

ИМПУЛЬСНОЕ МНОЖИТЕЛЬНО — ДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

А. П. ЗАЙЦЕВ, Р. К. ГАЧИК

(Рекомендовано научным семинаром электромеханического факультета)

При автоматизации многих производственных процессов, электрической тяги и т. д. возникает необходимость формирования электрического сигнала по закону управления, который определяется тремя независимыми переменными связанными между собой уравнениями вида

$$F_1 = a \frac{xy}{z}, \quad (1)$$

или

$$F_2 = y \left(1 - a \frac{x}{z}\right), \quad (2)$$

где: F_1, F_2 — функции трех переменных (закон управления);

x, y, z — независимые переменные;

a — постоянный коэффициент.

На три входа устройства подаются постоянные напряжения U_1, U_2, U_3 , величины которых пропорциональны x, y, z соответственно, с выхода снимается постоянное напряжение $U_{\text{ср}}$, пропорциональное F_1 или F_2 в зависимости от варианта исполнения устройства.

Принцип работы устройства основан на том, что среднее значение напряжения $U_{\text{ср}}$ периодической последовательности широтно-модулированных импульсов равно произведению амплитуды напряжения импульсов U_3 на относительную продолжительность, причем определяется соотношением двух других входных напряжений U_2 и U_1 .

Блок-схема устройства показана на рис. 1 а. На генератор пилообразного напряжения ГПН подается постоянное напряжение U_1 с выхода ГПН снимается периодически повторяющееся напряжение пилообразной формы U_1' , амплитуда которого пропорциональна величине напряжения U_1 . Это следует из рассмотрения подобных треугольников *оафи* и *оht* (рис. 1, в). На один из выходов широтно-импульсного модулятора ШИМ «Деление» подается постоянное напряжение U_2 , на второй вход ШИМ подается напряжение U_1' . На выходе ШИМ формируется периодическая последовательность прямоугольных импульсов с частотой пилообразного напряжения и относительной продолжительностью

$$\gamma = \frac{\tau U_2}{T U_1} = k \frac{U_2}{U_1}. \quad (3)$$

Это следует из рассмотрения подобных треугольников $асд$ и $аеf$ (рис. 1,б), а также $оqf$ и $оht$ (рис. 1,в). Сформированные прямоугольные импульсы управляют работой двухпозиционного полупроводникового ключа «Умножение», на вход которого подается постоянное напряжение

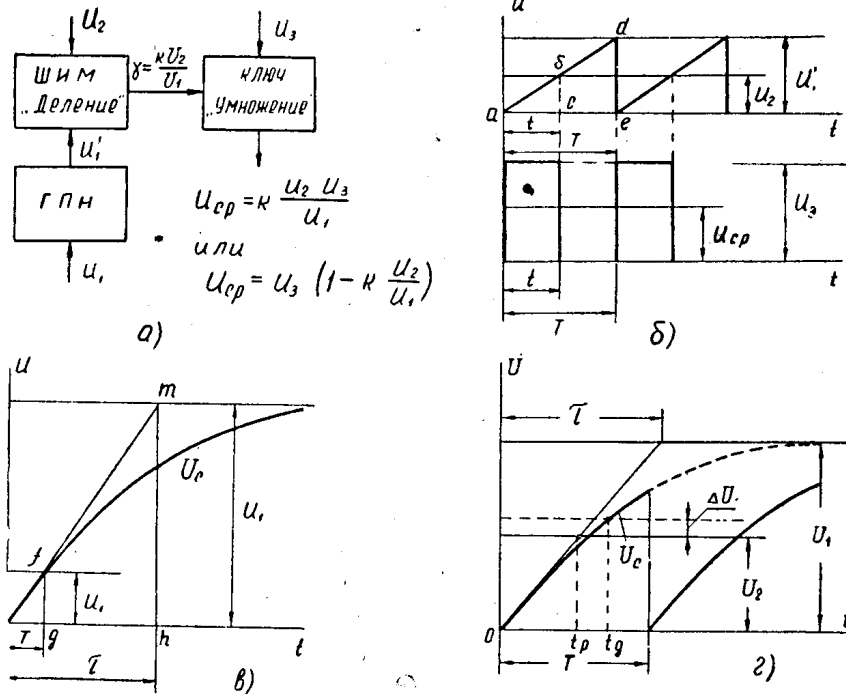


Рис. 1.

