

# ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ФАЗО-МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

*В. П. Моисеев*

Изготовление линий задержек для оптимального фильтра представляет известные трудности. В Харьковском политехническом институте был изготовлен макет оптимального фильтра фазо-манипулированных сигналов с использованием линий задержек, выпускаемых промышленностью, типа ЛЗТ-2-600. При этом вследствие недостаточно хорошей формы частотных характеристик линий задержек выигрыш отношения сигнал — шум оказывается несколько меньше теоретического, однако в результате правильного выбора полосы пропускания остальных частей макета достигается необходимый эффект.

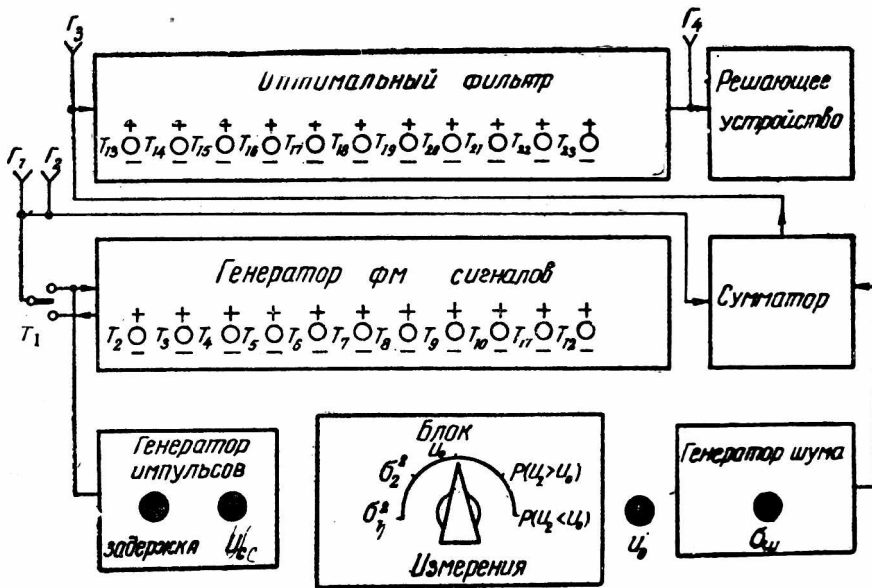


Рис. 1. Функциональная схема макета.

Макет состоит из генератора импульсов, генератора фазо-манипулированных сигналов, генератора шума, сумматора, оптимального фильтра, решающего устройства и измерительного устройства. Блок-схема макета приведена на рис. 1.

Генератор импульсов вырабатывает две последовательности одиночных видеоимпульсов прямоугольной формы длительностью  $t = 2$  мксек, сдвинутых относительно друг друга на время  $t_3$ , и служит для возбуждения генератора фазо-манипулированных сигналов при формировании ФМ сигналов или возбуждения оптимального фильтра при исследовании импульсной характеристики  $g_{\text{опт}}(t)$  (тумблер  $T_1$  — в верхнем положении). Изменение времени задержки  $t_3$ , осуществляемое потенциометром «Задержка», позволяет исследовать разрешение сигналов на входе и выходе оптимального фильтра.

Генератор фазо-манипулированных сигналов служит для получения 11-позиционных ФМ видеосигналов с любым законом манипуляции фазы элементарных сигналов. Длительность каждого элементарного сигнала  $t = 2$  мксек. В генераторе применена многоотводная линия задержки.

Установка полярности (фазы) элементарных сигналов, снимаемых с отводов линии задержки, производится тумблерами  $T_2-T_{12}$ . Сумма элементарных сигналов с установленными фазами дает кодированную импульсную последовательность — 11-позиционный фазо-манипулированный сигнал.

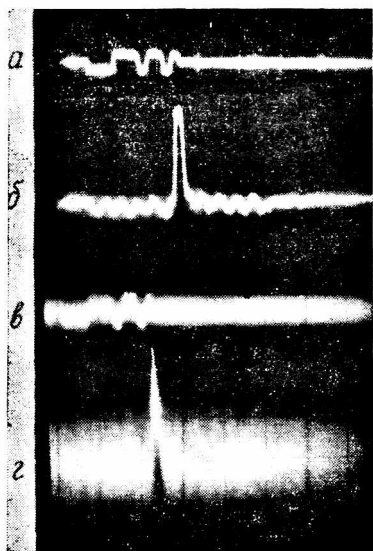


Рис. 2. Сжатие одиночного сигнала.

