

Название документа: Лекции по метрологии и радиоизмерениям.
(МАИ, 14ый факультет, 3ий курс, первый семестр)

Отсканировал: Константинов К. В. [NIMESIS]

Сайт: <http://frela.myl.ru/>

Метрология и измерительная техника

- Ворошик Владимир Евгеньевич
Многопредельный микромпервольтметр
1. II Тестер (Б.Г. Страусов Электр. и Рад. За. 29-50
МАН 80г. измер. прибора)
 2. IV Измеритель добротности (Б.Г. Страусов
Q-метр измер. доброт. и
резонансметров
МАН 80г. 3-27)
 3. VIII Осциллограф (Ю.В. Трунин
МАН 78г. 3-46)
 4. IX Частотомер
- (Б.Г. Страусов. Электр. и Рад. Техн.
МАН 78г. измерения)
39-70

Кушнин Ф.В. Электро-радио из-
мерения

Ленинград Энергоинотизат

Кукуш В.Ф. —||—

Москва Радио и СВЯЗ 85г.

Винокуров В.И. —||—

—||— 86г.

Г.Я. Мирский Электронные
измерения

—||—

86г.

Сигов А.С. Электро и радиоизмерения
Москва Форум - цифра 2005

Кузнецов В.А. Измерения
параметров напряжения различной
формы МАИ 91г.

Виды радиопередач

- 1) Эксплуатационные
- 2) Производственные
- 3) Лабораторные
- 4) Паспортные

Особенностью р.т. измерений -

- 1) Разнообразие измер. величин
- 2) Широкий диапазон частот
- 3) Большие пределы измер. величин.

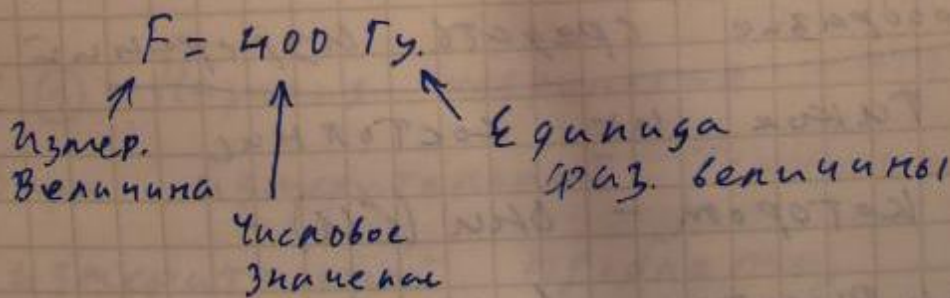
Метрология - это наука об
измерениях, методах и средствах
обеспечения их единства и
способов достижения требуемой
точности

Измерение - нахождение значения
физ. величины опытным путем
с помощью спец. техн. средств.

Физ. величина - это свойство,
общее в качественном отношении
для каждого объекта

Размер величины - это кол.
содержание в данном объекте
свойства, соотв. константу
величины

Значение величины - оуеи ка
величины в виде некоторого
числа применительно для нее
единицу.



Единство измерений - это
состояние измерений при
которых из результатов измерений
в их единицах (т.е. размеры
кот. соотв. единицам воспроизв.
этальнами), а погрешности известны³

с заданной вероятностью
(не выходя за уст. пределы)

Единство измерений позволяет

обеспечить сопоставимость

измерений выполненных в разное

время, разными средствами

и методами

Е. И. обеспечивается:

- 1) Едиобразие средств измерений
- 2) Правильностью методик выполнения измерений

Едиобразие средств измерений

это такое их состояние

при котором — они (СИ) —

градуируются в установленных

единицах

их метрологические свойства

соответствуют установленным

нормам

Основы метрологического обеспечения

1) Научная основа
- метрология

2) Нормативно-техническая основа - комплекс
Гос. и междунар. стандартов.

3) Организационная основа -
- сеть Гос. и ведомственных
метрологических служб.

4) Правовая основа

- Гос. система
обеспечения единства
измерений

К ① Научная метрология - это
база измерительной техники,
измерительной аппаратуры,
средства и приборы, методы
и методики измерения

② НТ основа сост. из след.
систем - Гос. эталонов

единиц физ. величин

- передача размеров единицы физ. величин

- от эталонов и не стоящих
по поверочной схеме
- Разработки, производство
и выпуск в обращение
средств измерений обеспечивающих
требующую точность и характеристики
 - обязательных гос. испытаний
средств измерений
 - обязательной гос. и ведомственной
поверки или метрологической
аттестации СИ
 - общие методы нормирования,
оценки и контроля
метрологических характеристик
СИ

③ Орг. основа - это метрологическая
служба РФ, сост. из государственной
и ведомственных метрологических
служб, которые с 2004 г.
возглавл. федеральное агентство
в по тех. регулированию и метрологии

(Бывший Госстандарт России)

Основные объекты

стандартизации

ГСИ

- 1) Единицы физ. величин.
- 2) Гос. эталоны и общероссийские поверочные схемы
- 3) Методы и средства поверки СИ
- 4) Калиброванные
- 5) Классы точности измерений
- 6) Способы выражения и формы представления результатов измерений и показатели точности измерений

$$U_{изм} = 4 \pm 0,1 \text{ при } P_{гос} = 0,95$$

- 7) Методики выполнения измерений
- 8) Методики оценки достоверности и формы представления данных о свойствах веществ и материалах

9) Требования к стандартным образцам, составу и свойствам веществ и материалов.

10) Организация и порядок проведения Гос. испытаний поверки и метрологической аттестации СИ, метрологической экспертизы, нормативно-технической, проектной, конструкторской и технологической документации, экспертизы и аттестации данных о свойствах веществ и материалов.

11) Термины и определения в области метрологии

Виды измерений

- 1) Прямые
- 2) Косвенные
- 3) Совокупные
- 4) Сдвоенные

① П.И. при котором искомого
значения величины находят
непоср. в результате вычисления
измерения.

(Основан на методе сравнения
измеряемой величины с
мерой этой величины или
же на непосредств. оценке
значений измеряемой
вр. по отсчетному устройству.)

② К.И. при которых искомого
значения велич. получают
после прямых измерений
величин связанных с измеряемой
известной зависимостью.

③ Совокупное измерение - это
прямые измерения нескольких
одноименных физ. величин,
когда искомого знач. находят
решением сист. уравнений получ

при разл. сочет. этих
величин.

④ Совместные измерения

это производимые одновр.

~~два~~ двух или нек.

неодновременно величин.

для них зависимости

между ними.

(Завис. сопр. резулт. от t°)

Основные методы

измерения

I Метод непосред. оценки -

- это метод. изм. при

котором знач. изм. велич.

овр. непосред. по отсчетному

устр. измер. прибора

прямого действия

(т.е. прибор не имеет обр.

связи.) Точность отриц.

погрешностью измер.

10 прибора.

II Метод сравнения

Нулевой, дифференц., и др.

-) Нулевой - при кот. действ.

измер. велич. по и уравнению
образуемой

-) Диф. метод - когда измер

различа между измер.

величиной и близкой

ей по значению известной

функцией

III Метод замещения - при

котором действие измер.

величины замещается

образуемой

-) Компенсационный - это

метод. при кот. действ.

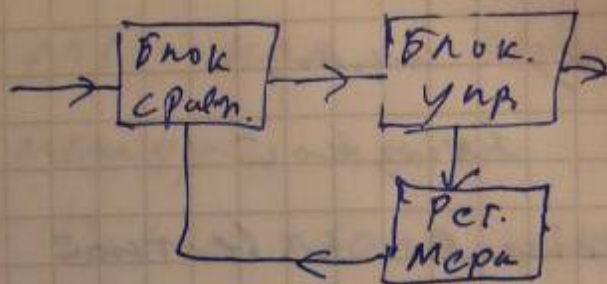
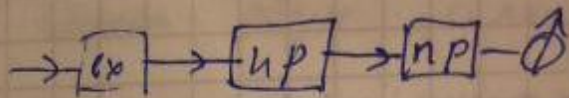
измер. величину компенсируется

(уравнивается) образуемой.

Мостовой метод - это когда

достиг. нулевого знач. тока

в измер. диагональ
моста, в кот. включен
чувствительной индикаторный
прибор. (Нуль-индикатор)



Любой изм. прибор сравнения
должен иметь четкую обр.

связи и замкнутую структуру.

В цепи обр. связи всегда

форм физ. величина, выходящая
с измеряемой

Метр - расстояние прох. светом
в вакууме за $\frac{1}{299792458}$ с

Килограмм - единица массы
опред. как масса международного

прототипа, предст. гекангр

из слова магниты и
и ради

Секунда

переход изл., соотв. энерг.
переходу между двумя
уровнями сверхтонкой

структуры атом. состояния
атома уезия - 133

Ампер - это сила тока,
кот. проходя по двум
парал. проводн.
безл. длины и ничтожно
малой площади круглого
сечения, распол. на раст. 1 м
в вакууме вызывает бы
силу взаимодействия
равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на кажд.
уч. проводника длиной 1 м

СИ - это технические средства
используемые при измерениях
и имеющие нормированные
метрологические хар. или свойства.

Классификация СИ

1. Мера

2. Изм. приборы

3. Изм. преобразователи

4. Изм. комплексы

1) Мера - это СИ, предназначенное
для воспроизведения величины

заданного значения (размера

1. Однозначные (кг, м)

2. Многозначные (по кг)

3. Набор мер

2) Изм. прибор - это средства

измерений, предназначенные для

выработки сигнала изм.

и информации, в форме, доступной

для непосред. восприятия
наблюдателем

I Аналоговые

II Цифровые

Показывающие и регистрир.

Прямого действия и сравнения

3) Изм. преобразователь

СИ - измер. для выработки

сигнала изм. информации

в форме удобной для

передачи, дальнейшего

преобразования, обработки и

(или) хранения, но не

поддающееся непосред. воспр.

наблюдателем.

Разновидности

I Первичные

II Промежуточные

III Передающие

IV Мисс табные

4) Изм. Комплекс

- это (и предст. собой совокупность функ. объектов, средств изм. (изм. предпор., преобраз.)

Кроме того в изм. компл.

входят ~~и~~ вычисл. и

вспомогат. устр.

каналы связи, и

предп. для обработки сити.

изм. информ. в форме

удобной для наблюдения

или для автоматич. обработки,

передачи и (или) исп.

в автоматических сист.

управления

Разновидности:

I Проверочные изм. компл.

II Рабочие УК

III Информационные УК

IV Изм - вочислителни
комплекси

Делние средства измерения
по диапазонам
частот

в котором данное СИ работает
или сохраняет нормированные
метрологические хар.

Решением МККР сум. различение
поис в спектре частот

для радиосвязи, радиовещ, и ТВ

КНЧ 3 - 30 Гц

СНЧ 30 - 300 Гц

УНЧ 300 - 3000 Гц

ОНЧ 3000 - 30 кГц

НЧ 30 - 300 кГц

СЧ 300 - 3000 кГц

ВЧ 3 - 30 МГц

ОВЧ 30 - 300 МГц

УВЧ 300 - 3000 МГц

СВЧ 3 - 30 ГГц

КВЧ 30 - 300 ГГц

Разделение СИ

согласно метролог. службы

I Эталоны СИ

III Рад. СИ

Этапоп.-СИ (или компл. ~~СИ~~ СИ)

обесп. воспроизв. и хранение
единицы с целью передачи
ее размера неместоящим
по поверочной схеме.

Этапоп. уст. в Росстандарте

с второго уст. порядке

Передача размеров единиц

от эталонов к рабочим мерам
осущест. посредством

образцовых СИ

Образцовое СИ — это

мера, изм. предвр, или

изм. преобразователь, служащий
для проверки по ним других

СИ,

утилитарных и хич.
образовых по кат. точности.

Первичный этап.

Рабочий этап.

Этап 1. разр.

Этап 2. разр.

Этап 3. разр.

Этап 4. разр.

Этап 5. разр.

При проверке этапов выдир.
опр. алгоритм изм.

Алг. изм - точное пресуществление
о выполнении в опр.

корячке софокунности операций,
обеспеч. изм. знач.

приз. величины

методика изм. - это дефиниция
категорий расходов проекта

изм, регламент, методик,

средства и алгоритм опр.

измерений, а также обраб. раз. 19

обеспеч. заданную точность

Метрологический характер

СИ и их нормированные

МХ - указ. в нормат-техн.

документах на СИ и

номенклатура по хар.

строго соотв. ГОСТу.

Перечень нормируемого МХ

I Пределы измерения
Пределы шкал

II Цена деления равномерной
шкалы аналогового
прибора (или многозн. мерки)

Если шкала неравномерн. -

- мин. цена деления

III Для цифровых изм. приборов,
выдающей код, число

разрядов кода, номинальная

цена единицы наименьш

разряда.

IV По гнетности СИ

V Вариация показаний прибора или выходного сигнала

VI Полное входное сопротивление

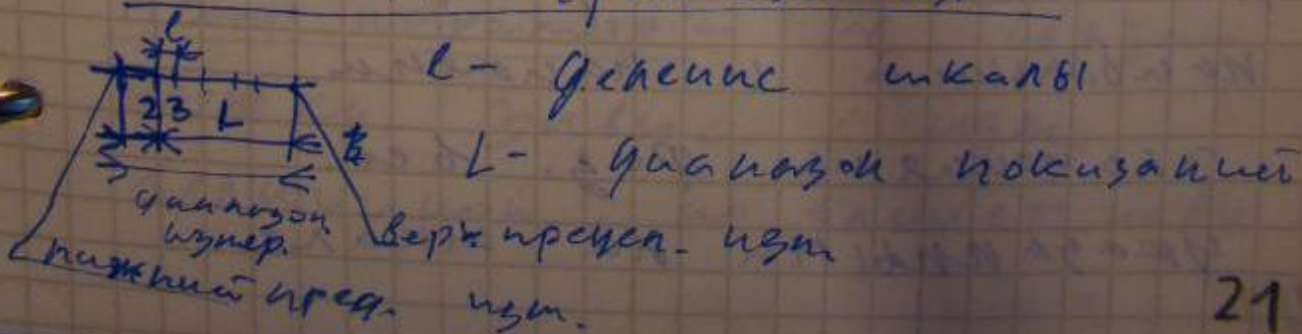
VII Полное выходное сопротивл. преобразователя или мер

VIII Неанормативные параметры выходного сигн. измерителя, преобразователя или мер

IX Динамические хар. средств измерений

X Функция близкая (зависимость изменения метрол. параметров от изм. измеряемых величин)

XI Наимен. групп. изм. ~~хар.~~ МХ СИ в рабочих условиях применения



Деление шкалы - протекание
теплого потока
соседними
отметками шкалы

Цена деления шкалы -

- это разность значений
величин, соотв. двум
соседним отметкам шкалы

Ради. шкала - это шкала

с делен. пост. длины и

пост. ценой деления

Градуировочная хар. - это

зависимость между отсчетом
и значением величины

на выходе прибора

(табл., график, формула)

Диапазон показаний - область

значений шкалы, ограни-

ченная наименьшим и наибольшим

значениями физ. велич.

указанными на шкале

Диапазон измерений -
предел

~~это наибол. и наимен.~~

знач., Обл. знач. измер.
величины для которой
нормирована погрешность
средства изм.

Предел изм. - это наибол.
и наимен. знач. диапазона
измерений

Параметры входн. и вых. сигналов
СИ -

I Информативные

II Неинформативные

Инд. параметр - это
сама изм. величина, или
величина, функц. связ. с ней
Контр. параметр - не связан.

функц. завис. с изм.
величиной, но влияет на МК СИ

Условия применения СИ

I Нормальное усл. - гар. погр указ. в паспорте

II Рабочие усл. - при кот. прибор ост. работоспособн.

Для НУ нормируется осн.

погрешность СИ, а

для РУ норм. цон. погр.

Фунд. влияния - это

зависимость изм. метрол.

хар СИ от изменения

ближайшей величины или

иной форматы этого параметра

вх. сигн. при раб. усл.

Может быть в виде

графика или таблицы.

