

## Помехи в линиях и каналах связи

Помимо передаваемого сигнала в канале всегда присутствуют другие колебания различного происхождения, называемые *помехами* или *шумами*. По характеру воздействия на принимаемые сигналы различают помехи **аддитивные** и **мультипликативные**.

**Аддитивная** помеха представляет собой электрическое возмущение, складывающееся с сигналом. При этом напряжение на выходе приемного тракта можно представить как сумму переданного сигнала и аддитивной помехи

$$x(t) = s(t) + n(t).$$

**Мультипликативной** помехой называется случайное изменение коэффициента передачи канала связи  $\mu(j\omega t)$ . Принимаемые сигналы могут быть подвержены одновременному воздействию аддитивных и мультипликативных помех. В общем случае передаваемый сигнал распространяется по нескольким путям (лучам). Тогда зависимость между принимаемым сигналом  $x(t)$  и передаваемым  $s(t)$  может быть представлена следующим образом:

$$x(t) = \sum \mu_k S(t - \tau_k) + n(t),$$

где  $\mu_k$  - коэффициент передачи  $k$ -го пути распространения сигнала;  $\tau_k$  - время запаздывания в  $k$ -м луче;  $n(t)$  - аддитивная помеха. Во многих случаях имеет место только один путь распространения. Тогда выходной сигнал на выходе канала с помехой описывается выражением:

$$x(t) = \mu S(t - \tau) + n(t).$$

Параметры канала  $\mu$  и  $\tau$  в общем случае являются функциями времени.

## Флуктуационные помехи

Большое число аддитивных помех имеет флуктуационный характер с нормальным законом распределения.

**Флуктуационные помехи** представляют собой реализацию стационарного случайного процесса с *нормальным* распределением вероятностей (гауссовский процесс).

В большинстве случаев нормальная флуктуационная помеха имеет равномерный спектр в столь широкой полосе частот, что ее можно считать практически бесконечной. Такая помеха носит название **“нормальный аддитивный белый шум”**, которая полностью характеризуется спектральной плотностью  $N_0 = P_n / \Delta F$ .

Плотность вероятности гауссовой помехи распределена по нормальному закону

$$P(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(U - \overline{U})^2}{2\sigma^2}},$$

где  $U$  - мгновенное значение помехи;  $\overline{U}$  - среднее значение помехи, которое обычно равно нулю;

$\sigma^2$  - дисперсия помехи, равная средней мощности помехи на единичном сопротивлении;

$\sigma = U_{эф}$  - эффективное напряжение помехи.

## Флуктуационные помехи

Интегральная функция распределения  $F(U_0)$  представляет собой вероятность того, что мгновенное напряжение помехи не превысит некоторое пороговое значение  $U_0$ . где  $U_0 = U_n / \sigma_n$  - относительное значение помехи;

$$F(U_0) = P\{U_n < U_0\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-U^2/2} dU = 0,5[1 + \Phi(U_0)],$$

$$\Phi(U) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^U e^{-t^2/2} dt \text{ - табулированный интеграл вероятности или функция Крампа.}$$

$$\Phi(\infty) = 1 \text{ и } \Phi(0) = 0.$$

Вероятность того, что уровень помехи примет значение, лежащее в заданных пределах, определяется по формуле:

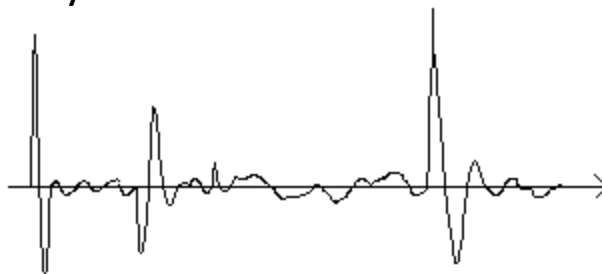
$$P\{U_1 < U < U_2\} = 1/2 [\Phi(U_2) - \Phi(U_1)].$$

