

1) Измерение, определение, составляющие, классификация

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств. Под измерением понимается процесс экспериментального сравнения данной физической величины с однородной физической величиной, значение которой принято за единицу.

Измерение состоит из:

- 1) Воспроизв. единицы физич. велич.
- 2) Преобразов. измеряем. физ. велич. в величину удобную для дальнейш. сравнения.
- 3) Сравн. преобр. физ. велич. с единицей
- 4) Фиксация результата сравнения.

Классификация

По способам получения результатов:

- **Прямыми** называют измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. При этом измеряемую величину сравнивают с мерой измерительными приборами, градуированными в требуемых единицах (пример: измерение напряжения вольтметром).
- **Косвенные** измерения – искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (пример: измерение затухания четырёхполюсника по значениям входных и выходных напряжений).
- **Совокупные** измерения – одновременно измеряют несколько одноимённых величин и искомые значения величин находят, решая систему уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин (пример: терморезистор – сопротивление изменяется в зависимости от температуры).

$$\begin{aligned} R_T &\approx R_0 + \alpha_1 T^0 + \alpha_2 (T^0)^2 \quad (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 - \text{коэф.}) \\ R(T_1) &= R_0 + \alpha_1 T_1^0 + \alpha_2 (T_1^0)^2 \Rightarrow \text{каждому} \uparrow \\ R(T_2) &= \dots \end{aligned}$$

- **Совместные** измерения – производимые одновременно измерения двух или нескольких одноимённых величин для нахождения зависимости между ними (пример: измерение входного и выходного напряжений элемента для определения его переходной характеристики).

По способу выражения результатов измерений:

- **Абсолютное** измерение основано на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и/или использования значений физических констант (пример: измерение силы тока в амперах).
- **Относительным** называют измерение отношения величины к одноимённой величине, играющей роль единицы, или изменения величины по отношению к одноимённой величине, принимаемой за исходную (пример: измерение коэффициента отражения в линии). ($P_{\text{мощн}} = 10 \lg(P_x / P_0)$, дБ)

Метод измерения – совокупность приёмов использования принципов и средств измерения.

По используемому методу измерения:

- **Метод непосредственной оценки** – значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия.
- **Метод сравнения с мерой**
(мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (кварцевый генератор)). измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.
 - А) **противопоставления** – измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения с помощью которого устанавливаются соотношения между этими величинами;
 - Б) **дифференциальный** – на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой;
 - В) **нулевой** – результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля;
 - Г) **замещения** – измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой;
 - Д) **совпадений** – разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов.

2) Погрешности абсолютные, относительные, приведенные

По форме выражения:

- **Абсолютная погрешность** – разность между показаниями прибора X_n и истинным (действительным) значением измеряемой величины X : $\Delta = X_n - X$;
- **Относительная погрешность** – отношение абсолютной погрешности прибора к истинному (действительному) значению измеряемой величины: $\delta = \Delta / X * 100\%$
- **Приведённая погрешность** – отношение в процента абсолютной погрешности к нормирующему значению: $Y = \Delta / X_{\text{норм}} * 100\%$
($X_{\text{норм}} = |X_{\text{min}}| + |X_{\text{max}}|$) ($X_{\text{min}}, X_{\text{max}}$ - пределы шкалы измерений)

Нормирующее значение принимается равным:

А) большему из пределов измерений или большему из модулей пределов измерений для СИ с равномерной или степенной шкалой, если нулевая отметка находится на краю или вне диапазона измерений);

Б) арифметической сумме модулей пределов измерений, если нулевая отметка находится внутри диапазона измерений;

В) установленному номинальному значению для СИ с установленным номинальным значением измеряемой величины;

Г) всей длине шкалы для приборов с существенно неравномерной шкалой, при этом абсолютную погрешность также выражают в единицах длины;

Д) во всех остальных случаях нормирующее значение устанавливается стандартами для соответствующих видов СИ.

- Абсолютная погрешность: меры, измерительного преобразователя, прибора;
- Относительная погрешность: меры, измерительного преобразователя, прибора;
- Приведенная погрешность: измерительного прибора.

