

УДК 621.3.049.77

В.Ш. АРУТЮНЯН, П.А. ШИРИНЯН

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО МНОГОРЕЖИМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЯТИФАЗНЫМ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Описана микроконтроллерная система многорежимного управления пятифазным шаговым двигателем (ШД). Приведены таблицы и номограммы режимов работы ШД, а также алгоритм программы управления.

Ключевые слова: шаговый двигатель, фаза, микроконтроллер, симулятор, логический анализатор.

Шаговые двигатели, как известно, широко используются в роботах и манипуляторах, периферийных устройствах компьютеров (дисководах, принтерах), станках с цифровым программным управлением, дискретных системах наведения оптических и радиолокационных приборов, технологическом оборудовании микроэлектроники и т.д. [1,2]. В этих системах наряду с различными модификациями ШД (2-, 3-, 4- и 6- фазных) нередко применяются пятифазные ШД, предоставляющие широкие возможности по оперативному управлению процессом изменения режимов коммутации фаз и, тем самым, расширения функциональных возможностей дискретного привода в целом.

Предполагается, что указанные задачи, а также ряд других задач управления дискретным приводом могут быть успешно решены с помощью современных микроконтроллеров [3].

В немногочисленных работах [2,4], посвященных исследованию данных вопросов, микроконтроллерами решаются только системные задачи управления дискретным приводом при одном из возможных режимов коммутации фаз ШД, такие как плавный пуск и останов ШД, задание и изменение скорости вращения исполнительного вала, задание необходимого числа шагов отработки, реверс, изменение токов или напряжения питания в зависимости от нагрузки на валу ШД и т.д.

Между тем очевидно, что при сочетании в одной системе микроконтроллерного управления решение вышеперечисленных задач с дополнительной возможностью задания и изменения режимов непосредственной коммутации фаз ШД значительно расширит функциональные возможности любого шагового привода в целом. Тем более, что эта цель достигается относительно простыми программными средствами, не требующими дополнительных аппаратных затрат.

В статье описывается микроконтроллерное многорежимное управление пятифазным ШД в сочетании с двумя различными модификациями выходных ключевых усилителей мощности, представленных на рис.1 и 2.

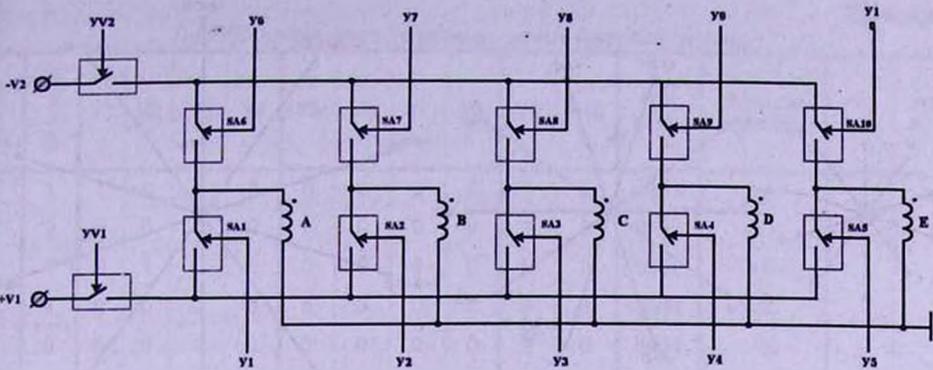


Рис.1. Схема двуполярного подключения фаз ШД в "звезду" с общей заземленной точкой

На рис. 3-6 приведены номограммы векторов моментов в различных режимах работы ШД, соответственно, с одним и двумя источниками питания. Исключены те режимы, при которых формируются резкие неравномерности распределения модулей результирующих моментов на валу ШД. Исходя из номограмм, составлены таблицы и определены коды управляющих сигналов переключения фаз ШД (табл.1-4). Каждый из приведенных режимов коммутации пятифазного ШД может быть использован для придания дискретному приводу тех или иных характеристик и функциональных возможностей.