Наименование обозначений

СИ

Сущ. группы приборов

A - амперметр

B - вольтметр

24M - мощностьметр

D - аттенюатор (ослабление)

E - изм. нар. компонент
и ценей, усреднот.
параметрами

P - изм. нар. комп. и ценей
с расир. параметрами.
(изм. линия)

Ч - частотомер (изм. времени)

С - спектроанализаторы и
осциллографы

Ф - фазометры

X - характеристографы

И - тен. импульсы

СИ в группах делятся на базис
и обозн. цифрами

E-3 - изм. индуктивности

E-4 - изм. обратности


E-6 - изм. сопротивл.


E-7 - универс. изм.


E-8 - изм. ёмкости


См. каждого вида гл. и т.д.
Значение осущ. по лобокуну.
характеристик, и очерединости
разработок

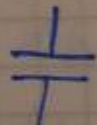
Обозначения нарисованные
на прибор


 - магнито-электр с погв.
рамкой


 М/Э - с погв магнитом

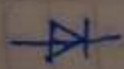
 Э/м, поле созд.
не погв. катушкой


 электро-динамический

 электростатический

 неиз. прибор с термо преобразов.

 изом.
термопара

 Преобразователь
с детектором

 электростатический
экран

Магнитной экран

0

2

Магн. индукция
в милитеслах, выв.
изм показаний

соотв. обознач. классу
точности



напр. в киловольтках
испытательное



Прибор раб. вертикально



—||— горизонтально.



Внимание! см. фом.

указания в паспорте

или инструк. по эксплуатации.



Закрепление вазетт.

Погрешности

Средств измерения

П. - это отличие его показаний от истинного значения

Точность - это качество отрам.

близость к нулю его погрешности (обр. терминна относит. погрешн.)

$\delta = 10^4$ - отн. погр.

0,01% - точность

Одн. напр. напр. погр.

1) Приближенность расчетов

2) Отличие нарм. элем и усл. прибора от тр. расчитных значений

3) Старение элементов измоб.

4) Паразитные параметры элементов.

5) Внутр. шум

6) Изменения влияющих величин

7) Субъективные особенности оператора.

Проверка СИ - это определение метроп. службой потребностей СИ и установление его пригодности к применению по соотв. поверочным схемам с опред. периодичностью.

Классификация потребностей измерений

1. По этапам процесса измерения

- потребн. воспроизв. физ. вел. (меры)
- преобразования
- сравнения
- фиксация рез. сравнения

2. По ист. возникновения

- погрешность метода изм. (методическая)
- инструментальная (аппаратурная)
- внешняя, опр. усл. эксперимента
- субъективная, личное кач. оператора

3. По усл. применения

средства изм.

- основная (при НУ)

- дополнительная (за счёт отка.
усл. от норм)

4. По хар. поведения изм.

величины

- статическая

- динамическая

5. По закономерности проявления

-) систематическая (показ. обычно
с очн.

величиной
и знаком
при вобст
изм)

- случайная (изм. случ. образом)

- Грубая (промах) (следствие
низкой квалификации
оператора)

6) По способу выражения

- абсолютная (баран в сумм.
и измер. величина)

30 - относительная (отном. абс. погр.
к ист или действ. знач)

- прикладная (отношение
в % абс. погр. прибора
к нормирующему
значению (ПЗ - принимается
больше из пределов.

измерения для фактом.
шкалы или стандартных
для общ. видов. Сл

7) По характеру зависимости
от изм. величины

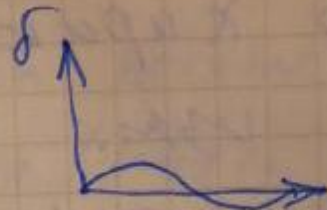
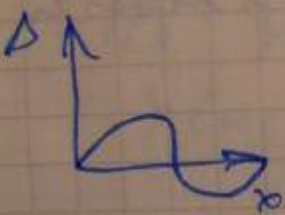
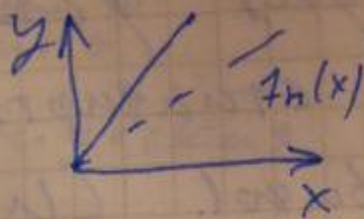
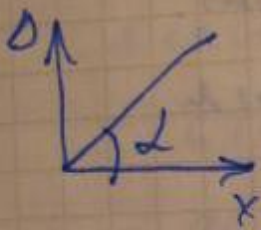
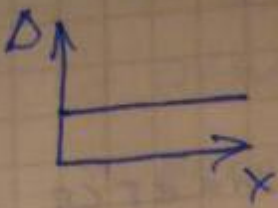
- аддитивные

- независящие от изм.
величины

- мультипликативные

(величина зав. от результ.
измерения)

Различные погрешности
по хар. завис. от изм. вел.



y - результат изм.

Δ - ~~абс.~~ абсолютная погр.

$\epsilon_{y,x}$ - отн. величина погр.

1. ст. - зависимость погр. от x

32 2. ст. - величина погр. ка хар. предпр. сч

3. Завис. отн. знан. погр. отх
погр. имеют систематич.
характер.

Систематические погр.
средств измерений -

- это погр. остающиеся
пост. или закономерно
измен. при повторных
измерениях одной и той же
величины

Пост. сист. погр. ост. безызм

в течение всей серии измерений

Переменные системат погр

измен. в проц. измерения

1. Прогрессирующие СП
монотонно \uparrow в проц. изм.
2. Периодическая систематич.
погр. (знач. кот. явл. период.
функция времени)

3. Измен. по сл. закону.

Случайная погр. СС - это

погр. случ. образом случ. образом
при повт. изм. (не может быть ника. изрес)

может быть и даже уменьшена
с помощью ~~этих~~ частот.

Обработка рез. изм.

Промех — это погр.

сум. иррегулярная иная

отличающуюся в данных

условиях.

Результат измерения с

такой погр. отбрасывается

34

Лекция

08.10

Абс. погрешность - это разность между результатом изм и истинным знач. измер. величины

Относ. погрешность - отношение абсолютной погрешности

к истинному знач. измер. велич.

Приведенная погр. - оцр. отнош.

$$j = \frac{\Delta}{A_n} \cdot 100\% \text{ абсол. погр. прибора}$$

к некоторому, заранее обусловленному норм. значению (%)

Дает возможность сравнения по точности изм. приборов с различн. пределами измерения

Предел допускаемой абс.

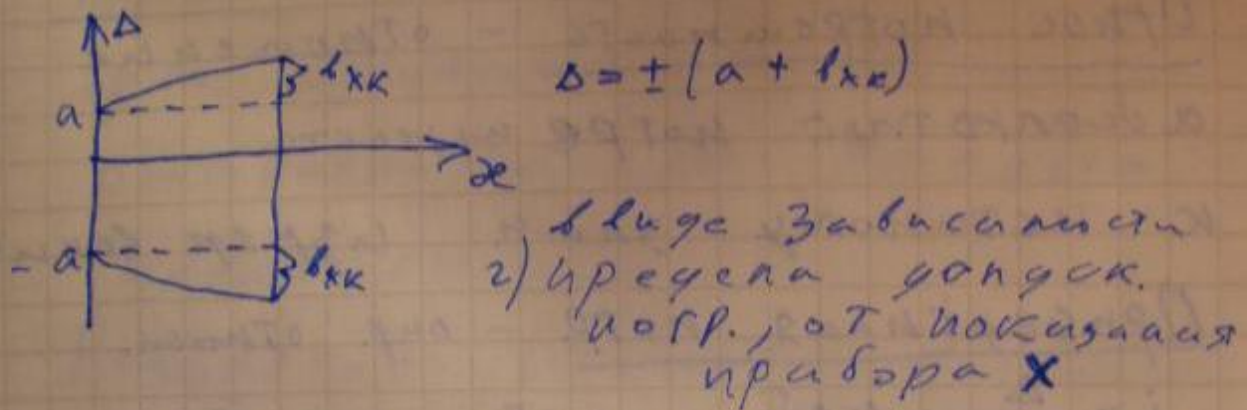
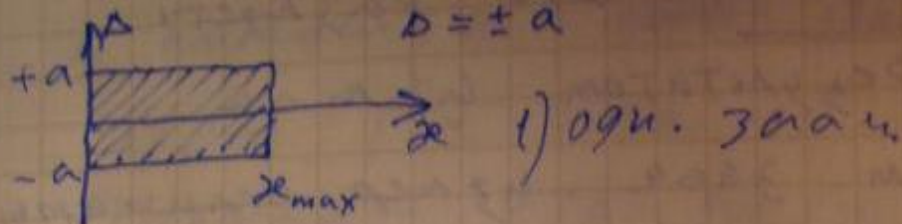
основной погрешности

- это наибольшая основная погрешности средства измер.

при котором оно по тех треб. может быть примен. к классу

35

Способы параметров:



3) Таблицы пределов допусковых погрешностей для разн. показаний

Предел допусковой

относительной основной

погрешности

При относительной форме

может быть выбрано в форме:

$$\Delta = \frac{\pm a}{X} \cdot 100\%$$

$$j = \frac{\Delta}{A_n} = \frac{\pm a}{X} A_n$$

$$\delta = \frac{A}{X} \cdot 100\% = \frac{\pm (a \pm kx)}{X} \cdot 100\%$$

$$\pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{X} \right| - 1 \right) \right]$$

r, q, c, d - выбор из ряда
чисел. или из ряда чисел
точности прибора.

В качестве норм. значения
выбираются:

1. Большой из пределов измерений
если нулевая отметка расн.
на краю или вне диапазона
измерений
2. Сумма модулей пределов
измерения еса. нулевая
отметка расн. внутри
диапазона изм.
3. Длина шкалы или ее
части соотв. диапазону
измерения если шкала
существенно неравномерна (омметр)
4. Номинальное значение изм.
величины (если таковое есть)

б. Можно разности предположить
измерений, если при этом
шкала с уст. нулем

Класс точности

- это обобщенная характеристика
точности СИ

(опр. пределами допуск.

оли. и доп. погрешн.)

Обозначение класса точности:

Формула выражения погрешности

$$j = \frac{D}{X_n} \cdot 100\%$$

Если X_n принята равн. доли,

шкалы или со. части $\downarrow 15$

(0,5) - в случ. постоянной отн.
погрешности

Если относ. погр. возраст

с увелич. изм. величины,

то предельн. отн. погр. будет др

$$D = \pm a = \pm (a + bx) \quad M$$

Если округляется при введ. или
относ. погр., то класс
точности обозна. числом
равным числу пропускаемой
погр. в процентах (p или q)
Если процент допуск. погр.
выражен по формуле (*), то
класс точности обозна. и
числами L и D , разд. их
косой чертой.

В случае норм. абс. погр.,
класс точн. обознач.
прописными буквами
лат. алфавита или римскими
цифрами.

Правило округления

результатов и погр. измерения

1. Результат измерения округл.
до того же десятич. знака
котор. оканч. округл. знач.
абс. погр.

- 2) Если цифра старшего из отбрас. разр. > 5 , то ост. цифры числа не изменяют
- 3) Если цифра старшего из отбрас. разр. ≤ 5 , но за ней след. отличные от 0 цифры, то посл. сохр. цифру увелич. на 1
- 4) Если отбрас. цифра $= 5$ а след. за ней неизвестно или нули по посл. сохр. цифру не измен. если она чётная или увелич. на 1 если она нечётная
- 5) Потр. результ. разм. указ. двумя знач. цифрами, если первая из них 1 или 2 и округл. если первая 3 и более
- 6) Округл. результатов измер. производят лишь в окончательном результате, а все промежут. вычисл. производ. с 1-2 лишними знаками

К 1. - лишние цифры
в целых числах заменяют
нулями. Если десятичная
дробь в числовом знач. результ.
и ум. оказ. нулями, то нули
отбрас. со того разряда,
кот. соотв. разряду числ.
погр.

К 2. лишние цифры в
целых числах заменяют нулями
а в десятич. дроб. отбрас.

К 3. При сохран. трех
знач. цифр округл.

$$72507 \rightarrow 72500$$

Обработка результатов

измерений

Обрад. резулт. прямых измерений

Если систематич. погр. определена

ей исключают искомую

поправку или поправочный коэф. 41

Общие и специальные
методы учета и анализа систематич.

погрешности

Общ. - устранение или причина.

повышения погрешности

Специальные методы устр. погр.

1. Метод заметеиця - изм

величина затен. известной

2. Метод комплексных погр по значку.

(пробуд. гра изм. обеспеч.

условие чтобы погр Δ хранили

в результате с противоположн.

знаком) Для погр. известных

по природе, по неизв. по

значению

3. Метод симметричных

наблюдений - метод галевом.

систем. погр., измен. по

линейн. по закону

$$Y = kX + Y_0$$

42 Y - ил. вел., k - коэф. корр. X - вх. вел.

γ_0 - некотр. постоянная

Волны. 3 измер. через равн.

прот. времени, принцип

во втором изм. по оси x ,

а во 1, 3 образцу. мера x_0 .

4. Метод периодических

наблюдений

Применяется для уменьш.

периодических мен. системат.

погрешностей

(2 измер. на периоде, таким образом

чтоб. величины ^{погр.} были равны

и противоположны по знаку)

Практ. вопросы

УСТРАН системат. погр.

1. Устранить част. системат

погр. со начала измер

(част. погр., калибровка)

2. Если известно происхожд. сист. 43

погрешн. и характер её измен.

- в этом случае для поправки или

~~Методы измерения~~

поправочный множитель.

3 Если о характере сист.

погр. ничего неизвестно, или
измерение величин неск.

методами, разными приборами
и в разных условиях

Если известны причины

появления сист. погр. то

неизм. закон её изменения,

величины и знак, или

если известно лишь её пред

знач., в этом случ. счит

сист. погр. случайной

Подобную системати. погр.

можно уменьшить методом

рандомизации.

Если имеем n приборов кот

имеют сист. погр. ацикл.

44 Кросс-инг. (неточность градуировки)

эта погр. может быть уменьш.
стат. обработкой

Исскр. системат погр рез.
измерения рассматр. как
случайную и ~~по~~ оцр.

доверительные границы рывковости
леу. рекомендациями.

1. Если величину изм. погр.

пренебрежимо мала, то

гран. составл. Исскр.

сист. погр. считают

пределы допускаемых

основной и изм. погр. СИ

При суммировании Исскр.

сист. погр. изм. их счит

как случ., а закон распр.

равномерном

При рдн. распр. погр. ~~застав~~

~~застав~~ доб. квадратичн. сумм. ~~исскр.~~ ?

$$\theta = k \sqrt{\sum_{k=1}^n \theta_i^2}$$

k - коэф. заб. от 0.45
при доб. бероятн.

Методы обраб. результатов
прямых измер. с многократн.

наблюдениями

Многократные, равноточные
независимые наблюдениями.

Ост. операции:

1. Исхл. известн. сист. погр.
из рез. набл.
2. Вычисл. среднеарифм. их права.
рез. наблюч., примим. за
рез. наблюдений
3. Вычисляем СКО рез. наблюч.
4. Проверяем гипотезу о том
что рез. наблюч. начал.
норм. закону ~~норм.~~ распред.
а) При числе рез. $n \rightarrow 50$ предпочтит.
явл. критерий χ^2 , пирсона,
миезеса-Смирнова
б) При $n < 50$ предпочит. явл.
46 составное критерий
(проберается в середине и на конг. расп. с n \rightarrow ∞)

1) $n < 15$

Принадлежность нормальному
распр. не проверяется

5) Обнаруж. и искл. грубые
погрешности

6) Уточняют результат измерений.

вычисл. с учетом отбраковки
результ. с грубыми погр.

7) Вычислить довер. прил. случ.
погрешн. рез. измер.

8) Выч. границы искл.

системат. погрешн.

(целеск. остатков)

9) Выч. дов. грани. погр.

рез. измер.

Дов. грани. случ. погр.

рез. измерения устан. для

рез. надл. с норм. законом

исх. из довер. вероятности

Есл. рез. ^{надл.} ~~результ.~~ не прил. зак. распр. 47

10) методы устан. ~~выбросы~~ грани. случ. погр.

