

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Ю. М. АЧКАСОВ, Б. А. ЗАХАРОВ, В. Н. СОРОКИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ при ТПИ)

Развитие техники, появление новой техники в ряде производств предъявляют повышенные требования в отношении точности отработки заданной скорости. В частности, в химической промышленности при получении тонких пленок и волокон, геофизической аппаратуре, приборостроении, киноаппаратостроении, станкостроении, бумагоделательном производстве требуется, чтобы в течение длительного времени отклонение скорости от заданного значения не превышало $0,01 \div 0,001\%$. Для высокоточных приводов наиболее целесообразно применение электродвигателей переменного тока с частотным регулированием скорости.

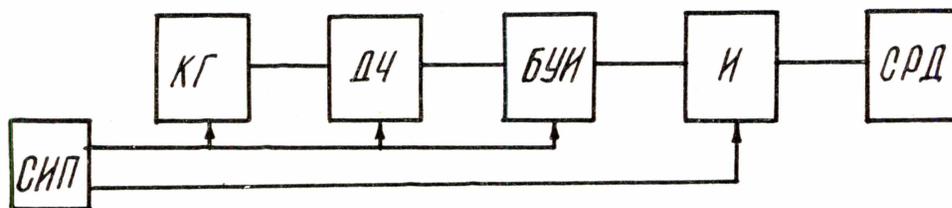


Рис. 1.

В НИИ АЭМ разработана система высокоточной стабилизации скорости электропривода с использованием синхронно-реактивного двигателя (СРД), рис. 1, 2.

В этой системе заданное значение частоты с высокой точностью формируется инвертором на тиристорах T_{16}, T_{17} под воздействием сигналов, поступающих от высокостабильного задающего кварцевого генератора (КГ). Необходимая дискретность сигналов получается в делителе частоты (ДЧ) на триггерах. Блок управления инвертором (БУИ) формирует управляющие импульсы необходимой амплитуды и длительностью 180° . Однофазный инвертор (И) и схема управления получают питание от стабилизированного источника постоянного напряжения (СИП). Для поддержания постоянства перегрузочной способности двигателя выходное напряжение инвертора изменяется за счет отпаяк вторичной обмотки трансформатора TP_3 согласно отношению $\frac{U}{f} = \text{const}$.

Исполнительный СРД изготовлен на базе серийного асинхронного однофазного двигателя типа АОЛБ—31—2.

Схема управления инвертором обеспечивает получение переменных напряжений трех частот: $f = 100$ гц, $f' = 50$ гц, $f'' = 25$ гц, соответствующую