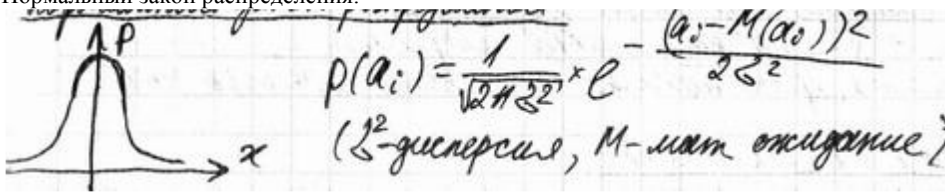
3) Нормальный закон распределения, его числовые характеристики, доверительный интервал, доверительная вероятность

Для уменьшения влияния случайной погрешности используют статистическую обработку результатов многократных наблюдений.

$X_1, X_2, \dots, X_n \rightarrow \bar{X}$ - точечная оценка математического ожидания истинной измеряемой величины

($D[\bar{X}] \rightarrow \min \Rightarrow$ ближе к математическому ожиданию)

Нормальный закон распределения:



4) Погрешность косвенных измерений

- **Косвенные** измерения – искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (пример: измерение затухания четырёхполосника по значениям входных и выходных напряжений).

▪ **Погрешность косвенных воспроизводимых измерений** — погрешность вычисляемой (не измеряемой непосредственно) величины:

Если $F = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_i — непосредственно измеряемые независимые величины, имеющие погрешность Δx_i , тогда:

$$\Delta F = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\Delta x_i \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2}$$

▪ **Погрешность косвенных невоспроизводимых измерений** - вычисляется по принципу **прямой погрешности**, но вместо x_i ставится значение полученное в процессе расчётов.

▪ **Погрешность прямых измерений** - вычисляются по формуле

$$\Delta x = \sqrt{(t)^2 + (A)^2}$$

где : $t = S_x \alpha_s - S_x$ - средняя квадратическая погрешность, а α_s - [коэффициент Стьюдента](#), а А - число, численно равное половине цены деления измерительного прибора.

5)Магнитоэлектрические амперметры

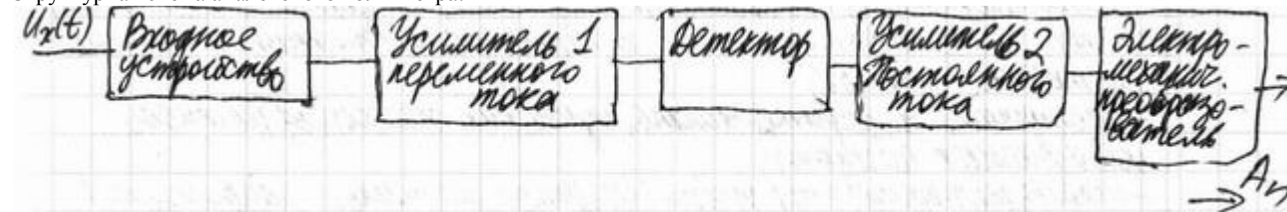
Угол отклонения стрелки пропорционален среднему току, проходящему через рамку.

Достоинства: равномерная шкала, малая чувствительность к внешним магнитным полям, высокая точность (класс точности 0.05 и выше)

Недостатки: можно померить токи до 0.5 А, применим для измерения только постоянных токов и напряжения.

б) аналоговый вольтметр амплитудных значений

Структурная схема аналогового вольтметра:



Назначение структурных элементов электронного вольтметра:

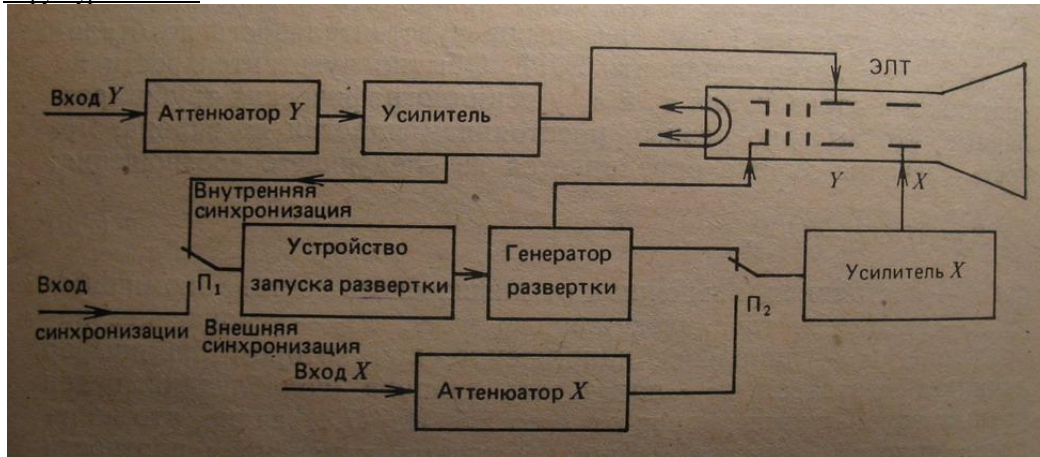
- **Электро-механический преобразователь:** простой вольтметр, диапазон измерения которого соответствует диапазону электро-механического преобразователя
 - электрический измерительный сигнал преобразуется в механическую энергию, отклоняющую стрелку на определённый угол;
 - содержат успокоители (уменьшает время установления показаний) и отсчётные устройства (шкала и указатель, необходимые для определения числового значения измеряемой величины).
- **Входное устройство** – для расширения диапазона в сторону больших измеряемых напряжений;
 - уменьшает измеряемое напряжение в известное число раз;
 - должно обеспечивать определённые (переключаемые) коэффициенты деления измеряемого напряжения, высокое входное активное сопротивление и малое реактивное;
 - применяют измерительные преобразователи: делители или трансформаторы напряжения;
 - расширяют пределы измерения за счёт добавочных резисторов, включаемых последовательно со входом;
 - согласующий каскад в виде повторителя обеспечивает высокое активное входное сопротивление;
 - определяет частотную погрешность => высшую частоту измеряемого напряжения (снижается из-за паразитных реактивностей).
- **Усилитель** – для расширения пределов измерения в сторону меньших напряжений
 - **усилитель постоянного тока** – усиливает сигнал до значения, необходимого для эффективной работы электро-механического преобразователя;
 - согласует малое входное сопротивление с выходным сопротивлением детектора;
 - борьба с «дрейфом нуля» (медленные изменения выходного сигнала при отсутствии на входе информационного сигнала);
 - недостаток: ограничивает полосу пропускания сверху;
 - **усилитель переменного тока** – должен обеспечить большой и высокостабильный коэффициент усиления в заданном диапазоне частот и температур, малые нелинейные искажения и малые собственные шумы;
 - частотная избирательность: изменение полосы эффективно усиливаемых частот;
 - использует калибратор уровня (генератор стабильного напряжения), за счёт которого получают большой и стабильный коэффициент усиления.
- **Детекторные измерительные преобразователи** – преобразуют поданные на вход напряжения в пиковое, средневыпрямленное или среднеквадратическое значение.

7) Электронный осциллограф, структурная схема, напряжение развертки

Электронный осциллограф

Основная функция осциллографа заключается в воспроизведении в графическом виде различных электрических колебаний (осциллограмм), так как это принято в радиотехнике. Чаще всего с помощью осциллографа наблюдается зависимость напряжения от времени в декартовой системе координат (так же можно измерять различные параметры сигнала: амплитуду, длительность, частоту, глубину модуляции и т.п.)

Структурная схема



Напряжение развертки

Для управления лучом в горизонтальном направлении служит **генератор развёртки**, напряжение с которого поступает на пластины горизонтального отклонения через **усилитель X**.

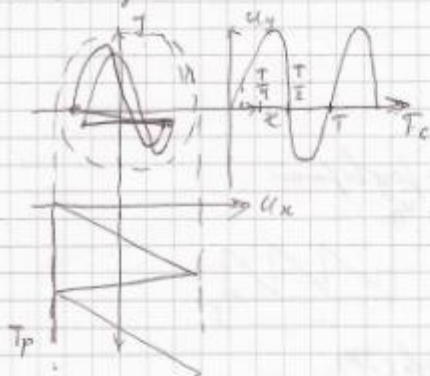
Для управления генератором развёртки предназначено **устройство запуска развёртки**. При необходимости **генератор развёртки** можно отключить и, установив **переключатель П2** в нижнее положение, подать со входа X через **усилитель** внешний сигнал на пластины горизонтального отклонения.

Развёртка – траектория, описываемая лучом или создаваемый им след на экране под действием развёртывающего напряжения.

