

Регенератор и измеритель телеграфных искажений

Прием и передача дискретных сообщений по каналам радиосвязи происходит под воздействием различного рода **аддитивных** и **мультипликативных** помех. Для **адаптации** каналов к условиям связи необходимо постоянно **оперативно** определять **качество этих каналов** связи. Качество канала связи характеризуется **вероятностью ошибок**, которая зависит от отношения **сигнал/помеха**.

При использовании **непосредственной** оценки **вероятности ошибок** требуется уделить достаточно **много времени**, которое во многих случаях может **превосходить** время автокорреляции коэффициента передачи. Поскольку от отношения **сигнал/помеха** зависит не только вероятность ошибки, но и **величина телеграфных искажений**, то **вероятность ошибок** может быть оценена **оперативно опосредованно** путем оценки величины **телеграфных искажений**.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА ПО ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБОК И ПО ВЕЛИЧИНЕ ТЕЛЕГРАФНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

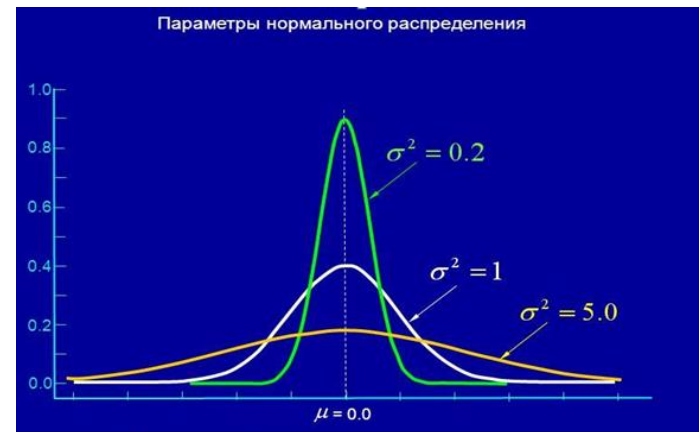
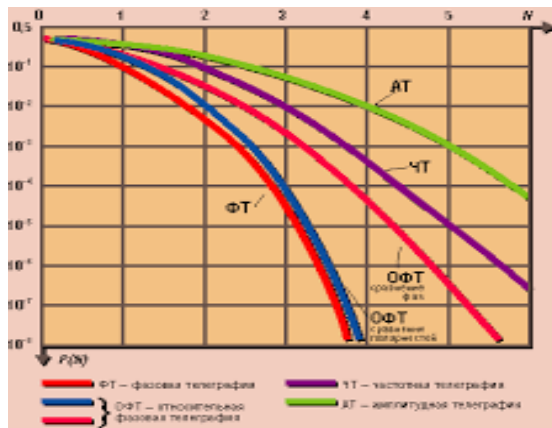
Для **состоятельной** оценки качества канала связи требуется, как минимум, **20** обнаруженных ошибок или **20** фронтов элементарных посылок.

При вероятности ошибок 10^{-2} требуется **2000** элементарных посылок. А при меньшей вероятности ошибок требуется еще большее их количество. Количество 20-ти фронтов элементарных посылок не зависит от вероятности ошибок и реализуется в среднем при приеме **40** элементарных посылок, т. е. **в 50 раз меньше** того количества, которое требуется при **непосредственной** оценке вероятности ошибок.

Время приема 2000 элементарных посылок при скорости манипуляции, например, 50 Бод равно **40 с**, а время приема 40 элементарных посылок при этой же скорости манипуляции равно менее, чем **1 с**.

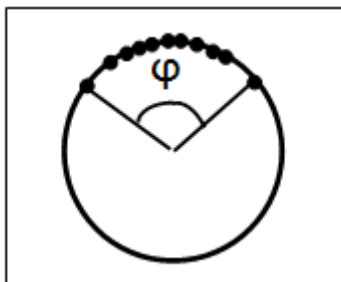
СРЕДНЯЯ ВЕЛИЧИНА ТЕЛЕГРАФНЫХ ИСКАЖЕНИЙ (СВТИ)

Вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$ определяется по формуле: $P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} e^{-\frac{h^2}{M}}$,
где для АТ $M=4$, для ЧТ $M=2$ и для ОФТ $M=1$



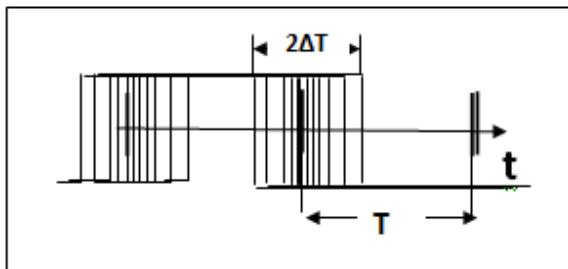
Способы измерений Телеграфных искажений (ТИ)

