

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
Строительно-политехнический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
на учебной радиоизмерительной практике для
специальностей
11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические и
медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные
системы и комплексы»

Методические указания обсуждены на заседании методического совета
СПК

«18» 02. 2022 года Протокол № 6

Председатель методического совета СПК  Сергеева С. И.

Методические указания одобрены на заседании педагогического совета
СПК

«25» 02. 2022 года Протокол № 6

Председатель педагогического совета СПК  Дегтев Д.Н.

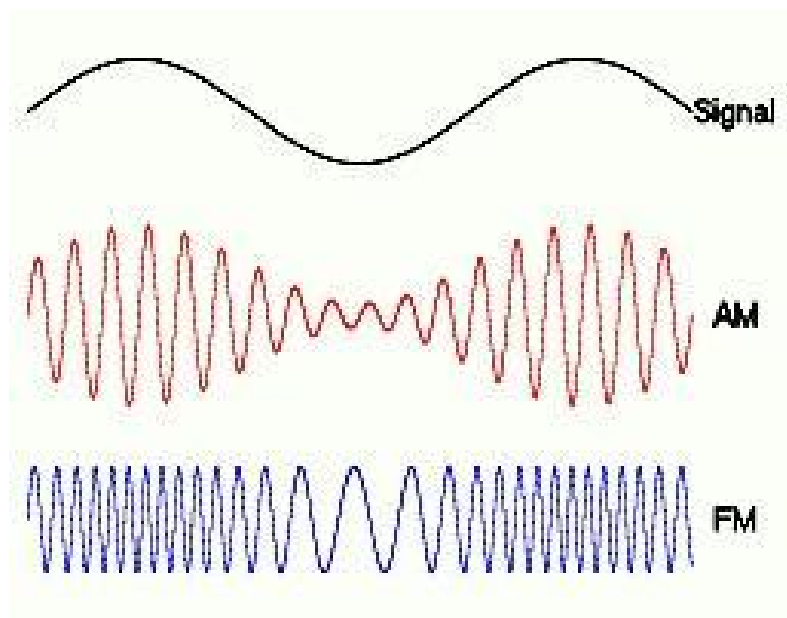
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

Строительно-политехнический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 на
учебной радиоизмерительной практике для студентов
специальностей

11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические и
медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные
системы и комплексы»



Воронеж 2022

Составители: преп. Д.А. Денисов, преп. Г.Н. Петрова

УДК – 621.317.3

Методические указания к выполнению практических работ № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 на учебной радиоизмерительной практике для студентов специальностей 11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Д.А. Денисов., Г.Н. Петрова. Воронеж, 2022. 161с.

В методических указаниях содержатся краткие теоретические сведения по принципу работы изучаемых радиоизмерительных приборов, методам измерения, а также контрольные вопросы для проверки подготовленности студентов к работе и сдаче зачета по выполненным работам.

Методические указания подготовлены в электронном виде

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа №1.....	4
Практическая работа №2.....	23
Практическая работа №3.....	37
Практическая работа №4.....	57
Практическая работа №5.....	69
Практическая работа №6.....	81
Практическая работа №7.....	90
Практическая работа №8.....	106
Практическая работа №9.....	127
Практическая работа №10.....	133

Практическая работа № 1

РАБОТА С ИЗМЕРИТЕЛЕМ МОДУЛЯЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ СКЗ-45

Цель работы: 1. Ознакомиться с принципом работы вычислительного измерителя параметров модуляции СКЗ-45.

2. Получить практические навыки работы с измерителем модуляции СКЗ-45

Необходимое оборудование

1. Измеритель параметров модуляции, вычислительный СКЗ-45

2. Генератор сигналов высокой частоты, программируемый Г4-164

Порядок выполнения работы

1. По техническому описанию (ПРИЛОЖЕНИЕ А) ознакомиться с назначением, основными техническими характеристиками и принципом работы вычислительного измерителя параметров модуляции СКЗ-45:

- в режиме измерения напряжения входного сигнала;
- в режиме измерения параметров модуляции;
- в режиме измерения коэффициента нелинейных искажений.

2. В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор СКЗ-45 к работе.

3. Научиться измерять:

- параметры модуляции в режимах АМ, ЧМ, ФМ;
- напряжение входного сигнала;
- коэффициента нелинейных искажений огибающих;
- дополнительные параметры сигнала с использованием кодовой клавиатуры микроЭВМ.

4. Получить практические навыки работы с внутренней

памятью измерителя модуляции.

Контрольные вопросы

1. Назвать используемые в приборе СКЗ-45 методы измерения:

- напряжения,
- коэффициента амплитудной модуляции,
- девиации частоты,
- коэффициента нелинейных искажений

2. Пояснить назначение органов управления измерителя параметров модуляции СКЗ-45.

3. Как подготовить прибор к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации?

4. Пояснить порядок измерения параметров модулированного сигнала с помощью СКЗ-45.

5. Правило проведения измерений дополнительных параметров сигнала с помощью кодовой клавиатуры микроЭВМ прибора.

6. Порядок работы с электронной памятью прибора (как заносить и извлекать из памяти комбинации параметров исследуемого сигнала).

7. Пояснить форму представления информации об ошибочных действиях оператора, примененную в данном приборе.

Справочные данные
(обязательные)
Техническое описание прибора СКЗ-45

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Измеритель модуляции вычислительный СКЗ-45 предназначен для оперативного измерения следующих параметров;

- напряжения входного сигнала;
- коэффициента АМ;
- девиации ЧМ сигнала;
- девиации ФМ сигнала;
- частоты модулирующего сигнала;
- коэффициента гармоник модулирующего сигнала.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Диапазон несущих частот измеряемого сигнала:

- в режиме «ЧМ» от 0,1 до 1000 МГц;
- в режиме "АМ" от 0,1 до 500 -МГц.

2.2. Минимальное рабочее среднеквадратическое значение (СкЗ) напряжения входного сигнала (чувствительность прибора) в нормальных условиях не превышает величин, указанных в табл. 1

Таблица 1

Режим	Несущая частота, МГц	
	от 0,1 до 500	св..500 до 1000
"КИ"	50 мВ	70 мВ
«МИ»	100 мВ	150'мВ

2.3. Максимальное рабочее напряжение входного сигнала не более 1В (СкЗ).

2.4. Пределы измерения пикового "вверх"(+), "вниз"(-) и среднеквадратического значений (СкЗ) девиации частоты указаны в табл. 2.

Таблица 2

Диапазон несущих частот, МГц	Пределы измерения пиковых значений, кГц	Пределы измерения среднеквадратических значений, кГц
0,1-4	0,1-10	0,005-10
4-10	0,1-500	0,005-200
10-1000	0,1-1000	0,005-300

2.5. Диапазон модулирующих частот прибора составляет 0,02-200 кГц в диапазоне несущих частот 4-1000 МГц и 0,02 кГц --0,02 фс кГц, но не более 20 кГц, в диапазоне несущих частот 0,1-4 МГц, где фс - значение несущей частоты измеряемого сигнала в кГц.

2.6. Погрешность измерения пикового и среднеквадратического значения девиации частоты в нормальных условиях и интервале рабочих температур не превышает значений, рассчитываемых по формулам (1) и (2) соответственно:

$$\Delta = \pm(A_o \cdot \Delta f + \Delta f_{ш}) \quad (1)$$

$$\Delta = \pm(2A_o \cdot \Delta f + 2\Delta f_{ш}) \quad (2)$$

где A_o - относительная погрешность измерения;

Δf - значение измеряемой девиации частоты, кГц;

$\Delta f_{ш}$ - "шумовой" остаток, кГц.

2.7. Среднеквадратическое значение величины фона и шума прибора в Гц в нормальных условиях не превышает значений, вычисленных по формулам (3) и (4).

По входу прибора в режиме «МИ»:

$$\Delta f_{III} = 2,5 \cdot 10^8 f_c + 1 \text{ - в полосе частот } 0,3\text{-}3,4 \text{ кГц}; \quad (3)$$

$$\Delta f_{III} = 4,5 \cdot 10^8 f_c + 2 \text{ - в полосе частот } 0,02\text{-}20 \text{ кГц} \quad (4)$$

где f_c - значение несущей частоты измеряемого сигнала, Гц
По входу ПЧ (1 МГц) при величине входного сигнала 100 мВ:

1,0 Гц - в полосе частот 0,3-3,4 кГц;

1,5 Гц - в полосе частот 0,02-20 кГц;

40 Гц - в полосе частот 0,02-200 кГц.

Параметры в режиме измерения амплитудной модуляции

2.8. Пределы измерения коэффициента амплитудной модуляции составляют: пикового значения «вверх» (+), «вниз» (-) 1-100 % среднеквадратического значения (Скз) 0,1-30 %.

2.9. Диапазон модулирующих частот прибора составляет 0,03-200 кГц в диапазоне несущих частот 4-500 МГц в режиме «Скз» и 0,03-60 кГц в режиме пиковых измерений и 0,03-0,02 фс (кГц), но не более 20 кГц в диапазоне несущих частот 0,1-4 МГц.

Диапазон калибровочных частот 0,3-20 кГц.

2.10. Погрешность измерения пикового и среднеквадратического значений коэффициента амплитудной модуляции в нормальных условиях и интервале рабочих температур не превышает значений, рассчитанных по формулам (5) и (6) соответственно:

$$\Delta = \pm(A_0 \cdot M + \Delta M_{III}) \quad (5)$$

$$\Delta = \pm(2A_0 \cdot M + 2 \cdot \Delta M_{III}) \quad (6)$$

где A_0 - относительная погрешность измерения;

M - значение измеряемого коэффициента АМ;

ΔM_{III} - «шумовой» остаток, в процентах.

2.11. Коэффициент гармоник огибающей, вносимых трактом прибора в режиме "КИ", не превышает значений, указанных в

табл. 3 в процентах.

Таблица 3

М, %	Значение модулирующей частоты, кГц		
	0.03-0.09	0,09-20	20-60
30	0.5	0.4	0,4
90	1.5	0,6	0.9

2.12. Среднеквадратическое значение величины фона и шума в процентах в нормальных условиях в режиме «МИ» не превышает значений, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Включаемый поддиапазон, МГц	ПЧ	0,1-4	4-32	18-1000
Полоса пропускания тракта НЧ, кГц	0,3-3,4	0,007	0,01	0,02
	0,02-20	0,010	0,02	0,05
	0,02-200	0,025	-	0,10

2.13. Коэффициент перехода частотной модуляции в амплитудную не превышает 0,02 % на 1 кГц девиации при девиации частоты не более 200 кГц при $F_m = 20$ кГц.

3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

3.1. Принцип действия прибора

Измеритель модуляции вычислительный СКЗ-45 представляет собой многофункциональное измерительное приемное устройство, которое обеспечивает измерение следующих параметров:

- напряжения входного сигнала;
- коэффициента АМ (В режимах "+", "-", "СкЗ");
- девиации ЧМ сигнала (в режимах "+", "-", "СкЗ");

- девиации ФМ сигнала (в режимах "+", "-", "СкЗ");
- коэффициента гармоник огибающей (в режимах "АМ", "ЧМ", "ФМ");
- частоты сигнала огибающей (в режимах "АМ", "ЧМ", "ФМ").

Измерение этих параметров обеспечивается схемами прибора, реализующими следующие методы измерения параметров.

Измерение напряжения входного сигнала производится прямым пиковым детектированием входного ВЧ сигнала и измерением постоянной составляющей на выходе детектора. Показания прибора в этом режиме соответствуют среднеквадратическому значению измеряемого напряжения при отсутствии гармоник несущей частоты и амплитудной модуляции входного сигнала.

Измерение коэффициента АМ производится методом "двух вольтметров", т.е. раздельным измерением среднего значения напряжения АМ сигнала за период огибающей и пиковых отклонений амплитуды сигнала от среднего значения в сторону увеличения (вверх "+"), в сторону уменьшения (вниз "-") и среднеквадратического отклонения амплитуды сигнала от среднего значения (СкЗ).

Измерение девиации ЧМ сигнала производится путем линейного частотного детектирования ЧМ сигнала детектором с нормированным коэффициентом преобразования частота-напряжение и последующим измерением сигнала огибающей соответствующим видом вольтметра.

Графическое пояснение определения девиации частоты приведено на рисунке 1.

Измерение коэффициента гармоник огибающей при АМ, ЧМ или ФМ производится путем подавления (реакции) основной частоты сигнала огибающей, полученного после прецизионного детектирования и измерением среднеквадратического значения суммы напряжений неподавленных гармоник.

Коэффициент гармоник в процентах определяется по

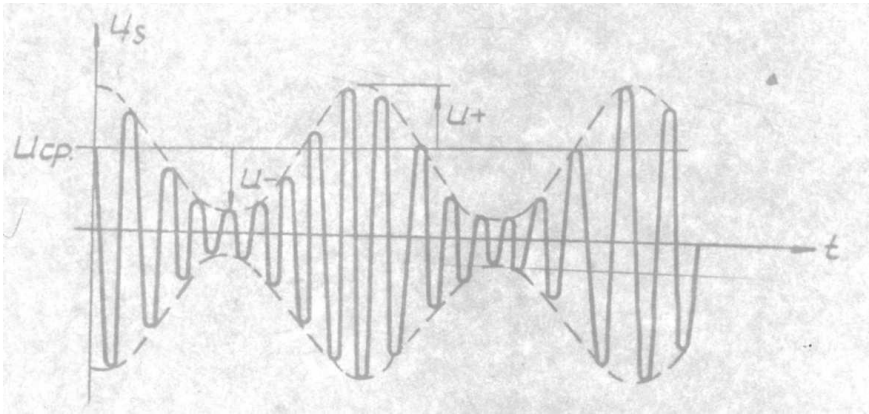
формуле (7):

$$K_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N U_i^2}}{U_1} \cdot 100,$$

(7)

где U_1 - среднеквадратическое значение напряжения первой гармоники частоты сигнала огибающей;

U_i - значение амплитуд напряжения гармоник сигнала.



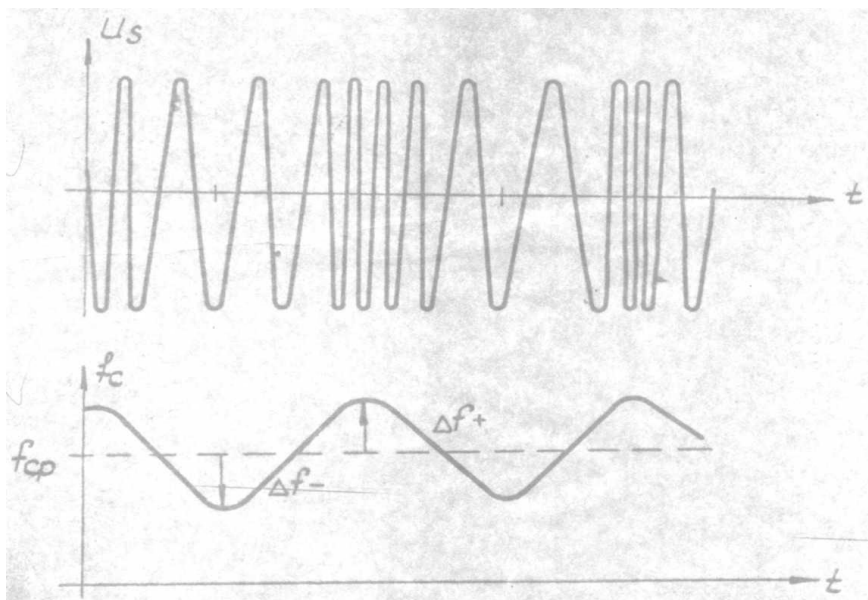


Рис. 1

Измерение частоты сигнала огибающей производится методом электронно-счетного частотомера, т.е. подсчетом числа пересечений нуля сигналом огибающей за 1 с.

Аналоговая часть прибора работает следующим образом. Исследуемый сигнал в диапазоне частот 4-1000 МГц, поданный на вход прибора, поступает на преобразователь частоты, где преобразуется в сигнал промежуточной частоты, равной 1 МГц или 2 МГц в зависимости от значения измеряемой девиации, фильтруется от остатков сигнала гетеродина и побочных продуктов преобразования и поступает одновременно на формирователь сигналов управления (ФСУ), детектор ПЧ и частотный дискриминатор.

Сигнал в диапазоне частот 0,1-4 МГц поступает на входные фильтры и затем поступает непосредственно в тракт ПЧ прибора.

ФСУ обеспечивает: выдачу сигналов управления, обеспечивает перестройку частоты гетеродина в режиме поиска,

обнаружение сигнала ПЧ, переключение схемы поиска в режим захвата и переход в режим измерения.

Амплитудный детектор включает в свой состав детекторы:

-пиковый детектор положительных полуволн модулирующего сигнала;

-пиковый детектор отрицательных полуволн модулирующего сигнала;

-детектор среднеквадратического значения.

Все три детектора преобразуют сигнал в постоянное напряжение, пропорциональное измеряемому значению величины.

Детектор среднеквадратического значения используется в режимах измерения шумов (СкЗ) и коэффициента гармоник.

Цифровой индикатор по сути своей является интерфейсной платой между аналоговой частью прибора и микро-ЭВМ. Он выполняет следующие функции:

-преобразование постоянного напряжения, поступающего с амплитудного детектора и пропорционального измеряемой величине, в последовательность импульсов, подаваемых на микро-ЭВМ для дальнейшей программной цифровой обработки;

-вывод обработанной цифровой информации на индикаторное табло;

-вывод режимной информации для управления режимами работы прибора.

Цифровая часть прибора включает в свой состав следующие узлы:

-микро-ЭВМ "Электроника С5-21";

-преобразователь код-код - входное устройство, обеспечивающее сопряжение канала общего пользования с входами - выходами микро-ЭВМ;

-переднюю панель прибора, представляющую собой набор кнопочных переключателей в матричном включении и печатных узлов с лампочками, расположенными над кнопками, индицирующими включение той или иной кнопки.

Источником питания прибора служит блок питания,

вырабатывающий стабилизированные напряжения + 15 В, минус 15 В, + 12 В, + 5 В, минус 3 В и сигналы начального запуска микро-ЭВМ.

3.2. Органы управления и контроля

Органы управления, контроля и соединители расположены на передней и задней панелях прибора и сменного блока .

3.2.1. Органами управления прибора являются: тумблер включения сети и кнопочные переключатели, сгруппированные по функциональному признаку. Группы кнопок выделены зонами.

Первая группа - переключатели рода измерений:

УВС - измерение уровня входного сигнала;

АМ - измерение параметров амплитудной модуляции сигнала;

ЧМ - измерение параметров частотной модуляции сигнала;

ФМ - измерение параметров фазовой модуляции сигнала.

Вторая группа - переключатели вида измерений:

"+"-пикового значения модуляции "вверх";

"-" - пикового значения модуляции "вниз";

СкЗ - среднеквадратического значения модуляции;

Кг - коэффициента гармоник огибающей.

Третья группа - переключатели полосы пропускания тракта НЧ прибора, состоит из двух подгрупп:

"0,02" и "0,3" - переключение частоты среза фильтра верхних частот 0,02 и 0,3 кГц;

"3,4"; "20"; - переключение частоты среза фильтра нижних

"60"; "200" частот 3,4; 20; 60; 200 кГц.

Четвертая группа - переключатели режима измерения:

КИ - режим "качественных" измерений, т.е. режим измерения параметров с минимальными нелинейными искажениями огибающей;

МИ - режим "малошумящих" измерений, т.е. режим измерения параметров с минимальными собственными шумами.

Пятая группа - кодовая клавиатура (кнопки с символами

0..F)-включение вспомогательных режимов.

Шестая группа - переключатели поддиапазонов (кнопки, расположенные на передней панели сменного блока).

4. ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1. Подготовка к проведению измерений

4.1.1. Тумблер ВКЛ.СЕТЬ установите в верхнее положение.

При этом должны загореться лампочки включения режимов по одной в каждой группе кнопок и цифровое табло.

4.1.2. Проверьте правильность функционирования прибора по следующим признакам

1) при включении прибора должны загореться лампы КАЛИБР, ИЗМЕР;

включиться режим "ЧМ", "+", "0,02", "200", "КИ" и на табло должно

высветиться показание 0100; допускается свечение ламп на сменном блоке;

<

2) по истечении некоторого времени (от 5 секунд до нескольких

минут в зависимости от климатических условий работы) на табло должны появиться показания, равные $1000 + 150$;

3) затем должен автоматически смениться режим и на табло должны появиться показания, равные $10000 + 1500$;

4) далее прибор должен последовательно перебрать режимы, подлежащие калибровке (указанные в п. 5.5.1), и в каждом из них индицировать на табло показания, равные $1000 + 150$ и $10000 + 1500$;

5) по окончании процесса калибровки прибор должен погасить лампы КАЛИБР, ИЗМЕР, после чего установить режим "ЧМ", , + ,0.02, 200, КИ и включить на индикаторном табло все сегменты цифровых индикаторов и все индикаторные лампы размерностей измеряемых величин.

Примечание: Если при первоначальном включении прибора в сеть отсутствует процесс калибровки, необходимо оставить прибор включенным в течение 5 мин., затем выключить на 3-5 с и включить прибор тумблером ВКЛ.СЕТЬ повторно.

4.2. Проведение измерений

4.2.1. Включают требуемый частотный поддиапазон нажатием соответствующей кнопки на сменном блоке.

4.2.2. Включают полосу фильтра НЧ "0,3" и режим "АМ".

4.2.3. Подают исследуемый сигнал на соответствующий вход.

4.2.4. Проверяют правильность прохождения процесса настройки по следующим признакам:

- при подаче сигнала на вход прибора должна включиться, мигая, лампа ИЗМЕР на табло прибора;

- через 1-5с лампа ИЗМЕР должна засветиться непрерывно.

4.2.5. Установить необходимый режим измерения требуемого параметра нажатием соответствующих кнопок на передней панели прибора в последовательности, оговоренной ниже.

4.2.6. Включение рода работы: измерения напряжения входного сигнала, коэффициента АМ, девиации частоты, девиации фазы, режима работы; измерение "вверх" («+») "вниз" ("-"), среднеквадратического значения "СкЗ", коэффициента гармоник огибающей "Кг", выбранной полосы пропускания фильтров НЧ "0,02", "0,3", "3,4", "20", "60", "200" и вида измерений "КИ" и "МИ" - осуществляется с групповых переключателей передней панели.

Включение измерений в режиме частотомера и вспомогательных режимов осуществляется с кодовой клавиатуры прибора (кнопки 0-F).

4.2.7. Измерение напряжения входного сигнала производится при нажатии кнопки УВС переключателя рода работ. Прибор обеспечивает измерение напряжения при

отсутствии амплитудной модуляции входного сигнала и уровне гармоник несущей не более минус 20 дБ.

Отсчет напряжения производится - в среднеквадратических значениях напряжения.

4.2.8. Измерение коэффициента АМ производится при нажатии кнопки АМ переключателя рода работ.

При проведении "качественных" измерений, т.е. измерений коэффициентов АМ в интервале значений 30-100 % и измерении коэффициента гармоник огибающей, необходимо включение режима "КИ", в котором обеспечиваются минимальные искажения, вносимые в исследуемый сигнал трактом прибора.

При проведении измерений амплитудных шумов и измерении малых коэффициентов АМ в интервале значений 0.1-30% необходимо включение режима "МИ", в котором достигаются минимальные шумы, вносимые прибором в исследуемый сигнал.

В режиме АМ также измеряется сопутствующая АМ частотно-модулированного сигнала. Для уменьшения влияния шумов эти измерения необходимо производить в режиме МИ.

4.2.9. Измерение девиации частоты производят при нажатии кнопки ЧМ переключателя рода работ.

Измерение значений девиации в пределах 0,005-10 кГц необходимо производить в режиме "МИ" для уменьшения влияния собственных шумов прибора.

Допускается все измерения в режиме "ЧМ" производить в режиме "МИ".

4.2.10. При измерениях амплитудной, частотной и фазовой модуляций может быть включен один из режимов измерения: пикового значения "вверх" ("+"), вниз ("-"), среднеквадратического значения "СкЗ", коэффициента гармоник огибающей "Кг" переключателем режимов работы.

4.2.11. При измерении коэффициента гармоник огибающей исследуемого сигнала перед включением этого режима необходимо, включив режим "СкЗ", измерить значение самой величины модулирующего параметра. Затем, если неизвестно

значение модулирующей частоты, включить режим измерения модулирующей частоты последовательным нажатием кнопок "9", "F" на кодовой клавиатуре прибора и по измеренному значению включить полосу пропускания тракта НЧ в соответствии с табл.5

Таблица 5

Значения модулирующей частоты, кГц	0,3-1	1-7
Полоса тракта НЧ, кГц	0,02-3,4	0,3-60
	0,02-20	0,3-200

Процесс измерения коэффициента гармоник длится 2-7 с, отсчет производится по достижении минимальных показаний на табло.

4.2.12. Полоса пропускания тракта НЧ прибора формируется фильтрами верхних частот с частотами среза 0,02 и 0,3 кГц и фильтрами нижних частот с частотами среза 3,4; 20; 60; 200 кГц, включаемыми кнопками независимо.

4.2.13. Включение режимов частотомера и вспомогательных режимов производится с кодовой клавиатуры. Перечень вспомогательных режимов и кодов включения (последовательности нажатия кнопок) помещен в табл. 6.

4.2.14. При включении циклической калибровки кодом "Г", "F" прибор функционирует аналогично описанному в п. 10.1.2.

4.2.15. При включении разовой калибровки (код "2", "F") прибор производит калибровку только во включенных режимах "ЧМ", "+", «-», СкЗ", "0,02», «20», "200". При нажатии кнопок "2", «F»табло должно погаснуть, загореться лампы КАЛИБР, ИЗМЕР, спустя несколько секунд на табло должны появиться показания, равные 1000 + 150, после этого лампы КАЛИБР, ИЗМЕР гаснут. Прибор откалиброван.

Таблица 6

Код включения режима	Режим	Код выключения
1	2	3
«1» «F»при	Циклическая калибровка	-
"2" «F»	Разовая калибровка	-
"3" «F»	Логарифмический отсчет в децибелах относительно ста	"E"
«4» «F»	Измерение частоты встроенного гетеродина	"E" или включения любого другого режима
"5" «F»	Усреднение восьми отсчетов измеряемой величины	То же
"6" «F»		"E"
«7» «F»	Измерение частоты входного сигнала в диапазоне 4-1000 МГц	"E"
"8" «F»	Измерение промежуточной частоты. Измерение частоты входного сигнала в диапазоне 0,1-4 МГц	"E" или включение другого режима
"9" «F»	Измерение частоты модулирующего сигнала	"E" или включение другого режима
«A»	Запись включенного режима в регистр памяти	-
"B"	Извлечение запасного режима из регистра памяти	
"C"	Логарифмический отсчет в децибелах относительно текущего значения	"E"
«F» " D"	Проверка готовности прибора после калибровки	Включение любого другого режима

Продолжение табл. 6

1	2	3
"E"	Выключение любого вспомогательного режима	-
"F"	Включение вспомогательного режима. Возвращение регистра памяти в исходное состояние	-
"E" "0" "F"	Измерение во включенном режиме без поправочных коэффициентов	Включение любого режима
"0" "0"	Внешняя калибровка п. 10.2.22	Включение любого другого режима

4.2.16. Запись последовательности включаемых режимов в регистр памяти и последующее извлечение из него используется при проведении измерений, требующих перебора определенных режимов измерения без снятия настройки прибора на исследуемый сигнал.

Запись производится в следующей последовательности:

- нажимают кнопку F;
- устанавливают первый требуемый основной режим;
- нажимают кнопку A;
- устанавливают следующий требуемый режим;
- опять нажимают кнопку A;
- повторяют эти операции для всей последовательности режимов.

Примечание. Регистр допускает запись последовательности десяти режимов.

Извлечение последовательности записанных режимов производят путем нажатия кнопки B.

4.3. Особенности работы с прибором

В процессе работы прибор контролирует действия оператора и информирует оператора о своем состоянии с помощью служебных символов, высвечиваемых на индикаторном табло. Перечень символов приведен в табл.7.

Таблица 7

Символ	Вид ошибки
Е, 1	Прибор не калибруется ни в одном из режимов
Е, 2	Прибор не калибруется во включенном режиме
Е, 3	(неисправен включенный режим) при разовой калибровке
Е, 5	Включенный режим не откалиброван
Е, 6	Прибор во включенном режиме не подлежит калибровке
Е, 7	Информация о том, что регистр неисправных режимов пуст
Е, 8	Недопустимое измерение частоты входного сигнала при девиации частоты более 500 кГц
Е, 9	Регистр записи режимов заполнен

Практическая работа № 2

РАБОТА С ПАНОРАМНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПО НАПРЯЖЕНИЮ P2-73

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом работы прибора P2-73.
2. Получить практические навыки работы с панорамным измерителем КСВН P2-73.