ние U_3 . На выходе ключа формируется периодическая последовательность прямоугольных импульсов с амплитудой U_3 , с частотой и относительной продолжительностью прямоугольных импульсов, поступающих с ШИМ. Среднее значение напряжения на выходе ключа

$$U_{cp} = U_3 \gamma = \frac{k U_2 U_3}{U_1}. \quad (4)$$

Принципиальная схема устройства представлена на рис. 2. Генератор пилообразного напряжения включает в себя блокинг-генератор на триоде T_1 и формирующую пилообразное напряжение RC — цепочку ($R_3 C_3$) с разрядным триодом T_2 ; широтно-импульсный модулятор содержит два эмиттерных повторителя на триодах T_3, T_4 и двухкаскадный усилитель в релейном режиме на триодах T_5, T_6 . Полупроводниковый двухпозиционный ключ выполнен на триодах T_7, T_8 различной проводимости. В случае, если базу триода T_5 подключить к сопротивлению R_5 , а эмиттер к сопротивлению R_4 , то среднее значение напряжения на выходе ключа будет

$$U_{cp} = U_3 \left(1 - k \frac{U_2}{U_1} \right). \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) имеют вид уравнений (1) и (2) соответственно.

В реальном случае напряжение на конденсаторе ГПН нарастает нелинейно, а релейный усилитель изменяет свое состояние при некотором разностном входном напряжении ΔU , зависящем от чувствительности усилителя. Это приводит к различию между расчетным временем

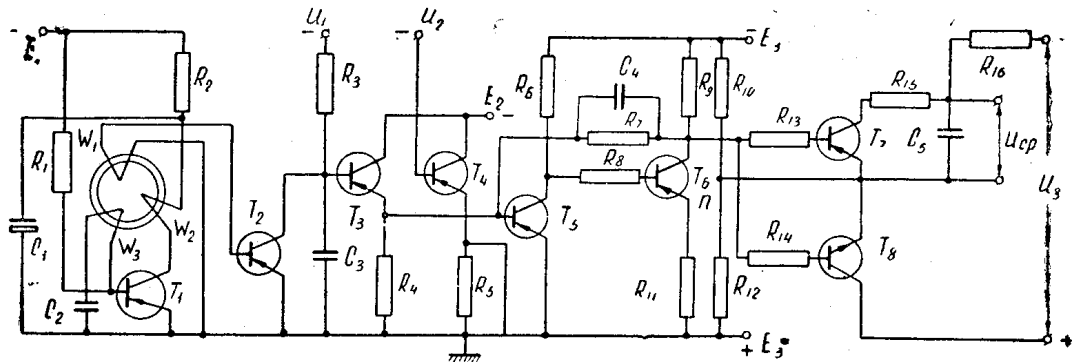


Рис. 2.

срабатывания t_p и действительным t_d (рис. 1, 2) и в конечном случае к погрешности решения уравнения (1). Оценим эту погрешность.

Из рис. 1, 2 видно, что при t_d .

$$U_c = U_2 + \Delta U = U_1 (1 - e^{-\frac{t_d}{\tau}}). \quad (6)$$

Из (6) определим

$$t_d = \tau \ln \frac{U_2}{U_1 - U_2 - \Delta U}. \quad (7)$$

Отклонение относительной продолжительности прямоугольных импульсов от расчетной

$$\Delta \gamma = \frac{t_d - t_p}{T}. \quad (8)$$

Определим t_p из подобия треугольников acd и aed (рис. 1, б) как

$$t_p = \frac{U_2 \cdot T}{U_1'} = \frac{\tau U_2^2}{U_1}. \quad (9)$$

Из (7), (8) и (9) получим

$$\Delta \gamma = \frac{\tau}{T} \left(\ln \frac{U_2}{U_1 - U_2 - \Delta U} - \frac{U_2}{U_1} \right). \quad (10)$$

Относительная погрешность определяется из (3) и (10)

$$\delta\% = \frac{\Delta \gamma}{\gamma} \cdot 100 = \left(\frac{U_1}{U_2} \ln \frac{U_2}{U_1 - U_2 - \Delta U} - 1 \right) 100. \quad (11)$$

Точность решения уравнений (1) или (2) при прочих равных условиях будет тем выше, чем больше по абсолютному значению входные напряжения. При изменении напряжения U_2 от 0,2 в до 7 в и амплитуды U_1' от 0,5 в до 7 в средняя погрешность решения уравнений при $U_3 = 10$ в составляла $\pm 1\%$. Максимальное значение напряжения U_1 было равно 140 в.