

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ

Л. Г. ЧУБРИКОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

При измерении различных электрических величин появляется необходимость в преобразовательных блоках, выполняющих операции пропорционального преобразования напряжения в длительность импульса и наоборот, длительности импульса в напряжение, а также операции умножения-деления.

Цель работы – рассмотреть возможности нескольких вариантов таких преобразователей, использованных в многофункциональном электроизмерительном приборе, где эти блоки приведены только в виде блок-схем.

1. Простой преобразователь напряжение-время

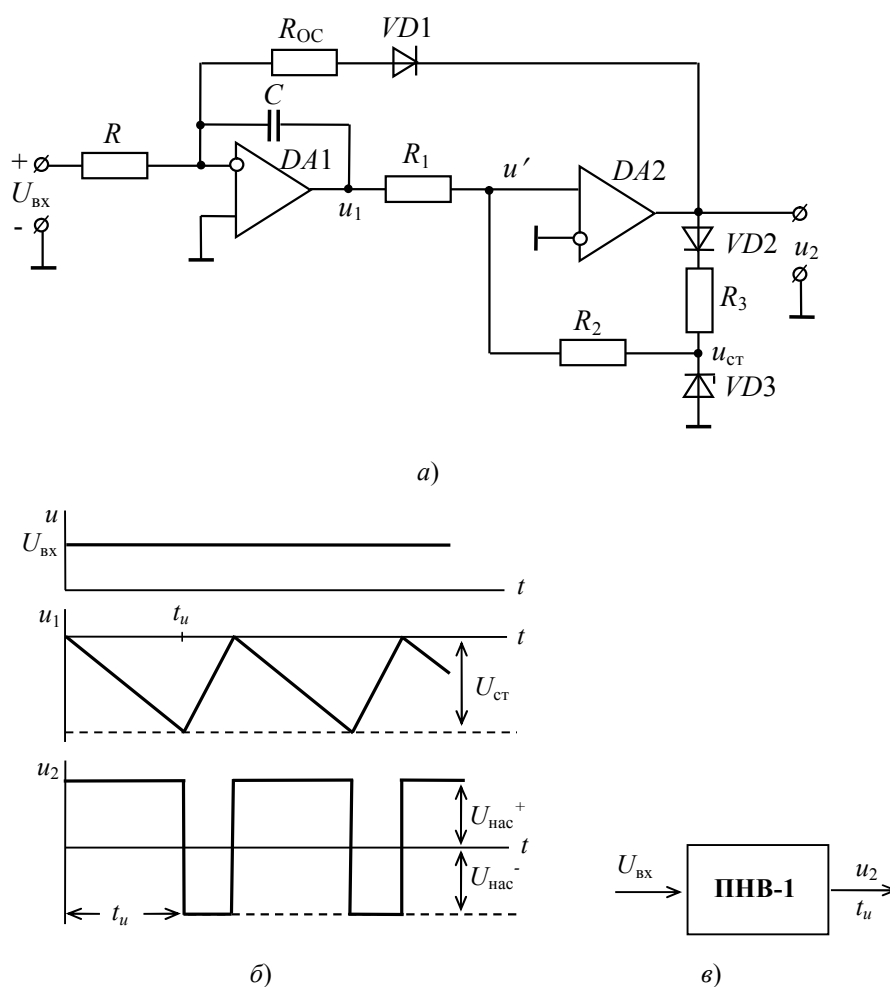


Рис. 1. Преобразователь напряжение-время: а – электрическая схема; б – временные диаграммы; в – блок-схема

На рис. 1, а приведена электрическая схема простейшего преобразователя напряжения $U_{вх}$ в пропорциональный ему интервал времени (длительность импульса) ПНВ-1, на рис.

1, б – временные диаграммы работы ПНВ-1, на рис. 1, в – его блок-схема. На микросхеме DA1 собран интегратор, а на микросхеме DA2 – триггер Шмитта. Для повышения точности преобразования установлен стабилитрон VD3, ограничивающий максимальную величину линейно-изменяющегося напряжения u_1 .