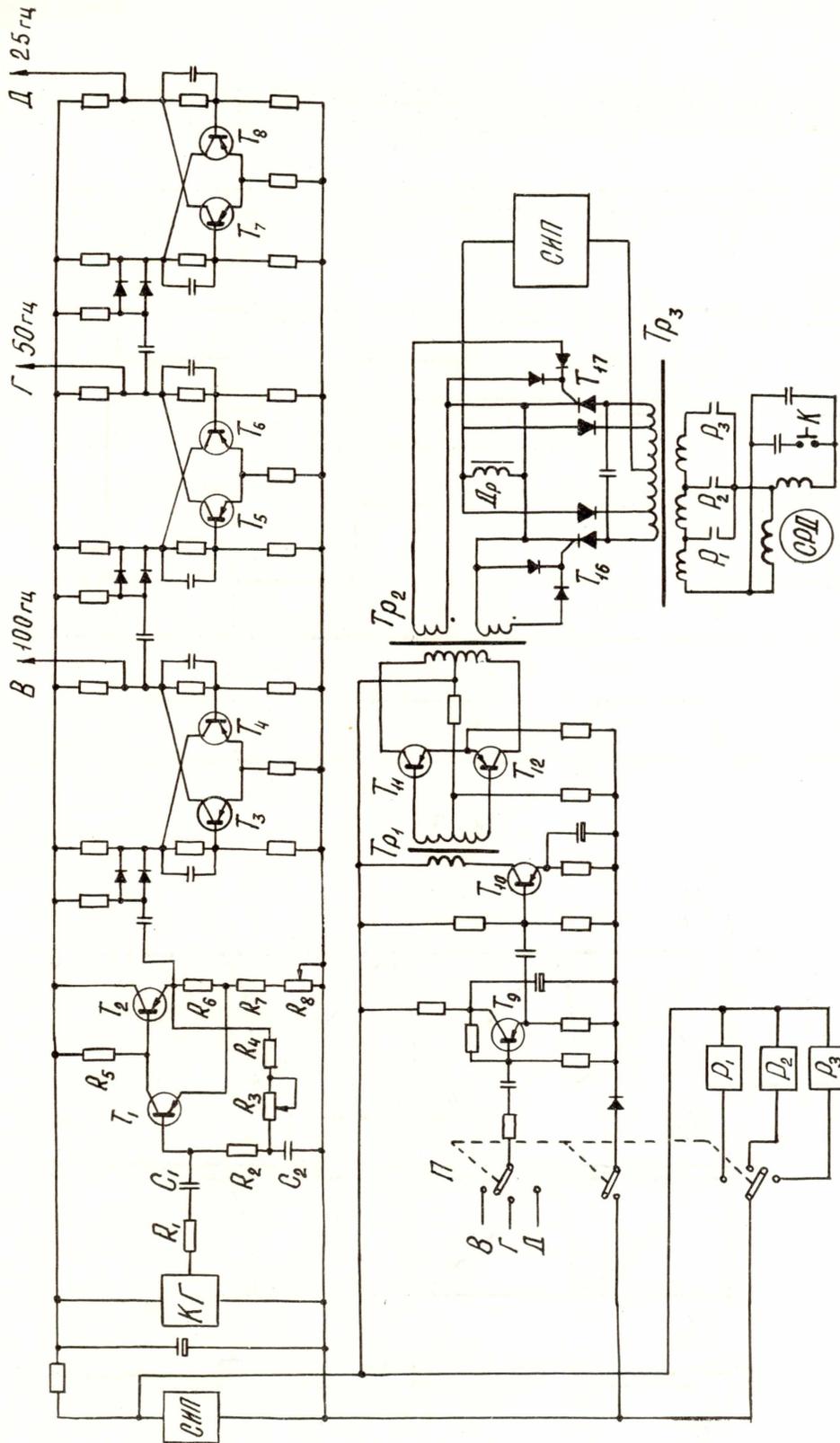


Рис. 2.

ших требуемым скоростям вращения двигателя: $n = 6000$ об/мин; $n = 3000$ об/мин; $n = 1500$ об/мин. Принцип работы схемы управления инвертором можно объяснить, рассмотрев временные диаграммы на рис. 3. Прямоугольное напряжение частоты 1000 гц с выхода делителя частоты кварцевого генератора (а) делится на пять мультивибраторов на транзисторах T_1, T_2 , в результате чего на выходе частота равна 200 гц (б). Выходные

