

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Сети связи и система коммуникаций»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

Бишкек 2021

УДК 621.37/39:006
У 91

Рецензенты:

С.М. Токтогонов – канд. физ-мат. наук, доц.,
декан факультета «Физика и электроника»
КНУ им. Ж. Баласагына,

М.О. Оконов – канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедры «Сети связи и системы
телекоммуникаций» КРСУ

Составитель

Н. И. Кравченко

Рекомендовано к изданию
кафедрой «Сети связи и системы телекоммуникаций» КРСУ

У 91 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»/
сост. Н. И. Кравченко. Бишкек: КРСУ, 2021. 68 с.

В учебно-методических указаниях изложены вопросы экспериментального проведения электрических измерений различными измерительными приборами.

Предназначены студентам по направлению подготовки 690300 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиль подготовки «Сети связи и системы телекоммуникаций».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1 Измерение напряжения с помощью комбинированного электромеханического измерительного прибора.....	5
Лабораторная работа № 2 Изучение аналогового электронного вольтметра	10
Лабораторная работа № 3 Изучение цифрового вольтметра	15
Лабораторная работа № 4 Изучение измерительного генератора низких частот	19
Лабораторная работа № 5 Изучение работы широкополосного и избирательного измерителя уровней сигнала	24
Лабораторная работа № 6 Измерение частоты и периода сигнала цифровым частотомером.....	35
Лабораторная работа № 7 Исследование работы осциллографа и измерения основных параметров электрических сигналов	46
Литература	67

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» является базовой для всех технических специальностей связанного профиля. Её цель познакомить студентов с типовыми методами и типовой измерительной аппаратурой, сформировать умение студентов выбрать, включить, откалибровать и эксплуатировать измерительные приборы в соответствии с их техническими характеристиками, обеспечив необходимую точность измерений.

Методические указания к лабораторным работам призваны помочь студентам в изучении методов и средств измерений электрических величин, общих методов обработки результатов измерений и оценки погрешностей.

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Цели работы: знакомство с принципом работы комбинированного электромеханического прибора при измерении постоянного и переменного напряжений; отработка навыков определения основных и дополнительных погрешностей при измерениях.

Необходимые приборы

1. Регулируемый источник постоянного напряжения – 1 шт.
2. Комбинированный электромеханический прибор (тестер) – 1 шт.
3. Измерительный генератор звуковой частоты – 1 шт.

а) Измерения постоянного напряжения

Очень важной характеристикой прибора является его класс точности. Класс точности – это наименьшая погрешность в процентах, с которой может измерить данный измерительный прибор в нормальных условиях эксплуатации. Класс точности указан на шкале прибора.

Наибольшая точность показания, совпадающая с классом точности прибора, происходит только в конце шкалы, когда стрелка находится на пределе измерения L . В этой точке относительная погрешность прибора наименьшая. Наибольшая погрешность измерения – в начале шкалы.

Относительную погрешность в любой точке шкалы можно вычислить по формуле

$$\beta = \gamma_{\text{пр}} \frac{L}{X}, \quad (1.1)$$

где $\gamma_{\text{пр}}$ – приведенный класс точности прибора;

L – предел измерения;

X – измеренная величина (показание прибора).

Порядок выполнения работы

Для измерения постоянного напряжения собирается структурная схема (рис. 1.1).

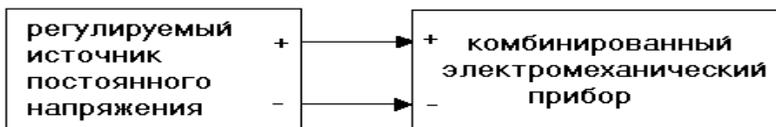


Рис. 1.1

Внимание! Работа с первого по пятый пункт проводится при выключенном источнике питания.

1.1. Расположить измерительный прибор согласно ТУ его эксплуатации (см. символ на циферблате прибора).

1.2. Переключить режим работы измерительного прибора на «Измерение постоянного напряжения».

1.3. Выставить предел измерения прибора 5 В. Определить цену деления на этом пределе. В зависимости от конструкции комбинированного прибора преподаватель может изменить предел измерения.

1.4. Регулятором уровня выходного напряжения на источнике выставить нулевое напряжение.

1.5. Подсоединить соединительными проводами измерительный прибор к источнику согласно рис. 1.1, при этом необходимо строго соблюдать полярность, т. е. плюс измерительного прибора подсоединяется к плюсу источника, а минус – к минусу.

1.6. Включить источник питания.

1.7. Постепенно увеличивая напряжение на выходе источника, последовательно в пяти точках шкалы комбинированного прибора измерить напряжение.

Первая точка – минимальное напряжение, пятая точка – максимальное напряжение, т. е. на пределе L. Точки измерения 2, 3, 4 расположить равномерно между 1 и 5 точками.

1.8. Выключить источник постоянного напряжения.

1.9. Прodelать операции п. 3, 4, 6, 7.

1.10. Прodelать те же измерения на пределе 10 В.

При этом необходимо определить цену деления и на этом пределе.

1.11. Полученные результаты измерений занести в таблицу 1.1.

1.12. Произвести вычисление по формуле (1.1) и результаты занести в таблицу 1.1.

1.13. По данным построить графики для двух пределов.

По оси абсцисс отложить точки измеряемого напряжения, по оси ординат – относительную погрешность β .

Таблица 1.1

Нормирующее значение шкалы (предел измерения) L (В)	Номер точки измерения	Напряжение X на измерительном приборе (В)	β (%)
5	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
10	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

Если прибор используется в ненормальных условиях эксплуатации, то возникают дополнительные погрешности. К ненормальным условиям эксплуатации относятся, отклонение температурного режима, влажности, давления, изменение положения прибора при измерениях, измерение на частотах, не предусмотренных данным прибором. В этих случаях общая погрешность измерения является суммой основной и дополнительной погрешностей.

б) Измерение переменного напряжения

Для измерения переменного напряжения собирается структурная схема (рис. 1.2).

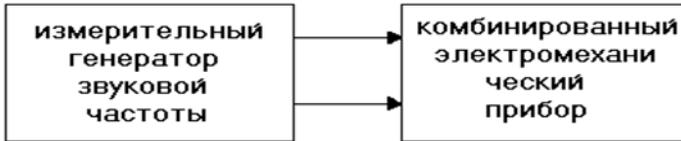


Рис. 1.2

1.14. Расположить измерительный прибор согласно ТУ эксплуатации.

1.15. Переключить режим работы измерительного прибора на «Измерение переменного напряжения».

1.16. Выставить предел измерения L комбинированного прибора на самый низший уровень, но не менее одного вольта.

1.17. Определить цену деления на этом пределе, при этом обратить внимание на неравномерность шкалы при измерении переменного напряжения.

1.18. Установить ручку «Регулировка входного напряжения» на генераторе в самое крайнее минимальное положение.

1.19. Выставить частоту генератора на 50 Гц.

1.20. Подсоединить комбинированный измерительный прибор к не включенному генератору частоты согласно рис. 1.2.

1.21. Включить генератор и выставить выходное напряжение на предел L (крайнее правое деление на комбинированном приборе).

1.22. Сравнить показания комбинированного прибора с прибором на генераторе, показывающем выходное напряжение генератора. Эти два показания могут несколько не совпадать.

1.23. Изменяя частоту выходного сигнала согласно таблице 1.2, вычислить относительную погрешность по формуле (1.1).

При изменении частоты необходимо внимательно следить, чтобы напряжение на выходе генератора на всех частотах осталось таким, каким его установили на частоте 50 Гц. По-

стоянство напряжения на выходе генератора контролируется измерительным прибором, находящимся на генераторе.

1.24. Вычислить дополнительную погрешность измерения на разных частотах по формуле (1.2).

$$\beta_{\text{доп}} = \beta_F - \beta_{50}, \quad (1.2)$$

где β_F – относительная погрешность, % на указанной частоте в таблице 1.2;

β_{50} – погрешность на частоте 50 Гц, на этой частоте погрешность прибора минимальная и приближается к классу точности.

1.25. Все величины занести в таблицу 1.2.

1.26. По данным построить график зависимости

$$\beta_{\text{доп}} = f(F).$$

По оси абсцисс откладывается частота генератора F.

Таблица 1.2

Показания и вычисления	Частота генератора F (Гц)						
	50	100	200	400	800	1600	3200
L							
X							
β_F							
$\beta_{\text{доп}}$							

Контрольные вопросы

1. Какова цена деления на тех пределах прибора, на которых вы работали?

2. Почему в режиме измерения переменного напряжения шкала прибора неравномерная?

3. Пояснить все условные обозначения на шкалах измерительных приборов всех электронных устройств, применяемых в лабораторной работе.

Лабораторная работа № 2
ИЗУЧЕНИЕ АНАЛОГОВОГО
ЭЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТМЕТРА

Цель работы

- 2.1. Ознакомиться с основными техническими характеристиками вольтметра.
- 2.2. Получить практические навыки работы с электронным вольтметром.
- 2.3. Ознакомиться с техническим описанием вольтметра В3-38.

Подготовить бланк отчета

- 2.4. Титульный лист.
- 2.5. Упрощенная структурная схема вольтметра.
- 2.6. Схемы измерений, рисунки 2.1, 2.2.
- 2.7. Формы протоколов измерений, таблицы 2.1, 2.2.

Основное оборудование

- 2.8. Изучаемый вольтметр В3-38.
- 2.9. Измерительный генератор ГЗ-112
- 2.10. Образцовый вольтметр В7-16.
- 2.11. Магазин сопротивлений МРС- 60.
- 2.12. Соединительные провода.

Задание

- 2.13. Изучить конструкцию электронного вольтметра.
- 2.14. Произвести поверку вольтметра В3-38.
- 2.15. Измерить входное сопротивление вольтметра.

Порядок выполнения работы

- 2.16. Изучите функциональную схему прибора.
- 2.17. Повторите назначение основных блоков.
- 2.18. Изучите расположение и назначение органов управления.
- 2.19. Поверка электронного вольтметра.
Значения для проведения измерений сообщает преподаватель.
- 2.20. Соберите схему, приведённую на рисунке 2.1.

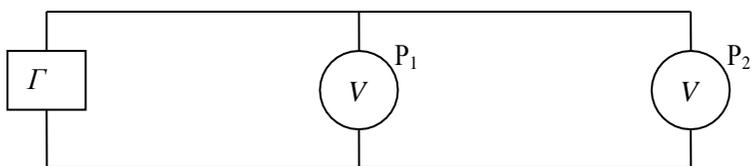


Рис. 2.1. Схема поверки вольтметра

В качестве образцового вольтметра P_1 используется вольтметр В7-16.

P_2 – поверяемый вольтметр В3-38.

2.21. Настройте генератор на частоту $f = 1$ кГц.

Установите по вольтметру В3-38 значения напряжения заданное преподавателем, по образцовому вольтметру определите действительное значение измеряемого напряжения. Пределы вольтметров В3-38 и В7-16 необходимо выбрать в соответствии с измеряемым напряжением.

2.22. Рассчитайте абсолютную, относительную и приведённую погрешность.

