



# ИЗМЕРИТЕЛЬ МОДУЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ

P2M-18

Руководство по эксплуатации

Работа с P2M

Часть III ЖНКЮ.468166.001РЭ2

Предприятие-  
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»  
Адрес: 634045 Россия  
г. Томск ул. Вершинина, 47  
тел: (3822) 42-18-77  
(3822) 41-46-35  
тел/факс: (3822) 42-36-15  
E-mail: pribor@micran.ru  
сайт: www.micran.ru

© Микран, 2011





## Содержание части III

Руководство по эксплуатации. Часть III. Работа с Р2М.....	10
1 Нормативные ссылки .....	10
2 Определения, обозначения и сокращения .....	10
3 Требования безопасности .....	12
4 Подготовка Р2М к работе .....	12
4.3 Эксплуатационные ограничения .....	12
4.4 Внешний осмотр.....	13
4.5 Порядок установки на рабочее место .....	14
4.6 Контрольно-профилактические работы.....	14
4.6.2 Чистка соединителей .....	14
4.6.3 Проверка присоединительных размеров «А» .....	15
4.6.3.5 Калибровка.....	16
4.6.3.6 Проверка размера «А» соединителя «розетка».....	17
4.6.3.7 Проверка размера «А» соединителя «вилка».....	18
4.7 Начальные установки.....	19
4.8 Загрузка программного обеспечения и подключение к ПК .....	20
4.9 Проверка работоспособности Р2М.....	20
4.9.1 Общие положения .....	20
4.9.2 Порядок проведения проверки .....	20
5 Порядок работы .....	24
5.1 Меры безопасности при работе с Р2М.....	24
5.1.1 Общие требования.....	24
5.1.2 Сочленение соединителей.....	24
5.1.3 Расчленение соединителей.....	27
5.2 Подготовка к измерениям .....	27
5.3 Включение Р2М.....	28
5.4 Выключение Р2М .....	28
5.5 Проведение измерений .....	28
5.5.1 Синтезатор частот .....	28
5.5.1.2 Синтезированное сканирование с фиксированным шагом .....	29
5.5.1.3 Синтезированное сканирование по списку частотных точек .....	30
5.5.1.4 Фиксированная частота .....	30
5.5.2 Измеритель мощности .....	31
5.5.2.4 ИУ со встроенными источниками сигналов .....	32
5.5.2.5 ИУ с внешними сигналами .....	34
5.5.3 Измерение модуля КП .....	35
5.5.3.4 Измерение модуля КП двухпортовых устройств .....	35
5.5.3.5 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с опорным	



каналом.....	39
5.5.3.6 Измерение модуля КП трехпортовых устройств без преобразования частоты.....	43
5.5.3.7 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с преобразованием частоты .....	45
5.5.4 Измерение модуля КО и КСВН .....	47
5.5.5 Одновременное измерение модуля КП и КО .....	53
5.5.6 Измерение динамических характеристик.....	56
5.5.7 Работа в составе измерительной системы .....	57
5.5.8 Измерение параметров смесителей .....	57
5.5.9 Измерение расстояния до обрыва.....	61
5.5.10 Измерение ГВЗ .....	65



## Полное содержание

Руководство по эксплуатации. Часть I. Общие сведения .....	8
1 Нормативные ссылки .....	8
2 Определения, обозначения и сокращения .....	8
3 Требования безопасности .....	10
4 Описание Р2М и принципов его работы.....	10
4.1 Назначение .....	10
4.2 Функциональные возможности .....	12
4.3 Условия окружающей среды.....	13
4.4 Состав Р2М .....	13
4.4.1 Комплект поставки.....	13
4.4.2 Модификация (опция) .....	13
4.4.3 Запись при заказе .....	14
4.5 Расположение органов настройки и включения Р2М .....	14
4.5.1 Передняя панель .....	14
4.5.2 Задняя панель.....	15
4.6 Технические характеристики .....	16
4.7 Устройство и работа Р2М.....	18
5 Подготовка Р2М к работе .....	21
6 Средства измерений, инструменты и принадлежности .....	22
7 Порядок работы .....	22
8 Поверка Р2М .....	23
9 Техническое обслуживание.....	23
10 Текущий ремонт .....	23
10.1 Общие положения .....	23
10.2 Гарантийный ремонт.....	24
11 Хранение, транспортирование, упаковка .....	25
11.1 Хранение .....	25
11.2 Транспортирование .....	25
11.2.1 Погрузка и выгрузка. Общие положения .....	25
11.2.2 Условия транспортирования .....	25
11.3 Упаковка.....	26
11.3.1 Общие положения .....	26
11.3.2 Распаковывание .....	26
11.3.3 Упаковывание .....	27
12 Маркировка и пломбирование .....	28
13 Утилизация.....	28



Руководство по эксплуатации. Часть II. Руководство по программному обеспечению .....	10
1 Определения, обозначения и сокращения .....	10
2 Общие сведения.....	11
3 Установка и настройка ПО.....	12
3.1 Установка ПО .....	12
3.2 Подключение измерительного блока к компьютеру .....	13
3.3 Установка параметров .....	16
4 Описание ПО .....	18
4.1 Старт ПО и подключение к прибору.....	18
4.2 Отображение результатов измерений. Диаграмма .....	21
4.3 Элементы управления.....	22
4.4 Трассы.....	25
4.5 Масштаб отображения трасс.....	27
4.6 Управление графическими параметрами.....	28
4.7 Функция «Масштабирование».....	31
4.8 Функции над трассами.....	32
4.8.2 Функция «Накопления».....	33
4.8.3 Функцией «Сглаживание».....	33
4.8.4 Функция «Ограничительные линии» .....	34
4.8.5 Функция «Статистика».....	36
4.9 Запуск и остановка измерений.....	36
4.10 Маркерные измерения .....	38
4.11 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов .....	46
5 Структура ПО для схемы измерения Р2М.....	49
5.3 Меню.....	49
5.3.3 Файл.....	49
5.3.4 Калибровка.....	52
5.3.5 Параметры.....	54
5.3.6 Управление .....	54
5.3.7 Профиль .....	56
5.3.8 Вид .....	59
5.3.9 Справка.....	61
5.4 Контекстное меню диаграмм .....	62
5.5 Вид .....	65
5.6 Контекстное меню трасс.....	67
5.7 Контекстное меню маркеров.....	71
5.8 Контекстное меню связей маркеров.....	73
5.10 Область панелей управления .....	73
5.10.4 Расположение диаграмм.....	74
5.10.5 Оформление диаграммы.....	74
5.10.6 Масштаб .....	74



