

В.Ш. АРУТЮНЯН, П.А. ШИРИНЯН

**МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ МНОГОРЕЖИМНОЕ УСТРОЙСТВО
УПРАВЛЕНИЯ ШЕСТИФАЗНЫМ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

Представлены схемы подключения, таблицы переключения фаз и управления шестифазным шаговым двигателем при различных (симметричном и несимметричном, однополярном и двухполярном, шеститактном и двенадцатитактном) режимах коммутации фаз. Предложено микроконтроллерное управление всеми этими режимами, а также управление всей системой дискретного электропривода в целом.

Ключевые слова: шаговый двигатель, фаза, микроконтроллер, усилитель мощности.

Использование современных микроконтроллерных устройств открыло большие возможности для создания различных радиоэлектронных, вычислительных и электротехнических устройств управления и регулирования с достаточно малыми габаритами, весом, потребляемой электроэнергией, а также повышенной надёжностью функционирования [1]. К таким устройствам относятся и многорежимные устройства управления многофазными шаговыми двигателями (ШД), которые могут быть успешно реализованы на современных микроконтроллерах различных модификаций.

Известные работы [2,3] по использованию микроконтроллеров для управления ШД посвящены обеспечению одного из возможных режимов коммутации фаз, что свидетельствует об их ограниченных функциональных возможностях. Между тем, как известно, возможность обеспечения различных режимов непосредственной коммутации фаз позволяет, при необходимости, оперативно изменять число одновременно включённых фаз ШД, задавать и изменять те или иные (симметричные и несимметричные, однополярные и двухполярные) режимы коммутации фаз, варьировать в определённых диапазонах величинами единичного шага и результирующего момента на валу ШД, частотой приёмистости и общей потребляемой энергией.

В зависимости от имеющихся технических возможностей (наличие соответствующих источников питания и ключевых усилителей мощности), а также исходя из особенностей соединения между собой фаз выпускаемых ШД, выходную силовую часть предлагаемой системы управления шестифазным ШД можно реализовать двумя равносильными способами.

При первом способе (рис. 1) используются два разнополярных источника питания $+V1$ и $-V2$ с общей заземлённой точкой, а для коммутации каждой из фаз – по два ключевых усилителя мощности, соединённых последовательно между собой и источниками питания. При этом фазы ШД подключаются между средними точками соединения каждой пары усилителей и общей нулевой шиной системы.

При втором способе (рис. 2) используются только один источник питания $+V1$ и шесть мостовых усилителей мощности, в диагоналях которых подключаются соответствующие фазные обмотки ШД.

На рис.3-6 приведены номограммы векторов результирующих моментов в различных режимах коммутации фаз шестифазного ШД.