Абсолютная погрешность рассчитывается по формуле 2.1.

$$\Delta U = U_{\text{из}} - U_{\text{д}}, \quad (2.1)$$

относительная погрешность рассчитывается по формуле 2.2.

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_d} 100\%, \quad (2.2)$$

приведенная погрешность рассчитывается по формуле 2.3

$$\delta_{пр} = \frac{\Delta U}{U_{п}} 100\% \quad (2.3)$$

$U_{из}$ – измеряемое напряжение ВЗ-38;

U_d – показания образцового вольтметра В7-16;

$U_{п}$ – предел измерений.

Определите среднюю приведённую погрешность по формуле 2.4, и сравнить её с классом точности.

$$\gamma_{нпр} = \frac{\gamma_{п1} + \gamma_{п2} + \gamma_{п3} + \gamma_{п4} + \dots + \gamma_{пn}}{n} \quad (2.4)$$

если $\gamma_{нпр} > K$, то прибор метрологически не исправен.

Результаты измерений занесите в таблицу 2.1.

φ

Таблица 2.1

$P_{из}$ (дБ)							
$U_{из}$ (В)							
$U_{п}$ (В)							
U_d (В)							
ΔU (В)							
δ %							
$\gamma_{п}$ %							

2.23. Соберите схему, приведённую на рисунке 2.2.

В качестве переменного резистора R_m используйте магазин сопротивлений, имеющий $R_{\max}=10000$ Ом.

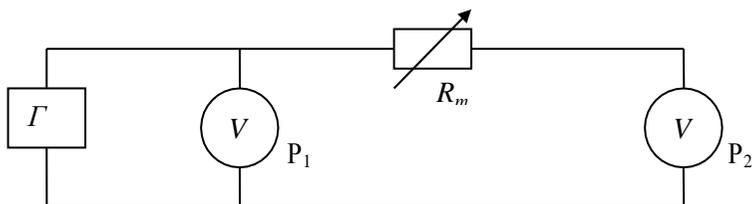


Рис. 2.2. Схема измерения входного сопротивления

P_1 – образцовый вольтметр В7-16А;

P_2 – образцовый вольтметр В3-38.

2.24. Настройте генератор на частоту 55 Гц.

При выключенном сопротивлении $R_m=0$, изменяя напряжение на выходе генератора, установите стрелку вольтметра P_2 , сопротивление которого измеряется над наибольшей числовой отметкой шкалы.

Введите такое сопротивление R_m , при котором заметно изменится напряжение на измеряемом вольтметре.

Рассчитайте входное сопротивление вольтметра по формуле 2.5

$$R_v = \frac{U_2 R_m}{U_1 - U_2} \quad (2.5)$$

R_v – входное сопротивление измеряемого вольтметра;

U_2 – показания вольтметра P_2 при включённом сопротивлении

R_m ;

U_1 – показания образцового вольтметра P_1 ;

R_m – сопротивление магазина.

Аналогичную работу проделайте для других заданных поддиапазонов вольтметра.

Результаты измерений и расчётов занесите в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Предел измерения	U_1 (В)	U_2 (В)	R_m (Ом)	R_V (Ом)
1				
2				

Вывод

2.25. Сравните полученное значение R_V с паспортными данными, указанными в техническом описании.

2.26. Заключение о метрологической исправности поверяемого вольтметра.

2.27. Заключение о величине входного сопротивления вольтметра.

Контрольные вопросы

2.28. Структурная схема электронного вольтметра.

2.29. Назначение блоков?

2.30. Дайте определение амплитудного, действующего и средневыпрямленного значения напряжения. Как они связаны между собой?

2.31. Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешностей. Что характеризуют эти погрешности?

2.32. Как производится выбор поддиапазона измерений и отсчёт показаний по вольтметру?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРА

Цель работы

3.1. Ознакомиться с основными техническими характеристиками цифрового вольтметра.

3.2. Получить практические навыки работы цифровым вольтметром.

3.3. Исследовать зависимость погрешности измерения от выбора предела измерения.

Подготовка к работе:

3.4. Изучить (повторить) теоретический материал о принципах работы цифровых вольтметров.

3.5. Ознакомиться с техническим описанием вольтметра В7-16А.

Подготовить бланк отчета

3.6. Титульный лист.

3.7. Цель работы.

3.8. Схема измерений, рисунок 3.1.

3.9. Формы протоколов измерений в таблице 3.1.

Основное оборудование

3.10. Вольтметр В7-16А.

3.11. Измерительный генератор ГЗ-112.

3.12. Вольтметр ВЗ-38.

3.13. Магазин сопротивлений МСР-60;

Порядок выполнения работы

3.14. Изучение конструкции цифрового вольтметра.

3.15. Изучите функциональную схему прибора. Разберите назначение блоков.

3.16. Изучите расположение и назначение органов управления.

Особое внимание обратить на установку значения ноль и калиброванного значения напряжения указанного на шильдике прибора.

Измерение напряжения с помощью цифрового вольтметра

3.17. Соберите схему измерений рисунок 3.1.

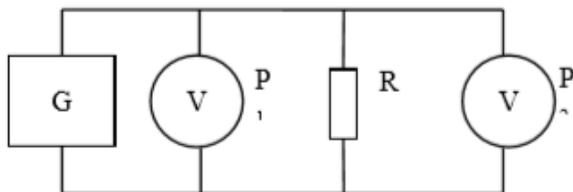


Рис. 3.1. Схема измерения напряжения цифровым вольтметром

Подключите вольтметр В7-16А к источнику сигнала. В качестве источника сигнала используется измерительный генератор ГЗ-112.

Соединительные провода подключите к гнезду « $\oplus \approx 100 \text{ VR}$ » и зажиму «О», который используется, как общий провод при измерениях. В качестве нагрузки используйте магазин сопротивлений или внутреннюю нагрузку генератора.

3.18. Установите частоту сигнала и напряжение на выходе генератора, заданное преподавателем. Напряжение на выходе генератора контролируйте аналоговым вольтметром ВЗ-38.

3.19. На вольтметре В7-16 установите переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение « $\sim U$ », переключатель «ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ», установите в положение «1».

3.20. Произведите отсчет показаний и рассчитайте погрешность измерения. Формула для расчета погрешности берется из технического описания вольтметра.

В нашем случае используются формулы 3.1 и 3.2:

$$\delta = \pm \left[0.2 + 0.05 \cdot \left(\left| \frac{U_n}{U_x} \right| - 1 \right) \right] \cdot 100\% \quad 3.1$$

$$\Delta U = \frac{\delta \cdot U_x}{100} \quad 3.2$$

δ – относительная погрешность;
 ΔU – абсолютная погрешность;
 U_n – предел измерения;
 U_x – измеренное значение.

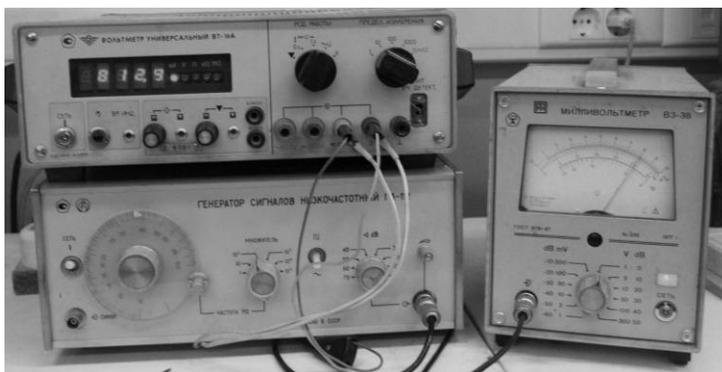


Рис. 3.2. Измерение напряжения 0.8 В на пределе 1 В

3.21. Результат измерения запишите в виде:

$$U = (U_x \pm \Delta U) \text{ мВ}$$

Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу 3.1.

3.22. Повторите измерения, установив переключатель пределов измерений в положение «10» и «100». Рассчитайте погрешность каждого измерения. Используйте формулы 3.3 и 3.4

$$\delta = \pm \left[0.5 + 0.05 \cdot \left(\left| \frac{U_n}{U_x} \right| - 1 \right) \right] \cdot 100\% \quad (3.3)$$

$$\Delta U = \frac{\delta \cdot U_x}{100} \quad (3.4)$$

Результат запишите аналогично пункту 3.21.



Рис. 3.3. Измерение напряжения 0.8В на пределе 10 В

Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

N	U_n (В)	U_x (В)	δ (формула)	$\delta\%$	ΔU (В)	Результат

3.23. Сделайте выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

- 3.24. Дайте определение класса точности прибора.
- 3.25. Как устанавливается класс точности прибора?
- 3.26. Как определить погрешность измерения прибора исходя из класса точности средства измерения?
- 3.27. Из каких блоков состоит цифровой вольтметр?
- 3.28. Назначение универсального цифрового вольтметра.
- 3.29. Какие поддиапазоны имеет вольтметр?

Лабораторная работа № 4
ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА
НИЗКИХ ЧАСТОТ

Цель работы

- 4.1. Изучить принцип работы генератора гармонических колебаний.
- 4.2. Ознакомиться с основными техническими характеристиками, устройством и функциональной схемой генераторов Гз-112, Гз-111, Гз-118.
- 4.3. Получить практические навыки работы с генераторами Гз-112, Гз-111, Гз-118.
- 4.4. Оценить погрешность установки частоты и выходного напряжения генераторов Гз-112, Гз-111, Гз-118.

Основное оборудование

- 4.5. Изучаемые генераторы Гз-112, Гз-111, Гз-118.
- 4.6. Электронный вольтметр ВЗ-38.
- 4.7. Электронно-счётный частотомер ЧЗ-33.
- 4.8. Магазин сопротивлений МСР-60.

Подготовка к работе

- 4.9. Изучить (повторить) теоретический материал о принципе работы генератора типа RC, LC.
- 4.10. Изучить техническое описание изучаемого генератора.

Подготовить бланк отчёта:

- 4.11. Титульный лист
- 4.12. Цель работы.
- 4.13. Структурная схема измерительного генератора.
- 4.14. Схемы измерений, рисунок 4.1, 4.2, 4.3.
- 4.15. Формы протоколов измерений (табл. 4.1, 4.2, 4.3.)

Задание

- 4.16. Изучить конструкцию измерительного генератора.
4.17. Определить погрешность градуировки шкалы частот генератора.
4.18. Определить погрешность установки выходного напряжения генератора.
4.19. Измерить выходное напряжение без согласованной нагрузки.

Порядок выполнения работы

Определение погрешности, градуировки шкалы частот генератора

- 4.20. Соберите схему, приведённую на рисунок 4.1. Установите переключатель поддиапазонов на заданную позицию и установите на выходе генератора напряжение 1 В.

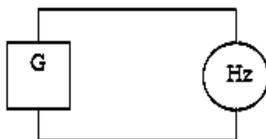


Рис. 4.1. Схема измерения частоты

- 4.21. Настройте генератор на первую заданную частоту.
4.22. Определите действительное значение частоты сигнала по показаниям частотомера.
4.23. Рассчитайте абсолютную, относительную и приведенную погрешность установки частоты по формулам 4.1, 4.2, 4.3:

$$\Delta f = f_r - f_d \quad (4.1)$$

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_d} \cdot 100\% \quad (4.2)$$

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta f}{f_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

$f_{\text{н}}$ – предельное значение;

Δf – абсолютная погрешность;
 δ – относительная погрешность;
 $\gamma_{пр}$ – приведённая погрешность.