1. Измерение ТИ **по углу разброса вектора** круговой развертки



$$\text{ТИ} = (\varphi^0 / 360^0) \cdot 100\%.$$

2. **По разбросу фронтов** относительно среднего положения.



$$\text{ТИ} = (\Delta T / T) \cdot 100\%.$$

3. ПРИБОР ЭТИ-69 определяет результаты измерений, практически, такие же, как в п. 2.

$$\text{ТИ} = 3\text{СКО}_{\Delta T/T}$$

Средняя величина телеграфных искажений (СВТИ) элементарных посылок является процентным отношением среднего значения модуля отклонения фронтов элементарных посылок ΔT_{cp} от их среднего места положения на заданном интервале времени к длительности элемента сообщения T .

$$\text{СВТИ} = \frac{\Delta T_{\text{cp}}}{T} 100\% = \frac{\sum_{n=r}^{r+R} |\Delta T(n)|}{RT} 100\%.$$

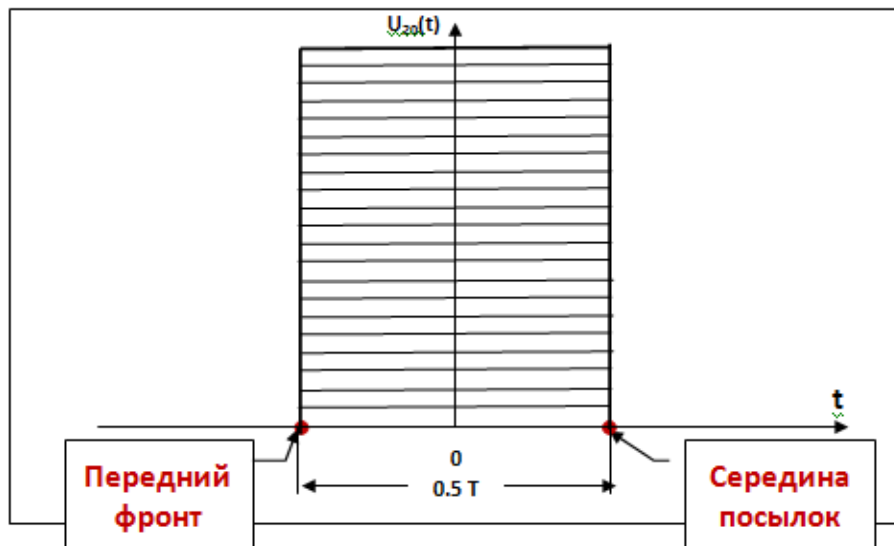
Здесь R – число фронтов элементарных посылок на заданном интервале времени (**в скользящем окне**).

Непосредственное измерение СВТИ в скользящем окне является проблематичной задачей. Однако возможно оценить СВТИ опосредовано с помощью оценки СКО $\sigma_{\Delta T}$ фронтов элементарных посылок от их среднего местоположения. Взаимосвязь ΔT_{cp} и СКО $\sigma_{\Delta T}$ случайной величины ΔT описывается выражением:

$$\Delta T_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma_{\Delta T} = 0.798 \sigma_{\Delta T}$$

Таким образом, оценив значение СКО величины ΔT $\sigma_{\Delta T}$, можно оценить значение ΔT_{cp} и СВТИ.

ОДНОПОЛЯРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ



Зависимость напряжения на выходе первого сумматора при 20 формирователях последовательностей П – образных импульсов и при **отсутствии** телеграфных искажений

Зависимость напряжения на выходе первого сумматора при 20 формирователях последовательностей П – образных импульсов и при **наличии** телеграфных искажений