5.10.7	Временная область .....	75
5.10.8	Ограничение .....	75
5.10.9	Тип канала.....	76
5.10.10	Параметры измерения.....	76
5.10.11	Параметры частоты.....	77
5.10.12	Параметры мощности .....	79
5.10.13	Усреднение .....	81
5.10.14	Синхронизация .....	83
5.10.15	Модуляция .....	84
5.10.16	Преобразование частоты .....	85
5.10.17	Импульсные измерения .....	86
Приложение А (справочное) Перечень возможных неисправностей.....		87
Приложение Б (справочное) Решение проблем при настройке сетевых параметров.....		88
Приложение В (справочное) Сообщения об ошибках.....		95
Руководство по эксплуатации. Часть III. Работа с P2M.....		10
1	Нормативные ссылки .....	10
2	Определения, обозначения и сокращения .....	10
3	Требования безопасности .....	12
4	Подготовка P2M к работе .....	12
4.3	Эксплуатационные ограничения .....	12
4.4	Внешний осмотр.....	13
4.5	Порядок установки на рабочее место .....	14
4.6	Контрольно-профилактические работы.....	14
4.6.2	Чистка соединителей .....	14
4.6.3	Проверка присоединительных размеров «А» .....	15
4.6.3.5	Калибровка.....	16
4.6.3.6	Проверка размера «А» соединителя «розетка».....	17
4.6.3.7	Проверка размера «А» соединителя «вилка».....	18
4.7	Начальные установки.....	19
4.8	Загрузка программного обеспечения и подключение к ПК .....	20
4.9	Проверка работоспособности P2M.....	20
4.9.1	Общие положения .....	20
4.9.2	Порядок проведения проверки .....	20
5	Порядок работы .....	24
5.1	Меры безопасности при работе с P2M.....	24
5.1.1	Общие требования.....	24
5.1.2	Сочленение соединителей.....	24
5.1.3	Расчленение соединителей.....	27
5.2	Подготовка к измерениям .....	27
5.3	Включение P2M.....	28



5.4 Выключение Р2М .....	28
5.5 Проведение измерений .....	28
5.5.1 Синтезатор частот .....	28
5.5.1.2 Синтезированное сканирование с фиксированным шагом .....	29
5.5.1.3 Синтезированное сканирование по списку частотных точек .....	30
5.5.1.4 Фиксированная частота .....	30
5.5.2 Измеритель мощности .....	31
5.5.2.4 ИУ со встроенными источниками сигналов .....	32
5.5.2.5 ИУ с внешними сигналами .....	34
5.5.3 Измерение модуля КП .....	35
5.5.3.4 Измерение модуля КП двухпортовых устройств .....	35
5.5.3.5 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с опорным каналом.....	39
5.5.3.6 Измерение модуля КП трехпортовых устройств без преобразования частоты.....	43
5.5.3.7 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с преобразованием частоты .....	45
5.5.4 Измерение модуля КО и КСВН .....	47
5.5.5 Одновременное измерение модуля КП и КО .....	53
5.5.6 Измерение динамических характеристик .....	56
5.5.7 Работа в составе измерительной системы .....	57
5.5.8 Измерение параметров смесителей .....	57
5.5.9 Измерение расстояния до обрыва.....	61
5.5.10 Измерение ГВЗ .....	65





Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, технического обслуживания, транспортирования и хранения изделия «Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18 ЖНКЮ.468166.001ТУ» (далее – Р2М).

Настоящее РЭ состоит из трех частей:

- Часть I. Общие сведения.
- Часть II. Руководство по программному обеспечению.
- Часть III. Работа с Р2М.

В составе с Р2М поставляются руководство по эксплуатации ЖНКЮ.468166.001РЭ и методика поверки ЖНКЮ.468166.001ДЗ в бумажном (книги) и электронном вариантах (файлы в формате pdf на компакт диске).

К эксплуатации Р2М допускается только квалифицированный персонал, изучивший настоящее РЭ и имеющий практический опыт в области радиотехнических измерений.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию Р2М изменения, не влияющие на его метрологические характеристики.

**ВНИМАНИЕ: ДАННЫЙ ДОКУМЕНТ ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ УКАЗАНИЯ НАИМЕНОВАНИЯ ДОКУМЕНТА И НАИМЕНОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ!**

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ!**



# Руководство по эксплуатации. Часть III.

## Работа с Р2М

### 1 Нормативные ссылки

1.1 В настоящем РЭ использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.

ГОСТ РВ 51914-2002.

### 2 Определения, обозначения и сокращения

2.1 В настоящем РЭ использованы термины с соответствующими определениями:

2.1.1 **значительный провал (выброс):** Выброс (провал) на частотной характеристике некоторого устройства более одного децибела.

2.1.2 **измерительный блок:** Р2М без комплекта принадлежностей.

2.1.3 **комплект принадлежностей:** Устройства и предметы, указанные в таблицах комплектности в части “Комплект принадлежностей” в части I настоящего РЭ.

2.1.4 **механические повреждения:** Повреждения и деформации рабочих поверхностей СВЧ соединителей, деформации корпуса, и другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики Р2М.

2.1.5 **пользователь (потребитель):** Физическое лицо, допущенное к эксплуатации Р2М и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

2.1.6 **предприятие-изготовитель:** Научно-производственная фирма “Микран”.

2.1.7 **размах показаний:** Наибольшая разность между отдельными повторными показаниями измерителя, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

2.1.8 **ремонт:** Комплекс операций по восстановлению исправности и работоспособности Р2М или его составных частей.

2.1.9 **сечение калибровки:** Сечение измерительного тракта, по которому проводится калибровка. Сечением калибровки может быть выход любого устройства (перехода, кабеля, согласующей цепи и т.д.), подключенного к Р2М.



**2.1.10 соединитель:** Электротехническое устройство, предназначенное для механического соединения электрических цепей, образующего разъёмное контактное соединение (часть устройства, которой оно сочленяется с соединителем другого устройства).

2.2 В настоящем РЭ использованы следующие обозначения и сокращения:

АТ – аттенуатор.

АТА/70 – опция ступенчатый аттенуатор 70 дБ.

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика.