4.24. Аналогичную работу проведите для всех значений частот, заданных преподавателем.

4.25. Результаты измерений и расчётов занесите в таблицу 4.1. ГЗ-111.

Таблица 4.1

f_r кГц							
f_d кГц							
Δf кГц							
δ %							
$\gamma_{пр}$ %							

4.26. Сравните результаты измерений с техническими данными генератора. Сделайте заключение о метрологической исправности генератора.

***Определение погрешности,
градуировки шкалы напряжения генератора***

4.27. Соберите схему (рис. 4.2) .

4.28. Установите на выходе генератора первое заданное значение напряжения $R_n = 50$ Ом.

Схема измерения напряжения на выходе генератора.

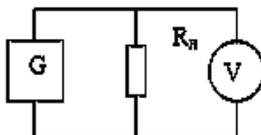


Рис. 4.2

4.29. Действительное значение напряжения определите по вольтметру В7-27.

4.30. Рассчитайте абсолютную, относительную и приведённую погрешность установки напряжения на выходе генератора по формулам 4.4, 4.5, 4.6

$$\Delta U = U_r - U_d \quad (4.4)$$

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_d} 100\% \quad (4.5)$$

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U_H} 100\% \quad (4.6)$$

ΔU – абсолютная погрешность;

δ – относительная погрешность;

γ – приведённая погрешность.

Аналогичную работу проведите для всех значений напряжений, заданных преподавателем.

Результаты измерений и расчётов занесите в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

U_r (В)							
U_d (В)							
ΔU (В)							
δ %							
γ пр%							

Измерьте выходное напряжение генератора без нагрузки

4.31. Соберите схему рисунок 4.3

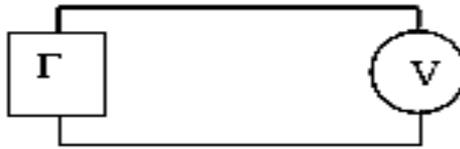


Рис. 4.3. Схема измерения напряжения без согласованной нагрузки

4.32. Установите на выходе генератора несколько значений напряжения, указанных преподавателем.

4.33. Измерить *max* и *min* значения напряжения на выходе генераторов ГЗ-112, ГЗ-111, ГЗ-118.

Результаты измерений и расчётов занесите в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Генераторы	ГЗ-111	ГЗ-112	ГЗ-118	V (вольтметр)
$U_{\max}(\text{В})$				
$U_{\text{пр}}(\text{В})$				
$U_{\min}(\text{В})$				

Контрольные вопросы

- 4.34. Поясните назначение измерительного генератора.
 4.35. Как классифицируются измерительные генераторы?
 4.36. Какую роль выполняет аттенюатор?
 4.37. Перечислите типы задающих генераторов.
 4.38. Поясните принцип работы генератора типа RC.
 4.39. Какую роль выполняет положительная и отрицательная обратная связь в схеме задающего генератора?

Лабораторная работа № 5
ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО
И ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ
УРОВНЕЙ СИГНАЛА

Цель занятия

5.1. Ознакомиться с основными техническими характеристиками измерителя уровня 12XN048.

5.2. Ознакомиться с функциональной схемой и устройством измерения уровней.

5.3. Получить практические навыки работы с приборами.

Краткие теоретические сведения:

5.4. Измеритель уровня (ИУ) работает в режиме измерения уровней по напряжению или по мощности синусоидального сигнала в широком диапазоне частот.

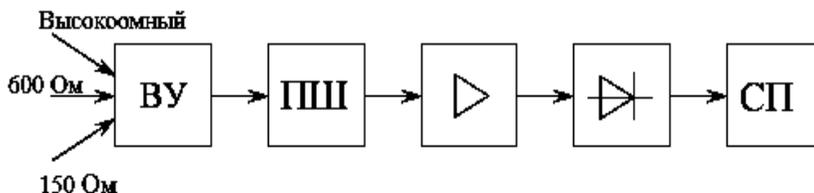


Рис. 5.1. Структурная схема для измерения уровня широкополосного сигнала

Входное устройство (ВУ) обеспечивает три величины входного сопротивления: 20 кОм, 600 Ом и 135 (150) Ом.

При высоком входном сопротивлении (20кОм) измеритель уровня включается параллельно сопротивлению нагрузки, при этом измеряется уровень по напряжению. Такой способ подключения ИУ в цепь называется «включением в параллель».

При низком входном сопротивлении, равном 135 (150) или 600 Ом измеритель уровня включается последовательно с нагруз-

кой, при этом измеряется уровень по мощности. Такой способ включения называется «в разрез».

Переключатель шкал (ПШ) представляет собой делитель напряжения, который служит для расширения пределов измерения уровней. Он обеспечивает возможность измерения уровней от – 65 дБ до + 32 дБ. Отсчет измеряемого уровня производится путем сложения предела измерения и показания стрелочного прибора.

Широкополосный усилитель предназначен для усиления измеряемого напряжения до величины, необходимой для работы детектора. Он обеспечивает высокую стабильность работы прибора и малую зависимость показаний от частоты изменения величины напряжения источника питания.

Детектор является нагрузкой усилителя, выполнен по мостовой схеме. Детектор предназначен для преобразования переменного напряжения в постоянное и подачи его на стрелочный прибор.

Стрелочный прибор имеет три шкалы. Верхняя шкала позволяет измерять уровень в децибелах. По средней и нижней шкале производится измерение напряжения в вольтах.

Если ИУ используется в качестве согласованной нагрузки цепи с сопротивлением 600 Ом, то его показания равны уровню и по мощности.

5.5. Избирательный указатель уровня (ИУУ) может работать для измерения уровня сигнала по напряжению или по мощности на некоторой определенной (заданной) частоте.

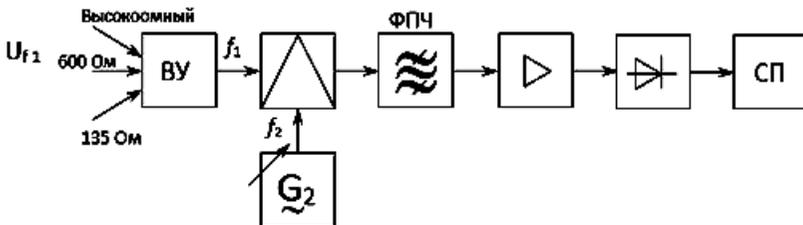


Рис. 5.2. Структурная схема для измерения уровней сигнала на определенной частоте

Принцип работы схемы

Измеряемый сигнал с частотой f_1 ($U_{\text{П}}$) поступает на входное устройство (ВУ), а затем на модулятор.

На второй вход этого же модулятора от генератора G_2 , имеющегося в приборе, подается напряжение регулируемой частоты f_2 . Как правило, частота f_2 намного выше частоты f_1 , присутствующей в сигнале, уровень по напряжению которой необходимо определить.

Модулятор производит смешивание двух частот f_1 и f_2 , и на его выходе образуются напряжения комбинационных частот: f_2 ; f_1 ; $f_2 + f_1$, $f_2 - f_1$, $2f_2$, $2f_1$, $2f_2 \pm f_1$.

Изменяя частоту f_2 , можно получить на выходе модулятора в числе других составляющих строго определенную (промежуточную, разностную) частоту $f_{\text{пч}}$, которая определяется, как разность f_2 и f_1 .

$$f_{\text{пч}} = f_2 - f_1$$

Токи только этой промежуточной частоты пройдут через высококачественный узкополосный фильтр промежуточной частоты ФПЧ, включенный после модулятора.

Токи других частот этим фильтром не пропускаются. Затем сигнал усиливается, преобразуется детектором в постоянный и подается на стрелочный прибор, который покажет значение измеряемого уровня на частоте f_1 .

ИУУ имеет 3 входа: 135 Ом, 600 Ом и высокоомный.

Входное устройство ИУУ обеспечивает 2 способа включения:

В параллель – параллельно имеющемуся в цепи сопротивлению (входное сопротивление должно быть высокоомным).

В разрез – последовательно, когда сам ИУ (его входное сопротивление) оказывается включенным последовательно с нагрузкой, на которой измеряется уровень сигнала ($R = 600$ или 135 Ом).

Измеритель уровня позволяет измерять уровни в диапазоне частот от 0,2 до 2,1 МГц.

Указание мер безопасности

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо руководствоваться действующей в лаборатории инструкцией по ТБ.

Основное оборудование

- 5.6. Измеритель уровня 12XN048.
- 5.7. Измерительный генератор ГЗ-33 (ГЗ-131).
- 5.8. Макет канала тональной частоты одностороннего действия.

Порядок выполнения работы

5.9. Изучить назначение всех органов управления, расположенных на передней и задней панелях 12XN048.

Задание 1

5.10. Проверить градуировку шкалы измерителя уровня по схеме (рис. 5.3). Согласно варианту, указанному преподавателем (таблица 5.1). Результаты записать в таблицу 5.2.

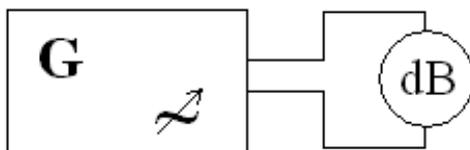


Рис. 5.3. Схема проверки градуировки шкалы измерителя уровней

Таблица 5.1

Исходные данные

№ варианта	Выходное напряжение генератора										
	мВ	мВ	мВ	мВ	В	В	В	В	В	В	В
1	5	10	60	200	0,5	2,5	5	7	10	20	30
2	3	15	70	250	0,8	1	2	6	8	15	25
3	7	20	40	300	0,9	1,5	3	4	6	10	20
4	9	30	90	120	0,4	1,2	2,4	3,5	7,5	22	28
5	8	25	50	150	0,2	2	4,2	7,2	9	13	18

Таблица 5.2

$U_{\text{ген}}$											
$P_{\text{ген}}$											
$U_{\text{вых}}$											
$P_{\text{вых}}$											

Методические указания к заданию 1

Проверка градуировки шкалы частот и шкалы уровней прибора 12XN048.

Сравнить значения уровней и напряжения шкалы измерения генератора со значениями уровней напряжений шкалы ИУ.

а) Установим необходимые значения на генераторе:

$$R = 600 \text{ Ом}$$

Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ ... 3 В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 800 Гц. Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной.

б) Установим необходимые значения на ИУ:

$$R_{\text{вх}} = 600 \text{ Ом}$$

Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ ... 1 В.

На индикаторе необходимо настроить уровень 0 дБ (0,775 В).

Изменяя уровень регулятором, на шкале генератора, сравниваем его значения, со значениями уровня и напряжения шкалы ИУ.

Задание 2

5.11. Сравнить значения уровней и напряжения шкалы измерения генератора со значениями уровней напряжений шкалы ИУУ на разных частотах.

