

1)Измерение, определение, составляющие, классификация

Средства измерений – технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства.

По техническому назначению:

- **Мера** – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера;
- **Измерительный преобразователь** – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем;
- **Устройства сравнения** (компаратор) – электронная схема, принимающая на свои входы два аналоговых сигнала и выдающая логический «0» или «1» в зависимости от того, какой из сигналов больше;
- **Измерительный прибор** – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем;
- **Измерительная установка** – совокупность функционально объединённых средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и **вспомогательных устройств** (которые отслеживают величины, влияющие на метрологические свойства другого средства измерения при его применении), предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенная в одном месте;
- **Измерительная система** – совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, соединённых между собой каналом связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

По роли, выполняемой в системе обеспечения единства средств измерения:

- **Эталон** – средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и/или хранение единицы, а так же передачу её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утверждённое в качестве эталона в установленном порядке;
- **Вторичный эталон** – часть подчинённых средств хранения единиц и передачи их размера, значения которых устанавливаются по первичным эталонам; создаются и утверждаются для уменьшения износа государственного эталона;
- **Рабочий эталон** – применяют для передач размера единицы образцовым средствам измерений высшей точности, а в отдельных случаях – наиболее точным рабочим средствам измерений;
- **Рабочее средство измерений** – применяют для измерений, не связанных с передачей размеров единиц.

2) Погрешности грубая, систематическая, случайная

По закономерностям проявления:

- **Систематическая погрешность (Δ_c)** – составляющая погрешности, величина и знак которой постоянны или изменяются закономерно (при усилении постоянного напряжения неполная компенсация смещения нуля приводит к постоянной для данного СИ погрешности, которую пытаются до определённого предела компенсировать при изготовлении прибора) (пример: разряд аккумулятора);
- **Случайная погрешность (Δ°)** – погрешность, значение которой изменяется случайным образом (при повторном измерение в одних и тех же условиях); является следствием любых случайных процессов (хаотичное движение электронов) или наложения большого количества детерминированных процессов, так что выявить закономерность невозможно; можно уменьшить случайную погрешность проведением большого числа испытаний;
- **Грубая погрешность** – существенное превышение ожидаемой погрешности, то есть такой, которая оправдана классом точности, методом и условиями измерения и квалификацией оператора; может возникнуть при резком изменении измеряемой величины (пример: скачок напряжения);

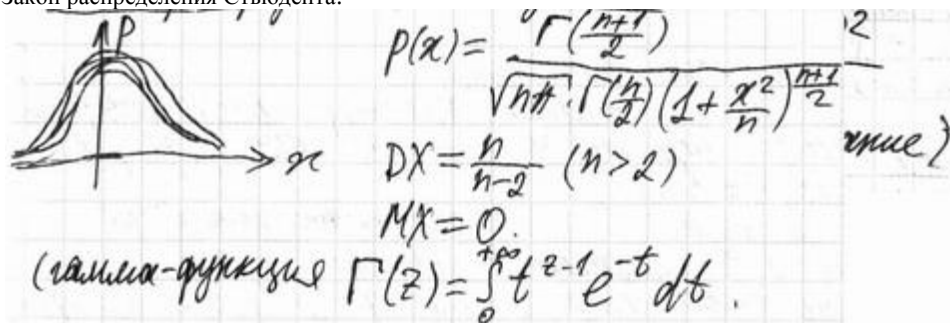
3) Закон распределения Стьюдента, его численные характеристики

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

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

($D[X \sim] \rightarrow \min \Rightarrow$ ближе к математическому ожиданию)

Закон распределения Стьюдента:


$$p(x) = \frac{\Gamma(\frac{n+1}{2})}{\sqrt{n\pi} \cdot \Gamma(\frac{n}{2}) \left(1 + \frac{x^2}{n}\right)^{\frac{n+1}{2}}}$$
$$DX = \frac{n}{n-2} \quad (n > 2)$$
$$MX = 0.$$

(гамма-функция $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$.)

4) Погрешности прямых и косвенных измерений

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).

