

момента времени между двумя входными синхронизирующими импульсами  $K_{\Gamma И}$  (рис. 2, е, ж, з). Таким образом, принцип действия СИФУ исключает срывы в управлении преобразователем из-за помех при переключении в самой схеме.

Рассмотренная система управления обеспечивает улучшение статических и динамических свойств системы, уменьшает влияние помех на работу электропривода, так как угол регулирования изменяется в функции среднего значения ошибки регулирования за некоторый интервал.

### Л и т е р а т у р а

1. Анхимюк В.Л., Михеев Н.Н., Романов В.В. Вентильный многодвигательный электропривод. Авт.свид.№350121.- "Бюлл. изобр.," 1972, № 26.
2. Буй Динь Тьеу, Михеев Н.Н., Романов В.В. О целесообразности применения автотрансформаторов в тиристорных выпрямителях. Минск, 1972.
3. Беркли Э. Символическая логика и разумные машины. М., 1961.

Б.И. Нисенбаум, М.И. Шоффер

### ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО Э.Д.С. ДВИГАТЕЛЯ

В качестве исполнительных двигателей в системах автоматического управления и регулирования широко используются микродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Эффективным способом управления такими двигателями является использование широтноимпульсной модуляции (ШИМ). Интересным является измерение э.д.с. якоря в режиме прерывистых токов в дискретные моменты времени, когда цепь якоря отключается от внешнего источника.

Известно много технических решений, построенных на этом принципе (например, [1]). Однако диапазон изменения скоростей во всех предлагаемых схемах невелик из-за недостаточной жесткости механической характеристики на малых скоростях. В предлагаемой схеме (рис. 1) этот недостаток исключается введением нелинейной обратной связи.

Скорость вращения якоря двигателя ( $n$ ) и э.д.с. ( $E$ ) связаны между собой соотношением [2]

$$n_i = \frac{60 a E_i}{p N \Phi} ,$$

где  $E_i$  - э.д.с. якоря;  $n_i$  - частота вращения;  $a$  - число пар параллельных ветвей обмотки якоря;  $p$  - число пар полюсов;  $N$  - число проводников обмотки якоря;  $\Phi$  - магнитный поток. Взяв значение  $E_i$  в качестве измеряемой величины, однозначно определяем значение  $n_i$ .

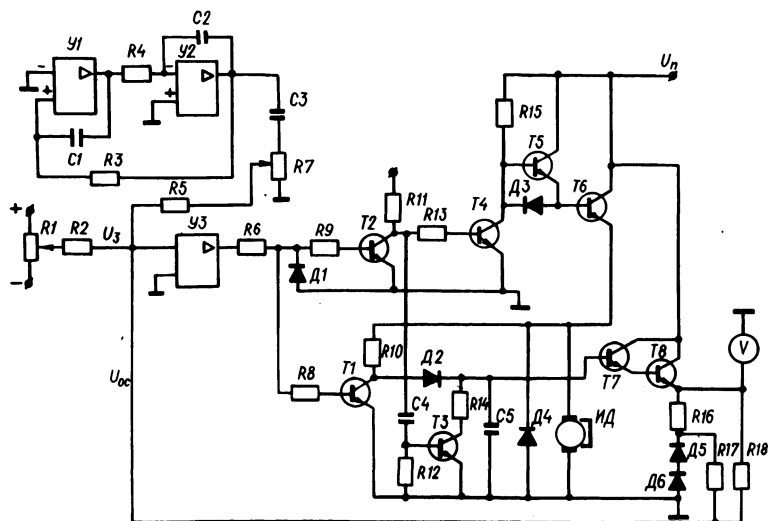


Рис. 1. Принципиальная схема электропривода.

Задающий сигнал  $U_3$ , суммируясь с сигналами генератора пилообразных напряжений (ГПН), выполненного на операционных интегральных усилителях  $U1$  и  $U2$  и обратной связи  $U_3$ , формируется усилителем  $U3$  в последовательность импульсов  $U_3$ , модулированных по длительности (ШИМ). Эти импульсы управляют работой усилителя мощности (УМ), выполненного на транзисторах  $T4$ ,  $T5$  и  $T6$ . В период времени  $t_1$  (рис. 2), когда транзистор  $T6$  открыт и якорь исполнительного двигателя (ИД) подключен к источнику питания  $U_n$ , двигатель разгоняется. В это время на измерительную емкость  $C5$  синхронного детектора (СД) сигнал не поступает, так как открыт транзистор  $T1$ .

Во время  $T - t_1$  транзистор Т6 закрывается, ИД отключается от источника питания и ток самоиндукции замыкается через диод Д4. Время существования тока самоиндукции [3] определяется по формуле

$$\varepsilon = T_{\text{я}} \ln \left[ 1 + \frac{U - E}{E} \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{T_{\text{я}}}} \right) \right].$$

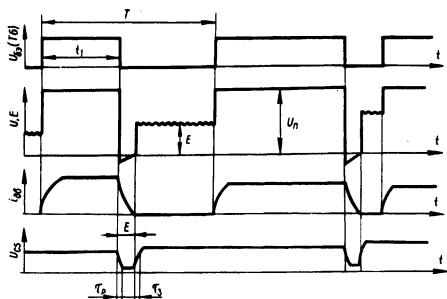


Рис. 2. Изменение напряжений и токов в схеме электропривода.