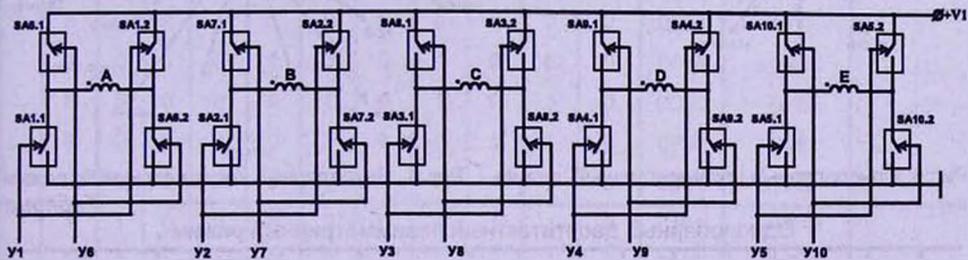


Рис.2. Мостовая схема подключения фаз ШД

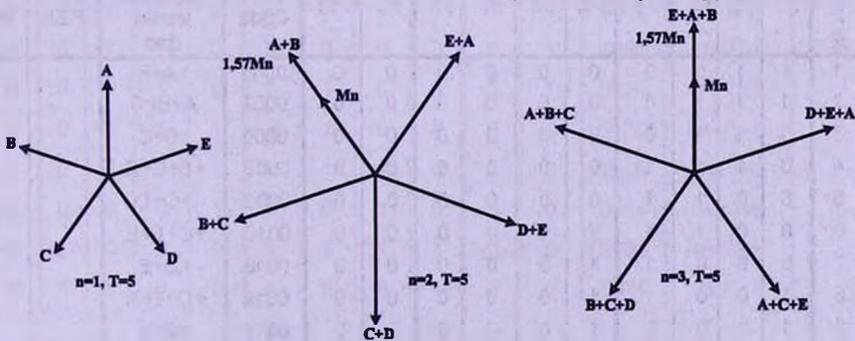


Рис.3. Однополярные симметричные режимы

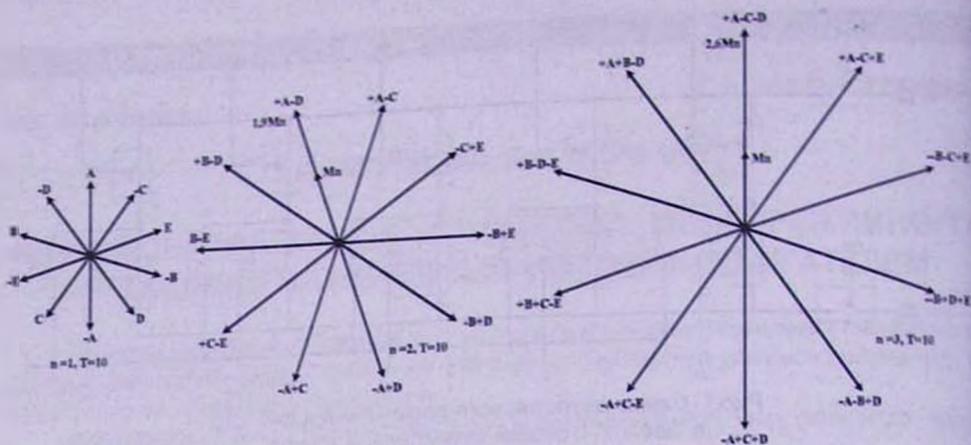


Рис.4. Двуполярные симметричные режимы

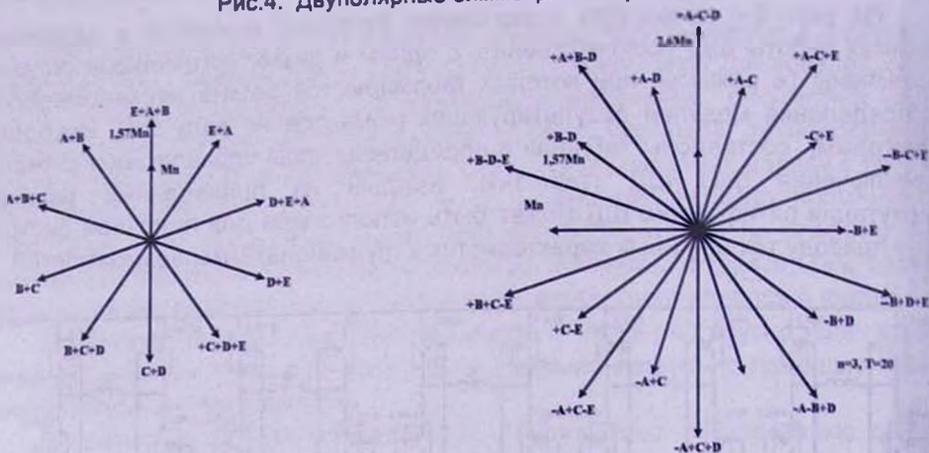


Рис.5. Однополярный несимметричный режим

Рис.6. Двуполярный несимметричный режим

Таблица 1

Однополярный десятитактный несимметричный режим

Режим	№ такта	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10	Hex Code	Порядок переключения фаз	+V1 P2.6	-V1 P2.7
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0003	+A+B	1	0
	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0007	A+B+C		
	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	000B	+B+C		
	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	000E	+B+C+D		
	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	000C	+C+D		
	6	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	001C	+C+D+E		
	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0018	+D+E		
	8	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0019	+D+E+A		
	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0011	+E+A		
	10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0013	+E+A+B		

Таблица 2

Двуполярные десятитактные симметричные режимы

Режим	№ такта	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10	Hex Code	Порядок переключения фаз	+V1 P2.6	-V1 P2.7
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0001	+A	1	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0100	-D		
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0002	+B		
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0200	-E		
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0004	+C		
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0020	-A		
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0008	+D		
	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0040	-B		
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0010	+E		
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0080	-C		
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0101	+A-D	1	1
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0102	+B-D		
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0202	+B-E		
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0004	+C-E		
	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0024	-A+C		
	6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0028	-A+D		
	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0048	-B+D		
	8	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0C50	-B+E		
	9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0090	-C+E		
	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0081	+A-C		
4	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0181	+A-C-D	1	1
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0103	+A+B-D		
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0302	+B-D-E		
	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0206	+B+C-E		
	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0224	-A+C-E		
	6	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	002C	-A+C+D		
	7	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0068	-A-B+D		
	8	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0058	-B+D+E		