Как видно из рис. 1, при $u_2 = U_{\text{нас}}^+$ диод VD1 заперт, и в это время напряжение u_1 на выходе интегратора будет изменяться по линейному закону

$$u_1 = \frac{U_{\text{вх}}}{RC} t, \quad (1)$$

где

$$\frac{U_{\text{вх}}}{RC} = \text{const}.$$

При напряжении $u' = 0$ происходит переключение триггера Шмитта и, следовательно, перезарядка конденсатора C . В этот момент максимальная величина напряжения u_1 , по модулю, будет:

$$|u_{1\text{max}}| = \frac{U_{\text{вх}}}{RC} t_u = \frac{U_{\text{ст}}}{R_2} R_1, \quad (2)$$

где t_u – длительность перезаряда емкости C под воздействием $U_{\text{вх}}$; $U_{\text{ст}}$ – напряжение стабилизации стабилитрона VD3.

При $R_1 = R_2$ из (1) и (2)

$$t_u = \frac{U_{\text{ст}}}{U_{\text{вх}}} RC. \quad (3)$$

При этом должно выполняться условие:

$$U_{\text{вх}} < |U_{\text{нас}}^-| \frac{R}{R_3}, \quad (4)$$

где $U_{\text{нас}}^-$ – величина отрицательного напряжения насыщения микросхемы DA2.

2. Преобразователь напряжение-время с двумя управляющими входами

На рис. 2, а приведена электрическая схема ПНВ-2, а на рис. 2, в – его блок-схема. Этот преобразователь имеет два управляющих входа $U_{\text{вх1}}$ и $U_{\text{вх2}}$. При помощи транзистора VT на инвертирующий вход компаратора на микросхеме DA2 подается напряжение $u' = -U_{\text{вх2}}$, когда $u_2 = U_{\text{нас}}^+$, и $u' = 0$, когда $u_2 = U_{\text{нас}}^-$.

У такого ПНВ-2 длительность импульса

$$t_u = \frac{U_{\text{вх2}}}{U_{\text{вх1}}} RC, \quad (5)$$

т. е. она может быть изменена через два входа.