5.12. Показания приборов записываем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Частоты (кГц)	1	10	15	20	25	100	150	200	250
P (дБ) _{ген}									
U (В) _{ген}									
P (дБ) _{иуу}									
U (В) _{иуу}									

Методические указания к заданию 2

На частоте: $f=1$ кГц

а) Установим необходимые значения на генераторе:

$R = 600$ Ом

Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ... 3В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 1 кГц.

Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной. И зажимаем кнопку НЧ 6,5 кГц (НЧ – нижние частоты).

б) Установим необходимые значения на ИУУ:

$R_{вх} = 600$ Ом (Входное сопротивление ИУУ)

Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ... 1 В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 1 кГц.

Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной.

И зажимаем кнопку: ВНУТРЕН. ГЕНЕРАТОР.

На частоте: $f=25$ кГц

а) Установим необходимые значения на генераторе:

$R = 600$ Ом

Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ... 3 В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 25 кГц.

Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной (меняя частоту на 25 кГц нужно на генераторе нажать кнопку НЧ 30 кГц)

б) Установим необходимые значения на ИИУ:
 $R_{вх} = 600 \text{ Ом}$ (Входное сопротивление ИИУ)
Аттенюатор НЧ установим в положение 0 дБ... 1 В.
На индикаторе необходимо настроить частоту 25 кГц.
Настройка частоты осуществляется двумя подстройками:
грубой и точной.

И зажимаем кнопку: ВНУТРЕН. ГЕНЕРАТОР.

Настроить необходимую частоту на индикаторе при помощи 2-х подстроек частоты: грубой и точной.

А) Затем определяем уровень и напряжение по прибору на частоте: 250 кГц.

Для того чтобы поменять частоту на 250 кГц, установим необходимые значения на генераторе:

Аттенюатор СЧ (средние частоты) установим в положение +10 дБ – 10 В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 250 кГц. Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной.

И зажимаем кнопку СЧ 650 кГц (СЧ – средние частоты).

Б) Установим необходимые значения на ИУУ:

Аттенюатор СЧ (средние частоты) установим в положение +10 дБ 3 В.

На индикаторе необходимо настроить частоту 250 кГц. Настройка частоты осуществляется двумя подстройками: грубой и точной.

Задание 3

5.13. Произвести измерение уровней в канале при включении измерителя уровней “в параллель” (входное сопротивление 20 кГц) и рассчитать затухания и усиления на различных участках измерительной цепи.

5.14. Измерить уровни в точках 2–2, 5–5, при этом уровень сигнала, подаваемый в точку 2–2 измеренной цепи установить равным 0 дБ (0Нп) с частотой $f=800\text{Гц}$.

Таблица 5.4

Уровни затухания усиления (в параллель)	Точки (2–2)	Точки (5–5)
L_1, dB		
L_2, Hn		
A_p, dB		
A_p, Hn		
S, dB		
S, Hn		

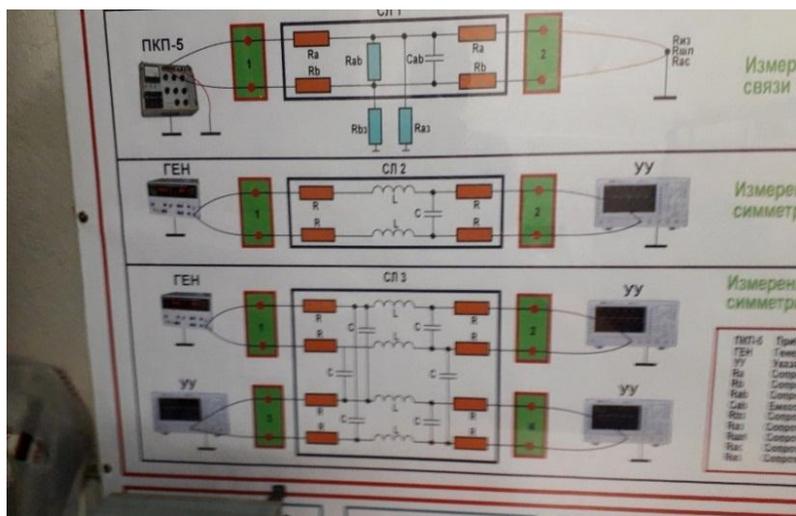


Рис. 5.4. Схема измерения уровней сигнала на СЛ

Выполнить задание 4

5.15. Собрать схему для измерения уровней “в разрез” (рис. 5.3).

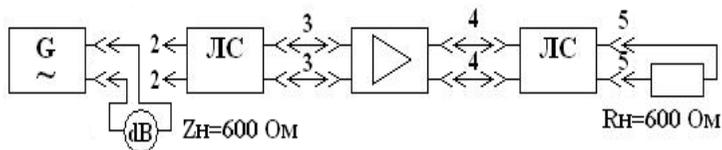


Рис. 5.3. Схема измерений уровней сигнала в «разрез»

5.16. Измерить уровни в точках 2–2, 5–5. Результаты измерений занести в таблицу 5.5. Провести необходимые расчеты.

Таблица 5.5

Уровни затухания усиления (в разрез)	Точки (2–2)	Точки (5–5)
$L_1, \text{ dB}$		
$L_2, \text{ Hn}$		
$A_p, \text{ dB}$		
$A_p, \text{ Hn}$		
$S, \text{ dB}$		
$S, \text{ Hn}$		

$L_1 = P_1$; $L_2 = P_2$ – измерительные уровни напряжения сигнала.

5.17. Произвести измерение уровней сигнала в точках 2–2; 5–5, включив измеритель уровня “в разрез”, при этом входное

сопротивление ШИУ установить равным 600 Ом с той же частотой и входным уровнем (0дБ).

Методические указания к выполнению заданий 3, 4

Выходное сопротивление генератора установить 600 Ом, внутреннюю нагрузку выключить, выходной уровень -0 дВ (Нп).

Проверить заземление и включить тумблер “Сеть”.

Установить частоту сигнала 800Гц на выходе генератора с помощью ручки “Частота”.

Установить выходной уровень генератора “0дБ” и проконтролировать его при помощи измерителя уровней.

Подготовка к работе прибора 12ХN048

а) Переключатель входных сопротивлений ИУ перевести в положение 20 кОм и соединить вход ШИУ с выходом генератора.

Произвести измерение уровней сигнала в указанных точках. Результаты занести в таблицу 5.4.

б) Переключатель входных сопротивлений поставить в положение 600 Ом и соединить вход ШИУ с выходом генератора. Произвести измерение уровней сигнала в указанных точках

Результат измерений занести в таблицу 5.5.

Рассчитать рабочее затухание A_p и рабочее усиление S_p соответствующих участков исследуемой цепи.

$$A_p = L_{H1} - L_{H2} + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| \quad (5.1)$$

$$S_p = L_{H2} - L_{H1} + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| , \quad (5.2)$$

где L_{H1} – абсолютный уровень напряжения на входе участка цепи;

L_{H2} – абсолютный уровень напряжения на выходе участка цепи;

Т.к. $Z_2 = Z_1$, то A_p и S_p может быть рассчитано как разность уровней на входе и выходе участка цепи.

$$A_p = L_{H1} - L_{H2} \quad (5.3)$$

$$S_p = L_{H2} - L_{H1} \quad (5.4)$$

Как видно из формул (3) и (4):

$$A_p = -S_p$$

Перевод дБ в Hn и наоборот осуществляется по следующим формулам: $1 \text{ Hn} = 8,686 \text{ дБ}$; $1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Hn}$.

Содержание отчета

- 5.18. Наименование и цель лабораторной работы.
- 5.19. Перечень приборов и устройств, использовавшихся при выполнении лабораторной работы.
- 5.20. Схемы измерений.
- 5.21. Таблицы с результатами измерений и вычислений.
- 5.22. Формулы для расчетов.
- 5.23. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 5.24. Дать определение широкополосному и избирательно-му (селективному) указателям уровней.
- 5.25. Сколько способов включения ИУ существует.
- 5.26. Что означает, когда говорят: «Прибор включен в разрез»?
- 5.27. Что означает, когда говорят: «Прибор включен в параллель»?

Лабораторная работа № 6
ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЕРИОДА СИГНАЛА
ЦИФРОВЫМ ЧАСТОТОМЕРОМ

Цель работы

- 6.1. Изучить принцип работы и конструкцию цифрового частотомера.
- 6.2. Получить практические навыки измерения частоты и периода электрических колебаний цифровым частотомером.

Подготовка к работе

- 6.3. Изучить (повторить) материал о цифровых частотомерах.
- 6.4. Изучить функциональную схему цифрового частотомера и назначение органов управления по техническому описанию.

Подготовить бланк отчета

- 6.5. Титульный лист.
- 6.6. Цель работы.
- 6.7. Технические данные частотомера ЧЗ-32.
- 6.8. Структурные схемы измерения частоты и периода.
- 6.9. Схема измерений (рис. 6.1).
- 6.10. Таблицы 6.1 и 6.2 результатов измерений.

Основное оборудование

- 6.11. Цифровой частотомер ЧЗ-32.
- 6.12. Измерительный генератор ГЗ-112.
- 6.13. Соединительные провода.

Задание

6.14. Подготовить к работе цифровой частотомер в соответствии с техническим описанием.

6.15. Измерить частоту измерительного генератора.

6.17. Измерить длительность периода колебаний измерительного генератора.

Порядок выполнения работы

6.18. Подготовьте к работе генератор и цифровой частотомер в соответствии с техническим описанием приборов.

6.19. Включите приборы в сеть, при этом должны загореться лампочки контроля сети на приборах.

6.20. Подключить частотомер к выходу генератора и подготовьте его для измерения частоты в соответствии с техническим описанием. Если приборы и шнуры исправны, частотомер должен показывать частоту, установленную на генераторе (она, в данном случае, может быть произвольной), в случае неисправности шнуров проверить их, используя комбинированный прибор.

6.21. Измерьте частоту по указанию преподавателя, в соответствии с техническим описанием частотомера.

6.22. Для измерения используйте схему рисунок 6.1.

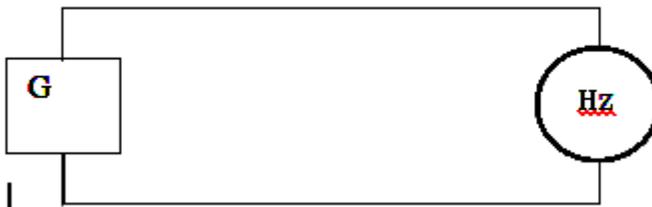


Рис. 6.1. Схема измерения частоты и периода сигнала

6.23. Установите переключатель «время счета» в положение 10^{-3} .

6.24. Отсчитайте значение измеряемой частоты на цифровом табло.

6.25. Повторите измерения при других значениях времени счета: 10^{-2} ; 0.1; 1; 10; 100 с.

6.26. Результаты измерений занесите в таблицу 6.1.