Необходимое оборудование

1. Измеритель коэффициента стоячей волны P2-73
2. Набор нагрузок

Порядок выполнения работы

1. По техническому описанию (ПРИЛОЖЕНИЕ А) ознакомиться с назначением прибора P2-73, его основными техническими характеристиками и принципом работы.
2. В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор к работе.
3. Научиться работать с прибором в режиме измерения КСВ по частотной характеристике.

Контрольные вопросы

1. Знать принцип получения изображения частотной характеристики на экране электронно-лучевой трубки.
2. Уметь подготовить прибор к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации.
3. Пояснить необходимость введения в память ЭВМ каждого шага оператора при работе с клавиатурой прибора.
4. Уметь по полученному изображению зависимости КСВ(f) отсчитать значение КСВ на любой частоте рабочего диапазона.

Справочные данные
(обязательные)
Техническое описание измерителя P2-73

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Измеритель коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) панорамный

P2-73 предназначен для панорамного отображения и измерения в линейном и логарифмическом масштабах на экране индикаторного устройства частотных характеристик КСВН и коэффициента передачи элементов коаксиального волновода в диапазоне частот от 10 до 1250 МГц.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Рабочий диапазон частот измерителя от 10 до 1250 МГц.

2.2. Измеритель обеспечивает полосу качания:

- максимальную не менее 1240 МГц;

- минимальную на более 12,5 МГц.

2.3. Измеритель обеспечивает цифровой отсчет частоты с пределами допускаемой погрешности не более $\pm 0,2\%$.

2.4. Диапазон индикации КСВН от 1 до ∞ .

2.5. Диапазон измерения коэффициента передачи на среднем уровне зондирующей мощности (от $0,5 \cdot 10^{-3}$ Вт) от минус 50 до плюс 30 дБ. Диапазон измерения коэффициента передачи на малом уровне зондирующей мощности ($< 1 \cdot 10^5$ Вт) от минус 30 до плюс 30 дБ.

3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗМЕРИТЕЛЯ И ЕГО СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

3.1. Принцип действия

В состав измерителя входят следующие основные блоки и узлы:

- блок измерительный (БИ) со встроенной микропроцессорной системой и осциллографическим индикатором с размером экрана по диагонали 230 мм;
- генератор качающейся частоты (ГКЧ) с цифровой перестройкой частоты;
- измерительные СВЧ узлы.

Из узлов и блоков собираются необходимые схемы измерений. Измерение КСВН основано на выделении мостовыми рефлектометрами и сравнении СВЧ сигналов, пропорциональных падающему на измеряемый объект и отраженному от него. Измерение коэффициента передачи основано на выделении и сравнении СВЧ сигналов, пропорциональных падающему на измеряемый объект и прошедшему через него. Выделенные сигналы детектируются (детекторными головками или детекторами мостовых рефлектометров), усиливаются вынесенными к детекторам усилителями и подаются в БИ для дальнейшей обработки.

Сигнал на выходе детектора падающей волны поддерживается постоянным системой АРМ ГКЧ.

Частотная не идентичность сигналов (падающего на измеряемый объект и отраженного от него или падающего и прошедшего) при калибровке исключается микропроцессом блока измерительного (БИ).

Сигнал на выходе детектора отраженной волны при условии квадратичного детектирования пропорционален квадрату коэффициента отражения по напряжению измеряемого объекта.

БИ обеспечивает управление функционированием всего измерителя, выдачу цифровой информации об установленной полосе качания, частоте измерения, измеряемой величине, а также отображение частотных характеристик на экране ЭЛТ.

3.2. Генератор качающейся частоты

ГКЧ конструктивно выполнен в виде одноблочного прибора и состоит из следующих узлов и плат печатного монтажа:

- генератора перестраиваемого 0,5-1250 МГц;
- генератора калибровочного 50 МГц;

- устройства управления и стабилизации частоты (УУСЧ);
- усилителя системы АРМ;
- усилителя выходного;
- счетчика импульсов;
- устройства управления частотой (УУЧ);
- узла питания ГКЧ.

Сигнал генератора перестраиваемой частоты (ГПЧ) 2,2 -3,45 ГГц через направленный ответвитель, вентиль и фильтр поступает на смеситель. На другой вход смесителя через направленный ответвитель, вентиль, аттенуатор и фильтр поступает сигнал генератора фиксированной частоты (ГФЧ) 2,2 ГГц. На выходе смесителя с помощью фильтра нижних частот (ФНЧ) выделяется разностный сигнал частотой 0,5-1250 МГц. Для устранения искажений выходного сигнала в нижней части частотного диапазона ГКЧ из-за эффекта затягивания частоты последовательно входам смесителя включены вентили.

3.3. Блок измерительный

БИ предназначен для усиления сигналов частотой 100 кГц, их детектирования, преобразования в цифровую форму, цифро-



Рис. 4

вой обработки и вывода на экран ЭЛТ в виде кривых и цифро-знаковых символов.

Структурная схема БИ показана на рис.4. В нее входят:

- преобразователь аналого-измерительный (ПАИ)
- микропроцессор (МП);
- устройство осциллографическое (УО);
- устройство управления (передняя панель);
- узел питания измерительного блока.

ПАИ предназначен для усиления и детектирования сигналов частотой 100 кГц, поступающих от СВЧ узла измерительной схемы. На выходе ПАИ имеется коммутатор, при помощи которого можно на вход АЦП подать один из трех сигналов: «А», «В» или «С». Управляет коммутатором микропроцессор.

В каждом канале ПАИ имеется свой электронно-управляемый аттенюатор, служащий для скачкообразного изменения усиления канала (через 5 дБ). В каналах «А» и «В» аттенюаторы на 50 дБ, а в канале «С» - на 30 дБ. Аттенюаторы могут управляться как автоматически от микропроцессора, так и вручную.

Микропроцессор служит для управления работой всех узлов БИ, проведения необходимых вычислений и для управления ГКЧ.

Устройство осциллографическое (УО) служит для отображения знаковой и графической информации. УО является цифровым прибором и может работать только совместно с оперативным запоминающим устройством, находящимся в микропроцессоре. В оперативное устройство, запоминающее по определенным адресам, записывается информация, а УО считывает ее и выводит на экран ЭЛТ.







Устройство управления (передняя панель) служит для управления режимами работы всего измерителя. На ней расположено 45 кнопок и ручка управления перестраиваемой частотной меткой.

Узел питания служит для питания всех узлов БИ.

Обозначение и назначение органов управления приведены в табл. 10.

Таблица 10

Обозначение	Назначение
1	2
КАНАЛЫ А,В,С,	На лицевой панели Включение соответствующего канала
	Режим калибровки для измерения отражения
	Режим калибровки для измерения передач
P	Включение режима измерения мощности
	Включение режима калибровки
	Включение режима калибровочного детектора
ОБЩ 	Общий сброс – выход в начало программы
	Включение режима регистрации
	Включение режима вывода данных измерения на ЭВМ
K1, K2	Включение контрольных уровней
	Включение узкой полосы
X/n	Включение усреднения
log	Включение логарифмического режима измерения
КСВН	Включение отсчета в единицах КСВН, коэффициента отражения или в децибелах
S , A _x	Включение режима сравнения частотных характеристик измеряемого и эталонного узлов
X/П	Включение режима запоминания частотной характеристики эталонного узла
П	Ввод цифровых данных
0...9 	Запись вводимых данных в память

1	2
	Сброс неверно набранных данных
F1	Включение режима набора начальной частоты
F2	Включение режима набора конечной частоты
ΔF_{\max}	Установка максимальной полосы качания частоты
	Включение ручного режима управления аттенюаторами
-5, -10 -15, -20	Включение соответствующей ячейки аттенюатора при ручном управлении
A, B, C – «dB»	Включение управления аттенюатором соответствующего канала в ручном режиме управления аттенюаторами, а также включение индикации положения аттенюаторов в автоматическом и ручном режимах
МЕТКА	Управление перестраиваемой частотной меткой
	Регулировка яркости
	Регулировка фокуса
	Смещение луча ЭЛТ по вертикали
	Смещение луча по горизонтали
«Сеть» Вкл.	Включение сети питания
A	Разъем для подключения измеряемого сигнала канала A и потенциометр для регулировки этого сигнала
B	Разъем для подключения измеряемого сигнала канала B и потенциометр для регулировки этого сигнала

4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

4.1. До включения измерителя произведите следующие операции:

- соедините клеммы «L» БИ и ГКЧ с шиной защитного заземления. При межблочном соединении кабелем необходимо принять меры, устраняющие перекося частей соединителя друг относительно друга при сочленении-расчленении;



- убедитесь в наличии плавких вставок;








- подключите вилки сетевых соединительных шнуров к розеткам питания;

- включите тумблер «СЕТЬ» БИ и ГКЧ. О включении БИ свидетельствуют светящиеся кнопки на передней панели.

4.2. Во время работы с измерителем возможны ошибки оператора: не выполнено соединение, не нажата нужная кнопка и т.д. В таком случае на экране БИ появится надпись «...ОШИБКА», и измеритель будет «ждать» нужных действий оператора. В зависимости от порядкового номера ошибки предлагаются некоторые операции для возврата к нормальной работе измерителя (табл. 11).

Таблица 11

Индикация	Вероятная причина остановки программы	Необходимые действия оператора
1	2	3
2 ОШИБКА	Не выставляется частота ГКЧ1	Проверить соединения кабелей на задних панелях БИ и ГКЧ1. Нажать кнопку  ; надпись погаснет, повторить ввод частот
3 ОШИБКА	Неверно введены частоты: начальная или конечная частоты набраны за пределами возможностей ГКЧ1 или $F2 < F1$	Нажать кнопку ОБЩ  и повторить ввод частот

1	2	3
4 ОШИБКА	Неправильный режим работы с кнопкой памяти "П" — запоминание и сравнение ведётся в разных режимах (линейном и логарифмическом)	Включить режим работы, в котором была проведена запись в память (включить или выключить кнопку "log"). Нажать кнопку  ; надпись погаснет и можно продолжать работу
5 ОШИБКА	Неправильное положение аттенюаторов при калибровке холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ)	Нажать кнопку  , сместить частотную метку в такое положение, при котором при подсоединении КЗ не происходит переключение аттенюаторов. Если этого добиться не удастся изменить усиление в канале А (В)БИ поворот оси резистора "А"(В) (под шлиц на передней панели БИ). Повторять калибровку
6 ОШИБКА	Перегрузка АЦП, о чём свидетельствует разрыв характеристики на экране и отображение части характеристики внизу экрана в виде прямой линии	Нажать кнопку  , переместить метку в район перегрузки АЦП так, чтобы переключились аттенюаторы или уменьшить усиление соответствующего канала БИ
V = ?	Включена кнопка  , а параметр коррекции V не введён	Ввести параметр коррекции V. Если кнопка  включена ошибочно, ввести любую цифру, нажать кнопку  , выключить кнопку 

1	2	3
??	Включен ручной режим управления аттенюаторами (включена кнопка ) но не включена ни одна из кнопок «А», «В» (ПРЕДЕЛЫ)	Включить нужную (или любую) кнопку "А" или "В". Если этот режим работы не нужен, выключить кнопку 


* Под термином «включите кнопку» понимается действие, при котором кнопка нажимается и отпускается. При этом у всех кнопок, имеющих фиксацию состояния, должен загореться подсвет.



** Ручка МЕТКА совмещает грубое и плавное перемещение метки по экрану.


5. ПОРЯДОК РАБОТЫ

5.1. Подготовка к проведению измерений

После включения измерителя убедитесь в его нормальном функционировании следующим образом.

5.1.1. Нажмите кнопку «ОБЩ  » и включите кнопку «С» (КАНАЛЫ) в верхнем ряду кнопок БИ. На экране наблюдается вертикальная линия–метка, перемещаемая ручкой МЕТКА, и надпись «ДИАПАЗОН?».

При необходимости резисторами  и  отрегулируйте яркость и фокусировку луча.

Установите линию метки симметрично на экране БИ, вращая ось резистора «  »

Дайте прогреться измерителю в течение 15 мин.

5.1.2. Затем нажмите кнопку «8» и, не отпуская её, нажмите

кнопку «ОБЩ», На экране должно быть изображение, соответствующее рис 5

Картина на экране при проверке функционирования измерителя

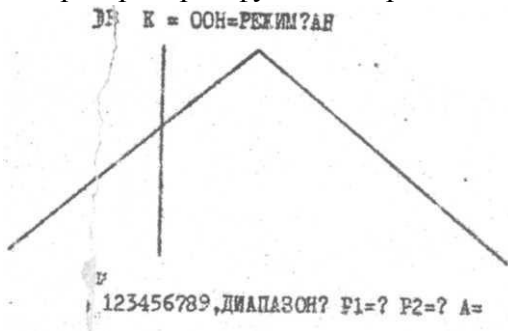



Рис.5

Если изображение на экране отличается, измеритель неисправен (неисправен микропроцессор БИ), его следует направить в ремонт. Если изображение на экране совпадает с рис. 2, можно начинать работу с измерителем.



5.1.3. Установите рабочий диапазон частот следующим образом.


Установить прибор в исходное состояние нажатием кнопки «ОБЩ ». Если для работы требуется полный рабочий диапазон частот измерителя от 10 до 1250 МГц, то включите кнопку « ΔF_{\max} ». На экране появятся надписи: «...МГц...мВ» (вверху экрана) и «10 МГц КАЛИБР 1250 МГц» (внизу экрана) и линия сигнала.

При появлении на экране надписи «2 ОШИБКА» смотрите табл. 2.


Если для работы требуется установить меньший рабочий диапазон частот, например, от 125 до 628 МГц, выполните следующие операции.

Установите нужную начальную частоту (например, 125 МГц), для чего: включите кнопку «F1», на экране при этом

появиться в левом нижнем углу знак «?» (надпись «ДИАПАЗОН?» погаснет). Наберите на цифровом поле начальную частоту, то есть нажмите последовательно кнопки «1», «2», «5». В нижней части экрана появится надпись «125?». Если случайно нажаты не те кнопки, нажмите кнопку «» и повторите набор нужной частоты. Нажмите кнопку «», при этом появится надпись «F2=?» в верхнем ряду.

Установите нужную конечную частоту качания (например, 628 МГц), для чего включите кнопку «F2». На экране в правом нижнем углу появится знак «?». Наберите на цифровом поле конечную частоту, то есть нажмите последовательно кнопки «6», «2», «8»; нажмите кнопку . У цифр в нижнем ряду появится надпись «МГц». Через некоторое время появится линия сигнала и надписи «...МГц...мВ» в верхнем ряду и «КАЛИБР» в нижнем ряду.

Допускается обратная последовательность набора начальной и конечной частот, т.е. сначала F2, потом F1.

Если начальная или конечная частоты набраны за пределами возможностей ГКЧ или $F2 < F1$, появится надпись «3 ОШИБКА». Необходимо нажать кнопку «ОБЩ » и повторить ввод частот.

5.2. Проведение измерений

Измеритель имеет следующие режимы работы:

- панорамное измерение КСВН или ослабления с цифровым отсчетом измеряемых величин КСВН или ослабления и частоты;

- обзор и измерение частотных характеристик КСВН или ослабления в логарифмическом масштабе. Этот режим рекомендуется при измерении параметров узлов с характеристиками КСВН и ослабления, меняющимися в широких пределах;

- одновременное наблюдение и измерение характеристик КСВН и ослабления;

5.2.1. Измерение КСВН

Измерение производится в канале А БИ.

Измерение КСВН можно проводить при среднем и малом уровнях зондирующей мощности. Уровень зондирующей мощности можно установить по уровню сигнала в канале С (показание «...мВ» в верхнем ряду экрана). Рекомендуемый для работы уровень зондирующей мощности минус 19 дБ (уровень сигнала в канале С (22±3) мВ).

Можно проводить измерения при других уровнях зондирующей мощности в измерительном канале. При этом необходимо соблюдать следующие условия:



- уровень зондирующей мощности не должен превышать минус 17 до (уровень сигнала в канале С не более 27 мВ);


- при меньших уровнях зондирующей мощности.


5.2.1.1. Откалибруйте измеритель для измерения КСВН по следующей методике:



- подготовьте измеритель к проведению измерений, если это не было выполнено ранее, и установите нужный для работы диапазон частот по методике, изложенной в п.5.1.3;


- установите выбранный для работы уровень зондирующей мощности ручкой УРОВЕНЬ (ГКЧ). При этом должна быть включена кнопка «С», (КАНАЛЫ):

➤ - нажмите кнопку «», кнопка «С» выключится. Выключите кнопки «А» и «В» (КАНАЛЫ), если они были включены. Нажмите кнопку «», появится надпись на экране «КАНАЛ?». Включите кнопку «А» (КАНАЛЫ), появится надпись «РЕЖИМ?». Включите кнопку «», появится надпись «XX».

Если появится другая надпись, проверьте, не включена ли кнопка «В» (КАНАЛЫ), выключите ее и нажмите кнопку «».

Если установить уровень зондирующей мощности меньше минус 20 дБ (10 мВ) рекомендуется включить кнопку «».

- нажмите кнопку «», появится линия сигнала для холостого хода, нажмите кнопку «», появится надпись «АКЗ». Подсоедините к входу «Z_x» моста короткозамыкатель


соответствующего канала из комплекта измерителя и нажмите кнопку «». Надпись «КАЛИБР» погаснет. Отсоедините короткозамыкатель, нажмите кнопку «КСВН» (ВИД ИЗМЕРЕНИЯ), появится надпись «K=...» в верхней части экрана.

5.2.1.2. Произведите панорамное измерение КСВН по следующей методике:

- подсоедините измеряемый объект к входу « Z_x » моста. На экране появится характеристика КСВН измеряемого объекта в установленном рабочем диапазоне частот;

- установите метку (ручкой МЕТКА) в нужную точку характеристики и произведите отсчет КСВН и частоты в этой точке;

- установите любую другую частоту измерителя ручкой МЕТКА и вновь отсчитайте значение КСВН.

При измерениях малых значений КСВН характеристика измеряемого объекта на экране имеет вид размытой кривой. Для обеспечения отсчета и наблюдения включите кнопку «», или включите режим программной отстройки от шумов, или и то и другое.

Практическая работа № 3

РАБОТА С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ГЕНЕРАТОРОМ СИГНАЛОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ Г4-164

Цель работы:

1. Ознакомится с режимами работы программируемого высокочастотного генератора и с принципом формирования сигналов разного вида модуляции.

2. Получить практические навыки работы с программируемым генератором сигналов высокой частоты Г4-164.

Необходимое оборудование

1. Программируемый генератор сигналов высокой частоты Г4-164

2. Электронный осциллограф

Порядок выполнения работы

1. По техническому описанию (ПРИЛОЖЕНИЕ А) ознакомиться с принципом работы программируемого генератора сигналов высокой частоты Г4-164.

2. В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор Г4-164 к работе.

3. Получить на выходе генератора Г4-164 сигнал с разными параметрами:

- по видам модуляции (АМ, ЧМ, ИМ);

- по частоте(дискретное, плавное и шаговое изменение);

- по уровню сигнала (дискретное и шаговое изменение).

4. Записать во внутреннюю память микроЭВМ генератора параметры сформированных сигналов.

Контроль правильности установки параметров выходного сигнала вести с помощью электронного осциллографа путем

измерения значения параметров получаемого на экране изображения.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы программируемого генератора сигналов Г4-164.
2. Назначение органов управления генератора.
3. Порядок подготовки генератора к работе.
4. Последовательность работы для получения на выходе генератора сигналов с заданной комбинацией параметров и режимов работы.
5. Правило измерения параметров выходного сигнала генератора с помощью электронного осциллографа.
6. Правило занесения в электронную память генератора и вызова из памяти комбинации параметров выходного сигнала.
7. Форма представления информации об ошибочных действиях оператора, примененная в данном генераторе

Справочные данные
(обязательные)
Техническое описание прибора Г4-164

1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Генератор сигналов высокочастотный программируемый Г4-164 предназначен для настройки, регулировки и испытаний различных радиотехнических устройств, работающих в ручном режиме управления и в автоматизированном режиме со входа канала общего пользования (КОП).

Прибор Г4-164 обеспечивает измерение амплитудно-частотных характеристик различных устройств, работающих в режиме немодулированных колебаний (НК), амплитудной модуляции (АМ), частотной модуляции (ЧМ), импульсной модуляции (ИМ); реальной чувствительности и кривой верности приемников.

Прибор может служить источником немодулированного и некалиброванного сигнала, использоваться в качестве гетеродина при различных преобразованиях частоты.

Прибор Г4-164 предназначен для работы в поверочных органах, ремонтных мастерских, в том числе и подвижных, в лабораториях и цехах.

1.2. Рабочие условия эксплуатации:

температура окружающей среды от минус 10 (263) до плюс 50 (323) °С (К);

относительная влажность воздуха до (95±3) % при температуре 40 (313)°С (К);

напряжение сети (220±22) В частотой (50±0,5) Гц

Основная область применения: радиовещание, радиосвязь.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Прибор обеспечивает следующие виды работ:

- немодулированные колебания (НК);
- внутренняя амплитудная синусоидальная модуляция (ВНУТР. АМ), (в диапазоне несущих до 400 МГц);
- внешняя амплитудная синусоидальная модуляция (ВНЕШН. АМ), (в диапазоне несущих до 400 МГц);
- внутренняя частотная синусоидальная модуляция (ВНУТР.ЧМ)
- внешняя частотная синусоидальная модуляция (ВНЕШН.ЧМ)
- внутренняя амплитудная импульсная модуляция напряжением формы МЕАНДР (ВНУТР. ИМ), (в диапазоне несущих выше 50 МГц);
- внешняя амплитудная импульсная модуляция (ВНЕШН. ИМ), (в диапазоне несущих выше 50 МГц);
- работа прибора в режиме программного управления по каналу общего пользования (КОП);

2.2. Частотные параметры в режиме немодулированных колебаний.

Прибор обеспечивает диапазон частот 0,1...639,999 МГц, с дискретностью 0,1 kHz - в диапазоне частот 0,1...159,9999 МГц и 1,0 кГц — в диапазоне 160...639.999 МГц.

Основная погрешность установки частоты не более $5 \cdot 10^{-5}\%$ за межповерочный интервал 1 год.

Кратковременная нестабильность частоты за 15 мин. после 30 мин. самопрогрева не превышает $\pm 0,5 \cdot 10^{-7}$.

Паразитная девиация частоты в режиме НК в полосе частот 0,3...3,4 кГц не превышает $1 \cdot 10^{-8}f + 5$ Гц. и в полосе частот 30 Гц...20 кГц- $3 \cdot 10^{-8} f + 10$ Гц.

2.3. Параметры выходного напряжения в режиме немодулированных колебаний.

Выходное напряжение на конце кабеля с нагрузкой ($50 \pm 0,5$) Ом. в режимах НК, ЧМ и ИМ регулируется в номинальных пределах от минус 149,9 до +6 dBV (от 0,032- 10^{-6} до 2 В), в режиме АМ от минус 149,9 до 0 dBV (от 0,032- 10^{-6} до 1 В). Регулировка должна производиться ступенями через 0,1 dB.

Выходное напряжение на концах кабеля, подключенного через переход к разъему 50 Ом прибора, на нагрузке $(75 \pm 0,75)$ Ом в режимах НК, ЧМ и ИМ регулируется в поминальных пределах от минус 149,9 до +6 dBV (от $0,032 \cdot 10^{-6}$; до 2 В), в режиме АМ — от минус 149,9 до 0 dBV (от $0,032 \cdot 10^{-6}$; до 1 В).

Регулировка должна производиться ступенями через 0,1 dB.

Основная погрешность установки опорного уровня выходного сигнала 0,1 В на согласованной нагрузке $(50 \pm 0,5)$ Ом не превышает ± 1 dB.

2.4. Параметры амплитудной синусоидальной модуляции

Амплитудная модуляция выходного сигнала осуществляется в диапазоне несущих частот до 400 МГц от внутреннего источника модуляции с частотами (1000 ± 50) Гц, (50 ± 5) Гц, (200 ± 20) Гц, (300 ± 30) Гц, (400 ± 40) Гц, (2500 ± 250) Гц, (3400 ± 340) Гц, (10000 ± 1000) Гц и от внешнего источника модуляции с частотами 50 Hz...60 кГц в диапазоне выше 4 МГц и от Гц до 0,02 f, но не более 20 кГц, в диапазоне частот 0,1...4 МГц.

Коэффициент амплитудной модуляции регулируется в номинальных пределах от 0 до 99%, дискретно ступенями через 1%.

Основная погрешность установки коэффициента амплитудной модуляции при частоте модулирующего сигнала (1000 ± 50) Гц при коэффициенте амплитудной модуляции от 5 до 50% не должна быть более $\pm 5\%$ и не более 10% (в процентах модуляции) при коэффициенте амплитудной модуляции до 90 %.

Погрешность установки коэффициента амплитудной модуляции в диапазоне модулирующих частот не превышает $\pm 10\%$ (в процентах модуляции) при коэффициенте модуляции до 50% включительно и не более $\pm 15\%$ при коэффициенте модуляции до 90%.

2.5. Параметры частотной синусоидальной модуляции

Частотная модуляция сигнала прибора осуществляется от внутреннего источника модуляции с частотами (1000 ± 50) Гц, (50 ± 5) Гц, (200 ± 20) Гц, (300 ± 30) Гц, (400 ± 40) Гц, (2500 ± 250) Гц, (3400 ± 340) Гц, (10000 ± 1000) Гц и от внешнего источника

модуляции с частотами 30 Гц...60 кГц.

Пределы установлении девиации частоты в зависимости от частоты несущей соответствуют величине, указанной в табл. 8

Таблица 8

Частота	МГц	Пределы девиации	кГц
320...639,999		0,5...995	
160...319,999		0,2...500	
80...159,9999		0,1...250	
40...79,9999		0,05...100	
20...39,9999		0,05...50	
14...19,9999		0,05...25	
0,1...13,9999		0,05...99,5	

Примечание. В диапазоне частот 0,1...14 МГц должно выполняться соотношение $f - \Delta f \geq 0,1$ МГц.

Основная погрешность установки величины девиации частоты при частоте модулирующего сигнала(1000±50) Гц не превышает ±10% от установленного значения. Дополнительная погрешность при малых девиациях, определяемая единицей счета, должна быть не более ±50 Гц.

2.7. Прочие параметры

Электрическая изоляция между сетевыми выводами и корпусом прибора выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 1500 В в нормальных условиях и 900 В в условиях повышенной влажности (указаны среднеквадратические значения).

Сопротивление изоляции указанной цепи прибора относительно корпуса, МОм, не менее:

в нормальных условиях — 20;

при повышенной относительной влажности — 2;

при повышенной температуре — 5.

Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм по истечении времени установления рабочего режима, равного 15 мин, кроме параметров основной погрешности установки частоты, нестабильности частоты и нестабильности опорного уровня выходного сигнала, для которых время установления равно 30 мин.

Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, при питании его от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В, частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц

Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 16h в сутки при сохранении своих технических характеристик в пределах норм.

Мощность, потребляемая от сети прибором при номинальном напряжении 220 В, 50 Гц и 115В, 400 Гц, не превышает 90 В-А.

Напряженность поля радиопомех в пространстве вокруг прибора на расстоянии 10 м от прибора при установке наименьшего гарантируемого значения уровня выходного сигнала не превышает $1 \cdot 10^{-4}$ В/м в диапазоне от 30 до 639,999 МГц.

Напряжение радиопомех в проводах питания не более (дВ):

80 на частотах от 0,15 до 0,5 МГц;

74 на частотах от 0,5 до 2,50 МГц;

66 на частотах от 2,5 до 30 МГц.

Величина напряжения, создаваемого полем прибора на двух витковой рамке диаметром 2,5 см на расстоянии 5 см от прибора, не превышает 3 В.

Наработка на отказ T_0 не менее 5000 ч.

Примечание. В приборе органы многократного управления и регулирования (аттенюатор, кнопки) обеспечивают количество циклов переключения не менее 1000000.

Габаритные размеры прибора не более 486X173X 482мм.

Масса прибора не более 22 кг.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГЕНЕРАТОРА Г4-164 И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

4.1. Принцип действия

Принцип действия генератора сигналов Г4-164 поясняет структурная схема прибора, приведенная на рис. 2.