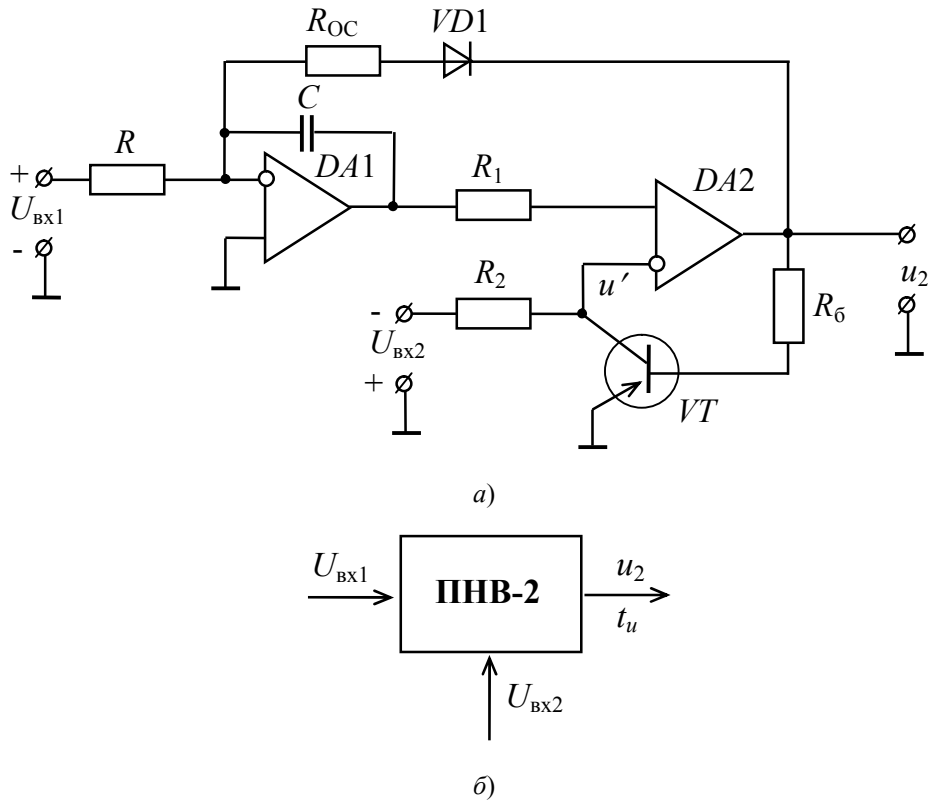


Рис. 2. Преобразователь напряжение-время: а – электрическая схема; б – блок-схема

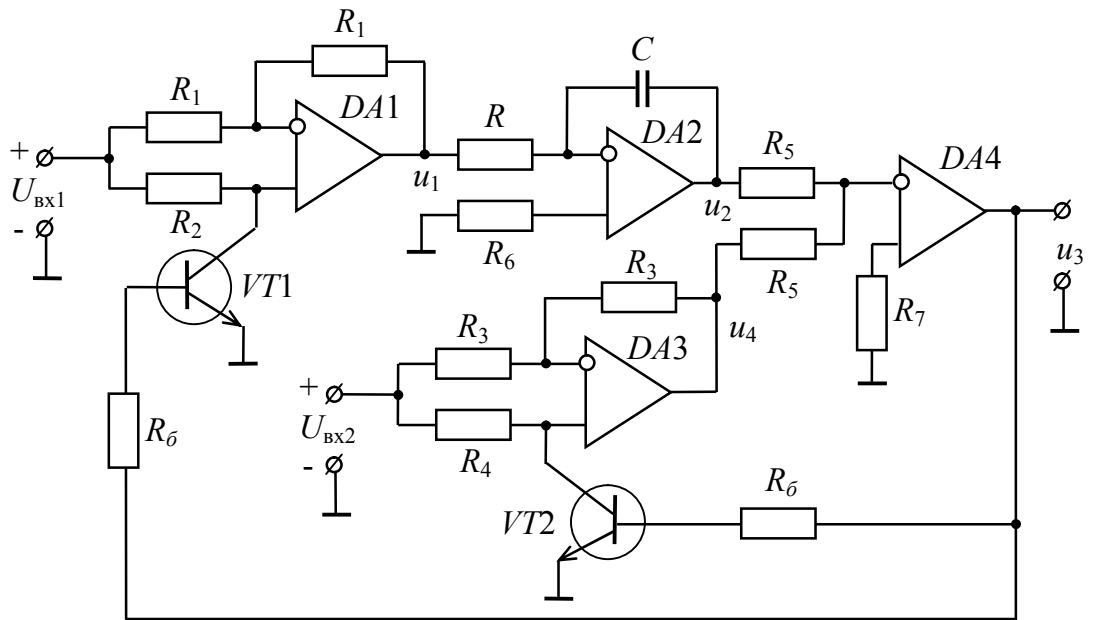
Временные диаграммы ПНВ-2 такие же, как и ПНВ-1 на рис. 1, б, но только вместо $U_{ст}$ максимальную величину напряжения u_1 ограничивает U_{BX2} , которое можно изменять.

3. Преобразователь напряжение-время с устройствами изменения полярности входных напряжений

