

ВЫДЕЛЕНИЕ ОГИБАЮЩЕЙ И ФАЗЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА

Н. Ф. КУЧЕР, В. М. РАЗИН, В. С. ШМИТОВ

(Представлена кафедрой вычислительной техники)

Согласно [1] сигналы, несущие информационную нагрузку в системах связи и управления, могут быть представлены в виде

$$U(t) = A(t) \cdot \cos \varphi(t), \quad (1)$$

где

$A(t)$ — огибающая амплитуды сигнала, определяемая в соответствии с [1] как

$$A(t) = \sqrt{U^2(t) + \hat{U}^2(t)}, \quad (2)$$

где

$$\hat{U}(t) = A(t) \sin \varphi(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(\tau)}{t - \tau} d\tau \quad (3)$$

и $\varphi(t)$ — огибающая фазы сигнала, равная

$$\varphi(t) = \operatorname{arctg} \frac{\hat{U}(t)}{U(t)}. \quad (4)$$

Сигналы вида (1) могут быть узкополосными и широкополосными, причем узкополосными считаются сигналы, для которых выполняется условие

$$\frac{f_0}{\Delta F} \gg 1$$

(f_0 — центральная частота спектра сигнала, ΔF — ширина спектра сигнала).

Все остальные сигналы называются широкополосными.

Как видно из выражения (1), сигнал полностью характеризуется функциями $A(t)$ и $\varphi(t)$, т. е. для того, чтобы получить полную информацию о сигнале, достаточно определить эти функции. Определение $A(t)$ и $\varphi(t)$ согласно выражениям (2) и (4) приводит к неоднозначности вследствие наличия операции извлечения квадратного корня, а также в связи с периодичностью функции $\operatorname{arctg} x$.

Сигнал, записанный в форме (1), представляет собой процесс с амплитудной и фазовой модуляцией, поэтому огибающие $A(t)$ и $\varphi(t)$

могли бы быть выделены с помощью амплитудного и фазового детектирования, причем операции детектирования легко реализуются аппаратными методами. Этот способ применим только к узкополосным процессам, так как спектры огибающих $A(t)$ и $\varphi(t)$ широкополосного процесса перекрываются.

Следовательно, для того чтобы выделить огибающую и фазу широкополосного сигнала способом амплитудного и фазового детектирования, необходимо широкополосный сигнал предварительно преобразовать в узкополосный.

Преобразование осуществляется с помощью операции переноса спектра сигнала в область высоких частот, так, чтобы выполнялось условие узкополосности. Операция переноса спектра может быть реализована с помощью однополосной модуляции.

Рассмотрим рис. 1. Исходный сигнал $U_1(t) = A(t) \cdot \cos \varphi(t)$ со спектром шириной $\Delta\omega$ является широкополосным в области низких частот (рис. 1, а).

Процесс однополосной модуляции происходит следующим образом: сигнал (1) умножается на колебание с постоянной частотой ω_0

$$\begin{aligned} U_2(t) &= U_1(t) \cdot \cos \omega_0 t = \\ &= A(t) \cdot \cos \varphi(t) \cdot \cos \omega_0 t = \\ &= \frac{A(t)}{2} \cos [\omega_0 t + \varphi(t)] + \frac{A(t)}{2} \cos [\omega_0 t - \varphi(t)], \end{aligned} \quad (5)$$

в результате чего получаем сигнал (5), который является балансно-модулированным колебанием с подавленной несущей и двумя симметричными боковыми составляющими:

$$\frac{A(t)}{2} \cos [\omega_0 t + \varphi(t)] - \text{верхняя боковая полоса и}$$

$$\frac{A(t)}{2} \cos [\omega_0 t - \varphi(t)] - \text{нижняя боковая полоса (рис. 1, б),}$$

Если теперь подавить одну из боковых составляющих, например, верхнюю, получим однополосный сигнал вида

$$U_s(t) = \frac{A(t)}{2} \cos [\omega_0 t - \varphi(t)] \quad (6)$$

со спектром, представленным на рис. 1, в.

