

гидроксидами железа, меди и сульфатом бария. Методика изготовления катода газоразрядного счетчика состояла в следующем.

Использовали электролит, состав которого предложен в [6]. К 4700 мл раствора, содержащего 1275 г  $\text{CuSO}_4$  добавляли 15 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . После этого через полученный раствор продували  $\text{O}_2$  в течение 6 ч и выдерживали его 24 ч. В результате в растворе выпадает осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . После отделения осадка в фильтрат добавляли 25 мл концентрированного раствора аммиака. Раствор с осадком гидроксида меди перемешивали в течение 4 ч и фильтровали. К фильтрату добавляли 163 мл концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , затем при энергичном перемешивании приливали 100 мл 20%-ного раствора  $\text{BaSO}_4$ . После перемешивания в течение 4 ч отфильтровывали осадок  $\text{BaSO}_4$ , а раствор переносили в электролизер. Электролиз проводили при катодной плотности тока 100  $\text{A}/\text{m}^2$ .

Анодом электролизера служила медь М2. Медь осаждали на полированный стержень из нержавеющей стали  $\phi$  50 и длиной 300 мм с конусностью 3'. Электролиз проводили в течение времени, необходимого для образования медного покрытия толщиной  $\sim 1$  мм. Стержень с медным покрытием вставляли в токарный станок и обкатывали роликом по всей поверхности. После этой операции медное покрытие легко снимается со стержня. Внутренняя поверхность медной трубки имела тот же класс полировки, что и стержень из нержавеющей стали.

Полученная трубка была использована для изготовления пропорционального счетчика. Изоляторы были выточены из оргстекла. Анодом служила вольфрамовая проволока  $\phi$  20 мкм. Рабочая газовая смесь состояла из  $\text{Ar}$  (90%) и  $\text{CH}_4$  (10%). В режиме измерения  $\alpha$ -излучения

фон счетчика оказался равным 0,55 импульсов при коэффициенте счета 0,97, который был определен по эталонному количеству  $\text{Rn}$  [222], введенного в детектор. Фон измеряли в течение 120 ч. По величине фона рассчитали поверхностную  $\alpha$ -активность медного катода, которая составила 0,12 частиц/ч  $\cdot$  100  $\text{cm}^2$ , что в 2,4 раза меньше по сравнению с электролитической медью (0,29 частиц/ч  $\cdot$  100  $\text{cm}^2$ ), полученной без очистки электролита от радиоактивных микропримесей. Описанным выше способом был изготовлен второй счетчик с катодом  $\phi$  8 и длиной 55 мм. Его  $\alpha$ -фон, измеренный в течение 3000 ч, составил 0,017 импульсов/ч.

Предлагаемый способ изготовления катода газоразрядного счетчика позволяет снизить содержание е.р.н. в медной трубке (2,4 раза) и устранить трудоемкую операцию полировки внутренней поверхности. Дальнейшего снижения содержания е.р.н. в получаемой меди можно достигнуть за счет многократной очистки электролита соосаждением с указанными осадками и применения в качестве анода электролизера более чистого металла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Помацкий А. А., Северный С. А. // Атомная энергия. 1975. Т. 38. Вып. 5. С. 339.
2. Фисенко А. В., Кашкаров Л. П., Помацкий А. А. // ПТЭ. 1982. № 2. С. 38.
3. Дементьев В. А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. М.: Атомиздат, 1967. С. 66.
4. Барабанов И. Р., Волкова Л. П., Гаврин В. Н. // Атомная энергия. 1979. Т. 47. Вып. 3. С. 195.
5. Емельянов В. В. // ПТЭ. 1969. № 4. С. 209.
6. Яковлева Т. Ф., Рыстенко А. Т. Краткий справочник по гальваническим покрытиям. М.: Машгиз, 1963. С. 110.