должна быть указ и метод. изм.

Потр. при

Качественных измерений

Есть скал. или битчит
любой час по измер. в в л.

То абс. потр. всегда скал.

Есть бис. X, Y изм. с лан.

отн. потр. и при этом $XY = Q$,

то отн. потрешин патра

сумме отн. потр. компьютерной

для чистых алгоритмов

Метод - шаг за шагом

любой расчет может быть

предст. в виде прост. шагов

При этом каждый шаг лан.

всего одну операцию.

Измер. генератора

Лекция
27.20

- Назначение: 1) для измерения чувствительности РТ устройств.
- 2) Снятие АЧХ и переходных характеристик
 - 3) Определение быстродействия переключения
 - 4) Измерение ритмов РТ схем
 - 5) Использование в качестве мерк для изм. пар. сигналов.
 - 6) Имитация сигналов поступающ. на эту аппаратуру в реальных условиях.

Отличие изм. генераторов.

- 1) Возможность точной установки и ретюлировки всех параметров в широком диапазоне
- 2) ИГ имеют изм. прибор (всп.) для изм. всех параметров

ИТ подразд на сл виды:

1) Генераторы сигналов НЧ

Это исг. гармонических
не модулированных или модулированных,
инфразвуковых, звуковых, а ультр. звук
частот (до 300 кГц)

2) Генераторы сигналов ВЧ

Это исг. гармонических,
не модулированных сигналов

Высокой или СВЧ

30 кГц - 300 МГц

СВЧ генераторы с коаксиальным
выходом

(до 18 ГГц)

СВЧ ген. с волноводным
выходом (свыше 6 ГГц)

3) Ген. изменяющейся частоты
(СВЧ - генераторы)

Это исг гарм сигналов

Частота кот. авт. измен.

50 в креслах колоса частот Г-7

4) Генераторы импульсов

это ист. одиночных или

периодич. бисоитн. сигналов

по форме близкой к прямоугол.

Г-5

5) Генераторы сигналов слож. формы

это ист. одиночных или

периодич. бисоитн. сигналов

по форме отл. от прямоугол. Г-6

6) Генераторы шумовых

сигналов

это ист. электр. шумовых

сигналов с изв. спектральной

плотностью мощности

или изв. зващ. мощность

шумов в заданой полосе

частот Г-2

Для имитации реактивных сигналов

предусмотрена модуляция

Амплитудная частота, фазовая } Максимальная
Однополосная схема

Частотная характеристика
комб.

Осн. параметры изм. генераторов

- 1) Диапазон. Ген. частот
 - 2) Прогр. установки частоты
(для боего, или для комп. изм. частот)
 - 3) Завис. прогр. изм. частоты
от температуры
 - 4) Нестабильность частоты
(ЭММ. Геометр. разм. гет.
кол. контуров, изм. напр.
защитных элементов схем)
 - 5) Изм. напр. питания
 - 6) Близкая нагрузка
(приводятся в технаспорте)
- Иссл. после 7,5 ч. прогр.
за время 15 мин.

5) уровень бвх и напряженность
Мин. и макс. бран.

6) уровень гарм. составляющих
Порт. сасу. параметры

(А) - основная кривая порт
установки уровня бвх и нар.

(Б) - доп. порт. уст. бвх и нар.
обусл. из-за температур. (на камп. 10°C
в диапа. раб. темп.)

(В) - постоянство бвх и нар.
при перестройке частоты

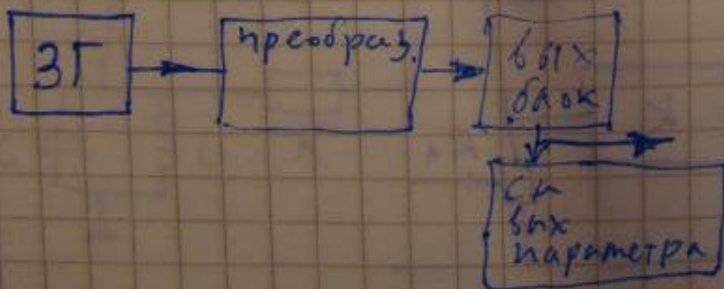
Порт. установка:

коэф. АМ

уровня, девиации ЧМ

длителности имп при ЧМ

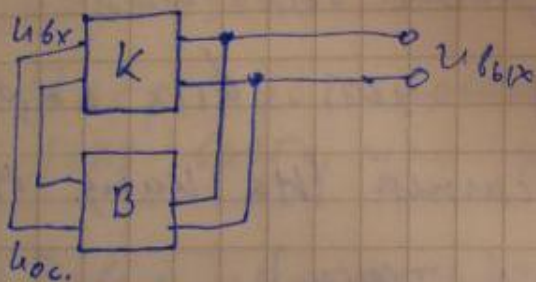
ИЧ генераторов сигналов



преобр. - усиление и
изменение формы

3 метода генерации:

- 1) Прямой
- 2) Бисерный
- 3) Электр. моделирование



K - нелинейный резонансный усилитель

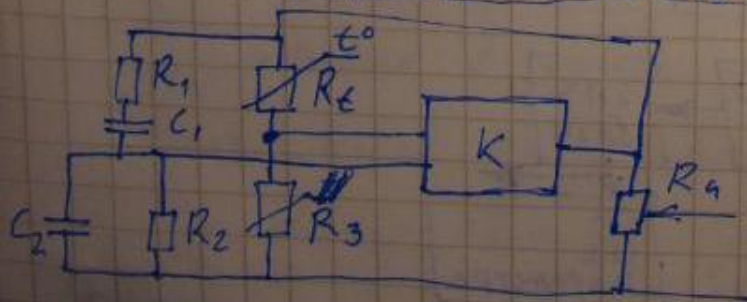
$KB = 1$ - ген. будет рад. в ст. рел.

$KB > 1$ - то ампл. будет нарастать

$$K(\omega) = e^{i\varphi_K(\omega)} / \beta(\omega) e^{i\varphi_B(\omega)}$$

фазовые сдвиги, внос. сдвиги
чтобы обр. сб. на частоте ω

Генератор с мостом Вина.



Услов ПЛОС (R_1, R_2, C_1, C_2) год.

Частота заглавной

R_3, R_4 - стабилизируя свих. контр

для удобства рет. вад. $R_1 = R_2$
 $C_1 = C_2$

Фред.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Линейность, обаз. для авто ген.

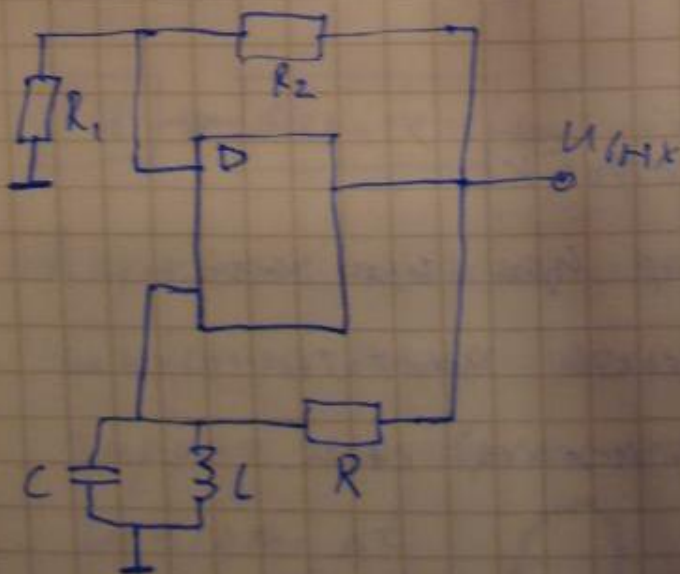
получается для бесценен

Термоконр

Измер. ВС - Генераторы

Частота вып. резонансом

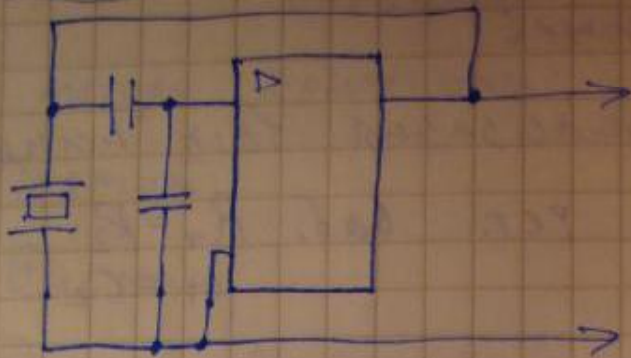
кон. контура.



Баланс ампл.
Услов. вып. C_1
 $R_1 R_2$

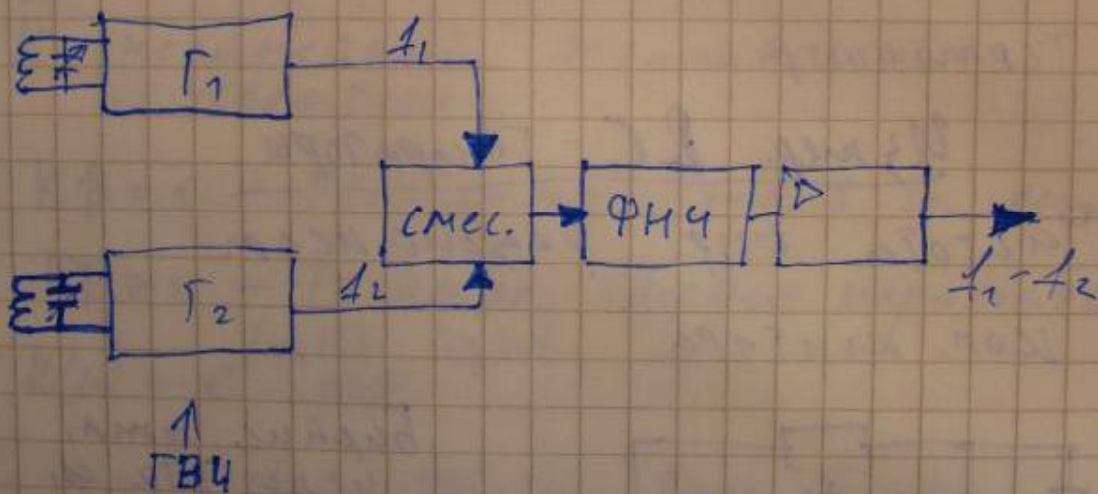
Бал. фаз.
кон. конт.
 CL

Кварцевая стад. частоты



Вместо кварц. исп. кварцевый резонатор.

Метод дуплекс



+ Плавность перестройки

Пост. вых нап. при изм. част.

Выс. стабильность частоты

Малый коэф. нелин. иск.

Метод эл. моделирования

Мод. хол. проу. анализ. уравнением.

Эл. модель содержит усилительное, интегрирующее, суммирующее и инерционные звенья

Метод чис. для созд.

цифра ИЧТ-спер.

Уширבותас изм. Генераторы

Метрал. хар: высокая точность

точности и стаб. частоты

малый котр. нелич. искаж.

(строго синусоид. форма сигнала)

Постоянство уровня Шум

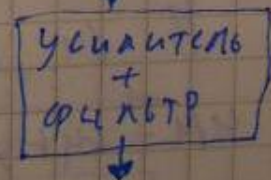


Апроксимированное

синусоид. напр. дискрети-

зируют по времени с

шагом Δt

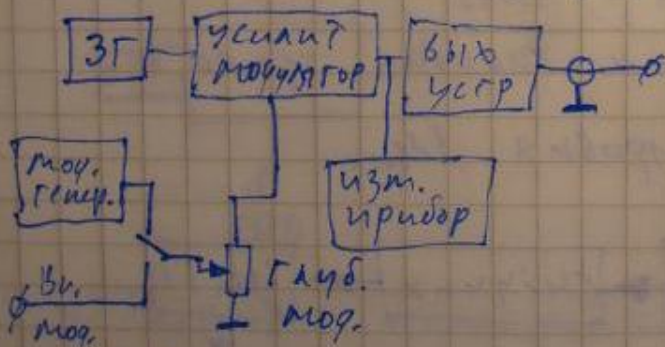


В интерфейсе резонанса два веса.
 моменты времени t_i и t_{i+1} обходящаяся,
 колебания заметен шаг под. тока
 - ступенькой, высота кот.
 равна значению амплитудного
 напр. в момент t_i

В рез. такой заметен вместо
 кривой синус. форма волны.
 с кривоиз. амплитудой

При $T_{\text{гарт}}$ число ступ. $n_{\text{пр.}} = \frac{T}{\Delta t}$

Высокочастотные генераторы



В вы. ген. иск. ам-модуляц. мод.
 ЧМ-модуляц. мод., ИМ-ампл. мод.,
 Частотная, фазовая, ампл. модуляц.

Одн. хар. - югр. уст. частоты

Погр. уст. уровня вх сигнала (V, P)

Погр. уст. коэф. ампл. модуля (AM)
Девиация частоты (ЧМ)

Погр. уст. фронт импульса (ЧМ)

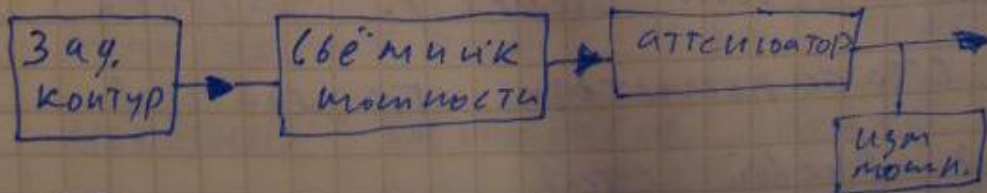
Классы точности уст. по одн. харам.

$F_{0,25}$	$P_{0,5}$	FM_{15}
↑	↑	↑
прегр. югр. уст. частоты	прегр. югр. уст. обх. мхм.	Девиация частоты

Классы точности ВЧ генераторов

харам.	класс точн.					
F	0,02	0,05	0,1	0,2	1	2
P	0,5	1,0		1,5		
AM, PM	5	10	20			

СВЧ - генераторы



ЗГ - отраж. калитров.

Грибная перестр. частоты - механ.

Плавная - изм. частоты втрим.

ЛБВ, Фигур Гайна.

С контуром считается сигнал СВЧ
сигнал. при помощи поур.
устр. связи.

- Генератор СВЧ имеет Цстр.

измер. мощности

Имеют небольшое перекр. на
частоте (не более 2 раз),

однонаправленное построение,

выпуск. сериями бытовых

приборов на участке квадрантов
частот

Генераторы на основе

синтезаторов частот

Это след. ген гарм. напр.

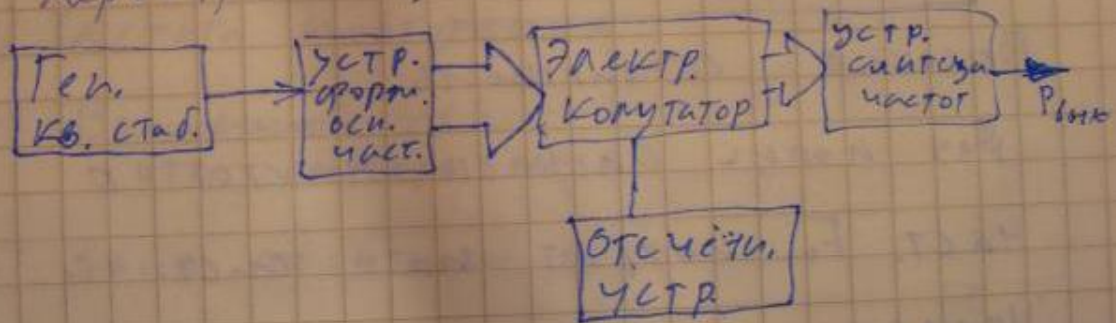
с дискретной перестр. частоты

и стабильностью генераторов

с кварцевой став.

Синт. частоты возм. получить
сетку напр. для сироваха
частот, сэт из отсчетов в
осцыте или соцые чолы
Горча

Обеспеч. хорошую синусоид.
форму сигнала, выс. точность
уст. частоты, возм. программной
перестройки.