Основой прибора является задающий генератор, работающий в диапазоне 320...640 МГц и состоящий из восьми самостоятельных генераторов, перекрывающих каждый 40 МГц. Управление включением генераторов осуществляется дешифратором в зависимости от установленной частоты. Генератор имеет два выхода. С выхода одного сигнал поступает на делитель частоты для формирования рабочего диапазона частот. С другого выхода сигнал поступает на систему установки и стабилизации частоты. В диапазоне 14...640 МГц формирование рабочего диапазона частот осуществляется за счет последовательного деления частоты на 2 с последующей расфильтровкой, переключаемыми фильтрами нижних частот, высших гармонических составляющих. На плате делителя частоты размещен приемник команд от ЭВМ. Расшифрованные команды поступают на дешифраторы, осуществляющие переключение фильтров, делителей и генераторов. На входе делителей частоты включен импульсный модулятор со схемой формирования модулирующих импульсов. Синусоидальный сигнал с платы делителя частоты поступает на амплитудный модулятор. Амплитудная модуляция осуществляется за счет системы стабилизации уровня. В режиме импульсной модуляции предусмотрено стробирование протектированного сигнала перед схемой сравнения. Это позволяет снизить зависимость уровня выходного сигнала от параметров модулирующего импульса. На плате модулятора расположен суммирующий усилитель дополнительного выхода. На вход его поступают сигналы как в диапазоне 14...640 МГц, так и преобразованный сигнал 0,1...14 МГц. Сигнал с платы амплитудного модулятора в диапазоне 14...640 МГц поступает на выходной усилитель,

расположенный в самостоятельном корпусе. В этом усилителе, также охваченном системой стабилизации уровня выходного сигнала, за счет изменения уровня сравнения осуществляется регулировка выходного сигнала в пределах 10 dB.

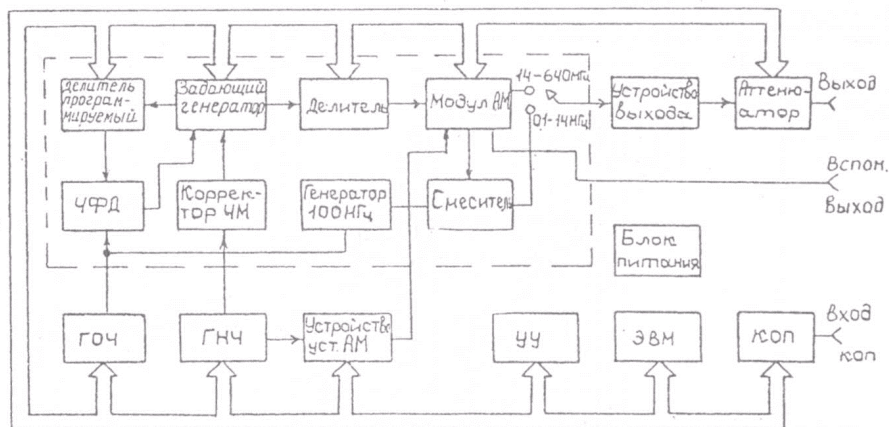


Рис. 2

На выходе усилителя имеется коммутатор, осуществляющий переключение сигналов 0,1...14 МГц с выхода смесителя и с выхода усилителя 14...640 МГц на вход аттенюатора и далее на выход прибора. Формирование диапазона частот 0,1...14 МГц осуществляется в смесителе, где за счет преобразования двух сигналов (100 МГц от кварцевого генератора и сигнал с основного канала в диапазоне 100,1... 114 МГц).

Кварцевый генератор 100 МГц имеет собственную систему фазовой подстройки частоты под основной опорный кварцевый генератор, что позволяет в диапазоне 0,1... 14 МГц обеспечить ту же точность установки частоты, что и в диапазоне 14...640 МГц.

Преобразованный сигнал поступает на усилитель,

охваченный системой стабилизации уровня, аналогичный, как и у выходного усилителя. Сигнал задающего генератора с частотой 320...640 МГц поступает на систему установки частоты, состоящую из делителя программируемого и схемы частотно-фазового детектора с системой поиска. Перед делителем программируемым включен делитель на четыре, так как у делителя программируемого имеется ограничение по быстродействию. На плате делителя программируемого расположен и приемник команд от ЭВМ.

Все высокочастотные узлы расположены в общей экранированной кассете, и все питающие напряжения и команды подаются через фильтры.

Команды управления от ЭВМ на все исполнительные устройства поступают по двум шинам. Шина данных является общей для всех устройств. На шине синхронизации появляются синхронизирующие импульсы только, если команда от ЭВМ ориентирована на это устройство. Поступающая на каждое устройство команда от ЭВМ заполняет приемный регистр только при совпадении сигналов на шине данных и импульсов синхронизации. При поступлении команды ЗАПИСЬ в «памяти» происходит смена старой информации на вновь введенную, что позволяет плавно изменять параметры, особенно, если ведется установка параметров ручкой квазиплавной установки.

Ввод информации предусмотрен от клавиатуры и от ручки квазиплавной установки параметров. С помощью ЭВМ и отдельного ОЗУ осуществляется динамическая индикация установленных параметров по шестнадцати разрядам двух катодолюминесцентных индикаторов типа ИВЛ-8/13. ЭВМ в сочетании с устройством опроса клавиатуры осуществляет ввод параметров. Более подробные сведения о работе ЭВМ и устройства управления будут приведены при их описании.

Плата микро-ЭВМ, устройство сопряжения с КОП, генератор НЧ и устройства установки ЧМ, АМ и уровня выходного сигнала размещены в отдельном общем отсеке и соединяются на общей объединительной плате.

Источником для внутренней модуляции служит RC генератор, который имеет восемь фиксированных значений частоты. Выбор нужной частоты осуществляется коммутацией соответствующего моста Вина.

Сигналы для амплитудной модуляции и девиации поступают на соответствующие устройства через цифро-аналоговые преобразователи, управляемые, и свою очередь, командами от ЭВМ. В режиме внешней модуляции необходимо устанавливать определенный уровень входного сигнала, для чего предусмотрена индикация зоны нормального значения уровня входного сигнала. Формирование опорного уровня для систем установки уровня выходного сигнала также осуществляется с помощью ЦАП.

Источником опорной частоты для системы установки частоты и системы ФАП кварцевого генератора 100 MHz служит термостатированный кварцевый генератор на 5 MHz. В приборе предусмотрена возможность отключения внутреннего синхронизатора частоты. При этом частота на выходе прибора может отличаться от индицируемой на $\pm 0,5$ MHz. Указанный режим может использоваться для внешней синхронизации частоты по входу частотной модуляции, а также для проверки уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов.

Питание всех устройств осуществляется от блока питания, имеющего четыре стабилизированных источника (« + 5В»; « + 12В»; «—12В»; « + 30 В») и два нестабилизированных источника переменного тока («~2,5В» и «~30В») для питания катодолюминесцентных индикаторов.

4.2. Схема электрическая принципиальная

Прибор состоит из следующих устройств и блоков:

1. генератор задающий;
2. корректор ЧМ;
3. делитель программируемый;
4. детектор частотно-фазовый;
5. делитель частоты;
6. модулятор АМ;

7. смеситель;
8. устройство выхода;
9. аттенюатор;
10. генератор 100 МГц;
11. генератор кварцевый;
12. микро-ЭВМ;
13. генератор НЧ;
14. устройство установки АМ;
15. устройство связи с КОП;
16. устройство управления и индикации;
17. фильтр нижних частот;
18. блок питания.

Генератор задающий предназначен для генерации сигнала в диапазоне 320...640 МГц.

Состоит из восьми автогенераторов G1...G8, которые перекрывают указанный выше диапазон, схемы управления, усилителя, схемы формирования модулирующего сигнала в режиме ЧМ.

Все автогенераторы выполнены по единой схеме емкостной трехточки.

Границы частоты генерации приведены в табл. 9

Таблица 9

Номер автогенератора	7	6	5	4	3	2	1	0
Нижняя частота генерации, МГц	320	360	400	440	480	520	560	600
Верхняя частота генерации, МГц	360	400	440	480	520	560	600	640

4.3. Конструкция

Генератор сигналов высокочастотный программируемый выполнен в виде переносного прибора настольного типа. Переноска прибора осуществляется за боковые кронштейны прибора.

На нижней крышке прибора имеется подставка, которая позволяет произвести более удобную установку прибора с наклоном.

Основные органы управления, подключения и индикации размещены на передней панели (рис. 2).

Органы управления на передней панели:

ЧАСТОТА МГц — семиразрядный индикатор установленного значения частоты;

ЧМ кГц — трехразрядный индикатор величины девиации частоты в режиме ЧМ;

МОДУЛЯЦИЯ — световая индикация установленного режима работы;

ЧМ ВНЕШН. АМ ВНУТР. ИМ

АМ% - двухразрядный индикатор установленного коэффициента АМ;

ВЫХОД — четырехразрядный индикатор установленного уровня выходного сигнала;

- дБ В - световая индикация установленных единиц уровня выходного сигнала

мВ

мкВ

ДУ — кнопка отключения режима дистанционного управления;

СЕТЬ ВКЛ. — тумблер включения сети питания;

ГЕНЕРАТОР НЧ

0,05

0,2

0,3

0,4 кГц

1

2,5

3,4

10

Рисунок 2

— кнопка выбора внутренней модулирующей частоты и индикаторы выбранной частоты;

$\langle V_F \rangle$

600Ω;

V max

5 В



— индикация уровня входного сигнала в режиме внешней модуляции, поданного на входной разъем

УСТАНОВКА — клавиатура установки и выбора параметров генераторов:

ШАГ — кнопка включения пошаговой перестройки частоты,

ВНЕШН. — кнопка выбора режима внешней модуляции,

ОТКЛ. МОДУЛ. — кнопка отключения выбранного режима модуляции,

ВЫХОД — кнопка обращения к установке уровня выходного сигнала,

f — кнопка обращения к установке частоты,

ЧМ — кнопка обращения к установке девиации,

АМ — кнопка обращения к установке коэффициента АМ,

ИМ — кнопка включения режима ИМ,

1 — кнопки 1...9 служат для ввода требуемого числа (наборное поле),

— кнопка обращения к внутренней памяти,

МГц, —dBU — кнопка исполнительной команды для установки частоты и уровня выходного сигнала в dBU,

кГц, мВ — кнопка исполнительной команды для установки девиации частоты и уровня выходного сигнала.

%, мкВ — кнопка исполнительной команды для установки коэффициента АМ и уровня выходного сигнала,

ВЫЗ — кнопка вызова информации из внутренней памяти,

∇ — кнопка для выбора разряда при квазиплавной установке параметров и для пошаговой перестройки частоты,

∇∇ - ручка квазиплавной установки параметров;

ВЫХОД — кнопки управления и индикации состояния выходных параметров;

+6 dB —кнопка со световой индикацией уровня сигнала, вдвое превышающего показания четырехразрядного индикатора

уровня выходного сигнала,

ОТКЛ. — кнопка со световой индикацией отключения выхода генератора,

0,032 мкВ...2В — выход генератора.

50 Ом

Генератор сигналов высокочастотный программируемый Г4-164 (вид сверху)

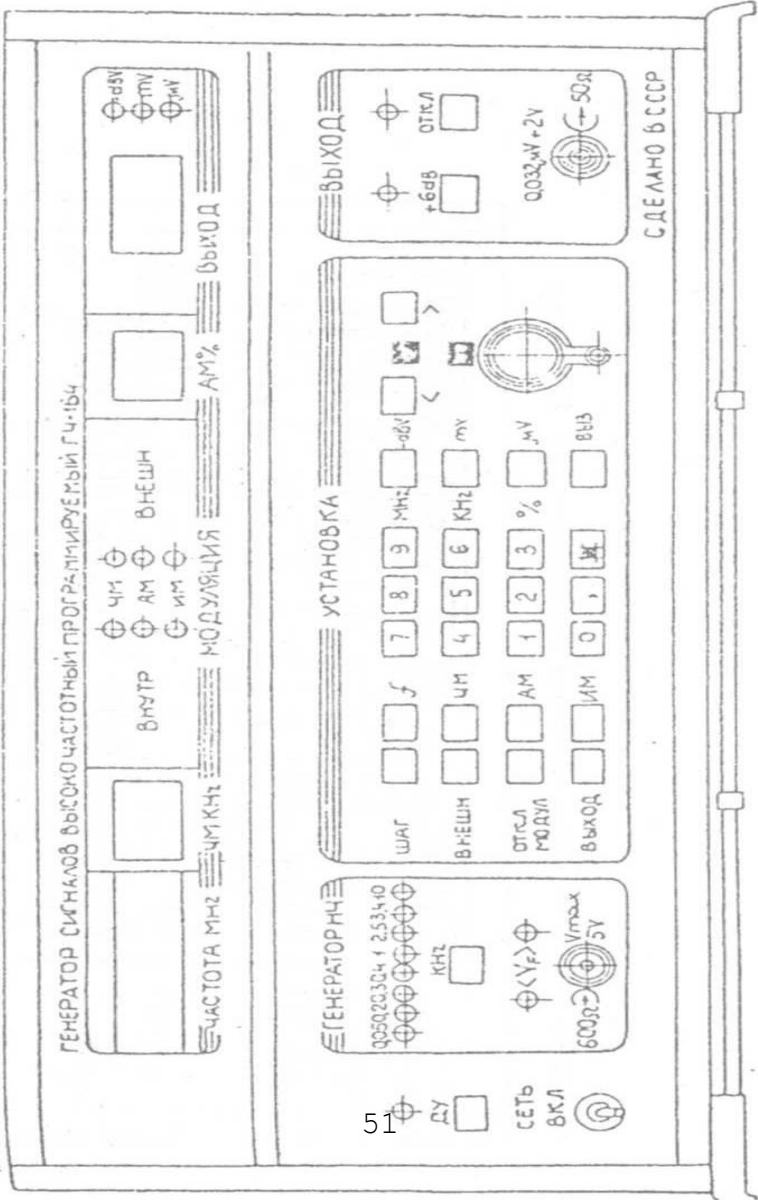


Рис. 3

51

5. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

5.1. Перед началом работы следует изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях прибора.

5.2. Разместить прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

5.3. Проверить надежность заземления.

5.4. Переключатель напряжения и частоты сети привести в соответствие с параметрами сети.

5.5. Подсоединить шнур питания к сети. Тумблер СЕТЬ должен находиться в выключенном положении (кнопка отжата).

5.6. Органы управления и контроля могут находиться в произвольном положении.

5.7. Кнопка СЕТЬ устанавливается в положение ВКЛ. При этом табло индикации частоты и выхода должны светиться.

5.8. До проведения работ необходимо прогреть прибор в течение 15 мин.

5.9. Проверить исправность работы прибора Г4-164 можно проверкой возможности установки основных параметров прибора: частоты, выходного напряжения, коэффициента амплитудной модуляции, величины девиации, наличия амплитудной модуляции, органами установки по индикаторам, встроенным в прибор. При нормальной работе первоначально должна устанавливаться частота 100 МГц, выход 1000 мкВ, режим НК.

5.10. В случае, если органами управления, расположенными на передней панели, нельзя перестроить параметры прибора /произошел сбой в программе микро-ЭВМ), достаточно выключить прибор и через 10...15с включить вновь.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

6.1. Установка частоты

Для установки частоты с помощью наборного поля необходимо нажать кнопку «f» и набрать на клавиатуре нужное значение частоты в мегагерцах. Затем нажать исполнительную кнопку МГц. Изменение частоты происходит только после нажатия исполнительной кнопки,- При этом световой индикатор перед цифровым индикатором частоты не должен постоянно светиться. Индикатор может светиться не более 0.5... 1 секунды, пока происходит установка частоты. Если при наборе частоты допущена ошибка или набор прерван по какой-либо причине, то повторно нажать кнопку «f» — при этом на табло восстановится прежнее значение частоты. Можно производить набор частоты в килогерцах, но при этом необходимо исполнительную команду подавать нажатием кнопки кГц.

Квазиплавная перестройка частоты осуществляется ручкой $\nabla \nabla$ после предварительного нажатия кнопки «f». За один оборот ручки производится 30 шагов частоты. Выбор дискретности перестройки осуществляется кнопками «<» и «>» при этом разряд, в котором производится изменение частоты, периодически меняет яркость— мигает.

Частоту генератора можно изменять с определенным шагом. Для этого необходимо нажать кнопку ШАГ и набрать на наборном поле нужное значение шага частоты в килогерцах. Набираемое значение шага индицируется на цифровом индикаторе частоты. Нажать кнопку кГц, при этом будет вновь индицироваться установленное значение частоты. Для перестройки частоты и сторону увеличения с выбранным шагом необходимо нажать кнопку «>», а для перестройки в сторону уменьшения частоты нажать кнопку «<». Установленное значение шага запоминается и сохраняется до новой установки.

6.2. Установка уровня выходного сигнала

Для установки уровня выходного сигнала необходимо нажать кнопку ВЫХОД и набрать на клавиатуре нужное значение уровня выходного сигнала в выбранных единицах (мкВ, мВ, или dBV). Набираемое значение индицируется четырехразрядным цифровым индикатором. Затем подать исполнительную команду

нажатием одной из кнопок, соответствующей выбранной единице выходного сигнала (мкВ, мВ или dBV).

Если при наборе допущена ошибка или набор прерван по какой-либо другой причине, то необходимо нажать кнопку Выход и при этом на табло восстанавливается прежнее значение выходного напряжения.

Если нажата кнопка Выход и выбрана единица уровня выходного сигнала, то можно изменять уровень выходного сигнала ручкой квазиплавной установки параметров ($\nabla \nabla$). Дискретность квазиплавной установки уровня можно изменять кнопками «<» и «>». Для увеличения уровня выходного сигнала в два раза необходимо нажать кнопку +6 dBV. Для отключения выходного сигнала необходимо нажать кнопку ОТКЛ.

6.3. Установка частотной модуляции

Для установки требуемой девиации частоты в режиме внутренней модуляции необходимо нажать кнопку ЧМ и набрать на клавиатуре нужное значение девиации частоты в килогерцах. Набираемое значение индицируется трехразрядным цифровым индикатором. Исполнительная команда осуществляется нажатием кнопки кГц. При этом включается внутренний источник модулирующего сигнала с частотой 1 кГц. Для изменения частоты внутреннего источника необходимо нажать кнопку Генератор кГц, при этом световой индикатор переместится на одно значение вправо.

Если при наборе девиации допущена ошибка или набор прерван по какой-либо причине, то нажатием кнопки ЧМ можно восстановить прежнее значение девиации частоты.

Последовательным нажатием кнопок ВНЕШН. и ЧМ включается режим внешней частотной модуляции. Для получения правильного отсчета установленной девиации необходимо установить уровень входного модулирующего сигнала таким, чтобы не светились оба световых индикатора над входным разъемом внешней модуляции.

Для выключения режима ЧМ необходимо последовательно нажать кнопку ЧМ и ОТКЛ. МОДУЛ.

Если при перестройке частоты в режиме ЧМ окажется, что установленная девиация больше допустимой для данной частоты, то на табло девиации появится индикация ошибки

« - - - » и устанавливается максимальная для данной частоты девиация. Индикация восстанавливается после нажатия кнопки ЧМ. Плавное изменение величины девиации осуществляется ручкой квазиплавной установки после нажатия кнопки ЧМ.

6.4. Установка амплитудной модуляции

Для установки коэффициента амплитудной модуляции в режиме внутренней модуляции необходимо нажать кнопку АМ и набрать на клавиатуре нужное значение коэффициента модуляции в процентах. Набираемое значение индицируется двухразрядным цифровым индикатором. Исполнительная команда осуществляется нажатием кнопки «%». При этом включается внутренний источник модулирующего сигнала с частотой 1 кГц.

Если при наборе коэффициента модуляции допущена ошибка или набор прерван по какой-либо причине, то нажатием кнопки АМ можно восстановить прежнее значение коэффициента модуляции.

Последовательным нажатием кнопок ВНЕШН. и АМ включается режим внешней амплитудной модуляции.

Для получения правильного отсчета установленного коэффициента модуляции необходимо установить уровень входного модулирующего сигнала таким образом, чтобы не светились оба световых индикатора над входным разъемом внешней модуляции.

Для выключения режима АМ необходимо последовательно нажать кнопки АМ и ОТКЛ. МОДУЛ, Плавное изменение коэффициента модуляции осуществляется ручкой квазиплавной установки после нажатия кнопки АМ.

6.5. Установка режима импульсной модуляции

Для установки режима внутренней импульсной модуляции необходимо нажать кнопку ИМ. При этом устанавливается режим импульсной модуляции со скважностью равной 2 («меандр») и частотой следования 1 кГц. Последовательным нажатием кнопок

ВНЕШН. и ИМ включается режим внешней импульсной модуляции. Модуляция осуществляется импульсами положительной полярности с амплитудой 4...5В.

Для выключения режима ИМ необходимо последовательно нажать кнопки ИМ и ОТКЛ. МОДУЛ.

6.6. Установка комбинированных режимов модуляции

В приборе возможно использование совмещенных (комбинированных) режимов модуляции: Внутренняя ЧМ — внешняя АМ. Внешняя ЧМ — внутренняя АМ.

Выбор режимов и установка параметров модуляции осуществляется в соответствии с п. 6.4 и п.6.5.

6.7. Работа прибора с использованием внутренней памяти.

В приборе возможно запоминание и последующий вызов одиннадцати комбинаций параметров. Органами управления установить нужную комбинацию параметров и режимов работы. Затем нажать кнопку # и одну из кнопок цифровой клавиатуры. Каждой комбинации параметров должна соответствовать одна из кнопок от 0 до 9 и «,».

Для вызова необходимой комбинации достаточно нажать кнопку ВЫЗОВ и соответствующую цифровую кнопку. Записанная комбинация сохраняется в памяти прибора до его выключения.

Практическая работа № 4

РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТМЕТРОВ И АМПЕРМЕТРОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Elektronics Workbench.
2. Приобретение практических навыков по расширению пределов измерения вольтметров и амперметров.
3. Приобретение практических навыков компьютерного моделирования в процессе расширения пределов измерения вольтметров и амперметров.

Необходимое оборудование:

1. Источник постоянного напряжения.
2. Исследуемый амперметр
3. Исследуемый вольтметр.
4. Образцовый измеритель тока и напряжения.
5. Магазины сопротивлений.
6. ЭВМ типа IBM Pentium и программное обеспечение: программа Elektronics Workbench.

Краткие теоретические данные

В практике радиотехнических измерений широко используются многопредельные и многофункциональные измерительные приборы. Чаще других используются многопредельные аналоговые или цифровые вольтметры, амперметры, ампервольтметры (тестеры).

В качестве указателей значения измеряемой величины обычно используются магнитоэлектрические микроамперметры с током полного отклонения 100 мкА и сопротивлением подвижной катушки (рамки) 750 Ом. Это соответствует приложенному к клеммам этого микроамперметра напряжению –

75 мВ. Таким образом, этот микроамперметр можно использовать для непосредственного измерения постоянного напряжения до 75 мВ или для измерения постоянного тока до 100 мкА.

Чтобы измерять напряжения более 75 мВ необходимо последовательно с внутренним сопротивлением этого простейшего «вольтметра» включить добавочное сопротивление $R_{доб}$ на котором упадет «лишнее» (избыточное) напряжение иначе вольтметр может сгореть.

Таким же образом можно расширить пределы измерения любого другого аналогового или цифрового вольтметра. Получается схема вольтметра с расширенным пределом измерения, показанная на рис 1.

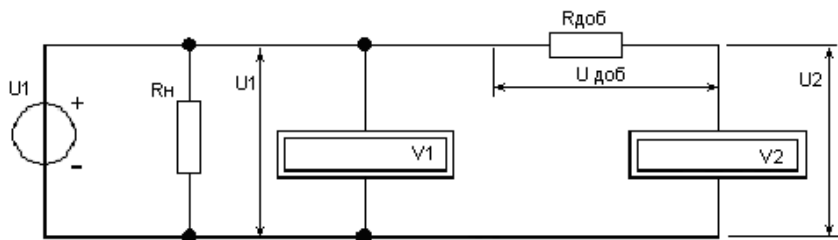


Рис. 1

Так же можно рассчитать добавочные сопротивления для любого количества пределов измерения в многопредельном вольтметре.

Для расширения предела измерения по току, параллельно клеммам амперметра включается шунтирующее сопротивление $R_{ш}$ (шунт), через который должен ответвляться «лишний» ток (иначе амперметр сгорит).

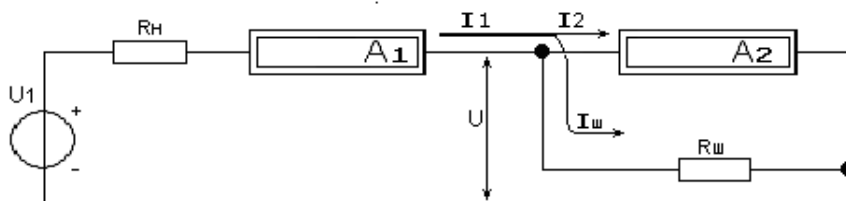


Рис. 2

Расширение предела измерения по напряжению

Расширение предела измерения по напряжению вольтметра V_2 осуществляется в $n = U_1/U_2$ раз.

U_1 -- новый предел измерения вольтметра V_2 .

U_2 -- начальный предел измерения вольтметра V_2 .

Из схемы (рис.1) видно, что $U_1 = U_2 + U_{\text{доб}}$, отсюда

$$n = U_1/U_2 = (U_2 + U_{\text{доб}})/U_2 = 1 + U_{\text{доб}}/U_2 = 1 + (I \times R_{\text{доб}})/(I \times R_{V_2}) = 1 + R_{\text{доб}}/R_{V_2},$$

где $U_{\text{доб}}$ - падение напряжения на добавочном сопротивлении $R_{\text{доб}}$;

R_{V_2} - внутреннее сопротивление вольтметра V_2 ; предел измерения которого расширяется;

I - ток протекающий последовательно через $R_{\text{доб}}$ и внутреннее сопротивление вольтметра $V_2(R_{V_2})$.

Из этого выражения находим $R_{\text{доб}}$

$$R_{\text{доб}} = (n - 1) R_{V_2} \quad (1)$$

Расширение предела измерения по току

Расширение предела измерения по току амперметра A_2 осуществляется в $n = I_1/I_2$ раз.

I_1 -- новый предел измерения амперметра A_2 ($I_1 > I_2$).

I_2 -- начальный предел измерения амперметра A_2 (максимально допустимый ток амперметра A_2 , при котором стрелка аналогового амперметра отклоняется до максимального значения шкалы).

При новом пределе измерения амперметра A_2 ($I_1 > I_2$), через амперметр должен протекать тот же ток I_2 , а остальной ток $I_{\text{ш}} = (I_1 - I_2)$ должен ответвляться через сопротивление шунта – $R_{\text{ш}}$.

Из схемы (рис.2) видно, что суммарный ток I_1 , протекающий

последовательно через нагрузку R_n и амперметр $A1$, разветвляется через R_{A2} – внутреннее сопротивление испытуемого амперметра $A2$ (ток I_2) и через сопротивление шунта $R_{ш}$ (ток $I_{ш}$). Следовательно, $I_1 = I_2 + I_{ш}$. Тогда

$$n = I_1 / I_2 = (I_2 + I_{ш}) / I_2 = 1 + I_{ш} / I_2 = 1 + (U / R_{ш}) / (U / R_{A2}) = 1 + (R_{A2} / R_{ш}),$$

где U – напряжение, падающее на включенных параллельно сопротивлениях R_{A2} и $R_{ш}$.

Отсюда

$$R_{ш} = R_{A2} / (n - 1) \quad (2)$$

Задание 1

Определите внутреннее сопротивление испытуемого вольтметра.

1. Соберите цепь в соответствии со схемой рис.1 используя соответствующие измерительные приборы. В качестве $R_{доб}$ включите в цепь магазин сопротивлений.

2. Установите напряжение источника равным 2 В, а сопротивление магазина равным нулю, при этом оба вольтметра должны показывать напряжение 2 В.

3. Увеличивайте сопротивление магазина до тех пор, пока напряжение по шкале испытуемого вольтметра не станет равным 1 В. При этом второй вольт упадет на $R_{доб}$ и, следовательно, внутреннее сопротивление испытуемого вольтметр R_2 будет равно $R_{доб}$ так как в последовательной цепи ток одинаков и равное падение напряжений будет на равных сопротивлениях. Таким образом

$$R_{V2} = R_{доб} .$$

Задание 2

Проведите расширение пределов измерения вольтметра.

1. Рассчитайте величину добавочного сопротивления по формуле (1) для пределов измерения, указанных в табл.1.

Таблица 1

Прежний предел U_2 (В) (без $R_{доб}$)	7,5	7,5
Новый предел U_2 (В), с $R_{доб}$, соответствующий показаниям U_1 (В)	15	30
$R_{доб}$ (Ом)		

2. Устанавливая в цепи собранной по схеме рис.1 (с помощью магазина сопротивлений) рассчитанные значения $R_{доб}$, проведите новую градуировку шкалы вольтметра для чего изменяйте напряжение источника так, чтобы на шкале вольтметра U_2 устанавливались указанные в табл.2 значения. Заносите соответствующие показания вольтметра U_1 в табл.2.

