двигателем относительно крупные индикатор и клавиатуру можно удалить (для этого достаточно предусмотреть установку разъемов), что важно, например, при использовании этой схемы в системе управления автономными малогабаритными транспортными средствами. С помощью предлагаемого стенда можно управлять не только шаговыми двигателями, но и электродвигателями другого типа, например, двигателями постоянного тока или маломощными синхронными двигателями (максимальный выходной ток, который обеспечивает микросхема *L298N* – до 2.5 А).

Список литературы

1. Кацман М.М. Электрические машины: Учебник / М.М. Кацман, - М.: Академия, 2003 г.
2. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств/ Ф.М. Юферов, - М.: Высшая школа, 1976.
3. Тхеин Лин У. Система управления шагового двигателя для перемещения солнечной рамы энергетической установки/ Тхеин Лин У. // Научно-технический журнал «Естественные и технические науки» - 2009. №1 -М.: Изд-во Компания Спутник.
4. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника / А.С. Касаткин, М.В. Немцов.- М.: Высшая школа, 2000.
5. Златенов П.Н., Новиков П.Н., Шапкин Е.В. Электротехника и Электроника / П.Н. Златенов, П.Н. Новиков, Е.В. Шапкин. - М.: Высшая школа, 1991.
6. Ситников А.В. Электротехнические основы источников питания: учебник/ А.В. Ситников, - М.: Академия, 2014 г.
7. Bezmen, P. Mathematical Modeling of Watching Electrical Drives / P. Bezmen, D. Tuladhar // International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications: proceedings - Kathmandu (Nepal): Kathmandu University, 2007.

8. Каляева А.А., Мазур А.Я. Электрические машины/ А.А. Каляева, А.Я. Мазур, - Минск: Высшая школа, 1971.
9. Усов В.В. Метод ускоренного контроля пусковых характеристик шаговых двигателей// Научные труды Винницкого технического университета №2, Винница, Наукові прці, 2009.