Два метода синтеза
частот.

Прямой метод - осн. част. на
многokrаtном изм. част. F_0

исходных высокочаст. колеб.
с помощью операци. деления

умнож. и вычит.

Увеличение осн. на осн. через ч. схему

УМН. - целочисленный элемент +
+ ФИЛЬТР

2. Косвенный - осн. на

принцип синхрониз.

~~вых~~ во. напр. перестр. генер.

с колебаниями бегового

кварцевого ген., ген.

форм. иск. кол. 0,1, 1,0 5 МГц

Осн. треб. к ЗГ

Высокая стабильность

Для точн. опорных частот к

част. F_0 относят на част.

велич. фильтров - это

Осн. в устр. форм. опорн.

частот ($0,01 F_0 - 10 \text{ МГц}$)

Стаб. част. опор. стаб. част.

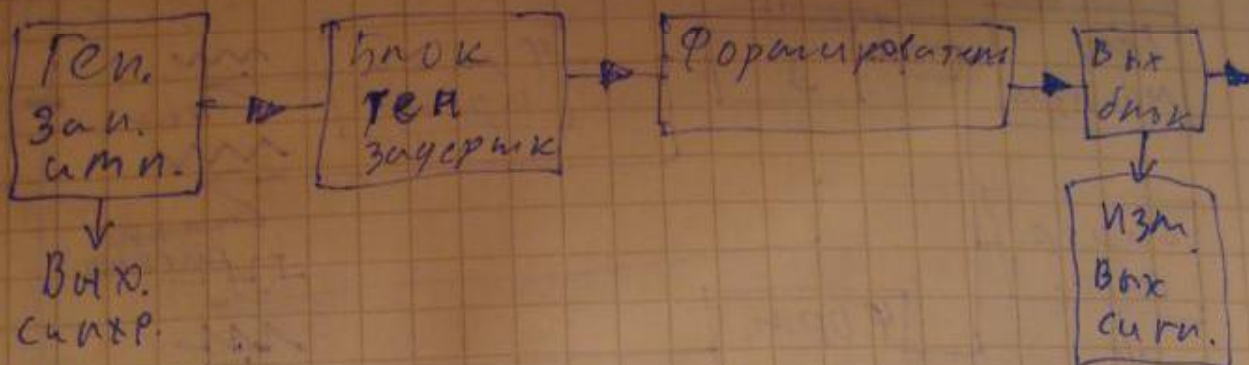
кв. ген. а вывар частоты

внр. коммутатором.

-) Стоимость схем фильтров

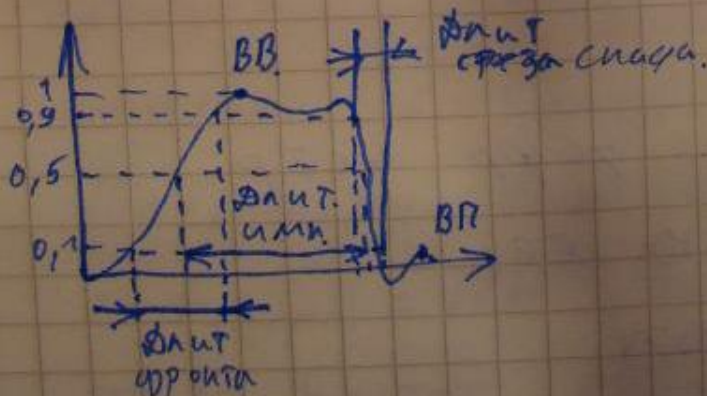
-) Присутствие побочных частот

Генераторы ИС.

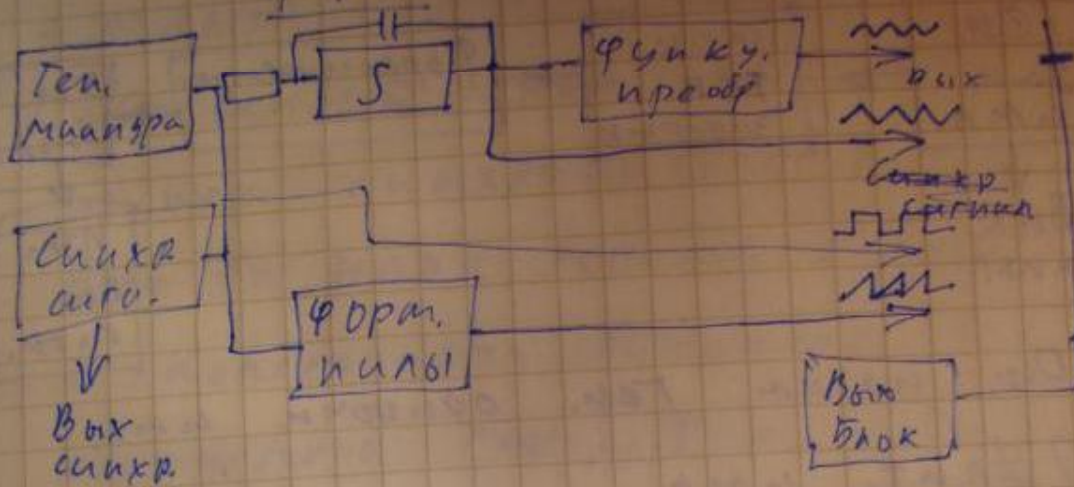


Осн. парам. Ген. оцифров. имп.

- 1) Заит. имп.
- 2) Ампл. импульса
- 3) Частота повторения
- 4) Временной сбит оти. цифро имп.
- 5) Заит фронта и среза
- 6) Неравномерность берш и т.д.



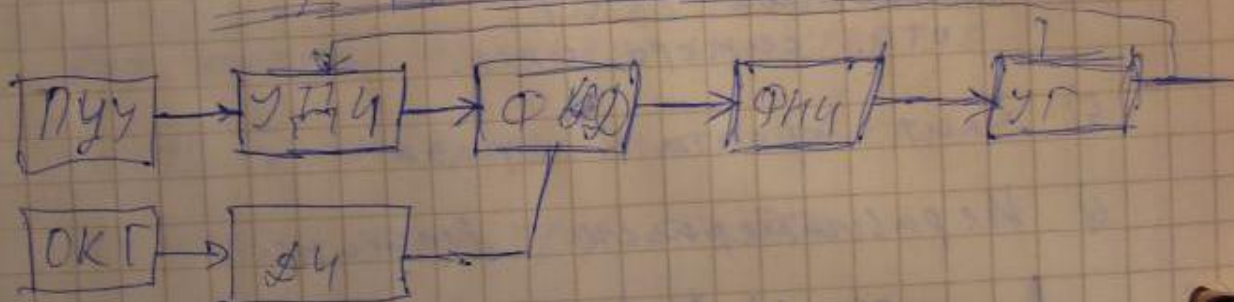
Ген. сигналов спец. формы



лекция 5.11

Аналоговый синтезатор

в управлении управления



ПУУ - программ. делител. частот

ОКГ - опорн. кварц. ген.

ФЧ - дел. частоты

УЧЧ - умнож. частоты

ФФ - фазовый детектор

УГ - умнож. генератор

ФНЧ - фильтр НЧ

На ФД имеются 2 кон. —
1) с таб. частотой $F_{\text{Фонора}}$ (700 кГц)
и 2) с частотой $F/N \approx F_{\text{Фонора}}$.
Через упр. герметич. частоты
с коэф. деления N .

Капр. с воих. фаз. вектора
через ФНЧ возр. на упр. гер.
генератор УТ и подстраивает
его по равенству частот:

$$F/N = F_{\text{Фонора}}$$

Изменяя с помощью ПУУ коэф.
деления N можно кон.

Требуемую сетку частот с
шагом равное $N_{\text{Фонора}}$.

Поскольку для частота связи
с $F_{\text{Фонора}} = NF$, то относ. таб.
этих частот равны

Если в таком синтезаторе
прод. таб. низкой частоты

то между ОКГ и ФД ставит $\neq 4$

Преимущества

1) Концентрация частот антенн УГ
коэф. зав. от упр. эл. элементов
и коэф. перес. ФД и ФНЧ
для получения более
высокой эффективности
изм. частоту УГ

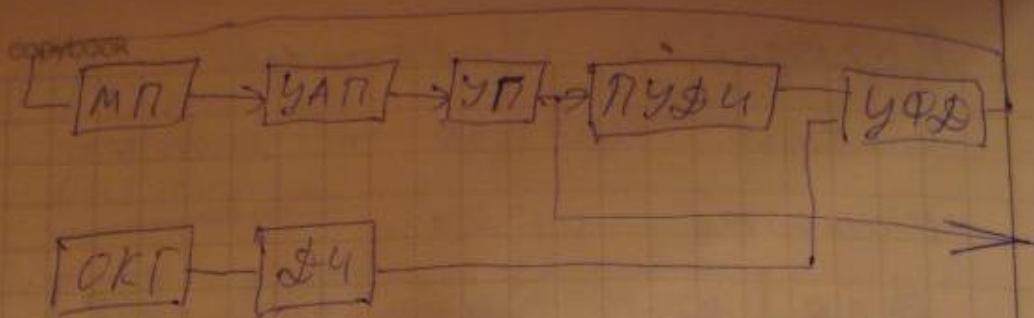
2) Узкие возможности упр.
делителя частоты построенного
как правило на осн. счетчиков
импульсов.

Цифровые синтезаторы

изм. сигналов

Преимущества

- 1) Малое время установившейся частоты при перестройке
- 2) Мал. гребного зав. коэф. малая частота



ПУФЧ - контрол. упр. чел. ил. ст.
 УФФ - цифр. физ. чотект.

В таком синтез. нбдч
 измен. во времени формируе
 посл. временных циклов,
 опр. длительности

Получение цикла чел.
 на несколько подциклов,
 в т.ч. квант. из которых
 котр. деления постоянен
 измен. котр. деления
 произв. в момент перехода
 от одного подцикла к другому
 таким образом чтоб среднее
 за время цикла котр. дел.
 был равен заданному.

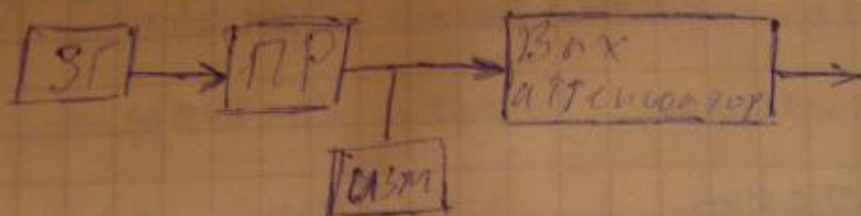
Подстройка заданной частоты произв. в конце каждого цикла.

Для этого изв. чир. температур напр. подстройку на кот поднят с УАП сигнал управления (ошибки, рассогласования)

Сигнал, выработ. УРФ и его уровень соответствует значению среднее за время цикла фаз колебаний, получ. от короткого кипур. тем. и УГ

Затем авт. упр. поднят на микропроцессор, кот. через УАП по заданному коду пред. частоты осущ. прогр. упр. схемой ПУФЧ

Терматоры шумовых сигналов



Области применения

1) Для опред. пред. чувств.

приёмников и усилителей

2) Усл. мощность звуковой мощности

РЭ УСТР.

3) Проверка приборов для

изм. вероятностных хар.

случ. процессов

ЗГ- строится на основе

1. ПР шумовых диодов

2. Лавинно-пролётные диоды
(для вып. бор. мощр. шума)

3. Туннельные диоды (бор. мощность Ш)
, могут быть рассчитаны (прим. 1 как калибр.
ИСТ. шума))

у всех ЦФ большой разброс параметров.

Вакуумные ЦФ

исп. пробовый эффект -
- перитном. вылет электр. с
Катода

Нагретый проволочный резистор

Газоразрядные трубки

Радиоактивные источники

Требования к ЗГ - большое
напряж. поле шума в

требуемой полосе частот

Капрым. должно быть

они само Заключены

вероятностными хар.

Задачи преобразования

1) Преобр. первичного шума
в сигнал. с треб. законом
распр.

copybook

2) Перенос спектра шума
в НЧ область

3) Стабилизация мощности
шума

и сч. амплитуде и длительности
преобраз.

ИЗМ- вольтметр среднек. знач.
и лн. изм. средней мощн.
шума.

Генератор шумовых сигналов

имеют спектр. хар. близкую

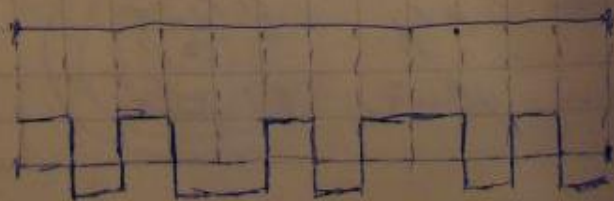
к белому шуму

длительности!

Возм. точного контр.

частоты и точного отп.

счит. хар. ген. сигнала.





Раскл. импульсов по ст.
состоят из $n = M$ ^{элемент.} _{или н.}

прямоу. формы

кот. в соотв с номером
поз во времени при н.

значения ± 1 , простом

перебором можно иметь

такие волн. для кот

$$\frac{E}{E_1} = M \text{ где } E - \text{энергия}$$

всей волн. или, E_1 энерг

одного элемента.

Росл. волн. через $\tau = M \Delta t$

$$\Delta t = \frac{1}{F} - \text{част. след. следств.}$$

члн. или длнт. одного

элемента.

Измерение интервалов времени

Время можно измерить, используя часы и бесконечно

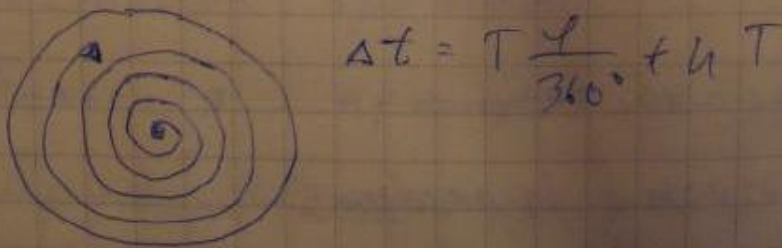
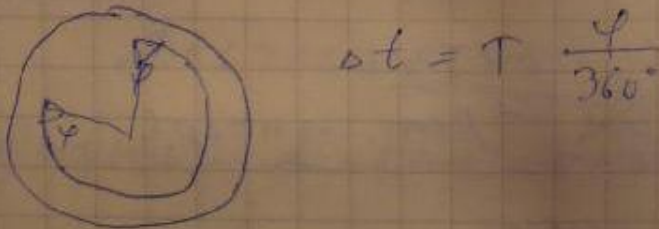
Оциллографические и фотоу.



1) Калибров. развёрток

2) Кар. врем. меток

3) Сравн. с эталоном.



В случае сравнения
разв. ищем большую
длину хода луча, что
даёт большую длину
интервала чЗМ.

В диапазоне от 250 мкс
с точн. 0,03 мкс

Ост. недостатки -

- 1) метод автоматизации
- 2) сложность обеспечения
высокой точн. развертки.
- 3) Существование погр
визуального отсчёта.

~~Не луч. метод~~
~~визм. брел. интерс.~~

- 1) Прямой счёт
- 2) Радиочастотный
- 3) С ином. преобраз.

счётчик

Метод прямого счёта

- прямой счёт коротких

или импульсов трем. чётёрба.

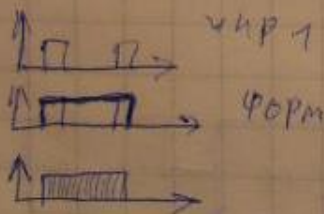


ГСИ - ген. счётн. чип.