Таблица 2

Шкала	Отсчеты по шкалам (В)					
	1	2	3	4	5	7.5
U_2 (В)						
U_1 (В) при $R_{доб1}$						
U_1 (В) при $R_{доб2}$						

3. По данным табл.2 нарисуйте шкалу вольтметра со стрелочным указателем с тремя пределами измерений.

Задание 3

Определите внутреннее сопротивление испытуемого амперметра.

1. Соберите цепь в соответствии со схемой рис.2 используя соответствующие измерительные приборы. В качестве R_H и $R_{ш}$ включите в цепь магазины сопротивлений.

2. Установите сопротивление $R_H = 1$ кОм, а сопротивление $R_{ш}$ как можно большим, чтобы шунт не влиял на показания испытуемого амперметра (или временно отключите шунт).

Напряжение источника установите равным 10 В при этом оба амперметра должны показывать ток 10 мА.

3. Уменьшайте сопротивление R_{III} до тех пор, пока ток по шкале испытуемого амперметра не станет равным 5 мА. При этом через шунт тоже будет протекать ток 5 мА (контрольный амперметр должен показывать как и раньше ток 10 мА), следовательно, внутреннее сопротивление R_{A2} испытуемого амперметра $A2$ будет равно R_{III} так как в параллельной цепи напряжение одинаково и равные токи будут протекать через равные сопротивления.

Таким образом

$$R_{A2} = R_{III} .$$

Задание 4

Проведите расширение пределов измерения амперметра.

1. Предварительно необходимо рассчитать величину сопротивления шунта по формуле (2) для пределов измерения, указанных в табл.3.

Таблица 3

Прежний предел I_{A2} (мА)	15	15
Новый предел I_{A1} (мА)	30	75
R_{III} (Ом)		

2. Устанавливая в цепи собранной по схеме рис.2 (с помощью магазина сопротивлений) рассчитанные значения R_{III} , проведите новую градуировку шкалы амперметра.

Результаты измерений занесите в табл.4.

Таблица 4

Шкала	Отсчеты по шкалам (мА)					
I_{A2} (мА);	1	3	6	9	12	15
I_{A1} (мА); при R_{III1}						
I_{A1} (мА); при R_{III2}						

3. По данным табл.4 нарисуйте шкалу амперметра со стрелочным указателем с тремя пределами измерений.

Задание 5

Провести компьютерное моделирование в процессе расширения пределов измерения вольтметра.

1. Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе (на экране монитора) ярлык программы **Electronics Workbench** и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.

2. В открывшемся окне EWB щелкните четвертую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов (**Indicators**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два вольтметра (**Voltmeter**) для чего возьмите мышкой прямоугольник с буквой **V** внутри и дважды вытащите его на рабочий стол. Закройте это меню и щелкните по кнопке (**Basic**) с изображенным на ней резистором в панели инструментов. В открывшемся меню найдите изображение резистора (**Resistor**) и достаньте на рабочее поле два резистора. Закройте это меню и щелкните по соседней (слева) кнопке (**Sources**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два элемента «общий провод» (**Ground** – «земля») и один источник ЭДС (**Battery**). Соедините все элементы в соответствии со схемой на рис.1. В этой схеме первый резистор является изображением нагрузки (при малом внутреннем сопротивлении источника ЭДС как в данном случае, этот резистор на распределение напряжений не влияет). Второй резистор, включенный последовательно со вторым вольтметром V_2 , есть добавочное сопротивление $R_{доб}$, служащее для расширения предела измерения вольтметра V_2 . Первый вольтметр V_1 является контрольным.

3. Установите внутреннее сопротивление контрольного вольтметра 1 МОм для того, чтобы это сопротивление не влияло

на процесс измерений. Для этого щелкните по изображению этого вольтметра правой клавишей и в появившемся меню, щелкнув по закладке **Value**, установите требуемое значение сопротивления. Подобным же образом установите сопротивление нагрузки $R_n = 1$ кОм и напряжение источника ЭДС $U_1 = 7.5$ В.

Затем установите значение внутреннего сопротивления испытуемого вольтметра таким же, каким оно получилось при выполнении задания 1.

Будем считать, что вольтметр V_2 имеет шкалу 7.5 В и в этом случае добавочное сопротивление не требуется, поэтому $R_{доб}$ можно исключить из схемы или установить его значение очень малым. Например, установите $R_{доб} = 0.01$ Ом.

4. Включите режим моделирования, нажав кнопку **О/И**. Оба вольтметра должны показывать 7.5 В (в противном случае покажите схему преподавателю для выяснения причины неправильной работы схемы).

Задание 6

1. Рассчитайте величину добавочного сопротивления по формуле (1) для пределов измерения, указанных в табл.5.

Таблица 5

Прежний предел U_2 (В)	7,5	7,5	7,5
Новый предел U_2 (В), с $R_{доб}$, соответствующий показаниям U_1 (В)	15	30	100
$R_{доб}$ (Ом)			

2. Устанавливая рассчитанные значения $R_{доб}$ (как было указано в задании 4 в п.3), проведите новую градуировку шкалы вольтметра изменяя напряжение источника так, чтобы на шкале вольтметра U_2 устанавливались указанные в табл.6 значения и занесите соответствующие показания вольтметра U_1 в табл.6.

3. По данным табл.6 нарисуйте шкалу аналогового вольтметра (со стрелочным указателем) для четырех пределов

измерения напряжения.

4. Нарисуйте схему четырехпредельного вольтметра с переключателем пределов измерения.

Таблица 6

Шкала		Отсчеты по шкалам (В)					
1	U2 (В)	1	2	3	4	5	7.5
2	U1 (В) при R доб 1						
3	U1 (В) при R доб 2						
4	U1 (В) при R доб 3						

Задание 7

Провести компьютерное моделирование в процессе расширения пределов измерения амперметра.

1. В окне EWB щелкните четвертую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов (**Indicators**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два амперметра (**Ammeter**) для чего возьмите мышкой прямоугольник с буквой **A** внутри и дважды вытащите его на рабочий стол. Закройте это меню и щелкните по кнопке (**Basic**) с изображенным на ней резистором в панели инструментов. В открывшемся меню найдите изображение резистора (**Resistor**) и достаньте на рабочее поле два резистора. Закройте это меню и щелкните по соседней (слева) кнопке (**Sources**). В развернувшемся меню найдите и достаньте на рабочее поле EWB два элемента «общий провод» (**Ground** – «земля») и один источник ЭДС (**Battery**). Соедините все элементы в соответствии со схемой на Рис.2. В этой схеме первый резистор является изображением нагрузки R_H . При малом внутреннем сопротивлении источника ЭДС и малых сопротивлениях амперметра (как в данном случае), этот резистор определяет величину тока в цепи. Второй резистор, включенный параллельно со вторым амперметром A_2 , есть сопротивление

шунта $R_{ш}$, служащее для расширения предела измерения амперметра А2. Первый амперметр А1 является контрольным.

2. Установите внутреннее сопротивление контрольного амперметра А1 равным 0.001 Ом для того, чтобы это сопротивление не влияло на процесс измерений. Для этого щелкните по изображению этого амперметра правой клавишей и в появившемся меню, щелкнув по закладке **Value**, установите требуемое значение сопротивления. Подобным же образом установите сопротивление нагрузки $R_n = 1$ кОм и напряжение источника ЭДС $U_1 = 15$ В.

Затем установите значение сопротивления испытуемого амперметра таким же, каким оно получилось при выполнении задания 3.

Будем считать, что амперметр А2 имеет шкалу 15 мА и в этом случае сопротивление шунта не требуется, поэтому $R_{ш}$ можно временно исключить из схемы или установить его значение очень большим. Например, $R_{ш} = 1$ МОм.

3. Включите режим моделирования, нажав кнопку **О/П**. Оба амперметра должны показывать 15 мА (в противном случае покажите схему преподавателю для выяснения причины неправильной работы схемы).

Задание 8

Провести расширение пределов измерения амперметра.

1. Рассчитайте величину сопротивления шунта по формуле (2) для пределов измерения, указанных в табл.7.

Таблица 7

Прежний предел I_{A2} (мА)	15	15	15
Новый предел I_{A1} (мА)	30	75	100
$R_{ш}$ (Ом)			

2. Устанавливая в цепи, собранной по схеме Рис.2, рассчитанные значения $R_{ш}$, проведите новую градуировку

шкалы амперметра.

Результаты измерений занесите в табл.8.

3. По данным табл.6 нарисуйте шкалу аналогового амперметра (со стрелочным указателем) для четырех пределов измерения тока.

Таблица 8

Шкала	Отсчеты по шкалам (мА)					
	1	3	6	9	12	15
I_{A2} (мА);						
I_{A1} (мА); при $R_{ш1}$						
I_{A1} (мА); при $R_{ш2}$						
I_{A1} (мА); при $R_{ш3}$						

4. Нарисуйте схему четырехпредельного амперметра с переключателем пределов измерения.

Задание 9

С помощью компьютерного моделирования решить задачу по использованию стандартного микроамперметра с током полного отклонения стрелки в 100 мкА и сопротивлением измерительной рамки 750 Ом

- для измерения напряжений до 250 В,
- для измерения токов до 10А.

Нарисуйте схему с переключателем пределов измеряемой величины (напряжение/ток).

Примечание: при напряжении источника 250 В микроамперметр должен показывать 100 мкА. При решении задачи воспользуйтесь законом Ома.

Задание 10

Провести компьютерное моделирование выполнения

заданий 1 и 3 по определению внутреннего сопротивления амперметра и вольтметра, предварительно устанавливая значения сопротивлений в компьютерных моделях этих приборов произвольным образом.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.

Практическая работа № 5

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ВИРТУАЛЬНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Electronics Workbench (EWB).
2. Приобретение практических навыков работы с осциллографом в лаборатории EWB.
3. Приобретение навыков измерения основных параметров электрических сигналов с помощью осциллографа в лаборатории EWB.

Необходимое оборудование рабочего места:

1. ЭВМ типа IBM модели Pentium (или мощнее).
2. Программное обеспечение: программа Electronics Workbench версии 5.12 (или новее).

Задание 1

Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе (на экране монитора) ярлык программы Electronics Workbench (EWB) (см. рис.3).



и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.

Рис. 3.

В открывшемся окне программы EWB щелкните (нажмите и отпустите) последнюю кнопку в нижнем ряду панели инструментов – Instruments (инструменты).

В развернувшемся меню (рис.4) найдите кнопку с условным изображением функционального генератора – Function Generator. Установите курсор на эту кнопку, нажмите левую клавишу мыши

и, не отпуская ее, перетащите генератор на рабочее поле программы EWB после чего отпустите клавишу мыши (изображение генератора будет окрашено в красный цвет и это означает, что этот прибор выбран, и следующая команда будет относиться к нему).

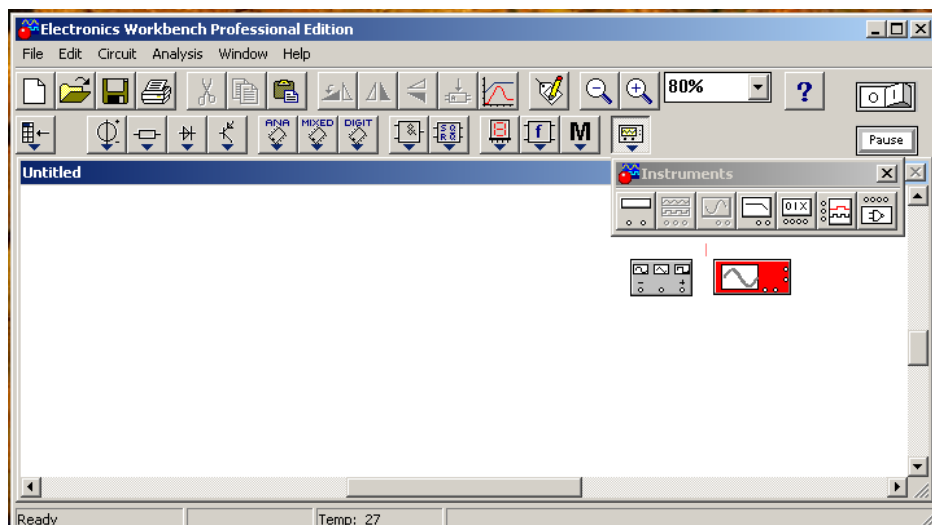


Рис. 4

Щелкните мышью на пустом месте рабочего поля для отмены выбора. Изображение функционального генератора красного цвета изменится на черно-белое, что и означает отмену выбора этого элемента схемы.

Найдите в том же меню Instruments условное изображение осциллографа – Oscilloscope и перетащите изображение осциллографа, как и генератора, на рабочее поле EWB как на рис.6.

Щелкните вторую кнопку в нижнем ряду панели инструментов – Sources (Источники). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением (УГО) Ground (общего провода или «земли») и перетащите этот символ на свободное место рабочего поля. Повторите эту операцию еще

два раза, чтобы на рабочем поле было 3 элемента Ground.

В этом же меню найдите УГО генератора переменного напряжения: AC Voltage Source, и тоже перетащите его на рабочее поле EWB. Щелкните правой клавишей мыши по УГО этого генератора и в появившемся меню (рис.5) щелкните строку Component Properties (свойства компонента). В появившемся окне - AC Voltage Source Properties (рис.6) откройте закладку Value (значение, величина) щелкнув по ней левой клавишей мыши. Установите необходимые значения напряжения –Voltage, частоты – Frequency и фазы – Phase.

Например: Voltage — 220V, Frequency — 50 Hz и Phase — 0 Deg (degree – градус).

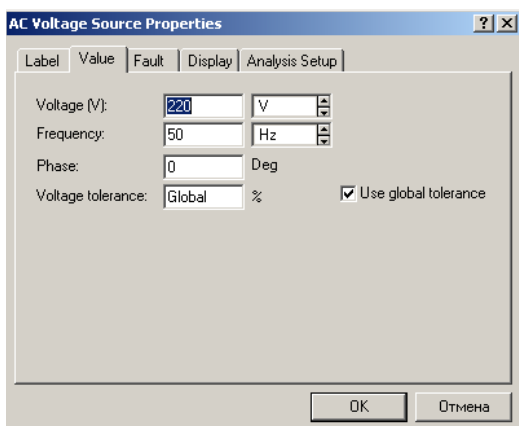


Рис. 5

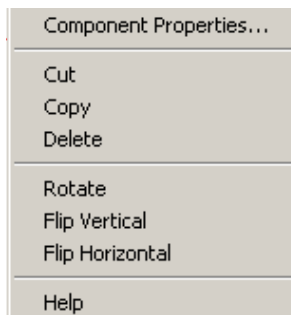


Рис. 6

Это же окно - AC Voltage Source Properties (рис.6) – можно вызвать сразу двойным щелчком мыши по УГО генератора.

Соедините элементы схемы проводниками так, как показано на рис. 5 в верхнем ряду. Для соединения элементов в схему, укажите острием курсора мыши на один из соединяемых выводов, так чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите появляющийся проводник к другому соединяемому выводу по

любой траектории до тех пор, пока и на этом выводе не появится точка, после чего отпустите клавишу мыши. Для улучшения внешнего вида схемы можно перетаскивать элементы схемы на другое место ухватившись мышью за элемент, при этом соединительные проводники будут тоже перемещаться за элементами схемы не нарушая соединений.

Если требуется разорвать соединение, то укажите острием курсора мыши на один из соединенных выводов, так чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите проводник в сторону от клеммы, после чего отпустите клавишу мыши, проводник исчезнет или просто щелкните правой клавишей мыши по проводнику и в появившемся меню выберите Delete.

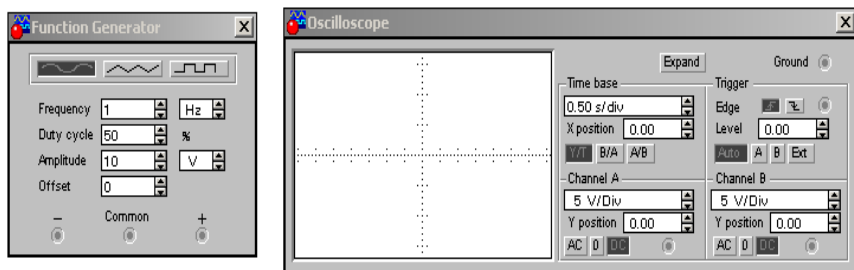
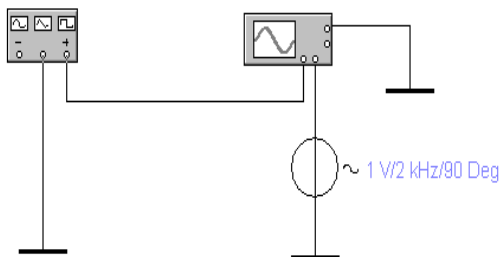


Рис. 7

После того как сделаны все соединения, двойным щелчком мыши по условному изображению функционального генератора,

откройте его переднюю панель и установите желаемую форму колебаний (синусоида, треугольник, прямоугольник), щелкнув соответствующую кнопку. Установите требуемую частоту (Frequency) щелкая стрелочки с правой стороны окошка (вверх, вниз) или непосредственно с клавиатуры, установив курсор щелчком левой клавиши мыши в окошке. В той же строке в маленьком окошке справа можно скачком изменять размерность в тысячи раз (Hz – герцы, kHz – килоггерцы, MHz – мегагерцы). Установите требуемую амплитуду напряжения (Amplitude). Для прямоугольных импульсов можно установить длительность импульсов по отношению к периоду в процентах Duty cycle (доля периода, цикла). Для треугольных импульсов Duty cycle означает отношение длительности времени нарастания ко времени спада. В окне Offset можно установить постоянную составляющую в вольтах (но только для размерности шкалы V – вольты).

Двойным щелчком мыши по условному изображению осциллографа откройте его переднюю панель. Она закроет собой панель функционального генератора. Ухватитесь мышью за заголовок осциллографа и перетащите его вправо как показано на рисунке 7, чтобы были видны обе панели.

Лицевая панель осциллографа показана на рис.7. Осциллограф имеет два канала (CHANNEL) А и В с отдельной регулировкой чувствительности в диапазоне от 10 $\mu\text{V}/\text{Div}$ (мкВ/дел) до 5kV/Div (кВ/дел) и регулировкой смещения луча по вертикали (Y position) в количестве клеток в пределах ± 3 клетки. Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок AC, 0, DC.

Режим AC предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока (его еще называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую). В режиме 0 входной зажим замыкается на землю. В режиме DC (режим включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом

"открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки DC расположен входной зажим.

Режим развертки выбирается кнопками Y/T, B/A, A/B. В режиме Y/T (обычный режим, включен по умолчанию) реализуется следующая связь разверток: по вертикали — напряжение сигнала, по горизонтали — время; в режиме B/A: по вертикали — сигнал канала B, по горизонтали — сигнал канала A; в режиме A/B: по вертикали — сигнал канала A, по горизонтали сигнал канала B.

В режиме Y/T длительность развертки (TIME BASE) может быть задана в диапазоне от 0.1 ns/div (нс/ дел) до 1 s/div (с/ дел) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали, т.е. по оси X (X POS).

В режиме Y/T предусмотрен также ждущий режим (TRIGGER) с запуском развертки (EDGE) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием кнопок Г и L) при регулируемом уровне (LEVEL) запуска, а также в режиме AUTO (от канала A или B), от канала A, от канала B или от внешнего источника (EXT), подключаемого к зажиму в блоке управления TRIGGER. Названные режимы запуска развертки выбираются кнопками AUTO, A, B, EXT.

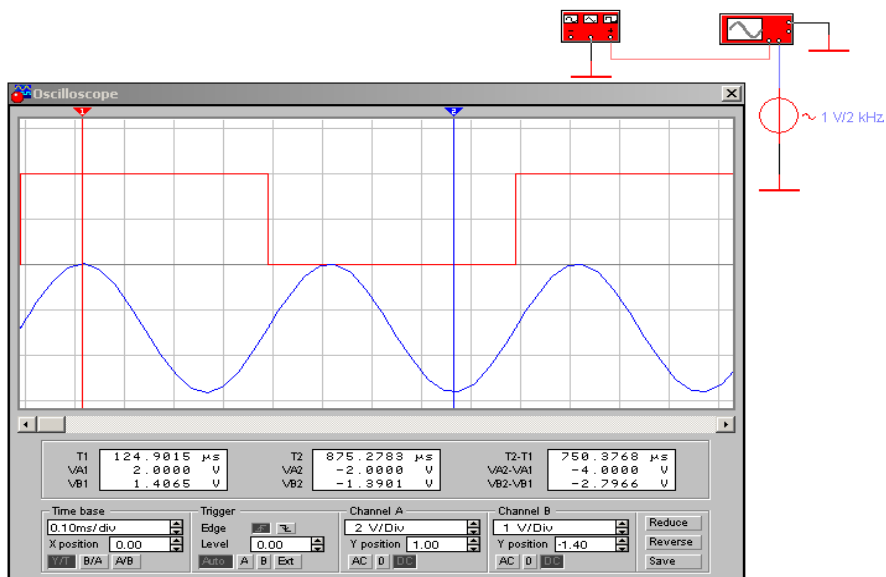


Рис. 8

Заземление осциллографа осуществляется с помощью клеммы GROUND в правом верхнем углу прибора. При нажатии на кнопку EXPAND лицевая панель осциллографа существенно меняется (рис.8). Увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линий (синего и красного цвета), которые за треугольные ушки (обозначены цифрами 1 и 2) могут быть установлены курсором в любое место экрана. При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки REVERSE и можно записать данные в файл нажатием кнопки SAVE. Возврат к исходному состоянию осциллографа производится нажатием кнопки REDUCE.

Задание 2

Установите на шкалах функционального генератора (Function Generator) следующие значения его параметров: вид сигнала – прямоугольные импульсы, частота (Frequency) - 1 кГц, длительность импульсов по отношению к периоду (Duty cycle) — 50 процентов, напряжение (Amplitude) — 2 вольт, смещение (Offset - постоянная составляющая) — 0.

Установите параметры генератора переменного напряжения (AC Voltage Source Properties), подключенного к каналу В. Свойства компонента (Component Properties): напряжение (Voltage) — 1V, частота (Frequency) — 2 kHz и фаза (Phase) — 0 градусов (Deg) (окна установки показаны на рис. 5 и Рис. 6).

Для получения на экране двулучевого осциллографа лучей разного цвета от соответствующих генераторов, укажите острием курсора на линию соединения функционального генератора с входом осциллографа и щелкните правой клавишей мыши.

В появившемся меню выберите Wire Properties и в открывшемся окне щелкните прямоугольник с требуемым цветом (например, красным). Повторите те же операции с проводником, соединяющим другой генератор со вторым входом осциллографа.

Включите режим моделирования, нажав кнопку I выключателя процесса моделирования в правом верхнем углу окна программы EWB (рис.9), затем остановите процесс моделирования, нажав кнопку O, или приостановите моделирование кнопкой Pause. Если после остановки процесса моделирования осциллограммы видны только на части экрана, отрегулируйте изображение бегунком прокрутки под экраном, ухватившись за него мышью.

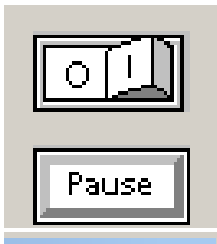


Рис. 9

Отрегулируйте осциллограммы так, чтобы на экране были видны два-три периода сигнала, для чего выберите подходящее

время развертки изображения по горизонтали, щелкая мышью стрелочки (вверх - вниз) в окне Time base. Выберите масштаб развертки по вертикали так, чтобы изображение сигнала занимало две-три клетки по вертикали, щелкая стрелки в окнах Channel A и Channel B. Разнесите сигналы по вертикали, щелкая стрелки в окне Y position. Установите бегунок прокрутки в начало координат (в левое положение). После всех установок должны получиться осциллограммы приблизительно такие, как на рис. 8.

Задание 3

Научиться оценивать параметры сигналов по полученным осциллограммам.

Для примера оценим параметры сигналов по осциллограммам на примере рис.8.

Канал А (красный луч). Определим по полученной осциллограмме амплитуду напряжения прямоугольных импульсов. Начало координат осциллограммы прямоугольных импульсов смещено от центра вверх на одну позицию – одну клетку (Y position = 1.00). Масштаб развертки по вертикали 2 V/Div (2 вольта на деление), амплитуда напряжения – максимальное отклонение луча от начала координат – одна клетка масштабной сетки вверх от начала координат (положительный полупериод), или одна клетка масштабной сетки вниз начала координат (отрицательный полупериод). Умножив установленный масштаб (2 вольта на деление) на одну клетку, получаем амплитуду напряжения 2 вольта.

Определим по полученной осциллограмме длительность периода колебаний. Масштаб развертки по горизонтали (Time base) 0.10 ms/div (0.1 мс на деление), период одного колебания – десять делений (клеток), откуда период $T = 0.1(\text{мс/деление}) \times 10$ (делений) = 1 мс, откуда частота $f = 1/T = 1/1\text{мс} = 1 \text{ кГц}$.

Канал В (синий луч). Определим по осциллограмме амплитуду синусоидального сигнала. Двойной размах (от максимума до минимума) ≈ 2.8 делений (клеток), следовательно,

амплитуда синусоидального колебания ≈ 1.4 делений. Масштаб развертки по вертикали в канале В 1 V/Div (1 вольт на деление), перемножением находим амплитуду напряжения синусоидального сигнала $U_m = 1 \text{ (В/деление)} \times 1.4 \text{ (делений)} = 1.4 \text{ В}$. Заметим, что при установке параметров генератора переменного напряжения (AC Voltage Source Properties), подключенного к каналу В, было установлено действующее значение синусоидального напряжения (Voltage) — 1 В . Вспомнив, что для нахождения действующего значения напряжения надо амплитуду напряжения разделить на $\sqrt{2}$. Находим, что действующее значение будет равно:

$$U_{\text{действ}} = 1.4 / \sqrt{2} = 1 \text{ В}.$$

Определим по осциллограмме длительность периода колебаний. Масштаб развертки по горизонтали для канала В тот же что и для канала А (Time base) 0.10 ms/div (0.1 мс на деление). Период одного колебания синусоиды (от максимума до максимума) - пять делений, откуда период $T = 0.1 \text{ (мс/деление)} \times 5 \text{ (делений)} = 0.5 \text{ мс}$, а отсюда частота $f = 1/T = 1/0.5 \text{ мс} = 2 \text{ кГц}$, что соответствует частоте этого генератора.

Задание 4

Приобрести практические навыки измерения напряжений различной формы.

Задавать многократно напряжения различной формы и амплитуды самостоятельно (при работе в паре – друг для друга) и определять по осциллограмме параметры этих напряжений аналогично тому, как это делалось в задании третьем. Записать и зарисовать все данные, чтобы затем показать их преподавателю.

Задание 5

Научиться пользоваться цифровыми измерительными приборами, встроенными в изучаемый осциллограф.

При переходе в развернутый режим (при нажатии на кнопку EXPAND) под экраном осциллографа можно видеть три небольших дисплея цифровых измерительных прибора, а в левом и в правом верхнем углу экрана два маленьких треугольника обозначенных цифрами 1 (красного цвета) и 2 (синего цвета). Ухватившись мышью за эти треугольники можно перемещать по экрану визирные линейки. Показания цифровых приборов соответствуют напряжениям и интервалам времени в том месте экрана, где находятся визирные линейки. Левый дисплей соответствует первому визиру поэтому его переменные имеют индекс 1. Средний дисплей соответствует второму визиру и его переменные имеют индекс 2. На правом дисплее индицируется разность измеряемых параметров, что особенно удобно для определения периода колебаний или длительности импульсов.

На верхней строке первых двух дисплеев индицируется временной интервал от начала горизонтальной развертки до соответствующего визира, а на правом дисплее разность этих времен. На второй строке первых двух дисплеев – напряжение по каналу А в точке расположения соответствующего визира, на правом дисплее разность этих напряжений. На третьей строке то же что и на второй, но по каналу В.

Так на рис.8 первый визир находится на отметке 124.9015 μ s от начала горизонтальной развертки. Вторым визир находится на отметке 875.2783 μ s от начала горизонтальной развертки. Разность этих интервалов 750.3768 μ s видим на правом дисплее.

На вторых строчках видим VA1 – 2 V, VA2 – -2 V несмотря на то, что начало отсчета смещено от средней линии на экране осциллографа на одну клеточку вверх. На правом дисплее видим двойной размах напряжения в канале А (VA2 –VA1 = -4 V). То же и в третьей строке по каналу В несмотря на то, что начало отсчета в этом канале смещено вниз на 1,4 клетки

(Y position – 1/4), VB1 – 1.4065 V, VB2 – - 1.3901 V. Отсчет VB2 = - 1.3901 дал большую погрешность (от 1.41 V) в связи с большей неточностью установки визира по каналу В. На третьем дисплее видим двойную амплитуду, естественно тоже с

суммарной погрешностью: $V_{B2} - V_{B1} = 2.7966 \text{ V}$ вместо 2.82 V .

