

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

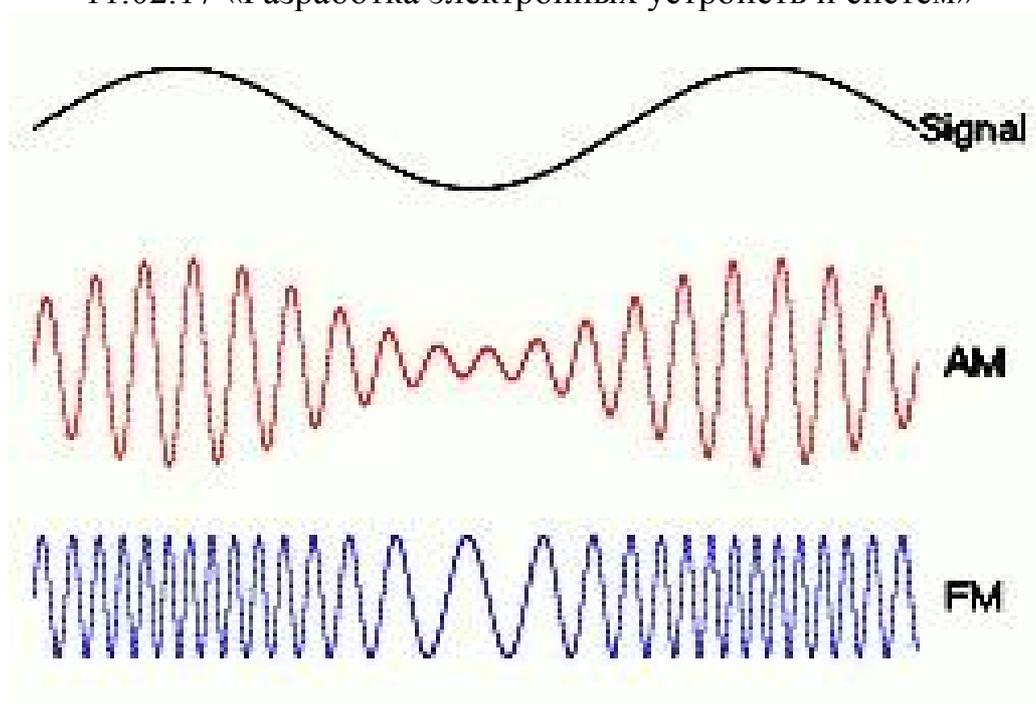
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

109-2023

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1-3 по учебным практикам
УП.02.01 «Проведение ТО и ремонта электронных приборов и устройств»,
УП.02.01 «Настройка и регулировка радиотехнических
систем, устройств и блоков» для студентов специальностей
11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт
электронных приборов и устройств»,
11.02.01 «Радиоаппаратостроение»,
11.02.17 «Разработка электронных устройств и систем»



Воронеж 2023

УДК 621.317(07)
ББК 31.22я73

Составители:

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

Методические указания к выполнению практических работ № 1-3 по учебным практикам УП.02.01 «Проведение ТО и ремонта электронных приборов и устройств», УП.02.01 «Настройка и регулировка радиотехнических систем, устройств и блоков» для студентов специальностей 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств», 11.02.01 «Радиоаппаратостроение», 11.02.17 «Разработка электронных устройств и систем» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Г. Н. Петрова, Д. А. Денисов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. - 42 с.

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 и содержатся в файле МУ_УП_1, 2, 3.pdf.

Ил. 5. Табл. 11.

УДК 621.317(07)
ББК 31.22я73

Рецензент - А. С. Жилин, начальник сектора метрологии АО НКТБ «Феррит»

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

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 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 память 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:

$$\Delta = \pm(A_0 \cdot \Delta f + \Delta f_{ш}) \quad (1)$$

$$\Delta = \pm(2 A_0 \cdot \Delta f + 2 \Delta f_{ш}) \quad (2)$$

где A_0 - 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»:

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

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

где фс - 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

щих 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:

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

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

где A_0 - относительная погрешность измерения;

M - значение измеряемого коэффициента АМ;

$\Delta M_{ш}$ - «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

M, %	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	
		0,1-4	4-32	18-1000	18-1000	18-1000		
Полоса пропускания тракта НЧ, кГц	0,3-3,4	0,007	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	
	0,02-20	0,010	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	
	0,02-200	0,025	-	0,10	0,10	0,10	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. отдельным 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 частотно-го 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 рис. 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):

$$K_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N U_i^2}}{U_1} \cdot 100, \quad (7)$$

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

U_i - значение амплитуд напряжения гармоник сигнала.