ВЛ - временной селектор

ИИ - индикатор

Форм - формирователь



Преимущества -

- физмер в реальном масштабе времени

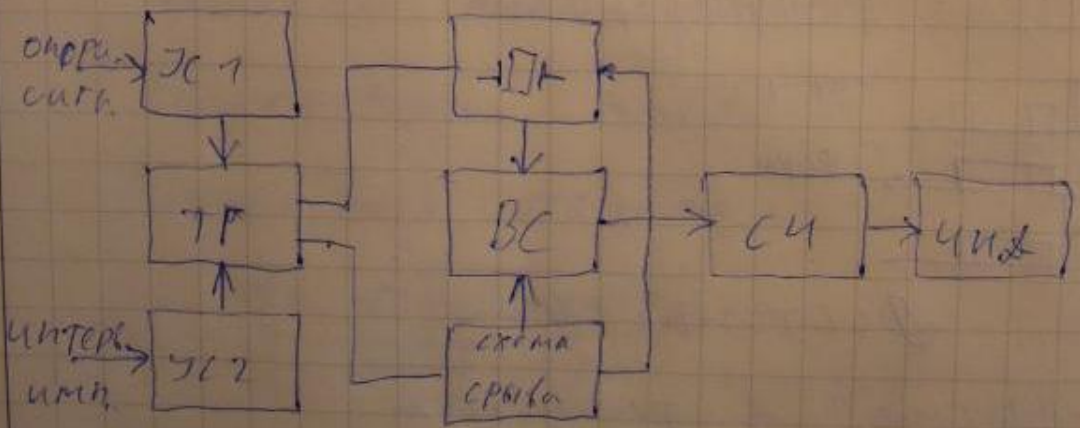
2) Большая производительность

3) Возможность автоматизации

Классификация

Разночастотный метод

Исп. эффект ударного возбуждения кварц. резонатора
 В рез. полук. отрезок синусоид. колебаний, начало и конец которого определ. временем появления опорного и интервального импульсов



содержит
системы и учета. Аналитиче

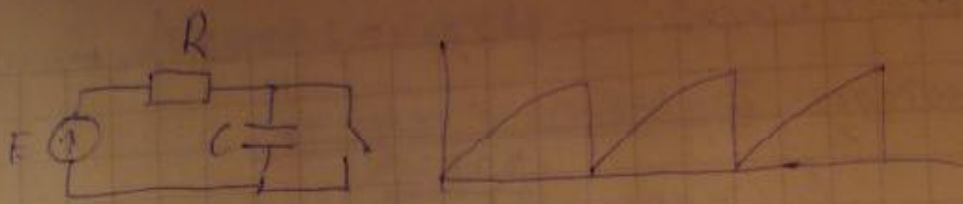
итогу прямого счета

С помощью ~~учет~~

преобразований

Время - амплитуда

77



Уч. приборные приборы
 и з м е р
 и з м е р е н и я
 и т о к а

Преимущества уч. прибор
 методов измер

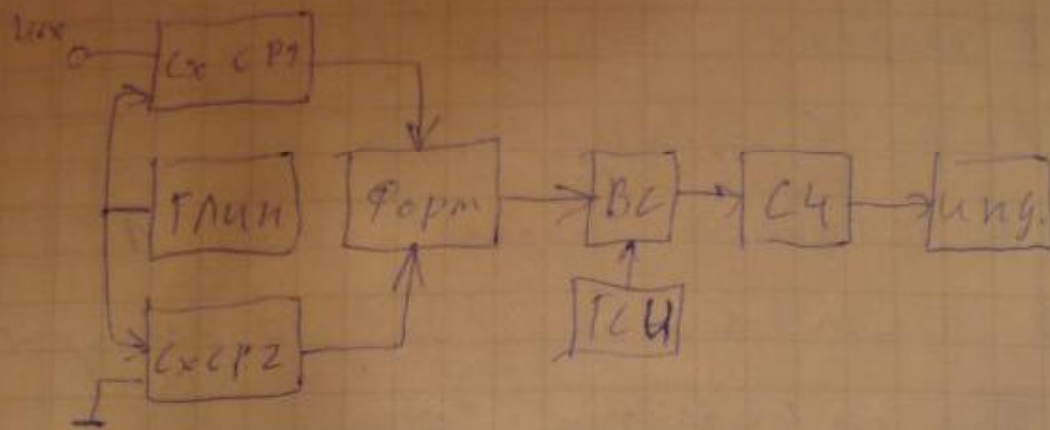
- 1) Автомат. прибор програмируем
- 2) Одр. полярности
- 3) Автом. коррекция погрешности
- 4) Авт. регистр результатов
- 5) Совместимы с ПК
- 6) Выс. точность
- 7) Выс. быстродействие.

С упр. прибор. измер. во
 врем. интервал

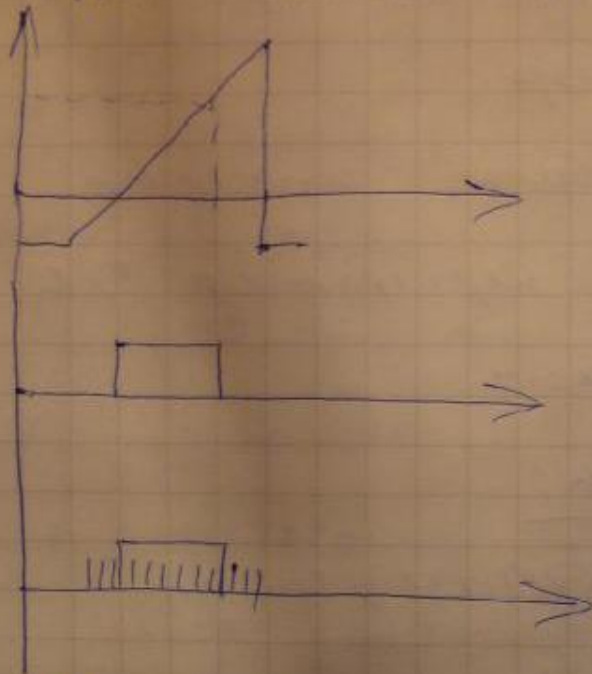
Преобраз. л. частоты

Когер. и импульс. преобр.

Ана- и цифр. кор.



ГЛИИ - ген. лив. изм. напр.



ГЛИИ - генератор лив. изм. напр. начиная с отриц. области значений

В момент обн. напр.

ГЛИИ с 0 уровня, сраб.

Схема сраб. 2. Умк. с Вых
схема пост. лив. формирования

Иач. форм. врем. интервал

В момент появления на пр.
глиц с измерением

срабатывает схема пр. 1

и этим импульсом формируется
закон частоты ФРМ.

Врем. интервала протект
измер. на пр.

Сформиру. врем. интервал

частоты на преобразоват. ЧУС
опр. от глиц.

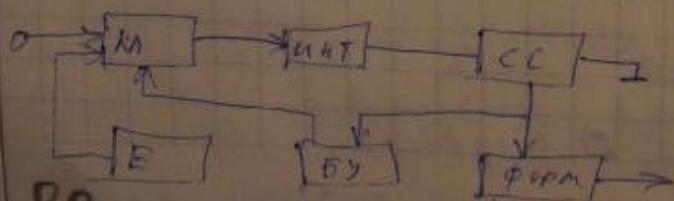
Погрешности:

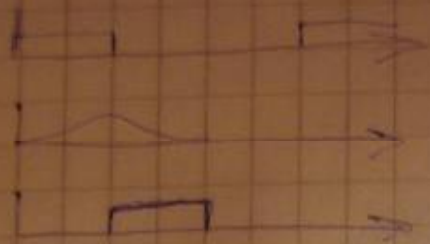
1) Погр. дискретизации

2) Костаб. ГСЦ

3) Копии. и логарифмизм. на пр.

АУП время-имп.
обратн. инт.





БУ имеет форму интервала t

и тем, кот. возм. выпр.

прохода через канал. Иост.

на входе интегратора и

увелич. напр. на его выходе

по окончании частот. f и ум

напр. U_x откл. и на входе

интегр. поступ. выпр. Еобразу.

со знаком U_x прот. U_x

Кривотого \leftarrow БУ на форм

Иост, сигнал о начале

форм. Форм. интервала

Поф. действ. Еост. напр. на

вход интегратора уменьшается до

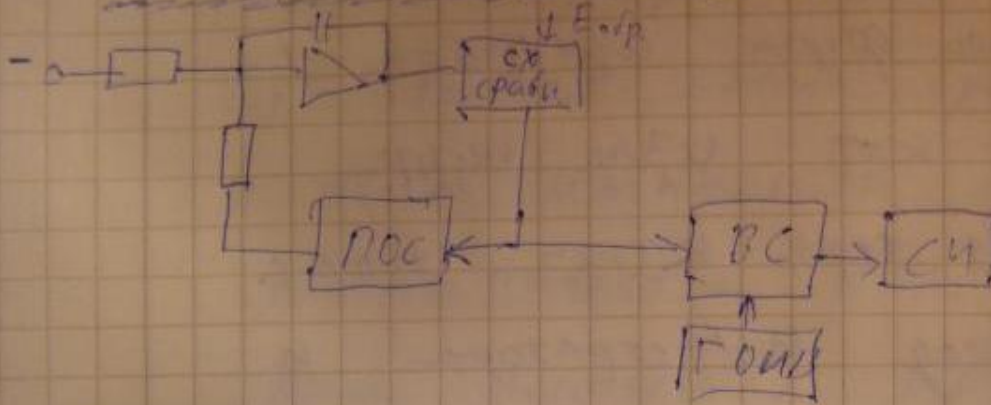
нулевого значения, при этом с кот

схемат. равен вост. или Иост.

на форм. об. оконч. форм.

- 1) Погр образы катр
- 2) катр сраби
- 3) 2 погрени периметр

Алп - преобр катр \downarrow частоту



ГОИВ - Ген. опорн. част. фронт

Измер. катр \downarrow част. ил. вход

интегратора. При совпадении

$E - E_{обр}$ сраб. схема срабляется

с вход. част. ил. част. ил. преобр. одр. ст.

иел. на вход. интегр

необр. и част. для того чтобы

привести интегратор

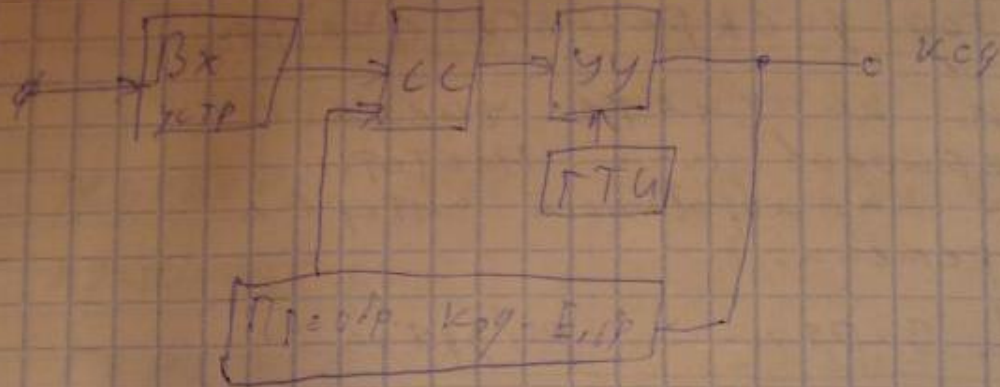
в вход. част. ил. част.

иел. на вход.

на вход. част. ил. част.

част. ил. част. ил. част.

АУП по разрядам
управления.



Поиск по системе управления
преобраз.

Осцил. УЧН с разрядами
напряжения, разря. код.
разр. по отп. закону.

Пример по закону код.

раскол. разрядов в убойной
сист. смес.

Если какаждому разря код.

в кодь измерения проп.

всех разрядов, то сумма

таких измер. код с

учетом фактического кода будет

УЧН разря. этого код. код.

Измерение частоты

Оси. методы

-) Метод дискретного счёта

Оси. на счёте числа периодов изм. частоты за калибровочный интервал времени.

-) М. заряда и разряда

Конденсатора

Оси. на изм. среднего

тока разряда или заряда образцового конд., переключ.

из заряда на разряд с известной частотой

-) Метод сравнения с образцовой частотой

(Гетеродинамный частотомер)

$10^{-5} - 10^{-6}$ погр.

В общем случае ^{Точность} ~~качественность~~ зависит от погр. образц. частоты.

частоты (100 кГц - 100 Гц)

использ. 1 кач, переносчик
частоты

-) Резонансный метод

М. состоит в настройке
резонанс. кол. цепи перед
прокалдровкой по образцу.

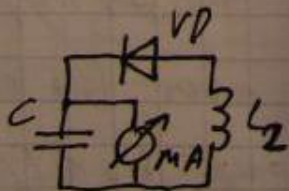
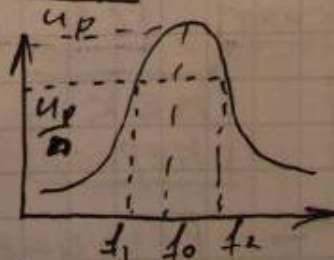
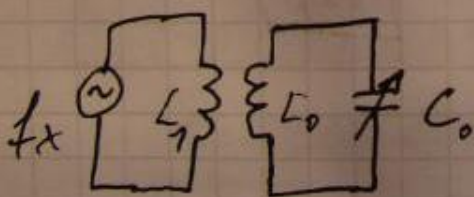
Генератору. Отсчет измер.
частоты ввр. по шкале
связ. с элементом настройки.

Отличается простотой

10^{-3} точность

Проходной резонансный

Частотомер



На кат. L_1 подг.
напр. с частотой f_x

Индукт. связь. КК

$L_0 C_0$ настраивается на рез. частоту

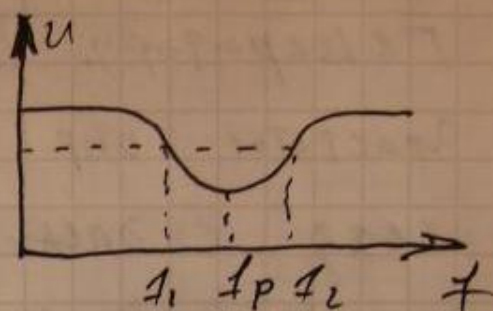
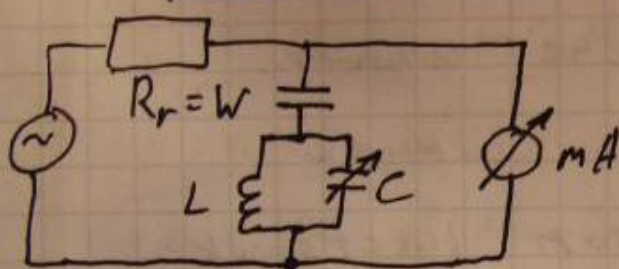
f_x . Ёмк. C_0 протрад. в знач. рез.

частоты кол. конт. $L_0 C_0$

Знач. оур. по итг. котитур
 L_2C и миданатметра.

