

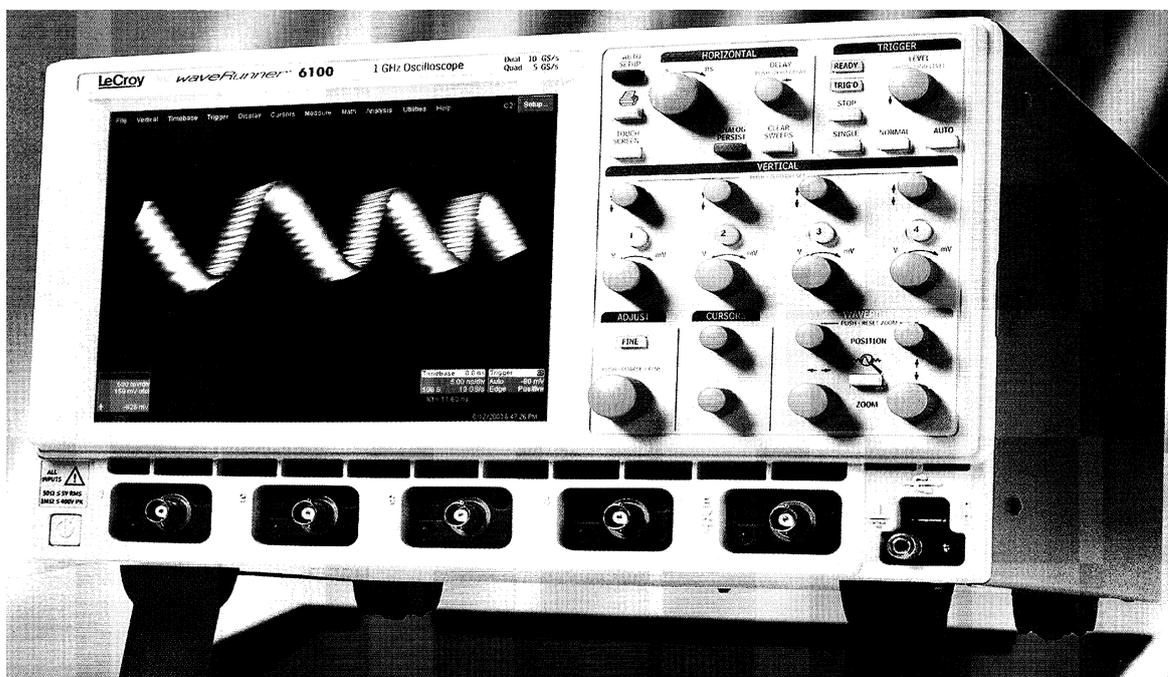


Кафедра конструирования  
и производства радиоаппаратуры

А.П. Кулинич

# ОПИСАНИЯ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, ИНСТРУКЦИИ ПО РАБОТЕ С НИМИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к практическим и  
лабораторным занятиям



ТОМСК 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |          |
|--|----------|
| <b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>  | <b>2</b> |
| <b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>4</b> |
| <b>2 МИЛЛИВОЛЬТМЕТР ВЗ-38 .....</b>                                  | <b>4</b> |
| 2.1 Назначение прибора.....  | 4        |
| 2.2 Технические характеристики .....                                 | 4        |
| 2.3 Принцип действия .....   | 4        |
| 2.4 Порядок работы .....   | 5        |
| <b>3 ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ГЗ - 118 .....</b>            | <b>5</b> |
| 3.1 Назначение прибора.....  | 5        |
| 3.2 Технические характеристики .....                                 | 5        |
| 3.3 Принцип действия .....   | 6        |
| 3.4 Органы управления .....  | 6        |
| 3.5 Работа с прибором.....   | 6        |
| 3.5.1 Проведение измерений .....                                     | 7        |
| <b>4 ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ КАЛИБРОВАННОЙ АМПЛИТУДЫ<br/>Г5-53 .....</b> | <b>7</b> |
| 4.1 Назначение прибора.....  | 7        |
| 4.2 Технические характеристики .....                                 | 7        |
| 4.3 Устройство и работа прибора .....                                | 8        |
| 4.4 Органы управления прибором: .....                                | 8        |
| 4.5 Работа с прибором.....   | 8        |
| <b>5 ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ С1-68.....</b>                        | <b>9</b> |
| 5.1 Назначение прибора.....  | 9        |
| 5.2 Технические характеристики .....                                 | 9        |
| 5.3 Принцип действия .....   | 9        |
| 5.4 Органы управления .....  | 10       |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.5   | Порядок работы .....   | 11 |
| 5.5.1 | Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом .....                                 | 11 |
| 5.5.2 | Непрерывная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом .....                            | 11 |
| 5.5.3 | Синхронизация от внешнего источника .....  | 11 |
| 5.5.4 | Развертка от внешнего источника .....  | 12 |
| 5.5.5 | Внешняя модуляция луча по яркости .....  | 12 |
| 5.5.6 | Измерение амплитуды сигнала .....  | 12 |
| 5.5.7 | Измерение временных интервалов .....   | 12 |
| 5.5.8 | Измерение частоты .....  | 13 |
| 5.5.9 | Измерение коэффициента модуляции по осциллограмме амплитудно - модулированного сигнала ..... | 13 |