Вероятность того, что помеха превысит некоторый пороговый уровень

$$P(U > U_0) = 1/2 [\Phi(\infty) - \Phi(U_0)] = 1/2 [1 - \Phi(U_0)].$$

## Импульсные помехи

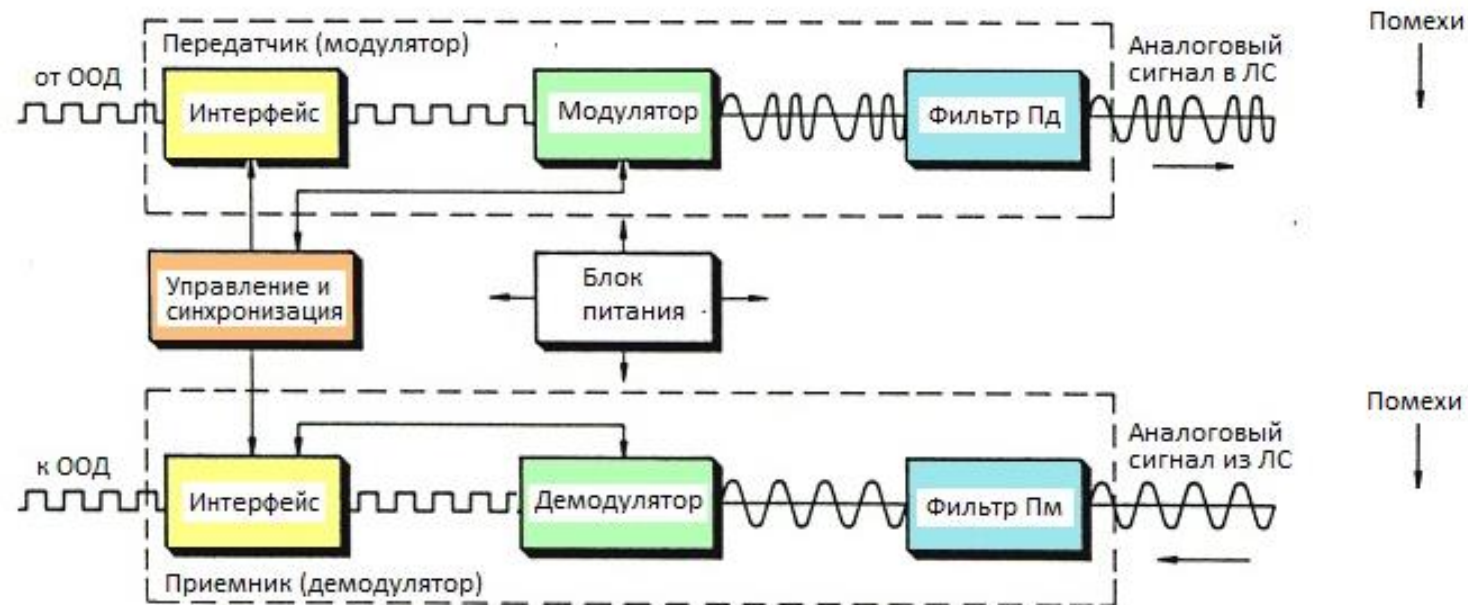
Импульсная помеха (ИП) представляет собой последовательность не перекрывающихся по времени в общем случае нерегулярных импульсов. Одним из основных параметров импульсной помехи является её амплитуда – величина максимального выброса напряжения. Амплитуда импульсной помехи – величина случайная и зависит от ряда факторов: мощности и типа источника импульсных помех, точки проникновения в КС, частотных характеристик КС и т. д. Реализация ИП показана на рисунке



