УДК 621.372

Ю. П. НИКИТИН, канд. техн. наук, *П. Ю. НИКИТИН*,
Н. П. ПЯТИГОРЕЦ, канд. техн. наук

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СЕЛЕКТОР ИМПУЛЬСОВ

Для борьбы с помехами, возникающими при передаче радиосигналов, при их приеме применяют амплитудно-широтные селекторы импульсов. В настоящее время существует достаточно

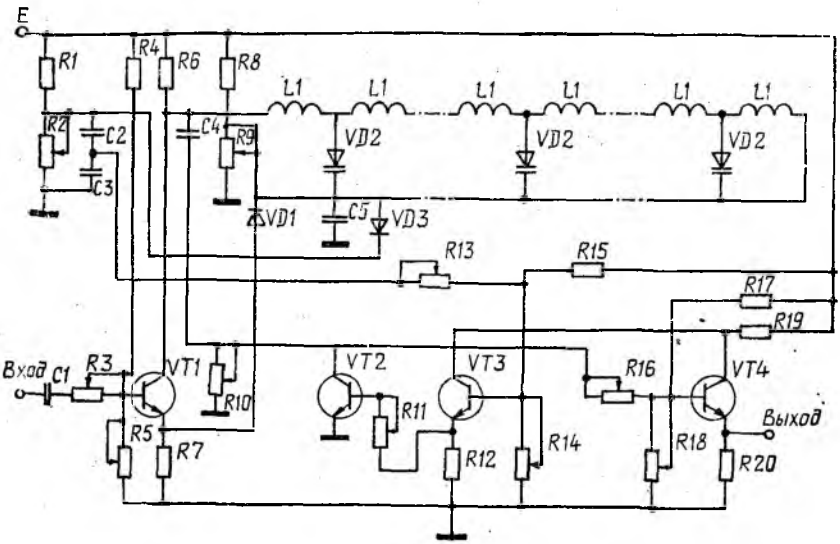

Рис. 1

большое количество разнообразных типов селекторов, отличающихся по принципу действия и схемным решениям [1]. Тем не менее, разработка новых типов селекторов, работа которых основана на новых принципах и схемных решениях, актуальна.

Рассмотрим параметрический амплитудно-широтный селектор прямоугольных импульсов (форма импульса не влияет на конструкцию данного устройства). Селектор состоит из (рис. 1) следующих компонентов:

— короткозамкнутой на конце искусственной параметрической линии (ИПЛ), предназначенной для формирования импульса заданной амплитуды и длительности и содержащей n ($n \geqslant 10$ — целое число) последовательно соединенных T-образных симметричных $LC(u_0)$-звеньев; в качестве нелинейной емкости $C(u_0)$ используются p-n-переходы диодов *VD2*;

— входной цепи, предназначенной для изменения полярности входных импульсов и питания цепи накачки ИПЛ и содержащей разделительный конденсатор *C1*, токоограничительное сопротивление *R3*, делитель напряжения смещения *R4*, *R5*, транзистор *VT1*,

согласованное с ИПЛ сопротивление $R6 = \sqrt{\frac{L}{C(u_0)}}$, сопротивление $R7$, на котором формируются импульсы накачки;

— цепи напряжения смещения u_c, предназначенной для его подачи на диоды $VD2$ ИПЛ и содержащей делитель напряжения $R8$, $R9$, конденсатор $C5$;

— цепи накачки ИПЛ, предназначенной для подзарядки конденсатора $C5$ напряжением, пропорциональным амплитуде входного импульса, и содержащей диод $VD1$, служащий для гальванической развязки источника питания селектора Е и сопротивления $R7$;

— дифференцирующей цепочки $R10C4$, предназначенной для дифференцирования фронта импульса, сформированного ИПЛ и подачи его на базу транзистора $VT4$;

— цепи, предотвращающей срабатывание селектора при поступлении на его вход импульсов, амплитуды которых превышают заданные значения и содержащей делитель напряжения $R1$, $R2$, $C2$, $C3$, токоограничительные сопротивления $R11$, $R13$, сопротивление $R12$ для формирования импульса, открывающего транзистор $VT3$, транзисторы $VT2$, $VT3$, диод $VD3$, запертый напряжением u_0;

— выходной цепи, предназначенной для формирования на сопротивлении $R20$ выходного импульса и содержащей делители напряжений смещения $R14$, $R15$, $R17$, $R18$, транзисторов $VT3$, $VT4$, токоограничительные сопротивления $R16$, $R19$, транзистор $VT4$.