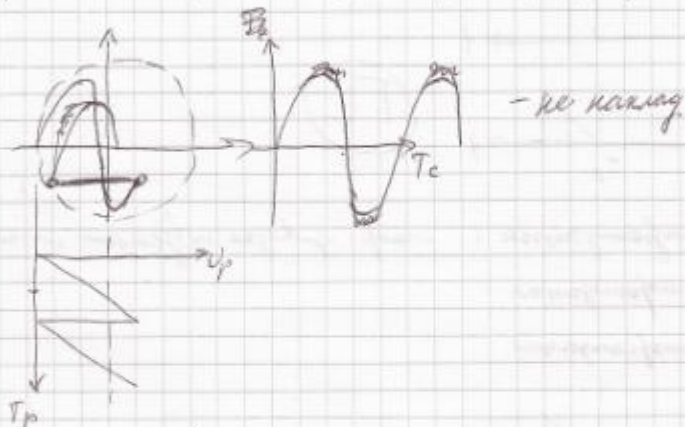
Развёртывающее напряжение – напряжение, определяющее траекторию и скорость перемещения луча ЭЛТ в отсутствие исследуемого сигнала. (U_p)

8) Принципы получения осциллограммы на экране осциллографа

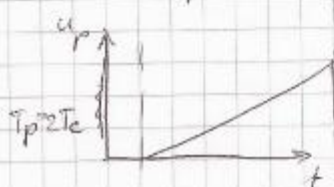
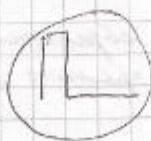
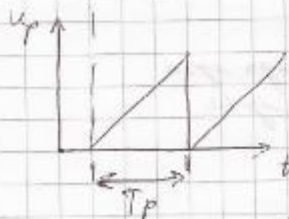
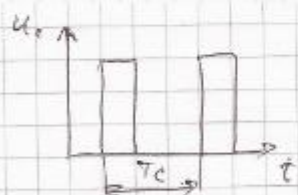
3. Осциллограмма



Требуемое - $T_p = T_c$ - тогда каждый след будет наложен на предыдущий

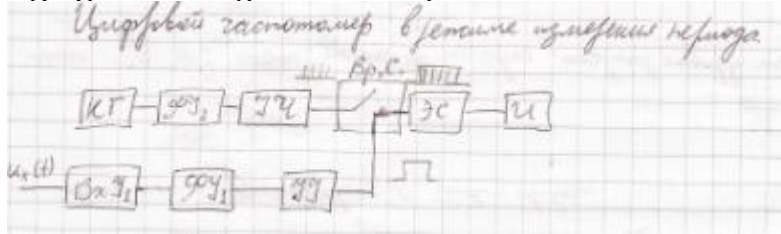


Главное условие устойчивого изображения - $T_p = n T_c$, где $n = 1, 2, 3, \dots$



9) Структурная схема и принцип действия цифрового частотомера

Структурная схема цифрового частотомера:



ФУ – формирующее устройство

КГ – кварцевый генератор

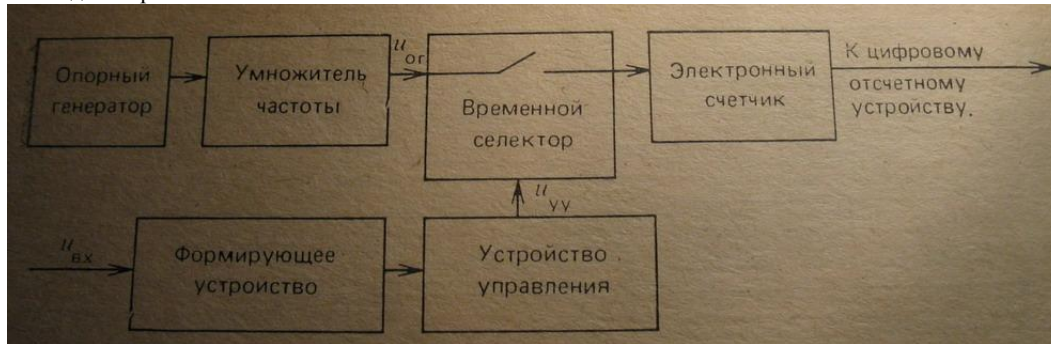
ДЧ – делитель частоты

УУ – управляющее устройство

ВрС – временной селектор

ЭС – электронный счётчик

И – индикатор



Принцип работы ЦИВИ:

- Исследуемый сигнал $u_{вх}$, период или длительность которого надо измерить, поступает на **формирующее устройство**.
- Задача **формирующего устройства** и **устройства управления** – сформировать из исследуемого сигнала импульс $u_{уу}$ с крутыми фронтами, длительность которого определяет время открытого состояния **временного селектора**.
- В это время через селектор на **электронный счётчик** проходят импульсы $u_{ог}$, называемые иногда метками времени, период которых задаётся **высокостабильным опорным генератором**.

