



Владимирский Государственный Университет  
Факультет радиофизики, электроники и медицинской техники  
*Кафедра "Конструирование и технология радиоэлектронных средств"*

---

Министерство высшего образования  
Российской Федерации

Владимирский государственный университет

## ***"Лабораторный практикум"***

методические указания к лабораторным работам по дисциплине  
«Метрология, стандартизация и технические измерения»

Составитель:

Долгов Г.Ф.

Владимир 2000.

---

600000, Владимир, ул. Горького, д. 87, ВлГУ, корпус 3, кафедра КТ РЭС, E-mail: [ktrs@mailru.com](mailto:ktrs@mailru.com)  
Проезд: остановка "Кафе Новинка". троллейбусы №8, 9, 10. [dist@mailru.com](mailto:dist@mailru.com)  
Заведующий кафедрой КТ РЭС *Руфицкий Михаил Всеволодович* тел. (0922) 27 98 71, ВлГУ, корпус 3, ауд. 320.

---



## Содержание

Содержание .....	2
Лабораторная работа №1. Изучение электронного осциллографа.....	5
1. Объект и средства исследования .....	5
2. Домашнее задание .....	5
3. Рабочее задание и указания к выполнению работы.....	6
3.2. Исследование чувствительности канала горизонтального отклонения осциллографа .....	7
3.3. Исследование чувствительности электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) осциллографа .....	7
3.4. Исследование амплитудно-частотных характеристик осциллографа и ЭЛТ .....	8
3.5. Исследование генератора непрерывной развертки осциллографа С1-68 .....	9
3.6. Исследование канала модуляции яркости луча Z осциллографа С1-68 .....	9
3.7. Исследование разности фазовой погрешности осциллографа С1-68 .....	10
4. Содержание отчета .....	11
5. Контрольные вопросы.....	11
Лабораторная работа №2. Исследование методов и средств измерения частоты .....	13
1. Объект и средства исследования .....	13
2. Домашнее задание .....	13
3. Рабочее задание и указания к выполнению работы.....	13
3.1. Измерение частоты при различном времени счета.....	14
3.2. Измерение периода.....	15
3.3. Измерение отношения двух частот .....	16



3.4. Измерение длительности импульсов и интервалов между ними.....	16
3.5. Оценка погрешности и доверительного интервала генератора Г4-102 .....	17
4. Содержание отчета .....	18
5. Контрольные вопросы.....	19
Лабораторная работа №3. Исследование переходных процессов в РЭС .....	20
1. Объект и средства исследования .....	20
2. Домашнее задание .....	20
3. Рабочее задание и указания к выполнению работы.....	21
3.1. Подготовка к проведению измерений.....	21
3.2. Проведение измерений .....	24
4. Содержание отчета .....	26
5. Контрольные вопросы.....	27
Лабораторная работа №4. Проверка источника питания постоянного тока .....	28
1. Объект и средства исследования .....	28
2. Домашнее задание .....	28
3. Рабочее задание и указания к выполнению работы.....	28
3.1. Операции и средства поверки .....	28
3.2. Условия поверки и подготовка к ней .....	30
3.3. Проведение поверки.....	31
4. Содержание отчета .....	40
5. Контрольные вопросы.....	41
Лабораторная работа №5. Исследование амплитудно-частотных характеристик радиоэлектронных устройств и методов их измерений .....	42
1. Объект и средства исследования .....	42
2. Домашнее задание .....	42
3. Рабочее задание и указания к выполнению работы.....	42
3.1. Краткая теоретическая часть.....	42



3.2. Проведение измерений .....	45
3.3. Наблюдение АЧХ .....	45
3.4. Измерение частоты отдельных точек наблюдаемых АЧХ .....	47
3.5. Измерение относительного ослабления отдельных точек АЧХ.....	48
3.6. Описание измерительного стенда.....	49
3.7. Лабораторное задание.....	50
4. Содержание отчета .....	50
5. Контрольные вопросы.....	50



## **Лабораторная работа №1. Изучение электронного осциллографа**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение принципа действия осциллографа, назначения и устройства основных блоков, приобретение практических навыков работы с осциллографом.

### **1. Объект и средства исследования**

Объект исследования: электронные осциллографы типа С1-67 и С1-68, метрологические характеристики осциллографов.

Средства исследования: импульсный генератор Г5-54, высокочастотный генератор Г4-102, генератор низкой частоты Г-118, милливольтметр В3-38, цифровой частотомер ЧЗ-54, источник постоянного напряжения Б5-54.

### **2. Домашнее задание**

1. Изучить принцип действия и структурную схему осциллографа [2,4].
2. Изучить осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов [2].
3. Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации осциллографов, используемых в лабораторной работе.



### **3. Рабочее задание и указания к выполнению работы**

Запишите основные технические характеристики измерительных приборов и получите разрешение преподавателя на выполнение работы.

#### **3.1. Исследование чувствительности канала вертикального отклонения осциллографа**

Установите переключатель чувствительности осциллографа С1-67 по каналу Y в положение, соответствующее максимальному значению чувствительности. Выключите непрерывную развертку осциллографа, для чего переключатель режима развертки переведите в положение "X". Подключите к входу "Y" осциллографа генератор ГЗ-118. Для измерения выходного напряжения генератора используется милливольтметр ВЗ-38, подключенный параллельно к осциллографу.

Установите амплитуду выходного напряжения генератора такой, чтобы вертикальная светящаяся линия на осциллографе не выходила за пределы сетки экрана. С помощью ручек вертикального и горизонтального смещения луча добейтесь расположения линии в центральной части экрана. Определите чувствительность по каналу Y, воспользовавшись формулой

$$S_y = \frac{l_y}{2\sqrt{2}U}, \quad (1)$$

где  $l_y$  - длина вертикальной линии на экране осциллографа, мм;

U - действующее значение подаваемого на вход Y напряжения (показания ВЗ-38), мВ.



Вычислите значение коэффициента отклонения  $m_y = 1/S_y$  и сравните со значением, установленным на шкале переключателя входного аттенюатора канала «Y». Сформулируйте и запишите в отчет соответствующий вывод.

### **3.2. Исследование чувствительности канала горизонтального отклонения осциллографа**

Заземлите вход канала Y осциллографа. Выходной сигнал генератора ГЗ-118 подайте на осциллограф через гнездо X. Определите чувствительность по каналу X по формуле

$$S_x = \frac{l_x}{2\sqrt{2}U}, \quad (2)$$

где  $l_x$  - длина горизонтальной линии на экране осциллографа, мм.

Воспользовавшись изложенной методикой, определите чувствительности  $S_x$  и  $S_y$  осциллографа С1-68.

### **3.3. Исследование чувствительности электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) осциллографа**

Для определения чувствительности ЭЛТ необходимо отключить отклоняющие электроды от усилителей осциллографа и подать напряжение с генератора ГЗ-118 непосредственно на отклоняющие электроды через гнезда X и Y. Эти гнезда и тумблеры отключения электродов от усилителей расположены на боковых панелях осциллографа С1-68.

Воспользовавшись формулами (1) и (2), многократно определите чувствительность трубки  $S_y$  и  $S_x$  для различных значений напряжения генератора (5-10 значений) ГЗ-118. Рассчитайте средние значения чувствительностей  $S_y$  и  $S_x$



$$S_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^i S_i,$$

где  $n$  - число значений выходного напряжения генератора.

