

А. М. КОСОЛАПОВ, Г. Н. КИРЮШКИН, А. В. ЗЕЛЕНСКИЙ

**УСТРОЙСТВО УМНОЖЕНИЯ И ДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ,  
ЗАДАННЫХ ПОСТОЯННЫМИ И ПЕРЕМЕННЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ**

Известны устройства, выполняющие операции умножения и деления с использованием логарифмических время-импульсных преобразователей, содержащие источники экспоненциального напряжения, сравнивающие устройства, триггера, усилитель постоянного тока. Принцип действия таких устройств основан на переходе от операции умножения и деления к вычитанию суммы логарифмов числителя из суммы логарифмов знаменателя и компенсацию разности логарифмом выходного напряжения усилителя, на вход которого подается сигнал некомпенсации.

Описываемое устройство отличается от известных тем, что принцип действия его основан на одновременном преобразовании логарифмическим время-импульсным преобразователем постоянного и переменного напряжений и последующем выделении переменной составляющей с частотой входного переменного напряжения. Это позволяет значительно упростить схему, а также осуществлять операции над сигналами постоянного и переменного напряжения.

На рис. 1 приведена блок-схема описываемого устройства. Узкий импульс с источника экспоненциального напряжения  $I$  одновременно с началом экспоненциального спада напряжения на его выходе опрокидывает триггера  $Z$  и  $Z'$ . Спад экспоненциального напряжения описывается уравнением (1):

$$U_3 = U_0 e^{-kt}, \quad (1)$$

где  $U_3$  — напряжение на выходе источника экспоненциального напряжения;

$U_0$  — амплитуда экспоненциального сигнала;  
 $k$  — степень затухания экспоненты;  
 $t$  — время.

В момент сравнения суммы напряжения постоянного  $U_1$  и переменного  $U_2 = U_{m2} \sin \omega t$  с экспоненциальным напряжением импульс со сравнивающего устройства 2 возвращает триггер 3 в исходное состояние.

$$U_1 = U_{m2} \sin \omega t = U_3(t_3). \quad (2)$$

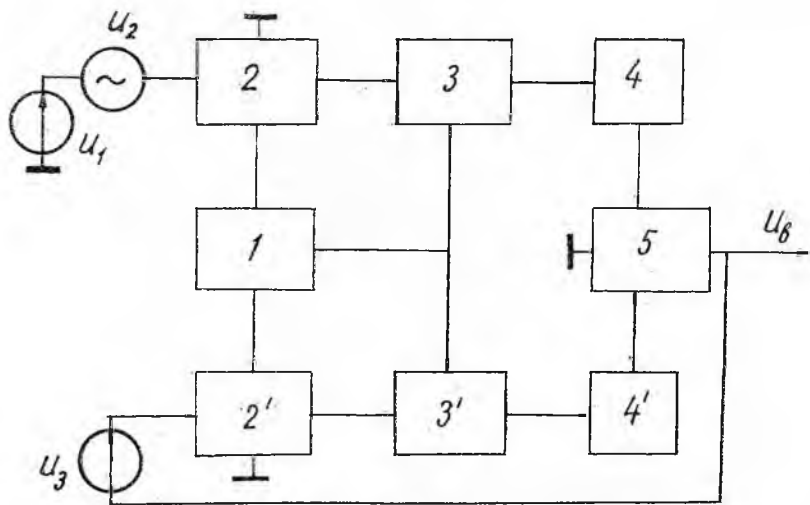


Рис. 1.

Аналогично при равенстве напряжений на входах сравнивающего устройства 2' триггер 3' возвращается в исходное состояние.

$$U_3 + U_{mb} \sin \omega t = U_3(t'_3), \quad (3)$$

где  $U_3$  — постоянное входное напряжение;

$U_{mb}$  — амплитуда напряжения на выходе усилителя 5.