	9	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	00B0	-B-C+E		
	10	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0091	+A-C+E		

Возможность изменения режима коммутации фаз ШД с помощью соответствующих многорежимных устройств, как известно, позволяет в определенных пределах варьировать частотой приемистости, величиной единичных шагов, равномерностью распределения векторов моментов по полю, развиваемым моментом на его валу, потребляемой мощностью и т.д.

Таблица 3

Двуполярный двадцатитактный несимметричный режим

Режим № такта	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	Hex Code	Порядок переключения фаз	+V1 P2.6	-V1 P2.7
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0181	+A-C-D		
2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0101	+A-D		
3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0103	+A+B-D		
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0102	+B-D		
5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0302	+B-D-E		
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0202	+B-E		
7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0206	+B+C-E		
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0204	+C-E		
9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0224	-A+C-E		
10	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	00A4	-A+C	1	1
11	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	002C	-A+C+D		
12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0028	-A+D		
13	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0068	-A+D-B		
14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0048	-B+D		
15	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0058	-B+D+E		
16	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0050	-B+E		
17	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	00D0	-B-C+E		
18	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0090	-C+E		
19	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0091	+A-C+E		
20	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0081	+A-C		

Таблица 4

Однополярные пятитактные симметричные режимы

Режим № такта	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	u10	Hex Code	Порядок переключения фаз	+V1 P2.6	-V1 P2.7
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0001	+A		
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0002	+B		
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0004	+C	1	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0008	+D		
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0010	+E		
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0003	+A+B		
2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0006	+B+C		
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	000C	+C+D	1	0
4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0018	+D+E		
5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0030	+E+A		
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0007	+A+B+C		
2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	000E	+B+C+D		
3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	001C	+C+D+E	1	0
4	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0019	+D+E+A		
5	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0013	+E+A+B		

Функциональная схема микроконтроллерного управления пятифазным ШД показана на рис.7.