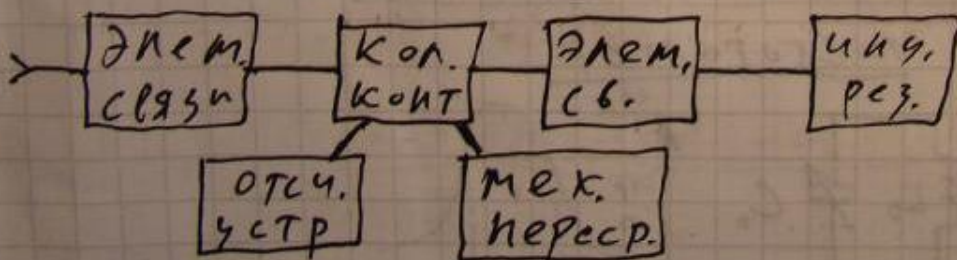
-) Погр. градуировки $\frac{f_1 + f_2}{2} = f_p$
-) Погр. МА-метра
-) Погр. уст. рез. частоты

Поглотительный частотомер

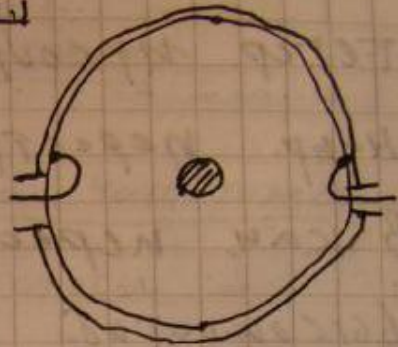
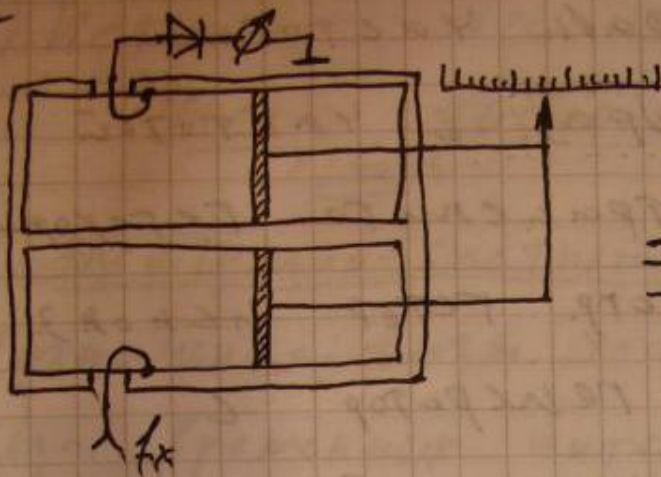
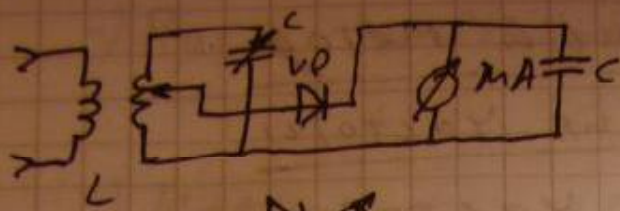


$$\frac{f_1 + f_2}{2} = f_p$$

Структ. схема гдст СВЧ-частотомер



Кол. конт — резонансная контура с сосредоточ. параметрами; (90-100 Мгц)
 контура с распредел. парам, до 1 Г(г)
 объёмные резонаторы (до 30 Гц),
 открытые резонаторы (обыч. до 1 Гц)



Метод сравнения

-) осциллограф. метод.

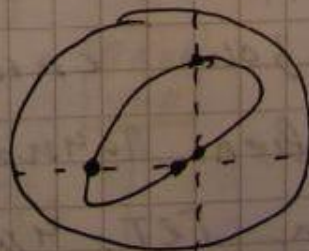
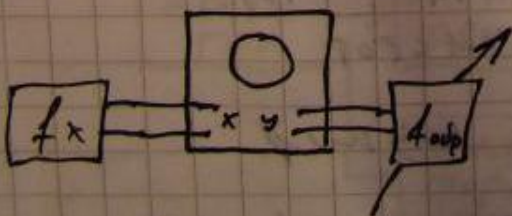
-) гетеродинный метод.

-) с использ. фазометра с

непрер. изм. фазы на КЧ и ВЧ

Метод сравнения с исп.

осциллографа



$$x_{\text{пер}} = 2$$

$$y_{\text{пер}} = 2$$

$$4x = 4y$$

$$x = 2$$

$$y = 4$$

$$2fy = fx$$

Гетеродинный метод

измерения частоты

Оса. на срабн. частоты

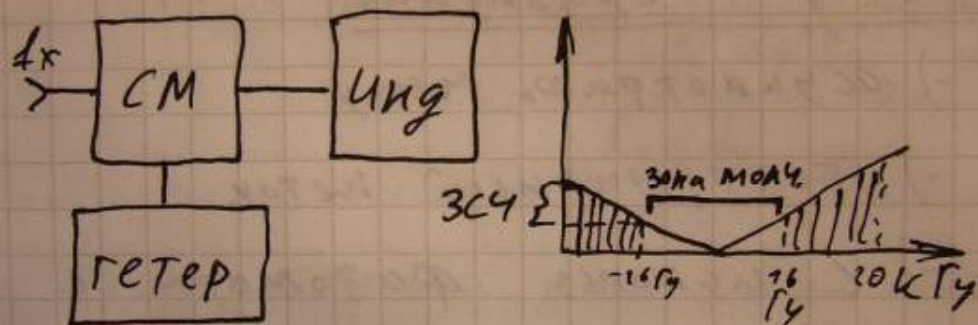
Гетер. преобраз. с частотой

Напр. перестраивемого гетеродина.

В кач. перестр. гетер и снойз.

высокостаб. генератор с

известной частотой



На вых СМ форм разл. кол.

частот $\pm f_m \pm f_n$

$$F = m f_x - n f_x \Rightarrow f_x = \frac{n f_r}{m} + \frac{F_n}{m}$$

ЗСЧ - зона срабн. частот

Для увеа. точности измер.

с пом. Гет. частотом. и снойз

капировка Гетеродина с

помощью кварцевого генератора,

88 и т.д. вместо f_x переу. кач. изм.

-) Погр. сравнения ($\pm 16\text{Гц}$)
(опр. на проз. индикатора)

-) Источность отсчёта

Метод дискретного счёта

Электронно-счётный частотомер

Известны: \rightarrow Изм. частоты

\rightarrow Изм. временных интервалов

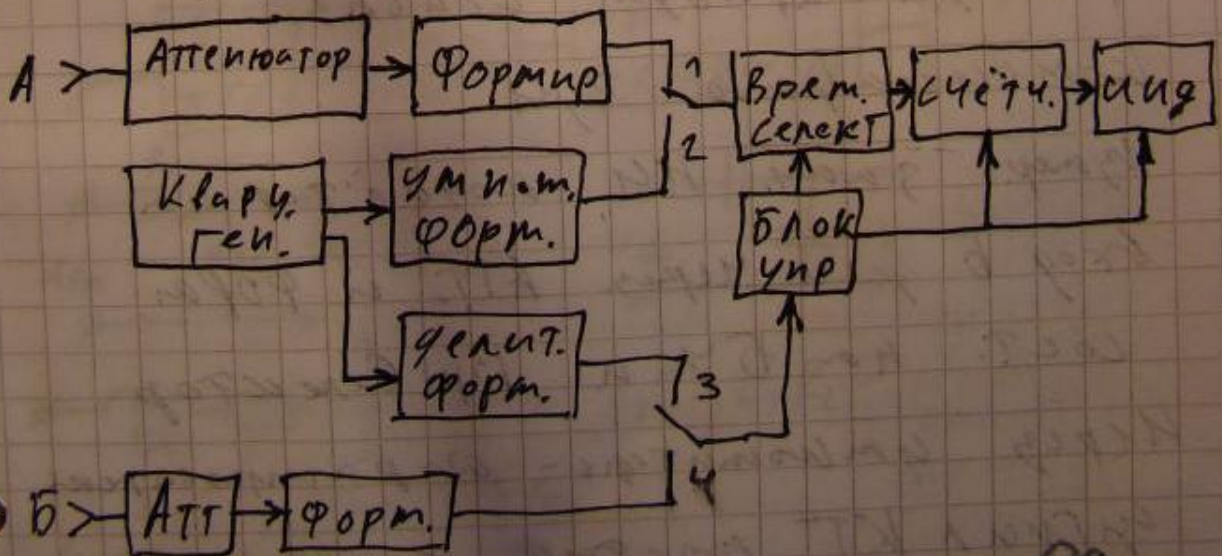
\rightarrow Изм. отношения двух частот

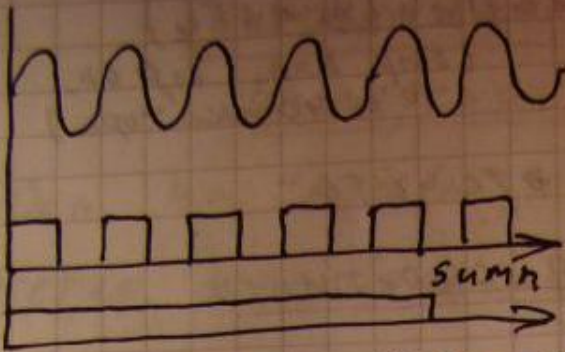
\rightarrow Счётчик импульсов

\rightarrow Генератор частоты

\rightarrow Источник стаб. частот

\rightarrow Измерение напряжений





Измер. частота
показится на
вход А
поком. переки. 1,3

Измер знач.
частоты порт.
по амплитуде

формирователь формирует имп. упробные
для счётч. счётчиком. сформ. и имп.
поступ. вход врем. селектора.
КТ через дел. форм. и блок упр
управл. врем. селектором, то есть
включ. его при входе счётч. имп.
на строго опр. время. В теч.
этого времени счётчик считает
имп., а на инд. показ их кол-во

-) Погр. дискретизации

-) Погр. кварца.

Для изм НЧ исп. вход Б

При изм периода ископс.

комбинация 2,4

Измер. знач. НЧ показится на

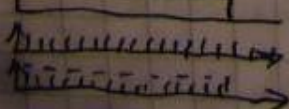
вход Б, и через АТТ. и форм.

вост. на БУ и Вр. селектор

Через утилитарн. - формирователь

сигнал КТ поступ. на врем. сел.

90



Измерение напряжений и тока

-) Метод непосред. оценки

При этом числ. знач. изм. вел. отр. по отсч. УСТР. програ. в су. изм. вел.

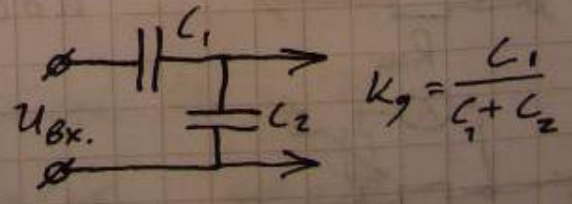
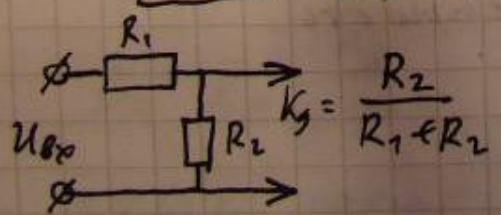
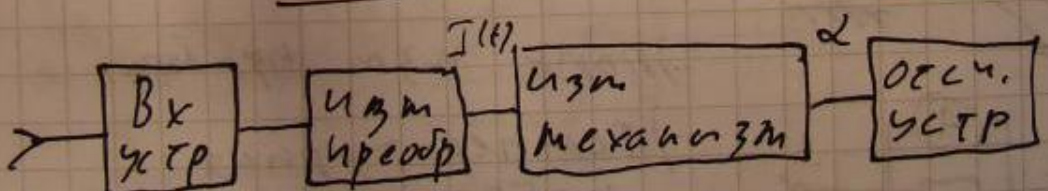
-) Метод сравнения

При этом знач. изм. вел. отр. на основе сравн. возм. быть изм. вел. на какую либо систему (возм. с ии ии) образ. мером

-) Числовой
-) Дифференц.
-) Замещения

Аналоговые изм. приборы

Непосредств. оценки.



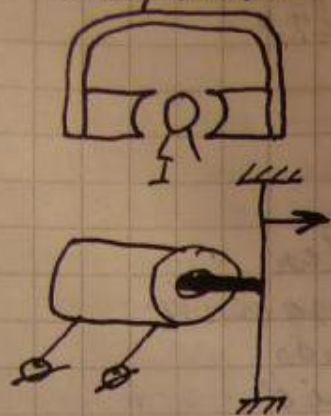
$L_1 R_1, L_2 R_2$ - инд. и сопрот. проводов.

Изм. механизм -

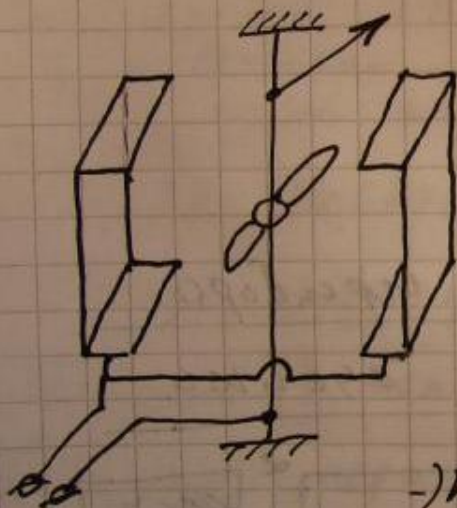
- преобразует подводимую эл.

энергию в механическую

магнито электрическую



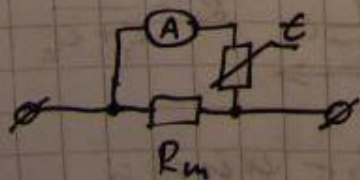
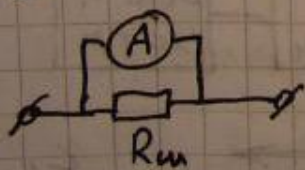
Электромагн. прибор

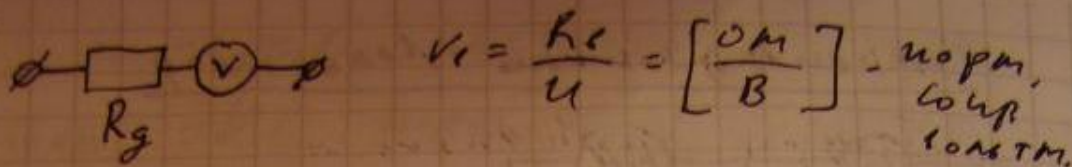


Электростат. прибор

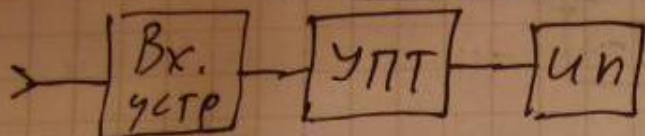
-) попр. изм прибора.

-) температурная погрешность





Электронные вольтметры



УПТ - усил. пост. тока.

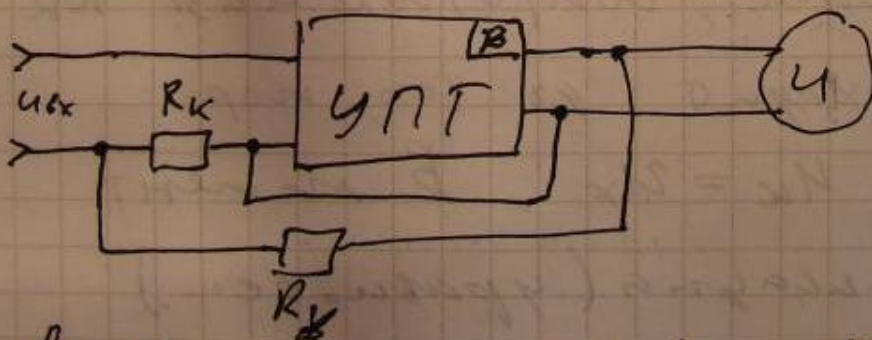
$K = \text{const}$, Ампл. хар. линейная

Малый температурный и временной дрейф.

-) Низкая чувствительность

-) Не высокая точность 1,5 - 2,5

Автокомпенсационные вольтметры



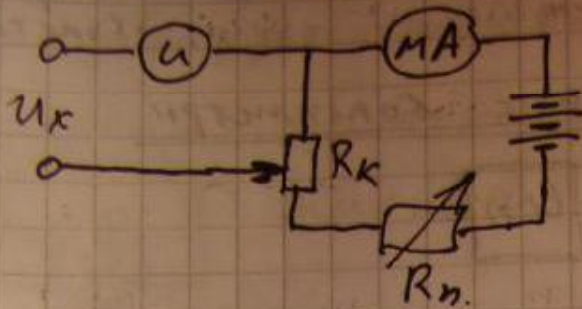
Во Вх цепи действуют $U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{к}}$

и напр. друг против друга.

$$U_{\text{вх}} = U_x - U_{\text{к}} \quad U_{\text{к}} = \beta \cdot U_{\text{вх}} \approx U_x$$

Схема с отриц. обр. связью и компенсацией напр.

Компенсационный вольтметр



Изм. напр. уравновесит изм. напр. компенсации U_k ,
противоположным по знаку.

Падение напряжения U_k
создается током I_R на изм.
образц. резист. R_k

Изменение сопротивления R_k
происходит до тех пор
пока $U_k = U_x$, в момент
компенсации (уравновес.)