## **6 ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК X1-40 .....**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.1   | Назначение прибора .....                                    | 13 |
| 6.2   | Технические характеристики .....                            | 13 |
| 6.3   | Принцип действия прибора .....                              | 14 |
| 6.4   | Работа с прибором .....                                     | 15 |
| 6.4.1 | Наблюдение АЧХ радиоустройств .....                         | 15 |
| 6.4.2 | Измерение частоты отдельных точек АЧХ .....                 | 16 |
| 6.4.3 | Измерение относительной амплитуды отдельных точек АЧХ ..... | 17 |
| 6.4.4 | Работа с генератором опорной частоты (ГОЧ) .....            | 17 |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие предназначено для студентов, проходящих лабораторный практикум по курсу “Основы радиоэлектроники и связи”. Пособие содержит описания радиоизмерительных приборов, краткие инструкции по работе с ними и методики проведения некоторых измерений. В описании к каждому прибору изложен принцип его действия. Пособие позволяет ознакомиться назначением прибора и его техническими характеристиками, принципом действия прибора, изучить органы управления прибора и порядок работы с ним.

## 2 МИЛЛИВОЛЬТМЕТР ВЗ-38

### 2.1 Назначение прибора

Милливольтметр ВЗ-38 предназначен для измерения напряжения переменного тока от 0,1 мВ до 300 В в диапазоне частот от 20 Гц до 5 МГц.

Шкала прибора проградуирована в эффективных значениях синусоидального напряжения. Прибор имеет отдельную шкалу, проградуированную в децибеллах. Уровень “0” децибел соответствует напряжению 0,775 В на сопротивлении нагрузки 600 Ом.

### 2.2 Технические характеристики

- Диапазон измеряемых напряжений от 0,1 мВ до 300 В разбит на 12 пределов.

- Диапазон частот измеряемых напряжений от 20 Гц до 5 МГц.

- Основная погрешность прибора, выраженная в процентах от конечного значения установленного предела измерения напряжения, не превышает + 2,5 % на пределах измерения 1... 300 мВ и + 4 % на пределах измерения 1... 300 В в области частот от 45 Гц до 1 МГц.

- Входное сопротивление на частоте 55 Гц:

- не менее 5 МОм на пределах 1...300 мВ;

- не менее 4 МОм на пределах 1...300 В.

- Входная емкость не превышает:

- 30 пФ на пределах 1...300 мВ;

- 15 пФ на пределах 1...300 В.

Емкость каждого из придаваемых к прибору кабелей не превышает 80 пФ.

### 2.3 Принцип действия

Структурная схема милливольтметра представляет собой каскадное соединение входного делителя, преобразователя импеданса, аттенюатора, широкополосного усилителя, детектора и стрелочного прибора. Измеряемое

напряжение поступает непосредственно (1...300 мВ) или через входной делитель напряжения (1...300 В) на вход преобразователя импеданса. Преобразователь импеданса представляет собой усилитель тока с очень большим входным и достаточно малым выходным сопротивлением, что позволяет получить большое входное сопротивление прибора. Далее сигнал поступает на вход аттенюатора, представляющего собой шестиступенчатый делитель, позволяющий расширить диапазон измеряемых милливольтметром напряжений. С выхода аттенюатора сигнал поступает на широкополосный усилитель и затем на диодный детектор. Широкополосный усилитель служит для усиления малого сигнала до уровня, при котором детектор работает в линейном режиме. Этим обеспечивается преобразование переменного напряжения в пропорциональное напряжение постоянного тока. На выходе детектора постоянный ток измеряется стрелочным микроамперметром, который проградуирован в действующих значениях синусоидального напряжения.

#### 2.4 Порядок работы

- Проверить механический нуль стрелочного прибора, и при необходимости установить стрелку на нуль корректором.
- Переключатель пределов измерения установить в положение 300 В (если неизвестна величина измеряемого напряжения).
- Включить прибор в сеть. Время установления рабочего режима 15 мин.
- С помощью кабеля подключить вход прибора к исследуемому устройству. Переключателем пределов измерения постепенно повышать чувствительность прибора до тех пор, пока стрелка прибора не установится в пределах второй половины шкалы. Затем произвести отсчет величины измеряемого напряжения.

### 3 ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ГЗ - 118

#### 3.1 Назначение прибора

Генератор сигналов низкой частоты ГЗ-118 представляет собой источник синусоидального сигнала прецизионной формы волны и предназначен для исследования, настройки и испытания радиоустройств.

#### 3.2 Технические характеристики

- Диапазон частот 10 Гц – 200 кГц.
- Выходное напряжение на нагрузке 600 Ом:  
10В на гнезде ВЫХОД I;  
5 В на гнезде ВЫХОД II, с плавной регулировкой до -12 дБ;  
ступенчатая регулировка на гнезде ВЫХОД II - ступенями через 10 дБ до - 60 дБ.