Опишем работу селектора, иллюстрируя ее графиком (рис. 2). На вход селектора действует последовательность в общем случае разных по амплитуде и длительности прямоугольных импульсов (рис. 2, а).

$$u_{вх}(t) = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \{1(t-(m-1)T) - 1(t-(m-1)T-\tau_m)\}$$
$$(m = 1, 2, \ldots), \qquad (1)$$

где A_m и τ_m — соответственно амплитуда и длительность m-го импульса; T — период следования импульсов; $I(t-(m-1)T)$, $I(t-(m-1)T-\tau_m)$ — единичные функции; t — время.

На вход ИПЛ действует напряжение (рис. 2, б) $u(t) = E - s_1 u_{вх}(t)$ (2) с сопротивления $R7$ в цепь накачки поступают импульсы $u_н(t) = s_2 u_{вх}(t)$, (3) где E — напряжение источника питания селектора; s_1, s_2 — коэффициенты пропорциональности, величины которых зависят от параметров элементов входной цепи.

Время задержки ИПЛ

$$t_1 = n\sqrt{LC(u_0)}, \qquad (4)$$

где L — индуктивность одного звена, $L = L1$; u_0 — обратное напряжение, приложенное к p—n-переходам диодов $VD2$. Для короткозамкнутой ИПЛ напряжение в любом звене при действии на ее вход m-го импульса [2] $u(\nu, t) = u_1(\nu, t) + u_2(\nu, t)$, (5) где ν — номер звена линии; $u_1(\nu, t)$, $u_2(\nu, t)$ соответственно прямой и отраженный импульсы; в начале линии (рис. 2, в) формируются импульсы

$$u_1(0, t) = E - s_1 u_{вх}(t), \quad u_2(0, t) = E + s_1 u_{вх}(t - 2t_1).$$

Тогда

$$u(0,\ t) = s_1 A_m \{1\,(t-(m-1)\,T-2t_1) + 1\,(t-(m-1)\,T-\tau_m) - \\ - 1\,(t-(m-1)\,T) - 1\,(t-(m-1)\,T-\tau_m-2t_1)\}. \qquad (6)$$

Из соотношения (6) следует, что

$$u(0,\ t) = \begin{cases} 2s_1 A_m, & t_1 = \frac{\tau_m}{2}; \\ s_1 A_m, & t_1 \neq \frac{\tau_m}{2} \end{cases} \qquad (7)$$

Таким образом, при $t_1 = \frac{\tau_m}{2}$ прямой и отраженный импульсы сливаются, напряжение фронта импульса в начале ИПЛ максимально. Это напряжение дифференцируется цепочкой *R10C4*, (рис. 2, *г*) и подается на базу транзистора *VT4*, который открывается только от дифференцированного удвоенного фронта импульса $2s_1A_m$; на выходе селектора сопротивлении *R20* формируется выходной импульс (рис. 2, *д*).