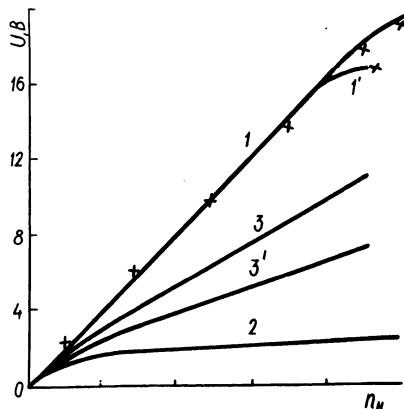


Рис. 3. Характеристики сигналов обратной связи: 1 —  $U_{n2} = 35\text{В}$ ; 1' —  $U_{n1} = 25\text{В}$ .

Когда ток якоря двигателя ( $i_{\text{ДВ}}$ ) становится равным нулю, производится измерение э.д.с. Транзистор Т1 закрыт и э.д.с. якоря через  $R_{10}$ , Д2 заряжает емкость С5. Так как при торможении двигателя значение э.д.с.  $E_i$  становится меньше  $E_{i-1}$ , то для правильной работы СД производится подзаряд емкости С5 в каждом периоде в течение короткого времени  $\tau_p$  (рис. 2) через разрядную цепь  $R_{14}$ , Т3.

Сигнал обратной связи, снимаемый с эмиттера Т8 (рис. 3, кривая 1), представляет собой линейную зависимость  $U_{\text{с}} = f(n)$ . При большой скважности ( $\gamma$ ) управляющего сигнала, когда время измерения становится малым (при приближении к зоне непрерывных токов), линейность нарушается. Для получения большей крутизны характеристики на начальном участке, т.е. для увеличения жесткости механической характеристики на малых скоростях, линейный сигнал суммируется

с нелинейной ОС, снимаемой с диодов Д5, Д6 (рис. 3, кривая 2). Вид кривой зависит от соотношения сопротивлений R 17 и R18.

Выбор частоты ГПН производится из условия существования прерывистых токов при номинальной скорости и с номинальной нагрузкой. Для получения номинальной скорости при импульсном управлении, когда  $\gamma < 1$ , необходимо повысить напряжение питания двигателя  $U_n$ . В [2] дается максимальное значение напряжения при неперверсивной схеме управления ( $U_{n \max} = 35 \text{ В}$ ). Отсюда определим  $\gamma_n = \frac{U_n}{U_{n \max}} = 0,83$ . Следовательно,

но, в течение периода  $1 - \gamma_n$  необходимо, чтобы ток самоиндукции понизился до нуля, а затем за время  $\tau_3$  емкость С5 синхронного детектора зарядилась до значения э.д.с. двигателя. Время  $\epsilon$  в режиме минимальной скорости (10 об/мин) равно 0,8 мс, а время полного заряда С5 ( $\tau_{\text{э.п}}$ ) от нуля до  $\epsilon$  равно 1,2 с, но ввиду того что разница э.д.с.  $\epsilon$  между соседними периодами резко измениться не может и что время разряда  $\tau_p < \tau_3$  примем  $\tau_3 = 0,5 \tau_{\text{э.п}}$ . Тогда минимальный период следования импульсов управления определится из следующих соотношений:

$$(1 - \gamma_n) T_{\min} = \epsilon + \tau_3; \quad T_{\min} = \frac{\epsilon + \tau_3}{1 - \gamma_n}.$$

Из этих соображений частота ГПН взята 120 Гц.

Экспериментальные испытания этой схемы с двигателем ДПМ 30-Н1-01 ( $U_n = 29 \text{ В}$ ,  $I_n = 0,5 \text{ А}$ ,  $I_n = 2,9 \text{ А}$ ,  $M_n = 6,9 \text{ Н см}$ ,  $T_m = 0,035 - 0,05 \text{ с}$ ,  $T_a = 0,0012 \text{ с}$ ,  $n = 9000 \text{ об/мин}$ ) показали, что нестабильность скорости вращения двигателя не превышает 2% при скоростях вращения двигателя выше 300 об/мин. При  $U_n = 35 \text{ В}$  и нижней скорости вращения 100 об/мин диапазон регулирования скорости вращения при 0,5 I составляет 92,0.

Время разгона до номинальной скорости при номинальной нагрузке не превышает 0,15 с.

## Л и т е р а т у р а

1. Демпстер Ф. Регулятор со стробированием для управления скоростью двигателя. - "Электроника". Т. 46, 1973, № 16.
2. Микроэлектродвигатели для систем автоматики (технический справочник). Под ред. Э.А. Лодочникова. М., 1969.
3. Коссов О.А. Усилители мощности на транзисторах в режиме переключений. М., 1971.