ГВЗ – групповое время задержки.

дБм – десятичный логарифм отношения уровня мощности к мощности равной 1 мВт, умноженный на десять.

ДОК – детектор опорного канала.

ИПР – измеритель присоединительных размеров.

ИУ – исследуемое устройство.

КЗ – короткое замыкание.

КО – коэффициент отражения.

КП – коэффициент передачи.

КСВ (КСВН) – коэффициент стоячей волны (по напряжению).

НО – направленный ответвитель.

ПК – персональный компьютер или ноутбук.

ПО – программное обеспечение *Graphit*.

ПУ – предусилитель.

ПЧ – промежуточная частота.

Р2М – Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18 ЖНКЮ.468166.001ТУ.

РДО – расстояние до обрыва (неоднородности).

РЭ – руководство по эксплуатации.

СВЧ – сверхвысокая частота.

ФЧХ – фазо-частотная характеристика.

ХХ – холостой ход.



### 3 Требования безопасности

3.1 К эксплуатации Р2М допускается только квалифицированный персонал, изучивший настоящее РЭ и имеющий практический опыт в области радиотехнических измерений.

3.2 При эксплуатации Р2М необходимо соблюдать «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

3.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества, а также соблюдены требования ГОСТ 12.3.019.

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВСЕХ ВИДОВ РАБОТ С Р2М ОБЯЗАТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИСТАТИЧЕСКОГО БРАСЛЕТА, ПОДКЛЮЧЕННОГО К ШИНЕ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЯ КАБЕЛЯ «ETHERNET» И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ Р2М!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ ИЗМЕНЕНИЕ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ НАЛИЧИИ КОЛЕБАНИЙ НА ВЫХОДЕ «СВЧ»!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ!**

### 4 Подготовка Р2М к работе

4.1 Перед началом работ с Р2М необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

4.2 Сведения о распаковывании и повторном упаковывании Р2М приводятся в части I настоящего РЭ.

**ВНИМАНИЕ: ОПЕРАЦИИ НАСТРОЙКИ, ПОДКЛЮЧЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ Р2М, УСТАНОВКИ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДРОБНО ОПИСАНЫ В ЧАСТИ II НАСТОЯЩЕГО РЭ. ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ НЕОБХОДИМО С НЕЙ ОЗНАКОМИТСЯ!**

#### 4.3 Эксплуатационные ограничения

4.3.1 Эксплуатация Р2М должна производиться в условиях, указанных в части I настоящего РЭ.



4.3.2 Напряжение питания сети должно соответствовать значениям, указанным в части I настоящего РЭ.

4.3.3 Не рекомендуется непрерывная работа Р2М более 16 ч. Временной интервал между рабочими циклами не менее 2 часов».

#### 4.4 Внешний осмотр

4.4.1 Перед началом работы с Р2М необходимо провести внешний осмотр.

4.4.2 Цель проведения внешнего осмотра – выявление видимых дефектов Р2М и (или) подключаемых к нему устройств.

4.4.3 Внешний осмотр проводить в следующей последовательности:

а) сверить заводские номера измерительного блока и комплекта принадлежностей, указанные на их корпусах, и номера, указанные в формуляре. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с Р2М запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

б) проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, отсутствие следов вскрытия измерительного блока, датчика КСВ и детектора, проверить целостность кабелей питания, *Ethernet*, «СВЧ» и низкочастотных кабелей датчика КСВ и детектора. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с Р2М запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

в) провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей измерительного блока, датчика КСВ, детектора, переходов, нагрузки комбинированной из комплекта принадлежностей. При обнаружении посторонних частиц провести чистку их соединителей по п. 4.6.2;

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СОЕДИНИТЕЛЯ КАКОГО-ЛИБО УСТРОЙСТВА, ДАЛЬНЕЙШАЯ РАБОТА С ЭТИМ УСТРОЙСТВОМ ЗАПРЕЩАЕТСЯ. УСТРОЙСТВО БРАКУЕТСЯ И ИЗОЛИРУЕТСЯ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОДНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ДРУГИХ УСТРОЙСТВ!**

г) провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей устройств, которые будут подключаться к Р2М и комплекту принадлежностей. При обнаружении посторонних частиц провести чистку соединителей по п. 4.6.2.

д) при необходимости провести проверку присоединительных размеров Р2М, датчика КСВ, детектора, кабеля СВЧ, нагрузки комбинированной и устройств, которые к ним будут подключаться по методике п. 4.6.3.



## 4.5 Порядок установки на рабочее место

4.5.1 В случае если Р2М и комплект принадлежностей находились в условиях, отличных от условий эксплуатации, выдержать их в условиях эксплуатации не менее двух часов.

4.5.2 Перед установкой Р2М на рабочее место необходимо убедиться, что площадь поверхности рабочего стола достаточна для размещения на ней Р2М, комплекта принадлежностей и исследуемого устройства (далее – ИУ), а также на рабочем месте выполнены требования п. 3 настоящего РЭ, относящиеся к рабочему месту.

4.5.3 Установить Р2М на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы все ножки Р2М упирались в нее, и обеспечивался свободный доступ к разъемам и выключателю питания. Расстояние между задней панелью Р2М и соседними предметами должно быть не менее 100 мм.

4.5.4 Датчик КСВ, детектор, а также другие устройства, подключаемые к измерительному блоку, должны располагаться на рабочей поверхности стола или непосредственно над ней.

**ВНИМАНИЕ: НЕ ДОПУСКАЮТСЯ ЧРЕЗМЕРНЫЕ ПЕРЕГИБЫ КАБЕЛЕЙ СВЧ, *ETHERNET*, ДЕТЕКТОРА, ДАТЧИКА КСВ И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ!**

## 4.6 Контрольно-профилактические работы

4.6.1 Проведение контрольно-профилактических работ поможет избежать поломки Р2М, его соединителей и соединителей подключаемых к нему устройств, а также выявить дефекты Р2М, влияющие на его метрологические характеристики.

### 4.6.2 Чистка соединителей

4.6.2.1 В данном пункте приведена последовательность проведения чистки соединителей типов IX вариант 3 и 3,5 мм по ГОСТ РВ 51914.

4.6.2.2 Чистка соединителей проводится по мере необходимости при обнаружении на рабочих поверхностях соединителей посторонних частиц.