Алгоритм программы измерителя телеграфных искажений

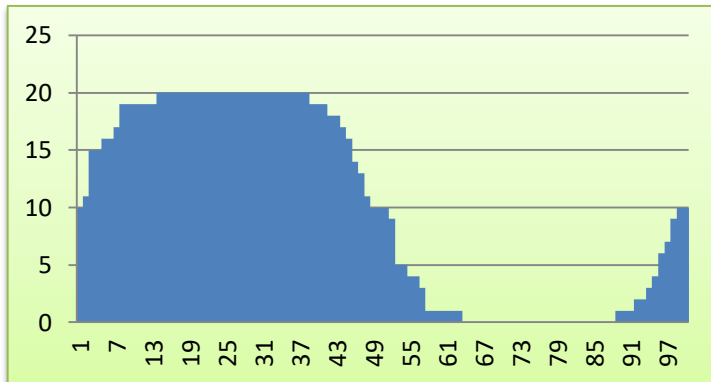
1. Определяется длительность импульса на выходе сумматора на уровне вероятности 0.7, $\Delta T_{0.7}$;
2. От этого значения отнимается половина длительности элементарной посылки. Эта разность является СКО телеграфных искажений: $СКО = \Delta T_{0.7} - 0.5T$;
3. Определяется среднее значение ΔT_{cp} путем умножения СКО на 0.798:
 $\Delta T_{cp} = 0.798 \cdot СКО$;
4. Определяется процентное значение СВТИ посредством деления ΔT_{cp} на длительность элементарной посылки T и умножения результата деления на 100: $СВТИ\% = 100 \cdot \Delta T_{cp} / T$;
5. С учетом метода манипуляции определяется значение ошибки в соответствии с публикацией авторов [Косых А.В., Хазан В.Л. Способ оценки качества нестационарных каналов радиосвязи по величине телеграфных искажений. XI Международная IEEE научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин", № 4, 2017, Омск. С. 28-33].

Однополярные генераторы

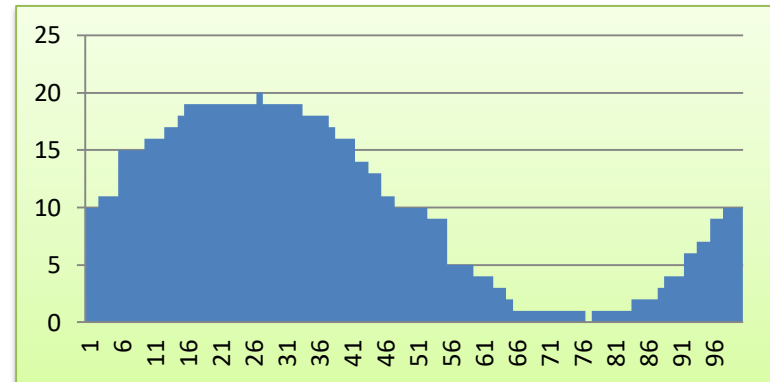
Таблица №1 – Данные, полученные с помощью программы

СВТИ %	9,5	19	33	50
СКО %	5	12	21	32
СКО % (прог.)	5	10	15	20
$P_{\text{ош}}$	$1,62 \cdot 10^{-12}$	$5,33 \cdot 10^{-2}$	$17,1 \cdot 10^{-2}$	$23,2 \cdot 10^{-2}$