- Выходное сопротивление генератора: не более 5 Ом на гнезде ВЫХОД I, 600 Ом на гнезде ВЫХОД II. Номинальное значение сопротивления нагрузки для генератора на ВЫХОДЕ I – 600 Ом; при других значениях сопротивления нагрузки величина тока не должна превышать 16 мА.

Низкоомный выход на гнезде ВЫХОД I обеспечивается в положении переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ – “1”.

Во всех остальных положениях этого переключателя гнездо ВЫХОД I подключается к выходному усилителю через резистор 1,2 кОм и может быть использовано для присоединения частотомера, осциллографа; в качестве источника сигнала синхронизации и т. д.

- Мощность, потребляемая от сети - 50 ВА.
- Время прогрева - 15 мин.

### 3.3 Принцип действия

Генератор собран по схеме RC-генератора с дискретной установкой частоты и системой стабилизации уровня выходного напряжения. Задающий генератор-усилитель с цепью частотно-независимой положительной обратной связи и цепями отрицательной обратной связи, зависимой от частоты. В частотно-задающей цепи генератора использован активный режекторный фильтр; стабилизация амплитуды осуществляется системой автоматического регулирования. Перестройка частоты осуществляется коммутацией элементов режекторного фильтра.

### 3.4 Органы управления

Расположение органов управления на передней панели прибора:

- “ Hz” - переключатели установки частоты;
- ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ - переключатель ступенчатого ослабления выходного напряжения;
- ВЫХОД I - выходное гнездо с внутренним сопротивлением 5 Ом;
- ВЫХОД II - выходное гнездо с внутренним сопротивлением 600 Ом;
- РЕГ. ВЫХОДА - ручка плавной регулировки выходного напряжения;
- РАССТРОЙКА - ручка плавной установки расстройки частоты;
- МНОЖИТЕЛЬ - переключатель поддиапазонов.

### 3.5 Работа с прибором

- Включить, прибор в сеть и дать ему прогреться в течение 15 мин.
- Проверить исправность работы генератора, для чего подключить к гнезду ВЫХОД I осциллограф и убедиться в наличии сигнала на выходе при различных положениях переключателя МНОЖИТЕЛЬ; вращая ручку РЕГ. ВЫХОДА убедиться в возможности плавной регулировки выходного напряжения.

- Подключить осциллограф к гнезду ВЫХОД II и переключая ручку ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ, убедиться в возможности ступенчатой регулировки выходного напряжения.

### 3.5.1 Проведение измерений

Набор частоты производится при помощи переключателей " Hz" и МНОЖИТЕЛЬ. Предельные значения частот для каждого положения переключателя МНОЖИТЕЛЬ, приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Множитель | Пределы установки частоты, Гц | Дискретность, Гц |
|-----------|-------------------------------|------------------|
| 1         | 10...100                      | 0,1              |
| 10        | 100...1000                    | 1                |
| 10        | 1...10 Гц                     | 10               |
| 10        | 10...100 кГц                  | 100              |
| 10        | 100...200 кГц                 | 100              |

Изменение частоты в пределах дискретности младшей декады осуществляется с помощью ручки РАССТРОЙКА. При необходимости работы от низкоомного источника следует использовать ВЫХОД I генератора, при этом переключатель ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ должен быть установлен в положение "1". Номинальная нагрузка для этого выхода - 600 Ом, выходное напряжение ручкой РЕГ. ВЫХОДА плавно регулируется в пределах 2,5...10 В.

В других положениях переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ, дБ (отличных от "1") включается гнездо ВЫХОД II, при этом гнездо ВЫХОД I остается соединенным с выходным усилителем через резистор 1,2 кОм.

## 4 ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ КАЛИБРОВАННОЙ АМПЛИТУДЫ Г5-53

### 4.1 Назначение прибора

Генератор предназначен для настройки и регулировки различных импульсных схем и приборов, измерения переходных характеристик; четырехполюсников и определения погрешности и измерения амплитуды осциллографами и вольтметрами.

### 4.2 Технические характеристики

- Основные импульсы прямоугольной формы "+" или "-" полярности; максимальная амплитуда импульсов 10 В на внешней согласованной нагрузке 50 Ом.

- Длительность импульсов плавно регулируется от 0,3 мкс до 1 с, а период повторения - от 1 мкс до 10 с.

- В генераторе предусмотрен положительный импульс синхронизации, синхронный с основным импульсом; амплитуда синхроимпульса 5...10 В.
- Потребляемая прибором мощность - 100 ВА, время самопрогрева - 15 мин.

### 4.3 Устройство и работа прибора

● Генератор представляет собой источник импульсных сигналов калиброванной амплитуды с широким диапазоном периода повторения, длительности импульсов и временного сдвига. Генератор одноканальный, с непрерывной последовательностью импульсов.