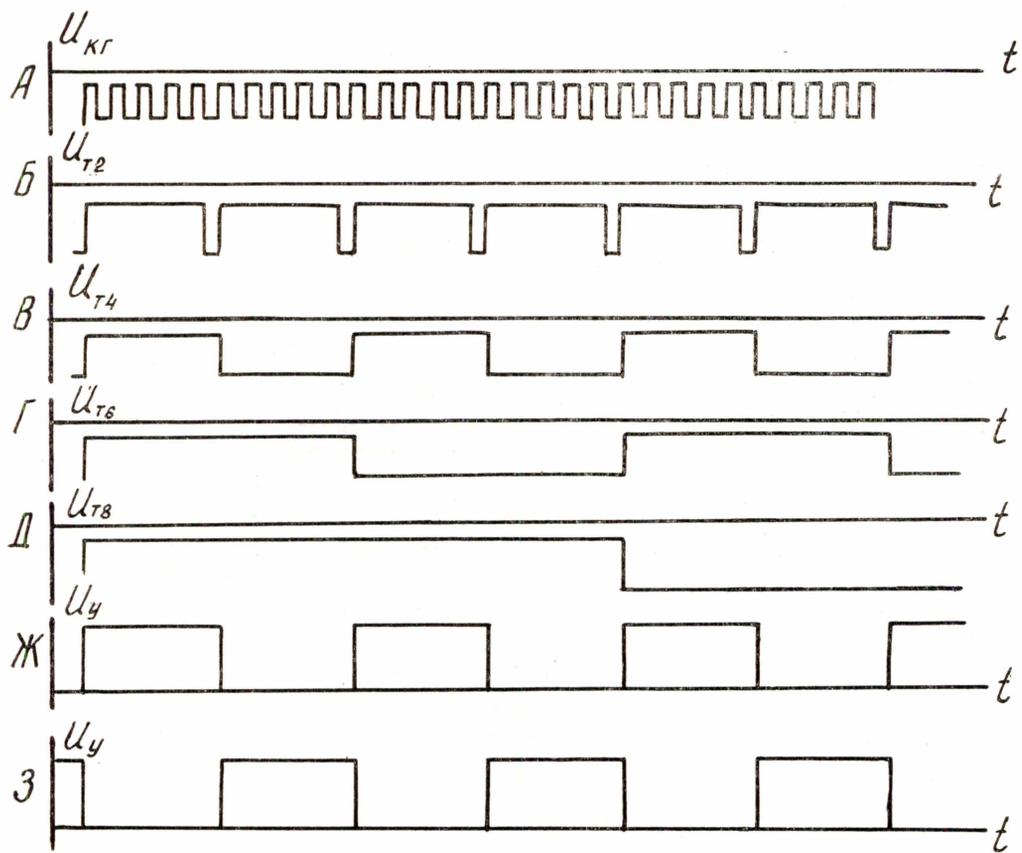


Рис. 3.

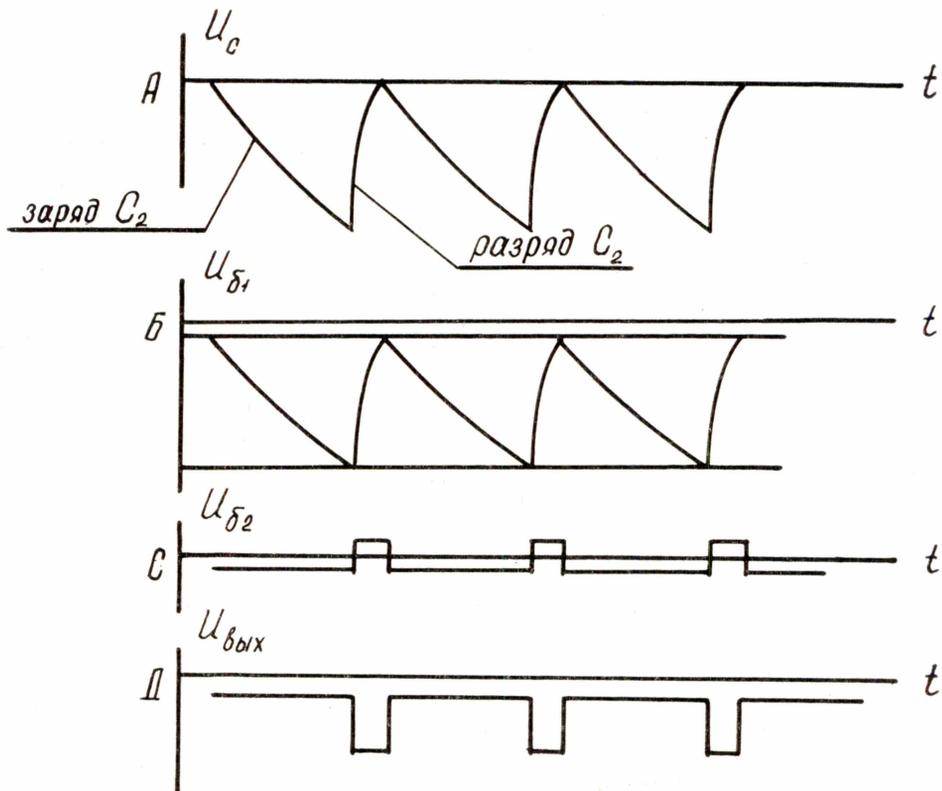


Рис. 4.

импульсы напряжения мультивибратора с помощью трех триггеров на транзисторах $T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8$ преобразуются в импульсы частоты 100 гц (в), 50 гц (г), 25 гц (д). Необходимая частота задается переключателем П, при этом выходной импульс через эмиттерный повторитель на транзисторе T_9 синхронизирует усилитель прямоугольного напряжения (транзистор T_1), который управляет двухтактным усилителем мощности (транзисторы T_{11}, T_{12}) с трансформаторным выходом. На управляющие электроды тиристоров подаются импульсы управления (ж, з) с выходных обмоток трансформатора $ТР_2$. Определенный интерес представляет мультивибратор (T_1, T_{10}), эюры напряжений в нем при работе в автоколебательном режиме приведены на рис. 4, а при работе в режиме деления частоты на рис. 5.