4.6.2.3 Чистка проводится в следующей последовательности:

а) протереть поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунке 4.1, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте;

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПРЕДМЕТЫ ДЛЯ ЧИСТКИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ**

**ПРЕДМЕТОВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.**

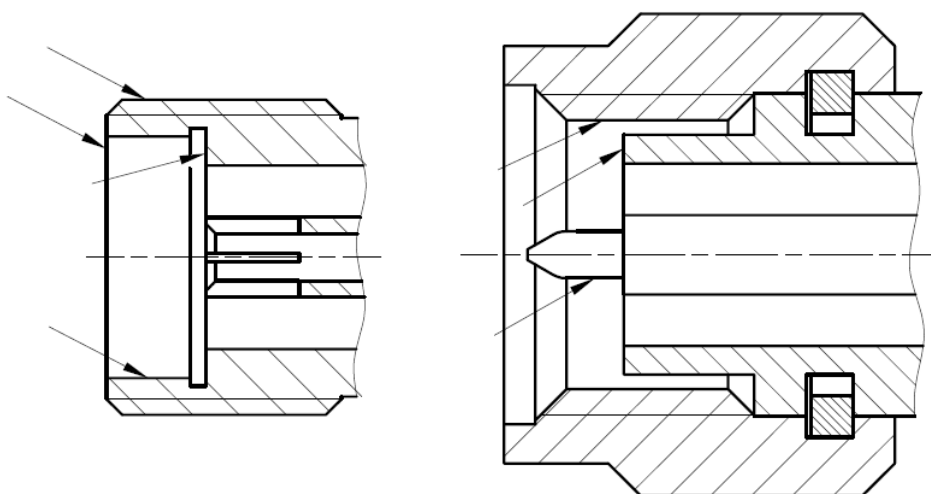


Рисунок 4.1 – Очищаемые поверхности

б) провести чистку остальных внутренних поверхностей, продув их воздухом;

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОТИРАТЬ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОВОДНИК СОЕДИНИТЕЛЕЙ «РОЗЕТКА», ЧИСТКУ ПРОВОДИТЬ ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ.**

в) просушить соединители, убедиться в отсутствии остатков спирта внутри соединителей;

г) провести визуальный контроль чистоты соединителей, убедиться в отсутствии посторонних частиц. В случае необходимости чистку повторить.

#### 4.6.3 Проверка присоединительных размеров «А»

4.6.3.1 В данном пункте приведена последовательность проведения измерений присоединительных размеров «А» соединителей типов IX вариант 3 и 3,5 мм по ГОСТ РВ 51914 с помощью комплекта измерителей присоединительных размеров КИПР-3,5. При измерении присоединительных размеров с помощью другого оборудования методика проведения измерений может отличаться от приведенной ниже.

4.6.3.2 Периодичность проведения проверки присоединительных размеров соединителей Р2М и комплекта его принадлежностей определяется интенсивностью их использования, но не реже одного раза на каждые 50 подключений к их соединителям.





4.6.3.3 Проверку присоединительных размеров соединителей устройств, подключаемых к Р2М и комплекту принадлежностей необходимо проводить с периодичностью, указанной в эксплуатационной документации на них. Если документация отсутствует, то проверку рекомендуется проводить каждый раз непосредственно перед подключением.

4.6.3.4 Перед проведением измерений с помощью КИПР-3,5 необходимо провести калибровку или установку нуля. В результате проведения этой операции фиксируется «нулевой» уровень, от которого при измерениях будут проводиться отсчеты измеряемых размеров.

### 4.6.3.5 Калибровка

4.6.3.5.1 Калибровка проводится с помощью планки, входящей в комплект КИПР-3,5 и используемого измерителя присоединительных размеров (далее – ИПР). Калибровка проводится по следующей методике:

а) установить ИПР на планку для совмещения плоскости торца втулки и контактной поверхности измерительного наконечника, как показано на рисунке 4.2;

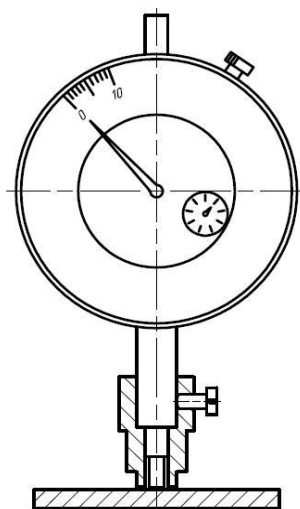


Рисунок 4.2 – Установка нуля

б) совместить нулевую отметку поворотной шкалы индикатора с положением большой стрелки, зафиксировать «нулевое» положение (отметить положение стрелки малой шкалы индикатора);

в) несколько раз (не менее трех) поднять и опустить измеритель на планку, проверяя каждый раз при опускании совмещение большой стрелки с нулевой отметкой шкалы, размах показаний не должен превышать половины деления большой шкалы.



#### 4.6.3.6 Проверка размера «А» соединителя «розетка»

4.6.3.6.1 Проверка присоединительного размера «А» соединителей типов IX вариант 3 и 3,5 мм, «розетка» проводится с помощью измерителя присоединительных размеров «ИПР-3,5-розетка».

4.6.3.6.2 Перед проведением измерений необходимо провести калибровку по п. 4.6.3.5 настоящего РЭ. Измерение присоединительного размера «А» проводить по методике:

а) взять из комплекта ИПР с маркировкой «ИПР 3,5-розетка» и провести калибровку;

б) взять устройство с проверяемым соединителем, аккуратно ввести в него ИПР, как показано на рисунке 4.3, при этом втулка должна войти во внешний проводник соединителя, торец втулки должен плотно, без перекосов соприкасаться с опорной плоскостью внешнего проводника, контактная поверхность измерительного наконечника с плоскостью центрального проводника;

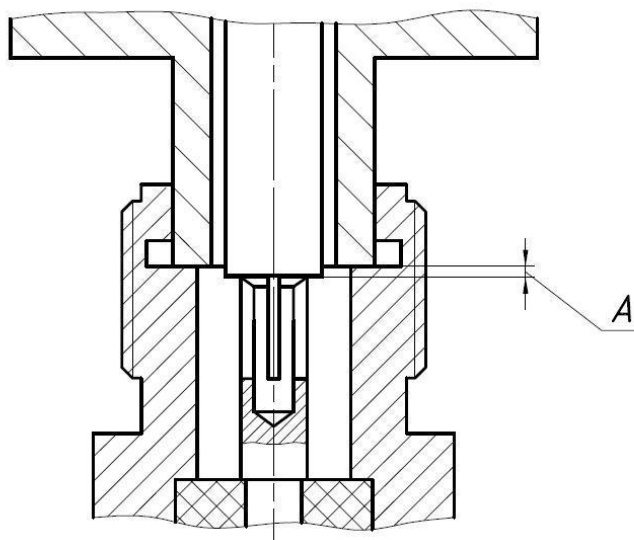


Рисунок 4.3 – Проверка размера «А» соединителя «розетка»