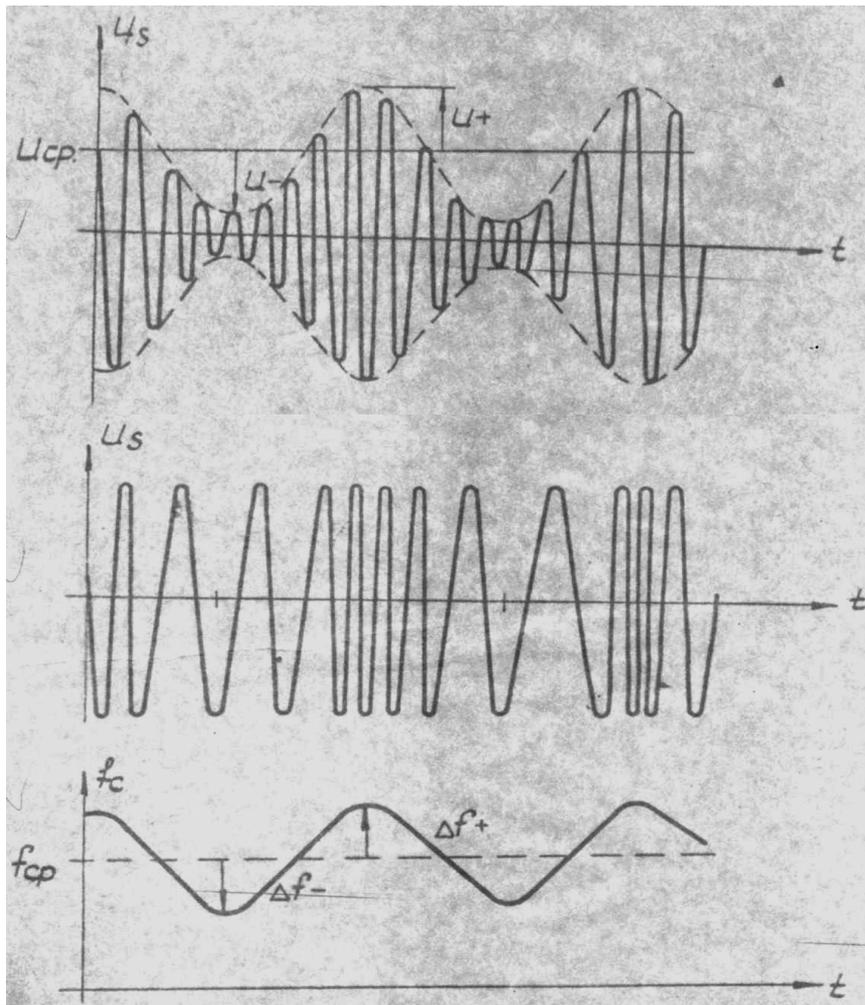


Рис. 1

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

Практическая работа № 2

РАБОТА С ПАНОРАМНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПО НАПРЯЖЕНИЮ Р2-73

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом работы прибора Р2-73.
2. Получить практические навыки работы с панорамным измерителем КСВН Р2-73.

Необходимое оборудование

1. Измеритель коэффициента стоячей волны Р2-73
2. Набор нагрузок

Порядок выполнения работы

1. По техническому описанию ознакомиться с назначением прибора Р2-73, его основными техническими характеристиками и принципом работы.
2. В соответствии с инструкцией по эксплуатации подготовить прибор к работе.
3. Научится 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 Р2-73

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Измеритель коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) панорамный.

Р2-73 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 вынесен-

ными 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, аттенюатор 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, цифровой обработки и вывода на экран ЭЛТ в виде кривых и цифро-знаковых символов.

Структурная схема БИ показана на рис.2.



Рис.2

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. 8.