При соблюдении условия $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} \ll 1$, полученный однополосный сигнал $U_3(t)$ является узкополосным, причем его огибающие с точностью до постоянного множителя совпадают с огибающими исходного широкополосного сигнала $U_1(t)$. В связи с этим функции $A(t)$ и $\varphi(t)$ можно выделить посредством амплитудного и фазового детектирования узкополосного сигнала.

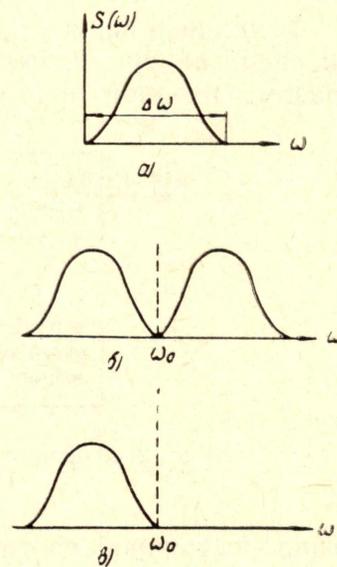


Рис. 1. Иллюстрация процесса переноса спектра с помощью однополосной модуляции

Следует отметить, что фазовое детектирование можно заменить частотным, так как согласно [1] мгновенная частота сигнала $\omega(t)$ является производной от мгновенной фазы $\varphi(t)$, т. е.

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}. \quad (7)$$

Функциональная схема прибора для выделения огибающей и фазы приведена на рис. 2. Выделение $A(t)$ и $\varphi(t)$ производится следующим образом: входной широкополосный сигнал $U_1(t)$ и высокочастотный

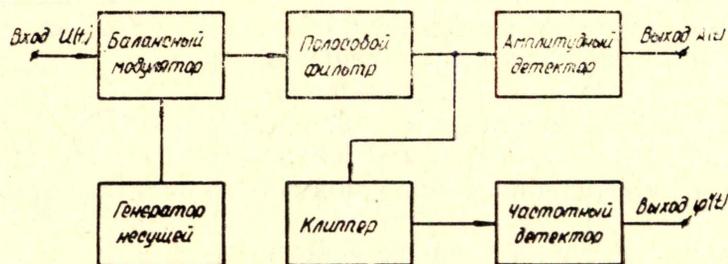


Рис. 2. Функциональная схема прибора для выделения огибающей и фазы

сигнал постоянной частоты с генератора несущей перемножаются балансным модулятором, на выходе которого включен полосовой фильтр, подавляющий верхнюю боковую полосу частот. Полученный однопольный сигнал вида (6) подается на амплитудный детектор, где происходит выделение огибающей $A(t)$, и на клиппер, который предельно ограничивает сигнал (6), преобразуя его в колебание с постоянной амплитудой и переменной мгновенной частотой $\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$ выделяемой частотным детектором, включенным на выходе клиппера.

На рис. 3—8 приведены принципиальные схемы отдельных функциональных узлов прибора.

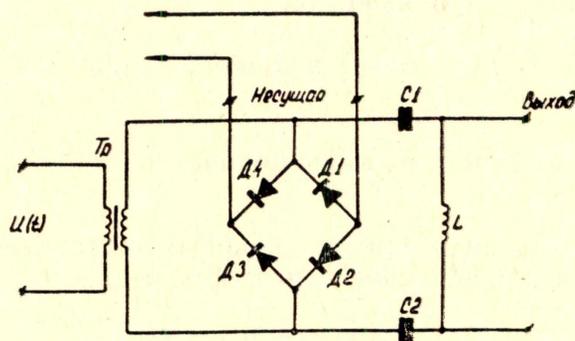


Рис. 3. Балансный модулятор

Балансный модулятор собран по кольцевой схеме на тщательно отобранных диодах Д2Б. Генератор несущей частоты 100 кГц представляет из себя кварцованный мультивибратор с включенным на выходе пассивным резонансным фильтром.