■ **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 : $t = S_{\alpha_s} - S_x$ - средняя квадратическая погрешность, а α_s - [коэффициент Стьюдента](#), а A - число, численно равное половине цены деления измерительного прибора.

5) Пример электромеханического вольтметра

1) Магнитно-электрические А, В (МЭ)

$L = k I_{ср}$ - угол отклонения стрелки пропорционален среднему току, протекающему через катушку.



Восхищения: равномерная шкала, малая чувствительность к внешним магнитным полям, высокая чувствительность, высокая точность (класс точности 0,05 и выше)

Недостатки: можно измерить токи до 0,5 А, применимы для измерения только постоянных токов и кпф.

2) Электромагнитные А, В



$$L = k I^2$$

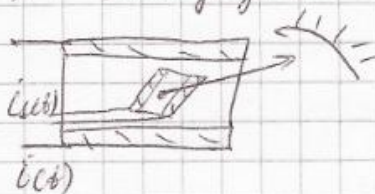
$$f \leq 1-2 \text{ кГц}$$

$i(t)$

Восхищения: токи до 500 А, простота, надежность

Недостатки: класс точности 0,5 и хуже, низкая чувствительность.

3) Электродинамические А, В



$$L = k I_1 I_2$$

$$i_1(t) = i_2(t)$$

$$L = k I^2$$

$$f \leq 4 \text{ кГц}$$

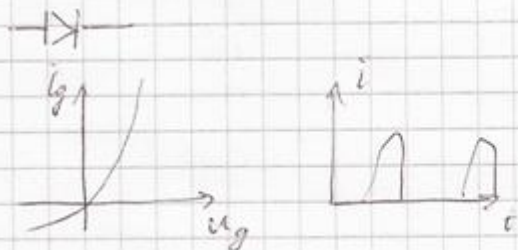
Характеристики - средние

Применяется, если возможно МЭ В

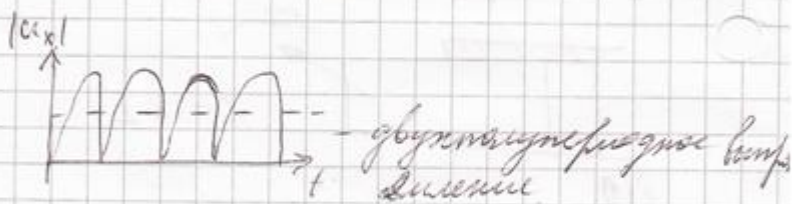
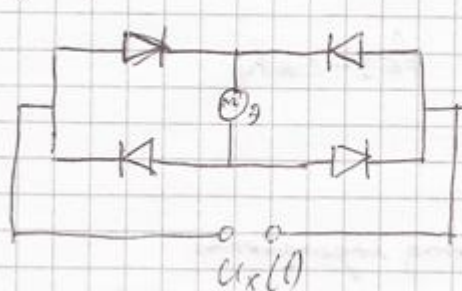
6) Аналоговый вольтметр средневыхряженных значений

2. УАВ средневыхряженных значений (линейный детектор)