Задание 6

Приобрести практические навыки измерения напряжений и интервалов времени (по шкале развертки осциллографа) с помощью цифровых приборов, встроенных в изучаемый виртуальный осциллограф.

Задавать многократно напряжения различной формы и амплитуды самостоятельно (при работе в паре – друг для друга) и определять по осциллограмме параметры этих напряжений (амплитуду и частоту) аналогично тому, как это делалось в задании третьем. Записать и зарисовать все полученные результаты.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.
2. Сдать зачёт по навыку работы с виртуальным осциллографом.

Практическая работа № 6

РАБОТА С КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛЬЮ ХАРАКТЕРИОГРАФА

Цель работы:

1. Знакомство с электронной лабораторией Electronics Workbench (EWB).
2. Приобретение практических навыков работы с характериографом в лаборатории EWB.
3. Знакомство с построением электронных схем из набора элементов лаборатории EWB.
4. Приобретение навыков измерения и анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и фазочастотных характеристик (ФЧХ) различных электронных схем с помощью характериографа (измерителя АЧХ и ФЧХ– Vode Plotter) - лаборатории EWB.

Необходимое оборудование рабочего места:

1. ЭВМ типа IBM модели Pentium (или мощнее).
2. Программное обеспечение: программа Electronics Workbench версии 5.12 (или более новая).

Задание 1

Включите компьютер (с разрешения преподавателя). Найдите на рабочем столе программы Electronics Workbench (EWB) ярлык (рис.10) и запустите программу двойным щелчком мыши по ярлыку.



Рис. 10

В открывшемся окне программы EWB щелкните (нажмите и отпустите) последнюю кнопку в нижнем ряду панели инструментов –**Instruments** (инструменты). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным изображением

функционального генератора – **Function Generator**. Установите курсор на эту кнопку, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская ее, перетащите генератор на рабочее поле программы EWB после чего отпустите клавишу мыши (изображение генератора будет окрашено в красный цвет и это означает, что этот прибор **выбран**, и следующая команда будет относиться к нему). Щелкните мышью на пустом месте рабочего поля для отмены выбора. Изображение функционального генератора станет черно-белым, что означает отмену выбора этого элемента схемы.

Найдите в том же меню **Instruments** условное изображение осциллографа – **Oscilloscope** и перетащите изображение осциллографа, как и генератора, на рабочее поле EWB

Найдите в меню **Instruments** условное изображение характеристики графа – **Bode Plotter** и тоже перетащите его на рабочее поле EWB

Щелкните вторую слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов – **Sources** (источники). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением (УГО) общего провода («земли») - **Ground** и перетащите этот символ на свободное место рабочего поля. Повторите эту операцию еще два раза, чтобы на рабочем поле было 3 элемента **Ground**.

Щелкните третью слева кнопку в нижнем ряду панели инструментов – **Basic** (*основной* набор элементов). В развернувшемся меню найдите кнопку с условным графическим обозначением резистора - **Resistor** и перетащите на рабочее поле два резистора (повторив операцию перетаскивания два раза). В этом же меню найдите УГО конденсатора - **Capacitor** и перетащите на рабочее поле два конденсатора. При соединении элементов в схему может потребоваться элемент соединения (точка соединения) – **Connector**, он находится тоже в этом меню. На этом подготовка к составлению схемы заканчивается.

Задание 2

1. Составить схему RC-фильтра.
2. Исследовать частотную и фазовую характеристики фильтра с помощью характериографа.
3. Проверить форму сигнала и определить коэффициент передачи фильтра с помощью осциллографа.

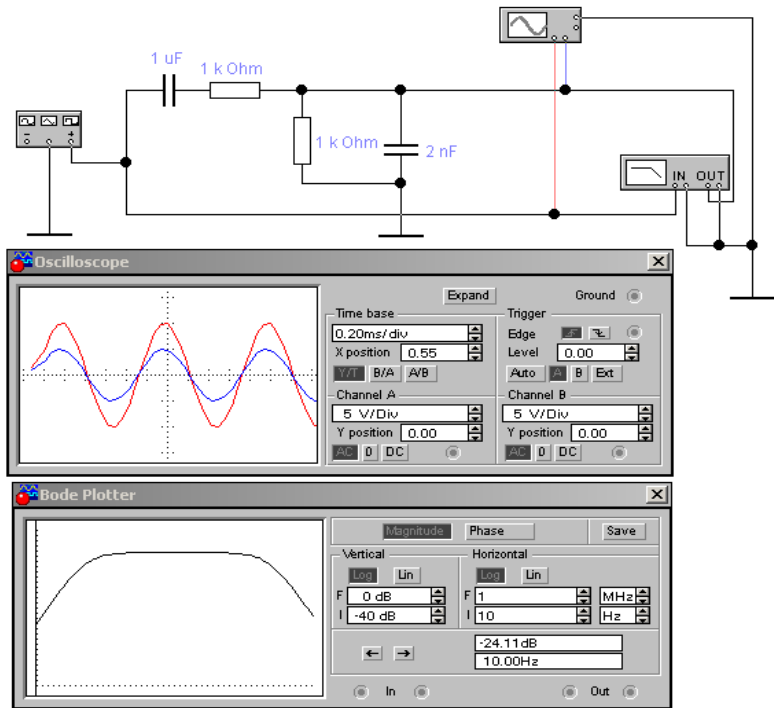


Рис. 11

Полная схема соединений показана на рис. 11. Расположите элементы схемы фильтра в поле рисунка приблизительно так, как показано на рисунке, но чтобы их выводы не касались друг друга. Для того, чтобы развернуть элементы на 90 градусов, щелкните по элементу мышью, чтобы его выделить, при этом он окрасится в красный цвет. Затем найдите на панели инструментов в верхнем ряду два треугольника, расположенных под углом 90 градусов друг к другу (**Rotate**), и щелкните по нему мышью. Выделенный

элемент должен повернется на 90 градусов. Можно так же, не выделяя элемент, сразу щелкнуть по нему правой клавишей мыши и в появившемся меню выбрать **Rotate**, при этом выделенный элемент повернется на 90 градусов.

Соедините элементы схемы проводниками так, как показано на рисунке в верхнем ряду. Для соединения элементов в схему, укажите острием курсора мыши на один из соединяемых выводов так, чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите появляющийся проводник к другому соединяемому выводу по любой траектории до тех пор, пока и на этом выводе не появится точка, после чего отпустите клавишу мыши. Для улучшения внешнего вида схемы можно перетаскивать элементы схемы на другое место, ухватившись мышью за элемент, при этом соединительные проводники будут тоже перемещаться за элементами схемы, не нарушая соединений.

Если требуется разорвать соединение, то укажите острием курсора мыши на один из соединенных выводов так, чтобы на этом выводе появилась точка. Нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская клавиши, тащите проводник в сторону от клеммы, после чего отпустите клавишу мыши, проводник исчезнет. Можно просто щелкнуть правой клавишей мыши по проводнику и в появившемся меню выберите **Delete**.

Установите требуемые номиналы резисторов и конденсаторов. Для этого можно в меню EWB (под заголовком) щелкнуть **Circuit** (сёжит – цикл; электрическая цепь) и в появившемся подменю выбрать **Schematic Options** – (параметры схемы), которые задаются с помощью дополнительных диалоговых окон с закладками (рис 3).

Можно так же двойным щелчком по компоненту схемы, например по резистору, вызвать окно **Resistor Properties** и задать метку (**Label**), номинальную величину сопротивления (**Value**) и др.

В меню некоторых элементов есть еще закладка **Model**, с помощью которой можно выбирать модели компонента

(полупроводникового прибора, операционного усилителя, трансформатора и др.), редактировать их параметры, создавать новые библиотеки компонентов и выполнять другие команды меню.

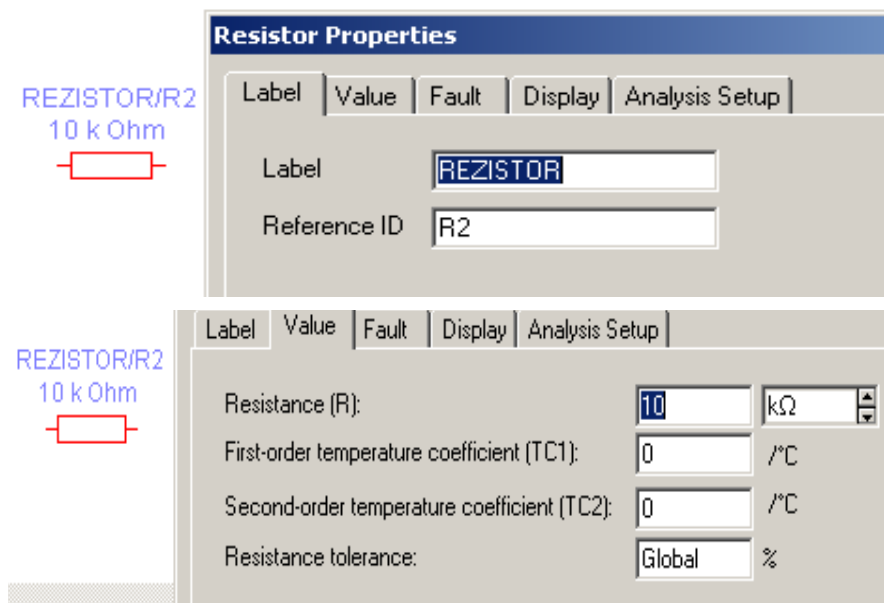


Рис. 12

После того как сделаны все соединения, двойным щелчком мыши по условному изображению функционального генератора, откройте его переднюю панель, и установите желаемую форму колебаний (синусоида, треугольник, прямоугольник) щелкнув соответствующую кнопку.

Установите требуемую частоту (**Frequency**) щелкая стрелочки с правой стороны окошка (вверх, вниз) или непосредственно с клавиатуры установив курсор щелчком левой клавиши мыши в окошке. В той же строке, в маленьком окошке справа, можно скачком изменять размерность в тысячи раз (Hz – герцы, kHz – килогерцы, MHz – мегагерцы).

Установите требуемую амплитуду напряжения (**Amplitude**).

Закройте переднюю панель функционального генератора, щелкнув по крестик в правом верхнем углу на панели генератора.

Двойным щелчком мыши по условному изображению осциллографа, откройте его переднюю панель. Ухватитесь мышью за заголовок осциллографа и перетащите его вверх как показано на рис. 11.

Осциллограф имеет два канала (**CHANNEL**) **A** и **B** с раздельной регулировкой чувствительности в диапазоне от **10 μ V/Div** (мкВ/дел) до **5kV/Div** (кВ/дел) и регулировкой смещения луча по вертикали (**Y POS**) в количестве клеток в пределах ± 3 клетки. Выбор режима по входу осуществляется нажатием кнопок **AC**, **0**, **DC**.

Режим **AC** предназначен для наблюдения только сигналов переменного тока (его еще называют режимом "закрытого входа", поскольку в этом режиме на входе усилителя включается разделительный конденсатор, не пропускающий постоянную составляющую). В режиме **0** входной зажим замыкается на «землю». В режиме **DC** (режим включен по умолчанию) можно проводить осциллографические измерения как постоянного, так и переменного тока. Этот режим еще называют режимом "открытого входа", поскольку входной сигнал поступает на вход вертикального усилителя непосредственно. С правой стороны от кнопки **DC** расположен входной зажим.

Режим развертки выбирается кнопками **Y/T**, **B/A**, **A/B**. В режиме **Y/T** (обычный режим, включен по умолчанию) реализуется следующая связь разверток: по вертикали напряжение сигнала, по горизонтали — время; в режиме **B/A**: по вертикали сигнал канала **B**, по горизонтали - сигнал канала **A**; в режиме **A/B**: по вертикали сигнал канала **A**, по горизонтали - сигнал канала **B**.

В режиме **Y/T** длительность развертки (**TIME BASE**) может быть задана в диапазоне от **0.1 ns/ div** (нс/ дел) до **1 s/div** (с/ дел) с возможностью установки смещения в тех же единицах по горизонтали, т.е. по оси **X (X POS)**.

В режиме **Y/T** предусмотрен также ждущий режим (**TRIGGER**) с запуском развертки (**EDGE**) по переднему или заднему фронту запускающего сигнала (выбирается нажатием кнопок **G** и **L**) при регулируемом уровне (**LEVEL**) запуска, а также в режиме **AUTO** (от канала **A** или **B**), от канала **A**, от канала **B** или от внешнего источника (**EXT**), подключаемого к зажиму в блоке управления **TRIGGER**. Названные режимы запуска развертки выбираются кнопками **AUTO**, **A**, **B**, **EXT**.

Заземление осциллографа осуществляется с помощью клеммы **GROUND** в правом верхнем углу прибора.

При нажатии на кнопку **EXPAND**, увеличивается размер экрана, появляется возможность прокрутки изображения по горизонтали и его сканирования с помощью вертикальных визирных линий (синего и красного цвета), которые за треугольные ушки (обозначены цифрами 1 и 2) могут быть установлены курсором в любое место экрана. При этом в индикаторных окошках под экраном приводятся результаты измерения напряжения, временных интервалов и их приращений (между визирными линиями).

Изображение можно инвертировать нажатием кнопки **REVERSE** и можно записать данные в файл нажатием кнопки **SAVE**. Возврат к исходному состоянию осциллографа производится нажатием кнопки **REDUCE**.

Двойным щелчком мыши по условному изображению характернографа – **Bode Plotter**, откройте его переднюю панель. Лицевая панель измерителя АЧХ-ФЧХ приведена на рис. 13.

Ухватитесь мышью за заголовок, перетащите измеритель вверх и вправо как показано на рис. 11. Измеритель предназначен для построения и анализа амплитудно-частотных характеристик (при нажатой кнопке **MAGNITUDE**, измерение АЧХ включено по умолчанию) и фазочастотных характеристик (при нажатой кнопке **PHASE**). Если нажата кнопка **LOG**, используется логарифмическая шкала по осям **Y (VERTICAL)** и **X (HORIZONTAL)** (кнопка **LOG**, включена по умолчанию). Если нажата кнопка **LIN** — шкала линейная. Настройка измерителя

заключается в выборе пределов измерения коэффициента передачи — шкала **VERTICAL** и вариации частоты — шкала **HORIZONTAL** с помощью кнопок в окошках.

Значение частоты и соответствующее ей значение коэффициент передачи или фазы индицируются в окошках в правом нижнем углу измерителя. Значения указанных величин в отдельных точках АЧХ или ФЧХ можно получить с помощью вертикальной визирной линейки, находящейся в исходном состоянии в начале координат и перемещаемой по графику мышью или кнопками \leftarrow и \rightarrow . Результаты измерения можно записать также в текстовый файл. Для этого необходимо нажать кнопку **SAVE** и в диалоговом окне указать имя файла (по умолчанию предлагается имя схемного файла). В полученном таким образом текстовые файлы с расширением ***.bod** АЧХ и ФЧХ представляются в табличном виде.

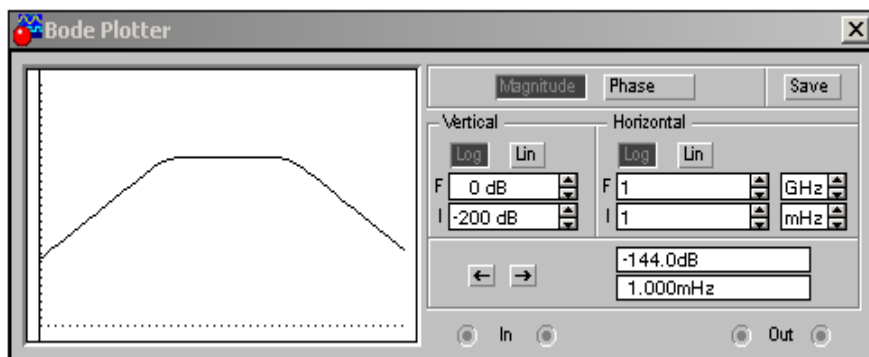


Рис. 13

где **F** — максимальное и **I** — минимальное значение параметра.

Подключение прибора к исследуемой схеме осуществляется с помощью зажимов **IN** (вход) и **OUT** (выход). Левые клеммы зажимов подключаются соответственно к входу и выходу исследуемого устройства, а правые — к общей шине. К входу

устройства необходимо подключить функциональный генератор или другой источник переменного напряжения, при этом каких-либо настроек в этих устройствах не требуется.

Задание 3

Установить номинальные значения резисторов и конденсаторов как указано на рис. 11. Используя кнопки управления измерительными приборами, получить осциллограммы и АЧХ соответствующие тем, что на рис. 11.

Изменять номинальные значения элементов фильтра в широких пределах и, регулируя пределы измерения, получать АЧХ максимально заполняющие площадь экрана с ярко выраженными спадами в области нижних и верхних частот подобно АЧХ на рис.11 и рис.13.

Научиться, используя визирную линейку, определять полосу пропускания фильтра на уровне 0.7 от максимума (уровень – 3 дБ), на уровне 0.5 (уровень – 6 дБ) и других уровнях.

Научиться получать соответствующие характеристики в линейном масштабе.

Научиться получать и анализировать фазовые характеристики в линейном и логарифмическом масштабах, определять фазовый сдвиг на границах полосы пропускания.

Задание 4

Составить схему резисторного каскада усиления на транзисторах и, ориентируясь по приборам (по получаемым характеристикам), подобрать элементы схемы (в разумных пределах) для получения малых нелинейных и частотных искажений и наибольшего усиления в заданном диапазоне частот, например, в диапазоне частот от 40 Гц до 12 кГц. Оценить влияние всех элементов схемы на нелинейные и частотные искажения усилителя. Для этого следует изменять номинальные значения элементов схемы (резисторов и конденсаторов) и,

наблюдая изменения формы синусоиды (по осциллографу) и изменения формы АЧХ (по измерителю АЧХ), сделать выводы о влиянии всех элементов схемы на коэффициент усиления, нелинейные и частотные искажения усилителя.

Содержание отчета

1. Представить результаты измерений и вычислений.
2. Сдать зачёт по навыку работы с виртуальным измерителем АЧХ и ФЧХ.

Практическая работа № 7

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМЕРА

Цель работы: 1) Изучить принцип работы электронно - счетного частотомера. 2) Получить практические навыки измерения частот, периода, отношения частот с помощью частотомера.

Необходимое оборудование

- 1 Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102
- 2 Генератор сигналов высокочастотный Г4-42
- 3 Электронно-счетный частотомер ЧЗ-33

Порядок выполнения работы

1 По техническому описанию ознакомиться с принципом работы частотомера ЧЗ-33 в режимах измерения частоты, периода, отношения частот.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации произвести проверку работоспособности частотомера.

2 Произвести проверку градуировки генератора Г4-42 по частоте с максимально возможной точностью. Для проведения измерений напряжение с генератора подать на вход А частотомера.

Результаты измерений и вычислений занести в табл. 1.

Таблица 1

Fген	12 кГц	20 кГц	0.7 МГц	1.7 МГц	9.3 МГц
Fчаст					
$\Delta F = F_{\text{част}} - F_{\text{ген}}$					

3 Произвести проверку градуировку генератора ГЗ-102 по частоте с максимально возможной точностью как в режиме измерения частоты (со входа А), так и в режиме измерения

периода (со входа Б). Напряжение с генератора подать на вход А — в режиме измерения частоты и на вход Б — в режиме измерения периода ($T_B, T_B \times 10$).

Результаты измерений и вычислений занести в табл.2.

Таблица 2

Частота генератора $F_{ген}$	100 Гц	500 Гц	1000 Гц	12 кГц	20 кГц
Отсчет частоты по частотомеру $F_{част}$					
$\Delta F_A = F_{част} - F_{ген}$					
Отсчет периода по частотомеру $T_{част}$					

Справочные данные
(обязательное)

Техническое описание частотомера ЧЗ-33

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Частотомер ЧЗ-33 предназначен для автоматического измерения:

- частоты электрических колебаний;
- периода электрических колебаний;
- интервала времени;
- длительность импульса;
- отношения частот;
- счета количества импульсов;
- скорости вращения исследуемого импульса в комплекте с фотоэлектрическим преобразователем скорости вращения.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Прибор измеряет частоту синусоидального сигнала в

диапазоне частот 10 Гц – 10 МГц.

2. Прибор измеряет частоту импульсного сигнала любой полярности, имеющего не более 2-х экстремальных значений за период длительностью не менее 0,05 мкс в диапазоне частот 10 Гц – 10 МГц. Минимальная амплитуда входного напряжения по абсолютной величине не менее 0,3 В. Максимально допустимая амплитуда входного напряжения 100 В.

Основная относительная погрешность измерения частоты прибором в процентах не превышает суммарной:

$$\delta_{\text{част.}} = \pm (\delta_0 + 1/f_x \times T_{\text{изм}}) \times 100$$

где δ_0 - относительная погрешность частоты внутреннего кварцевого генератора или внешнего источника образцовой частоты;

f_x - измеряемая частота;

$T_{\text{изм}}$ - время измерения;

3. Прибор измеряет период или 10 периодов электрических колебаний:

а) синусоидального напряжения с периодом от 1 до 10^{-5} секунд (1 Гц – 100 кГц) в диапазоне величин напряжений 0,5 – 100 В.

б) импульсных сигналов положительной и отрицательной полярности с длительностью импульсов не менее 0,1 мкс в диапазоне частот повторения 0,1 Гц - 100 кГц, в диапазоне величин напряжения 0,3 В - 100 В.

Относительная погрешность измерения периода в процентах не превышает при синусоидальном сигнале суммарную

$$\delta_T = \pm (\delta_0 + \delta_1/n + 1/n \times f_0 \times T_x) \times 100$$

где δ_0 - погрешность частоты внутреннего кварцевого генератора или внешнего источника образцовой частоты;

$n = 1$ при измерении 1 периода;

$n = 10$ при измерении 10 периода.

4. Время самопрогрева прибора до достижения заданной точности измерений определяется блоком кварцевого генератора и составляет не более 1 часа в интервале температур $+5^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$

5. Прибор измеряет, интервалы времени между импульсами и длительность импульсов любой полярности от 1 мкс до 100 мкс. Минимальная амплитуда входных сигналов по абсолютной величине не более 0,3 В. Максимальная амплитуда входных сигналов должна быть не менее 100 В.

Минимальная длительность входных импульсов должна быть не более:

а) 0,1 мкс при измерении интервала времени;

б) 1 мкс при измерении длительности импульсов.

Погрешность измерения интервала времени и длительность импульсов

$$\Delta_{\text{инт}} = \pm(\delta_0 + 1/f_0 \times T_x) \times 100$$

где δ_0 - погрешность частоты внутреннего кварцевого генератора или внешнего источника образцовой частоты;

f_0 - частота заполнения;

T_x - измеряемый интервал.

6. Прибор позволяет измерять вращение объектов в диапазоне 600 - 6000 об\мин.

7. Входное сопротивление частотомера по входам А и Б не менее 50 кОм входная емкость не более 60 пФ.

8. Прибор допускает непрерывную работу в течение 16 ч. при сохранении своих технических характеристик в пределах норм установленных ТУ.

9. Прибор питается от сети 220 В частотой 50 Гц, содержание гармоник до 5%.

10. Прибор потребляет мощность не более 46 ВА.

11. Среднее время безотказной работы прибора не менее 750ч.

12. Габаритные размеры прибора с выступающими частями $408 \times 410 \times 141$ мм.

13. Масса прибора без упаковки не более 10,5 кг

3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА

Принцип действия

Принцип действия частотомера основан на подсчете числа периодов неизвестной частоты за известный, высокочастотный отрезок времени, называемый временем измерения. При времени измерения в 1 сек. количество подсчитанных периодов и есть значения измеряемой частоты в Гц. На цифровом табло прибора автоматически регистрируется результат измерения с указанием порядка и размерности. При других временных измерениях (0,01; 0,1; 10 сек) для получения непосредственного отсчета автоматически переносится запятая и индуцируется соответствующая размерность. Временное измерение получается путем последовательного деления частоты опорного генератора декадными степенями.

При измерении периода длительность времени измерения равна измеряемому периоду, а подсчитанные 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.

При измерении скорости вращения объекта в об/мин время измерения формируется так же, как и при измерении частоты, но дополнительным удлинением в 6 раз, прибор ведет счет входных импульсов, поступивших с фотоэлектрического преобразователя, которое однозначно связано с количеством оборотов в минуту исследуемого объекта.

Блок схема прибора содержит следующие узлы:

- кварцевый генератор;
- умножитель частоты;
- базу времени,
- формирователь тактовых импульсов;
- автоматика;
- узел сброса и самонастройки;
- селектор;
- входной формирователь «А»;
- входной формирователь «В»;
- умножитель периода на 10;
- блок счетных декад;
- узел индикации;
- блок питания.

Кварцевый генератор генерирует высокостабильные колебания частотой 1 МГц, которые служат для получения методом деления и умножения импульсных сигналов с сеткой частот: 10 МГц, 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц, 1 Гц, 0,1 Гц, 10(6) Гц, 1(6) Гц, 0,1(6) Гц, 0,01(6) Гц, необходимые для работы прибора.

Умножитель частот служит для умножения частоты 1 МГц до 5 МГц и до 10 МГц.

База времени осуществляет деление 5 МГц до 1 МГц и дальнейшее деление частоты 1 МГц декадным ступенями до 0,1 Гц. Полученные частоты используются как метки времени.

Формирователь тактовых импульсов вырабатывает тактовые

и опорные импульсы, которые необходимы для работы прибора.

Автоматика управляет всем процессом измерения, обеспечивает регулируемое время индикации, синхронизирует работу узла сброса и самонастройки.

Схема автоматики вырабатывает строб импульс, открывающий селектор на время счета. Автоматика обеспечивает ручной, автоматический и дистанционный запуск прибора, вырабатывает импульс запуска ЦПУ.

Узел сброса и самонастройки обеспечивает сброс всех счетных декад и установку коэффициента деления 10 всех декад на многоустойчивых элементах.

Селектор выполняет функцию ворот для счетных импульсов. Он открывается на время работы строб - импульса, вырабатываемого схемой автоматики.

Входные формирователи каналов «А» и «Б» усиливают и ограничивают входные сигналы. На его выходе получается сигнал постоянной амплитуды, независимой от амплитуды входного сигнала.

Умножитель периода на 10 представляет собой делитель на 10, который в режиме «Тб×10» делит частоту входного сигнала в 10 раз.

В режиме «Об/мин» коэффициент пересчета этого делителя становится равным 6 и он делит частоту меток в 6 раз.

Блок счетных декад осуществляет подсчет поступивших на вход импульсов.

Узел индикации обеспечивает индицирование результатов измерений в десятичной системе на цифровом табло.

Блок питания вырабатывает ряд напряжений, необходимых для питания всех узлов прибора.

Прибор работает в следующих режимах:

- измерение частоты;
- измерение периода;

- измерение отношения частот;
- измерение интервалов времени между двумя импульсами;
- измерение длительности импульсов;
- непрерывный счет;
- измерение количества оборотов в минуту исследуемого объекта;
- самоконтроль.

Измерение частоты производится по блок-схеме при положении переключателя «Род работ» - «FА»

Измеряемая частота 10 Гц — 10 МГц усиливается блоком усилителя, формируется и поступает через селектор на счетные декады. Селектор открывается строб импульсом, вырабатываемый схемой автоматики, которая управляет выходными импульсами делителей базы времени. В зависимости от частоты повторения этих импульсов время счета может быть 0,01; 0,1, 1 и 10 сек. Необходимое время счета выбирается переключателем «Метки времени. Время измерения»

Измерения периода производится по блок-схеме при переключении переключателя «Род работ», «Тб» и «Тб×10».

Входной сигнал формируется формирователем «В» и управляет автоматикой формирующий строб - импульс. Длительность строб - импульса равна периоду измеряемого сигнала.

На блок счетных декад поступают метки времени с делителя базы времени. Метки времени выбираются переключателем «Метки времени. Время измерения». Более точное измерение периода производится в режиме «Тб×10». В этом случае входной сигнал после формирования поступает на

декадный делитель, где его период умножается на 10, а затем на схему формирователя строб - импульса. Длительность строб - импульса в этом случае равна 10 периодам измеряемого сигнала.

Измерение отношения частот производится по блок-схеме. При положении переключателя «Род работы» - « F_A/F_B »

Меньшая из частот формируется формирователем «Б» автоматической схемы формирования строб - импульсов поступает на селектор.

Большая из сравниваемых частот усиливается формирователем «А» и через селектор подается на вход счетных декад.

