

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

СПРАВОЧНИК МАГНИТНОГО ДИСКА
Естественно – технический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ № 1, 2 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

| | | | |
|----------------------|---------------|------------|-----------------|
| МУ РИ 9,10,11.pdf | 630 Кбайт | 23.02.2017 | 1,6 уч.-изд.л. |
| (наименование файла) | (объем файла) | (дата) | (объем издания) |

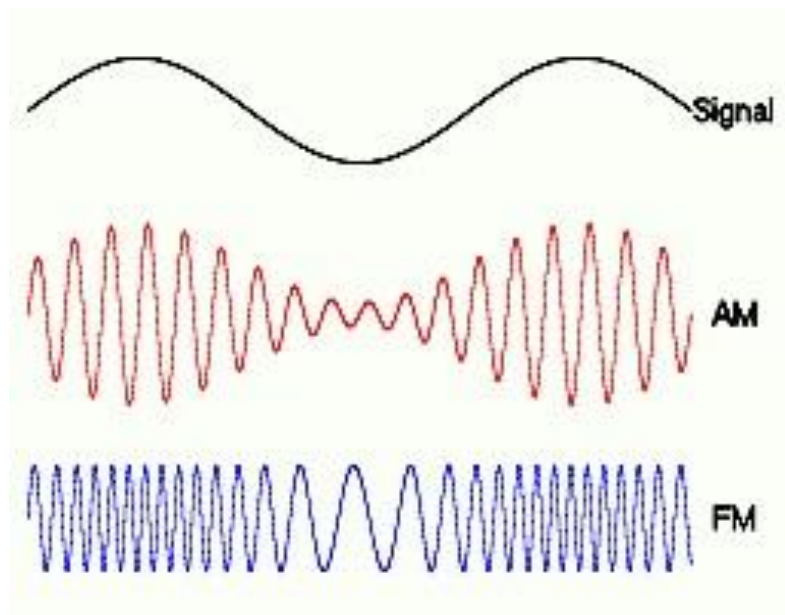
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

Естественно – технический колледж

- 2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1, 2 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 2017

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

УДК – 621.317.3

Методические указания к выполнению практических работ № 9, 10, 11 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, 2017. 55 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 РИ 2, 3, 4.pdf

Ил. 13. Табл. 8

Рецензент ведущий инженер-конструктор
 Н.Н. Майков

Ответственный за выпуск директор ЕТК ВГТУ профессор
А.А. Долгачев

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический университет», 2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ № 1, 2 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 23.02.2017

Уч.- изд. л. 1,6

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14

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 f_c кГц, но не более 20 кГц, в диапазоне несущих частот 0,1-4 МГц, где f_c - 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»:

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

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

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 f_c (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:

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

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

где A_0 - относительная погрешность измерения;

M - значение измеряемого коэффициента АМ;

$\Delta M_{\text{ш}}$ - «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 |
|---|----------|-------|------|---------|
| 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):

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

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

U_i - значение амплитуд напряжения гармоник сигнала.