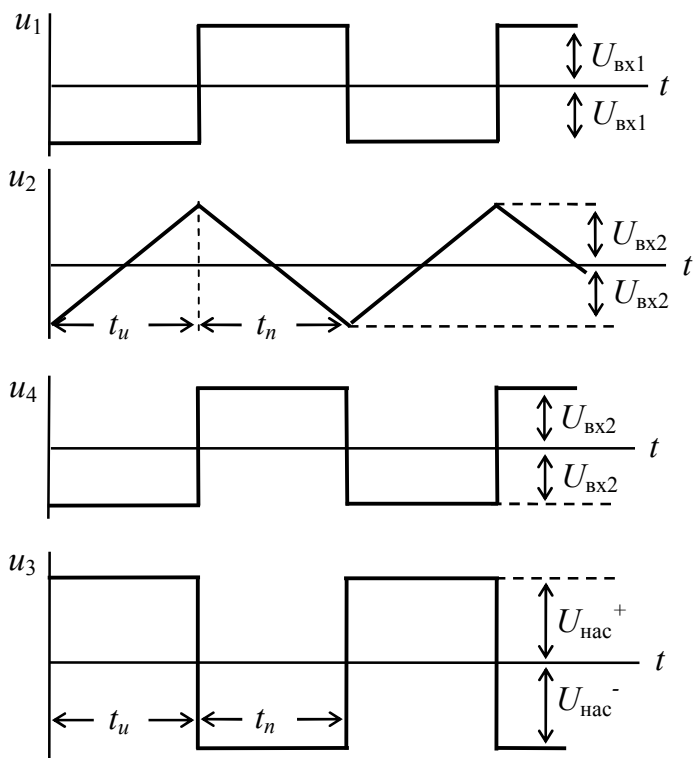
Более удобный в использовании и более точный преобразователь напряжения длительность импульса – это ПНВ-3, электрическая схема которого приведена на рис. 3, а, временные диаграммы работы – на рис. 3, б, блок-схема – на рис. 3, в. На микросхеме DA1 и транзисторе VT1 собрано устройство изменения полярности U_{BX1} , а на DA3 и VT2 собрано устройство изменения полярности U_{BX2} . При положительной полярности u_3 открываются VT1 и VT2. При этом напряжение u_1 на выходе DA1 отрицательной полярности и по модулю $|u_1| = U_{BX1}$. Аналогично, при этом u_4 отрицательно и $|u_4| = U_{BX2}$.

Когда $u_3 = U_{нас}^-$ отрицательно, то VT1 и VT2 заперты. При этом u_1 и u_4 положительны и $u_1 = U_{BX1}$, $u_4 = U_{BX2}$. Конденсатор емкостью C интегратора на DA2 перезаряжается через R напряжением u_1 до равенства $u_2 = U_{BX2}$. В момент равенства $u_2 = U_{BX2}$ происходит изменение состояния компаратора и u_3 скачком переходит в состояние $U_{нас}^+$ и транзисторы VT1 и VT2 открываются. При этом конденсатор C перезаряжается напряжением $u_1 = -U_{BX1}$ до $+u_2 = |-U_{BX2}|$. Длительность импульса при этом

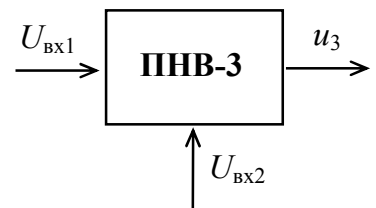
$$t_u = \frac{2U_{BX2}}{U_{BX1}} RC. \quad (6)$$



a)



б)



в)

Рис. 3. Преобразователь напряжение-время: а – электрическая схема; б – временные диаграммы; в – блок-схема

Так как в ПНВ-3 $t_u = t_n$, то период колебаний $T = t_u + t_n = 2t_u$. Следовательно, его можно использовать как преобразователь напряжения в частоту прямоугольных и треугольных импульсов

$$f = \frac{1}{T} = \frac{U_{\text{вх1}}}{4U_{\text{вх2}}RC} = KU_{\text{вх1}}, \quad (7)$$

где

$$K = \frac{1}{4RCU_{\text{вх2}}}.$$

4. Преобразователь время-напряжение

Для обратного преобразования длительности импульса t_u в напряжение u , пропорциональное t_u , можно использовать фильтры нижних скоростей в функции преобразователя время-напряжение (ПВН).

На рис. 4, *a* приведена электрическая схема ПВН, а на рис. 4, *б* – временные диаграммы его работы, на рис. 4, *в* – блок-схема. Выходное напряжение фильтра нижних скоростей (ФНС)

$$u_{\text{вых}} = V_{\phi} t, \quad (8)$$

где V_{ϕ} – скорость настройки фильтра.