Измерение интервалов времени производится по блок-схеме. Переключатель «Род работы» ставится в положение «А - Б». Импульсы, интервал времени между которыми нужно измерить, подаются на гнезда «вход А» и «вход В». Схема автоматически вырабатывает строб - импульс, длительность которого равна измеряемому интервалу времени. На счетные декады поступают внутренние метки времени, выбираемые переключателем «Метки времени. Время измерения».

4. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 ± 10 В, частотой 50 ± 5 Гц и содержанием гармоник до 5%.

Подключение прибора к сети осуществляется кабелем в резиновой изоляции. Прибор не имеет открытых контактов, находящихся под напряжением. Однако перед включением он должен быть надежно заземлен. В этом случае прибор безопасен при работе.

5. ПОРЯДОК РАБОТЫ

Расположение органов управления.

Основные гнезда и органы управления расположены на передней панели прибора. Назначение органов управления и

регулировок разъясняют надписи возле них.

На передней панели прибора располагаются:

- 1) Гнезда «Вход А», «Вход В», «Внешний пуск», служащие для подачи входных сигналов.
- 2) Гнезда «Выход 0,1 МГц - 1 МГц», «Выход 10 МГц», с которых снимаются образцовые частоты.
- 3) Переключатель «Метки времени. Время измерения», служащий для выбора частоты заполнения при измерении периода интервала времени, а также для выбора времени измерения при измерении частоты, об/мин при самоконтроле.
- 4) Переключатель «Род работы», осуществляющий коммутацию соединений между узлами прибора в различных режимах работы.
- 5) Два световых индикатора, потенциометр «уровень», тумблер «запуск», тумблер « = ~ » канала А.
- 6) Два световых индикатора, потенциометр «уровень», тумблер «запуск», тумблер фильтра НЧ канала В.
- 7) Разъем «ЦПУ», служащий для подключения прибора к цифropечатающему устройству.
- 8) Лампочка «термостат», сигнализирующая о работе термостата.
- 9) Тумблер «Сеть», служащий для включения прибора.
- 10) Тумблер, кнопка и гнездо «Внешний пуск», служащие для автоматического, ручного и дистанционного запуска прибора.
- 11) Потенциометр «Время индикации».
- 12) Гнездо «Корпус» (заземление).

На задней стенке прибора расположены:

- 1) Вилка для включения сетевого шнура.
- 2) Гнездо предохранителя.
- 3) Тумблер и гнездо «Внешний генератор».

Подготовка к измерениям

Проверить исправность и номинал предохранителей.

Включить кабель питания прибора в сеть.

Включить тумблер «Сеть»; при работе от внутреннего

кварцевого генератора тумблер «Внешний генератор» должен находиться в нижнем положении.

При включении прибора должна загореться лампочка индикации работы термостата и восемь ламп ИН-14 индикаторного табло.

Прогреть прибор в течении 1 часа.

Проверка работоспособности.

После включения прибора производится проверка правильности работы основных узлов прибора в следующем порядке.

Установить тумблер «Внешний пуск» в нижнее положение.

Установить регулировку «Время индикации» в положение обеспечивающее удобное время индикации.

Произвести несколько отсчетов частоты для каждого положения переключателя «Род работ»: 100 кГц, 1 МГц и 10 МГц, при последовательной установке переключателя «Метки времени. Время измерения» в положении: 10 мсек, 100 мсек, 1 сек, 10 сек.

Показание прибора, соответствующее различным положением переключателя «Род работ» и «Метки времени. Время измерения», сведены в таблице. Показание прибора могут отличаться от указанных в таблице значений не более чем на ± 1 единицу счета.

Отсчет показаний и погрешности измерений.

Прибор обеспечивает прямой отсчет результатов измерения в «кН» и «mS» с автоматически высвечиванием размерности.

Погрешность измерений определяется тремя основными составляющими:

1) погрешность частоты внутреннего кварцевого генератора от источника образцовой частоты.

2) погрешность, возникающая из-за неисправности генератора счетных импульсов.

3) $\delta = \pm 0,003$ – погрешность обусловленная шумами и кратковременной нестабильностью запуска формирующего устройства. Значение этих составляющих при различных режимах измерения описаны в п.п.

Измерение частоты.

Произвести проверку работоспособности прибора.

Подать измеряемый сигнал на гнездо «Вход А».

Установить переключатель «Род работы» в положение «F_A».

Настройка входных формирователей осуществляется следующим образом:

1) если входной сигнал подаваемый на «Вход А» имеет постоянную составляющую, отличную от 0, установить тумблер « \sim » в положение « $=$ ».

2) при входном синусоидальном сигнале потенциометр «Уровень» установить в одно из крайних положений, при котором будет гореть один из световых индикаторов «-» или «+», затем медленно вращать потенциометр до положения, в котором зажжется другой световой индикатор «-» или «+» и установить потенциометр в положение, соответствующее границе изменения состояния этого индикатора.

3) при импульсном сигнале потенциометр «Уровень» медленно вращать из крайнего правого положения при положительной полярности измеряемого сигнала, и из крайнего левого положения при отрицательной полярности сигнала до положения, в котором ранее горевший индикатор гаснет и загорается другой индикатор.

Установить потенциометр «Время индикации» в положение, удобное для отсчета показаний.

Установить переключатель «Метки времени. Время измерения» в одно из положений «10 mS» - «10 S» (в зависимости от точности измерений)

Измерение периода.

Произвести проверку работоспособности прибора.

Подать измеряемый сигнал на гнездо «Вход Б».

Установить переключатель «Род работ» в положении «Тб» или «Тб×10».

При измерении периода синусоидальных сигналов НЧ от 1 до 10 Гц опасно присутствие в измеряемом сигнале ВЧ помех, которые могут вызвать ложный отсчет измеряемой величины. В схеме входного формирователя имеется фильтр НЧ, позволяющий исключить влияние ВЧ - помех. Фильтр в канале «Б» включается тумблером «Фильтр НЧ», в канале «А» фильтр отключен. При работе с включенным фильтром можно учесть, что последний несколько снижает чувствительность прибора, причем пропорционально величине измеряемой частоты.

Настройка входных формирователей осуществляется следующим образом:

4) если входной сигнал подаваемый на «Вход А» имеет постоянную составляющую, отличную от 0, установить тумблер « \sim » в положение «=».

5) при входном синусоидальном сигнале потенциометр «Уровень» установить в одно из крайних положений, при котором будет гореть один из световых индикаторов «-» или «+», затем медленно вращать потенциометр до положения, в котором зажжется другой световой индикатор «-» или «+» и установить потенциометр в положение, соответствующее границе изменения состояния этого индикатора.

6) при импульсном сигнале потенциометр «Уровень» медленно вращать из крайнего правого положения при положительной полярности измеряемого сигнала, и из крайнего левого положения при отрицательной полярности сигнала до положения, в котором ранее горевший индикатор гаснет и загорается другой индикатор.

Установить потенциометр «Время индикации» в положение, удобное для отсчета показаний.

В зависимости от необходимой точности измерения установить переключатель «Метки времени. Время измерения» в одно из положений «0,1 μ S» - «100 μ S».

Измерение отношения частот.

Произвести проверку работоспособности.

Высшую из сравниваемых частот подать на «Вход А», а низшую на «Вход Б».

Установить переключатель «Род работы» в положение « F_A/F_B », переключатель «Метки времени. Время измерения» в положение «1 mS».

Установить потенциометр «Время индикации» в положение, удобное для отсчета показаний.

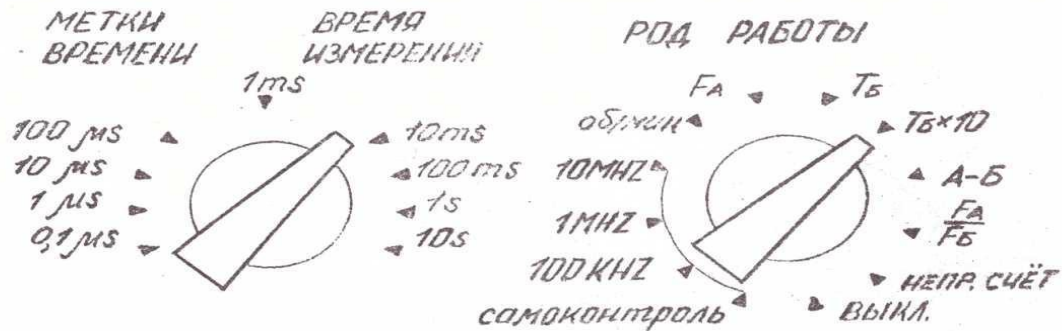


Рис. 1.

Практическая работа № 8

РАБОТА С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНОГО ПОКОЛЕНИЯ

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом работы генераторов сигналов высокой частоты Г4-18А, Г4-158
2. Получить практические навыки работы с генераторами сигналов высокой частоты Г4-18А, Г4-158.

Необходимое оборудование

- 1 Электронно-счетный частотомер ЧЗ-33
- 2 Генератор сигналов высокой частоты Г4-158
- 3 Генератор сигналов высокой частоты Г4-18А

Порядок выполнения работы

1 По техническому описанию (см. техническое описание прибора) ознакомиться с принципом работы генераторов сигналов высокой частоты Г4-18А, Г4-158:

- а) непрерывная генерация (НГ);
- б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 Гц $\pm 5\%$;

2 В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор к работе.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы генераторов сигналов высокой частоты Г4-18А, Г4-158.
2. Порядок подготовки прибора.
3. Назначение органов управления работой прибора.
4. Способ калибровки.

Справочные данные
(обязательное)
Техническое описание прибора Г4-18А

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Генератор стандартных сигналов тала Г4-18А предназначен для проверки и настройки радиоприемной аппаратуры. По техническим характеристикам в диапазоне частот от 0,1 до 30 МГц прибор относится ко 2-му классу. По механическим и климатическим требованиям прибор относится к группе П.

Основные погрешности прибора определены в условиях: температура окружающего воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$, относительная влажность $60 \pm 15\%$, атмосферное давление 750 ± 30 мм. рт. ст. и номинальное напряжение источника питания с погрешностью $\pm 2\%$.

Рабочие климатические условия эксплуатации прибора: температура окружающего воздуха от -10° до 40°C , относительная влажность до 90% при температуре $+25^\circ\text{C}$. Эксплуатация прибора в условиях, отличных от рабочих не допускается.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Диапазон частот генератора от 100 кГц до 35 МГц перекрывается шестью поддиапазонами со следующими частотами:

1-ый поддиапазон	от 0,1 до 0,3 МГц;
2-ой поддиапазон	от 0,3 до 1 МГц;
3-ий поддиапазон	от 1 до 3 МГц;
4-ый поддиапазон	от 3 до 10 МГц;
5-ый поддиапазон	от 10 до 20 МГц;
6-ой поддиапазон	от 20 до 35 МГц.

Запас по краям диапазона и перекрытие между поддиапазонами не менее 2%.

Погрешность установки частоты не более $\pm 1\%$.

Изменение частоты, вызванное изменением ослабления аттенюатора (реакция аттенюатора), не должно превышать $\pm 0,01\%$ на частотах ниже 30 МГц и $\pm 0,03\%$ на частотах выше 30 МГц.

Кратковременная нестабильность частоты, характеризуемая изменением частоты за 10 минут после предварительного самопрогрева в течение одного часа, не превышает $0,02\% + 50$ Гц. Указанное изменение частоты гарантируется после дополнительного 10 - минутного прогрева после переключения на не работавший ранее поддиапазон.

Паразитная девиация частоты в режиме непрерывной генерации не должна превышать 300 Гц.

Генератор обеспечивает калиброванное напряжение от 1 мкВ до 0.1 В на конце кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 Ом. Дополнительный делитель на конце кабеля обеспечивает деление выходного напряжения в 10 раз (до 0,1 мкВ).

Генератор имеет некалиброванный выход от 0,1 до 1 В с выходным сопротивлением около 100 Ом.

Погрешность опорного напряжения 0,1 В в диапазоне частот от 0,1 до 30 МГц не более $\pm 5\%$ и не более $\pm 10\%$ - минус 6% в диапазоне частот от 30 до 35 МГц.

Погрешность установки ослабления аттенюатора и выносного делителя в диапазоне частот не более $\pm 8\%$ при ослаблении до 40 дБ и $\pm 12,5\%$ при ослаблении больше 40 дБ.

Изменение опорного значения выходного сигнала за 10 мин. после самопрогрева прибора в течение 1 часа не более $\pm 2\%$ в диапазоне частот от 0,1 до 30 МГц и $\pm 3,5\%$ на частотах от 30 до 35 МГц.

Дополнительная погрешность установки напряжения выходного сигнала при малых его значениях за счет остаточного сигнала не более 0,05 мкВ.

Выходное сопротивление прибора:

а) при работе с выносным делителем в положении "1"

34 Ома $\pm 2,5\%$ при нулевом ослаблении декадного

аттенюатора;

37,5 Ом $\pm 2\%$ при ослаблении аттенюатора 20, 40, 60, 80 дБ;

б) при работе с выносным делителем в положении "0,1" - 7 Ом $\pm 3\%$.

Генератор обеспечивает следующие виды работ:

а) непрерывная генерация (НГ);

б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 Гц $\pm 5\%$;

в) внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами от 50 Гц до 15 кГц.

Высшая частота модуляции (макс.) в зависимости от частоты несущей н. определяется выражением: макс. 0,02 н

г) режим максимального выхода с напряжением на выходе около 2 В только при непрерывной генерации.

Коэффициент глубины модуляции, как при внутренней, так и при внешней модуляции регулируется от 10 до 95% при частотах модуляции от 50 Гц до 10 кГц и от 10 до 50% при частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

Основная погрешность измерения коэффициента глубины модуляции при внутренней модуляции не более 0,05 + 4% при коэффициенте глубины модуляции от 10 до 80%.

Дополнительная частотная погрешность коэффициента глубины модуляции не более $\pm 5\%$ (в процентах модуляции) с учетом графика частотного хода.

Амплитуда любой из гармоник несущей частоты не превышает 3% от амплитуды первой гармоники.

Коэффициент нелинейных искажений огибающей модулированного выходного сигнала не должен превышать 4% при глубине модуляции равной 30% и 5% при глубине модуляции до 80% на частотах модуляции от 50 Гц до 10 кГц и при глубине модуляции до 50% на частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

Коэффициент нелинейных искажений огибающей модулированного сигнала на частотах модуляции от 50 до 100 Гц допускается до 8%.

Величина паразитной девиации частоты в режиме

амплитудной модуляций до 30% не должна превышать $2 \cdot 10^{-5} + 250$ Гц.

Экранировка прибора обеспечивает возможность работы с минимальным сигналом 0,1 мкВ.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частоты 50 Гц $\pm 0,5$ Гц напряжением 220 В $\pm 10\%$. Время самопрогрева прибора 30 минут.

Размеры прибора с выступающими частями не более 390 x 280 x 290 мм.

Вес прибора не более 18 кг.

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА

Прибор типа Г4-18А состоит из следующих основных частей (смотрите функциональную схему прибора): задающего генератора, усилителя высокой частоты, генератора звуковой частоты (модулятора), измерителя уровня выходного напряжения, измерителя глубины модуляции, каскада автоматической регулировки выхода, системы аттенюаторов и блока питания.

Напряжение высокой частоты, вырабатываемое в задающем генераторе, усиливается в усилителе высокой частоты и с помощью индуктивной связи подается на систему аттенюаторов, на входе которой контролируется измерителем уровня выходного напряжения.

Измерение коэффициента глубины модуляции производится измерением среднего значения напряжения высокой частоты и амплитудного значения напряжения низкой частоты.

Выпрямленное напряжение с нагрузки измерителя уровня выходного сигнала поступает на сетку лампы каскада автоматической регулировки, с выхода которого питается экранная сетка усилителя высокой частоты.

Таким образом, напряжение экранной сетки усилителя высокой частоты оказывается зависимым от напряжения выхода.

Питание прибора осуществляется через трансформатор с феррорезонансной стабилизацией.

4. КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Прибор смонтирован на алюминиевой вертикальной панели и заключен в футляр. Высокочастотная часть имеет самостоятельный экран и конструктивно выполнена отдельным блоком.

Низкочастотная часть помещена в отдельном отсеке и смонтирована за печатной гетинаксовой платой. Блок питания представляет собой также отдельный блок, собранный на горизонтальном шасси, которое с помощью кронштейнов крепится к вертикальной панели. В наиболее сложных узлах (блок конденсаторов, ступенчатый аттенюатор, корпус блока высокой частоты) применены литые конструкции.

Контурные катушки помещены в два цилиндрических экрана, закрытых крышками, и представляют особый самостоятельный блок. Переключение диапазонов осуществляется вращением всего блока катушек. Включение в схему катушек нужного диапазона осуществляется специальными контактными пружинами.

Верньерное устройство позволяет получить замедление вращения частотной шкалы в отношении 1:34.

Для снятия кривых селективности на ручке верньера предусмотрена нониусная шкала.

Шкала настройки частоты имеет 6 поддиапазонов, обозначенных цифрами соответственно шести положениями ручки переключателя поддиапазонов.

В левой части передней панели размещены: ручка настройки частоты, ручка верньера, ручка переключателя поддиапазонов "ДИАПАЗОНЫ МН". В правой части передней панели размещены: стрелочный измеритель (контроль уровня, М %), ручка установки " " ручки аттенюаторов. В средней части расположены: переключатель рода работ, ручка установки нуля стрелочного измерителя, ручка установки уровня выхода "УСТАНОВКА УРОВНЯ "К", ручка регулировки глубины

модуляция "УСТ.М%".

В нижней части размещены: клемма для заземления, индикаторная лампочка, выключатель сети, выключатель генератора высокой частоты «ГЕН ВЧ», тумблер "УРОВЕНЬ "К"-М %", гнездо для внешнего модулятора "ВНЕШН. МОД.", корпусная втулка, гнезда выхода "0,1 - 1" и " μV ".

К прибору прилагаются два выходных кабеля, один из которых на конце нагружен делителем напряжения.

5. ИНСТРУКЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРЯДОК РАБОТЫ С ПРИБОРОМ ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Прибор может быть включен в питающую сеть переменного тока частоты 50 Гц с напряжением 220 В.

Перед включением прибора в питающую сеть необходимо клемму для заземления имеющуюся на передней панели, соединить с земляной шиной.

Речки операций установить в начальные положения:

а) ручки "УСТАНОВКА УРОВНЯ "К", "УСТ. М %" повернуть влево до отказа.

б) визир " μV " при помощи ручки " μV " (сверху) поставить в крайнее левое положение;

в) выключатель сети и выключатель "ГЕН. ВЧ." поставить в нижнее положение.

После всего этого прибор может быть подключен к питающей сети.

6. РАБОТА ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Выключатель питания поставить во включенное положение «ВКЛ». При этом должна загореться индикаторная лампочка. Дать прибору прогреться 3-5 минут. Тумблер «УРОВЕНЬ «К».

Вставить в гнездо " μV " штекер с кабелем и делителем на конце.

Предупреждение. Во избежание повреждения сопротивлений делителя на конце кабеля, необходимо оберегать его от ударов и не подключать к точкам схемы, между которыми имеется разность потенциалов.

Установить переключатель рода работ в положение «ВНЕШН. МОД.». Ручкой установки нуля установить стрелку измерителя на 0.

Включить выключатель анодного напряжения генератора «ГЕН.ВЧ».

Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора и более плавно отрегулировать ее верньерной ручкой (ручка с нониусными делениями).

Вращением ручки «УСТАНОВКА УРОВНЯ «К». Визир установить влево до отказа. Поворотом ручек делителя и визира "μV" совместить нужное деление на лимбе с риской визира. При повороте ручки "μV" стрелка индикатора уровня отклоняется влево, при этом уровень "К" поправлять нельзя.

Установить необходимый множитель декадного делителя. Подключить исследуемую схему к нужному зажиму на выносном делителе. Манипулируя ручками аттенуаторов, используя тот или иной зажим выносного делителя, на конце кабеля можно получить требуемую величину выходного напряжения в пределах от 0,1 мкВ до 0,1 В.

Пример 1. Схема подключена к зажиму "0,1" на выносном делителе. Декадный аттенуатор в положении "10", риска визира "V" совмещена с делением "10" лимба аттенуатора. (Десятая ступень ослабления аттенуатором через 2 дБ не задействована. Совмещение визира с делением "10" лимба аттенуатора осуществляется ручкой "V". Тогда напряжение на зажимах выносного делителя составит: $10 \times 10 \times 0,1$ (мкВ),

Пример 2. Схема подключена к зажиму "1" на выносном делителе. Декадный аттенуатор в положении "x100". Риска визира "V" совмещена с делением "32" лимба аттенуатора. Тогда напряжение на зажимах выносного делителя составит: $32 \times 100 \times 1 = 32$ (мкВ)

Для получения напряжения свыше 0,1 вольта прибор типа Г4-18А имеет второе выходное гнездо "0,1 -1V", напряжение на которое поступает прямо с декадного аттенюатора с коэффициентом ослабления через 2 дБ. При помощи этого аттенюатора и ручки "V" можно регулировать величину снимаемого напряжения. Выходное напряжение с гнезда "0,1 -1V" выводится кабелем, придаваемым к прибору, не имеющим на конце делителя. Выходное сопротивление этого выхода около 100 Ом. Погрешность установки выходного напряжения с этого гнезда не гарантируется.

7. РАБОТА ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ВНУТРЕННЕЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

При снятом модулирующем напряжении и верхнем ("УРОВЕНЬ "К") положении тумблера "УРОВЕНЬ "К" - М %" производится установка стрелки измерителя уровня выходного сигнала на контрольную риску (визир "V" при этом в левом крайнем положении). Затем устанавливают переключатель рода работ в положение 400 или 1000 Гц, ставят тумблер "УРОВЕНЬ "К" - М %" в положение "М %" и непосредственно по стрелочному измерителю устанавливают требуемый процент глубины модуляции в пределах от 10 до 95 % с помощью ручки "УСТ. М

Примечание. При плавной регулировке выходного напряжения (ручка "V") необходимо выставлять требуемую глубину модуляции ручкой "УСТ. М

8. РАБОТА ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ВНЕШНЕЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Для осуществления модуляции в широком диапазоне частот необходимо модулировать генератор от внешнего источника напряжения звуковой частоты.

Звуковой генератор с выходным напряжением

приблизительно до 100 вольт при нагрузке до 5000 Ом может промодулировать генератор до $M = 80\%$ при частотах от 50 до 15000 Герц.

Порядок работы в режиме внешней модуляции тот же самый, что и при внутренней модуляции, за исключением того, что переключатель рода модуляции должен быть установлен в положение внешней модуляции ("ВНЕШ. МОД") Напряжение от модулирующего генератора подается на гнездо "ВНЕШ. МОД", расположенное в нижней части передней панели. Установка глубины модуляции производится изменением выходного напряжения внешнего модулятора.

9. РАБОТА ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ МАКСИМАЛЬНОГО СИГНАЛА

Для получения сигнала напряжением больше 1 В, которой бывает необходим для проверки некоторых узлов и приборов, переключатель рода работ ставится в положение "2 V нг".

Напряжение высокой частоты снимается с выхода "0,1 - 1V". Получение такого напряжения может быть осуществлено только в режиме непрерывной генерации.

Справочные данные
(обязательное)

Техническое описание прибора Г4-158

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Генератор сигналов высокочастотный (прибор) Г4-158 предназначен для настройки, регулировки и испытаний различных радиотехнических устройств.

Прибор Г4-158 обеспечивает измерение частотных и амплитудных характеристик различных устройств, реальной чувствительности и кривой верности приемников.

Прибор может служить источником немодулированного и

некалиброванного сигнала и использоваться в качестве гетеродина при различных преобразованиях частоты.

Прибор Г4-158 предназначен для работы в поверочных органах, ремонтных мастерских, в том числе и подвижных, в лабораториях и цехах.

Основная область применения - радиовещание, радиосвязь.

Рабочие условия эксплуатации:

– температура окружающей среды в °С (К) от минус 10 (263) до плюс 50 (323);

– относительная влажность воздуха до (95+3) % при температуре в °С (К) 40 (313); .

– напряжения сети (220+22) В частотой (50+0,5) Гц и (115+5,75) В частотой (400+10) Гц с содержанием гармоник до 5 %.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Прибор обеспечивает следующие виды работ:

– непрерывная генерация (НГ);

– внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением (ВНУТР.АМ);

– внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением (ВНЕШН.АМ);

– режим работы с дистанционным управлением установкой частоты, уровня выходного сигнала, коэффициента АМ и вида работ.

Частотные параметры:

Прибор обеспечивает диапазон частот (0,01; 99,999) МГц со следующей дискретностью перестройки;

0,001 кГц в диапазоне (10-100) кГц;

0,01 кГц в диапазоне (100-1000) кГц;

0,1 кГц в диапазоне (1-10) МГц;

1,0 кГц в диапазоне (10-99,999) МГц.

В пределах дискретности обеспечивается возможность плавной перестройки частоты.

Запас по краям диапазона не менее 0,002 %.

Основная погрешность установки частоты по цифровому индикатору при установке ручки РАССТР. 0-0,04 % на риск не более $\pm 0,001$ % в нормальных условиях после самопрогрева в течение 1 ч и не более +0,01 % в нормальных и рабочих условиях, по истечении времени установления рабочего режима.

Нестабильность частоты при неизменных внешних условиях за любой, выбранный произвольно, 15-минутный интервал времени после самопрогрева в течение одного часа при работе прибора в нормальных условиях и при неизменном напряжении питания не превышают 1×10^{-5} .

При перестройке с одной частоты на другую требуется дополнительное время установления частоты не менее одной минуты.

Параметры выходного напряжения в режиме непрерывной генерации.

Выходное напряжение на конце кабеля с нагрузкой (50+0,5) Ом и на конце кабеля с переходом 2.236.004 и нагрузкой (75+0,75) Ом регулируется в номинальных пределах от 1×10^{-6} до 2 В.

Регулировка производится ступенями через 1 дБ от 0 до минус 119 дБ плавно в пределах 1 дБ и ступенью на +6 дБ. С выносным аттенюатором возможна регулировка на минус 20 дБ.

3. УСТРОЙСТВО ПРИБОРА

Большинство функциональных узлов прибора размещены на одиннадцати печатных платах: генератор ВЧ, фильтр, усилитель-модулятор, делитель программируемый, детектор фазовый, устройство управления, индикатор цифровой, дешифратор выхода, модулятор НЧ, выпрямитель, усилитель

стабилизатора. Печатные платы генератора ВЧ, фильтра, усилителя-модулятора, делителя программируемого, детектора фазового расположены в приборе в экранированном отсеке. Подача питающих напряжений, сигналов управления в экранированный отсек и вывод информационных сигналов из экранированного отсека осуществляются через устройство соединительное, выполненное на основе пятнадцати двухзвенных фильтров нижних частот.

Печатные платы выпрямителя, усилителя-стабилизатора входят в состав блока питания. Атенюатор выполнен в виде самостоятельного блока.

На структурной схеме показаны все органы управления и индикации, входные и выходные разъемы и их связи с функциональными узлами.

4. КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Генератор сигналов высокочастотный выполнен в виде переносного прибора настольного типа. Переноска прибора осуществляется за откидывающуюся ручку, которую можно использовать для более удобной установки прибора с наклоном.

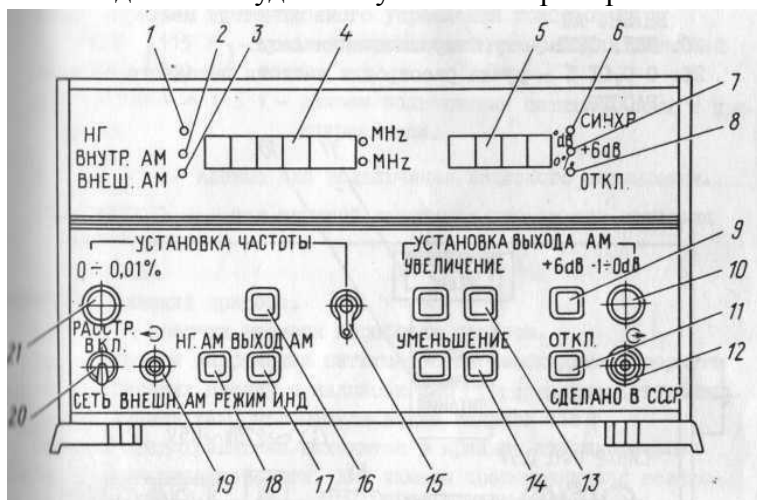


Рис. 2.

Основные органы управления, подключения и индикации размещены на передней панели, причем зона индикации выделена цветом:

1) НГ - индикатор работы прибора в режиме непрерывной генерации.

2) ВНУТР. АМ. - индикатор работы прибора в режиме внутренней амплитудной модуляции.

3) ВНЕШ. АМ - индикатор работы прибора в режиме амплитудной модуляции от внешнего модулирующего сигнала.