● Генератор состоит из каскадно соединенных задающего (тактового) генератора (ЗГ) с внутренним запуском, формирователя задержки, формирователя длительности выходного импульса и выходного ступенчатого аттенюатора.

Формирователь импульсов формирует также импульс синхронизации, синхронный с основным импульсом. На внешней согласованной нагрузке 50 Ом синхроимпульс положительной полярности имеет амплитуду 10-15 В, длительность - 300 нс.

### 4.4 Органы управления прибором:

- переключатель ЗАПУСК для выбора рода работы;
- внутренний запуск - □;
- внешний запуск - □ импульсами "+" полярности или синусоидальным напряжением " " и импульсами "-" полярности " ";
- кнопка разового механического пуска;
- ручка ПЕРИОД МКС и переключатель МНОЖИТЕЛИ для плавного и ступенчатого изменения временного сдвига основного импульса, относительно синхроимпульса:
  - ручка ДЛИТЕЛЬНОСТЬ МКС и переключатель МНОЖИТЕЛИ для плавного и ступенчатого изменения длительности основного импульса;
  - ручка " " для плавной регулировки амплитуды синхроимпульса;
  - переключатель полярности выходного импульса " ", " " и " " выход по постоянному току;
- ручки переключателя УСТАНОВКА ВЫХОДНОГО НАПРЖЕНИЯ V и ручка аттенюатора с гравировкой "УМНОЖИТЬ" для ступенчатой регулировки амплитуды основного импульса;
- высокочастотные разъемы - внешний запуск, выход синхроимпульса, выход основного импульса.

### 4.5 Работа с прибором

- Включить прибор в сеть и прогреть 15 мин.
- Установить выбранный вид запуска переключателем ЗАПУСК; если запуск внутренний, то ручкой ПЕРИОД МКС и переключателем

МНОЖИТЕЛИ установить нужный период повторения импульсов, необходимую длительность импульса и задержку, амплитуду и полярность выходных импульсов.

### **ВНИМАНИЕ !**

Режим работы прибора устанавливается путем нажатия кнопок соответствующих переключателей на лицевой панели. Если все кнопки одного из переключателей отжаты, то прибор находится в нерабочем состоянии и появляющиеся на его выходе импульсы возникают в результате случайных внутренних электрических процессов.

## **5 ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ С1-68**

### **5.1 Назначение прибора**

Осциллограф предназначен для наблюдения и исследования электрических процессов путем намерения их временных и амплитудных значений.

### **5.2 Технические характеристики**

- Осциллограф С1-68 обеспечивает:
  - наблюдение формы импульсов обеих полярностей длительностью от 2 мкс до 16 с с амплитудой от 1 мВ до 300 В;
  - наблюдение периодических сигналов в диапазоне частот от 0,06 Гц до 1 МГц;
  - измерение амплитуд исследуемых сигналов в диапазоне от 2 мВ до 300 В;
  - измерение временных интервалов - от 2 мкс до 16 с.
- Канал вертикального отклонения луча имеет входное сопротивление  $(1+0,02)$  МОм, входную емкость  $(50+5)$  пФ, полоса пропускания 0...1 МГц, максимальная калиброванная чувствительность тракта - 10 мм/мВ.
- Генератор развертки может работать в периодическом или ждущем режиме и имеет следующие параметры:
  - диапазон калиброванных длительностей развертки от 2 с/см до 2 мкс/см разбит на 19 фиксированных поддиапазонов;
  - внутренняя синхронизация развертки осуществляется исследуемым сигналом любой полярности;
  - возможна пятикратная растяжка развертки (положение "0,2").
- Возможна подача исследуемого сигнала в полосе от 20 Гц до 10 МГц непосредственно на отклоняющие пластины ЭЛТ через внешние конденсаторы; чувствительность входа ПЛАСТИНЫ Y 1,0 мм/В, ПЛАСТИНЫ X – 0,6 мм/В.

### **5.3 Принцип действия**

- Осциллограф состоит из электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), каналов вертикального и горизонтального отклонения источника питания и вспомога-

тельных узлов (калибраторы напряжения и длительности, схема синхронизации и пр.)

- Две пары взаимно перпендикулярных пластин ЭЛТ при подаче на них соответствующих напряжений позволяют разворачивать исследуемый временной сигнал в прямоугольной системе координат, абсциссой которой является время, а осью ординат - мгновенное значение сигнала. Если на вертикально отклоняющие пластины подать исследуемый сигнал, а на горизонтально отклоняющие пластины - вспомогательное пилообразное колебание, то при равенстве частот указанных колебаний на экране ЭЛТ будет виден один период исследуемого сигнала в прямоугольных координатах. Если частоту пилообразных колебаний взять в  $n$  раз меньше частоты исследуемого сигнала, то на экране ЭЛТ получится изображение  $n$  периодов исследуемого сигнала,

#### 5.4 Органы управления

Органы управления и присоединения, расположенные на лицевой панели, предназначены:

тумблер СЕТЬ - для включения и выключения прибора;

ручка ЯРКОСТЬ - для установки необходимой яркости луча;