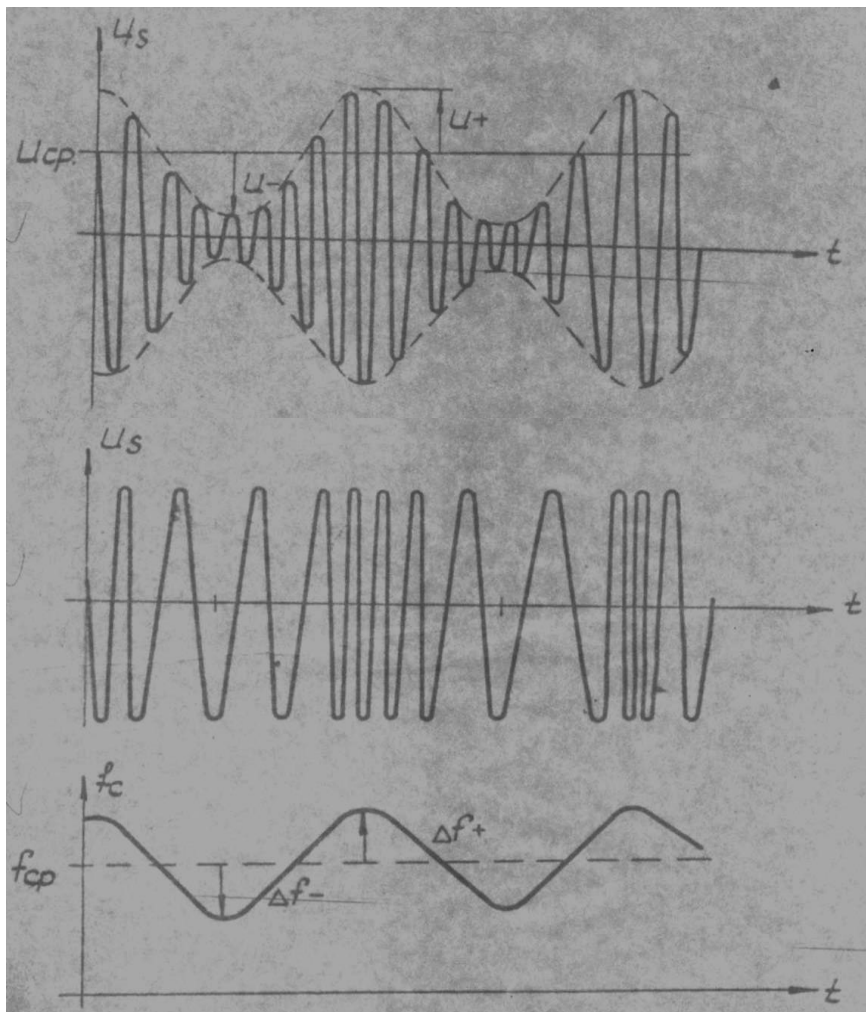


Рис. 1

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, переключение схемы поиска в режим захвата и переход в режим измерения.

Амплитудный детектор включает в свой состав детекторы:

-пиковый детектор положительных полувольт модулирующего сигнала;

-пиковый детектор отрицательных полувольт 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 "малозумящих" 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

огигающей "Кг" переключателем режимов работы.

4.2.11. При измерении коэффициента гармоник огигающей 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 включения другого режима |
| "9" «F» | Измерение частоты модулирующего сигнала | "E" или включения другого режима |
| «А» | Запись включенного режима в регистр памяти | - |
| "В" | Извлечение запасного режима из регистра памяти | |

| | | |
|----------|---|---------------------------------|
| "С" | Логарифмический отсчет в децибелах относительно текущего значения | "Е" |
| «F» " D" | Проверка готовности прибора после калибровки | Включение любого другого режима |

Продолжение табл. 6

| 1 | 2 | 3 |
|-------------|---|---------------------------------|
| "Е" | Выключение любого вспомогательного режима | - |
| "F" | Включение вспомогательного режима. Возвращение регистра памяти в исходное состояние | - |
| "Е" "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 В.

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-

Структурная схема блока измерительного

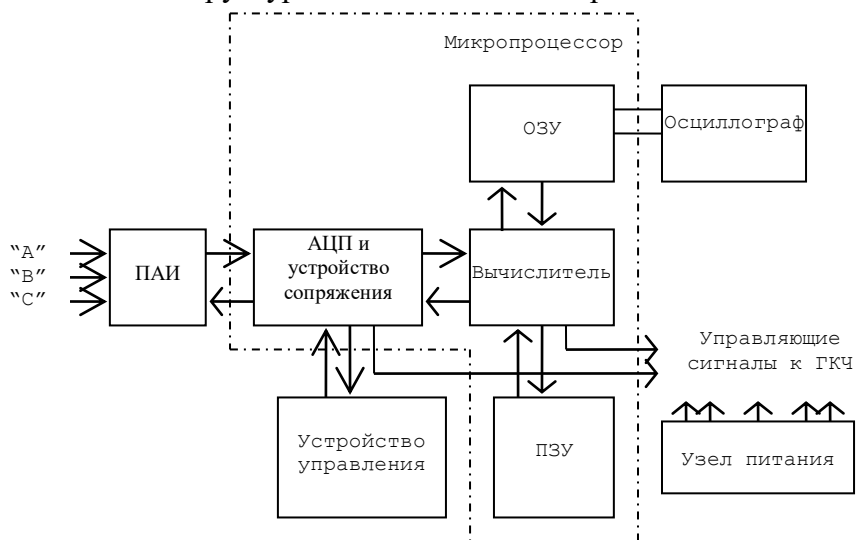


Рис. 4

вой обработки и вывода на экран ЭЛТ в виде кривых и цифрознаковых 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 |
| | На лицевой панели |
| КАНАЛЫ А,В,С, | Включение соответствующего канала |
|  | Режим калибровки для измерения отражения |
|  | Режим калибровки для измерения передач |
| Р | 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 ₁₁ , A _x X/Π | Включение режима сравнения частотных характеристик измеряемого и эталонного узлов |
| Π | Включение режима запоминания частотной характеристики эталонного узла |
| 0...9 | Ввод цифровых данных |



Продолжение табл. 10

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



| | | |
|--|--|--|
| | набраны за пределами возможностей ГКЧ1 или F2<F1 | |
|--|--|--|

Продолжение табл. 11

| 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 аттенуаторов 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 аттенуаторов. 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 |
| б 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 аттенуаторы 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  |
|--|--|--|

Продолжение табл. 11

| 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

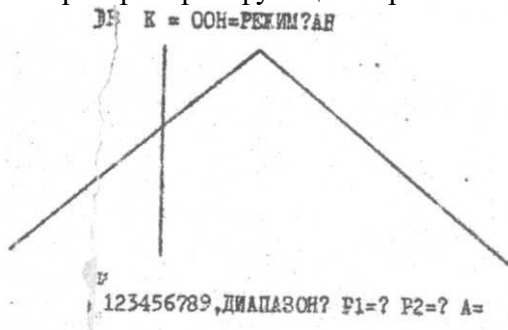


Рис.5


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 появиться 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 $F2 < F1$, появиться 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.