6.27. Рассчитайте погрешность измерений при измерении частоты по формуле 6.1.

$$\delta = \pm \left(\delta_0 + \frac{1}{f_{\text{изм}} t_{\text{сч}}} \right) 100\% \quad (6.1)$$

δ_0 – Основная относительная погрешность частоты внутреннего генератора.

$$\delta_0 = \pm 1 \cdot 10^{-7}$$

$f_{\text{изм}}$ – измеряемая частота в Гц;

$t_{\text{сч}}$ – время измерения в с.

6.28. Сделайте вывод о выборе времени счета при измерении частоты.

Таблица 6.1

Задание	$t_{\text{сч}}$, с	10^{-3}	10^{-2}	0.1	1	10	100
1	$f_{\text{изм}}$, (кГц)						
	δ_f %						
2	$f_{\text{изм}}$, (кГц)						
	δ_f %						
3	$f_{\text{изм}}$, (кГц)						
	δ_f %						

6.29. Измерьте длительность периода сигнала генератора по указанию преподавателя в соответствии с техническим описанием частотомера.

6.30. Для измерений используйте схему рисунок 6.1.

6.31. Переключатель частотомера «метки времени» в положение 10^{-6} с.

6.32. Отсчитайте значение измеряемого периода на цифровом табло.

6.33. Повторите измерения при других значениях меток времени:

$$10^{-5}; 10^{-4}; 10^{-3}.$$

6.34. Рассчитайте погрешность измерения периода сигнала по формуле 6.2:

$$\delta_T = \pm \left(\delta_0 + \frac{0,003}{10^n} + \frac{T_0}{T_{\text{изм}} \cdot 10^n} \right) \cdot 100\% \quad (6.2)$$

$T_{\text{изм}}$ – измеряемый период в с;

T_0 – период тактовой частоты или частоты заполнения (метки времени);

n – количество декадных делителей служащих для умножения периода;

$n = 0$ при измерении одного периода; $n = 1$ при измерении 10 периодов.

6.35. По результатам измерения длительности периода $T_{\text{изм}}$ рассчитайте значения частоты $f_{\text{изм}}$ (выполняется для самопроверки).

Таблица 6.2

Задание	$T_0, \text{с}$	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
1	$T_{\text{изм}}$ (мс)				
	$\delta_T, \%$				
	$f_{\text{изм}}$ (кГц)				
2	$T_{\text{изм}}$ (мс)				
	$\delta_T, \%$				
	$f_{\text{изм}}$ (кГц)				
3	$T_{\text{изм}}$ (мс)				
	$\delta_T, \%$				
	$f_{\text{изм}}$ (кГц)				

6.36. Сделайте вывод о выборе меток времени при измерении периода.

6.37. Сравните результаты измерений в таблицах 1 и 2, дать рекомендации в каких случаях целесообразно измерять не частоту, а период сигнала.

Принцип действия

Принцип действия частотомера построен по классической схеме, в которой подсчитывается число периодов неизвестной частоты за известный высокоточный отрезок времени, называемый временем измерения.

При времени измерения в 1 с количество подсчитанных периодов и есть значение измеряемой частоты в герцах. На цифровом табло автоматически регистрируется результат измерения с указанием порядка и размерности. Время измерения изменяется путем последовательного деления частоты опорного генератора декадными ступенями.

При измерении периода, длительность времени измерения равна измеряемому периоду, а подсчитываемые за это время колебания образуются декадным делением опорной частоты, и называются метками времени.

При измерении отношения частот время измерения равно периоду низшей из сравниваемых частот, в течение которого подсчитывается количество колебаний верхней из сравниваемых частот.

Измерение частоты электрических колебаний производится по структурной схеме (рис. 6.3), при положении переключателя «РОД РАБОТЫ» – «fA».

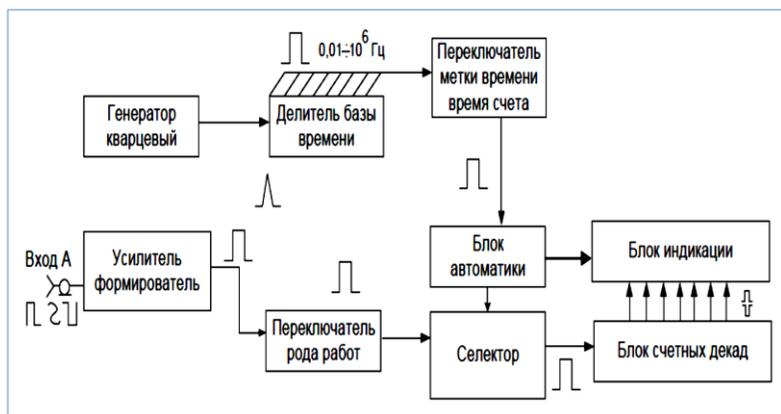


Рис. 6.3. Структурная схема измерения частоты электрических

Усилитель формирователь, делитель базы времени, переключатель рода работ, переключатель метки времени время счета, блок автоматики, селектор, блок индикации, блок счетных декад, генератор кварцевый, вход А 0,01 10⁶ Гц при положении переключателя «РОД РАБОТЫ» – «fA».

Измеряемые колебания частотой от 10 Гц до 3,5 МГц усиливаются и формируются усилителем-формирователем и поступают через селектор на блок счетных декад. Селектор открывается строб-импульсом, который вырабатывается схемой автоматики из импульсных сигналов, поступающих с делителя базы времени. Необходимое время счета выбирается переключателем «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – ВРЕМЯ СЧЕТА S».

Измерение периодов электрических колебаний производится по блок-схеме (рис. 6.4) при положении переключателя «РОД РАБОТЫ» – «ТБ» или «10ТБ». Входной сигнал усиливается и формируется усилителем-формирователем и управляет схемой автоматики, формирующей строб-импульс, длительность которого равна периоду измеряемого сигнала. На вход блока счетных декад поступают метки времени с делителей базы времени. Величина меток времени выбирается переключателем «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – ВРЕМЯ СЧЕТА S».

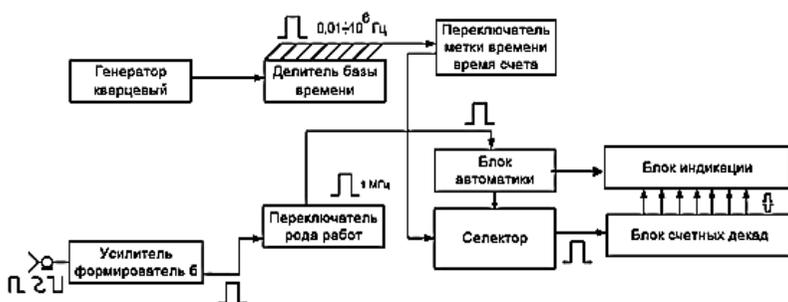


Рис. 6.4. Структурная схема измерения периодов электрических колебаний

Более точное измерение периода производится в режиме "10ТБ". В этом случае сформированный входной сигнал поступает на декадный делитель, где его период умножается на 10, а затем на схему формирования строб-импульса. Длительность строб-импульса в этом случае равна 10 периодам измеряемого сигнала. На табло производится индикация результата измерения.

Измерение отношения частот производится по блок-схеме (рис. 6.5). Усиленные и сформированные колебания меньшей из частот управляют схемой формирования строб-импульса.

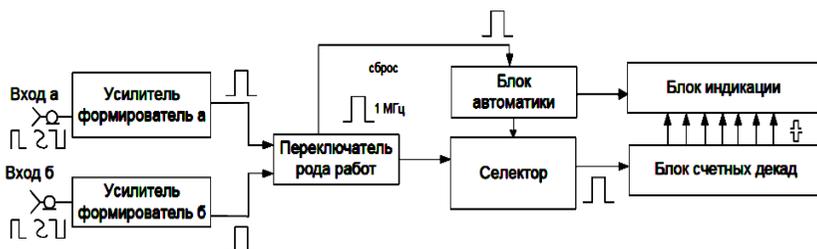


Рис. 6.5. Структурная схема измерения отношения частот

Подготовка к работе

Для подготовки прибора к работе необходимо выполнить следующие операции:

а) необходимо изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации, ознакомиться со схемой и конструкцией прибора;

б) рабочее место, на котором будет эксплуатироваться прибор, должен иметь надежное заземление. Перед включением необходимо соединить земляную клемму прибора с заземлением рабочего места;

в) перед включением прибора в сеть тумблер «СЕТЬ» должен находиться в выключенном состоянии. Перед включением прибора необходимо проверить соответствие номиналов предохранителей. Сменные предохранители находятся в комплекте запасных частей к прибору.

Расположение органов управления

Все основные гнезда и органы управления расположены на передней панели прибора.



Рис. 6.6. Лицевая панель частотомера ЧЗ-32

На передней панели располагаются следующие основные органы:

- а) входные гнезда каналов «ВХОД А» и «ВХОД Б», служащие для подачи измеряемых сигналов;
- б) переключатели полярности импульсов и фронта, от которого запускается прибор по двум каналам;
- в) переключатель «РОД РАБОТЫ», который обеспечивает взаимное соединение блоков и узлов прибора при различных режимах работы;
- г) переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – ВРЕМЯ СЧЕТА S», с помощью которого производится выбор необходимого времени измерения или периода меток времени;
- д) тумблер «СЕТЬ» и фонарь сигнальной лампы;
- е) тумблер переключения на внешний опорный регенератор и гнездо подключения внешнего опорного генератора;
- ж) тумблер «ВНЕШ. – АВТ.» и кнопка «ПУСК», служащие для переключения на автоматический или ручной (внешний) пуск и для ручного (или внешнего автоматического) запуска прибора.

з) ручка регулировки «ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ», позволяющая плавно изменять время индицирования результатов измерения;

и) клемма « \perp », соединенная с корпусом прибора.

Подготовка к измерениям

Проверить исправность и номинал предохранителя.

Включить кабель питания прибора в сеть.

Включить тумблер «СЕТЬ»; при этом загорается переключатель «РОД РАБОТЫ», который обеспечивает взаимное соединение блоков и узлов прибора при различных режимах работы.

Измерение частоты

Установить переключатель входного сигнала в соответствующее положение.

К гнезду «ВХОД А» подсоединить кабель с делителем 1:100.

Подсоединиться входным кабелем к источнику колебаний измеряемой частоты.

Установить переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение «fA», а тумблер «ВНЕШ. – АВТ.» – в положение «АВТ», тумблер опорного генератора в необходимое положение.

Установить переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – ВРЕМЯ СЧЕТА S» в положение необходимого времени счета.

Установить с помощью регулировки необходимое время индикации.

Отсчитать значение измеряемой частоты на индикаторном табло. При отсутствии счета или неустойчивом счете сменить входной кабель прибора на кабель с меньшим коэффициентом деления (1:10) или без делителя.

В режиме измерения частоты импульсных сигналов, близких к синусоидальному в диапазоне 1:3.5 МГц, переключатель входного сигнала по входу А устанавливается в положение «~» и

в положение соответствующего полярности при скважности больше двух.

Измерение периода ($10^{-5} - 10^{-3}$) с.

Установить переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение «ТБ» или «10 ТБ».

Установить переключатель сигнала на «ВХОД Б» в положение «-», или «~» в зависимости от формы подаваемого сигнала.