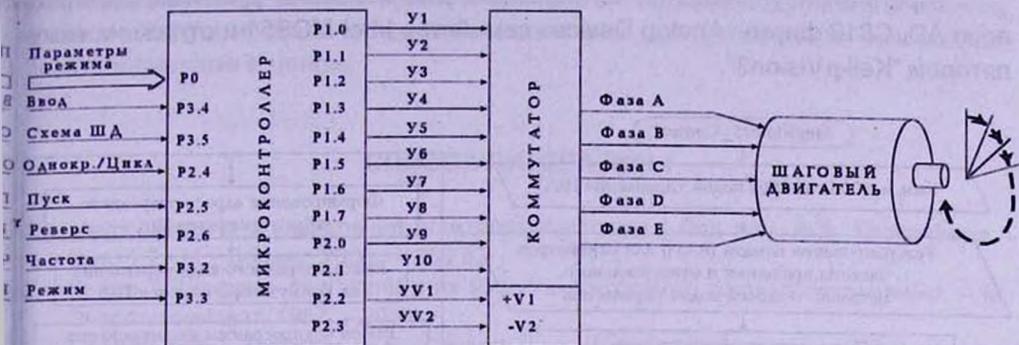


Рис. 7. Функциональная схема микроконтроллерного управления пятифазным ШД

Аппаратурные ресурсы микроконтроллера распределены следующим образом: P3.2 - вход запроса внешнего прерывания (INT0) - установка скорости переключения ШД; P3.3 - вход запроса внешнего прерывания (INT1) - установка режима работы ШД; P2.2 - разрешение включения источника +V1; P2.3 - разрешение включения источника -V2; P3.4 - разрешение ввода параметров ШД; P3.5 - выбор схемы включения ШД; P2.4 - однократный/циклический (0-цикл, 1 - однократный); P2.5 - пуск; P2.6 - реверс (0-прям.,1-обрат.); P0 - порт ввода параметров режима; P1, P2.0,1 - порты вывода кода управления ШД; R5 - счетчик текущего числа шагов ШД.

Описание алгоритма программы. Алгоритм управляющей программы приведен на рис.8. Управляющие коды тактов и число тактов каждого режима ШД заносятся в программную память (ROM) микроконтроллера в виде таблицы. Каждый код имеет размер слова (2 байта).

В оперативной памяти (RAM) резервируются три байта: два - для параметров частоты вращения ШД, один - для хранения относительного начального адреса массива кодов выбранного режима. Программируется разрешение запросов обслуживания подпрограмм внешних прерываний INT0, INT1. После этого программа переходит в режим ожидания запросов внешних прерываний. В результате обслуживания прерываний устанавливаются режим работы и частота вращения ШД. Далее число тактов выбранного режима ШД сохраняется в счетчике тактов. Формируется адрес (ROM) очередного кода управления. По этому адресу из программной памяти выбирается код управления и через порты P1,P2 передается коммутатору фаз ШД. Выполняется очередной шаг ШД (за время выполнения подпрограммы формирования частоты вращения ШД). После чего декрементируется счетчик тактов, и если не последний такт, то процесс вывода кода управления очередного такта повторяется. Работа ШД в выбранном режиме повторяется при положительном опросе режима "Цикл".

В противном случае, если нет запроса выхода из программы, начинается новый цикл выбора нового режима и т.д.

Программа управления пятифазным ШД написана для микроконтроллера AD μ C812 фирмы Analog Devices семейства Intel-MCS51 и отлажена симулятором "Keil-Vision3".