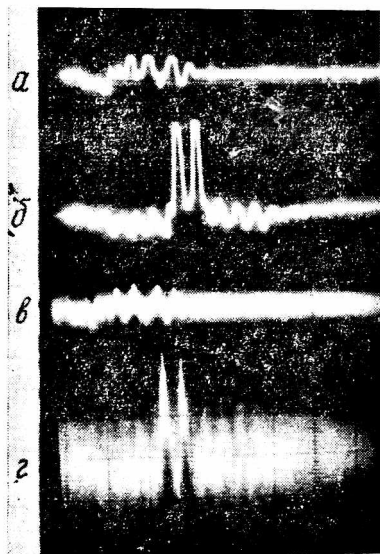


Рис. 3. Разрешение сигналов при сдвиге между ними  $t_g = 4$  мксек.

Генератор шума, имитирующий шумовые помехи в реальных каналах связи, позволяет получать шумовое напряжение с нормальным законом распределения и с равномерным энергетическим спектром в диапазоне частот от 0 до 500 кГц. Уровень шума (дисперсия шума  $\sigma_{ш}^2$ ) устанавливается потенциометром « $\sigma_{ш}$ ». Источник шума — диод типа Д808.

Сумматор служит для получения аддитивной смеси «сигнал + шумовая помеха».

Оптимальный фильтр, использующий многоотводную линию задержки, аналогичен генератору фазо-манипулированных сигналов и служит для оптимальной обработки ФМ сигнала, действующего на фоне нормального «белого» шума, обеспечивая максимизацию отношения сигнал — помеха в момент окончания сигнала. Согласование оптимального фильтра с заданным ФМ сигналом, т. е. получение необходимой импульсной характеристики  $g_{опт}(t)$ , достигается с помощью тумблеров  $T_{13}-T_{23}$ .

Решающее устройство (РУ) сравнивает напряжение, поступающее на его вход в момент окончания сигнала  $t_0 = T$ , с пороговым напряжением  $U_0$ . Если напряжение на входе РУ превышает  $U_0$ , то принимается решение о наличии сигнала, отмечаемое появлением импульса на выходе РУ. Если напряжение на выходе РУ меньше  $U_0$ , принимается решение об отсутствии сигнала и импульс на выходе РУ отсутствует.

В качестве РУ используется генератор импульсов в ждущем режиме, запускаемый напряжением, превысившим напряжение  $U_0$  в момент окончания сигнала  $t_0 = T$ . Импульсы с выхода РУ поступают в измерительный блок на прибор магнитоэлектрической системы. Отклонение стрелки прибора пропорционально числу импульсов в единицу времени, поэтому

шкалу прибора можно градуировать в единицах вероятности принятия решения о наличии сигнала.

Измерительное устройство в зависимости от положения переключателя блока измерения позволяет измерять следующие величины:

1) дисперсию шумового напряжения  $\sigma_1^2$  на входе согласованного фильтра;

2) дисперсию шумового напряжения  $\sigma_2^2$  на выходе согласованного фильтра;

3) пороговое напряжение  $U_0$  решающего устройства;

4) вероятность принятия решения о наличии сигнала  $P(U_2 > U_0)$ ;

5) вероятность принятия решения об отсутствии сигнала  $P(U_2 < U_0)$ .

Схема выполнена на транзисторах. Размеры макета  $360 \times 175 \times 65$ .

На рис. 2 и 3 представлены осциллограммы входного  $a$  и выходного  $b$  напряжений оптимального фильтра без шума и осциллограммы тех же напряжений при наличии шума ( $\sigma$  и  $\sigma$  соответственно). Осциллограммы рис. 2 иллюстрируют обработку одиночного сигнала, осциллограммы рис. 3 — двух сигналов при сдвиге между ними  $t_3 = 4$  мксек.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Лезин. Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов. Изд-во «Советское радио», 1969.
2. В. И. Тихонов. Статистическая радиотехника. Изд-во «Советское радио», 1966.
3. Я. Д. Ширман, В. Н. Голиков. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерение их параметров. Изд-во «Советское радио», 1963.
4. Н. М. Тетерич. Генераторы шума и измерение шумовых характеристик. Изд-во «Энергия», 1968.
5. Г. А. Большакова. Цифровое квадратичное устройство. «Электронная техника», Серия 11, вып. 2, 1968.