Установить переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ – ВРЕМЯ СЧЕТА S» в положение необходимой длительности меток времени.

Установить с помощью регулировки необходимое время индикации, при этом тумблер «ВНЕШ. – АВТ.» в положение «АВТ».

Подать исследуемый сигнал через кабель с делителем 1:100 на "ВХОД Б" прибора.

Отсчитать значение измеряемого периода на индикаторном табло.

Измерение отношения частот

Установить переключатель "РОД РАБОТЫ" в положение «fA/fB».

Установить переключатели сигналов по входам «А» и «Б» в соответствующее положение.

Установить с помощью регулировки необходимое время индикации, при этом тумблер «ВНЕШ. – АВТ.» – в положении «АВТ», тумблер опорного генератора в соответствующем положении.

Подать исследуемые сигналы через кабели с делителями 1:100 на входы прибора. Сигнал высшей из сравниваемых частот – на «ВХОД А», низший – на «ВХОД Б» прибора.

Отсчитать значение отношения частот исследуемых сигналов на индикаторном табло. При отсутствии счета или неустойчивом счете подать сигналы на входы прибора через кабели с делителями с меньшим коэффициентом деления.

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОСЦИЛЛОГРАФА И ИЗМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Цель работы

7.1. Изучение устройства и принципа работы электронного осциллографа.

7.2. Получить практический навык измерения параметров сигналов.

7.3. Научиться определять значения частот сигнала с помощью фигур Лиссажу.

Теоретическая часть

Назначение осциллографа

Слово «осциллограф» образовано от «осциллум» – колебания и «графо» – пишу. Отсюда и назначение этого измерительного прибора – отображать на экране кривые тока или напряжения как функции времени. С помощью осциллографа можно измерить напряжение, силу тока и изменение их во времени, сдвиг фаз между ними, сравнивать частоты и амплитуды различных переменных напряжений.

Достоинством электронного осциллографа являются его высокая чувствительность и безинерционность действия, что позволяет исследовать быстропротекающие процессы, длительностью порядка $10^{-6} - 10^{-8}$ секунд.

Устройство и работа электронного осциллографа

Основная деталь электронного осциллографа – электронно-лучевая трубка (рис. 7.1), напоминающая по форме телевизионный кинескоп. Экран трубки покрыт изнутри люминофором – веществом, способным светиться под ударами электронов. Чем больше поток электронов, тем ярче свечение той части экрана, куда они по-

падают. Испускаются же электроны так называемой электронной пушкой, размещённой на противоположном от экрана конце трубки. Она состоит из подогревателя (нити накала) и катода.

Между «пушкой» и экраном размещены:

- модулятор, регулирующий поток летящих к экрану электронов;
- два анода, создающих нужное ускорение пучку электронов и его фокусировку;
- две пары пластин, с помощью которых электроны можно отклонять по горизонтальной (X) и вертикальной (Y) осям.

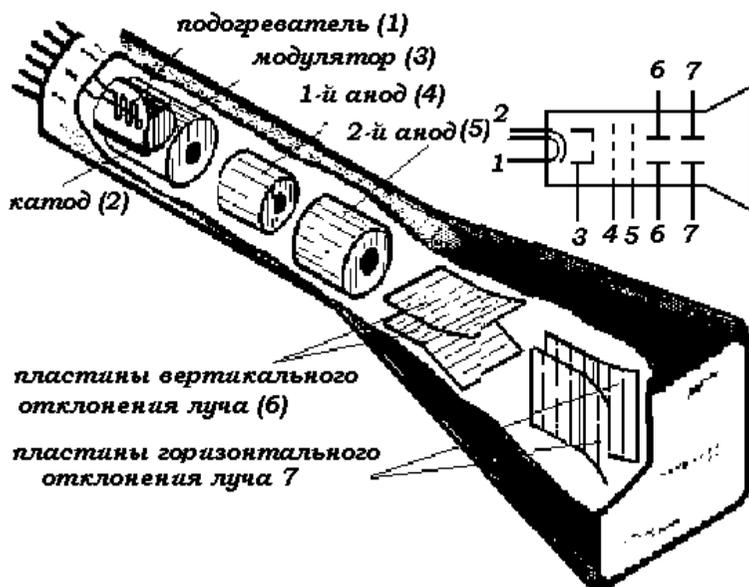


Рис. 7.1. Электронно-лучевая трубка

Экран электронно-лучевой трубки будет светиться лишь при подаче на её электроды определённых напряжений.

На нить накала обычно подают переменное напряжение, на управляющий электрод (модулятор) постоянное, отрицательной

полярности по отношению к катоду, на аноды положительное, причём на первом аноде (фокусирующем) напряжение значительно меньше, чем на втором (ускоряющем). На отклоняющие пластины подаётся как постоянное напряжение, позволяющее смещать пучок электронов в любую сторону, относительно центра экрана, так и переменное, создающее линию развёртки той или иной длины, а также «рисующей» на экране форму исследуемых колебаний.

Чтобы представить, как же получается на экране изображение колебаний, изобразим условно экран трубки в виде окружности (хотя у трубки он может быть и прямоугольный) и поместим внутри неё отклоняющие пластины (рис. 7.2). Если подвести к горизонтальным пластинам $X1$ и $X2$ пилообразное напряжение, на экране появится светящаяся горизонтальная линия – ее называют линией развёртки или просто развёрткой. Длина её зависит от амплитуды пилообразного напряжения (рис. 7.2.а).

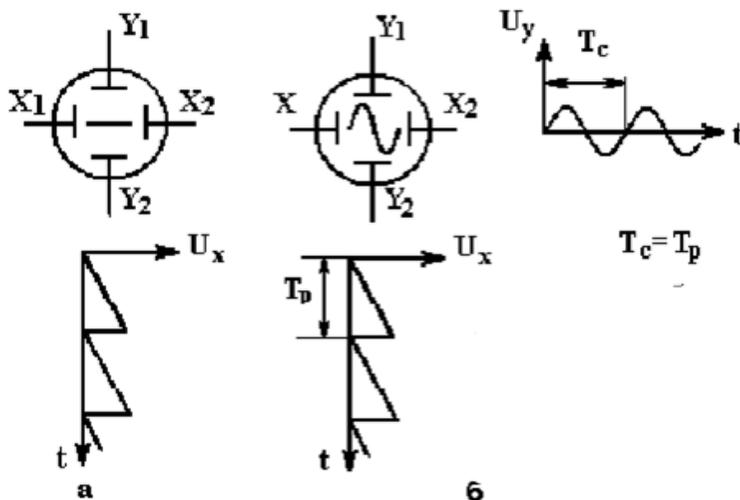


Рис. 7.2. Линия развёртки

Если теперь одновременно с пилообразным напряжением, поданным на пластины **X1** и **X2**, подать на другую пару пластин (вертикальных – **Y1** и **Y2**), например, переменное напряжение синусоидальной формы, линия развёртки в точности «изогнётся» по форме колебаний и «нарисует» на экране изображение (рис. 7.2.б).

В случае равенства периодов синусоидального и пилообразного колебаний, на экране будет изображение одной «синусоиды». При неравенстве же периодов на экране появится столько полных колебаний, сколько периодов их укладывается в периоде колебаний пилообразного напряжения развёртки. В осциллографе есть регулировка частоты развёртки, с помощью которой добиваются нужного числа наблюдаемых на экране колебаний исследуемого сигнала.

Структурная схема осциллографа

На рисунке 7.3 изображена структурная схема осциллографа. На сегодняшний день существует большое число различных по конструкции и назначению осциллографов. По-разному выглядят их лицевые панели (панели управления), несколько отличаются названия ручек управления и переключатели. Но в любом осциллографе существует минимально необходимый набор узлов, без которых он не может работать. Рассмотрим назначение этих основных узлов.

Блок питания

Блок питания обеспечивает энергией работу всех узлов электронного осциллографа. На вход блока питания поступает переменное напряжение от городской электросети, как правило величиной 220 В. В нём оно преобразуется в напряжения разной величины: переменное 6,3 В для питания нити накала электронно-лучевой трубки, постоянное напряжение 12–24 В для питания усилителей и генератора, если они полупроводниковые (или 250 В если ламповые), около 150 В для питания окончных усилителей горизонтального и вертикального отклонения луча, несколько сотен вольт для фокусировки электронного луча и несколько тысяч вольт для ускорения электронного пучка.

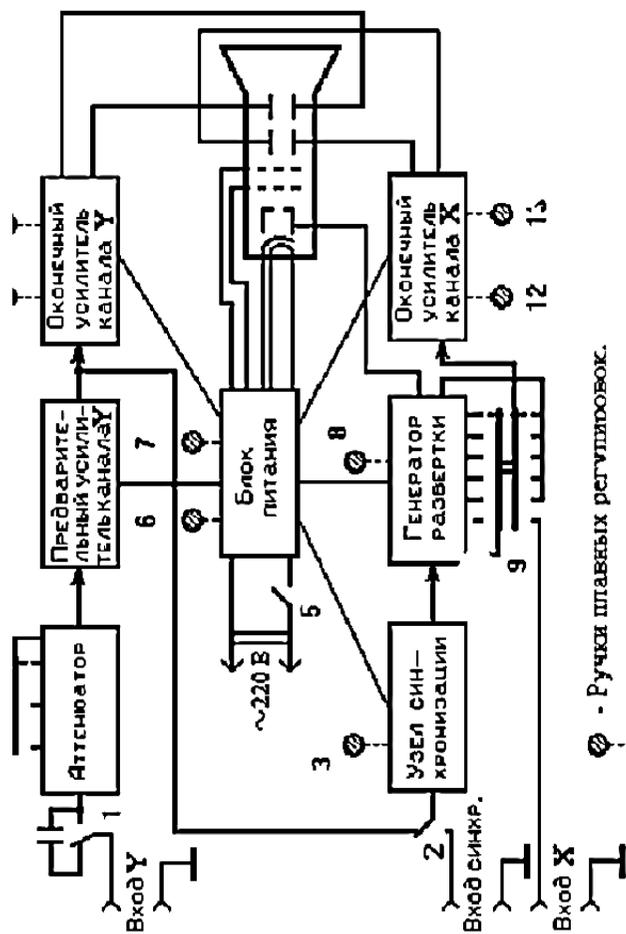


Рис. 7.3

Из блока питания кроме выключателя питания (5), выведены на переднюю панель осциллографа регуляторы: «ФОКУСИРОВКА» (6) и «ЯРКОСТЬ» (7). При вращении этих ручек изменяются напряжения, подаваемые на первый анод и модулятор. При изменении напряжения на первом аноде, меняется конфигурация электростатического поля, что приводит к изменению ширины электронного луча. Модулятор в электронно-лучевой трубке выполняет роль управляющей сетки в ламповом триоде. При изменении напряжения на модуляторе изменяется ток электронного луча (изменяется кинетическая энергия электронов), что приводит к изменению яркости свечения люминофора экрана.