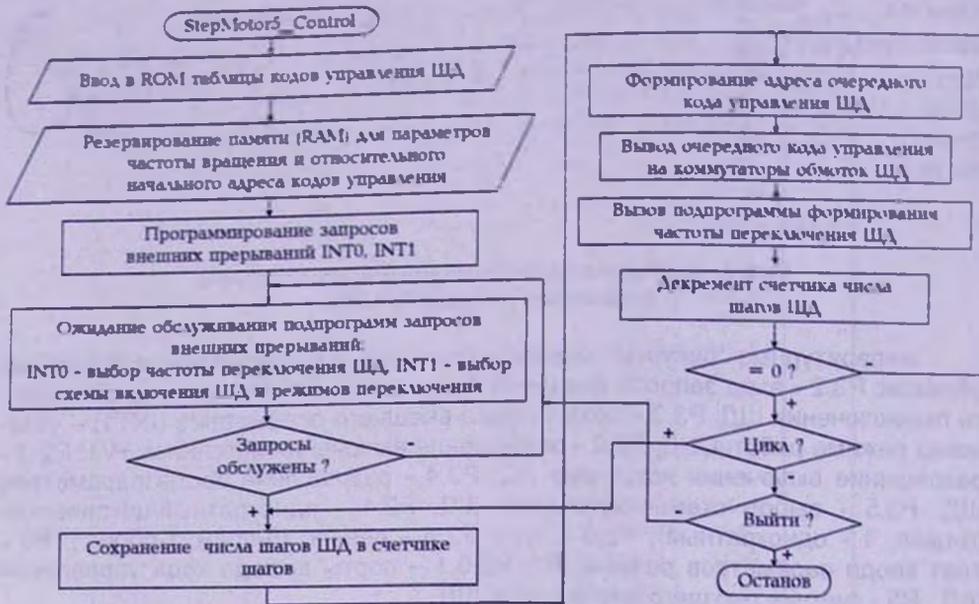


Рис. 8. Алгоритм программы управления

На рис. 9 показано основное окно симулятора в режиме выполнения программы, совмещенное с окном "Logic Analyzer" с временными диаграммами для одного из режимов работы ШД.



Рис.9. Основное окно симулятора, совмещенное с окном Logic Analyzer

Таким образом, предлагаемое микроконтроллерное устройство позволяет обеспечить всевозможные симметричные и несимметричные, однополярные и двуполярные режимы коммутации фаз пятифазного шагового двигателя, а также сформировать общесистемные команды управления дискретным электроприводом в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микросхемы для управления электродвигателями / Под ред. В.А. Казначеева. - Вып. 1,2.- М.: Додэка, 2000. - 288 с.
2. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 200 с.
3. Бардин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. - М.: ЭКОМ, 2002. - 398 с.
4. Мунтяну В., Мунтяну Е. Электропривод с шаговым двигателем ДШ-5Д1МУЗ. - М.: Радио, 2005. - N12. - С.16-18.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 11.07.2009.

Վ.Շ. ՀԱՐՈՒԾՅՈՒՆՅԱՆ, Պ.Հ. ՇԻՐԻՆՅԱՆ

ՀԻՆԳՓԱԹՈՒԹՅԱՆ ԶԱՅԼԱՅԻՆ ՇԱՐԺԻՉԻ ԲԱԶՄԱՈՒԹԻՄ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՄԻԿՐՈԿՈՆՏՐՈԼԵՐԱՅԻՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄ

Նկարագրված է ԶԸ-ների բազմառեժիմ կառավարման միկրոկոնտրոլերային համակարգ, բերված են ԶԸ-ների աշխատանքային ռեժիմների առյուսակները, նոմոգրամները, ինչպես նաև կառավարման ծրագրի ալգորիթմը:

Առանցքային բառեր. քայլային շարժիչ, փաթույթ, միկրոկոնտրոլեր, սիմուլյատոր, տրամաբանական վերլուծիչ:

V.Sh. HARUTYUNYAN, P.H. SHIRINYAN

MULTIMODE CONTROL OF FIVE-PHASE STEPPER MOTOR BY MICROCONTROLLER

Five-phase STM of the Microcontroller's multimode control system is described. Tables of functional modes STM and an algorithm of control program are given.

Keywords: stepmotor, phase, microcontroller, simulator, logic analyzer.