НИИ химии при Горьковском госуниверситете  
Поступила в редакцию 2.XII.1985

УДК 681.142:621.313

ПТЭ № 3, 1987

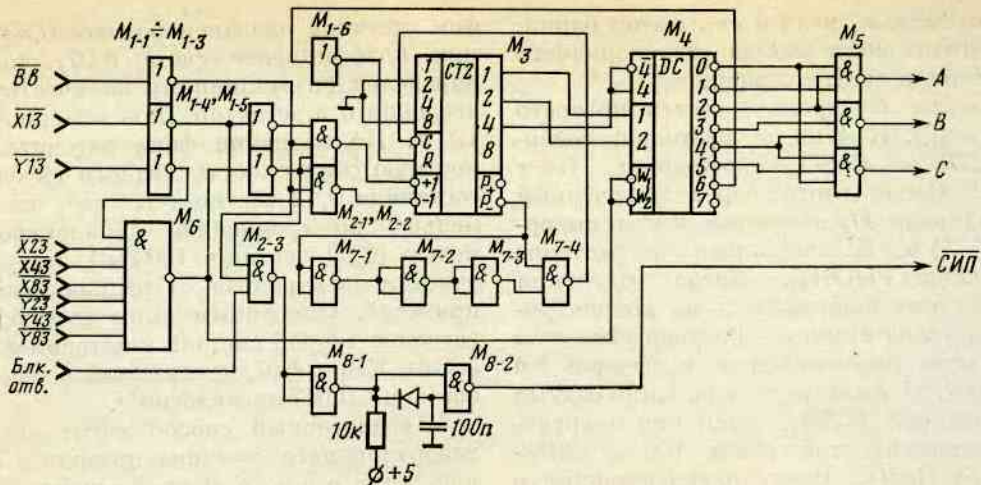
### ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ МИКРО-Э.В.М. «ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28»

КИРИЛЛОВ С. В., УСПИН В. А.

Описаны принцип и устройство программного управления шаговым двигателем с помощью микро-э.в.м. «Электроника ДЗ-28», позволяющее полностью реализовать достоинства шагового привода при значительном сокращении объема аппаратной части устройства управления. Приведен вариант программы управления в машинных кодах.

В современных автоматизированных измерительных комплексах, предназначенных для измерения пространственных распределений

физических величин, широко применяется электропривод на основе шаговых двигателей (ш.д.) [1 ÷ 3]. Аппаратные средства, обычно применя-



Принципиальная схема устройства управления.  $M_1$  — К155ЛН1,  $M_2, M_5$  — К155ЛА4,  $M_3$  — К155ИЕ6,  $M_4$  — К155ИД4,  $M_6$  — К155ЛА2,  $M_7$  — К155ЛАЗ,  $M_8$  — К155ЛА7; диод — КД503

емые для программного управления шаговым двигателем, состоят, как правило, из двух частей — устройства формирования сигнала направления вращения и пачки тактовых импульсов и устройства, коммутирующего обмотки ш.д. синхронно с тактовыми импульсами в соответствии с сигналами направления вращения.

В устройстве формирования пакета тактовых импульсов обычно используются программно-управляемые многоразрядные счетчики. Требуемое число импульсов при этом формируется путем записи этого числа в вычитающий счетчик, а частота следования определяется коэффициентом деления частоты задающего генератора. При этом число компонентов таких устройств весьма значительно, особенно в случаях необходимости задания больших перемещений.

Для реализации возможностей ш.д. в полном объеме необходимо обеспечивать разгон его в начале движения и динамическое торможение при остановке. Кроме того, в некоторых случаях возникает необходимость обеспечения реакции привода на сигналы внешних датчиков, например при установке сканирующего устройства в исходную точку, либо для синхронизации вращения ш.д. с преобразователем угол — код с целью повышения точности обработки [2]. Выполнение всех перечисленных требований вызывает дополнительное усложнение как устройства управления, так и управляющей программы. Варианты построения второй части устройств управления (коммутирующих) зависят от конкретного типа используемых ш.д. и широко описаны в литературе [4, 5].

Объем аппаратной части устройства управления ш.д. можно существенно сократить пу-

тем программного формирования требуемой пачки тактовых импульсов непосредственно на интерфейсных выходах э.в.м. Для микро-э.в.м. «Электроника ДЗ-28», не имеющей в своем составе программно-управляемого таймера, такой способ управления означает организацию обращения к каналу ввода-вывода для каждого шага ш.д. При этом программное задание числа обращений обеспечит обработку требуемого числа шагов, а программное регулирование временного интервала между обращениями — необходимый режим разгона либо торможения двигателя. Следуя по пути замены аппаратных средств программными, можно упростить и устройство коммутации обмоток ш.д., программно формируя необходимые для коммутации кодовые комбинации непосредственно на интерфейсных шинах э.в.м. Однако получаемый при этом выигрыш в аппаратуре слишком мал для того, чтобы скомпенсировать возникающее в итоге увеличение объема управляющей программы.