Формируемые триггером 3 и 3' импульсы изменяют свою длительность с частотой входного напряжения  $U_2$  и повторяются с частотой экспоненциального сигнала, выбираемой в 10—20 раз больше частоты входного напряжения  $U_2$ . Длительности импульсов определяются соотношением

$$t_3 = \frac{1}{k} \ln \frac{U_0}{U_1 + U_{m2} \sin \omega t}; \quad (4)$$

$$t'_3 = \frac{1}{k} \ln \frac{U_0}{U_3 + U_{mb} \sin(\pi - \omega t)}. \quad (5)$$

Каждый фильтр 4 и 4' выделяет из импульсов напряжения с частотой  $\omega$ , определяемые выражениями

$$U_{\Phi_4} = \frac{U_T t_3}{T} = \frac{U_T}{kT} \left[ \frac{U_{m2}}{U_1} + \Delta_1 \right] \sin \omega t; \quad (6)$$

$$U'_{\Phi_4} = \frac{U_T t'_3}{T} = -\frac{U_T}{kT} \left[ \frac{U_{mb}}{U_3} + \Delta_2 \right] \sin \omega t, \quad (7)$$

где  $U_T$  — амплитуда импульсов с триггеров;

$T$  — период повторения импульсов;

$k$  — степень затухания экспоненциального сигнала;

$U_{m_2}$  — амплитуда напряжения;

$U_{mb}$  — амплитуда напряжения на выходе.

$$\Delta_1 \approx \frac{1}{4} \left( \frac{U_{m2}}{U_1} \right)^3 + \frac{1}{8} \left( \frac{U_{m2}}{U_1} \right)^5, \quad (8)$$

$$\Delta_2 \approx \frac{1}{4} \left( \frac{U_{mb}}{U_3} \right)^3 + \frac{1}{8} \left( \frac{U_{mb}}{U_3} \right)^5. \quad (9)$$

Если

$$\frac{U_{m2}}{U_1} \leq 0,2 \quad (10)$$

и

$$\frac{U_{mb}}{U_3} \leq 0,2, \quad (11)$$

то

$$\Delta_1 \leq 0,002 \text{ и } \Delta_2 = 0,002.$$

С фильтров напряжения  $U_{\Phi_4}$  и  $U'_{\Phi_4}$  подаются на вход усилителя переменного напряжения 5; где они складываются. При достаточно большом коэффициенте усиления усилителя и при пренебрежении  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ , что допустимо, если выполнить условия (10) и (11)

$$U_{mb} = \frac{U_3 \cdot U_{m2}}{U_1}, \quad (12)$$

то есть устройство выполняет операции умножения и деления, а точность его не зависит от частоты, степени затухания экспоненциального сигнала, амплитуды импульсов с триггеров.

По сравнению с известными множително-делительными устройствами типа описанных в литературе [1] и [2] рассматриваемое устройство требует для выполнения тех же операций в 2 раза меньшего числа сравнивающих устройств и триггеров.

Устройство умножения и деления сигналов, заданных постоянными и переменными напряжениями, может быть легко выполнено на базе автокомпенсационного тока с использованием бесконтактного трансформаторного преобразователя типа ТРАНСИП. При этом усилитель переменного напряжения заменяется автокомпенсационным прибором, вход которого присоединяется к фильтрам 4 и 4', а напряжение с бесконтактного реохорда ТРАНСИП подается на сравнивающее устройство 2'. Построение устройства

умножения и деления на базе многоточечного автокомпенсационного прибора позволяет осуществлять регистрацию результата математических операций, а также входных переменных напряжений на бумаге.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Ф. Куликовский, Б. Я. Лихтциндер, М. Я. Лихтциндер. Автокомпенсационное устройство. Авторское свидетельство № 208364, класс 42 т 1403, БИ, № 5, 1967.

2. Р. Томович, У. Карплюс. Быстродействующие аналоговые вычислительные машины. Изд. «Мир», Москва, 1964.

---