Рассчитайте оценки СКО  $S_y$  и  $S_x$  по формуле

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - S_{cp})^2 / (n - 1)}.$$

### **3.4. Исследование амплитудно-частотных характеристик осциллографа и ЭЛТ**

На вход осциллографа С1-68 подайте напряжение с высокочастотного генератора Г4-102. Размер изображения по вертикали должен составлять не менее 60% высоты рабочей части экрана. Поддерживая напряжение на выходе генератора постоянным, и изменяя его частоту в диапазоне 55Гц-5МГц, определите частотную характеристику канала  $l = F(f)$ , где  $l$  - размер линии на экране, мм. Частота сигнала выбирается в соответствии с ГОСТ из следующего ряда: 55; 100; 500 Гц; 4; 5; 10; 100; 250; 500; 750 кГц; 1; 5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4; 4.5; 5 МГц. Постройте график полученной характеристики.

$$N = 20 * \lg(l_{max} / l_{min}),$$

где  $l_{max}, l_{min}$  - максимальная и минимальная длина линии на экране осциллографа.

Определите неравномерность частотной характеристики в децибелах.

По графику АЧХ определите полосу пропускания канала  $\Delta f_n$ , т.е. диапазон частот, в пределах которого коэффициент усиления канала изменяется в пределах  $\pm 3$ дБ относительно его значения на опорной частоте (для исследуемых осциллографов 250 кГц).



По изложенной выше методике исследуйте частотные характеристики канала горизонтального отклонения осциллографа С1-68 и его ЭЛТ.

### **3.5. Исследование генератора непрерывной развертки осциллографа С1-68**

Переведите осциллографы С1-67 и С1-68 в режим непрерывной развертки. Подключите вход канала Y осциллографа С1-68 к электродам горизонтального отклонения луча осциллографа С1-67 (через гнезда X на задней панели прибора). Измерьте длительность прямого и обратного хода луча исследуемого осциллографа для нескольких положений переключателя "РАЗВЕРТКА". Зарисуйте форму напряжения развертки. Исследуйте зависимость напряжения развертки от положения органов управления на передней панели осциллографа.

Подключите частотомер ЧЗ-54 к гнездам X на боковой панели осциллографа. Измерьте период напряжения развертки для разных положений переключателя "РАЗВЕРТКА" осциллографа С1-68. Рассчитайте коэффициент развертки (цену деления горизонтальной шкалы экрана) осциллографа и сравните со значениями, приведенными на его передней панели. Сформулируйте и запишите в отчет соответствующий вывод.

### **3.6. Исследование канала модуляции яркости луча Z осциллографа С1-68**

Подключите к входу Y осциллографа генератор ГЗ-33 и добейтесь четкого изображения на экране осциллографа 1-3 периодов сигнала. Для обеспечения неподвижности изображения соедините дополнительный выход генератора с гнездом внешней синхронизации осциллографа.



Подключите к гнезду  $Z$  импульсный генератор Г5-54, установите амплитуду выходных прямоугольных импульсов генератора достаточную для гашения луча осциллографа. Установите напряжение импульсного генератора в 5-10 раз выше частоты генератора Г3-118, а скважность, т.е. отношение периода к длительности импульса, равной 2. Плавным изменением частоты добейтесь неподвижного пунктирного изображения синусоидального сигнала на экране осциллографа. Определите частоту синусоидального напряжения по формуле

$$f = f_0 / n,$$

где  $f_0$  - частота напряжения модуляции (импульсного генератора);

$n$  – число пунктирных меток в изображении периода синусоидального напряжения на экране.

### 3.7. Исследование разности фазовой погрешности осциллографа С1-68

Разностная фазовая погрешность осциллографа – это разность фазовых сдвигов, вносимых каналами вертикального и горизонтального отклонения при подаче на их входы одного и того же синусоидального напряжения. Для исследования разностной фазовой погрешности необходимо перевести осциллограф в режим развертки от внешнего сигнала и подать на его входы  $X$  и  $Y$  одно и то же напряжение с генератора Г3-118. Усиление канала  $Y$  подберите таким образом, чтобы при частоте выходного напряжения генератора 1кГц на экране было изображение отрезка прямой, развернутое на  $45^\circ$  к горизонтали. Плавно увеличивая частоту генератора, зафиксируйте значение, соответствующее заметному раздвоению линии на экране, т.е. появлению фазовой погрешности. Воспользовавшись формулой  $\Delta\Phi = \arcsin(A/B)$  и поясняющим рисунком, определите разностную фазовую погрешность  $\Delta\phi$  осциллографа



на частотах, указанных преподавателем. Сравните фазовые погрешности осциллографа С1-68, а также их ЭЛТ. Достройте графики зависимостей фазовых погрешностей осциллографа и ЭЛТ от частоты сигнала.

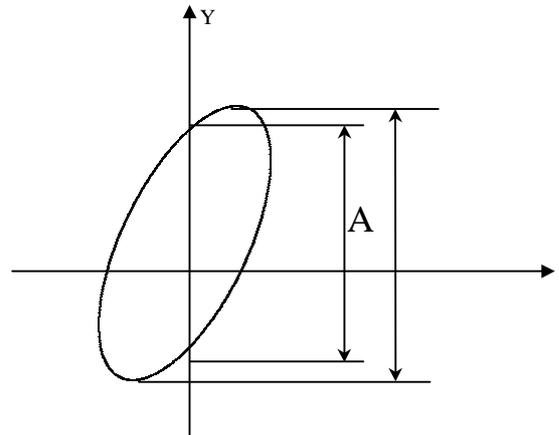


Рис. 1

#### **4. Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- цель работы и лабораторное задание;
- протокол измерений;
- блок-схемы соединений приборов при проведении экспериментов;
- основные расчетные соотношения, таблицы и графики зависимостей;
- выводы по проделанной работе, включающие анализ полученных экспериментальных данных.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Объясните принцип действия осциллографа по структурной схеме.
2. Назовите основные метрологические характеристики осциллографов.



3. Каким образом определяется чувствительность канала вертикального (горизонтального) отклонения осциллографа?
4. Каким образом определяется чувствительность электронно-лучевой трубки осциллографа?
5. С какой целью проводятся исследования АЧХ осциллографа и его электронно-лучевой трубки.
6. Как соотносятся АЧХ осциллографа и его электронно-лучевой трубки?
7. Как определяется коэффициент развертки осциллографа?
8. От чего зависит разностная фазовая погрешность осциллографа?
9. Назовите источники погрешностей электронного осциллографа.
10. Может ли быть расширен частотный диапазон измеряемых осциллографом сигналов?



## **Лабораторная работа №2. Исследование методов и средств измерения частоты**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с наиболее распространенными методами и приборами для измерения частоты, приобретение навыков работы с частотомерами и их исследование.

### **1. Объект и средства исследования**

Объектом исследования являются методы и средства измерения частоты, метрологические характеристики средств измерений. Средствами исследования являются: цифровой частотомер типа ЧЗ-54, электронный осциллограф типа С1-68, звуковой генератор типа ГЗ-118 и высокочастотный генератор типа Г4-102.

### **2. Домашнее задание**

1. Ознакомиться с методами измерения частоты и временных интервалов [2,4].
2. Изучить принципы действия цифровых и аналоговых частотомеров [2,4].
3. Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации частотомеров, используемых в лабораторной работе.

### **3. Рабочее задание и указания к выполнению работы**

Записать основные технические характеристики измерительных приборов и получить разрешение преподавателя на выполнение работы.



### 3.1. Измерение частоты при различном времени счета

Переведите частотомер в режим измерения частоты с помощью переключателя "Род работы". Напряжение с выхода генератора в указанном преподавателем диапазоне частот подайте на вход "А" частотомера ЧЗ-54. Произведите пять измерений частоты  $f_x$  при различных значениях времени счета.

Вычислите погрешности измерений, воспользовавшись формулой

$$\delta_f = \pm \left( \delta_0 + \frac{1}{f_{изм} * t_{сч}} \right),$$

где  $\delta_0$  - относительное отклонение частоты кварцевого генератора от нормального значения;

$f_{изм}$  - показания частотомера, Гц;

$t_{сч}$  - время счета, с.