Принципиальная схема устройства, реализующего такой способ управления ш.д., приведена на рисунке. Устройство содержит дешифратор адреса ( $M_{1-3}, M_6$ ), схему формирования тактовых импульсов ( $M_{1-1}, M_{1-2}, M_{1-4}, M_{1-5}, M_{2-1}, M_{2-2}$ ), схему формирования сигнала СИП ( $M_{2-3}, M_8$ ) и устройство коммутации обмоток ш.д. Приведенный вариант схемы устройства коммутации разработан для шеститактного управления трехфазным ш.д. (силовые ключи на схеме не показаны) и состоит из реверсивного счетчика по модулю «6»  $M_3$  с элементами управления  $M_{1-6}, M_7$ , дешифратора  $M_4$  и шифратора  $M_5$ . Такой вариант построения устройства коммутации требует несколько большего

Команда	Код	Команда	Код
0. MARK 0001	0408 0001	35. GO	0514
2. MOV # 0208, S05	1305 0208	36. GO	0514
4. MOV # 0000, S04	1304 0000	37. GO	0514
6. MOV # 0004, S01	1301 0004	38. BR.-14	1402 0013
8. MOV # 0000, S0C	1300 0000	40. SUB # 13, R10	1001 1310
10. MOV # 0312, S07	1307 0312	42. SOBZ R08.+4	1408 0308
12. MOV # 0000, S06	1306 0000	44. BR.-22	1402 0105
14. MOV # 0605, S09	1309 0604	46. MOV # 0005, S05	1305 0005
16. MOV # 0000, S08	1308 0000	48. OUTOWC	0412 1405
18. SUB R12, R01	1101 1201	50. BR.+4	1403 0005
20. LNCN	0412 1400	52. BR.+6	1406 0007
22. CLR R00	0413 1000	54. SOBZ R01.+4	1408 0301
24. OUTOWC	0412 1405	56. BR.-8	1402 0007
26. BR.+4	1403 0005	58. MOV # 0000, S02	1302 0000
28. BR.+30	1403 0115	60. MOV # 0715, S04	1304 0715
30. ABGE R11, R0)	1409 1100	62. PAUSER	0412 1402
32. BR.+8	1403 0009	64. LNCN	0412 1400
34. GO	0514	66. RTS	0511

числа элементов по сравнению с описанными в [4, 5], однако обладает значительно большей надежностью в эксплуатации.

Для связи с микро-э.в.м. используются шина адреса «Упр» ( $X13 \div Y83$ ), а также сигналы  $\overline{Bв}$  и  $\overline{СИП}$ . Информационные шины не используются. При установке командой LNCN регистра «Упр» микро-э.в.м. в состояние 0100 либо 0101 разрешается прохождение тактовых импульсов соответственно на вход прямого либо обратного счета счетчика  $M_3$ . Одновременно подается сигнал разрешения на вход стробирования дешифратора, что обеспечивает подачу питания на обмотки ш.д. (режим статического торможения). Вслед за этим командой OUTOWC разрешается подача сигнала  $\overline{Bв}$ , который поступает в качестве тактового импульса на один из входов устройства коммутации обмоток и вызывает поворот ротора ш.д. на один шаг в прямом либо обратном направлении. Сигнал  $\overline{СИП}$  при этом не формируется, и длительность сигнала  $\overline{Bв}$  определяется содержимым регистра R10 микро-э.в.м. Таким образом, выполняя команду OUTOWC в цикле, можно выполнять заданное счетчиком цикла количество шагов. Скорость обработки при этом определяется содержимым регистра R10, изменяя которое можно разогнать и тормозить двигатель и устанавливать его скорость вращения. Вход устройства «Блк. отв.» (блокировка ответа) служит для управления формированием сигнала  $\overline{СИП}$ . Он используется для обеспечения реакции микро-э.в.м. на сигналы датчиков привода (концевых выключателей, синхронизаторов и т. п.). Сигнал, например, концевого выключателя, который подается на вход «Блк.

отв.», имеет высокий уровень. При этом по действующему в момент поступления внешнего сигнала импульсу  $\overline{Bв}$  будет сформирован ответный сигнал  $\overline{СИП}$ , что вызовет прекращение выполнения команды OUTOWC и переход в программе на один шаг вперед по условию наличия ответа периферийного устройства. Этот условный переход используется для выхода из цикла и перехода к программе работы по сигналу концевого выключателя (например, остановка со статическим либо динамическим торможением).

В тех случаях, когда для повышения точности обработки применяется синхронизация ш.д. [2], на вход «Блк. отв.» подается сигнал высокого уровня, свидетельствующий об окончании обработки шага. При этом тактовые импульсы формируются при помощи команд обмена с неограниченным временем ожидания ответа. Сигнал  $\overline{СИП}$  формируется при поступлении синхронизирующего сигнала. Таким образом, каждый последующий шаг задается после обработки предыдущего. Число шагов в этом случае задается выполнением в цикле команды OUTO либо выполнением команды OUTR. В последнем случае число шагов определяется содержимым регистра R12.