Так как этот ФНС несимметричный, то у него имеется две скорости настройки фильтра

$$V_{\phi1} = \frac{U_{\text{вх2}}^*}{R^*C^*}; \quad (9)$$

$$V_{\phi2} = -\frac{U_{\text{вх2}}^*}{R_6C^*}, \quad (10)$$

где $R^* = 2R_6$. В этом случае

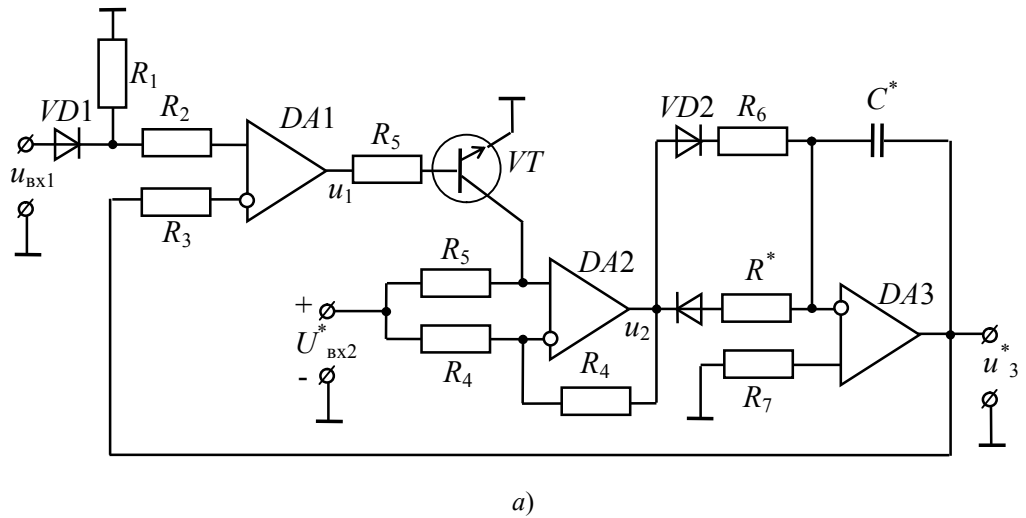
$$|V_{\phi2}| = 2V_{\phi1}. \quad (11)$$

Это значит, что емкость C^* всегда будет полностью разряжена за время t_n паузы между импульсами напряжения $u_{\text{вх1}}$.

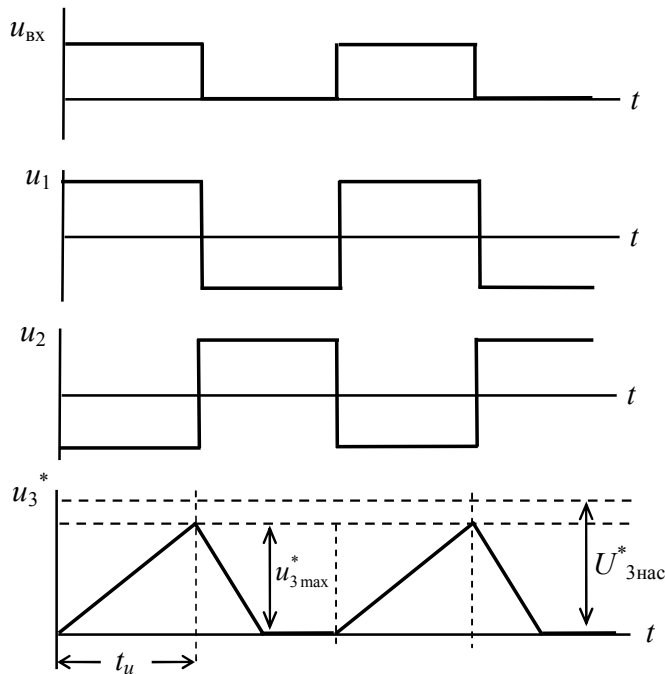
Выходное напряжение u_3^* во время t_u будет линейно изменяться согласно уравнению (9) и достигнет своего максимального значения при $t = t_u$

$$u_{3\text{max}}^* = \frac{U_{\text{вх2}}^*}{R^*C^*} t_u. \quad (12)$$

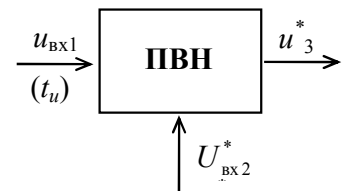
При $U_{\text{вх2}}^* = \text{const}$ напряжение $u_{3\text{max}}^*$ будет пропорционально t_u .