в) за результат измерений считать отклонение стрелок от нулевого положения, установленного при калибровке;

г) повторить операции б, в несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая соединитель и ИПР друг относительно друга на угол, приблизительно равный 120°;

д) если хотя бы один результат выходит за пределы заданного допуска, то проверяемый соединитель считать непригодным;

**Примечание** – В случае, если результат одного измерения отличается от других более чем в 2–3 раза, провести повторные измерения.

е) если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за дей-



ствительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.

#### 4.6.3.7 Проверка размера «А» соединителя «вилка»

4.6.3.7.1 Проверка присоединительного размера «А» соединителя типов IX вариант 3 и 3,5 мм, «розетка» проводится с помощью измерителя присоединительных размеров «ИПР-3,5-вилка».

4.6.3.7.2 Перед проведением измерений необходимо провести калибровку по п. 4.6.3.5 настоящего РЭ. Измерение присоединительного размера «А» проводить по методике:

а) взять из комплекта ИПР с маркировкой «ИПР 3,5-вилка» и провести калибровку;

б) взять устройство с проверяемым соединителем, аккуратно ввести в него ИПР, как показано на рисунке 4.4. При этом центральный проводник соединителя должен войти в отверстие измерительного наконечника, контактная поверхность измерительного наконечника должна соприкасаться с плоскостью центрального проводника, торец втулки с опорной плоскостью внешнего проводника. Соединение торца втулки с опорной плоскостью внешнего проводника должно быть плотным, без перекосов;

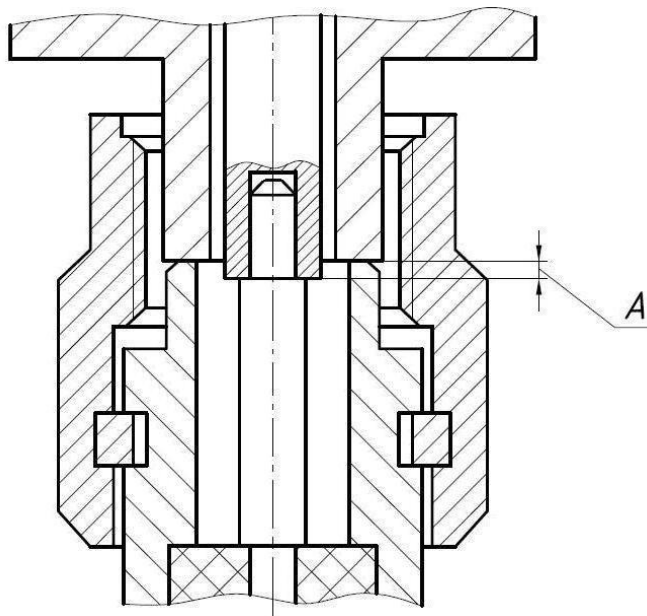


Рисунок 4.4 – Проверка размера «А» соединителя «вилка»

в) за результат измерений считать отклонение стрелок от нулевого положения, установленного при калибровке;

г) повторить операции б, в несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая соединитель и ИПР друг относительно друга на угол, приблизительно



но равный  $120^\circ$ ;

д) если хотя бы один результат выходит за пределы заданного допуска, то проверяемый соединитель считать непригодным;

**Примечание** – В случае, если результат одного измерения отличается от других более чем в 2–3 раза, то необходимо провести повторные измерения.

е) если все измеренные значения лежат в пределах допуска, то за действительное значение размера «А» принять среднеарифметическое из всех измеренных.

## 4.7 Начальные установки

4.7.1 Установка органов управления, переключателей и разъёмов Р2М в начальные положения:

а) убедиться, что переключатель «Вкл.» Р2М находится в выключенном положении;

б) соединить разъём « $\perp$ » на задней панели Р2М с шиной защитного заземления;

в) соединить Р2М и персональный компьютер (далее – ПК) с помощью кабеля *Ethernet*;

г) подключить Р2М к сети  $\sim 220$  В 50 Гц с помощью кабеля питания;

д) установить переключатель «Вкл.» в положение включено «I», не более чем через 1 минуту должны начать светиться индикаторы состояния выключателя электропитания «Вкл.» и «Захват» на передней панели Р2М;

е) установить кнопку «СВЧ» на передней панели Р2М в нажатое положение;

ж) выдержать Р2М во включенном состоянии не менее времени установления рабочего режима.

4.7.2 По окончании установок органы управления, переключатели и разъёмы Р2М должны находиться в следующем положении:






а) передняя панель:

- 1) вход «С←А» – свободен (кабель не подключен);
- 2) вход «С←В» – свободен (кабель не подключен);
- 3) вход «С←R» – свободен (кабель не подключен);
- 4) индикатор «Захват» – включено;
- 5) индикатор «Уровень» – включено;
- 6) индикатор «Мощность» – выключено;
- 7) кнопка «СВЧ» – в нажатом положении;
- 8) выключатель «Вкл.» – в положении «I».

б) задняя панель:

- 1) разъём « $\sim 220$  В 50 Гц 1 А» – подключен кабель питания;



- 2) разъём «Программатор» – свободен (кабель не подключен);
- 3) разъём «» – подключен к шине защитного заземления;
- 4) вход «Синхр » – свободен (кабель не подключен);
- 5) выход «Синхр » – свободен (кабель не подключен);
- 6) вход «ОГ » – свободен (кабель не подключен);
- 7) выход «ОГ » – свободен (кабель не подключен);
- 8) входы «ДОП1» и «ДОП2» – свободны (кабели не подключены);
- 9) разъём «Ethernet UTP 10/100» – подключен кабель *Ethernet*;
- 10) переключатели панели «Конфигуратор» – все выключены.

## 4.8 Загрузка программного обеспечения и подключение к ПК

4.8.1 Порядок загрузки программного обеспечения и подключения к ПК подробно описаны в части II настоящего РЭ.