Результаты измерений и вычислений занести в табл. 1.

Таблица 1

Время счета, мс	Показания частотомера	Погрешность, %
1		
10		
100		
1000		
10000		



Сформулируйте вывод об эффективности использования частотомера в указанном режиме при измерении частот менее 10Гц.

### 3.2. Измерение периода

Переведите частотомер в режим измерения периода.

Напряжение с выхода генератора подайте на вход "А" частотомера ЧЗ-38. Произведите пять измерений периода  $T_x$  при различных значениях меток времени (частоты заполнения) и времени счета (множителя). Вычислите погрешность измерений, воспользовавшись следующей формулой

$$\delta_T = \pm(\delta_0 + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{n} + \frac{T_0}{n \cdot T_{изм}}),$$

где  $n$  - число усредненных периодов (множитель периода);

$T_{изм}$  - показания частотомера;

$T_0$  - период частоты заполнения (метки времени).

Результаты измерений и вычислений занести в табл.2.

Таблица 2

Множитель	Метки времени	Показания частотомера	Погрешность, %
1	1 мс		
	0.1 мс		
	10 мкс		
	1 мкс		
	0.1 мкс		
10			



Сформулируйте вывод об эффективности использования частотомера в режиме измерения периода для сигналов с частотой более 1МГц.

### **3.3. Измерение отношения двух частот**

Подключите к разъему "Вход Б" частотомера звуковой генератор ГЗ-118, а к разъему "Вход А" высокочастотный генератор Г4-102. Переведите частотомер в режим измерения отношения частот и сделайте пять измерений для различных частот генераторов ГЗ-118 и Г4-102. Вычислите погрешности измерений, воспользовавшись следующей формулой

$$\delta_{f/f} = \pm \left( \frac{3 \cdot 10^{-3}}{n} + \frac{f_B}{f_A \cdot n} \right).$$

Результат занесите в табл.3.

Таблица 3

Частота $f_A$	Частота $f_B$	Показания частотомера	Погрешность, %

### **3.4. Измерение длительности импульсов и интервалов между ними**

Подайте сигнал с генератора импульсных сигналов на вход В или Г блока измерения интервалов времени. Тумблер "СОВМ-РАЗД." Установите в положение "СОВМ". Установите тумблеры выбора крутизны запуска в каналах В и Г в следующие положения:

- для измерения длительности положительного импульса установить тумблеры канала В в положение "┌", а канал Г – в положение "└";



- для измерения интервалов между положительными импульсами тумблеры канала В установить в положение “┌”, а канала Г – в положение “┐”;

- при работе с отрицательными импульсами положение тумблеров противоположно указанному.

Вращением ручки “Уровень запуска” в каналах В и Г необходимо добиться периодического включения лампочки “СЧЕТ”.

Произведите измерения длительности импульсов и интервалов между ними, а также частоты или периода. Результаты запишите в отчет и сделайте вывод об их согласованности. Вычислите скважность.

### **3.5. Оценка погрешности и доверительного интервала генератора Г4-102**

Подключите цифровой частотомер к выходу “1V” генератора и переведите частотомер в режим измерения частоты.

Методика оценки включает многократное ( $n \geq 10$ ) снятие показаний частотомера  $f_i$  в выбранной оцифрованной точке шкалы частот генератора при подходе к ней со стороны больших и меньших значений [8]. Среднее значение погрешности определяют по формуле

$$\Delta_c = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (f_G - f_i).$$

Доверительный интервал, т.е. интервал, в котором с заданной доверительной вероятностью находится действительное значение частоты генератора, определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \pm t * \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}},$$



$$\text{где } \tilde{\sigma} = \sqrt{\sum (f_i - \bar{f})^2 / (n-1)}; \quad \bar{f} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n f_i;$$

$t$  – коэффициент Стьюдента определяется по табл.4.

Таблица 4

Доверительная вероятность	P=0.90	P=0.95	P=0.99
Объем выборки			
n=10	1.83	2.26	3.25
n=20	1.73	2.10	2.86
n=30	1.70	2.05	2.76

#### **4. Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- цель работы и лабораторное задание;
- протокол измерений;
- блок-схемы соединений приборов при проведении экспериментов;
- таблицы и графики зависимостей, а также основные расчетные соотношения;
- выводы по проделанной работе, включающие объяснение полученных экспериментальных данных и сравнительную оценку различных методов измерения.



### **5. Контрольные вопросы.**

1. Можно ли погрешность дискретизации отнести к методическим погрешностям измерения частоты цифровым частотомером?
2. Назовите источники инструментальных погрешностей цифрового частотомера?
3. Как изменится абсолютная погрешность измерения частоты цифровым частотомером при увеличении интервала времени измерения?
4. Как изменится абсолютная погрешность измерения периода цифровым частотомером при изменении периода частоты заполнения (меток времени)?
5. Объяснить принцип работы цифрового частотомера в режиме измерения частоты, приведя структурную схему.
6. Объясните принцип работы цифрового частотомера в режиме измерения периода, приведя структурную схему.
7. Чем определяется выбор режима измерения временных характеристик синусоидального сигнала: частота/период?
8. Рассчитайте рекомендуемую граничную частоту измеряемого сигнала для смены режима измерения: частота/период?
9. С какой целью в электронно-счетном частотомере используется несколько входов одновременно?
10. Что такое протокол измерений?



## **Лабораторная работа №3. Исследование переходных процессов в РЭС**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение принципа действия запоминающего осциллографа, назначения и устройства основных блоков, приобретение практических навыков работы с запоминающим осциллографом.

### **1. Объект и средства исследования**

Объект исследования: электронный запоминающий осциллограф С1-12, метрологические характеристики осциллографа.

Средства исследования: лабораторный макет для обеспечения переходных процессов в РЭС, источник постоянного напряжения Б5-54.

### **2. Домашнее задание**

1. Изучить принцип действия запоминающего осциллографа.
2. Изучить методы измерения параметров электрических сигналов с использованием запоминающего осциллографа.
3. Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации осциллографа С8-12.



### **3. Рабочее задание и указания к выполнению работы**

#### **3.1. Подготовка к проведению измерений**

Прибор обеспечивает свои технические характеристики после 15-минутного самопрогрева.

Установите органы управления базового блока в исходные положения согласно табл.1.

*Внимание!* В осциллографе применена электронно-лучевая запоминающая трубка, чувствительная к токовым перегрузкам записывающего луча. Принципиальная схема к конструкции осциллографа не позволяет отпирать записывающий проектор трубки без подсветного импульса, т.е. без запуска развертки.

Подключите осциллограф к питающей сети с помощью соединительного шнура.