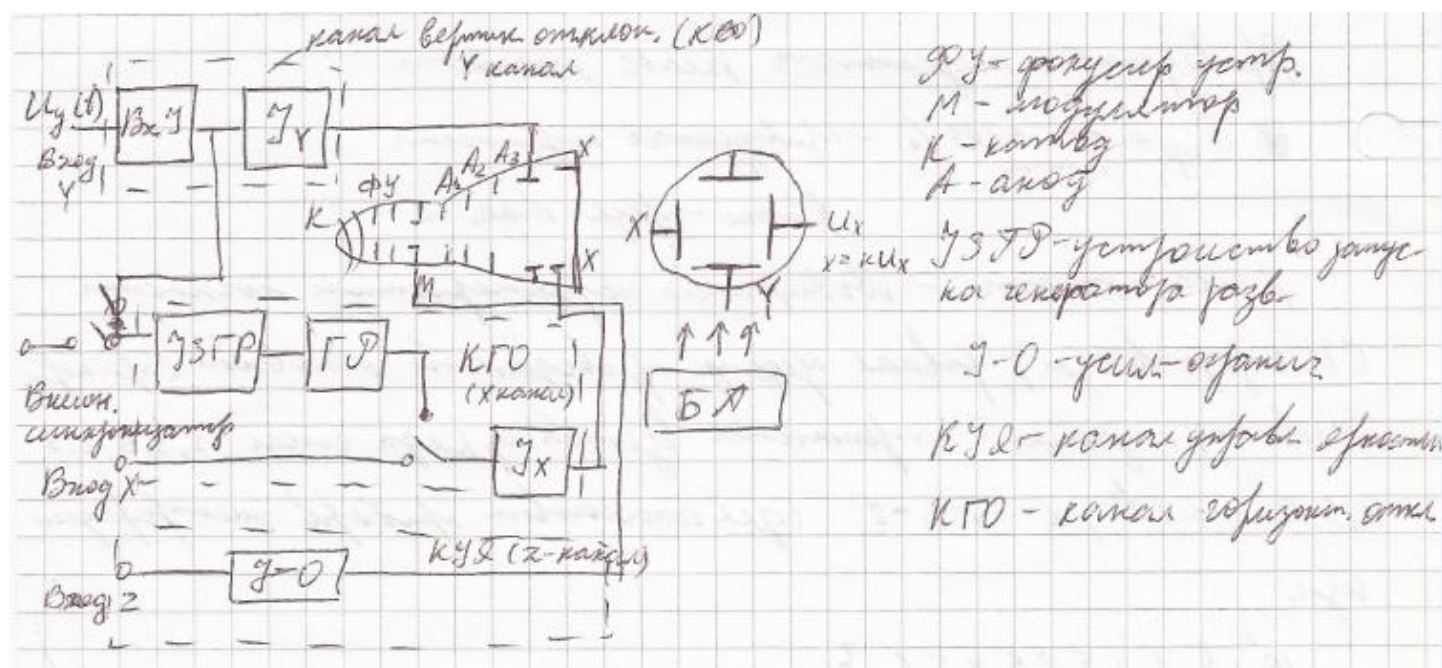
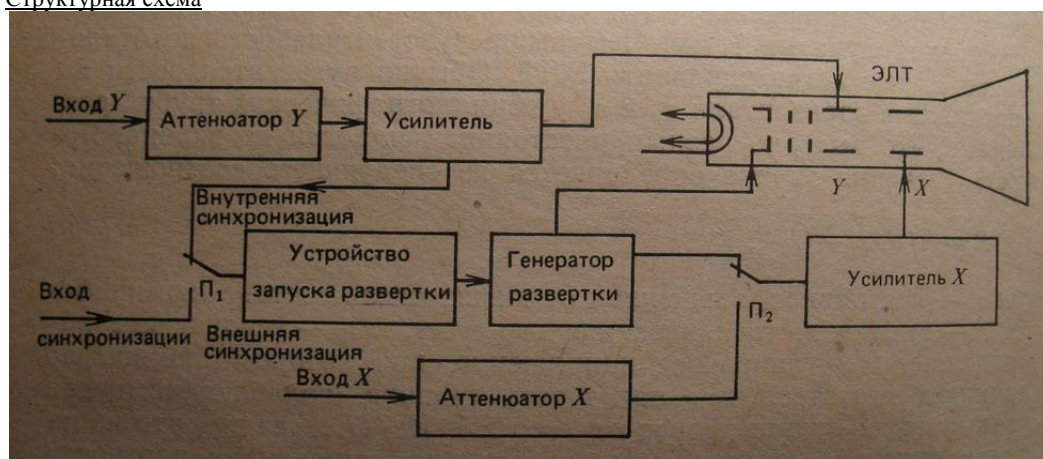
$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$



диодный мост:



Структурная схема



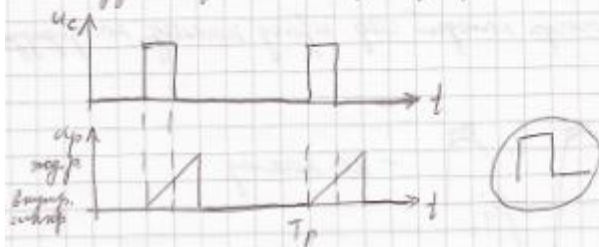
8) Режимы работы и формы напряжения внутреннего генератора