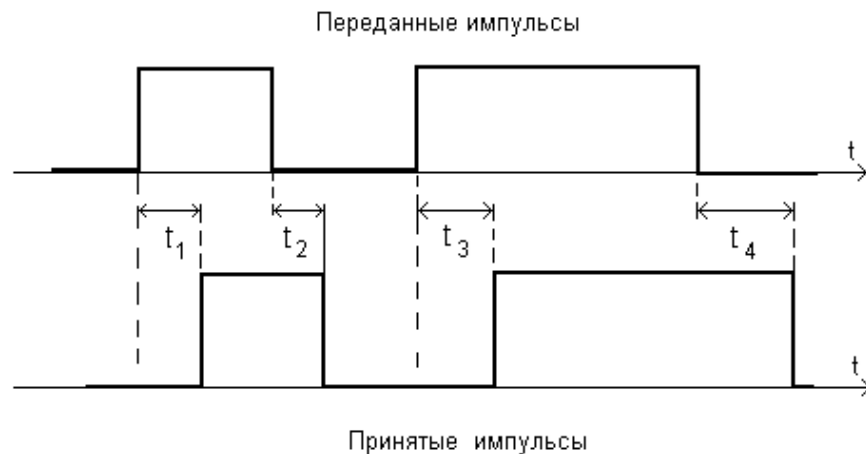
В настоящее время используют две формы представления амплитудного распределения ИП: суммарного времени превышения помехой определённых значений напряжения за сеанс измерения и вероятность превышения амплитуды помехи определённых значений напряжения. Кроме распределения амплитуды импульсной помехи рассматривают временные характеристики ИП. Эти характеристики являются наиболее важными. К ним относится интенсивность потока импульсных помех (количество помех в единицу времени).

Импульсные помехи в каналах связи часто появляются группами, так называемыми «пачками». «Пачка» ИП – группа помех, временные интервалы между рядом стоящими импульсами в которой не превышают определённой длительности  $\tau_{\text{ИП}}$ . На практике  $\tau_{\text{ИП}}$  принимают равным 0,5 и 20 с. Важнейшей характеристикой «пачки помех» является вероятность распределения длительности пачки и распределение числа импульсных помех в пачке.

## Схема устройства преобразования сигналов



## Искажения сигналов. Краевые искажения и дробления.



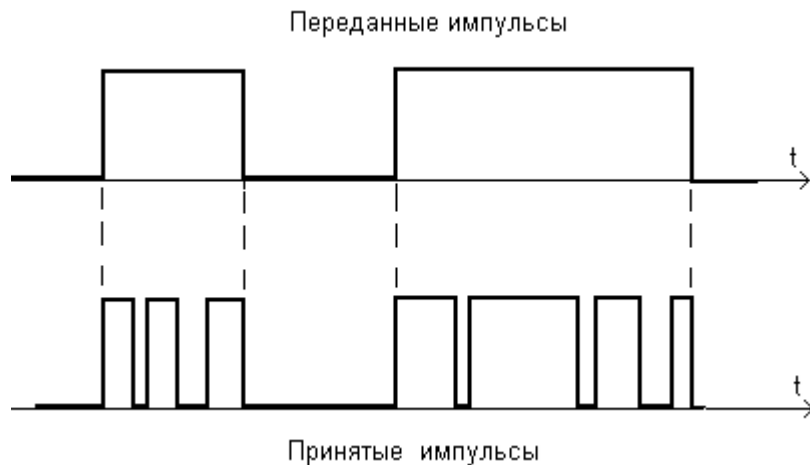
Абсолютная величина краевых искажений

$$\theta = t_{\max} - t_{\min},$$

Относительная величина краевых искажений

$$\delta = \theta / \tau_0 * 100\% = (t_{\max} - t_{\min}) / \tau_0 * 100\% = B (t_{\max} - t_{\min}) * 100\%.$$