Включите осциллограф, установив тумблер СЕТЬ в верхнее положение; при этом загорается индикаторная лампочка СЕТЬ над тумблером. Через пять минут после включения осциллографа проверьте его работоспособность, соблюдая следующий порядок:

ручкой « $\leftrightarrow$ » установите записывающий луч в середине экрана по горизонтали (обе индикаторные лампочки положения луча по горизонтали должны при этом погаснуть);

ручкой смещения луча в сменном блоке типа IY установите записывающий луч в середине экрана по вертикали (обе индикаторные лампочки « $\updownarrow$ » должны гореть);

поверните по часовой стрелке ручку АВТОСТИРАНИЕ, переводя осциллограф из режима обычного запоминания в режим автоматического стирания и запуска развертки;



Таблица 1

Обозначение органа управления	Назначение	Исходное положение
СЕТЬ	Включение прибора	Нижнее
☼	Освещение шкалы	Среднее
☼	Регулировка яркости	Левое
⊙	Регулировка фокусировки	Среднее
)///(	Регулировка астигматизма	Среднее
↔	Смещение луча по горизонтали	Среднее
МНОЖИТЕЛЬ РАЗВ.	Переключение умножения развертки в 10 раз	XI
КАЛИБРАТОР	Выбор режима работы калибратора	ОТКЛ.
АВТОСТИРАНИЕ	Включение режима автоматического стирания и запуска развертки и установка регулируемого времени воспроизведения	ОТКЛ.
АМПЛ.	Установка амплитуды стирательного импульса	Среднее
ПОТЕНЦИАЛ МИШЕНИ	Установка яркости воспроизведения	Среднее

установите ручки на лицевой панели блока IP91 в следующие положения): переключатель АВТ. – ЖДУЩИЙ ГРУБО – ЖДУЩИЙ НОРМАЛЬНО – в положение



АВТ., переключатель ВНУТР. – СЕТЬ 1:1-1:10 – в положение ВНУТР., переключатели установки числа запусков развертки – в положения «0» и «1» соответственно, переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. – в положение «0.1 мкс»;

подбирая оптимальное положение ручки УРОВЕНЬ, нажмите кнопку ГОТОВ в блоке IP91, при этом должны произойти запуск развертки, выдержка времени воспроизведения в пределах нескольких секунд, стирание, снова запуск развертки и т.д.;

ручкой регулировки яркости записывающего прожектора, обозначенной знаком «☼», ручкой регулировки яркости воспроизводящего прожектора ПОТЕНЦИАЛ МИШЕНИ и ручкой регулировки амплитуды стирания АМПЛ. установите такую яркость воспроизведения, записи и стирания, чтобы линия на экране ЭЛТ при запуске развертки прописывалась, а при стирании – стиралась. Помните, что большая яркость луча воспроизводящего прожектора (но не записывающего), от которого засвечивается все поле экрана, не только не опасно, а даже полезна для ЭЛТ. Поэтому наибольшей яркости записываемого изображения добивайтесь вначале за счет яркости воспроизведения и только затем за счет яркости записывающего луча;

Ручками регулировки фокусировки и астигматизма записывающего луча, обозначенными соответственно значками «☉» и «)///(», добейтесь наименьшей ширины линии. После этого выключите автоматическое стирание и запуск развертки и дайте осциллографу прогреться в течение 15 минут (свечение экрана из-за тока воспроизведения может продолжаться в течение всего времени подготовки осциллографа к работе).



### 3.2. Проведение измерений

Осциллограф может находиться в следующих режимах работы: в автоматическом режиме стирания и в режиме ручной подготовки к работе.

Осциллограф позволяет проводить измерения различных параметров сигналов. Измерение амплитуды производится методом калибрационных меток.

Метод измерения амплитуд или временных интервалов по калиброванной шкале основан на изменении линейных размеров изображения непосредственно по шкале экрана ЭЛТ. Измеряемая величина подсчитывается по формуле:

$$A = B * C * D, \quad (1)$$

где А - искомая величина сигнала;

В - число делений;

С - значение положения переключателя коэффициента отклонения (В/ДЕЛ.) или переключателя коэффициента развертки (ВРЕМЯ/ДЕЛ.);

Д - коэффициент передачи делителя, пробника или множителя развертки.

Метод измерения по калиброванной шкале является основным методом измерения данного осциллографа, для которого приведены нормы погрешностей. Величины погрешностей даны для минимального размера изображения (2.4 дел. по вертикали и 4 дел. по горизонтали). На практике следует стремиться к тому, чтобы измеряемая часть сигнала занимала 80 - 90% рабочей части экрана ЭЛТ. В этом случае погрешность измерения составляет около 5%.

Измерение величины постоянного напряжения производится в следующем порядке:

установите переключатель В/ДЕЛ. в такое положение, чтобы смещение луча от подачи на вход блока постоянного напряжения составляла примерно 5 делений;



если подается положительное постоянное напряжение, то перед подачей сигнала сместите луч к нижней линии шкалы; если же измеряется напряжение отрицательной полярности, то сместите луч к верхней линии шкалы;

установите переключатель входов в положение « $\cong$ »;

после того как луч установится в верхней или нижней рабочей части экрана ЭЛТ, не вращайте ручку « $\updownarrow$ » для предотвращения имитации ложного сигнала;

подайте постоянное напряжение и подсчитайте на сколько делений отклонится (вверх или вниз) при записи луч от своего начального положения;

подсчитайте величину постоянного напряжения по формуле (1).

Измерение величины сигнала на уровне постоянного напряжения производится в следующем порядке:

установите переключатель « $\cong \approx$ » в положение « $\cong$ »;

если уровень постоянного напряжения положительный, то перед подачей сигнала, который находится на уровне постоянного напряжения, сместите луч ручкой « $\updownarrow$ » в нижнюю часть шкалы экрана ЭЛТ;

подайте сигнал на вход блока;

переключатель В/ДЕЛ. установите в такое положение, чтобы изображение находилось в рабочей части экрана ЭЛТ;

установите длительность развертки такой, чтобы на экране было видно несколько периодов сигнала;

убедитесь, что ручка УСИЛЕНИЕ находится в положении КАЛИБР., и измерьте в делениях величину изображения от пика до пика.

Величину сигнала на уровне положительного напряжения можно посчитать по формуле (1).

Измерение мгновенного значения напряжения с учетом постоянной составляющей.



После того, как Вы убедитесь, что ручка УСИЛЕНИЕ находится в положении КАЛИБР., измерьте в делениях расстояние от первоначального положения луча на экране ЭЛТ до точки Р (рис.1).

Величину мгновенного значения напряжения в точке Р с учетом постоянной составляющей можно подсчитать по формуле (1).

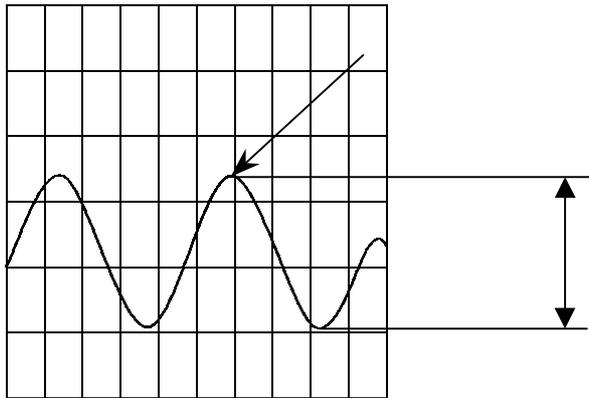


Рис. 1.

#### **4. Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- цель работы и лабораторное задание;
- протокол измерений;
- блок-схемы соединений приборов при проведении экспериментов;
- основные расчетные соотношения, таблицы и графики зависимостей;
- выводы по проделанной работе, включающие анализ полученных экспериментальных данных.



### **5. Контрольные вопросы**

1. С какой целью используются запоминающие осциллографы (ЗО)?
2. Назовите основные метрологические характеристики ЗО.
3. В чем заключается подготовка ЗО к проведению измерений?
4. Каков порядок проведения измерений с помощью ЗО?
5. Какие требования необходимо соблюдать для обеспечения длительной безотказной работы ЗО?
6. Какие альтернативные запоминающим осциллографам приборы существуют для измерения характеристик переходных процессов?
7. Как долго может храниться информация о сигнале в ЗО?
8. Назовите основные органы управления ЗО?
9. Может ли быть использован ЗО для исследования непрерывных периодических сигналов?
10. Для каких методов измерения ЗО приведены в документации нормы погрешностей?



## **Лабораторная работа №4. Проверка источника питания постоянного тока**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: освоение методов поверки источников питания постоянного тока.