4) МНz - пятиразрядное отсчетное устройство частоты. kHz

5) % dB - трехразрядное отсчетное устройство уровня выхода и коэффициента модуляции.

6) СИНХР. - индикатор встроенного контроля наличия синхронизации частоты.

7) +6 dB - индикатор увеличения напряжения на +6 дБ.

8) ОТКЛ. - индикатор отключения выходного ВЧ сигнала на основном выходе прибора.

9) +6 dB - кнопка включения удвоенного выходного напряжения.

10) 1+0 В - ручка плавной регулировки выходного напряжения.

11) ОТКЛ. - кнопка выключения выходного ВЧ сигнала на основном выходе.

12) - разъем основного выхода.

13) УВЕЛИЧЕНИЕ - кнопки поразрядного увеличения выходного напряжения или коэффициента АМ.

14) УМЕНЬШЕНИЕ - кнопки поразрядного уменьшения величины выходного напряжения или коэффициента АМ.

15) УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ - ручка установки частоты.

16) УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ - кнопка изменения скорости перестройки частот

17) ВЫХОД. АМ ИНД. - кнопка переключения

установки и индикации выходного напряжения или коэффициента АМ.

18) НГ. АМ РЕЖИМ - кнопка переключения режимов работы прибора.

19) - разъем для подачи внешнего модулирующего сигнала

20) ВКЛ. СЕТЬ - тумблер включения сети.

21) 0-0, 01 % РАССТР.- ручка расстройки частоты выходного сигнала.

Вспомогательные органы управления и подключения расположены на видимой стенке (рис. И) прибора:

I. СИНХР. - разъем для подключения источника синхронизации.

-0

IMHZ

- разъем для подключения внешнего источника опорной и*.

итк или съема сигнала опорной частоты генератора.

M. 0,5 V - разъем вспомогательного выхода ВЧ сигнала генера-

4. - заглушка для разъема вспомогательного выхода шкала генератора.

I». ВНЕШН.-ВНУТР. - переключатель режимов синхронизации.

1. ДУ - разъем дистанционного управления прибором.

2. 220 v />115 V ч-тумблер переключения напряжения питающей

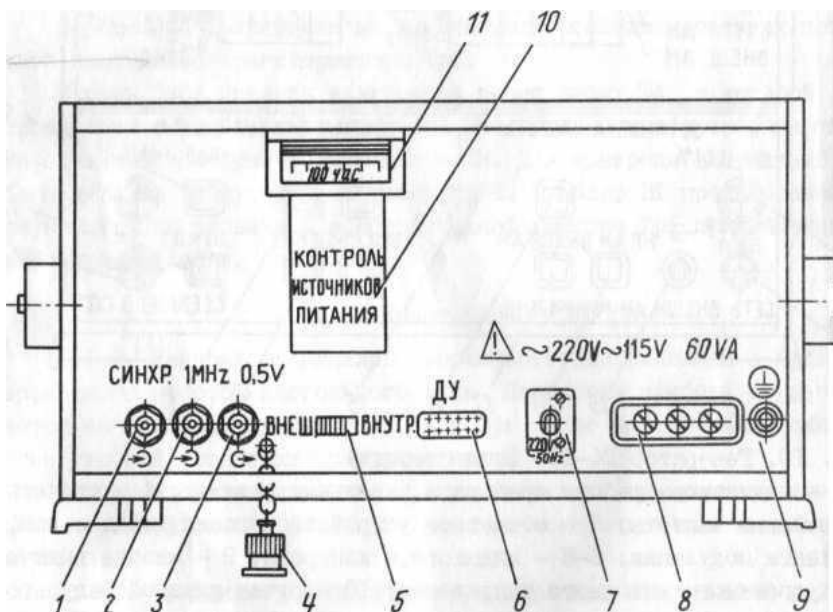
50 Hz Цоо Hz' сети.

н.Д ~220 V ~ ,115 V- разъем подключения питающей сети 60 VA дохранители.

и пре-

9.

ГО.



1 - разъем для подключения источника синхронизации; 2, 3 - разъёмы; 4 - заглушка для разъема; 5 - переключатель режимов синхронизации; 6 - разъем дистанционного управления прибором; 7 - тумблер переключения напряжения питания; 8 - разъем подключения питающей сети и предохранители; 9 - клемма защитного заземления; 10 - разъем для контроля питающих напряжений; 11 - счетчик времени наработки прибора

Рис. 3.

5. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Перед началом работы следует изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях прибора.

Разместить прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

Проверить надежность заземления

Переключатель напряжения и частоты сети установить в соответствии с параметрами сети. Для этого необходимо вывернуть 2 винта, крепящих планку на задней панели, установить тумблеры и планку в соответствующее положение, чтобы стала видна надпись 220 В 50 Гц или 115 В 400 Гц. Затем закрепить планку. При выпуске прибора переключатель напряжения сети устанавливается в положение 220 В.

Подсоединить шнур питания к сети. Тумблер СЕТЬ должен находиться в выключенном положении (тумблер опущен).

Органы управления и контроля могут находиться в произвольном положении.

Тумблер СЕТЬ устанавливается в положение ВКЛ. При этом должны засветиться пять цифр индикатора частоты, три цифры индикатора ослабления или две цифры индикатора модуляции, световое табло, одна из индикаторных лампочек переключения режимов НГ, ВНУТР. АМ, ВНЕШ. АМ, могут засветиться или не засветиться индикаторные лампочки СИНХР., "+6dB", ОТКЛ.

До проведения работ необходимо прогреть прибор в течение 15 мин.

Проверить исправность работы прибора Г4-158 можно проверкой возможности установки основных параметров прибора: частоты выходного напряжения и коэффициента амплитудной модуляции органами установки по индикаторам, встроенным в прибор.

Установить режим НГ. Ручкой УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ при плавной и быстрой перестройке убедиться в возможности установки частоты по индикатору установки частоты. При этом при окончании перестроек индикатор встроенного контроля синхронизации СИНХР. не должен светиться с промигиванием.

С помощью кнопок УСТАНОВКА ВЫХОДА, АМ убедиться в возможности установки величины выходного напряжения в младшем и старшем разрядах индикатора. При наличии неисправности в тракте формирования сигнала ВЧ и пропадания сигнала на входе системы встроенного контроля выхода индикаторы выхода перестают светиться.

Кнопкой РЕЖИМ установить режим ВНУТР. АМ. Кнопкой ИНД. ВЫХ. АМ установить индикацию АМ. Кнопками УСТАНОВКА ВЫХОДА, АМ проверена на возможность установки величины коэффициента АМ в младшем и старшем разрядах индикатора АМ.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

Работа с прибором складывается из следующих операций:

- 1) выбор режима работы и индикации;
- 2) установка частоты;
- 3) установка величины выходного сигнала;
- 4) установка коэффициента амплитудной модуляции;

Выбор режима работы прибора производится циклическим нажатием кнопки РЕЖИМ НГ, АМ. При этом установленный режим определяется подсветке надписей на передней панели прибора НГ, ВНУТР. АМ, ВНЕШН. АМ. В режиме работы ВНЕШН. АМ без подачи на гнездо ВНЕШН. АМ модулирующего сигнала от внешнего источника надпись ВНЕШН. АМ индицируется промигивающей подсветкой. При подаче на гнездо ВНЕШН. АМ модулирующего сигнала и установке его до требуемой величины (1,0+0,03) В подсветка надписи ВНЕШН. АМ становится ровной, без промигивания. В режиме ВНУТР. АМ и ВНЕШН. АМ для индикации выходного напряжения и коэффициента АМ используется одно и то же цифровое табло. Выбор индикации осуществляется циклическим нажатием кнопки ИНД. ВЫХОД., АМ. Установленный режим индикации определяется по подсветке надписей размерностей для отсчета выходного напряжения дВ, для отсчета коэффициента АМ %.

Установка частоты осуществляется ручкой УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ с индикацией установленной частоты по пятиразрядному цифровому табло. При этом ручка РАССТР. 0-0,01 % устанавливается в положение на риску. Установка частоты осуществляется либо в двух старших, разрядах, либо в трех младших разрядах. Этим обеспечивается возможность

быстрой перестройки частоты с минимальной частоты диапазона до максимальной и наоборот и обеспечивается высокая разрешающая способность перестройки и установки частоты. Управление такой установкой осуществляется циклическим нажатием кнопки УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ.

Ручкой РАССТР. 0-0,01 % обеспечивается плавная перестройка установленной частоты в пределах 0-0,01 % без индикации изменения частоты на цифровом табло. Такой режим перестройки частоты может использоваться, когда требуется плавная подстройка частоты в небольших пределах с индикацией подстройки по внешним устройствам.

Плавную подстройку установленной частоты можно осуществлять под действием управляющего напряжения, которое должно подаваться на разъем СИНХР. При этом величина управляющего напряжения не должна превышать +4 В. Подстройка частоты под действием напряжения может использоваться для синхронизации частоты опорного сигнала, вырабатываемого генератором опорным кварцевым, а следовательно, и частоты выходного сигнала прибора с частотой какого-либо внешнего устройства. При этом для сравнения с частотой сигнала внешнего устройства должен использоваться выходной сигнал генератора опорного кварцевого, снимаемый с разъема на задней панели прибора и обозначенный гравировкой 1 МГц . В приборе предусмотрена возможность работы, когда в качестве сигнала опорной частоты используется сигнал от внешних устройств. В этом случае может быть получена повышенная точность установки и стабильность частоты.

Установка выходного напряжения осуществляется с помощью кнопок УСТАНОВКА ВЫХОДА с индикацией величины dВ по трехразрядному цифровому табло. Правые две кнопки используются для увеличения или уменьшения ослабления выходного напряжения относительно опорного напряжения 1 В в младшем десятичном разряде, левые две кнопки – для увеличения или уменьшения ослабления в старших десятичных разрядах. Ручкой "-1...0 dВ" обеспечивается плавная

регулировка выходного напряжения на -1 дБ без индикации изменения выходного напряжения по цифровому табло. Такой режим регулировки выходного напряжения может использоваться, когда требуется плавная регулировка выходного напряжения в небольших пределах с индикацией изменения по внешним устройствам.

При работе прибора в режиме НГ включением кнопки "+6 дВ" можно увеличить уровень выходного сигнала в два раза. Индикация увеличения выхода в два раза осуществляется подсветкой надписи "+6 дВ" в зоне индикации прибора. Регулировка выходного напряжения на "+6 дВ" используется для получения максимального выходного напряжения 2 В.

Оперативное выключение выходного напряжения прибора осуществляется кнопкой ОТКЛ. Индикация выключения выходного напряжения осуществляется подсветкой надписи ОТКЛ. в зоне индикации прибора.

Установка коэффициента АМ осуществляется с помощью кнопок УСТАНОВКА АМ с индикацией величины в процентах по двухразрядному цифровому табло. Правые две кнопки используются для увеличения или уменьшения коэффициента АМ в разряде единиц, левые две кнопки-для увеличения или уменьшения коэффициента АМ в разряде десятков. В режиме ВНЕШ. АМ модулирующий сигнал подается на вход внешней модуляции ВНЕШ. АМ. Величина модулирующего напряжения должна устанавливаться в пределах (1,0+0,03) В. В этом случае подсветка надписи ВНЕШ. АМ становится ровной, без промигивания.

Таблица 3. Перевод уровня выходного сигнала генератора Г4-158 из дВ в μV

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10^6	$8,91 \cdot 10^5$	$7,94 \cdot 10^5$	$7,08 \cdot 10^5$	$6,31 \cdot 10^5$	$5,62 \cdot 10^5$	$5,01 \cdot 10^5$	$4,47 \cdot 10^5$	$3,98 \cdot 10^5$	$3,55 \cdot 10^5$
10	$3,16 \cdot 10^5$	$2,82 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$	$2,24 \cdot 10^5$	$2,00 \cdot 10^5$	$1,78 \cdot 10^5$	$1,58 \cdot 10^5$	$1,41 \cdot 10^5$	$1,26 \cdot 10^5$	$1,12 \cdot 10^5$
20	10^5	$8,91 \cdot 10^4$	$7,94 \cdot 10^4$	$7,08 \cdot 10^4$	$6,31 \cdot 10^4$	$5,62 \cdot 10^4$	$5,01 \cdot 10^4$	$4,47 \cdot 10^4$	$3,98 \cdot 10^4$	$3,55 \cdot 10^4$
30	$3,16 \cdot 10^4$	$2,82 \cdot 10^4$	$2,51 \cdot 10^4$	$2,24 \cdot 10^4$	$2,00 \cdot 10^4$	$1,78 \cdot 10^4$	$1,58 \cdot 10^4$	$1,41 \cdot 10^4$	$1,26 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^4$
40	10^4	$8,91 \cdot 10^3$	$7,94 \cdot 10^3$	$7,08 \cdot 10^3$	$6,31 \cdot 10^3$	$5,62 \cdot 10^3$	$5,01 \cdot 10^3$	$4,47 \cdot 10^3$	$3,98 \cdot 10^3$	$3,55 \cdot 10^3$
50	$3,26 \cdot 10^3$	$2,82 \cdot 10^3$	$2,51 \cdot 10^3$	$2,24 \cdot 10^3$	$2,00 \cdot 10^3$	$1,78 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^3$	$1,41 \cdot 10^3$	$1,26 \cdot 10^3$	$1,12 \cdot 10^3$
60	10^3	$8,91 \cdot 10^2$	$7,94 \cdot 10^2$	$7,08 \cdot 10^2$	$6,31 \cdot 10^2$	$5,62 \cdot 10^2$	$5,01 \cdot 10^2$	$4,47 \cdot 10^2$	$3,93 \cdot 10^2$	$3,55 \cdot 10^2$
70	$3,16 \cdot 10^2$	$2,82 \cdot 10^2$	$2,51 \cdot 10^2$	$2,24 \cdot 10^2$	$2,00 \cdot 10^2$	$1,78 \cdot 10^2$	$1,58 \cdot 10^2$	$1,41 \cdot 10^2$	$1,25 \cdot 10^2$	$1,12 \cdot 10^2$
80	10^2	8,91	79,4	70,8	63,1	56,2	50,1	44,7	39,8	35,5
90	31,6	28,2	25,1	22,4	20,0	17,8	15,8	14,1	12,6	11,2
100	10,0	8,91	7,94	7,08	6,31	5,62	5,01	4,47	3,98	3,55
110	3,16	2,82	2,51	2,24	2,00	1,78	1,58	1,41	1,26	1,12

Примечание. В режиме +6 дВ уровень выходного сигнала в μV будет в 2 раза больше.

Практическая работа № 9

ТЕСТЕР ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ

Цель работы:

1. Получить навыки по проверке работоспособности цифровых микросхем.

Необходимая аппаратура

1. Тестер для цифровых микросхем.
2. Набор проверяемых микросхем.

Порядок выполнения работы

1. По описанию изучить принцип работы тестера (см. техническое описание прибора).
2. Составить таблицу логических состояний микросхемы К155ЛА3, приняв за основу исходные данные, приведенные в описании тестера:
 - 2.1 При заполнении таблицы свечение светодиода обозначать «1», отсутствие свечения – «0».
 - 2.2 Изменение состояния светодиодов при подаче логического «0» на входы микросхемы отразить в таблице с учетом логической структуры схемы.
3. Составить таблицу логических состояний для заданной преподавателем микросхемы. При подключении проверяемой микросхемы произвести сравнение получаемых состояний с предполагаемыми из таблицы и сделать вывод о работоспособности ИМС.

Содержание отчета

1. Уметь по схеме объяснить принцип работы тестера.
2. Уметь в соответствии с логической структурой ИМС составить таблицу 1 логических состояний проверяемой ИМС в зависимости от поступающей на входы схемы информации.

Таблица 1

Входы микросх емы	Выводы микросхемы													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Исх. сос-ние														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														

Справочные данные
(обязательные)
Техническое описание прибора

Прибор предназначен для проверки цифровых интегральных микросхем ТТЛ-типа (ИМС серий К155, К158, К131 и т. п.). При использовании соответствующих панелек прибор можно использовать для проверки микросхем других серий.

Функционально тестер состоит из светодиодного индикатора, двух импульсных генераторов, переключателя выводов, коммутатора питающего напряжения, разъема контрольных напряжений и дополнительных коммутаций, двух разъемов для подключения проверяемых микросхем.

В зависимости от количества выводов проверяемая ИМС подключается либо к разъему XS2 с 14 контактами (рис. 1), либо к разъему XS3 с 16 контактами. Через коммутатор питающего напряжения (5В) подают напряжение питания на соответствующие выводы ИМС в зависимости от ее функционального назначения. Переключатель выводов, состоящий из 16 тумблеров, позволяет на любой из выводов ИМС подавать напряжение логических 1 и 0 либо импульсный сигнал от генераторов. На индикаторе, состоящем из 16 светодиодов, отображается информация об уровнях напряжения на каждом из выводов ИМС, логических 1 или 0. Светящийся диод индицирует уровень логической 1, несветящийся — 0. Дополнительный светодиод HL17, подключенный к выходам импульсных генераторов, сигнализирует об их работе и позволяет контролировать выходной сигнал.

Проверяемая ИМС с 14 выводами подключается к разъему XS2, а с 16 выводами — к разъему XS3. Каждый вывод разъемов через отдельные резисторы R1 — R16 подсоединен к +5В источника питания. При разомкнутых контактах переключателей SB1 — SB16 высокий уровень напряжения, соответствующий логической 1, подается на инверторы DD1 — DD4, выполненные

на ИМС с открытыми коллекторами (К155ЛА8). С выходов инверторов низкие уровни напряжения, соответствующие логическому 0, поступают на катоды светодиодов HL1 — HL16, что вызывает их свечение. При подаче напряжения питания на соответствующие выводы проверяемой ИМС с помощью коммутатора питающего напряжения SB17 — SB21 на других выводах ИМС появляются уровни либо 1, либо 0, что отображается на светодиодном индикаторе HL1—HL16. Подавая уровни логической 1 или 0 на входы элементов микросхемы, по информации на светодиодном индикаторе проверяют выполнение логических функций испытуемой ИМС. Уровень логического 0 подается на общую шину переключателей SB1— SB16 через выключатель SA2 (по схеме в положении «вниз»).

Для проверки микросхем к гнездам 30, 31 разъема XS1 подключают источник питания +5В. В зависимости от количества выводов ИМС подключают к одному из разъемов — XS2 или XS3. На светодиодном индикаторе должны загораться все 16 светодиодов. В соответствии с типом микросхемы на коммутаторе питающего напряжения нажимается одна из кнопок SB17 — SB21, через контакты которой поступает питание на проверяемую микросхему. После подключения питания на светодиодном индикаторе сразу же отображается информация об уровнях напряжений на всех выводах проверяемой микросхемы. Высокий уровень напряжения, соответствующий логической 1, укажет светящийся светодиод, низкий уровень, соответствующий логическому 0,— несветящийся. Пользуясь переключателями SB1 — SB16 и комбинируя уровни логических 1 и 0 на входах элементов, контролируют уровни на выходах, что позволяет судить об исправности микросхемы. При использовании генераторов импульсов работу ИМС можно проверять в динамическом режиме, подключая выходы генераторов к различным входам элементов ИМС.

Для примера приведен порядок проверки ИМС К155ЛА3. Эта микросхема представляет собой счетверенный двухвходовый вентиль И-НЕ (4 2И-НЕ) в корпусе с 14 выводами. Проверяемую

микросхему вставляют в разъем XS2, на коммутаторе питающего напряжения нажимается кнопка SB21, подавая напряжение питания на 7 и 14 выходы микросхемы. При разомкнутых контактах переключателей SB1—SB16 на светодиодном индикаторе будут светиться диоды HL1, HL2, HL4, HL5, HL9, HL10, HL12, HL13, HL14 (HL15, HL16 в данном случае не имеют значения). Светодиоды HL3, HL6, HL7, HL8, HL11 светиться не будут. При подаче на входы 2; 4, 5; 9, 10; 12, 13 любого из четырех вентилях уровня логического 0 на соответствующих выходах вентилях 3, 6, 8, 11 будет индцироваться уровень логической 1. Нарушение описанной логики работы вентилях укажет на неисправность ИМС.

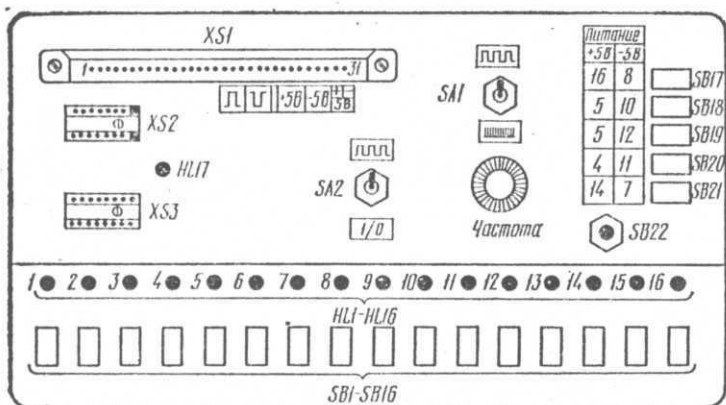


Рис. 1. Передняя панель прибора

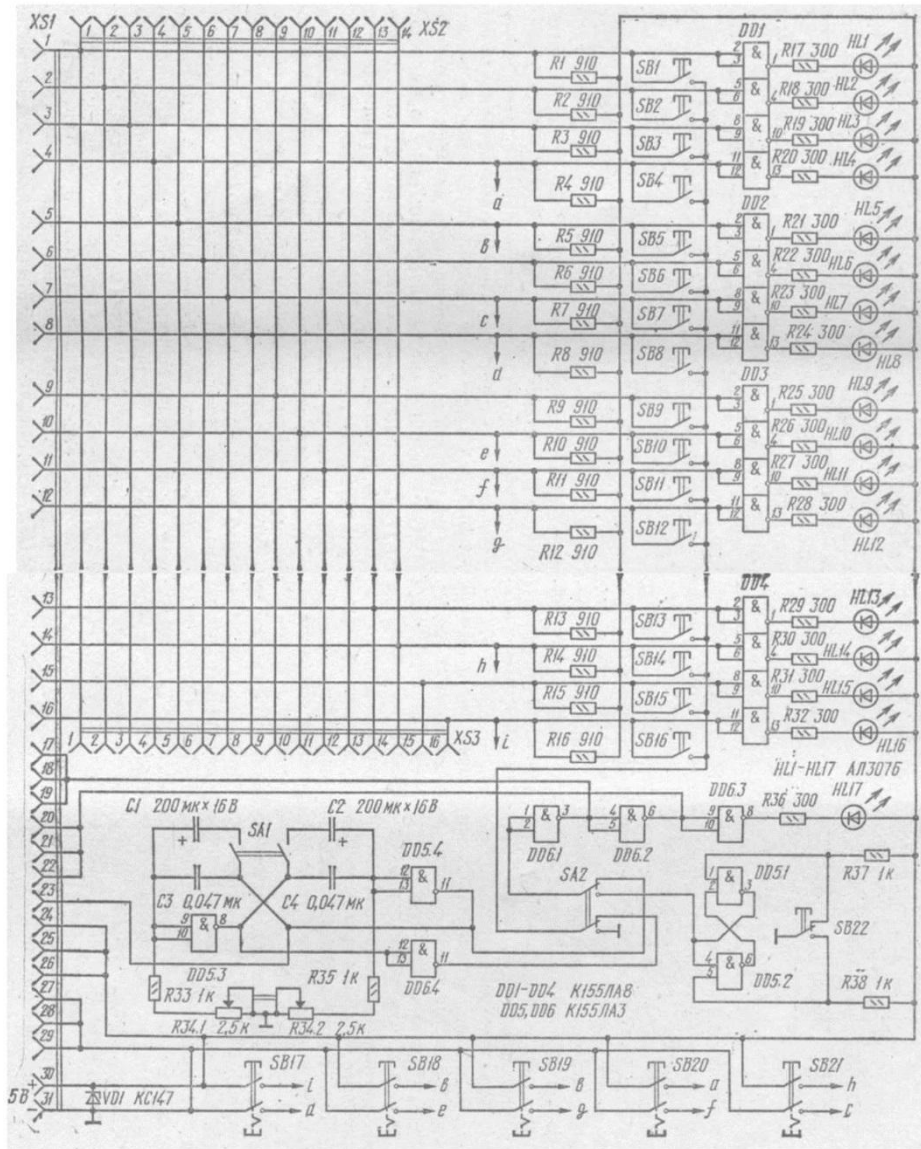


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная

Практическая работа № 10

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА С4-25

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом работы анализатора спектра С4-25
2. Получить практические навыки работы с анализатором спектра С4-25.

Необходимое оборудование

- 1 Анализатор спектра С4-25
- 2 Генератор сигналов высокой частоты Г4-164
- 3 Генератор сигналов высокой частоты Г4-42

Порядок выполнения работы

1 По техническому описанию (см. техническое описание прибора) ознакомиться с принципом работы анализатора спектра С4-25:

— в режиме измерения частоты сигнала методом предварительно откалиброванных масштабной сетки;

— в режиме измерения частоты спектральных составляющих АИ сигнала с помощью калиброванных меток.

2 В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор С4-25 к работе.

3 Научиться измерять частоту спектральных составляющих исследуемого сигнала:

—методом калиброванной масштабной сетки,

—с помощью калибрационных меток.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы супергетеродинного анализатора спектра С4-25.

2. Порядок подготовки прибора к процессу измерения.

3. Назначение органов управления работой прибора.

4. Способ калибровки масштабной сетки экрана.
5. С помощью, каких органов управления прибором можно изменить разрешающую способность анализатора спектра С4-25?
6. С помощью, каких органов управления прибором можно изменять масштаб (размеры) представления исследуемого спектра?
7. Методы измерений частоты составляющих исследуемого спектра.
8. Метод измерения уровня спектральных составляющих исследуемого спектра.

Справочные данные
(обязательное)
Техническое описание прибора С4-25

1 НАЗНАЧЕНИЕ

1.1 Анализатор спектра С4-25 предназначен для относительных измерений уровней составляющих спектра периодически повторяющихся импульсов, непрерывных периодических сигналов в лабораторных, цеховых условиях и в условиях контрольно-ремонтных органов.

1.2 Анализатор спектра — чувствительный селективный прибор, способный работать в большом диапазоне измеряемых амплитуд (большом динамическом диапазоне). Прибор воспроизводит на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ) распределение энергии сигнала, как функцию частоты. Автоматическая перестройка (сви́пирование) частоты в пределах полосы обзора позволяет регистрировать быстрые изменения амплитуды и частоты спектральных компонент.

2.ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1 Диапазон частот прибора от 20 кГц до 50 МГц.

2.2 Погрешность установки частотных интервалов между метками 0,1; 1; 10 МГц не более вычисленной по формуле

$$\Delta = \pm(0,01 F_k + \Delta f),$$

где F_k — интервал между двумя метками;

Δf — полоса пропускания, при измерении.

2.3 Пределы перестройки частоты настройки прибора ручкой ЦЕНТР. ЧАСТОТА в рабочих условиях от 20 кГц до 50 МГц при полосе обзора равной или менее 2 МГц.

В нормальных условиях обеспечивается запас по перестройке не менее 3 МГц относительно частоты 50 МГц и относительно нулевого (начального) отклика.

2.4 Пределы регулировки полосы обзора от 0 до 50 МГц.

2.5 Нелинейность частотного масштаба в полосе обзора 50 МГц не превышает 30% в нормальных условиях и 50% в рабочих условиях.

2.6 Полосы пропускания на уровне минус 3 дБ:

—регулируемая — в пределах от 3 до 70 кГц в нормальных условиях и в пределах от 3 до 50 кГц в рабочих условиях;

—фиксированная — 300 кГц \pm 20%.

На уровне минус 60 дБ минимальная регулируемая полоса пропускания — не более 200 кГц. Изрезанность правого ската амплитудно-частотной характеристики фильтра с регулируемой полосой пропускания не нормируется.

2.7. Нестабильность частоты гетеродина прибора не превышает 1500 кГц за 10 мин после 30 мин самопрогрева.

2.8 Начальный отклик, соответствующий нулю частотного диапазона, сбалансирован до величины не более 20 дБ в положении «—10» ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД дВ.

Примечание. Допускается появление паразитного отклика слева от начального отклика.

2.9 Погрешность отсчетного аттенюатора для относительного измерения уровней составляющих спектра не

превышает ± 1 дБ в пределах от 0 до 49 дБ и $\pm 1,5$ дБ в пределах от 49 до 59 дБ.

2.10 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот от 20 кГц до 50 МГц не превышает 2 дБ по входу «50» при ослаблении входного аттенюатора не менее 10 дБ и 3 дБ по входу пробника.