Режимы работы и формы напряжения внутреннего генератора

1) автоматический режим T_D



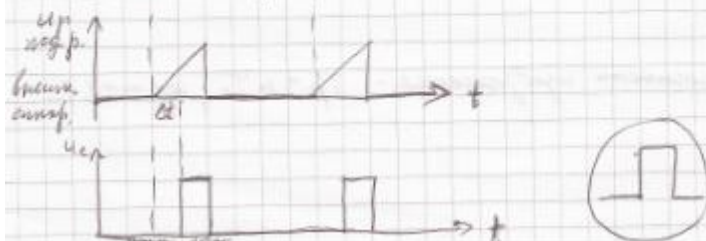
2) ручной режим генератора (TR)



Виды синхронизации: синх-прелезка возбуждения сигнала

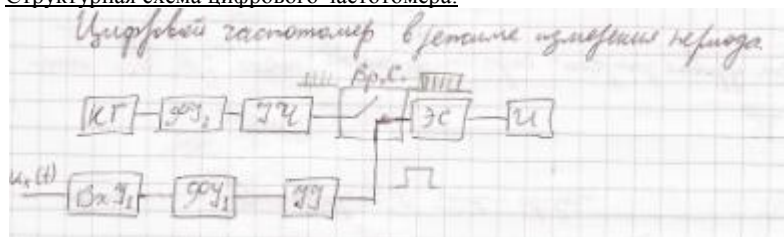
1. Вынужденная синхронизация

2. Внешняя синхронизация



9) Цифровой частотомер

Структурная схема цифрового частотомера:



ФУ – формирующее устройство

КГ – кварцевый генератор

ДЧ – делитель частоты

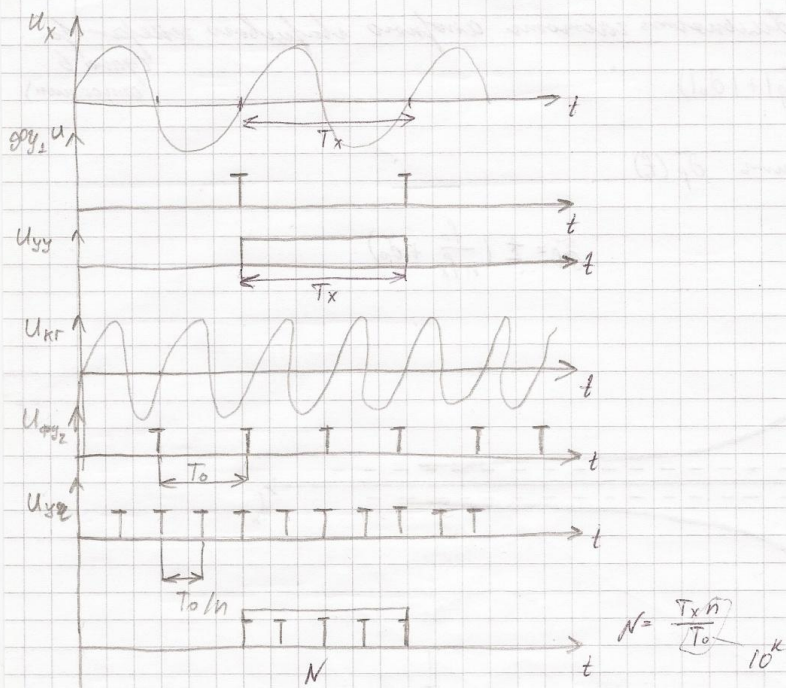
УУ – управляющее устройство

ВрС – временной селектор

ЭС – электронный счётчик

И – индикатор





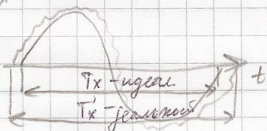
$$\tilde{\sigma}_T = \pm (|\tilde{\sigma}_0| + |\tilde{\sigma}_y| + |\tilde{\sigma}_z|)$$