a)



б)



в)

Рис. 4. Преобразователь время-напряжение:

а – электрическая схема; б – временные диаграммы; в – блок-схема

5. Измеритель амплитуды на фильтре нижних скоростей

Для измерения выходного напряжения $u_{3\max}^*$ ПВН используется несимметричный ФНС, у которого одна скорость настройки фильтра V'_{ϕ_a} должна быть больше максимальной скорости V_{ϕ_1} ПВН, а вторая скорость V''_{ϕ_a} во много раз меньше, т. е.

$$V''_{\phi_a} \ll V'_{\phi_a}. \quad (13)$$

Тогда $U_{\text{вых}} = U_{3\max}^*$.

На рис. 5, а приведена электрическая схема измерителя амплитуды (ИА), на рис. 5, б – временные диаграммы его работы, на рис. 5, в – его блок-схема.

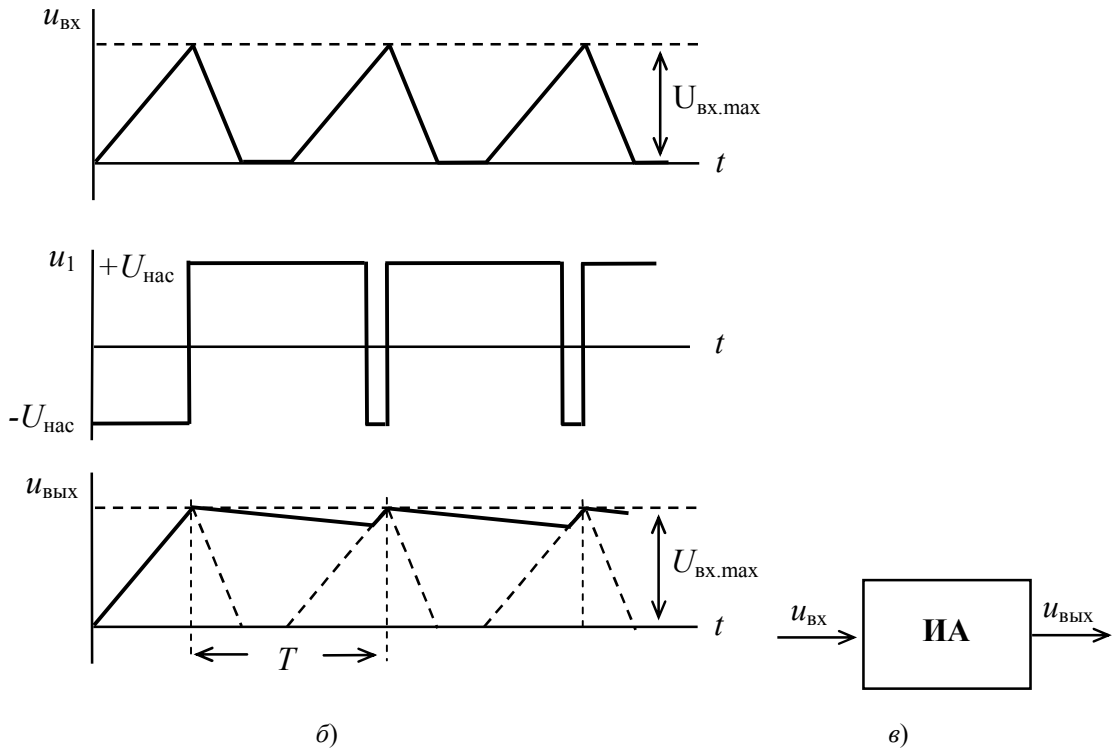
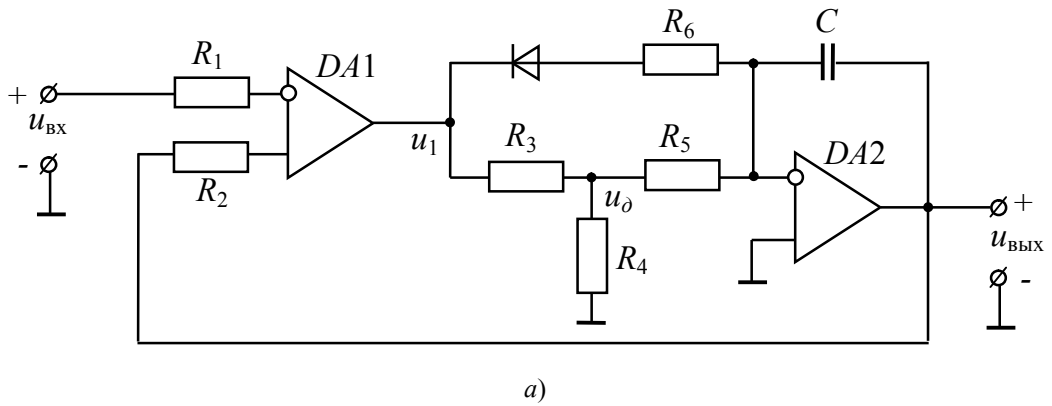