Обозначение	Назначение
1	2
	На лицевой панели
КАНАЛЫ А,В,С,	Включение соответствующего канала
	Режим калибровки для измерения отражения
	Режим калибровки для измерения передач
P	Включение режима измерения мощности
РЕЖИМ РАБОТЫ	Включение режима калибровки
	Включение режима калибровочного детектора
	Включение режима калибровочного детектора
ОБЩ 	Общий сброс – выход в начало программы
	Включение режима регистрации
	Включение режима вывода данных измерения на ЭВМ
K1, K2	Включение режима вывода данных измерения на ЭВМ
	Включение контрольных уровней
X/n	Включение узкой полосы
log	Включение усреднения
РЕЖИМ Измерения	Включение логарифмического режима измерения
КСВН	Включение отсчета в единицах КСВН, коэффициента отражения или в децибелах
S ₁₁ , A _x	Включение отсчета в единицах КСВН, коэффициента отражения или в децибелах
X/П	Включение режима сравнения частотных характеристик измеряемого и эталонного узлов
П	Включение режима запоминания частотной характеристики эталонного узла
0...9	Ввод цифровых данных
	Запись вводимых данных в память

1	2
	Сброс неверно набранных данных
F1 } F2 } Частота ΔF_{\max}	Включение режима набора начальной частоты Включение режима набора конечной частоты 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 А и потенциометр для регулировки этого сигнала
B	Разъем для подключения измеряемого сигнала канала В 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 перекос 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. 9).

Таблица 9

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 3

Картина на экране при проверке функционирования измерителя

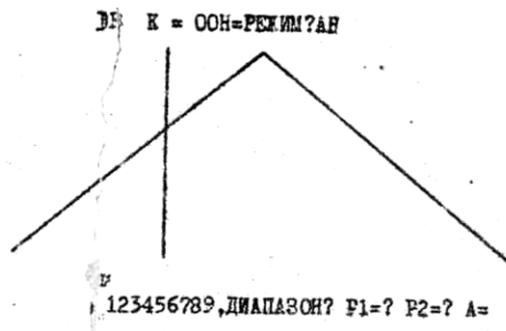


Рис. 3

Если изображение на экране отличается, измеритель неисправен (неисправен микропроцессор БИ), его следует направить в ремонт. Если изображение на экране совпадает с рис. 3, 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. 9.

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 появиться надпись «F2=?» в верхнем ряду.

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

меряемых 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 «ХХ».

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 « \wedge », 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 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 кГц - 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 межпове- рочный интервал 1 год.

Кратковременная нестабильность частоты за 15 мин. после 30 мин. само- прогрева 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 коле- баний.

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 $0,032 \cdot 10^{-6}$ 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. Выходное на- пряжение 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 но- минальных 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 ±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 ±10% (в процентах модуляции) при коэффициенте модуляции до 50% включительно и не более ±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 установления девиации частоты в зависимости от частоты несущей соответствуют величине, указанной в табл. 10

Таблица 10

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).

Сопrotивление 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. 4.

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 па 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 РС 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 МГц служит термостатированный кварцевый генератор на 5 МГц. В приборе предусмотрена возможность отключения внутреннего синхронизатора частоты. При этом частота на выходе прибора может отличаться от индицируемой на $\pm 0,5$ МГц. 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. 11

Таблица 11

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. 5).

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	}	— кнопка выбора внутренней модулирующей частоты и индикаторы выбранной частоты;
0,2		
0,3		
0,4 кГц		
1		
2,5		
3,4		
10		
<V _F >		
600Ω;		
V max	}	— индикация уровня входного сигнала в режиме внешней модуляции, поданного на входной разъем
5 В		

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

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 широкополосный программно-управляемый Г4-164 (вид спереди)