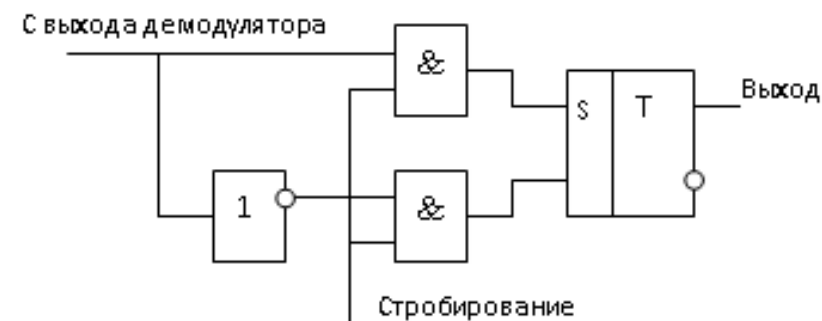
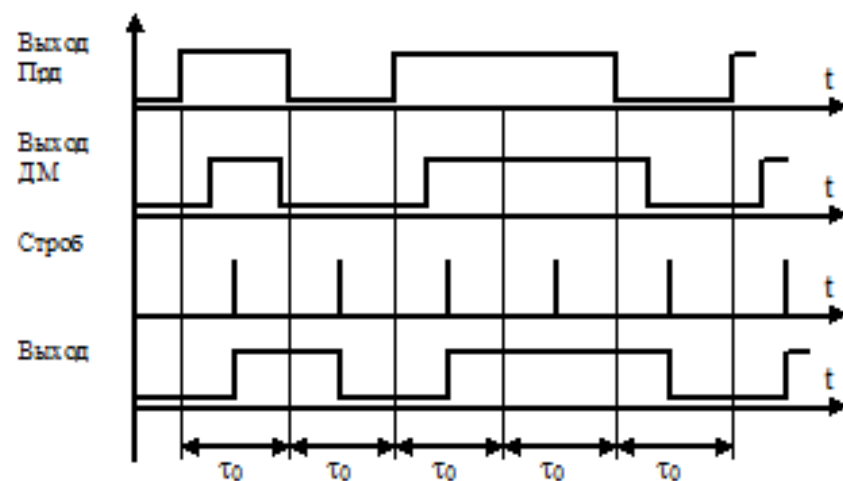
Плотность распределения:  $\varphi(\delta) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(\delta - \bar{\delta})^2}{2\sigma^2}\right),$



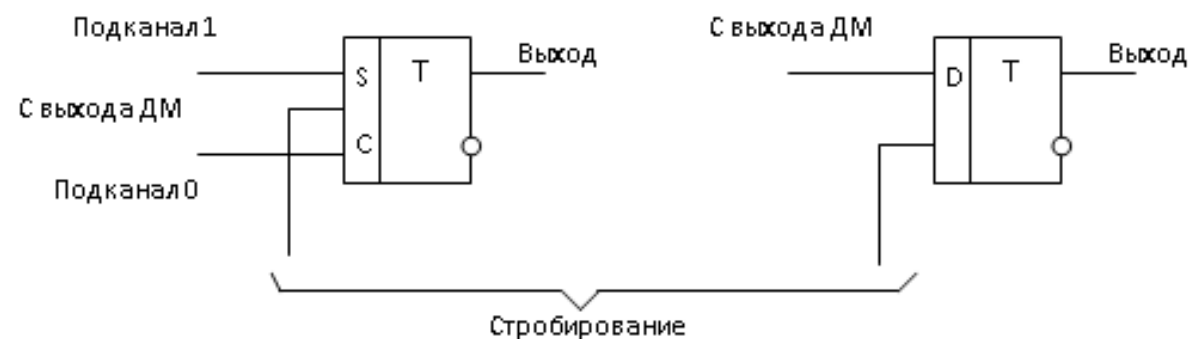
Распределение длительности дроблений для большинства проводных каналов подчиняется логарифмически-нормальному закону

$$\varphi(t_{dp}) = \frac{1}{t_{dp} \tilde{\sigma} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\lg t_{dp} - \tilde{m})^2}{2\tilde{\sigma}^2}\right), \quad 0 < t_{dp} < \infty.$$

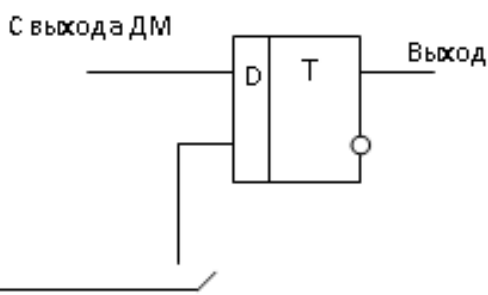
## Обработка сигналов в приемнике. Способы регистрации сигналов. Стробирование.



a)