ручка ФОКУС - для фокусировки луча;

шлиц АСТИГМАТИЗМ - для устранения астигматизма ЭЛТ;

ручка ШКАЛА - для регулировки освещения шкалы;

ручка переключателя “□, ~” для выбора открытого или закрытого входа усилителя  $Y$ ;

гнездо “→ 1 Мом 50 пФ” - для подачи исследуемого сигнала на усилитель;

большая ручка переключателя "В/см, мВ/см" - для переключения входного аттенюатора;

малая ручка переключателя УСИЛЕНИЕ - для плавной регулировки чувствительности усилителя;

ручка, обозначенная “↑↓” - для перемещения луча по вертикали;

ручка БАЛАНСИР - для балансировки усилителя;

шлиц “∇” - для калибровки чувствительности усилителя.;

тумблер “×1”, “×10” - для закругления чувствительности усилителя;

переключатель “×, ×1, ×0,2” - для пятикратного растяжения и подключения входа  $X$ ;

гнездо “×” - для подачи внешнего сигнала на входной усилитель горизонтального отклонения;

ручка “↔” - для перемещения по горизонтали;

большая ручка сдвоенного переключателя "ВРЕМЯ/СМ" и малая ручка ДЛИТЕЛЬНОСТЬ - для регулировки длительности развертки;

ручка СТАБ - для выбора режима работы генератора развертки (ждущий, автоколебательный);

ручка переключателя вида синхронизации “СЕТЬ, ВНУТР., ВНЕШ., 1:1, .1:10” - для установки внутренней или внешней синхронизации, с делителем или без делителя напряжения, а также для синхронизации от сети;

ручка переключателя полярности синхронизации “±, □, +, □” - для установки открытого и закрытого входа синхронизации и выбора ее полярности;

ручка УРОВЕНЬ - для выбора уровня запуска развертки;

гнездо ВНЕШ. - для подачи внешнего сигнала синхронизации. Кроме того, на переднюю панель выведено гнездо калибратора “2 кГц 100 мВ” а также зажим ⊥.

## 5.5 Порядок работы

Для наблюдения исследуемого сигнала и измерения его основных параметров (амплитуда, частота, временные интервалы) можно ограничиться следующими режимами развертки и синхронизации.

### 5.5.1 Ждущая развертка с синхронизацией исследуемым сигналом

Установите переключатель синхронизации в положение ВНУТР., ручку УРОВЕНЬ - в любое крайнее положение, а переключатель ДЛИТЕЛЬНОСТЬ и тумблер множителя развертки – в соответствии с предполагаемой длительностью исследуемого сигнала, переключатель “В/см. мВ/см” - в соответствии с амплитудой исследуемого сигнала. Подайте исследуемый сигнал на вход “У”. Вращайте ручку СТАБ. вправо до появления изображения на экране. Вращая ручку в обратную сторону, установите ее в положение, при котором развертка срывается. Это положение ждущего режима развертки. Ручкой УРОВЕНЬ добейтесь устойчивого изображения сигнала.

Переключателем выбора полярности синхронизации (“-, + □, □”) можно запустить развертку от положительной или отрицательной части сигнала, установив его в положение “+” или “-”.

### 5.5.2 Непрерывная развертка с синхронизацией исследуемым сигналом.

Проведите операции по п. 5.5.1; необходимо только при отсутствии сигнала на входе повернуть ручку “СТАБ” так, чтобы на экране появилась линия развертки. Подайте на вход “У” исследуемый сигнал. Поверните ручку “УРОВЕНЬ” до получения устойчивого изображения. Если это сделать не удастся, добейтесь устойчивого изображения незначительным поворотом ручки “СТАБ”.

### 5.5.3 Синхронизация от внешнего источника.

Поставьте ручку переключателя вида синхронизации в положение ВНЕШ. 1:1 или “10” .в зависимости от амплитуды синхронизирующего сигнала. Дальнейшие действия согласно п. ,5.5.1 и п. 5. 5. 2.

#### 5.5.4 Развертка от внешнего источника

Установите ручку переключателя “ $\times$ ,  $\times 1$ ,  $\times 0,2$ ” в положение “ $\times$ ”. Подайте развертывающее напряжение от внешнего источника на гнездо “ $\times$ ”. Этот режим работы используйте тогда, когда для горизонтального отклонения луча необходима не пилообразное напряжение, а, например, синусоидальное (получение фигур Лиссажу).

#### 5.5.5 Внешняя модуляция луча по яркости

Подключите модулирующий сигнал к гнездам “Z” (на задней, панели прибора). Засинхронизируйте этим же сигналом развертку для получения неподвижных яркостных меток на экране ЭЛТ.

#### 5.5.6 Измерение амплитуды сигнала

Перед измерение амплитуды сигнала необходимо проверить калибровку усилителя “Y”, подав на вход “Y” эталонное напряжение от калибратора (2 кГц, 100 мВ), либо от внешнего эталонного источника.