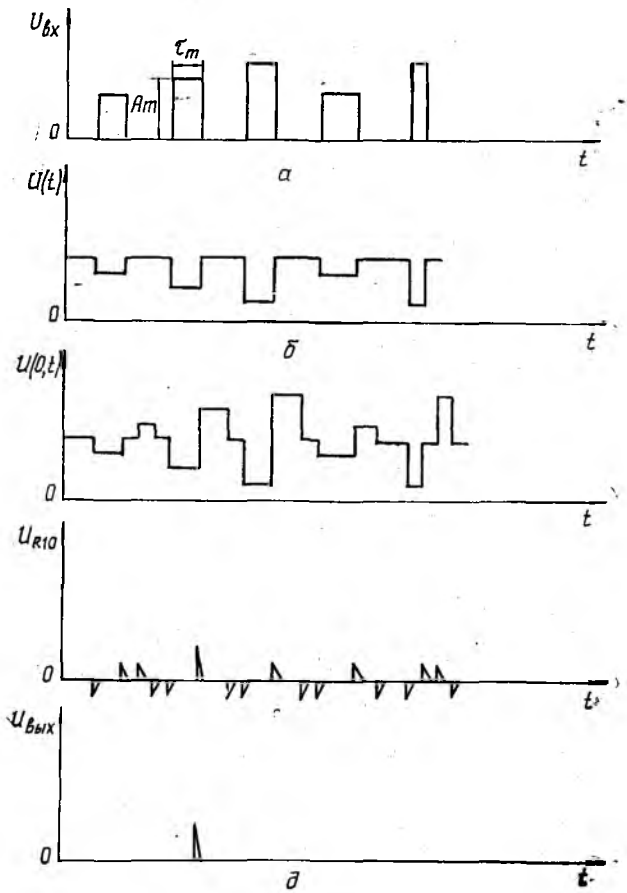

Рис. 2

Из формулы (4) следует, что изменяя величину напряжения, приложенного к диодам *VD2* ИПЛ, можно менять величину t_1. Для выделения импульса с параметрами A_m и τ_m, поступившего на вход селектора, необходимо, чтобы конденсатор *C5* зарядился от этого импульса до напряжения u_0. На обкладки уже заряженного до напряжения u_c конденсатора *C5* поступает импульс накачки $u_н(t)$, сформированный входным импульсом на резисторе *R7;* тогда

$$u_0(t) = u_c + u_н(t) \quad (s_2 A_m \geqslant u_c)$$

и при действии этого импульса $u_0 = s_2 A_m$ (8). В этом случае $t_1 = \frac{\tau_m}{2}$ и на выходе селектора сопротивлении *R*20 формируется выходной импульс. Поскольку напряжение на конденсаторе *C*5 изменяется мгновенно, трансформирующими свойствами ИПЛ пренебрегаем [3].

Если *к*-й импульс имеет $A_k < A_m$ и любую длительность τ_k, на выходе селектора сигнал отсутствует, поскольку импульс $u_{R10} \leqslant 2s_2 A_m$ не открывает транзистор *VT4*. Если *к*-ый импульс имеет $A_k > A_m$ и любую длительность τ_k, на выходе селектора сигнал отсутствует, поскольку транзистор *VT3* открывается импульсом $\Delta u \leqslant s_2(A_k - A_m)$, поступающим на обкладки конденсаторов С2, С3. В результате этого транзистор *VT2* также открывается и шунтирует сопротивление *R10,* на базу транзистора *VT4* поступает импульс, амплитуда которого меньше величины $2\,s\,A_m$.

Таким образом, данный селектор выделяет из серии поступающих на его вход импульсов разной амплитуды и длительности *только импульсы заданной амплитуды и длительности.*

Эксперимента льно проверена схема селектора (рис. 1) с параметрами: $E = 4{,}5$ В, $n = 20$, $u_c = 3{,}6$ В, $u_0 = 4$ В, $C(u_c) = 210$ пФ, $C(u_0) = 200$ пФ, $L = 35$ мГн, *R*1, *R*8 5,1 кОм, *R*2, *R*3, *R*5, *R*9, *R*10, *R*11, *R*13, *R*14, *R*16, *R*18 СП5—29 4,7 Ом . . . 22 кОм, *R*4, *R*15, *R*17, 51 кОм, *R*6, *R*19 1 кОм, *R*7, *R*12, *R*20 100 Ом, *C*1 0,01 мкФ, *C*2 0,1 мкФ, *C*3 0,5 мкФ, *C*4 1 мкФ, *C*5 5100 пФ, *VT*1—*VT*4 МП102, *VD*1, *VD*3, *VD*4 Д226Д, *VD*2 Д811. При $A_м = 200$ мВ, $\tau_т = 0{,}1$ мс, $T = 1$мс $u_{вых} = 360$ мВ; $A_к = 180$ мВ, $\tau_к = 0{,}1$мс, $T = 1$ мс $u_{вых} = 39$ мВ, ослабление входного сигнала в 5,3 раза, $A_к = 220$ мВ, $\tau_к = 0{,}1$ мс, $T = 1$ мс $u_{вых}$ 41 мВ, ослабление входного сигнала в 5,1 раза. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными удовлетворительное.

Рассмотренный параметрический селектор импульсов достаточно прост по конструкции, осуществляет безваттную селекцию импульсов заданной амплитуды и длительности, имеет эффективное управление и простые регулировки.

Список литературы: 1. *Автоматизация* обработки, передачи и отображения радиолокационной информации / Под общ. ред. В. Г. Корякова. М., 1975. 303 с. 2. *Литвиненко О. Н.* Формирующетрансформирующие цепи. М., 1974. 192 с. 3. *Никитин Ю. П.* Импульсная переходная функция линии с распределенными, переменными во времени параметрами // Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника. 1977. Т. XX, № 12. С. 90—92.

Поступила в редколлегию 19.10.89