Восьмикристалльный кварцевый полосовой фильтр с шириной полосы пропускания, равной 3, 7 кГц, взят из комплекта аппаратуры В-12

Радиочастотный клиппер представляет собой пятикаскадный усилитель с эмиттерным повторителем на выходе, причем, четыре каскада

($T_2 - T_5$) нагружены на ограничивающие цепочки, каждая из которых состоит из ограничивающего сопротивления ($R_8, R_{13}, R_{18}, R_{23}$) и пары встречно включенных диодов D_{310} ($D_1 - D_8$).

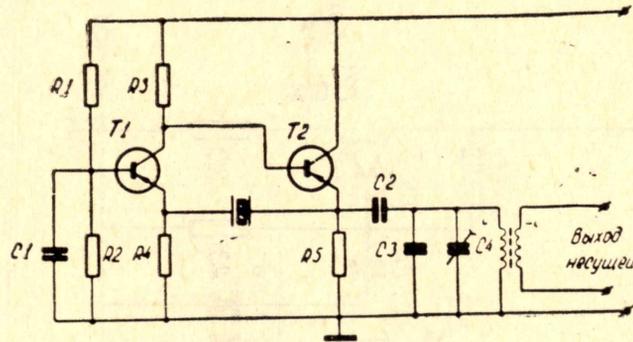


Рис. 4. Генератор несущей

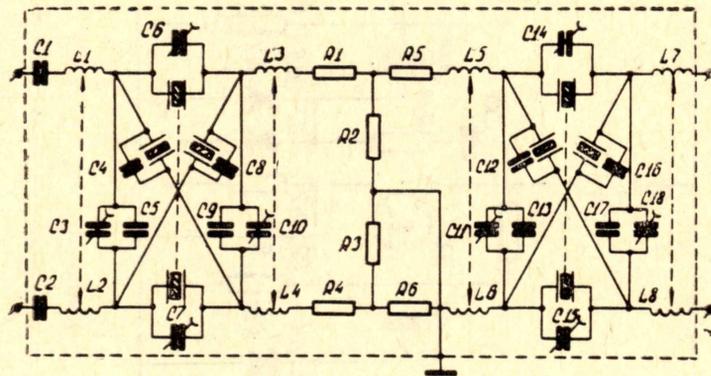


Рис. 5. Полосовой фильтр

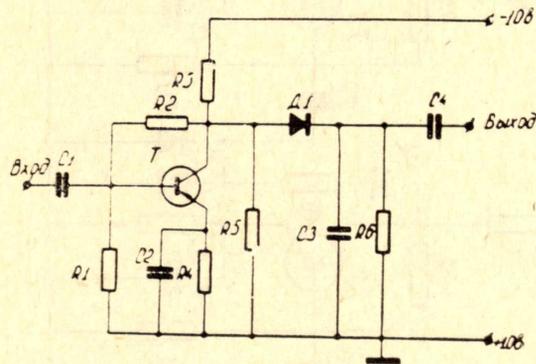


Рис. 6. Амплитудный детектор

Амплитудный и частотный детекторы выполнены по обычной схеме и не имеют принципиальных схемных особенностей.