Генератор развёртки

Он выдает пилообразное напряжение, частоту которого можно изменять грубо (ступенями) переключателем (9) и плавно – регулятором (8). На лицевой панели осциллографа они называются “ЧАСТОТА ГРУБО” (или “ДЛИТЕЛЬНОСТЬ РАЗВЁРТКИ”) и “ЧАСТОТА ПЛАВНО”. Диапазон частот генератора весьма широк – от единиц герц до единиц мегагерц. Правда, около переключателя диапазонов проставлены значения длительности (продолжительности) пилообразных колебаний, а не их частоты (в некоторых осциллографах проставлены именно частоты). Нужно уметь находить по длительности частоту, и наоборот. Делают это по формулам: $f=1/T$ и $T=1/f$, где f – частота колебаний, а T – длительность (или период) одного колебания. Если частота выражена в герцах, то длительность получается в секундах, частота – в килогерцах (1 кГц =1000 Гц), длительность – в миллисекундах (1 мс=0,001 с); частота – в мегагерцах (1 МГц=10⁶ Гц), длительность – в микросекундах (1 мкс=10⁻⁶ с).

К примеру, длительности 50 мс соответствует частоте $1/0,05=20$ Гц, а длительности 0,1 мкс – частота $1/10^{-7}=10^7$ Гц=10 МГц. Эти значения приведены по отношению к одному делению масштабной сетки – она прикреплена к экрану осциллографа. Подобный подсчёт справедлив для синусоидальных колебаний или импульсных сигналов при равных длительностях импульса и паузы (рис. 7.4). Если же длительность импульсов и пауз между ними

различна, в формулу следует подставлять значение периода следования импульсов (период выражают теми же единицами, что и длительность).

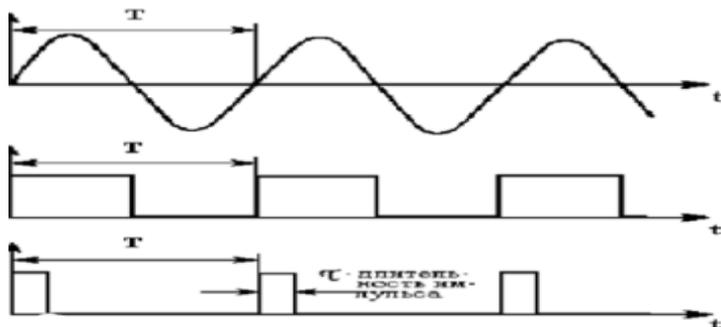


Рис. 7.4

Усилитель канала горизонтального отклонения

С генератора развёртки сигнал подаётся на усилитель канала горизонтального отклонения (канала X). Этот усилитель необходим для получения такой амплитуды пилообразного напряжения, при которой электронный луч отклоняется на весь экран. В усилителе расположены регулятор длины линии развёртки (иначе говоря, регулятор амплитуды выходного пилообразного напряжения) (12) (на передней панели осциллографа он называется “УСИЛЕНИЕ X” или “АМПЛИТУДА X”) и регулятор смещения линии развёртки по горизонтали (13).

Канал вертикальной развёртки

Состоит из входного аттенюатора (делителя входного сигнала) и двух усилителей – предварительного и окончного. Аттенюатор позволяет выбирать нужную высоту рассматриваемого изображения в зависимости от амплитуды исследуемых колебаний. С помощью переключателя входного аттенюатора (4), амплитуду сигнала можно уменьшить в 10 или 100 раз. (Около переключателя стоят надписи: 1:1 – в этом случае входной сигнал не ослабляется; 1:10 и 1:100 – в этих случаях ослабление соответ-

ственно в 10 и 100 раз). Более плавные изменения уровня сигнала, а значит и размера изображения на экране, получают с помощью регулятора чувствительности оконечного усилителя канала Y (10). В оконечном усилителе этого канала, как и канала горизонтального отклонения, есть регулировка смещения луча (11), а значит, и изображения по вертикали.

Кроме того, на входе канала вертикального отклонения стоит переключатель 1, с помощью которого можно либо подавать на усилитель (через аттенюатор) постоянную составляющую исследуемого сигнала, либо избавляться от неё включением разделительного конденсатора. Это, в свою очередь, позволяет пользоваться осциллографом как вольтметром постоянного тока, способным измерять постоянные напряжения. Причем входное сопротивление «вольтметра» достаточно высокое – более 1 МОм.

Кроме переключателя (9) и регулятора (8) длительности развёртки у генератора развертки есть еще один переключатель – переключатель режима работы развёртки. Он также выведен на переднюю панель осциллографа (на структурной схеме он не указан). Генератор разверток может работать в двух режимах: в автоматическом – генерирует пилообразное напряжение заданной длительности, и в ждущем режиме – “ожидает” прихода входного сигнала и с его появлением запускается. Этот режим необходим при исследовании сигналов, появляющихся случайно, либо при исследовании параметров импульса, когда его передний фронт должен быть в начале развертки. В автоматическом режиме работы случайный сигнал может появиться в любом месте развертки, что усложняет его наблюдение. Удобства ждущего режима вы сможете оценить во время импульсных измерений.

Переключатель (9) спаренный (рис. 7.3). Во всех положениях верхней (по чертежу) секции переключателя, кроме крайнего левого, генератор вырабатывает пилообразное напряжение различной длительности. В крайнем же левом положении генератор разверток отключается, а нижняя секция переключателя (9) подключает оконечный усилитель канала горизонтального отклонения к гнездам “Вход X”. Теперь горизонтальная линия развёртки будет получаться только при подаче сигнала на указанные гнезда. Причём чувствительность этого канала меньше, чем канала вер-

тикального отклонения. Длину линии развёртки можно устанавливать регулятором (12). Такой режим работы осциллографа нужен, например, при исследовании частотных и фазовых соотношений гармонических колебаний так называемым методом фигур Лиссажу, когда одни колебания подают на вход **Y** осциллографа, а другие – на вход **X**.

Синхронизация

Если между генератором развёртки и сигналом нет никакой связи, то начинаться развёртка и появляться сигнал будут в разное время, изображение сигнала на экране осциллографа будет перемещаться либо в одну, либо в другую сторону – в зависимости от разности частот сигнала и развёртки. Чтобы остановить изображение нужно «синхронизировать» генератор, т. е. обеспечить такой режим работы, при котором начало развёртки будет совпадать с началом появления периодического сигнала (скажем синусоидального). Причём синхронизировать генератор можно как от внутреннего сигнала он берётся с усилителя вертикального отклонения), так и от внешнего, подаваемого на гнезда «ВХОД СИНХР.». Выбирают тот или иной режим переключателем (2) – ВНУТР. – ВНЕШН. синхронизация (на структурной схеме переключатель находится в положении «внутренняя синхронизация»).

Плавно регулируется синхронизация регулятором (5). Эту ручку можно поворачивать от крайнего левого положения (знак –) до крайнего правого (знак +). Это регулировка синхронизации развёртки от сигнала соответствующей полярности. Когда ручка (5) находится в крайнем левом положении (–), генератор развёртки синхронизируется отрицательным фронтом синусоидального напряжения, в крайнем правом (+) – положительным. В среднем положении ручки синхронизация выключается. В некоторых конструкциях осциллографов переключение синхронизации от (+) или от (–) осуществляется отдельным переключателем. В этом случае ручка (5) меняет амплитуду синхронизации, что способствует получению более устойчивого изображения на экране.

Фигуры Лиссажу

Для определения частоты неизвестного гармонического колебания часто используется метод фигур Лиссажу. Исследуемое колебание складывается с взаимно перпендикулярным ему колебанием известной частоты. В общем случае в результате сложения получаются кривые сложной формы, называемые фигурами Лиссажу. По виду этих фигур можно определить частоту исследуемого напряжения. В данной работе сравнение частот производится с помощью электронного осциллографа, на горизонтальные пластины которого подаётся напряжение от звукового генератора, а на вертикальные пластины – напряжение от сети переменного тока с частотой $\omega=2\pi f$; ($f=50$ Гц) через делитель напряжения.

Рассмотрим два взаимно перпендикулярных колебания X и Y с частотами $\omega_x=\omega$ и $\omega_y=n\omega_x=n\omega$. Очевидно, что $n=\omega_y/\omega_x$

$$x=x_0\cos(\omega t) \qquad y=y_0\cos(n\omega t+\varphi)$$

φ – начальная разность фаз между колебаниями.

Наиболее простым частным случаем является сложение колебаний с одинаковыми частотами ($n=1$), так как уравнением траектории колеблющейся точки будет уравнение эллипса.

В тех случаях, когда $n\neq 1$, по общему виду уравнения трудно судить о форме траектории. Однако, если частота одного из колебаний известна, то по изображению фигуры Лиссажу на экране осциллографа можно определить частоту другого колебания, подавая на вертикальные пластины напряжение неизвестной частоты f_x , а на горизонтальные – напряжение известной частоты f_y со звукового генератора.

Если $f_y/f_x=n_x/n_y$, тогда $f_x=f_y n_y/n_x$

Пример:

$$x=\cos(\omega t)$$

$$y=\cos(3\omega t-\pi/2)=\sin(3\omega t)$$

(ω -произвольное число)

$$n_x=6; n_y=2;$$

$$f_x/f_y=n_y/n_x=2/6=1/3$$

$$f_y=3f_x$$

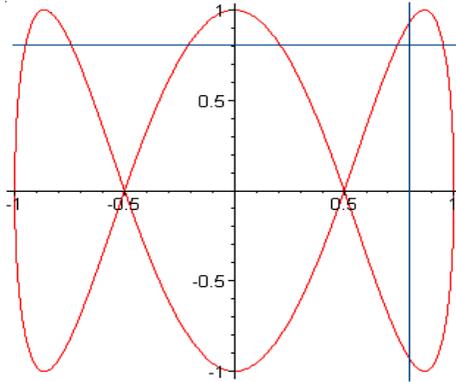


Рис. 7.5

Графически это означает, что ось “у” пересекает кривую p_y раз, а ось “х” пересекает кривую p_x раз. Поэтому через данную фигуру проводят две произвольные взаимно перпендикулярные прямые, параллельные осям x и y . Потом подсчитывают число точек пересечения кривой с прямой параллельной оси “х” ($=n_x$) и с прямой параллельной оси “у” ($=n_y$). В случае, когда прямая проходит через точку пересечения ветвей кривой, при подсчёте её считают дважды.

Практическая часть

Подготовка к работе:

7.4. Изучить (повторить) теоретический материал об измерении параметров электрических сигналов с помощью осциллографа.

7.5. Ознакомиться с устройством и особенностями осциллографа.

Подготовить бланк отчета:

7.6. Титульный лист.

7.7. Цель работы.

7.8. Схемы измерений, рисунки 7.6, 7.8.

7.9. Формы протоколов измерений.

Основное оборудование:

7.10. Осциллограф С1-65.

7.11. Электронный вольтметр ВЗ-38.

7.12. Измерительный генератор ГЗ-111.

Задание:

7.13. Изучить структурную схему и конструкцию универсального осциллографа.

7.14. Измерить амплитуду колебаний сигнала синусоидальной формы.

7.15. Измерить период и определить частоту сигнала синусоидальной формы.

7.16. Измерить параметры импульсного сигнала.

Порядок выполнения работы.

7.17. Изучение конструкции осциллографа.