2.11 Прибор имеет линейный, логарифмический и квадратичный масштабы индикатора. Приведенная к номиналу масштабной сетки погрешность масштабов в пределах от 0,2 до 1 по масштабной сетке ЭЛТ не превышает $\pm 10\%$ для линейного масштаба, $\pm 15\%$ для квадратичного масштаба и не более ± 5 дБ для логарифмического масштаба в пределах от 0 до минус 40 дБ.

2.12 Период развертки — от 0,02 до 2с с плавной регулировкой не менее чем в 3 раза в каждом положении переключателя РАЗВЕРТКА S. В положении ВЫКЛ. развертка отсутствует.

2.13 Прибор имеет два входа: на разъем СР-50-73 и на выносной приемник. Входное активное сопротивление пробника не менее 20 кОм на частоте 20 кГц; входная емкость пробника не превышает 17 пФ в положении делителя пробника «1:1».

2.14 Предел регулировки ослабления аттенюатором ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ — не менее 50 дБ, коэффициент деления делителя пробника 20 ± 3 дБ.

***Примечание.** При вращении ручки ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ допускается начальный скачок не более 5 дБ.*

2.15 При увеличении постоянной времени детектора(ручка т ДЕТЕКТОРА mS) уровень флюктуации шумов уменьшается, не изменяя среднего значения.

2.16 Число меток с интервалам 0,1 и 1 МГц — не менее 2-х с каждой стороны от несущей. Амплитуда этих меток — не менее 0,1 от амплитуды максимальной (несущей) метки. Метки через 0,1 и 1 МГц смещаются ручкой НЕСУЩАЯ МЕТОК MHz. В .положении НЕСУЩАЯ ручки МЕТКИ MHz при подаче на

клеммы ВНЕШНИЕ напряжения величиной не более 1 В частоты 0,4 — 1 МГц появляются боковые метки рядом с несущей. Число меток с интервалом 10 МГц — не менее 5, при этом не учитывается начальный отклик.

Примечание. Гравировка шкалы НЕСУЩАЯ МЕТОК МНz ориентировочна и не служит для отсчета частоты.

2.17 Предел регулировки амплитуды меток — не менее 40 дБ.

2.18 Амплитуда максимальной метки в положении «0,1» и «1» и амплитуда 5-й метки в положении «10» ручки МЕТКИ МНz—не менее одного деления масштабной сетки (7 мм) в положении «—10» ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД дВ.

2.19 Линия развертки устанавливается в пределах масштабной сетки на нижнюю (нулевую) линию с помощью ручек СМЕЩЕНИЕ $\updownarrow \leftrightarrow$ симметрично относительно нулевой вертикальной линии. Ручка РАЗМЕР \leftrightarrow регулирует длину линии развертки до величины не менее 80 мм. Допускается искривление линии развертки за счет геометрии ЭЛТ.

2.20 Прибор обеспечивает свои технические характеристики после времени самопрогрева в течение 30 мин.

2.21 Питание прибора — от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц с содержанием гармоник до 5%.

Примечание. Питание прибора может осуществляться от сети переменного тока частотой 60 Гц, напряжением 220 В.

2.22 Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 100 ВА.

2.23 Длительность непрерывной работы — 8 ч.

3 УСТРОЙСТВО, РАБОТА АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

3.1 Принцип действия

3.1.1 Прибор С4-25 построен по схеме последовательного анализа спектра и представляет собой (рис 3) супергетеродинный приемник с двойным преобразованием частоты и автоматической - перестройкой частоты настройки в пределах всего рабочего диапазона 20 кГц—50 МГц или (по выбору оператора) в любом участке диапазона с меньшей величиной полосы обзора.

Сигнал, поданный на вход прибора, индицируется в виде откликов на экране ЭЛТ, горизонтальная развертка, которой синхронизирована с перестройкой частоты первого гетеродина (сви́п-генератора).

3.1.2 Исследуемый сигнал через входной аттенюатор (а при работе с пробником — мимо входного аттенюатора) поступает на преобразователь.

Для обеспечения возможности работы прибора при подключении его к резонансным системам предусмотрен пробник, имеющий достаточно малую входную емкость. Коммутация ВХОД 50 Ω — ПРОБНИК осуществляется переключателем ВХОД ПРИБОРА.

В преобразователе входной сигнал проходит фильтр нижних частот с граничной частотой 60 МГц и преобразуется в первом смесителе в сигнал с частотой 108,16 МГц, для чего первый гетеродин перестраивается в диапазоне частот от 108,16 до 158,16 МГц с помощью ручки ЦЕНТР. ЧАСТОТА и автоматически пилообразным напряжением развертки. При этом предусмотрена возможность изменения полосы обзора (полосы свипирования частоты гетеродина) в широких пределах от 0 до 50 МГц, что позволяет просматривать панораму всего диапазона частот или, при необходимости, исследовать спектр более подробно в любом участке диапазона прибора.

После второго преобразования (смеситель II, гетеродин II) сигнал второй промежуточной частоты 8,16 МГц проходит через фильтр кварцевый с регулируемой полосой пропускания,

осуществляющий необходимую частотную селекцию, отсчетный аттенуатор, усиливается в УПЧ и детектируется.

После детектора в операционном усилителе, обеспечивающем линейный и квадратичный масштабы индикатора, сигнал усиливается и поступает на пластины 'вертикального отклонения луча ЭЛТ.

Для увеличения яркости откликов сигнал частоты 8,16 МГц с УПЧ поступает на усилитель (подсвета, детектируется и подается на модулятор ЭЛТ).

Генератор пилообразного напряжения обеспечивает развертку луча ЭЛТ. Напряжение развертки снимается с выхода усилителя горизонтального отклонения, а для перестройки (сви́пирование) частоты первого гетеродина это напряжение поступает на модулятор.

В модуляторе напряжение развертки преобразуется в ток подмагничивания электромагнита, в зазоре которого размещена катушка индуктивности гетеродина. При изменении тока подмагничивания изменяется магнитная проницаемость ферритового сердечника, а следовательно и индуктивность катушки гетеродина, что приводит к перестройке гетеродина по частоте.

Частотный масштаб полосы обзора устанавливается с помощью калибратора, обеспечивающего сетки меток с интервалом 0.1; 1 и 10 МГц. Несущая частота калибратора 140 МГц. При установке меток с интервалом 0,1 МГц и 1 МГц несущая частота меток создается путем смешивания сигналов калибратора 140 МГц и гетеродина калибратора, перестраиваемого в диапазоне 140—190 МГц, что дает возможность смещать эти метки по частоте (от 0 до 50 МГц). Метки с интервалом 10 МГц не смешиваются с сигналом гетеродина калибратора и поэтому не смещаются по частоте относительно исследуемого сигнала. В положении **НЕСУЩАЯ** ручки **МЕТКИ MHz** на экране ЭЛТ устанавливается одна метка, которая может смещаться с помощью гетеродина калибратора. При подаче на клеммы **ВНЕШНИЕ** синусоидального напряжения

около несущей метки появляются боковые метки, отстоящие от несущей на интервал, равный частоте модуляции.

При измерении среднего значения уровня собственных шумов включается интегрирующая цепь, постоянная времени которой изменяется ручкой τ ДЕТЕКТОРА mS.

Блок питания обеспечивает схему всеми необходимыми напряжениями.

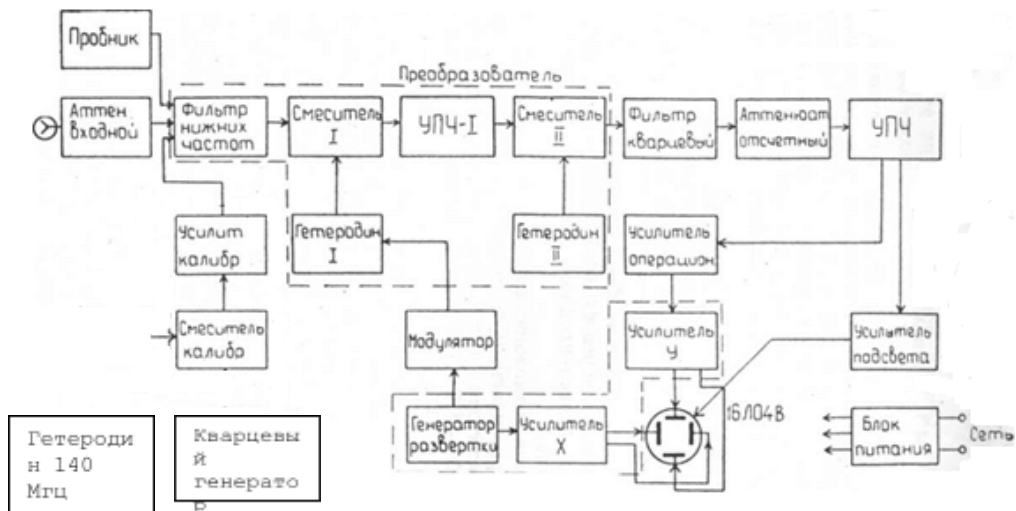


Рис. 3. Структурная схема

3.2 Конструкция

3.2.1 Прибор собран в бесфутлярном корпусе настольно-стоечного типа.

Конструкция прибора полочная. Все основные блоки выполнены в виде металлических коробок с печатным и объемным монтажом. В целях уменьшения наводок от внешних полей и упрощения межблочного монтажа большинство элементов управления, выведенных на переднюю панель прибора, расположены внутри блоков.

Сверху на шасси прибора расположены блоки: усилитель подсвета, гетеродин калибратора, усилитель промежуточной частоты да калибратор.

Последние два блока расположены на откидном шасси, под которым установлен блок кварцевого фильтра.

Снизу на шасси прибора расположены блоки: усилитель операционный, блок развертки, модулятор, преобразователь.

Блок отсчетного аттенюатора и входной аттенюатор расположены на передней панели.

Электроннолучевая трубка располагается в левой верхней части прибора. В боковую панель прибора может быть вмонтирован электрохимический счетчик времени типа ЭСВ-2,5-1-2,6, предназначенные для определения суммарного времени наработки прибора при его настройке, испытаниях и эксплуатации.

Счетчик снабжен капиллярным микрокулометром, накопленными двумя столбиками ртути, разделенными электролитом. Зазор перемещается в правую сторону при включении прибора и тем самым отсчитывается проработанное время по шкале, расположенной под микрокулометром.

Отсчет проработанного времени производится по делению шкалы, против которого находится мениск (торец) правого столбика ртути.

Показания счетчика по истечении каждого полугодия эксплуатации должны вписываться в имеющуюся в формуляре таблицу «Учет часов работы».

Изменение направления отсчета (реверсирование) возможно изменением полярности питания счетчика, при этом реверсирование должно производиться при достижении зазором не более 90—95% от всей шкалы. Отсчет в этом случае ведется в обратном порядке. Следует помнить, что рабочее положение счетчика горизонтальное с допуском $\pm 30^\circ$.

Блок питания крепится к задней стопке прибора, часть которой выполнена в виде радиаторов охлаждения.

Усилители стабилизаторов расположены на двух откидных шасси, прикрепленных к радиаторам.


Высоковольтная часть схемы для питания электроннолучевой трубки выполнена в виде двух блоков, защищенных красными крышками с предупреждающим знаком


Фильтр питания выполнен в виде отдельной коробки, расположен на задней стенке прибора. В фильтр вмонтированы предохранители сетевые и разъем для подключения кабеля питания.

Пробник подключается к прибору через низкочастотный разъем, расположенный на передней панели прибора. При транспортировке прибора пробник размещается в укладочном ящике вместе с кабелями.

4. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электра и радиоизмерительными приборами.

4.2 При подготовке прибора к работе необходимо клеммы защитного заземления  прибора и подключаемых к нему объектов соединить между собой и земляной (нулевой) шиной помещения до присоединения их к сети питания. Если по условиям эксплуатации выполнить защитное заземление нельзя, следует соблюдать особые меры предосторожности, изложенные в действующих ПТЭ электроустановок потребителей и ПТБ при эксплуатации электроустановок.

4.3 В приборе на цоколе ЭЛТ, закрытом колпачком с предупредительным знаком , со стороны задней стенки и в блоке усилителя подсвета имеется напряжение 1900 В относительно корпуса. В блоке питания имеются источники напряжения 1900 и 5000 В, закрытые кожухом красного цвета с предупредительным знаком.

Для регулировки усилителя подсвета, блока питания, замены ЭЛТ допускаются только лица, имеющие допуск к работе с напряжением выше 1000 В.

5 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

5.1 Во избежание повреждения прибора максимальное допустимое напряжение переменного тока по входу прибора на коаксиальный разъем ВХОД 50 Ω и по входу пробника не должно превышать 1 В, а максимальное допустимое напряжение постоянной составляющей не должно превышать 25 В по входу на коаксиальный разъем ВХОД 50 Ω и 150 В по входу пробника.

Внимание!

Ручку ЯРКОСТЬ вводить не раньше чем через 3 минуты после включения прибора

5.2 Для подготовки прибора к измерениям нужно внимательно ознакомиться с описанием и инструкцией по эксплуатации.

5.3 Выполнить защитное заземление прибора.

5.4 Изучить назначение органов управления и установить их в исходное положение (табл 2).

Таблица 2

Наименование органов управления и присоединения	Назначение	Исходное положение
1	2	3
ЯРКОСТЬ ФОКУС РАЗМЕР \leftrightarrow СМЕЩЕНИЕ $\downarrow \leftrightarrow$ ручки	Установка необходимого качества, расположения и размера линии развертки	ЯРКОСТЬ — в крайнем против часовой стрелки, остальные — в среднем положении


ДЕТЕКТОР, ВЫХОД клеммы	Для подключения аппаратуры контроля работы	
ДЕТЕКТОР, НУЛЬ шлиц	Для установки нулевого напряжения на клеммах ДЕТЕКТОР, ВЫХОД	
τ ДЕТЕКТОРА мS ручка	Для установки необходимой постоянной времени детектора	0,03»
РАЗВЕРТКА S сдвоенная ручка	Ступенчатое и плавное изменение периода развертки	«0,1» среднее
ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dB ручка	Относительное измерение уровней составляющих спектра	«0»
ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ kHz «3-70»—«300» Тумблер, ручка	Включение узкой или широкой полосы пропускания и плавное изменение узкой полосы пропускания	«300»

Продолжение табл. 2

1	2	3
МЕТКИ MHz ручка НЕСУЩАЯ МЕТОК MHz ручка и шкала	Для установки частотного интервала между калибрационными метками, смещения их по частоте	ВЫКЛ.
АМПЛИТУДА ручка	Для изменения амплитуды меток	
ВНЕШНИЕ клеммы	Для подключения внешнего источника модулирующего напряжения	
ВЕРТ.МАСШТАБ ручка	Выбор линейного, логарифмического или квадратичного масштаба в положении ЛИН. ЛОГ. МОЩН. Положение КОНТРОЛЬ для получения более сжатой квадратичной характеристики, чем в положении МОЩН. (используется при проверке характеристик прибора)	ЛИН
ЛОГ шлиц	Для подрегулировки логарифмического масштаба	
ОБЗОР MHz	Плавное и ступенчатое	Крайнее при вращении

сдвоенная ручка	изменение полосы обзора	по часовой стрелке «3—50» обеих ручек
ЦЕНТР. ЧАСТОТА сдвоенная ручка	Грубая и плавная ручкастройки прибора на частоту сигнала	Крайнее при вращении против часовой стрелки обеих ручек
БАЛАНС ручки	Балансировка начального отклика	
ВХОД ПРИБОРА переключатель	Коммутация входов прибора	ВХОД . 50 Ω
ВХОД 50 Ω гнездо	Подключение источника сигнала	
ПРОБНИК разъем	Включение пробника	
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ручка	Ослабление сигнала поданного на ВХОД 50Ω	Крайнее при вращении по часовой стрелке
КОНТРОЛЬ ПОЛОС гнездо	Подключение приборов контроля	

Продолжение табл. 2

1	2	3
СЕТЬ Тумблер Сигнальная лапочка	Включение и контроль включения прибора	Выключено
клемма 	Для подключения защитного заземления	
«1:1—1:10» переключатель на пробнике	Изменение чувствительности прибора при работе с пробником	
«220 V 50 Hz» разъем	Для подключения сетевого кабеля	

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

6.1 Подготовка к проведению измерений

6.1.1 Подключить прибор к сети питания, включить тумблер СЕТИ. Прогреть прибор в течение 30 минут.

6.1.3 Убедиться в нормальной работе прибора по следующим признакам:

— при включении тумблера СЕТЬ загорается индикатор включения;

— линия развертки с помощью ручек СМЕЩЕНИЕ $\updownarrow \leftrightarrow$ РАЗМЕР \leftrightarrow совмещается с нижней линией масштабной сетки ЭЛТ и устанавливается длина развертки, равная 80 мм., Ручками ФОКУС и ЯРКОСТЬ устанавливаются требуемые фокусировка и яркость линии развертки;

— при вращении ручки ЦЕНТР. ЧАСТОТА по часовой стрелке появляется начальный отклик, соответствующий нулю частотного диапазона;

— ручками БАЛАНС производится балансировка начального отклика.

Для этого при помощи меток калибратора с интервалом 1 МГц установить полосу обзора 3—5 МГц. С помощью последовательной балансировки ручками БАЛАНС амплитуду «начального» отклика уменьшить до минимального уровня в положении

«—10» ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dВ. При большой амплитуде «начального» отклика, когда вершина его находится за пределами экрана ЭЛТ и не видно уменьшения амплитуды отклика, необходимо ручкой СМЕЩЕНИЕ опустить линию развертки так, чтобы видна была вершина «начального» отклика. После балансировки линию развертки установить на прежний уровень;

***Примечание.** Возможно появление паразитного отклика в начале линии развертки, который находится слева от «начального» отклика. Физическая природа паразитного отклика связана с искривлением начала модуляционной характеристики свип-генератора на феррите, когда его частота дважды проходит через одно и то же значение. Это явление обусловлено задержкой магнитного поля в ферритовом сердечнике генератора по отношению к модулирующему пилообразному напряжению.*

При вращении ручек ЦЕНТР. ЧАСТОТА паразитный отклик остается неподвижен, а при увеличении периода развертки он исчезает.

— в положении «—59» ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dB и фиксированной полосе «300» на экране трубки видны шумы, размах которых уменьшается при неизменном среднем значении с увеличением постоянной времени ручкой τ ДЕТЕКТОРА mS, а при уменьшении полосы пропускания уровень шумов падает;

— амплитуда метки в положении НЕСУЩАЯ и амплитуда максимальной метки в положениях «0,1», «1», «10» ручки МЕТКИ MHz регулируется ручками АМПЛИТУДА и устанавливается не менее одного деления (7 мм) масштабной сетки ЭЛТ при установке ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dB в положение «—10», а ручки ВЕРТ. МАСШТАБ — в положение ЛИН. Число меток на экране ЭЛТ с интервалом 0,1; 1 и 10 МГц не менее 5;

— при помощи ручки НЕСУЩАЯ МЕТОК MHz несущая меток перестраивается в диапазоне частот от 0 до 50 МГц;

— при уменьшении яркости до начала исчезновения развертки «начальный» отклик автоматически подсвечивается;

— при включении логарифмического масштаба амплитуда отклика уменьшается, а при включении квадратичного — увеличивается.

6.1.4 Произвести дополнительную регулировку прибора:

— вращая ручки ЦЕНТР. ЧАСТОТА по часовой стрелке, настроиться на «начальный» отклик, который соответствует нулю частотного диапазона, и установить его в начале линии развертки;

— в положении НЕСУЩАЯ ручки МЕТКИ MHz установить ручкой АМПЛИТУДА величину метки порядка 1 деления (7 мм) по масштабной сетке ЭЛТ в положении «—10» ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dB;

— при помощи меток с интервалом 0,1; 1 и 10 МГц установить нужную для измерений полосу обзора.

Для получения полосы обзора от 100 кГц до 1 МГц пользоваться метками с интервалом 100 кГц и узкой полосой пропускания, а для получения полосы обзора от 1 до 10 МГц и от 10 до 50 МГц пользоваться соответственно метками с интервалом 1 и 10 МГц и нужной для исследования полосой пропускания.

Подать на вход прибора исследуемый сигнал при помощи придаваемого кабеля или выносного пробника;

— ручками ЦЕНТР. ЧАСТОТА и ОБЗОР МHz установить отклики в пределах экрана так, чтобы они занимали всю ширину линии развертки. Если при этом вершины откликов выходят вверх за линию «1,0» масштабной сетки ЭЛТ, то величину их необходимо уменьшить ручками ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dВ или ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ. Полосу пропускания уменьшать до получения необходимого разрешения откликов по частоте. При этом необходимо следить за тем, чтобы не появлялись динамические искажения, наличие которых проявляется в том, что при уменьшении скорости развертки ручками РАЗВЕРТКА S увеличивается амплитуда откликов и наоборот.

Ручками РАЗВЕРТКА S установить режим, близкий к статическому, когда уменьшение скорости анализа не увеличивает амплитуду отклика.

6.2 Проведение измерений

6.2.1 Относительное измерение уровней составляющих спектра производится по отсчетному аттенуатору при линейном масштабе (положение ЛИН. ручки ВЕРТ. МАСШТАБ). Грубая оценка может быть сделана по масштабной сетке при любом масштабе индикатора.

Если необходимо исследовать спектр сигнала, в котором перепад составляющих по амплитуде не более 40 дБ, можно использовать логарифмический масштаб индикатора, для чего ручку ВЕРТ. МАСШТАБ перевести в положение ЛОГ, а ручки ОТСЧЕТ АМПЛИТУД dВ—в положение «—59». Сетка логарифмического масштаба на экране ЭЛТ позволяет отсчитывать по ней относительную величину составляющих спектра с погрешностью не более ± 5 дБ.

Однако перед измерениями с помощью масштабной сетки логарифмического масштаба необходимо проверить точность логарифмической характеристики по отсчетному аттенюатору прибора. Для этого необходимо ручки ОТСЧЕТ АМПЛИТУД дВ установить в положение «—59» и вершину отклика сигнала совместить с верхней горизонтальной линией масштабной сетки ЭЛТ (уровень «0» логарифмического масштаба). При последовательной установке ручек ОТСЧЕТ АМПЛИТУД дВ в положение «—49», «—39», «—29», «—19» вершина отклика сигнала устанавливается соответственно на деления «—10», «—20», «—30», «—40» сетки ЭЛТ логарифмического масштаба с отклонением не более ± 5 дБ.

Наиболее вероятной причиной увеличения погрешности логарифмического масштаба является изменение чувствительности ЭЛТ, вызванное изменением напряжения питающей сети. Чувствительность ЭЛТ может регулироваться с помощью резистора ЛОГ., выведенного под шлиц на переднюю панель анализатора спектра.

Для более точного измерения амплитуд составляющих спектра в логарифмическом масштабе рекомендуется пользоваться отсчетным аттенюатором прибора.

Измерение составляющих спектра по мощности производится по экрану ЭЛТ при помощи отсчетного аттенюатора прибора. При этом ручка ВЕРТ. МАСШТАБ находится в положении МОЩН.

6.2.2 Измерение частоты спектральных составляющих или частотных интервалов между ними производится по масштабной сетке, предварительно откалиброванной с помощью сетки кварцевых меток прибора. Метки 0,1 и 1 МГц могут перестраиваться относительно сигнала с помощью ручки НЕСУЩАЯ МЕТОК МНz. Подавая на клеммы ВНЕШНИЕ сигнал от постороннего генератора, можно получить сетку меток желаемой частоты и точности, при этом ручка МЕТКИ МНz должна быть в положении НЕСУЩАЯ

При необходимости измерения частоты сложного сигнала, когда спектральные составляющие близки по частоте и амплитуде, электронно-счетные и гетеродинные частотомеры могут дать большую ошибку. Частоту сигнала (и его составляющих) в этом случае наиболее надежно измерять с помощью анализатора спектра, совмещая на экране ЭЛТ прибора отклик измеряемого сигнала и сигнала генератора известной частоты. Погрешность измерения будет складываться из погрешности эталонировки частоты генератора сигнала и погрешности совмещения откликов, которая при узкой полосе пропускания анализатора не превышает 1 кГц.

6.2.3 При анализе спектра непрерывных периодических колебаний сложной формы по отношению боковых составляющих спектра к амплитуде несущей определяется глубина амплитудной модуляции, а по их расстоянию от несущей — частота модуляции.

При анализе АМ сигнала благодаря высокому динамическому диапазону анализатор спектра позволяет выполнять точные измерения коэффициента модуляции M .

В логарифмическом масштабе легко могут быть измерены амплитуды боковых частот (A_b) в дБ относительно несущего сигнала (A_n), после чего может быть вычислен коэффициент модуляции M .

При анализе ЧМ сигналов (при большом индексе модуляции) ширина спектра сигнала на уровне минус 6 дБ соответствует примерно удвоенной девиации частоты генератора.

6.3 Особенности работы прибора

6.3.1 В случае относительного измерения амплитуд при малом отношении сигнал/шум рекомендуется пользоваться интегратором τ ДЕТЕКТОРА mS . При этом необходимо выбрать оптимальное соотношение между временем развертки, полосой пропускания, полосой обзора и постоянной интегрирования так, чтобы отклик от сигнала на экране ЭЛТ был симметричным, т. е. чтобы не наблюдался экспоненциальный спад заднего фронта отклика.

6.3.2 Измерение частотных интервалов по масштабной сетке следует производить при скорости развертки, при которой калибровался масштаб.

Максимальная частота следования радиоимпульсов не должна превышать значений, указанных в таблице 3 для каждого положения ручки РАЗВЕРТКА S.

Таблица 3

Положение ручки РАЗВЕРТКА S	0,1	0,3	1	3
Максимальная частота следования, кГц	5	τ	1	0,5

6.3.3 При перестройке частоты ручкой ЦЕНТР. ЧАСТОТА в значительных пределах наблюдается закономерный дрейф, обусловленный прогревом электромагнита свип-генератора при изменении тока подмагничивания, что проявляется в течение некоторого времени в виде заметного дрейфа отклика на экране ЭЛТ, особенно при малой полосе обзора.

6.3.4 При работе со входа пробника следует учитывать, что при переключении делителя пробника в положение «1:10» входная емкость прибора уменьшается до 5 пФ.

6.3.5 При калибровке частотного масштаба по меткам с интервалами 0,1 и 1 МГц, которые смещаются в диапазоне с помощью ручки НЕСУЩАЯ МЕТОК МНz, следует избегать накладки этих меток на метки вблизи начального отклика. Метки, вблизи начального отклика образуются неустранимым прохождением модулирующих импульсов (видеоимпульсов) кварцевых генераторов. Во избежание ошибок в низкочастотной части диапазона следует пользоваться ими, а несущую частоту меток необходимо при этом увеличить.

6.3.6 При отсчете частоты по меткам калибратора, когда производится смещение меток ручкой НЕСУЩАЯ МЕТОК МНz, необходимо учесть, что в гетеродине калибратора имеется плавная электрическая подстройка по частоте. Плавная

подстройка осуществляется во время свободного движения ручки, когда не происходит вращение шкалы. Гравировка шкалы **НЕСУЩАЯ МЕТОК МНz** ориентировочна и не служит для отсчета частоты.

6.3.7 Неравномерность частотной характеристики 2,0 дБ во всем диапазоне частот гарантируется при ослаблении входного аттенюатора не менее 10 дБ (для входа ВХОД 50 Ω).

6.3.8 При анализе спектра относительно длинных импульсов (более 20 мкс), даже при минимальной полосе пропускания, на спектрограмме появляется экспоненциально убывающий яркостный фон, особенно заметный при анализе прямоугольного импульса (рис 4).

Наличие яркостного фона не означает, что исследуемый спектр имеет искажения. Этот фон обусловлен особенностями работы анализатора и не должен приниматься во внимание.

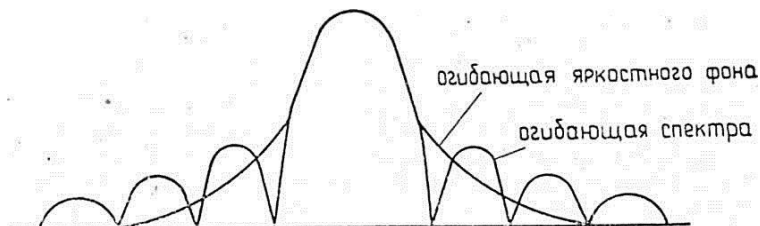


Рис.4. Иллюстрация яркостного фона при анализе спектра относительно длинных импульсов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 на
учебной радиоизмерительной практике для студентов
специальностей
11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 12.02.06 «Биотехнические и
медицинские аппараты и системы», 09.02.01 «Компьютерные
системы и комплексы»

Составители:
Денисов Дмитрий Александрович
Петрова Галина Николаевна

В авторской редакции
Компьютерный набор Д.А. Денисова

Подписано к изданию
Уч.- изд. л. 10

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14