## 4.9 Проверка работоспособности Р2М

### 4.9.1 Общие положения

4.9.1.1 Проверка работоспособности проводится для подтверждения корректной работы Р2М и соответствия его характеристик требованиям, указанным в части I настоящего РЭ.

4.9.1.2 Проверку работоспособности проводят в следующих случаях:

- а) Р2М впервые получен от предприятия-изготовителя;
- б) Р2М получен после ремонта;
- в) Р2М вводится в эксплуатацию после хранения у потребителя;
- г) после транспортировки Р2М и (или) комплекта его принадлежностей;
- д) имеются сомнения в правильности работы Р2М;
- е) имеются сомнения в точности измерений.

### 4.9.2 Порядок проведения проверки

4.9.2.1 Проверка работоспособности Р2М проводится в следующей последовательности:

- а) выполнить требования пп. 3 «Требования безопасности, 4.3 «Эксплуатационные ограничения»;
- б) провести следующие операции согласно пунктам:
  - 1) «Внешний осмотр» – п. 4.4;
  - 2) «Порядок установки на рабочее место» – п. 4.5;



- 3) «Контрольно-профилактические работы» – п. 4.6;
- 4) «Начальные установки» – п. 4.7;
- 5) «Загрузка программного обеспечения и подключение к ПК» – п. 4.8.

в) собрать схему в соответствии с рисунком 4.5, присоединив к измерительному порту датчика КСВ (вход «Изм») нагрузку ХХ;

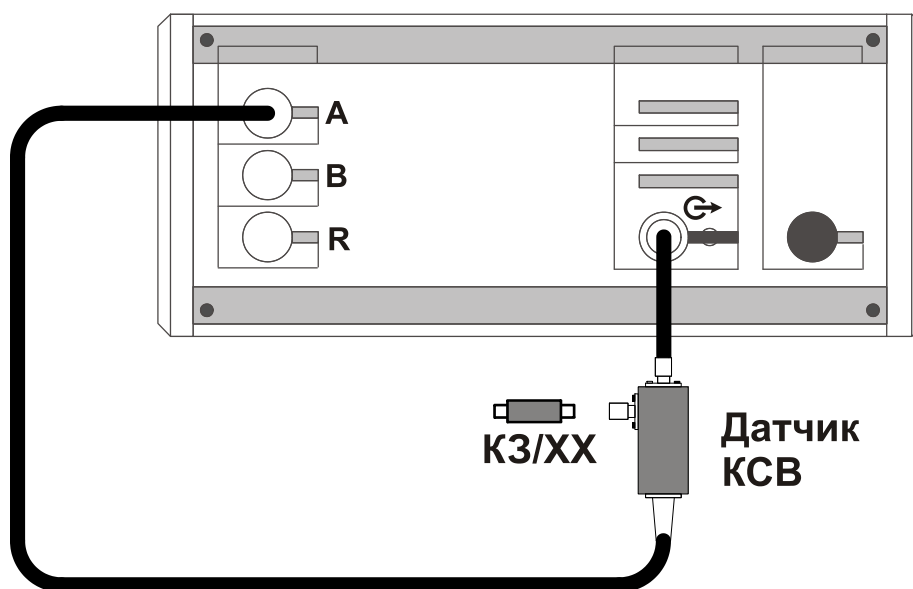


Рисунок 4.5 – Схема калибровки в режиме измерений модуля КО

- г) запустить процесс измерений, при этом на передней панели Р2М должен начать светиться индикатор «Мощность»;
- д) установить параметры по умолчанию и проверить правильность их установки;
- е) выбрать детекторную характеристику для датчика КСВ;
- ж) проверить, чтобы при измерении отражения от нагрузки ХХ на частотной характеристике в диапазоне рабочих частот Р2М не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

- з) запустить мастер калибровки «Трс1» (вход – «А», режим измерений – «отражение») и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
- и) по окончании калибровки, не отсоединяя нагрузку КЗ от измерительного порта датчика КСВ, определить минимальное и максимальное значения модуля КО или КСВН в диапазоне рабочих частот, они должны находиться в



пределах:

- 1)  $(0 \pm 0,9)$  – формат отображения «Модуль КО (дБ)»;
- 2)  $(1 \pm 0,1)$  – формат отображения «Модуль КО (раз)»;
- 3) прямая линия со значением 10 (программное ограничение) – формат отображения «КСВН».

В противном случае калибровку повторить;

к) отсоединить нагрузку КЗ от входа «Изм» датчика КСВ;

л) собрать схему в соответствии с рисунком 4.6;

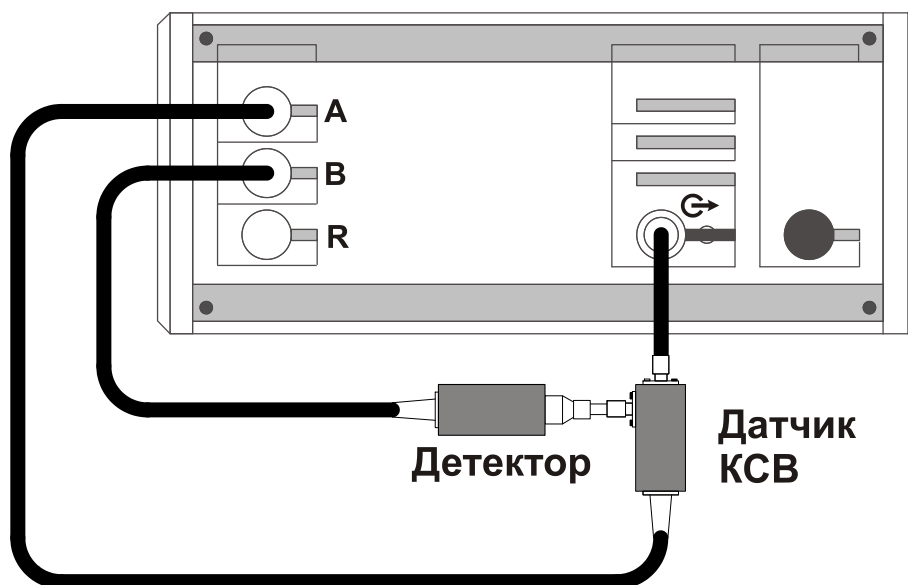


Рисунок 4.6 – Схема калибровки в режиме измерений модуля КП

м) установить отображение «Трс2». Выбрать детекторную характеристику для используемого детектора. Проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

н) запустить мастер калибровки «Трс2» (Вход «В», режим измерений – «Модуль КП») и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;

о) по окончании калибровки, определить минимальное и максимальное значения модуля КП в рабочем диапазоне частот, они должны находиться в пределах:

- 1)  $(0 \pm 0,04)$  – формат отображения «Модуль КП (дБ)»;
- 2)  $(1 \pm 0,01)$  – формат отображения «Модуль КП (раз)».