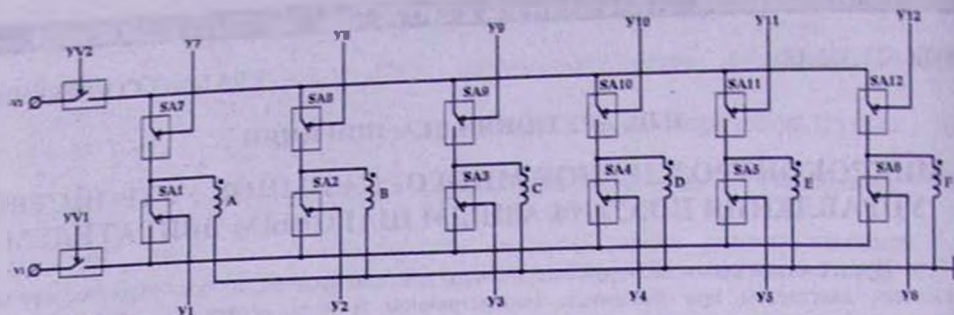


Рис.1. Схема подключения фаз ШД с двумя источниками питания

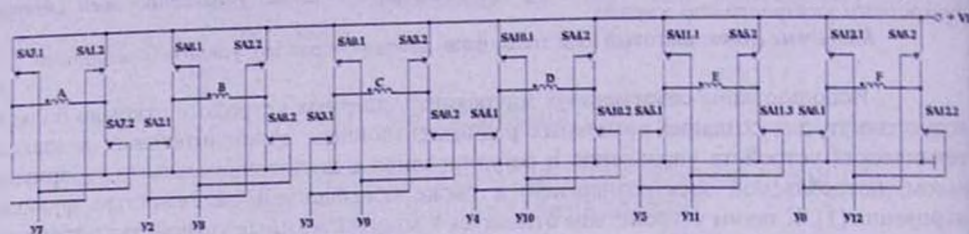


Рис.2. Схема подключения фаз ШД с одним источником питания

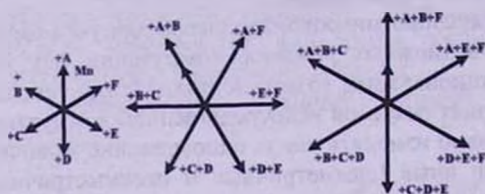


Рис.3. Шеститактные симметричные однополярные режимы

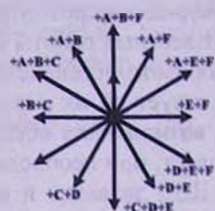


Рис.4. Двенадцатитактный несимметричный однополярный режим

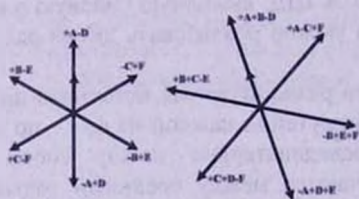


Рис.5. Шеститактные симметричные двухполярные режимы

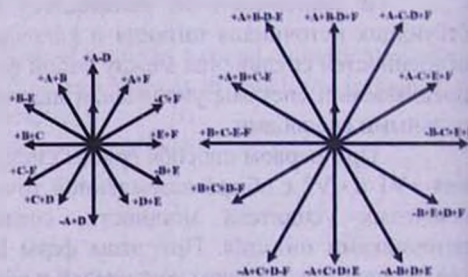


Рис.6. Двенадцатитактные симметричные двухполярные режимы

В табл. 1-4 приведены коды управления многорежимным устройством управления шестифазным ШД при различных наиболее оптимальных шеститактных и двенадцатитактных, симметричных и несимметричных, однополярных и двухполярных режимах коммутации фаз.

Шеститактные симметричные однополярные режимы

Таблица 1

Режим	№ такта	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Порядок переключения фаз
		A	B	C	D	E	F	-A	-B	-C	-D	-E	-F	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+A +B +C +D +E +F +A+B
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+B+C +C+D +D+E +E+F +A+F
	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+A+B+C +B+C+D +C+D+E +D+E+F +A+E+F +A+B+F
	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	6	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Двенадцатитактный несимметричный однополярный режим

Таблица 2

Режим	№ такта	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Порядок переключения фаз
		A	B	C	D	E	F	-A	-B	-C	-D	-E	-F	
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+A+B +A+B+C +B+C +B+C+D +C+D +C+D+E +D+E +D+E+F +E+F +A+E+F +A+F +A+B+F
	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	8	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	11	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	12	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Функциональная схема микроконтроллерного многорежимного управления шестифазным ШД представлена на рис.7. В ней в качестве микроконтроллера может быть использован, например, AT89C41CC03 семейства Intel-MCS51 с программным обеспечением для данного конкретного случая на языке Ассемблер.

Таблица 3

Шеститактные симметричные двуполярные режимы

Режим	№ такта	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Порядок переключения фаз
		A	B	C	D	E	F	-A	-B	-C	-D	-E	-F	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	+A-D
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+B-E
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+C-F
	4	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	-A+D
	5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	-B+E
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	-C+F
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	+A+B-D
	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+B+C-E
	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	+C+D-F
	4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	-A+D+E
	5	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	-B+E+F
	6	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	+A-C+F

Таблица 4

Двенадцатитактные симметричные двуполярные режимы

Режим	№ такта	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Порядок переключения фаз
		A	B	C	D	E	F	-A	-B	-C	-D	-E	-F	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	+A-D
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+A+B
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+B-E
	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+B+C
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+C-F
	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	+C+D
	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	-A+D
	8	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	+D+E
	9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	-B+E
	10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	+E+F
	11	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	-C+F
	12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	+A+F
2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	+A+B-D+F
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	+A+B-D-E
	3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	+A+B+C-E
	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	+B+C-E-F
	5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	+B+D+C-F
	6	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	-A+C+D-F
	7	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	-A+C+D+E
	8	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	-A-B+D+E
	9	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	-B+E+D+F
	10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	-B-C+E+F
	11	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	+A-C+E+F
	12	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	+A-C-D+F