Рис. 5. Измеритель амплитуды на фильтрах нижних скоростей: а – электрическая схема; б – временные диаграммы; в – блок-схема

Скорости настройки фильтра определяются следующими уравнениями:

$$V'_{\phi_a} = \frac{U_{1нас}^-}{R_6 C}, \quad (14)$$

а скорость

$$V''_{\phi_a} = \frac{U_{д}}{R_5 C}, \quad (15)$$

где

$$U_{д} = \frac{U_{1нас}^+}{R_3 + R_4} R_4. \quad (16)$$

При этом абсолютная погрешность измерения амплитуды

$$\Delta u_{\text{ВЫХ}} = V''_{\phi_a} T, \quad (17)$$

где T – максимальный период входного напряжения $u_{\text{вх}}$ ИА.

Задаваясь допустимой погрешностью $\Delta u_{\text{вых}}$, по уравнениям (17), (15) можно определить значения U_d и R_5 .

6. Преобразовательные блоки в множително-делительном устройстве

Путем последовательного соединения блоков ПНВ-3, ПВН и ИА можно получить множително-делительное устройство. На рис. 6 приведена блок-схема такого устройства.

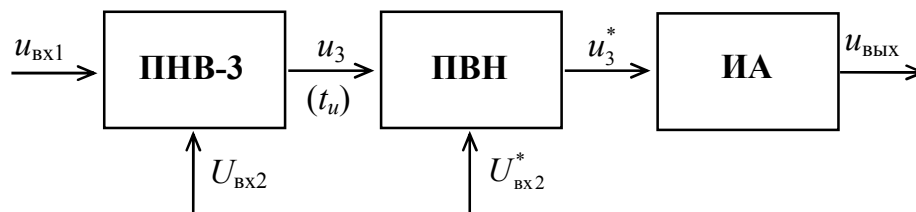


Рис. 6. Множително-делительное устройство

В нем выходное напряжение определяется уравнением

$$u_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх2}} U_{\text{вх2}}^*}{U_{\text{вх1}}} \frac{2RC}{R^* C^*}. \quad (18)$$

Как видим, при $U_{\text{вх1}} = \text{const}$, выполняется операция умножения, если же $U_{\text{вх2}} = \text{const}$ или $U_{\text{вх2}}^* = \text{const}$ – выполняется операция деления.

В заключение следует отметить, что рассмотренные выше преобразовательные блоки использованы в многофункциональном измерительном приборе и в ряде других измерительных устройствах.

Литература

1. Чубриков, Л. Г. Скоростные фильтры сигналов / Л. Г. Чубриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 156 с.

Получено 18.10.2006 г.