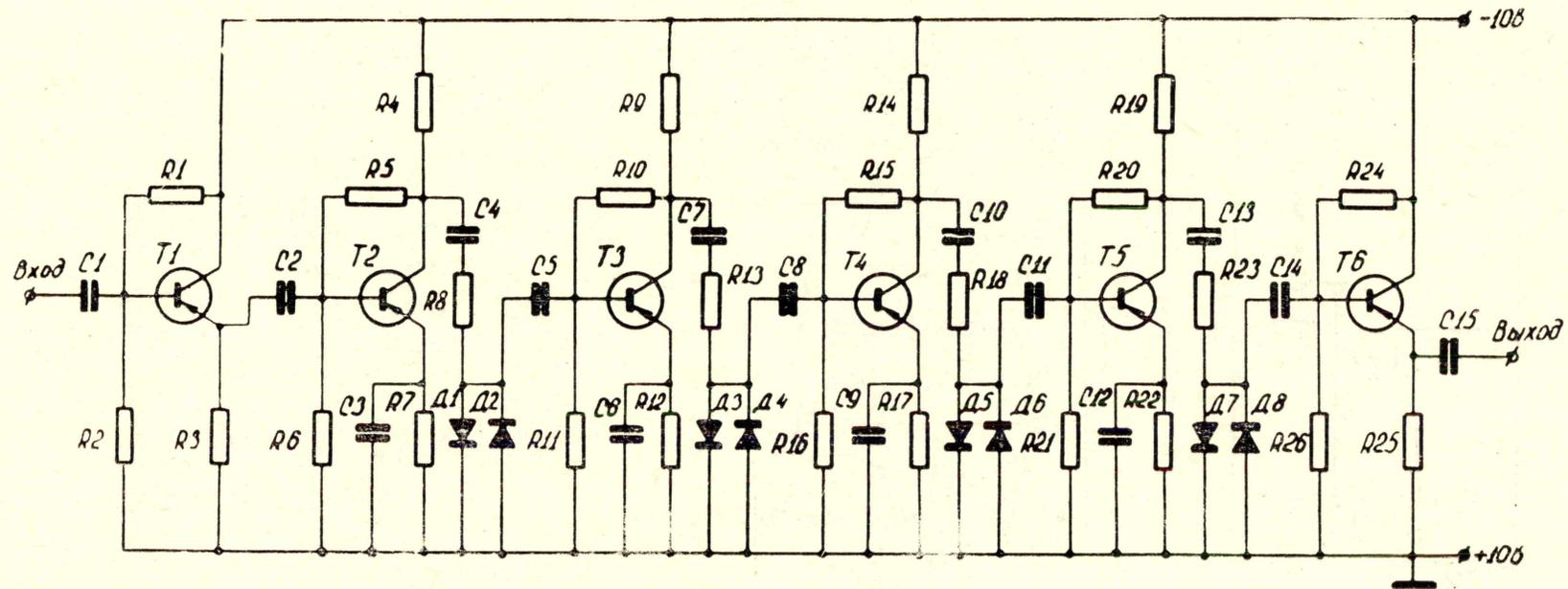


Рис. 7. Клиппер

Прибор характеризуется следующими техническими данными:
 амплитуда входного сигнала $U_{вх} = 3 \div 200$ мв;

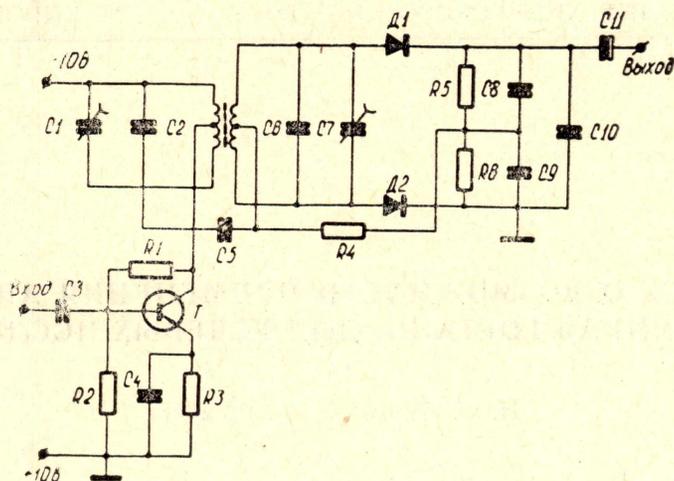


Рис. 8. Частотный детектор

спектр входного сигнала 100—4000 гц;

частота несущей $f_0 = 100$ кгц;

максимальная амплитуда выходных сигналов 0,5 в.

Прибор может быть использован для анализа случайных и регулярных процессов, в том числе и речевых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

А. А. Зиновьев, Л. И. Филиппов. Методы аналитического выражения радиосигналов. «Высшая школа». 1966.