Для обеспечения максимальной точности измерения необходимо:

- получить на экране максимальный размах измеряемого сигнала;
- измерение производить на вертикальной осевой линии шкалы.

Для измерения подать исследуемый сигнал на вход “Y”, ручку УСИЛЕНИЕ установить в крайне правое положение, переключателем “В/см, мВ/см” установить величину изображения в пределах рабочей части экрана, но не менее 2 см, совместить изображение сигнала с делениями шкалы и отсчитать размер изображения по вертикали в делениях (см). Амплитуда сигнала (A) равна:

$$A = H \cdot K_{осл} \cdot m_{осл},$$

где  $H$  - размер изображения сигнала по вертикали (см);  $K_{осл}$  - коэффициент ослабления входного аттенюатора, В/см, мВ/см;  $m_{осл}$  - множитель ослабления, 1 или 10.

#### 5.5.7 Измерение временных интервалов

Перед измерением установить ручку ДЛИТЕЛЬНОСТЬ в крайнее правое положение. В этом положении развертка калибрована и соответствует градуировке переключателя ВРЕМЯ/см. Установить измеряемый временный интервал в центре экрана ручкой “ $\leftrightarrow$ ”, установить переключатели ВРЕМЯ/см “ $\times$ ,  $\times 1$ ,  $\times 0,2$ ” в такое положение, чтобы измеряемый интервал занимал на экране не менее 30 мм шкалы.

Измеряемый интервал определяется следующим выражением:

$$T = l \cdot K_{разв} \cdot m_{разв},$$

где  $l$  - длина измеряемого интервала времени, см;  $K_{разв}$  - коэффициент развертки, с/см, мс/см, мкс/см;  $m_{разв}$  - множитель развертки, 1 или 0,2.

### 5.5.8 Измерение частоты

Частоту сигнала можно определить, измерив его период  $T$ :

$$f = 1/T.$$

Получив устойчивое изображение сигнала на экране, подсчитывается расстояние в делениях шкалы, занимаемое измеряемым участком и рассчитывается частота по формуле:

$$f = \frac{n}{l \cdot \tau_p},$$

где  $n$  - число периодов сигнала, занимающее расстояние  $l$  на экране;  $\tau_p$  - длительность развертки, время/см;  $l$  - расстояние, на котором укладывается  $n$  периодов сигнала, см.

### 5.5.9 Измерение коэффициента модуляции по осциллограмме амплитудно - модулированного сигнала

Коэффициент модуляции ( $m$ ) рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}} \cdot 100\%,$$

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  - максимальное и минимальное значение амплитуды сигнала.

## 6 ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Х1-40

### 6.1 Назначение прибора

Прибор предназначен для наблюдения формы амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) фильтров приемной и специальной аппаратуры и измерения их параметров.

### 6.2 Технические характеристики

- Диапазон частот 20 Гц-1-МГц разбит на два поддиапазона:  
20 Гц - 40 кГц, полоса качания частоты (1, 20) кГц, погрешность шкалы центральных частот + 3 кГц;  
10 кГц - 1 МГц, полоса качания частоты (3, 30) кГц, погрешность шкалы центральных частот + 30 кГц;
- В приборе предусмотрено как автоматическое качание частоты с периодами 0,1; 1; 3 и 10 с, так и ручное.
- Выходное напряжение ГКЧ на согласованной нагрузке, в зависимости от величины выходного сопротивления составляет:

|                       |      |      |     |        |
|-----------------------|------|------|-----|--------|
| R <sub>ВЫХ</sub> , Ом | 75   | 150  | 600 | 10.000 |
| U <sub>ВЫХ</sub> , В  | 0,12 | 0,25 | 2,0 | 1.0    |

- Предусмотрена возможность внешней амплитудной модуляции выходного напряжения глубиной до 30 % при модулирующем напряжении частоты - 20-1000 Гц и величиной не более 1 В.
- Чувствительность канала вертикального (КВО) отклонения 1 мм/мВ и изменяется ступенями в 3 и 10 раз и плавно между ступенями.
- Неравномерность АЧХ КВО не более + 0,5 дБ.
- Входное сопротивление и емкость КВО более 300 кОм и менее 40 пФ, а с выносным пробником - более 100 кОм и менее 17 пФ.
- Потребляемая мощность 100 ВА, время установления рабочего режима 30 мин.

### 6.3 Принцип действия прибора

● АЧХ радиоустройства - это зависимость амплитуды сигнала на его выходе от частоты передаваемого сигнала при постоянной амплитуде сигнала на его входе. Простейший метод измерения АЧХ заключается в том, что частота измерительного генератора, напряжение которого подается на вход измеряемого объекта, изменяется определенными ступенями и каждый раз измеряется зависимая переменная - амплитуда напряжения на выходе радиоустройства. Каждая пара таких величин дает точку на плоскости в прямоугольной системе координат. Кривая АЧХ получается графическим интерполированием, т. е. плавным соединением полученных точек. Такой метод измерения обладает следующими недостатками:

снятие кривой по точкам, число которых прямо зависит от требуемой точности, занимает длительное время;

возможны упущения резких изменений кривой в промежутках между точками;

на АЧХ радиоустройства могут влиять колебания температуры внешней среды и питающих напряжений, что может привести к ошибкам.