$$\tilde{\sigma}_y = \pm \frac{1}{N} = \pm \frac{T_0}{n T_x}$$

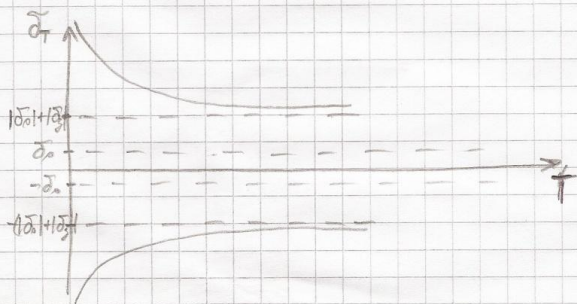
$\tilde{\sigma}_z$ - погр. уровня запуска - выз. погрешности, факт. $\pm K \frac{U_{in}}{U_c}$ - шум

$$\sigma_z = \pm K \frac{U_{in}}{U_c}$$

u_x

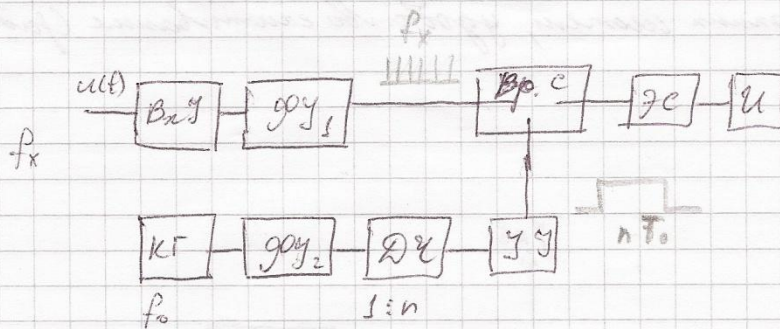


- из-за шума $\tilde{\sigma}_z$ сдвигается с погрешностью $\tilde{\sigma}_z$



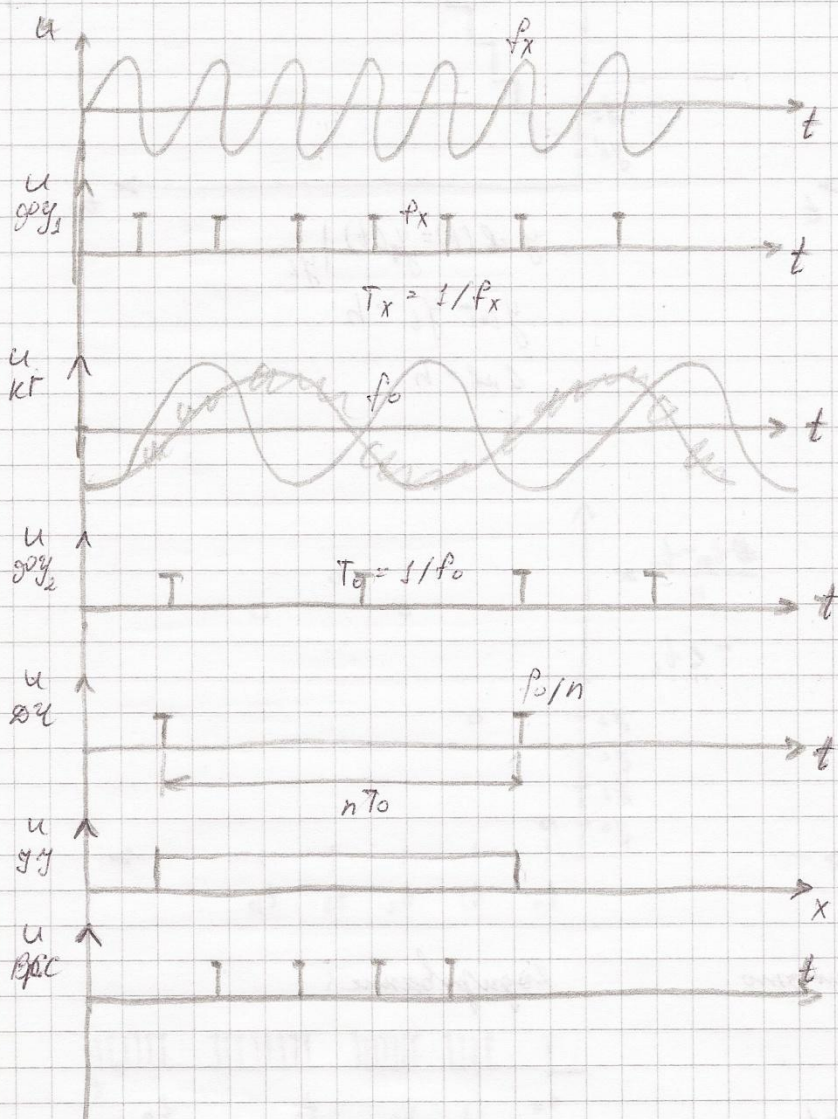
10) Погрешности измерения интервалов времени цифровым методом