В таблице приводится вариант программы для выполнения шаговым двигателем  $N$  шагов со ступенчатым разгоном в начале движения со скоростью от  $\sim 800$  до  $\sim 3000$  шагов/с и статическим торможением в конце обработки, а также в случае подачи сигнала Блк. отв. Разгон производится в течение одного оборота ротора двигателя. Время статического торможения  $\sim 0,3$  с. Программа оформлена в виде подпрограммы в машинных кодах. Перед об-

ращением к подпрограмме в регистре  $R01$  должно быть задано требуемое число шагов  $N$ , а в регистр  $S02$  занесен код направления вращения 0100 для прямого вращения и 0101 для обратного.

Указанные величины скорости обработки обеспечиваются данной программой при использовании модификации микро-э.в.м. «Электроника ДЗ-28» с временем цикла 2 мкс.

Описанное устройство управления было использовано в составе автоматизированного измерительного комплекса для управления двигателем ШД-4м [3]. Эксплуатация устройства в течение двух лет в полевых условиях позволяет судить о его высокой надежности и про-

стоите перестройки режимов работы путем замены констант в управляющей программе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Страхов А. Ф. Автоматизированные антенные измерения. М.: Радио и связь, 1985. С. 126.
2. Смирнов Ю. С. // Тезисы докладов третьей Всесоюзной конференции «Метрологическое обеспечение антенных измерений». Ереван: ВНИИРИ, 1984. С. 411.
3. Усип В. А., Кириллов С. В. // Тезисы докладов V Всесоюзной конференции СОИИ-5. М.: ВНИИФТРИ, 1984. С. 333.
4. Внуков П. В., Романов В. Ю., Барышников В. Н., Папачев Ф. И. // ПТЭ. 1985. № 2. С. 206.
5. Тарасов В. И., Анзин В. Б. // ПТЭ. 1983. № 2. С. 215.

Поступила в редакцию 28.IV.1986

УДК 621.313.621.382

ПТЭ № 3, 1987

## ПРОСТАЯ СХЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕТЫРЕХФАЗНЫМ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

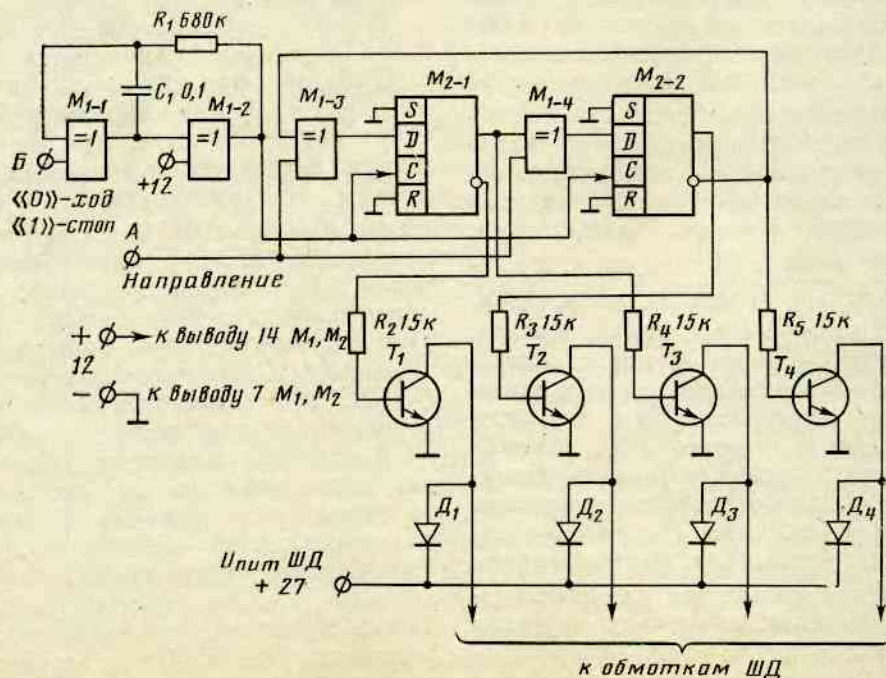
ЛЕДЕРЕР В. В.

Описана схема управления шаговым двигателем на четырех элементах «исключающее ИЛИ» и двух  $D$ -триггерах. Частота переключений от долей герца до сотен герц.

Шаговые двигатели широко применяются в качестве приводов для различных технологических и экспериментальных установок.

Описываемая схема управления шаговым

двигателем значительно проще аналогичных устройств, опубликованных ранее. Так, например, в устройстве [1] только распределитель импульсов выполнен на пяти микросхемах, а в



Принципиальная схема управления шаговым двигателем.  $M_1$  — 564ЛП2,  $M_2$  — 564ТМ2;  $T_1 \div T_4$  — 2Т630;  $D_1 \div D_4$  — 2Д106А; ШД — шаговый двигатель ДШИ-1м