### **1. Объект и средства исследования**

Объект исследования: источники постоянного тока Б5-43, Б5-44, Б5-45, метрологические характеристики источников.

Средства исследования: вольтметр универсальный цифровой В7-18, измеритель нестабильности напряжения В8-1, вольтамперметр М2008, милливольтметр ВЗ-38, осциллограф С1-48Б.

### **2. Домашнее задание**

1. Изучить основные характеристики источников постоянного тока.
2. Изучить методику поверки источников постоянного тока.
3. Ознакомиться с описаниями и правилами работы средств исследования.

### **3. Рабочее задание и указания к выполнению работы**

#### **3.1. Операции и средства поверки**

1. При проведении проверки должны выделяться следующие операции:
  - внешний осмотр;
  - опробование;



- определение погрешности установки выходного напряжения;
  - определение погрешности установки выходного тока;
  - определение нестабильности выходного напряжения при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения в режиме стабилизации напряжения;
  - определение нестабильности выходного тока при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения в режиме стабилизации тока;
  - определение нестабильности выходного напряжения при изменении тока нагрузки от нуля до 0.9 максимального значения в режиме стабилизации тока;
  - определение нестабильности выходного тока при изменении напряжения на нагрузке от 0.9 максимального значения до нуля в режиме стабилизации тока;
  - проверка пульсации выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения;
  - проверка пульсации выходного напряжения в режиме стабилизации тока.
2. При проведении проверки должны применяться средства проверки указанные в табл. 1.



Таблица 1

Наименование и тип	Нормативно-технические характеристики
Вольтметр универсальный цифровой В7-18	Диапазон измерения выходных напряжений от 10мкВ до 1000В. Погрешность измерения: $(0.5 + 0.2 \frac{U_x}{U})\%$
Измеритель нестабильности напряжения В8-1	Диапазон измерения выходных напряжений от 0.2В до 1кВ. Погрешность измерения кратковременная 5%, долговременная - до 30%
Вольтамперметр М2008	Диапазон измеряемого напряжения от 15мВ до 150В; Диапазон измеряемого тока от 0.75мА до 7.5А
Милливольтметр В3-38	Диапазон измеряемых напряжений (0.05 - 100000)мВ
Осциллограф С1-48Б	

### 3.2. Условия поверки и подготовка к ней

1. При проведении проверки должны соблюдаться следующие условия:
  - температура окружающей среды  $293 \pm 5\text{K}$  ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ );
  - относительная влажность воздуха  $65 \pm 15\%$ ;



- атмосферное давление  $100 \pm 4 \text{ кН/м}^2$  ( $750 \pm 30 \text{ мм рт.ст.}$ );
- напряжение источника питания  $220 \pm 4.4 \text{ В}$  частотой  $50 \pm 0.5 \text{ Гц}$ , содержанием гармоник до 5%.

2. Перед проведением операций поверки необходимо выполнить подготовительные работы оговоренные в разделе "Подготовка к работе".

### **3.3. Проведение поверки**

1. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено следующее:

- наличие полного комплекта источника постоянного тока;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- четкость фиксации переключателей;
- наличие и соответствие документации номиналов предохранителей.

2. Опробование производится в следующем порядке:

- занулить корпус прибора;
- проверить исправность сетевого кабеля;
- тумблер СЕТЬ установить в нижнее положение;
- кодовые переключатели установить в положение 001;
- включить вилку в электрическую розетку и установить тумблер СЕТЬ в верхнее положение, при этом должна загореться лампочка «СЕТЬ».

Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

3. Погрешность установки выходного напряжения источника питания постоянного тока в режиме стабилизации напряжения определяется с помощью приборов, соединенных по структурной схеме, изображенной на рис.1:

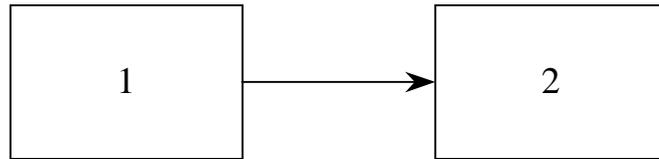


Рис.1. Схема соединения приборов при определении погрешности установки выходного напряжения:

- 1 - источник питания постоянного тока;
- 2 - цифровой вольтметр В7-18

Погрешность установки выходного напряжения определяется в следующих точках:

для прибора Б5-43	001	010	100	для прибора Б5-44	001	010	100
	002	020	200		002	020	200
	003	030	300		003	030	299
	004	040	400		004	040	
	005	050	500		005	050	
	006	060	600		006	060	
	007	070	700		007	070	
	008	080	800		008	080	
	009	090	999		009	090	



для прибора Б5-45	001	010	100
	002	020	200
	003	030	300
	004	040	400
	005	050	499
	006	060	
	007	070	
	008	080	
	009	090	

Движки кодовых переключателей тока при этом измерении устанавливаются в положения 1.99А; 999мА; 499мА для приборов Б5-43, Б5-44, Б5-45 соответственно.

Абсолютная погрешность установки выходного напряжения рассчитывается по формуле (1):

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_{\text{уст}} \quad (1)$$

Относительная погрешность установки выходного напряжения рассчитывается по формуле (2):

$$\delta u = \frac{U_{\text{И}} - U_{\text{—□}}}{U_{\text{—□}}} * 100\%, \quad (2)$$

где  $U_{\text{И}}$  - измеренное значение выходного напряжения;

$U_{\text{—□}}$  - устанавливаемое с помощью кодового переключателя значение выходного напряжения.



4. Результат испытаний считается удовлетворительным, если погрешность установки выходного напряжения не превышает значений  $\pm(0.5\% U_{уст} + 0.1\% U_{max})$ .

Погрешность установки выходного тока источника питания постоянного тока в режиме стабилизации тока определяется с помощью приборов, соединенных по структурной схеме, изображенной на рис.2.

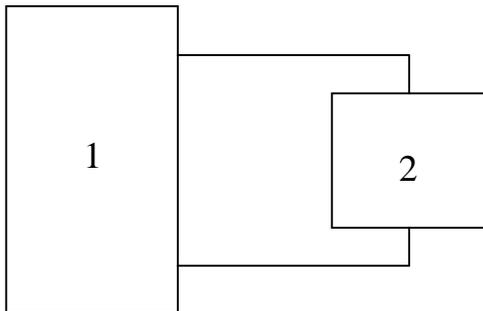


Рис.2. Схема соединения приборов при определении погрешности установки выходного тока:

1 - источник питания постоянного тока  
2 - вольтметр М2008

Погрешность установки выходного тока определяется в следующих точках:

для прибора Б5-43	001	010	100	для прибора Б5-44	001	010	100
	002	020	199		002	020	200
	003	030			003	030	300
	004	040			004	040	400
	005	050			005	050	500
	006	060			006	060	600
	007	070			007	070	700
	008	080			008	080	800
	009	090			009	090	999



для прибора Б5-45	001	010	100
	002	020	200
	003	030	300
	004	040	400
	005	050	499
	006	060	
	007	070	
	008	080	
	009	090	

Движки кодового переключателя напряжения устанавливаются в положения, соответствующие максимальным значениям.

5. Абсолютная погрешность установки выходного тока определяется по формуле (3):

$$\Delta I = I_{\text{изм}} - I_{\text{уст}}, \quad (3)$$

Относительная погрешность установки выходного тока определяется по формуле (4):

$$\delta i = \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{уст}}}{I_{\text{уст}}} * 100\%, \quad (4)$$

где  $I_{\text{изм}}$  - измеренное значение выходного тока;

$I_{\text{уст}}$  - устанавливаемое с помощью кодового переключателя значение выходного тока.

Результат измерений считается удовлетворительным, если погрешность установки выходного тока не превышает значений  $\pm(1\% I_{\text{уст}} + 0.2\% I_{\text{max}})$ .