Вид преобраз: время-импульсное преобразование.



ФУ - формирующий устр.

КГ - кварцевый генератор
ДЧ - делитель частоты
ФУ - формирующий устр.
Вр.с - временной селектор
ЗС - электронный счетчик
И - индикатор



$$N = \frac{nT_0}{T_x} = \frac{n f_x}{f_0} \cdot 10^k$$

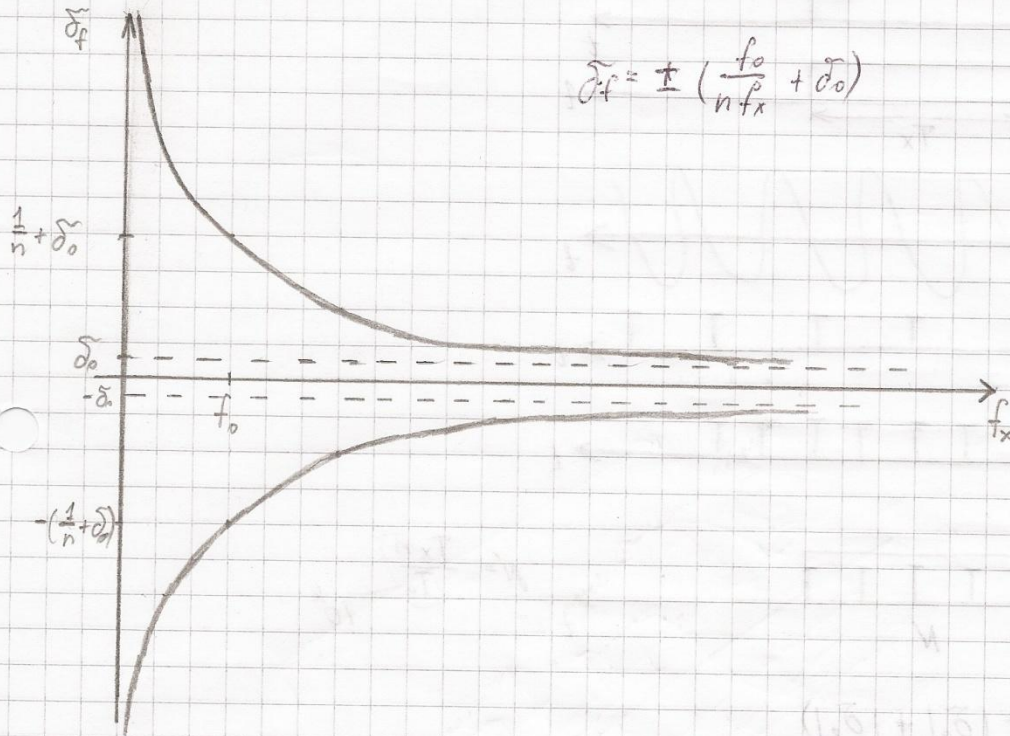
$$\sigma_g = \pm \frac{1}{N} = \pm \frac{f_0}{n f_x}$$

σ_g - погрешность дискретизации

δ_0 - нестационарность частоты аналогового кварцевого генератора
(дана в отсчетах)

$$\delta_f = \pm (|\delta_g| + |\delta_0|)$$

г.з. рассмотрим $\delta_f(f)$



Считаем $n T_0 < 10$ - техническое условие

Угловый частотный вращающийся элемент