опр. по отсутствию тока
в цепи индикатора μ

Изм. напр. комп. $U_k = I_R R_k$
можно опред. изм. сопр. R_k
при неизм. I_R

3 качестве источника мерь
исп. ЭДС короткого наведенного
элемента при $t = 20 \text{ C}^\circ$

Оно изв. с точностью 90 5 знака

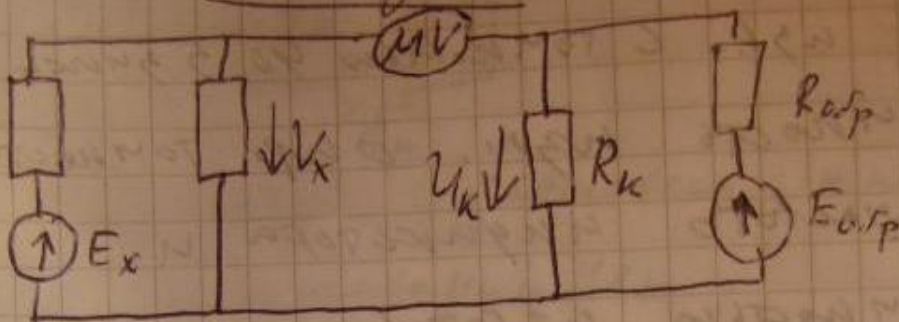
Точность изм. о пр. точностью
нулевого индикатора и

точностью изготовления

образцовых комм. элементов.

95

Лекция 3, 12
Дифференциальный
метод



Микровольтметр - прибор не полной компенсации

R_k - многоступ. делитель напряжения
 (служит для выравнивания вх. напряжения)

Уравн. вх. напр. E_x осн. с помощью образцового источника - $E_{обр}$ и сопр. R_k образцового делителя

Микровольтметр обр. разн. чу между вх. и ком. напряжением

Ток, протекающий через микровольтметр обр. полн. сопр. цепи и разность

Комп. и изм. напр.
 Из-за наличия некомпенсир.
 напряжения в узлах микроборометра
 через изм. прибор протекает ток
 кот. опр. его вх. сопротивление.
 (сущность мом) Пот.

Потр.: 0,1 - 0,01%

Изменение переменного

$$U_{\text{эф.}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

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

$$U_0 = \frac{1}{T} \int u(t) dt$$



Ампл. (накабий)
детектор

Это изм. преобраз. напр.

значения на вхх которого

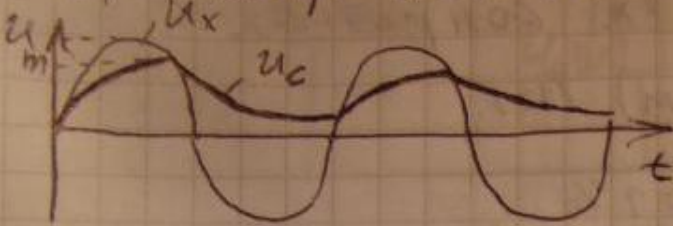
равно накабому значению

накабому значению

РДСА (открытый) детектор.



R_i - сопр. источн. измер. на вх

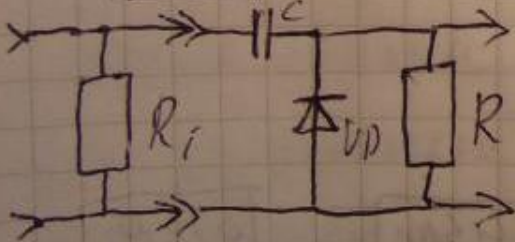


$$K_d = \frac{u_c}{u_m} \approx \cos \theta$$

θ - угол отсечки K_d - коэф. детектирования

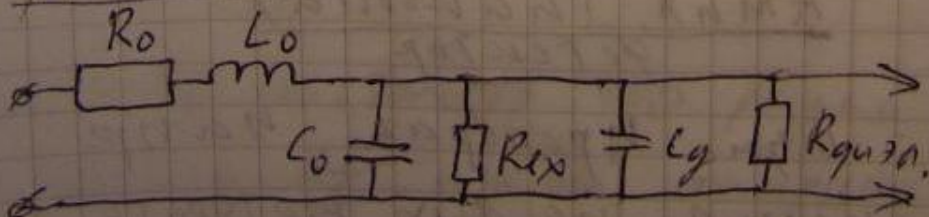
Амплитудный детектор с

закрытым входом



Входное сопр. на входе

детектор



$R_o L_o$ - сопр и нагукт. Упробучивка

C_o - емкость монтажа

98 R_{ex} - эк. сопр. ант. дет. C_g - мемпл. к тт.

Резонанс - выпр. члн электрика.

(НЧ) Со, Rкx

(ВЧ) Lо, Со, Сg

При выпр. на СВч проявляются
резонансная и пролетная
погрешность

Детектор среднеквадрат.

Значения

Это изм. преобраз. преобраз.

врем. напр. в постоянное

врем. среднеквадр. значение
входного напряжения

(Формула $U_{ср}^2$ возв в квадрат,

обычно усреднение, и извлечь

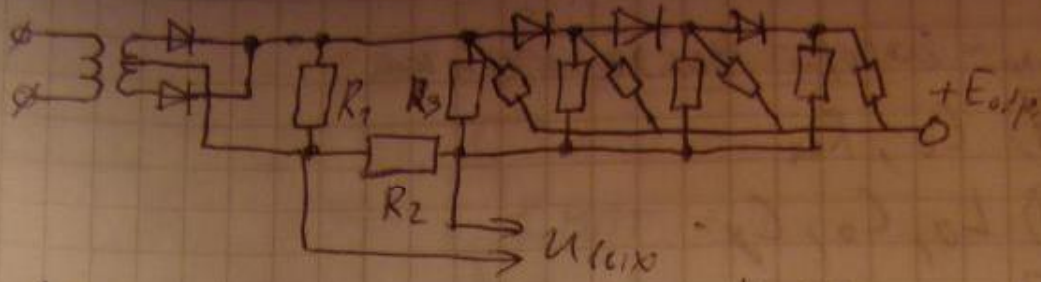
корень из результата)

Форм. образ. нелинейным

элементом с квадратичной ВАХ

и в то же время имеет

квадратичную фг-ю преобраз.



Квадратич. участок ВАХ

имеет угол, однако он невелик.

В данном случае используется

диодные цепочки, кот.

возв. получить \angle помощью

кучно-линейной аппроксимации

параболы характеристике.

Избавление корпуса от тепла.

Градуировкой шкалы

Погр. преобраз. о.п.р. $\approx 3\%$

а) нестабильности ВАХ диодов

б) нестабильн. резисторов

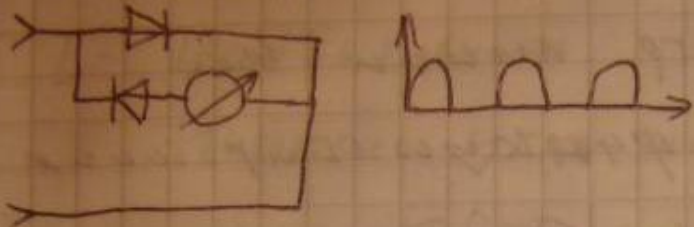
в) нестабильн. образцу нагр.

$1\text{Гу} - 1\text{Мгу}$

100

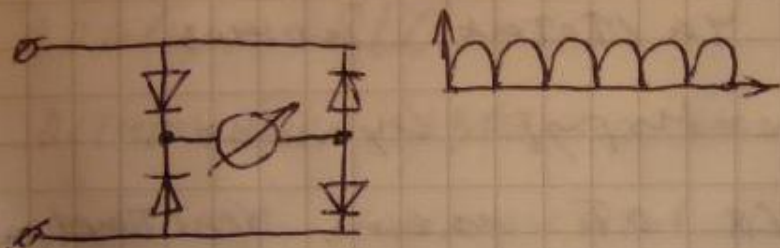
Детекторы средневыпрямленных значений

Схема однополупериодная



Двухполупериодная

схема



$\gamma_{\text{н}} - \text{коэф}$

1) Нелинейность шкалы

2) Неравномерность изм. тока

зависит от $\gamma_{\text{н}}$ и от темп.

коэф. ампл. $K_a = \frac{U_{\text{ма}}}{U_{\text{ср.кв}}}$

коэф. фазы $K_{\varphi} = \frac{U_{\text{ср.кв}}}{U_{\text{ср.с}}}$

В области ИЧ и ВЧ возникают

потери связи с формой

сигнала. Потр. зависят от реальных и мнимых частей

При изм. по СВЧ необх. учитывать
 Соизмеримость длины волны
 и линии передачи а также
 влияние волн на тр. линии на
 ретина ее фазовых обитровых
 Соед. линия (провода) - это член
 с распр. параметрами
 на разн. частотах показ.
 вольтметра могут существенно
 отличаться от показ. вольтметра

Предвар.	Изм. знач.	Показ. прив.	K_n
ампл. знач	U_m	$U_{р.кв}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ (0,707)
Ср. выпр.	$U_{ср.}$	$U_{р.кв}$	$K_F = 1,11$
Ср. кв.	$K_{ср.кв}$	$K_{р.кв}$	1

Измерение параметров цепи

Классификация параметров

осн., производные

Осн. - зависят от осн. вел. и хар. среды

Пр. изв. - выводим. через осн. парамет. и частоту

РТ чини хар. снгу осн. парамет.

C - ёмкость

R - сопротивление (акт.)

L - индуктивность

} ОСН.

Тангенс угла потерь

коэффициент

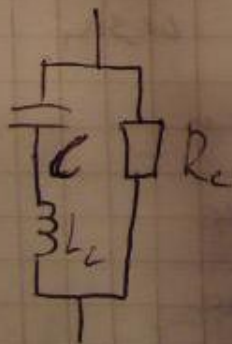
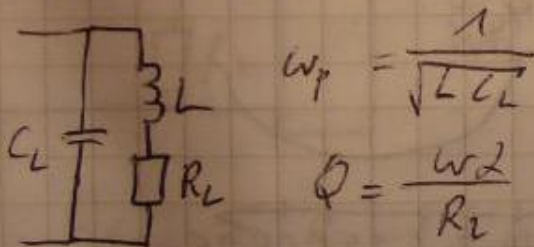
} произв.

ОСН - ген. по ном. знач.

главные - RLC

остаточные - вызваны несовершенством

компонентов и хар. потер.

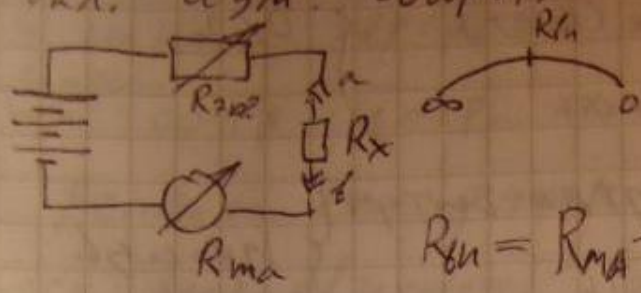


1) метод непосред. измерения

2) метод вольтметра - амперметра

3) Мостовой метод 1) М. гаск. счёт - 103

Практика измер. оценок - Мультиметр
 омметры - основ на исп. закона Ома
 Различ омметры покл. и параллельн.
 вкл. изм. широт.



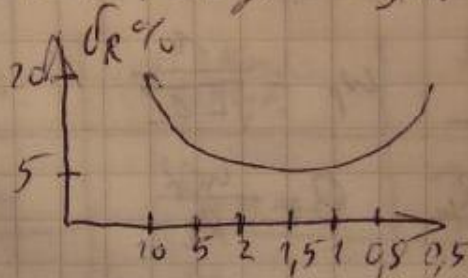
$$R_{\text{вн}} = R_{\text{ма}} + R_{\text{г}}$$

0-прибора устанавливается путем
 замыкания а и б измерителя.

0 нах. в кратной стороне шкалы

и соотв. макс. току изм. МА

$$I = \frac{E}{R_{\text{вн}}} = \frac{E}{R_{\text{ма}} + R_{\text{г}}}$$



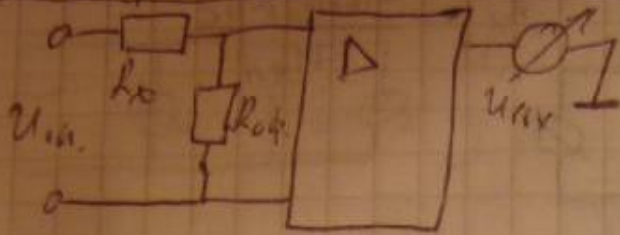
Для работы. Точность изм.
 необходимо, чтоб стрелка
 прибора находилась как
 можно ближе к середине.



104

Практика с
 покл. и паралл. и изм.
 для изм. доб.
 величин шир.
 и с паралл. - для малых

Электронные омметры и мегаомметры

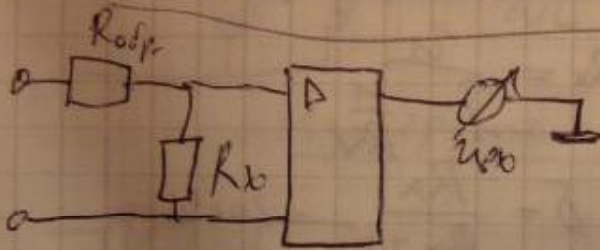


$$R_x = \frac{K \cdot U_{0n} / I_{0sp} - 1}{1/R_{0sp} + 1/R_x} \quad \text{при } R_x \gg R_{0sp}$$

$$R_x = ((K \cdot U_{0n} / I_{0sp}) - 1) R_{0sp}$$

$R_{0sp} \ll R_x$

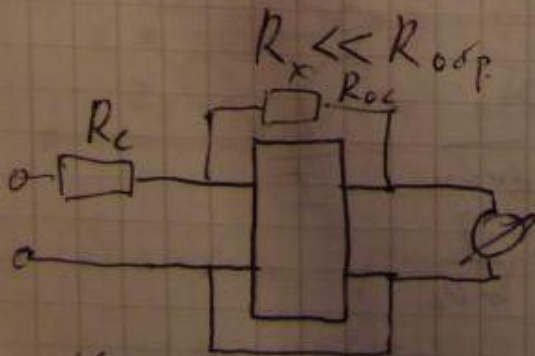
Омметр вольт. типа.



$$R_x = R_{0sp} / (K U_{0n} / U_{0sp} - R_{0sp} / R_x - 1)$$

$R_x \gg R_{0sp}$

$$R_x = R_{0sp} / (K U_{0n} / U_{0sp} - 1)$$



$$K_x = U_{0n} R_{0c} / U_{0sp}$$

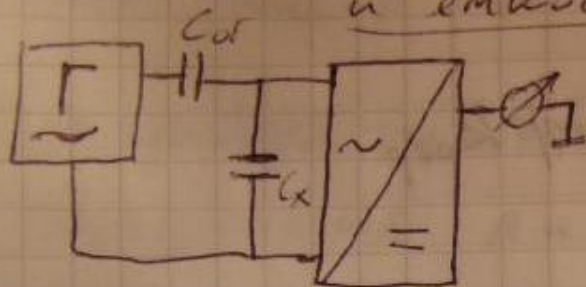
В основу раз-
новнен.
упр. вы. раз.
опер. вы.
участков