6. Для определения нестабильности выходного напряжения при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения в режиме стабилизации напряжения используются приборы, схема соединения которых изображена на рис.3.

Проверка производится на выходных клеммах прибора при максимальных значениях выходного напряжения и токах нагрузки, равных 0.9 максимального значения. Плавно изменяя напряжение на  $\pm 10\%$  от номинального значения, измеряют нестабильность выходного напряжения в крайних точках. Время выдержки в крайних точках 5 мин.

Результат измерения считается удовлетворительным, если при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения величина нестабильности выходного напряжения не превышает значения 0.01%.

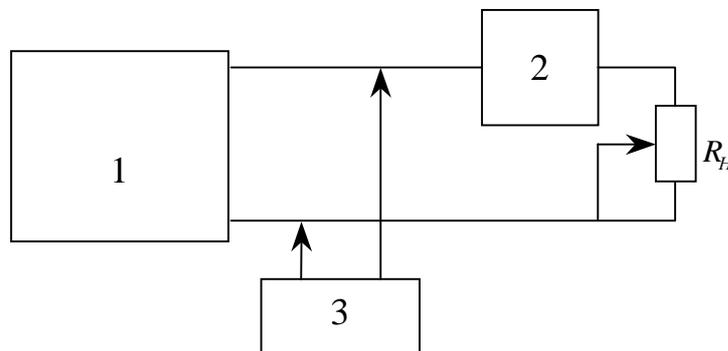


Рис.3. Схема соединения при проверке нестабильности выходного напряжения питающей сети:

- 1 - источник питания постоянного тока
- 2 - вольтамперметр М2008
- 3 - измеритель нестабильности



7. Для определения нестабильности выходного тока при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения в режиме стабилизации тока используются приборы, схема соединения которых показана на рис .4.

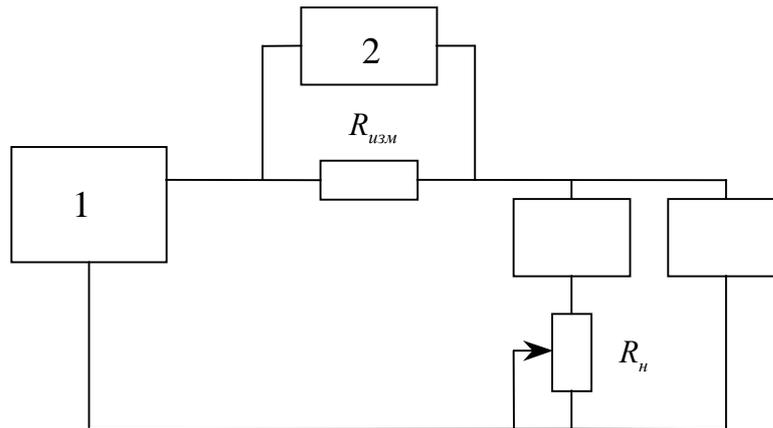


Рис.4. Схема соединения приборов при проверке нестабильности выходного тока при изменении напряжения питающей сети:

- 1 - источник питания постоянного тока
- 2 - измеритель нестабильности В8-1
- 3 - вольтамперметр М2008

Значение измерительного сопротивления  $R_{изм}$  выбирается из табл. 2.



Таблица 2

Тип прибора	Максимальное выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Напряжение на измерительном сопротивлении, В	Величина измерительного сопротивления, Ом	Тип измерительного сопротивления
Б5-43	10	2,0	1,0	0,47	C5-16T-5-0,47 Ом±1%
Б5-44	20	1,0	0,7	0,66	C5-16T-2-0,33 Ом±1%
Б5-45	30	0,5	0,6	1,2	C5-16T-5-1,2 Ом±1%

Движки кодового переключателя напряжения устанавливаются в положения, соответствующие максимальным значениям. Изменение нестабильности выходного тока производится в точках, соответствующих напряжению на нагрузке равному 0.9 максимального и нулю. Плавно изменяя напряжение питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения, измеряют нестабильность выходного тока при изменении напряжения питающей сети. Время выдержки в крайних точках измерения 5 мин.

Результат измерения считается удовлетворительным, если при изменении напряжения питающей сети на  $\pm 10\%$  от номинального значения, нестабильность выходного тока не превышает 0.05%.

8. Нестабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки от нуля до до 0.9 максимального значения определяется с помощью приборов, соединенных по схеме, приведенной на рис.3.

Измерения производятся на выходных клеммах прибора. Положение движков кодовых переключателей те же, что и в п.3.3.6 ТУ. Изменяя нагрузку прибора от 0.9



максимального значения до нуля, провести измерение нестабильности выходного напряжения при изменении тока нагрузки. Время измерения – 5 мин.

Результаты измерения считаются удовлетворительными, если нестабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0.9 максимального значения до нуля не превышает значения 0.05%.

9. Нестабильность выходного тока при изменении напряжения на нагрузке от 0.9 максимального значения до нуля в режиме стабилизации тока определяется по структурной схеме, приведенной на рис.4.

Измерения производятся на измерительном сопротивлении, тип, величина которого приведены в табл.2.

Положения движков кодовых переключателей те же, что и в п.3.3.7 ТО. Плавно изменяя напряжение на нагрузке от 0.9 максимального до нуля, провести измерение нестабильности выходного тока. Время выдержки при измерении – 5 мин.

Результат измерения считается удовлетворительным, если значение нестабильности выходного тока при изменении напряжения на нагрузке от 0.9 максимального значения до нуля в режиме стабилизации тока не превышает  $0.1\% I_{\max}$ .

10. Пульсации выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения определяются по структурной схеме, изображенной на рис.3, в которой вместо измерителя нестабильности В8-1 на выходные клеммы прибора поочередно включаются милливольтметр переменного тока В3-38 и осциллограф С1-48Б.

Измерения производятся при тех же положениях движков кодовых переключателей, что и в п.6.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если эффективное значение пульсаций выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения не превышает 1мВ.



11. Пульсации выходного тока в режиме стабилизации тока определяются по структурной схеме, приведенной на рис.4, в которой вместо измерителя неустойчивости В8-1 на выходные клеммы прибора поочередно включаются милливольтметр переменного тока ВЗ-38 и осциллограф С1-48Б.

Измерения производятся при тех же положениях движков кодовых переключателей, что и в п.3.3.7.

Величина пульсаций выходного тока  $I_{\sim}$  может быть рассчитана по формуле (5):

$$I_{\sim} = \frac{U_{изм}}{R_{изм}}, \quad (5)$$

где  $U_{изм}$  - переменная составляющая напряжения на измерительном сопротивлении;

$R_{изм}$  - величина измерительного сопротивления.

Результаты испытания считаются, удовлетворительными, если эффективное значение пульсаций выходного тока в режиме стабилизации тока не превышает  $0.2\% I_{\max}$ .

#### **4. Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- цель работы и лабораторное задание;
- протокол измерений;
- блок-схемы соединений приборов при проведении экспериментов;
- основные расчетные соотношения, таблицы и графики зависимостей;



- выводы по проделанной работе, включающие анализ полученных экспериментальных данных.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте цель проведения поверки источников постоянного тока (ИПТ).
2. Какое заключение должно быть выдано по результатам поверки?
3. Назовите основные характеристики ИПТ.
4. Назовите основные этапы проведения поверки ИПТ.
5. В чем заключается определение погрешности установки выходного напряжения ИПТ в режиме стабилизации напряжения?
6. В чем заключается определение погрешности установки выходного напряжения ИПТ в режиме стабилизации тока?
7. В каких условиях должна выполняться поверка?
8. Что такое абсолютная погрешность измеряемой величины?
9. Что такое относительная погрешность измеряемой величины?
10. Дайте определение систематической погрешности.