7.18. Пользуясь техническим описанием, изучите назначение и расположение всех органов управления прибором.

7.19. Увяжите органы управления с их обозначениями на структурной схеме.

Измерение амплитуды колебаний сигнала синусоидальной формы

7.20. Подайте исследуемый сигнал с генератора на вход Y осциллографа, используя схему рисунок 7.6.

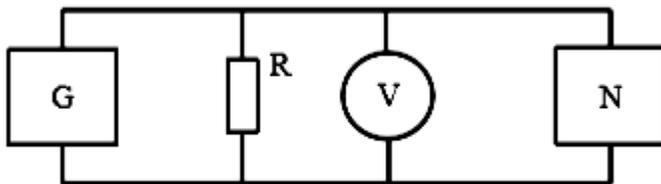


Рис. 7.6. Схема измерения напряжения исследуемого сигнала

7.21. Установите на выходе генератора измеряемое напряжение (частота сигнала выбирается произвольно).

7.22. Подберите положение переключателя V/дел. на осциллографе так, чтобы размер изображения по вертикали был в пределах рабочей области экрана.

7.23. Подберите положение переключателя Время/дел. так, чтобы на экране укладывалось 2–3 периода исследуемого сигнала.

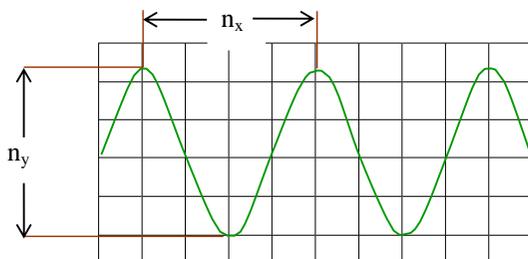


Рис. 7.7. Изображение на экране осциллографа

7.24. Добейтесь устойчивого изображения на экране ЭЛТ регулировками «уровень синхронизации» и «стабильность».

7.25. По размерам изображения на экране рисунок 7.7. определите амплитуду сигнала по формуле 7.1:

$$U_m = \frac{1}{2} n_y U_k \quad (7.1)$$

U_m – Амплитуда измеряемого сигнала.

n_y – Число делений соответствующих, размаху сигнала.

U_k – Положение переключателя V/дел., определяющее коэффициент отклонения по вертикали.

7.26. Определите среднее квадратическое значение напряжения по формуле 7.2.

$$U = U_m \cdot 0,707 \quad (7.2)$$

7.27. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности по формулам 7.3,7.4

$$\Delta U = U - U_z \quad (7.3)$$

$$\delta = \frac{\Delta U}{U_d} 100\% \quad (7.4)$$

7.28. Измерения повторите для других значений напряжения, заданных преподавателем. Результаты записать в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Номер варианта	$U_1, В$	$U_2, В$	$U_3, В$	$U_4, В$	$U_5, В$
1	1	2	3	4	5
2	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
3	1	1.5	2	2.5	3
4	0.5	1	2.5	3	5
5	1	1.5	2	2.5	3

Исходные данные для измерения амплитуды непрерывного сигнала.

Напряжения $U_1...U_5$ выбрать согласно заданному варианту по таблице 7.1.

Примечание. Измерения проводить при частоте установленной преподавателем.

Результаты записать в таблицу 7.2.

Таблица 7.2

Измерение амплитуды сигнала синусоидальной формы					
Напряжение генератора ($U_{Г}$), В	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
Размах сигнала n_y (дел)					
Коэффициент отклонения $U_k(V/дел)$					
Амплитуда сигнала U_m (В)					
Среднее квадратическое значение напряжения (U_n)					
Абсолютная погрешность ΔU (В)					
Относительная погрешность $\delta\%$					

Измерение периода и частоты исследуемого сигнала

7.29. Подайте исследуемый сигнал с генератора на вход Y осциллографа, используя схему рисунок 7.8.

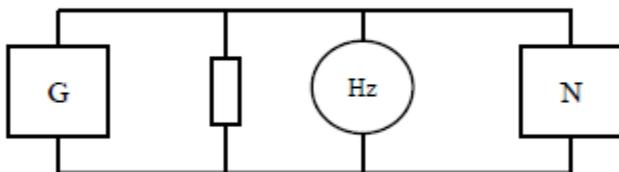


Рис. 7.8. Схема измерения периода сигнала с помощью осциллографа

7.30. Установите на выходе генератора значение частоты, указанное преподавателем (напряжение сигнала может быть произвольным).

7.31. Подберите положение переключателя время/деление на осциллографе так, чтобы на экране наблюдалось 2–3 синусоиды исследуемого сигнала.

7.32. Добейтесь устойчивого изображения на экране ЭЛТ регулировкой «синхронизация уровень».

7.33. По размерам изображения на экране рисунок 7.7, определите период сигнала по формуле 7.5:

$$T_x = n_x \cdot T_k \quad (7.5)$$

T_x – Период исследуемого сигнала.

n_x – Количество делений, соответствующих периоду сигнала.

T_k – Положение переключателя вольт/деление.

7.34. Определите частоту сигнала, зная его период по формуле 7.6:

$$f_x = \frac{1}{T_x} \quad (7.6)$$

7.35. Повторите измерения значений частоты для своего варианта, заданных в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Номер варианта	f1, Гц	f2, Гц	f3, Гц	f4, Гц	f5, Гц
1	100	500	1000	1500	2000
2	50	100	200	300	400
3	200	2.103	2.104	5.104	105
4	800	1600	8.103	1.6.104	8.104
5	3.103	4.103	5.103	6.103	7.103
<i>Примечание</i> – Измерение проводить при выходном напряжении генератора, установленным преподавателем					

7.36. Результаты измерений занесите в таблицу 7.4.

Таблица 7.4

Частота генератора, Гц	f1	f2	f3	f4	f5
Измеряемый сигнал f (кГц) генератора					
Длина измеренного временного интервала на осциллографе, n_x (дел)					
Положение переключателя "время/дел" на осциллографе.					
Измеренный период T_x , с					
Частота сигнала f (Гц)					
Абсолютная погрешность Δf (Гц)					
Относительная погрешность δ %					

7.37. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности по формулам 7.7, 7.8 абсолютная погрешность

$$\Delta f = f - f_r \quad 7.7$$

относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_r} \cdot 100\% \quad 7.8$$

Измерить амплитуду и период сигнала прямоугольной формы

7.38. Исследования производятся аналогично по схеме измерений, показанной на рисунке 7.1.

7.39. Результаты исследований занести в таблицы 7.6 и 7.8.

Таблица 7.5

Исходные данные для исследования амплитуды импульсного сигнала

Номер варианта	U1, В	U2, В	U3, В	U4, В	U5, В
1	0.5	2.5	3	3.5	4.5
2	1	1.5	2	3	5
3	0.5	1	2	4	5
4	1.5	2.5	3.5	4	4.5
5	0.5	1	3	4.5	5

7.40. Результаты измерения амплитуды исследуемого сигнала занести в таблицу 7.6.

Таблица 7.6

Напряжение генератора, В	U1	U2	U3	U4	U5
Положение переключателя "V/дел" на осц.					
Число делений величины изображения на осц.					
Максимальное значение напряжения U_m , В					
Действующее значение напряжения U_d , В					

Таблица 7.7

Исходные данные для исследования периода импульсного сигнала

Номер варианта	f1, Гц	f2, Гц	f3, Гц	f4, Гц	f5, Гц
1	75	150	305	600	1200
2	40	68	180	320	900
3	1000	2000	10000	20000	105
4	950	3500	7500	9103	19103
5	400	650	1500	3103	6100

Таблица 7.8.

Результаты измерения периода исследуемого
импульсного сигнала

Частота генератора, Гц	f1	f2	f3	f4	f5
Длина измеренного временного интервала на осциллографе I, дел					
Положение переключателя "время/дел" на осциллографе					
Измеренный период T, с					

**Измерение частоты сигнала генератора,
применяя фигуры Лиссажу**

Таблица 7.9

$n = f_y/f_x$	f_x (Гц)	Зарисовать фигуры Лиссажу
$n=1$		
$n=1/3$		
$n=3/4$		

Частоту образцового генератора взять по рекомендации преподавателя.

7.41. Пользуясь таблицей Лиссажу, (см. приложение 1), определить частоту f_y .

Таблица фигур Лиссажу

Соотношение частот	Вид фигуры				
	0	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$	π
1 : 1					
1 : 2					
1 : 3					
2 : 3					
3 : 4					
3 : 5					
4 : 5					
5 : 6					

Контрольные вопросы

- 7.42. Назначение осциллографа. Какие параметры сигнала можно измерить с помощью осциллографа?
- 7.43. Виды осциллографов. Их классификация?
- 7.44. Поясните назначение блоков структурной схемы осциллографа?
- 7.45. Каковы основные характеристики осциллографа, определяющие возможность его применения для проведения измерений.
- 7.46. Назначение и принцип действия генератора развертки?
- 7.47. Поясните особенности работы двухканального осциллографа?
- 7.48. Какие параметры импульсного сигнала можно измерить с помощью осциллографа?
- 7.49. Поясните назначение переключателя $V/\text{дел}$?
- 7.50. Поясните назначение переключателя $\text{время}/\text{дел}$?
- 7.51. Для чего используется вход «X»?
- 7.52. Запишите формулы, по которым определяют амплитуду, период и частоту сигнала.
- 7.53. Поясните принцип измерения амплитуды колебаний электрических сигналов с помощью осциллографа.
- 7.54. Поясните принцип измерения периода колебаний электрических сигналов.

Литература

1. «Электрорадиоизмерения» / под редакцией А.С. Сигова, М.: «Форум–Инфра-М», 2004.
2. *Боридько С.И., Дементьев Н.В., Тихонов Б.Н., Ходжаев И.А.* «Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах». М.: «Горячая линия – Телеком», 2007.
3. Техническое описание на вольтметр универсальный В7-16А.
4. *Хромой Б.П., Моисеев Ю.Г.* «Электрорадиоизмерения». М.: «Радио и связь», 1985.
5. *Шумилин Н.П.* «Измерения в технике проводной связи». М.: «Связь», 1980.
6. Техническое описание генераторов Гз-112, ГЗ-111, ГЗ-118. Техническое описание и инструкция по эксплуатации измерителя уровней 12ХN048.
7. «Метрология и радиоизмерения» / под редакцией В.И. Нефедова. М.: «ФОРУМ–ИНФРА-М», 2005.
8. Метрология, стандартизация и измерения в технике проводной связи / под ред. Б.П. Хромого, М.: «Радио и связь», 1986.
9. Техническое описание цифрового частотомера ЧЗ-324.2
10. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах / под редакцией Б.Н. Тихонова. М.: «Горячая линия – Телеком», 2007.
11. Техническое описание осциллографа С1-65.

Составитель

Наталья Ивановна Кравченко

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

Редактор *Е. С. Свиридова*

Компьютерная вёрстка – *Г.Н. Кирпа*

Подписано в печать 06.05.2021

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$

Офсетная печать. Объем 4,25 п.л.

Тираж 100 экз. Заказ 128

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Анкара, 2а