В противном случае калибровку повторить;



п) задать формат отображения трассы «Трс1» – «КСВН», «Трс2» – «Модуль КП (дБ)», провести автомасштабирование обеих трасс;

р) определить максимальное и минимальное значения модуля КП и КСВН в диапазоне рабочих частот Р2М с помощью маркеров. Значения модуля КП должны находиться в пределах  $(0,0 \pm 0,1)$  дБ, максимальное значение КСВН входа детектора не должно превышать значений 1,25;

с) задать параметры трассы «Трс2» режим измерения – «Мощность», формат отображения – «Мощность (дБм)»;

т) определить минимальное значение мощности, измеренное детектором в рабочем диапазоне частот, оно должно быть не менее минус 12 дБм;

у) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 4.7, подключив детектор непосредственно к выходу «СВЧ»;

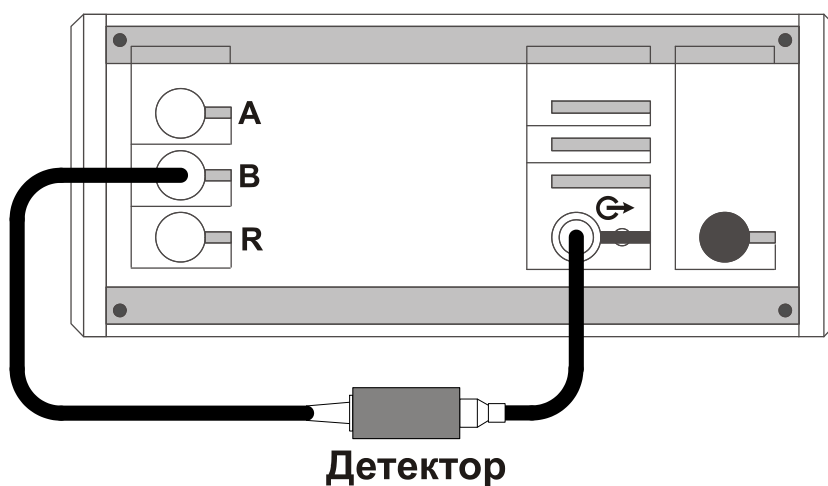


Рисунок 4.7 – Схема измерений мощности

ф) измерить уровень выходной мощности с помощью детектора в рабочем диапазоне частот, он должен быть в пределах  $(0 \pm 1)$  дБм;

х) последовательно установить значения выходной мощности 10, минус 10 и минус 20 дБм. Для каждого установленного значения уровня выходной мощности определить минимальное и максимальное значения. Они должны находиться в пределах  $(10 \pm 1)$ ,  $(-10 \pm 1)$  и  $(-20 \pm 1)$  дБм соответственно;

ц) остановить процесс измерений, при этом на передней панели Р2М должен прекратить светиться индикатор «Мощность»;

ч) выключить Р2М, пользуясь указаниями п 5.4;

**ВНИМАНИЕ: В СЛУЧАЕ НЕСООТВЕТСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИК Р2М  
УКАЗАННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ, СООБЩИТЬ НА ПРЕДПРИЯТИЕ-  
ИЗГОТОВИТЕЛЬ!**





## 5 Порядок работы

### 5.1 Меры безопасности при работе с Р2М

#### 5.1.1 Общие требования

5.1.1.1 К эксплуатации Р2М допускается только квалифицированный персонал, изучивший настоящее РЭ и имеющий практический опыт в области радиотехнических измерений.

5.1.1.2 При эксплуатации Р2М необходимо соблюдать «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

5.1.1.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества, а также соблюдены требования ГОСТ 12.3.019.

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВСЕХ ВИДОВ РАБОТ С Р2М ОБЯЗАТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИСТАТИЧЕСКОГО БРАСЛЕТА, ПОДКЛЮЧЕННОГО К ШИНЕ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЯ КАБЕЛЯ «ETHERNET» И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ Р2М!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ ИЗМЕНЕНИЕ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ НАЛИЧИИ КОЛЕБАНИЙ НА ВЫХОДЕ «СВЧ»!  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ!**

5.1.1.4 Для предотвращения поломки СВЧ соединителей сочленение и расчленение устройств проводить по ниже приведённым методикам.

#### 5.1.2 Сочленение соединителей

5.1.2.1 Перед сочленением следует провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей подключаемых устройств и, при необходимости, выполнить проверку присоединительных размеров.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ ПОДКЛЮЧЕНИЕ:**  
– УСТРОЙСТВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ;  
– УСТРОЙСТВ, У КОТОРЫХ БЫЛИ ОБНАРУЖЕНЫ МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ИЛИ ПОСТОРОННИЕ ЧАСТИЦЫ, КОТОРЫЕ НЕ УДАЛЯЮТСЯ В ПРОЦЕССЕ ЧИСТКИ;  
– УСТРОЙСТВ, У СОЕДИНИТЕЛЕЙ КОТОРЫХ ВЫЯВЛЕНЫ НЕСО-





**ОТВЕТСТВИЯ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ!  
НЕВЫПОЛНЕНИЕ ЭТИХ ДЕЙСТВИЙ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ СОЕДИНИТЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ И  
ВЫХОДУ ИХ ИЗ СТРОЯ!**

5.1.2.2 При сочленении необходимо зафиксировать корпус одного из подключаемых устройств. Это необходимо для исключения его смещения при сочленении. Фиксация корпуса может достигаться несколькими способами:

- фиксация устройства с помощью зажимов или ключей;
- фиксация может обеспечиваться массой и конструкцией самого устройства;
- фиксацию положения можно обеспечить, удерживая устройство руками.