## **Лабораторная работа №5. Исследование амплитудно-частотных характеристик радиоэлектронных устройств и методов их измерений**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научиться измерять амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) блоков РЭС (четырёхполюсников).

### **1. Объект и средства исследования**

Объект исследования: прибор исследования АЧХ Х1-46

Средства исследования: Лабораторный макет с набором пассивных фильтров (четырёхполюсников), электронный вольтметр ВЗ-38, генератор синусоидальных сигналов Г1-118.

### **2. Домашнее задание**

1. Ознакомиться с основными методами исследования АЧХ.
2. Ознакомиться с описанием прибора для исследования АЧХ Х1-46.
3. Изучить правила работы с прибором Х1-46 по исследованию АЧХ.

### **3. Рабочее задание и указания к выполнению работы**

#### **3.1. Краткая теоретическая часть**



Амплитудно-частотная характеристика представляет собой зависимость коэффициента усиления четырехполюсника от частоты электрического сигнала. Измерение АЧХ осуществляется различными методами и средствами измерений.

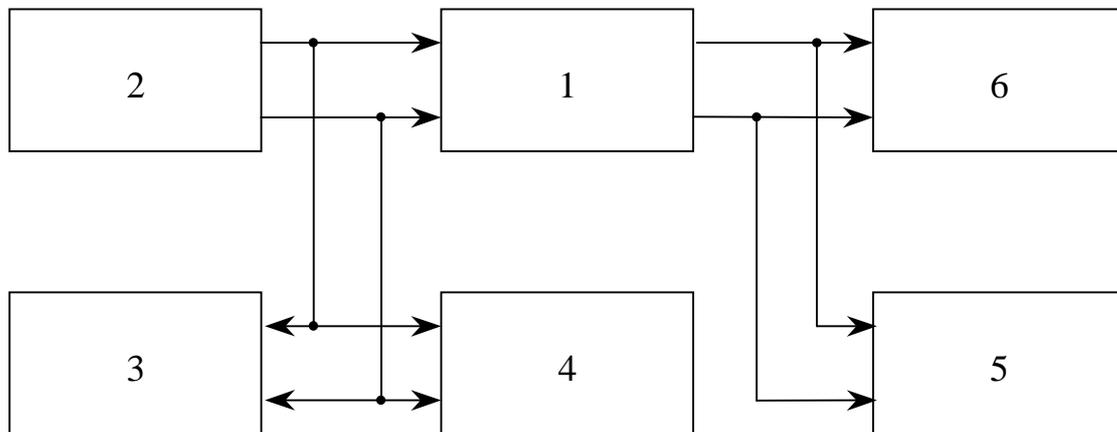


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема для измерения АЧХ, включающая следующие средства измерений:

- 1 - исследуемый четырехполюсник;
- 2 - генератор гармонического сигнала;
- 3 - частотомер;
- 4, 5 - вольтметры переменного тока;
- 6 - осциллограф.

Осциллограф необходим для визуального контроля за формой выходного сигнала. Измерение АЧХ осуществляется следующим образом. На вход исследуемого четырехполюсника подается гармонический сигнал постоянной амплитуды (контролируется с помощью вольтметра 4) и минимальной для исследуемого четырехполюсника частоты (контролируется с помощью частотомера). Вольтметром 5 измеряется амплитуда сигнала на выходе четырехполюсника. Отношение амплитуды на-



пряжения на выходе четырехполюсника к амплитуде напряжения на его входе даст коэффициент передачи четырехполюсника на установленной частоте.

Затем необходимо увеличить частоту сигнала на входе, не изменяя его амплитуды, и измерить коэффициент передачи четырехполюсника на вновь установленной частоте. Увеличивая частоту до максимального для исследуемого четырехполюсника значения измеряют коэффициент передачи на каждой из частот.

По полученным данным строят АЧХ.

Для наблюдения и измерения АЧХ четырехполюсников в лабораторных и цеховых условиях применяют специальные приборы – приборы для исследования амплитудно-частотных характеристик. Примером такого прибора является Х1-46.

Прибор позволяет:

- наблюдать АЧХ по одному или двум каналам;
- исследовать АЧХ четырехполюсников;
- измерять частоты отдельных точек наблюдаемых АЧХ;
- измерять относительные ослабления точек АЧХ;
- производить запись АЧХ на двухкоординатном самописце.

Технические данные Х1-46:

- диапазон частот от 0,02 до 200 кГц;
- напряжение на выходах генератора качающейся частоты (ГКЧ) при согласованной нагрузке не менее 7 В;
- чувствительность обоих каналов вертикального отклонения не менее 5 мм/мВ.

Прибор Х1-46 конструктивно состоит из двух блоков - блока ГКЧ и блока индикаторного.



### 3.2. Проведение измерений

Перед проведением измерений необходимо прогреть прибор в течении 15 минут. Перед использованием прибора или во время его работы полезно проверить его работоспособность путем просмотра на экране блока индикаторного изображения собственного выходного напряжения во всем рабочем диапазоне. Проверка в диапазоне от 1 до 200 кГц проводится по следующей методике.

Выход блока ГКЧ С соедините с помощью кабеля соединительного со входом Э1 блока индикаторного. На экране должна появиться собственная АЧХ прибора. Нажмите кнопку 50 переключателя МЕТКИ кГц, ручкой АМПЛ.МЕТКИ кГц установите необходимую амплитуду меток и с помощью ручек ЧАСТОТА кГцVV и ПОЛОСА совместите провал "нулевой" частоты и центр четвертой частотной метки с нулевой и десятой вертикальными линиями масштабной сетки. С помощью ручки V1 совместите АЧХ с 10-й горизонтальной линией масштабной сетки.

Проверка в диапазоне от 0 до 30 кГц проводится при нажатых кнопках 1 переключателя поддиапазонов, 0,1 переключателя ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ S, 10 переключателя ПЕРИОД S и 10 переключателя МЕТКИ кГц по аналогичной методике, совмещая провал "нулевой" частоты и центр третьей метки с нулевой и десятой вертикальными линиями.

### 3.3. Наблюдение АЧХ

Для наблюдения АЧХ радиоустройства на экране блока индикаторного необходимо установить на выходе блока ГКЧ с помощью переключателей ОСЛАБЛЕНИЕ дБ значение напряжения равное чувствительности исследуемого четырехполюсника, затем необходимо выход ГКЧ С1 соединить со входом измеряемого объекта, а вы-



ход измеряемого объекта - со входом блока индикаторного Э1. При исследовании объекта с входным сопротивлением более 100 кОм перед его подключением нажмите кнопку НАГРУЗКА 600  $\Omega$ , при исследовании объекта с входным сопротивлением 600  $\Omega$  упомянутую кнопку отпустите.

Установка необходимой полосы качания блока ГКЧ в линейном частотном масштабе проводится с помощью ручек ЧАСТОТА кГц V, VV (устанавливается центральная частота), ПОЛОСА (устанавливается полоса качания). Точный контроль установки центральной частоты в режиме автоматического качания может проводиться с помощью стоп-метки или собственных кварцованных меток. Чувствительность индикаторного блока устанавливается ручками ОСЛАБЛЕНИЕ дБ этого блока.



### **3.4. Измерение частоты отдельных точек наблюдаемых АЧХ**

В приборе предусмотрены следующие основные способы измерения частоты отдельных точек наблюдаемых АЧХ:

- с помощью собственных частотных меток 50, 10 и 1 кГц;
- с помощью частотной метки от внешнего генератора;
- с помощью стоп-метки и внешнего электронно-счетного частотомера.