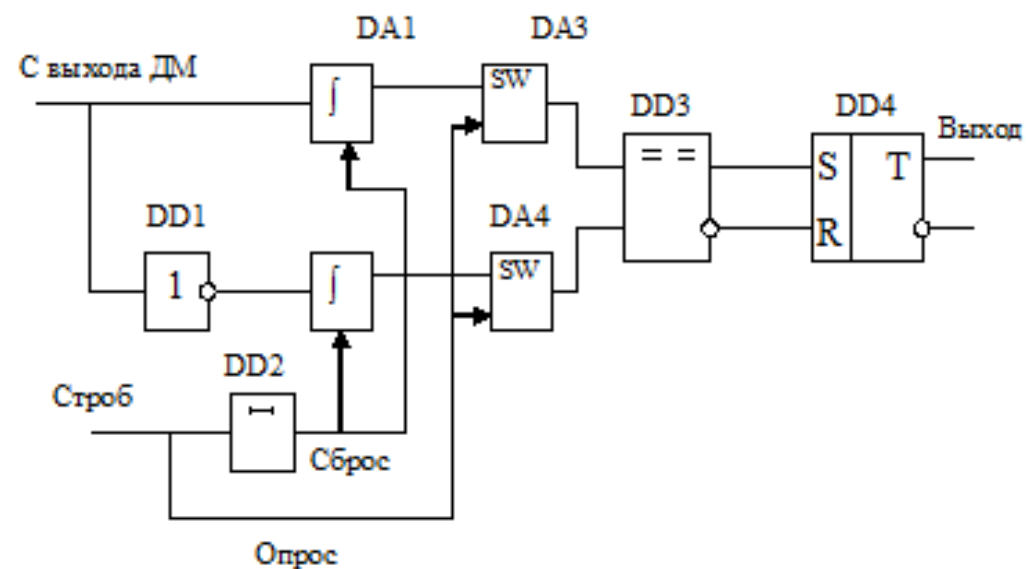
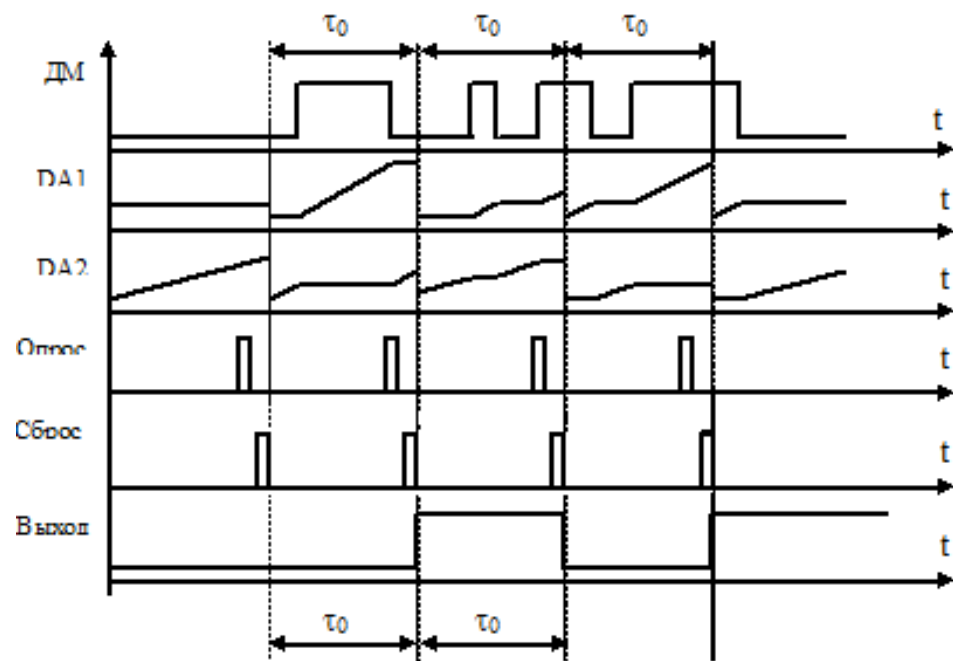


6)



B)

## Способы регистрации сигналов интегрированием.





## Комбинированный способ регистрации сигналов