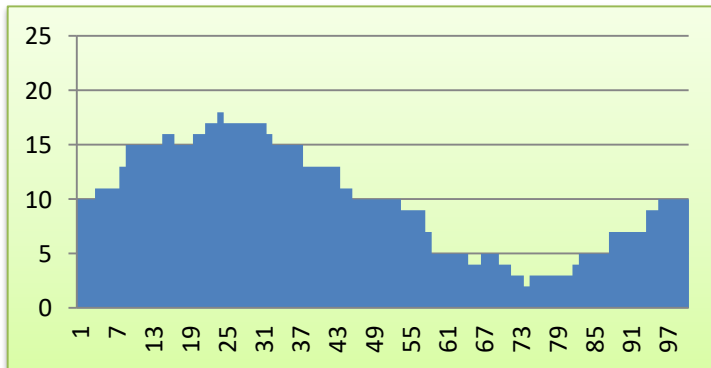
5% СКО



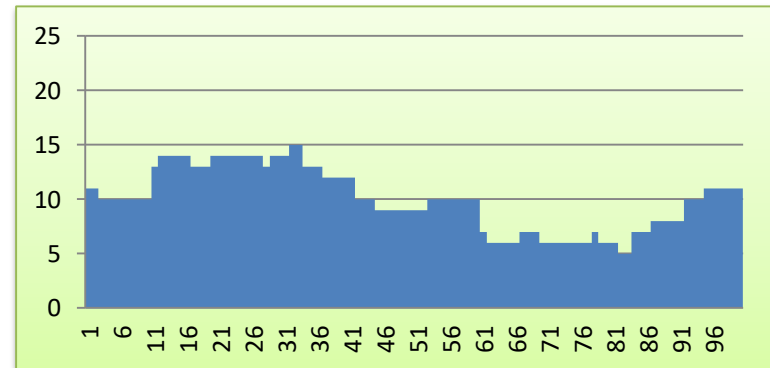
10% СКО



15% СКО



20% СКО

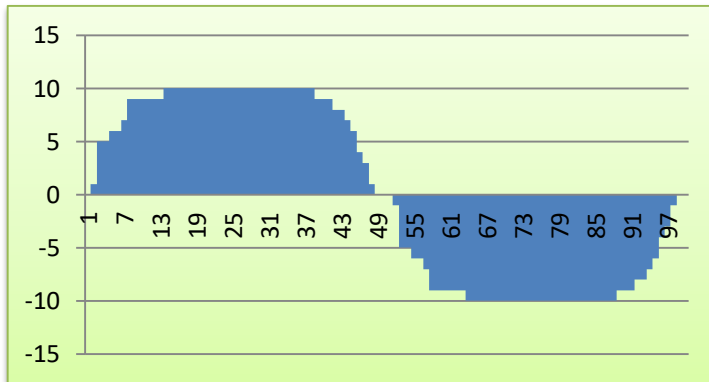


Двухполярные генераторы

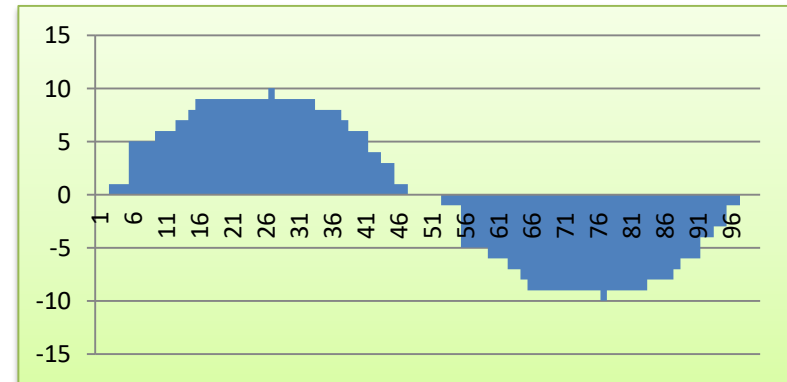
Таблица №2 – Данные, полученные с помощью программы

СВТИ %	8	15	22	38
СКО %	5	10	14	24
СКО % (прог.)	5	10	15	20
$P_{\text{ош}}$	$5,34 \cdot 10^{-12}$	$2,11 \cdot 10^{-2}$	$8,71 \cdot 10^{-2}$	$19,2 \cdot 10^{-2}$