● Устранить эти недостатки позволяет автоматизация процесса измерения АЧХ, которая предполагает наличие генератора, частота которого периодически плавно изменяется по определенному закону в нужной полосе частот, и осциллографического индикатора (на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), на экране которого автоматически прочерчивается кривая АЧХ. Схема простейшего измерителя АЧХ приведена на рис.6.1.

● Модулирующее напряжение одновременно управляет частотой генератора качающейся частоты (ГКЧ) и отклонением луча по горизонтали. Сигнал от ГКЧ подается на измеряемый объект, а с выхода последнего - на детекторные головки и затем на вертикально-отклоняющие пластины ЭЛТ. Положение луча на экране ЭЛТ по горизонтали зависит от частоты сигнала на входе измеряемого объекта, а по вертикали - от амплитуды сигнала на его выходе. Таким образом, луч автоматически описывает на экране индикатора АЧХ измеряемого объекта.

• Форма модулирующего напряжения для управления частотой ГКЧ может быть любой - пилообразной, треугольной, синусоидальной. Принципиально важно, чтобы закон изменения частоты совпадал с законом отклонения луча по горизонтали, ибо только в этом случае получается частотный масштаб по горизонтали.

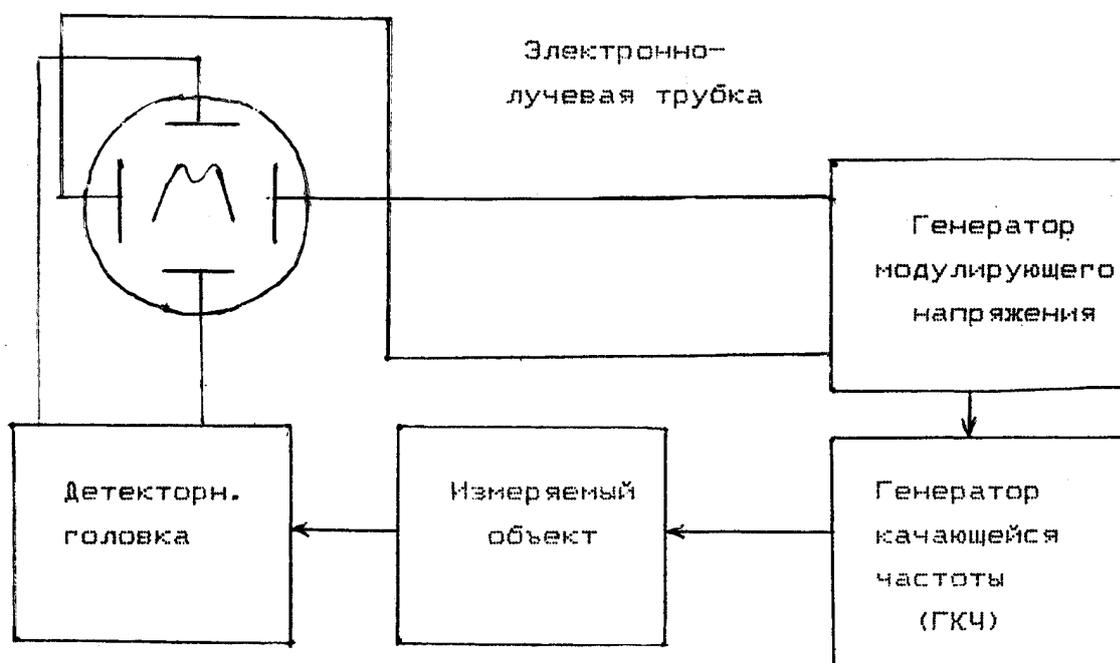


Рисунок 6.1. Функциональная схема прибора для исследования амплитудно – частотных характеристик (ИАЧХ)

Период модулирующего напряжения состоит из рабочего хода, в течение которого на экране вычерчивается АЧХ, и обратного хода, в течение которого луч ЭЛТ и частота ГКЧ возвращаются в начальное положение. Во время обратного хода модулирующего напряжения ГКЧ обычно запирается, при этом на выходе измеряемого объекта сигнала нет, луч по вертикали не отклоняется и на экране ЭЛТ прочерчивается нулевая линия.