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; P1.6 - разрешение включения источника +V1; P1.7 - разрешение включения источника -V2; P0.6 - разрешение ввода параметров ШД; P0.7 - выбор схемы включения ШД; P3.4 - однократный/циклический (0-цикл, 1 - однократный); P3.5 - пуск; P3.6 - реверс (0-прям., 1-обрат.); P2 - порт ввода параметров режима; P0.0...5, P1.0...5 - порты вывода кода управления ШД; R5 - счетчик текущего числа шагов ШД.

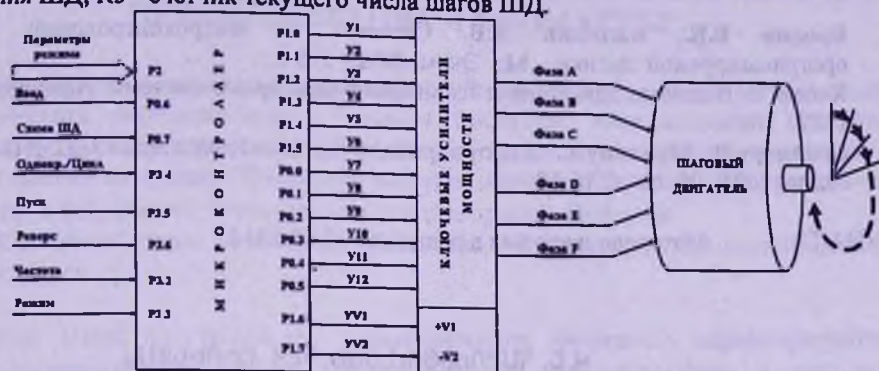


Рис. 7. Функциональная схема микроконтроллерного многорежимного управления шестишневым ШД

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).



Рис.8. Алгоритм программы управления ШД

Таким образом, разработанное микроконтроллерное устройство для много-режимного управления шестифазным шаговым двигателем обеспечивает все возможные оптимальные режимы коммутации фаз, а также позволяет формировать все общесистемные команды управления дискретным электроприводом в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. - М.: Эком, 2002.- 398 с.
2. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. - М., 1987.- 200 с.
3. Секриеру В., Мунтяну Е. Электропривод с шаговым двигателем ДШ5Д1МУЗ. - М.: Радио, 2005.- № 12.- С.16-18.

ГУИА(П). Материал поступил в редакцию 10.05.2010.

Վ.Շ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Պ.Հ. ՇԻՐԻՆՅԱՆ

ՎԵՑՓԱԹՈՒՅԹ ԲԱՅԼԱՅԻՆ ՇԱՐԺԻՉԻ ՄԻԿՐՈԿՈՆՏՐՈԼԵՐԱՅԻՆ
ԲԱԶՄԱՈՒԹԻՄԱՅԻՆ ՂԵԿԱՎԱՐՄԱՆ ՍԱՐՔ

Ներկայացված են վեցփաթույթ քայլային շարժիչի փաթույթների միացման սխեմաները, դրանց փոխանջատման և ղեկավարման աղյուսակները զանազան սիմետրիկ և ոչ սիմետրիկ, միաբևեռ և երկբևեռ, վեցտակտային և տասներկու-տակտային փոխանջատման ռեժիմներում: Առաջարկված է միկրոկոնտրոլերային ղեկավարում՝ փաթույթների փոխանջատման այդ բոլոր ռեժիմների, ինչպես նաև ամբողջ համակարգի համար:

Առանցքային բառեր. քայլային շարժիչ, փաթույթ, միկրոկոնտրոլեր, հզորության ուժեղարար:

V.Sh. HARUTYUNYAN, P.H. SHIRINYAN

MULTIPLEMODE CONTROL OF SIX-PHASE STEPPER MOTOR BY MICROCONTROLLER

Connection diagrams the table of switching and guidance of six-phase phases stepper motor drive are presented at various modes of symmetrical and with unsymmetrical, unipolar and two-polar, six and twelve steps modes of phases switching. Microcontroller guidance of all these modes, and also guidance of all system of the discrete electric drive as a whole is proposed.

Keywords: stepmotor, phase, microcontroller, simulator, power amplifier.