10) Составляющие погрешности и измерения временных интервалов в цифровом измерителе интервалов времени

Погрешность дискретности ЦИВИ:

Возникает из-за смещённости во времени измеряемого сигнала и счётных импульсов, производимых опорным генератором. Минимально возможное значение периода меток времени T_0 определяет абсолютную погрешность дискретности прибора при измерении однократных временных интервалов.

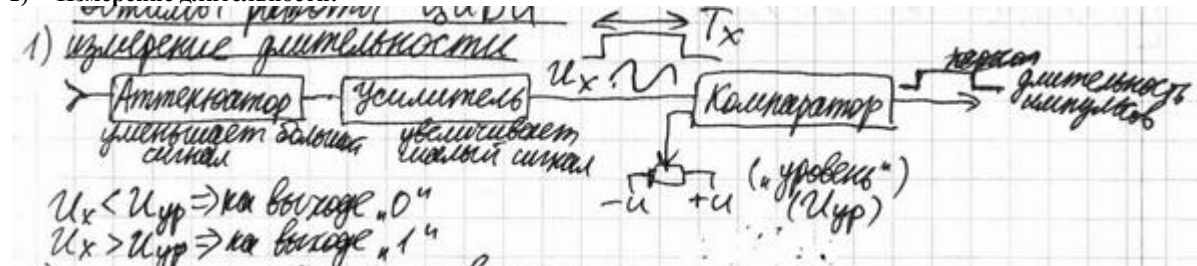
$$\begin{cases} \Delta_{дв} \in [-T_0; +T_0] \\ \delta_{дв} = \frac{\Delta_{дв}}{\Delta t_x}, \max \delta_{дв} = \pm \frac{1}{N} \quad (\Delta t_x = T_x) \end{cases}$$

Погрешность может быть уменьшена синхронизацией меток времени с началом измеряемого интервала или увеличением измеряемого интервала.

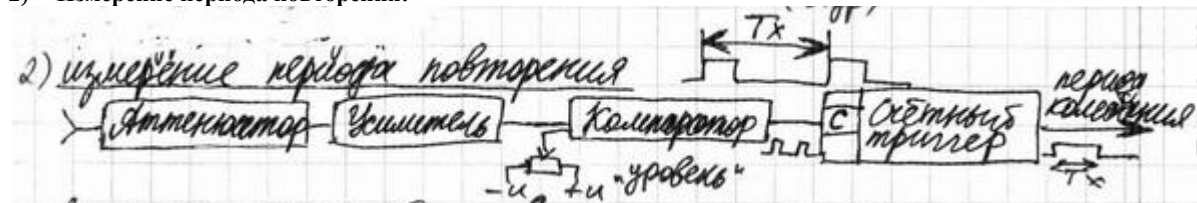
$$\delta_{дв} = \frac{T_0}{\Delta t_x} = \frac{\tau_{сч}}{T_x} \leq k/100\% \Rightarrow \text{выбираем измеряемый интервал} \\ T_x \geq \frac{\tau_{сч}}{k/100\%} = \frac{\tau_{сч}}{k/100\%}$$

Режимы работы ЦИВИ:

1) Измерение длительности:

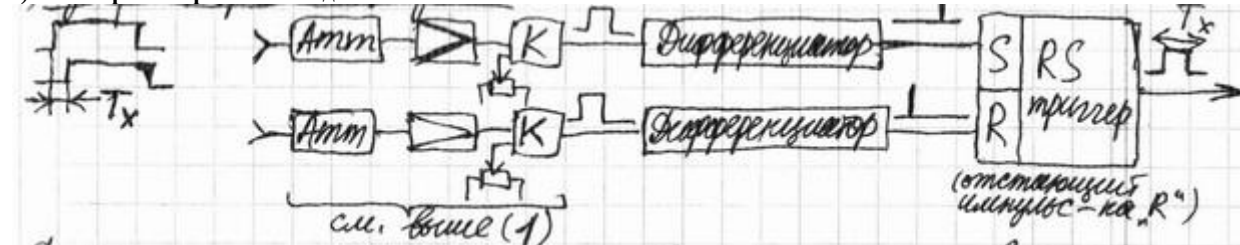


2) Измерение периода повторения:



Счётный триггер преобразует длительность импульсов в период колебания.

3) Измерение временного сдвига:



- Дифференциатор нужен для того, чтобы результат не зависел от уровня и на его выходе были одинаково короткие импульсы (стробы);

- На вход «R» RS-триггера подаётся отстающий, а на вход «S» - опережающий импульс. Если перепутать входы местами, то в результате получим значение в несколько раз превышающее ожидаемое.