При измерении частоты с помощью собственных частотных меток через 50, 10 и 1 кГц нажмите соответствующую кнопку переключателя **МЕТКИ кГц**. Установите необходимую амплитуду меток. Интервалы между метками по частоте в килогерцах соответствуют положению наблюдаемой метки для 50 кГц и отсчитываются от начала диапазона, для 10 кГц - от 50-килогерцовых, а для 1 кГц - от 10 килогерцовых меток. Значения частот точек АЧХ, находящиеся между метками, могут при работе в линейном частотном масштабе определяться интерполированием.

Метки 50 кГц полностью формируются при длительности рабочего хода 1с, а метки 10...1 кГц при длительности рабочего хода 10 и 40с соответственно.

Для получения частотной метки от внешнего генератора его напряжение величиной 4,5В подайте на гнездо Э **ВНЕШН.**, нажмите кнопку **ВНЕШН.** переключателя **МЕТКИ кГц**. Установите с помощью ручки **АМПЛ.МЕТКИ кГц** необходимую амплитуду меток. Устанавливая по экрану метку в точку кривой, в которой необходимо измерить частоту, по шкале частот внешнего генератора или по частотомеру, подключенному к этому генератору, определите измеряемую частоту.

Для измерения частоты отдельных точек АЧХ с помощью внешнего электронно-счетного частотомера может быть использован любой частотомер, в котором предусмотрена возможность внешнего запуска системы отсчета импульсом запуска. При этом вход частотомера соедините с гнездом **ЧАСТОТОМЕР**, расположен-



ным на задней панели блока ГКЧ, а гнездо внешнего запуска частотомера - с гнездом ЗАПУСК, расположенным также на задней панели блока ГКЧ.

Нажмите кнопку КОРОТКАЯ переключателя. Вращая ручку СТОП-МЕТКА, установите стоп-метку, наблюдаемую на кривой АЧХ в виде яркостной точки в нужную точку АЧХ. При этом показания частотомера, определенные при развертке 10с, соответствуют частоте точки АЧХ, отмеченной стоп-меткой.

### **3.5. Измерение относительного ослабления отдельных точек АЧХ**

Относительное ослабление отдельных точек наблюдаемых АЧХ измеряется методом сравнения ослабления выходного напряжения блока ГКЧ измеряемым объектом с ослаблением того же напряжения встроенными делителем или аттенюаторами. При этом используются два отдельных измерительных канала, которые начинаются двумя выходами блока ГКЧ и оканчиваются двумя идентичными входами блока индикаторного. Для измерения относительного ослабления в линейном масштабе до 20 дБ на экране блока индикаторного получите изображение АЧХ измеряемого объекта в линейном масштабе. При этом вход измеряемого объекта присоедините к выходу С1 блока ГКЧ, а выход – ко входу Э1 блока индикаторного, образуя первый измерительный канал. Второй измерительный канал создается путем соединения выхода СШ блока ГКЧ со входом ЭП блока индикаторного. При этом по второму каналу воспроизводится горизонтальная линия, с помощью которой отсчитывается относительное ослабление отдельных точек.

Установить коэффициент усиления второго канала блока индикаторного равный коэффициенту усиления первого канала. Для этого необходимо соединить выходы С1 и С2 ГКЧ с соответствующими входами блока индикаторного. Ручками



ОСЛАБЛЕНИЕ П дБ в режиме коммутации каналов совместить линию второго канала с линией первого канала. При этом на шкале ОТСЧЕТ должно быть установлено значение 0 дБ. Вновь включить в 1-й измерительный канал исследуемое устройство.

### 3.6. Описание измерительного стенда

Структурная схема стенда для измерения АЧХ представлена на рис. 2.

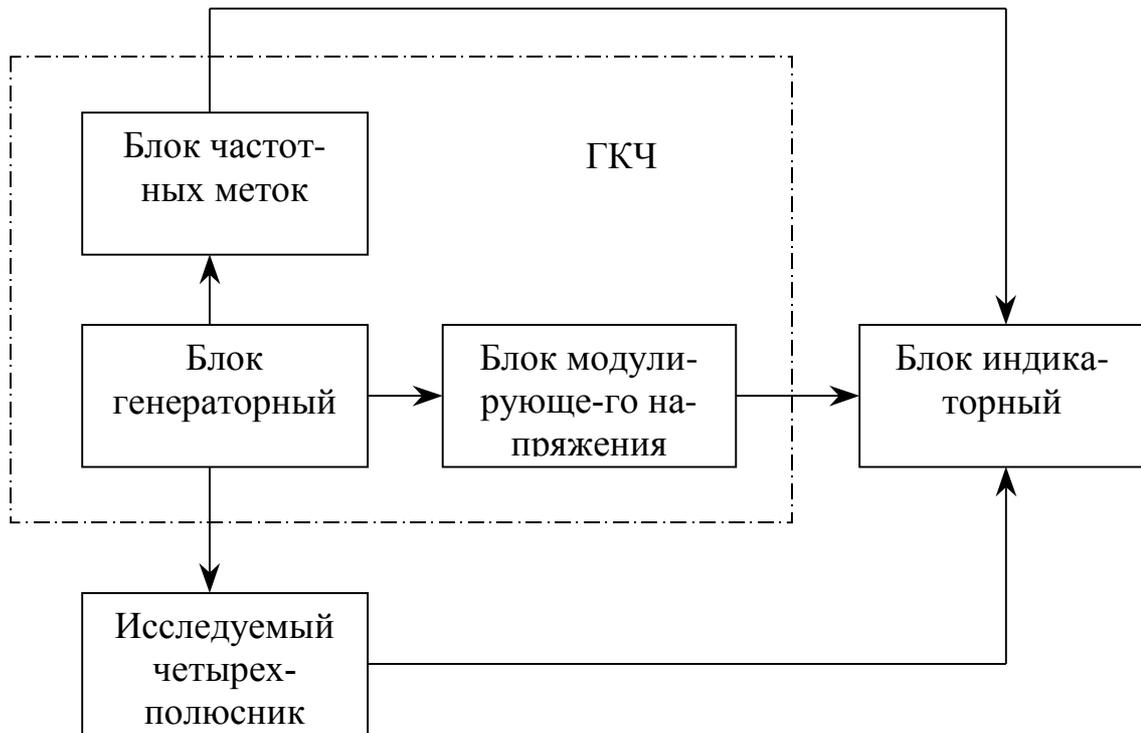


Рис. 2



### **3.7. Лабораторное задание**

1. Измерить АЧХ устройств, предложенных преподавателем (усилитель и фильтр), с помощью генератора гармонического сигнала и вольтметра.
2. Получить АЧХ устройства на экране блока индикаторного прибора Х1-46
3. Измерить коэффициенты усиления и частоты характерных точек АЧХ. Частоты измерять различными способами.
4. Сравнить результаты измерений.

### **4. Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- номер и название работы;
- цель работы и лабораторное задание;
- протокол измерений;
- блок-схемы соединений приборов при проведении экспериментов;
- основные расчетные соотношения, таблицы и графики зависимостей;
- выводы по проделанной работе, включающие анализ полученных экспериментальных данных.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Назовите основные технические характеристики прибора Х1-46.



2. Какие существуют методы исследования АЧХ? Назовите их достоинства и недостатки.
3. В каких режимах может функционировать прибор Х1-46?
4. Почему прибор Х1-46 состоит из двух блоков?
5. Каким образом измерить частоту отдельных точек, наблюдаемых АЧХ на приборе Х1-46?
6. Какие требования предъявляются к четырехполюсникам для их исследования с помощью прибора Х1-46?
7. Сравните погрешность в определении АЧХ различными существующими методами.
8. Чем определяется систематическая ошибка в измерении частоты с помощью прибора Х1-46?