Термометры

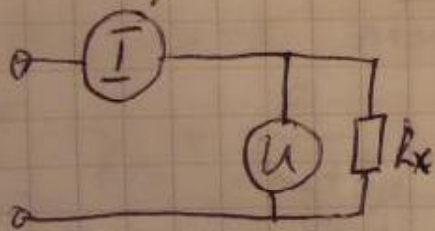


$$R_x = \frac{U_{oc} R_{oc}}{U_{on}}$$

Измерение индуктивности
и емкости

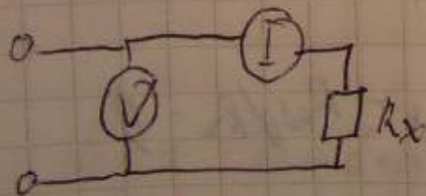


Метод вольтметра - амперметра



$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

$$\delta = \frac{R_x}{R_x + R_V} \cdot 100\%$$

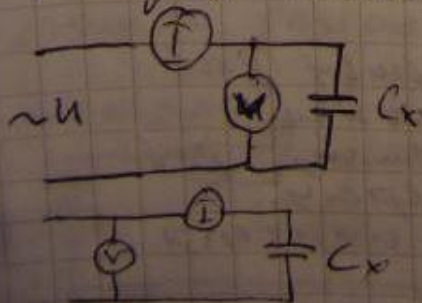


$$R_x = \frac{U - I R_V}{I}$$

$$\delta = \frac{R_V}{R_x} \cdot 100\%$$

Схема 1. для малых R

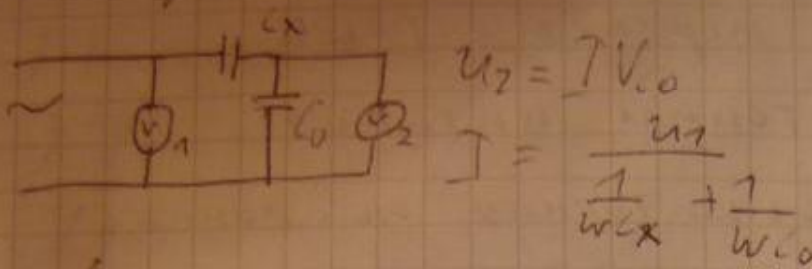
2 - для больших



$$X_L = \frac{U}{I} = \frac{U_C}{I}$$

$$C_x = \frac{I}{\omega U_C}$$

Метод двух вольтметров



$$U_2 = I V_{L0}$$

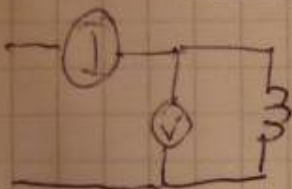
$$I = \frac{1}{\omega L_x + \frac{1}{\omega C_0}}$$

для увеличения точности V_2 ,

C_0 должно быть достаточно большим

и при $C_0 \gg L_x$ $L_x = C_0 \cdot \frac{U_2}{U_1}$

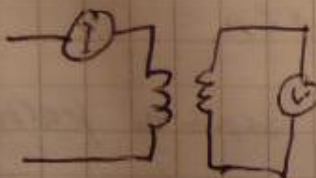
Измерение L



$$I = \frac{U_L}{\omega L}$$

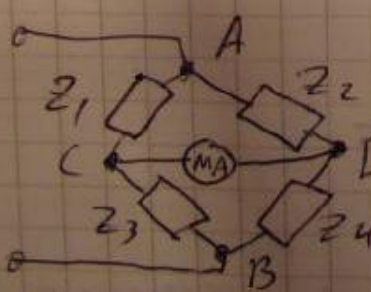
$$L_x = \frac{U_L}{\omega I}$$

Измерение взаимной индуктивности



$$M = \frac{U_2}{I_1 \omega}$$

Мостовые схемы измерения



Мостовые схемы для измерения

для измерения R, L, C и

компл. сопр.

и имеют дост. точность

Наиболь. разбир. получены

однородные мосты R и L, мосты 107

Мосты тел. на мосты
пост. и перемен. тока.

AB - диагональ питания

CD - измерительная диагональ

Баланс моста - $U_{CD} = 0$

Уравнение балан. моста.

$$Z_2 \cdot Z_3 = Z_1 \cdot Z_4$$

В случ. компл. тен. $Z = R + jX$

$$Z_2 \cdot Z_3 = Z_1 \cdot Z_4$$

$$Y_2 + Y_3 = Y_1 + Y_4$$

Для точн. баланса моста

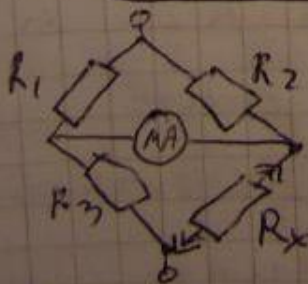
необх. обеспечить 2 усл.

Произв. модулей прот. и реакт. частей

и сумма век. раз. частей

прот. и реакт. равны

Мосты пост. тока



$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

Менее R_2 и R_3 - значения

R_2, R_3 - значения отклонения

$10^{-6} \text{ Ом} - 10^{16} \text{ Ом}$ $0,5 - 0,1\%$

Ротр. оир:

1) Качество и вт. одрезки рез,

2) Чувств. изм. грабара.

Чувств. моста - если изм. сопр. ΔZ
обозначит изм. ширины b изм. ширины,

$$\text{То } S = \frac{\Delta H}{\Delta Z} \quad \lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\Delta H}{\Delta Z} = S$$

109

Лекция 17.12

Мосты переменного тока

Напр питания -



R_2 - переменное 50-1000 Гц

C_1 - изм емкости

R_1 - изм сопр. потерь

$$\left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) \cdot R_4 = R_3 \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}\right)$$

$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad C_1 = \frac{C_2 R_4}{R_3}$$

Балансировка моста осущ.

изм. сопр. R_2, R_4 при этом

изменяя сопр. R_1 можно

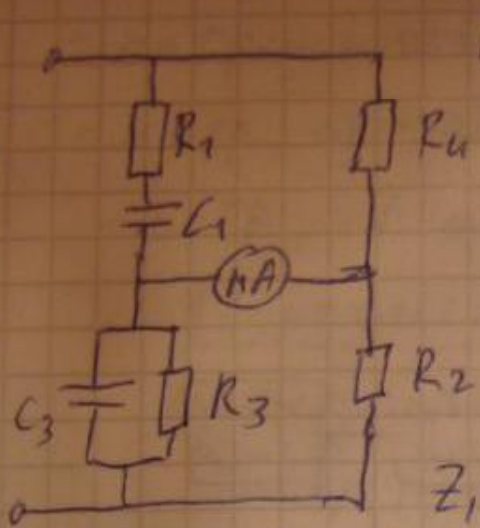
протрагивать полярность в знам.

ёмкости, R_2 - в знам, тангенса

угла потерь конденсатора

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega C_1 R_1} = \frac{1}{\omega C_2 R_2}$$

Мост Вина



Особенность —
 — забвение моста
 баланса от
 частоты и инп.
 и тануса

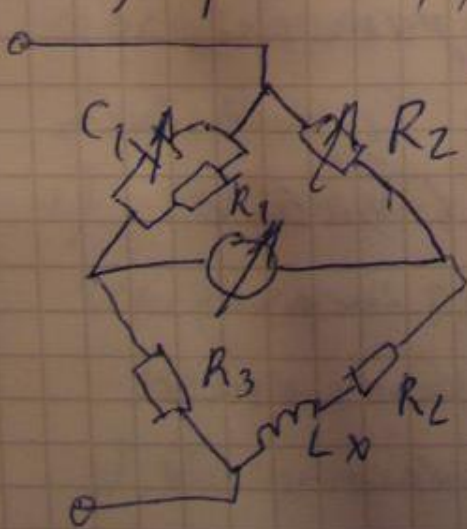
$$Z_1 R_2 = Z_3 R_4 =$$

$$= \frac{R_4}{R_2} = \frac{Z_1}{Z_3} = Z_1 Y_3 = \left(R_1 + \frac{1}{j\omega L_1} \right) \left(\frac{1}{R_3} + j\omega C_3 \right) =$$

$$= \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{L_1} + j \left(\omega L_1 R_3 - \frac{1}{\omega L_1 R_3} \right)$$

$$\frac{R_4}{R_2} = \frac{R_1}{R_3} + \frac{C_3}{L_1} \quad \omega^2 = \frac{1}{R_1 R_3 L_1 C_3}$$

Измер. индуктивности (мост Максвелла)



$$Z_1 = \frac{R_1}{1 + j\omega L_1 R_1}$$

$$Z_x = j\omega L_x + R_1$$

$$Z_1 Z_x = R_2 R_3$$

$$L_x = \frac{C_1 R_1 R_2 R_3}{R_1} = C_1 R_2 R_3$$

$$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

В данной схеме возмущает
 разг. балансовый мост и измерит

Цифровые мосты

Авт. управл. возбуждают
Цифровой метод отчета
Пост. и перем. тока

Структура



Мост. изм. уель кос. из.

-) изм. сопротивлений

-) преобраз. код/сопр. (для управл. уель)

-) источник питания

УСТР. сравнения:

-) выдает знак напряжения

на каждом шаге управл. уель

УСТР. управл. уель в завис.

от знака напряжения

разбаланса выработывает

соотв. код-сопротивление в

мост. изм. уель.

112 По окончании управл. на табло
показ код соотв. рас. измерения.

Погр.:

- погрешность чистоты
- погр. резисторов
- погр. связь с потерей ключей

Резонансные методы

Измерения параметров

Компьютерные методы

$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$ $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

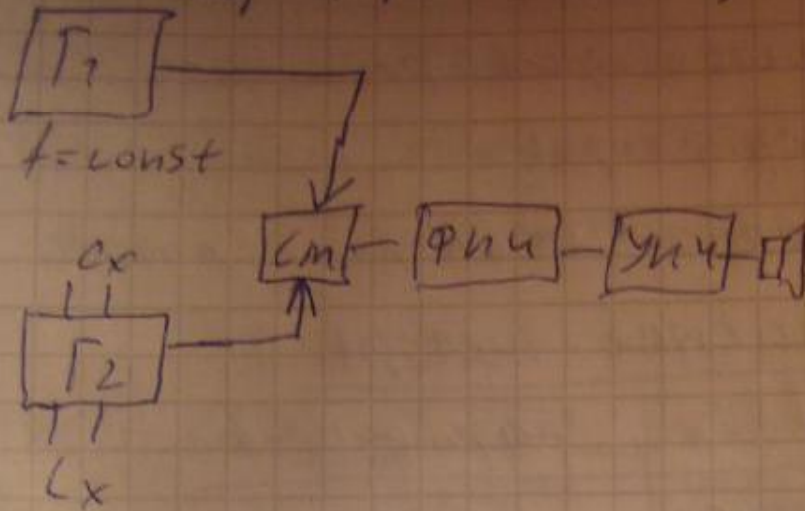
$C_x = \frac{1}{L_0 \omega^2}$ $L_x = \frac{1}{C_0 \omega^2}$

Источники погр.

- 1) влияние ост. параметров
изм. схемы. вх ~~сопр.~~ ёмкость
вольтметра и ёмк и инд.
проводов
- 2) неточность отсчёта частоты
генератора (трац. шкалы)
нестабильность частоты
- 3) неточность настр. в резонансе
- 4) взаимная связь

Погр. 1-3%

Генераторный метод

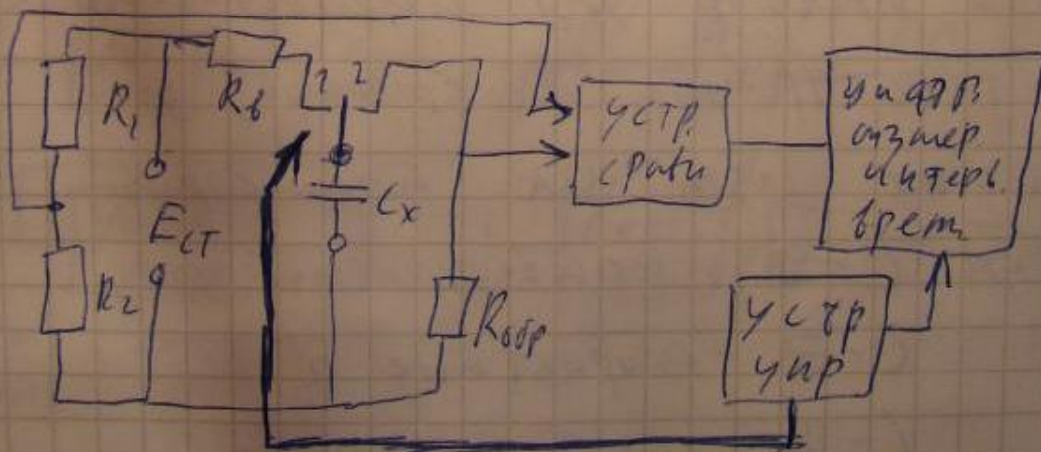


Метод основан на взм
 частоты генератора при
 вкл. в код контур взм
 ёмкостей и индуктивностей
 Схема имеет два ВЧ ген.
 В один из них подк.
 взм. ёмк или част.
 При взм L_x заад, C
 формулы и метр кандров
 значения. При этом
 L_x отчит в мкФ ёмкости.

Метод циклического счёта

Метод основан на
преобраз. изм.
параметра во время
интервала T_x

В данном случае оир
постоянная времени оир.
по сч. времени разряда
конденсатора изв. ёмкости
через резистор изв. номинала.



1. В положении 1 конд. заряж. от $E_{ст}$ через R_b .
2. Кл. в пол. 2, закл. и закл. время интервала, разряд C_x осущ. через $R_{опр}$

$$u_c = E_0 \frac{t_2 - t_1}{R_{odp} C_x} \alpha$$

$$u_c = E_0 - t_2$$

$$C_x = \frac{T_x}{R_{odp} e \frac{E}{E_0}}$$

$$E_0 = \frac{\bar{E}}{e}$$

$$N = \alpha \varepsilon_N \quad \varepsilon_x = R_{odp} C_x$$

или α и R_{odp} известны.

$$C_x = \frac{N}{R_{odp} \alpha} = K N$$

Осциллограф

- это прибор для наблюдения и регистрации сигналов, а также изм. их параметров.

1971 C-1 - универсальные осц

C-7 - скоростные о,

C-8 - запоминающие

C-9 - ступенчатые

ЭЛТ хар. св. осн. парам:

$$\xi = \frac{h}{U_{откл}} - \text{чувствительность к отклонению}$$

B - диаметр вв. пятки

1) Погр. соотнесения линии осциллограммы с линией шкалы

2) Погр. отчета попом.

линии осциллограммы

относ. линии шкалы

$$\delta_{отч} = \sqrt{\left(\frac{\delta}{5h}\right)^2 + \left(\frac{\delta^2}{3h}\right)} = \frac{0,96}{h}$$



Вх. устр. - содержит генератор

необт для того чтоб посл.

каскады раб. с помощью

ФФН. по ампл. сигналам

Независимо от величины
вх воздействий

Кроме того имеется черкш.
откр и закр входа
(отсечение пост. состава)

Вх. усилитель

Необходима для одесич.
бол. вх сопр. и малого
выходного (согласование)

Линия задержки

Необходима для временного
согл. между фаз. сигналами
и задержкой разветвки

Усилитель Y

Предназн. для усиа.
сигн. до амплитуды
достаточной для отка. луча
на всю высоту раб. пост.
экрана.

Основы треб. к каналу Y

-) Обеспеч. заданной чувствит.
(либо в бер. откр. луча
на сч. бх. сч. ^{мф} ~~сч. сч. бх. сч.~~
либо в котр. откр. $\frac{1}{3}$ кр.
-) Равномерность АЧХ и ФЧХ
в зад. полосе частот
-) Линейность динамической
характеристики.
-) Бол. бх. сч. и малая
входная ёмкость

Канал X (развертка)

3 типа откр. луча

-) автоколебит. (шреогич)
 -) модули
 -) блещный
- } обесп. генерат. разб.

Треб. к ген. разб.

-) Линейность напр. разб.
-) Линейность АЧХ, ФЧХ, динам. хар.,
треб. несколько иные кан. Y

Усил. сдвхр

Усиливает усл. сигнал с
усавью вычислителя переднего
фронта

Формирователи

Форм. импульсов запуска
ген. разв. в мд. решителе
или или сдвхр в автокомб.

Ген. разв.

Форм. линейно мен. напр.
разв. с фронтальностью

или бы, кот выражается =
 $\frac{E}{cm} / \frac{mc}{cm}$

Усилитель X

Антилогичен каналу Y,

кроме того сум. связь

ген разв. с модулятором

трубки, кот обус. тамение
обратного хода лучей