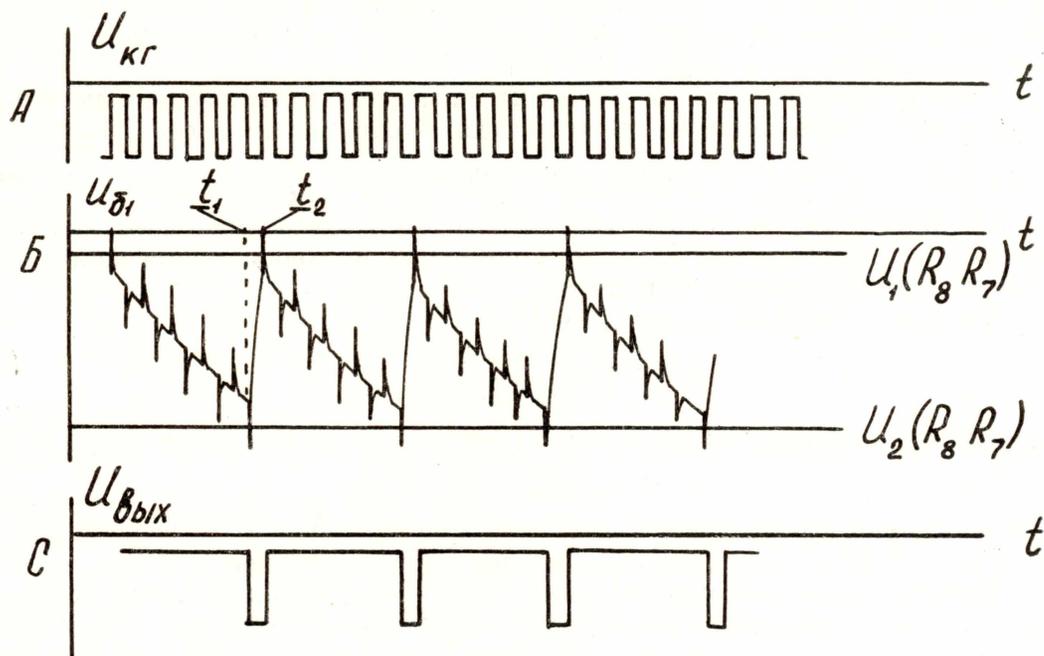


Рис. 5.

Делитель частоты на пять выполнен на основе мультивибратора, синхронизированного кварцевым генератором. Мультивибратор в автоколебательном режиме работы обладает повышенной стабильностью частоты за счет того, что времязадающий конденсатор C_2 включен в цепь эмиттера, поэтому величина неуправляемого тока транзистора в этом случае значительно меньше влияет на скорость перезаряда конденсатора C_2 . Собственную частоту мультивибратора можно изменять, меняя величину сопротивлений $R_3 R_8$.

Мультивибратор без синхронизирующего генератора работает следующим образом.

Через сопротивление R_5 подается отрицательное смещение на базу, и T_2 находится в режиме насыщения. Эмиттерный ток транзистора T_2 создает падение напряжения на сопротивлениях R_8 и R_7 , которое запирает T_1 . Как только отрицательный потенциал на минусовой обкладке C_2 станет больше минусового потенциала эмиттера транзистора T_1 , последний откроется и конденсатор C_2 будет разряжаться по цепи: R_8, R_7 , эмиттерно-базовый переход T_1, R_2 . Транзистор T_2 будет закрыт падением напряжения на R_6 . После разряда C_2 T_1 закроется, а T_2 откроется, и цикл повторится заново.

Временные диаграммы (рис. 4) поясняют работу мультивибратора, где

- U_c — изменение напряжения на конденсаторе C_2 ,
- $U_{б1}$ — изменение напряжения на базе транзистора T_1 ,
- $U_{б2}$ — изменение напряжения на базе транзистора T_2 ,

$U_1 (R_6, R_7)$ — падение напряжения на R_6 и R_7 при открытом транзисторе T_1 ,

$U_2 (R_8, R_7)$ — при открытом T_2 ,

$I_{\text{вых}}$ — выходное напряжение с транзистора T_2 .