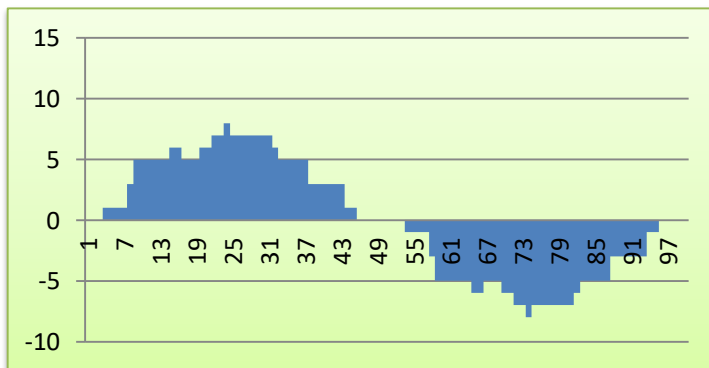
5% СКО



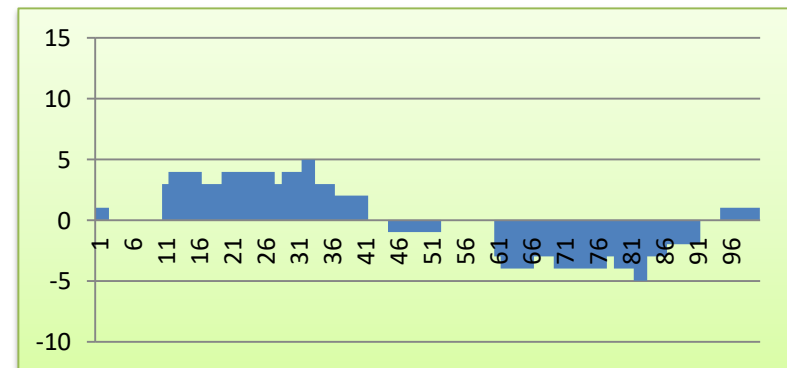
10% СКО



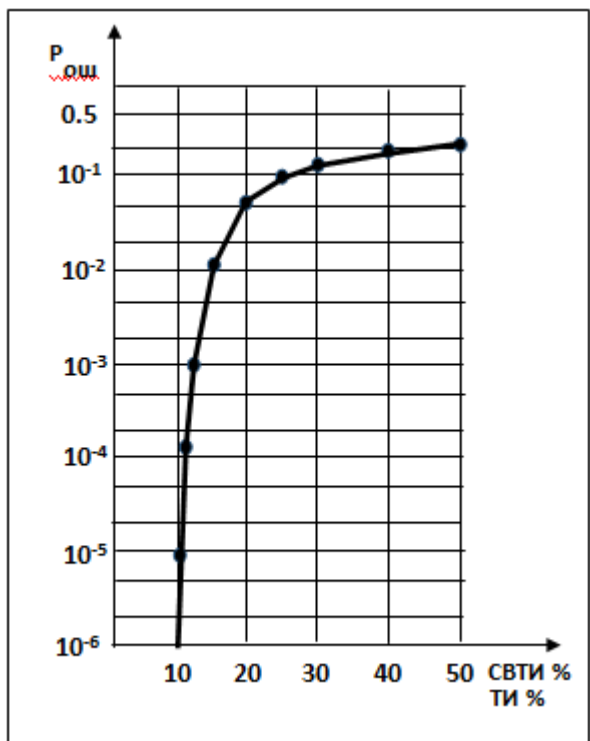
15% СКО



20% СКО



Зависимость вероятности ошибок в канале связи от СВТИ

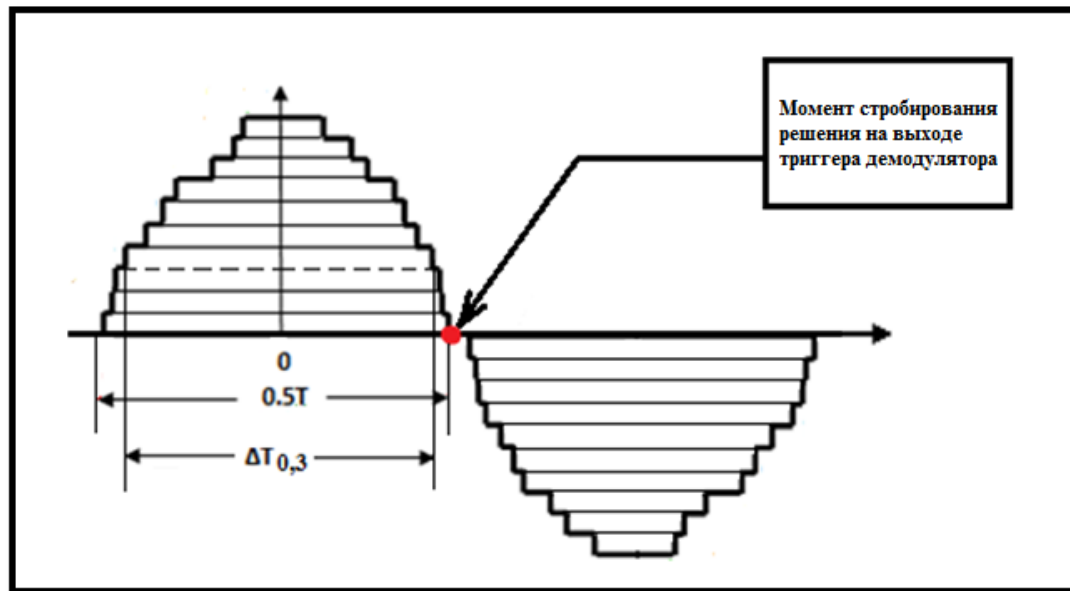


СВТИ **менее 12%** соответствует вероятности ошибок **менее 10^{-3}** , что можно оценить, как **отличное** состояние канала связи.

СВТИ **более 25%** соответствует вероятности ошибок более 10^{-1} , что можно оценить, как **плохое** состояние канала связи.

СВТИ на интервале от **12%** до **25%** соответствует значениям вероятности ошибок от 10^{-1} до 10^{-3} и может считаться, как хорошее состояние канала связи.

Тактовая синхронизация



Выводы:

- **Вероятность ошибки может быть оценена по средней величине телеграфных искажений с помощью программы, в течение долей секунды, что вполне приемлемо для канала связи, который работает в условии быстрых замираний.**
- **Измеритель телеграфных искажений может служить в качестве тактового синхронизатора.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!