## 6.4 Работа с прибором

### 6.4.1 Наблюдение АЧХ радиоустройств

Для наблюдения АЧХ радиоустройств на экране прибора необходимо к гнезду Выход подключить вход радиоустройства с помощью соединительного кабеля или шнура с зажимами, а выход подключить к гнезду Входы "□", "–". При подключении радиоустройств следует обращать внимание на согласование его входного сопротивления с выходным сопротивлением ГКЧ, устанавливаемым с помощью переключателя Вых. Сопр. При согласовании обеспечиваются оговоренные величины выходного напряжения и погрешность измерения относительного ослабления с помощью встроенных аттеню-

аторов. При входном сопротивлении радиоустройства значительно превышающем установленную величину выходного сопротивления выходное напряжение может увеличиваться до двух раз, а коэффициент деления аттенюатора значительно уменьшится. При более низком входном сопротивлении - входное напряжение уменьшится, а коэффициент деления аттенюаторов увеличится. После присоединения измеряемого устройства ГКЧ с помощью переключателя ручки ЧАСТОТА, переключателя и ручки ПОЛОСА, аттенюатора ОСЛАБЛЕНИЕ устанавливаются нужные центральная частота, полоса качания частоты и выходное напряжение. Ручкой УСИЛ. АЧХ устанавливается на всю рабочую высоту экрана. Для точной установки частоты необходимо произвести калибровку шкалы частот, для чего ручкой ЧАСТОТА установить указатель шкалы на риску "0". Ручку ПОЛОСА установить в крайнее левое положение. С помощью ручки ПОДСТРОЙКА достигаются нулевые биения, соответствующие началу поддиапазона. Если нулевых биений нет, то необходимо несколько сместить указатель частотной шкалы и добиться нулевых биений с помощью ручек ПОДСТРОЙКА и ЧАСТОТА. После калибровки указатель шкалы устанавливается в нужное положение.

#### **6.4.2 Измерение частоты отдельных точек АЧХ**

В приборе предусмотрены следующие способы измерения частоты отдельных точек АЧХ:

- 1) с помощью собственных частотных меток через 100, 10, 1 кГц;
- 2) с помощью частотной метки от внешнего генератора;
- 3) с помощью электронно-счетного частотомера в режиме ручного качания.

При измерении частоты с помощью встроенных частотных меток через 100, 10 и 1 кГц необходимо переключатель МЕТКИ поставить в положение "100", "10" или "1" и ручку МЕТКИ кГц повернуть настолько, чтобы на экране индикатора наблюдалась наиболее удобная амплитуда меток. Интервалы между метками по частоте в кГц соответствуют положению переключателя меток. Абсолютное значение частоты соответствует наблюдаемой метке, для меток 10 кГц на I поддиапазоне и меток 100 кГц на II поддиапазоне определяется по соответствующей шкале частот. При этом шкала должна быть предварительно откалибрована.

Для получения частотной метки от внешнего генератора необходимо на гнездо ВНЕШНЯЯ МЕТКА подать напряжение величиной около 1В, а переключатель МЕТКИ кГц установить в положение ВНЕШНЯЯ. Амплитуда метки регулируется ручкой МЕТКИ кГц. Для измерения частоты отдельных точек АЧХ с помощью частотомера вход частотомера соединяется с гнездом ВЫХОД через тройник, к которому также может подключаться исследуемое радиоустройство. Наблюдение АЧХ может производиться как в ручном, так и в автоматическом режимах. Измерение частоты с помощью частотомера производится в ручном режиме. Наблюдение АЧХ можно производить как в руч-

ном, так и в автоматическом режимах качания частоты. Измерение частоты с помощью частотомера производится в ручном режиме. Показания частотомера соответствуют частоте светящейся точки АЧХ на экране прибора.

#### **6.4.3 Измерение относительной амплитуды отдельных точек АЧХ**

Относительные амплитуды отдельных точек АЧХ измеряются методом сравнения ослабления выходного напряжения ГКЧ исследуемым радиоустройством с ослаблением того же напряжения аттенуатором УРОВЕНЬ дБ. Измерение выполняется в следующей последовательности:

- 1) получить на экране изображение АЧХ в линейном масштабе;
- 2) с помощью ручек УСИЛ. и ОСЛАБЛЕНИЕ дБ совместить точку АЧХ, относительно которой измеряется относительная амплитуда, с верхней (десятой) риской сетки экрана;
- 3) переключатель КАНАЛЫ установить в положение СРАВНЕНИЯ, при этом по каналу сравнения воспроизводится горизонтальная линия;
- 4) ручки УРОВЕНЬ дБ установить на деление "0", а ручкой КАЛИБР. - ИЗМЕР. Коэффициент передачи установит таким, чтобы горизонтальная линия совпала с верхней (десятой) риской экрана;
- 5) вращая ручки УРОВЕНЬ дБ горизонтальную линию перевести в новое положение, совпадающее с той точкой АЧХ, относительная амплитуда которой измеряется;
- 6) отсчитать значение по шкалам УРОВЕНЬ дБ;
- 7) отсчет можно производить, установив переключатель каналов в положение КОММУТАТОР (автоматический режим или в положения ВХОДНОЙ и СРАВНЕНИЯ (ручной режим).

#### **6.4.4 Работа с генератором опорной частоты (ГОЧ)**

Соединить гнездо ВЫХОД ГОЧ с гнездом ВНЕШНЯЯ МЕТКА прибора X1 - 40. Переключателем ЧАСТОТА кГц установить необходимую опорную частоту, при этом на экране X1-40 наблюдается фиксированная кварцованная метка.