Необходимым условием работы данного делителя частоты является то, что собственная частота мульти вибратора f_M меньше, чем частота кварцевого генератора f_G , тогда под воздействием синхронизирующего импульса (рис. 5) происходит принудительное опрокидывание схемы. Так, дифференцированные входные импульсы накладываются на напряжение $1 < b_1$ (Б), в результате в момент времени t_1 открывается T_1 и закрывается T_2 . Схема настраивается за счет R_3, R_8 так, что запирающее T_2 происходит после пятого синхроимпульса. Таким образом, в данном делителе частоты происходит синхронизированное открытие и закрытие T_1 , за счет чего достигается высокая стабильность частоты деления.

Частоту выходных импульсов делителя можно менять за счет изменения длительности перезаряда C_2 и амплитуды входных импульсов. Наиболее целесообразно изменять коэффициент деления $K = \frac{f_{\text{вых}}}{f_G}$ (где $f_{\text{вых}}$ — частота выходных импульсов делителя) от $1 \div 6$ — изменением длительности заряда C_2 , а при большем K необходимо менять не только время заряда C_2 , но и амплитуду входных импульсов.

Величина емкости C_2 определяется

$$C_2 = \frac{K}{f_G (R_3 + R_4)}.$$

Длительность выходного импульса $t_{\text{и}}$ определяется длительностью разряда C_2

$$t_{\text{и}} = C_2 (R_8 + R_7 + R_2).$$

Температурная нестабильность в данном делителе зависит от величины сопротивлений R_8, R_7, R_6 , поэтому не следует их брать менее 100 ом.

Использование высокостабильного источника питания, мультивибратора с времязадающим конденсатором в цепи эмиттера, полная синхронизация открытия и закрытия транзисторов способствуют стабильности деления частоты, а отсутствие хранирующих емкостей делает выходные импульсы с открытыми фронтами не более 5 мксек для транзисторов МП16.

Точность поддержания скорости для СРД определяется по формуле:

$$v_3 = \frac{\Delta \omega}{\omega_3} = \frac{2 \pi \Delta f}{P} : \frac{2 \pi f_3}{P} = \frac{\Delta f_3}{f_3}, \quad (1)$$

где

f_3 — заданное (истинное) значение частоты питания двигателя;

Δf_3 — отклонение частоты от заданного значения;

P — число пар полюсов двигателя.

Частота f_3 определяется выражением $f_3 = \frac{f_G}{K_d}$, где K_d — общий коэффициент делителя частоты.

Тогда относительная погрешность разомкнутой системы будет выражаться:

$$v_3 \leq \pm \frac{\Delta f_G}{f_G} \mp \frac{\Delta t}{T_{\text{мин}}} = \pm \delta_G \mp \delta_{\text{км}}. \quad (2)$$

Относительная погрешность задающего генератора равна $1 \cdot 10^{-6}$. Максимальная относительная погрешность тракта коммутации, включая инвертор, рассчитывается по формуле

$$\delta_{\text{км}} = \frac{\Delta t}{T_{\text{мин}}} = \Delta_3 \cdot f_{3\text{м}} \quad (3),$$

Δt — максимальный разброс во времени переключения одного из транзисторов инвертора, согласно испытаний $\Delta t = 1$ мксек.

$f_{3\text{м}}$ — максимальное значение частоты питания двигателя.

Таблица 1

n об/мин	v_s (%)	f (гц)	Примечание
6000	0,0099	100	$f_r = 16 \cdot 10^3$ гц $\Delta t = 1$ мк сек
3000	0,0049	50	
1500	0,0024	25	

Расчетные значения погрешностей, вычисленные по формулам (2—3), приведены в табл. 1. Из расчета видно, что для диапазона регулирования, равного 4, система обеспечивает поддержание среднего значения скорости с относительной погрешностью $v_s \leq 0,01\%$. Практическая проверка точности поддержания скорости подтвердила справедливость расчета по формулам (2—3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Ачкасов, Б. А. Захаров. Электропривод переменного тока с прецизионной стабилизацией скорости. Доклады VI научно-технической конференции по вопросам автоматизации производства. Том II. Под общей редакцией А. И. Зайцева. ТГУ Томск, 1969.
2. Л. М. Регельсон, А. В. Кузнецов, А. П. Пятибратов. Импульсная техника. МГУ, 1967.
3. Ф. Джентри, Ф. Гутцвиллер, Н. Голоняк, Э. фон Застров. Управляемые полупроводниковые вентили. «Мир», Москва, 1967.