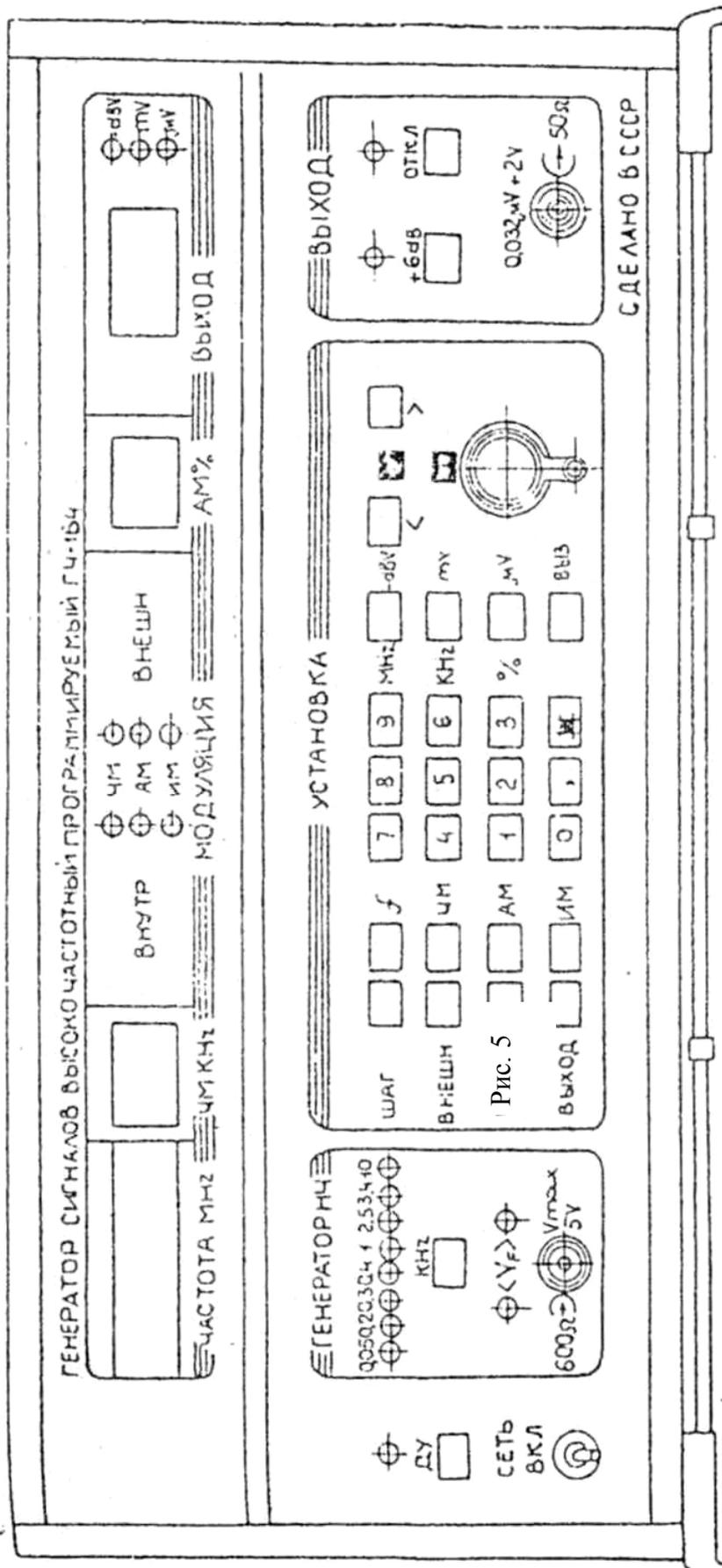


Рис. 5

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 восстанавливается прежнее значение частоты. Можно производить набор частоты в килогерцах, но при этом необходимо исполнительную команду подавать нажатием кнопки кГц.

Квазиплавная перестройка частоты осуществляется ручкой ∇∇ 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 (∇∇). 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 разь-

емом 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 со-

ответствии 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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1	
Работа с измерителем модуляции вычислительным СКЗ-45.....	3
Практическая работа № 2	
Работа с панорамным измерителем коэффициента стоячей волны по напряжению Р2-73.....	15
Практическая работа № 3	
Работа с программируемым генератором сигналов высокой частоты Г4-164...	26

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1-3 по учебным практикам
УП.02.01 «Проведение ТО и ремонта электронных приборов
и устройств», УП.02.01 «Настройка и регулировка радиотехнических
систем, устройств и блоков» для студентов специальностей
11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт
электронных приборов и устройств»,
11.02.01 «Радиоаппаратостроение»,
11.02.17 «Разработка электронных устройств и систем»

Составители:

Петрова Галина Николаевна
Денисов Дмитрий Александрович

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор Г. Н. Петровой

Подписано к изданию 15.02.2023.

Уч.- изд. л. 2,2.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84