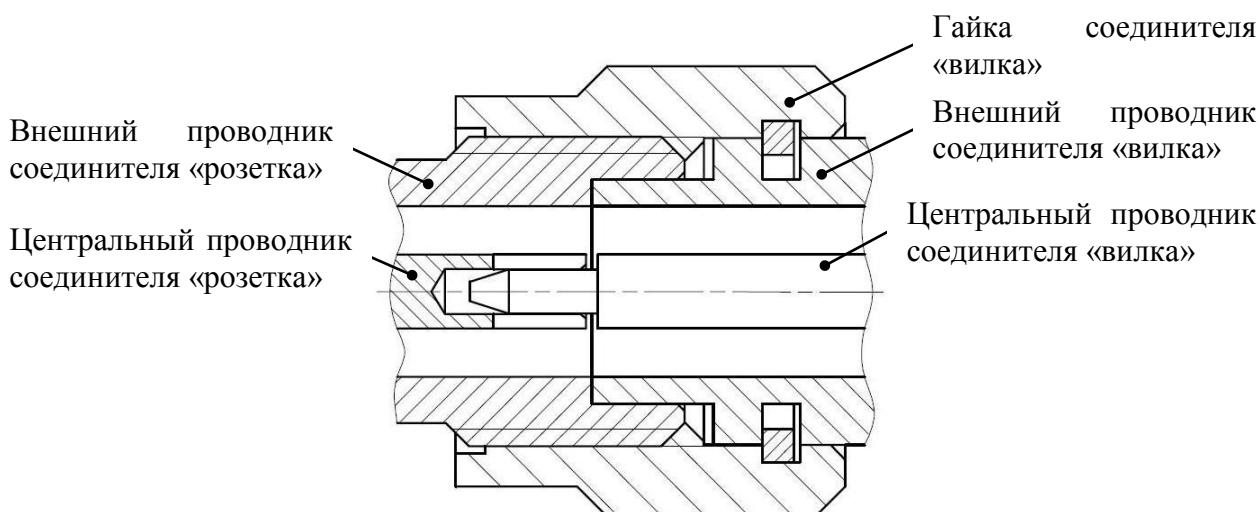
5.1.2.3 Устройство, фиксация которого обеспечена, будем называть зафиксированным или устройством, к которому проводится подключение. Устройство, которое не зафиксировано – подключаемым (отключаемым) устройством.

5.1.2.4 Непосредственно сочленение проводить по следующей методике:

а) аккуратно совместить соединители зафиксированного и подключаемого устройств;

б) удерживая подключаемое устройство, накрутить гайку соединителя «вилка» таким образом, чтобы центральный проводник соединителя «вилка» вошел в центральный проводник соединителя «розетка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкасаться, как показано на рисунке 5.1;

**ВНИМАНИЕ: ПРИСОЕДИНЕНИЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ТОЛЬКО  
ВРАЩЕНИЕМ ГАЙКИ СОЕДИНИТЕЛЯ «ВИЛКА».  
ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВРАЩАТЬ КОРПУС ПОДКЛЮЧАЕМОГО УСТРОЙСТВА.  
ВРАЩЕНИЕ КОРПУСА ПОДКЛЮЧАЕМОГО УСТРОЙСТВА  
ПРИВОДИТ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ ЦЕНТРАЛЬНЫХ  
ПРОВОДНИКОВ ОБОИХ УСТРОЙСТВ.**



(слева – соединитель «розетка», справа – «вилка»)

Рисунок 5.1 – Сочленение соединителей типов 3,5 мм и IX вариант 3

в) с помощью ключа с калиброванным усилием затянуть гайку соединителя «вилка», при этом удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его от проворачивания. Окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводить, удерживая ключ за канавкой на конце ручки в месте, указанном стрелкой на рисунке 5.2. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.

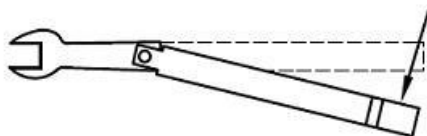


Рисунок 5.2 – Допускаемый излом ключа

**Примечание** – Излома ручки ключа, изображенного на рисунке 5.2, достаточно для достижения усилия затягивания  $(0,9 \pm 0,1) \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

**ВНИМАНИЕ: НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ЗАТЯГИВАНИЕ ДО ИЗЛОМА КЛЮЧА, ИЗОБРАЖЕННОГО НА РИСУНКЕ 5.3. ПРЕВЫШЕНИЕ УСИЛИЯ ЗАТЯГИВАНИЯ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ!**

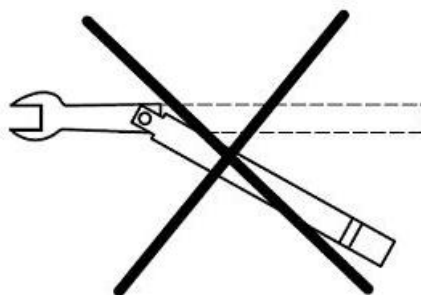


Рисунок 5.3 – Недопустимый излом ключа

### 5.1.3 Расчленение соединителей

5.1.3.1 Расчленение соединителей проводится в последовательности обратной сочленению.

5.1.3.2 В ходе выполнения всей операции следует удерживать отключаемое устройство в таком положении, чтобы центральный проводник его соединителя находился на той же прямой, что и до расчленения.

**ВНИМАНИЕ: ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ПРОВОДНИКОВ РАСЧЛЕНЯЕМЫХ УСТРОЙСТВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ ИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.**

5.1.3.3 Расчленение соединителей проводить по методике:

а) с помощью ключа, которым проводилось затягивание, ослабить крепление гайки соединителя «вилка», при этом удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его корпус от проворачивания;

б) удерживая отключаемое устройство в таком положении, чтобы центральный проводник его соединителя находился на той же прямой, что и до расчленения, раскрутить гайку соединителя «вилка»;

в) расчленить соединители.

## 5.2 Подготовка к измерениям

5.2.1 Перед проведением измерений необходимо выполнить требования пп. 3 «Требования безопасности», 4 «Подготовка Р2М к работе».

5.2.2 Последовательность включения и выключения Р2М приведена в пп. 5.3 «Включение Р2М», 5.4 «Выключение Р2М», порядок сочленения и расчленения соединителей – в пп. 5.1.2 «Сочленение соединителей», 5.1.3



«Расчленение соединителей».

### 5.3 Включение Р2М

5.3.1 Включение Р2М проводить в следующей последовательности:

- а) убедиться, что переключатель «Вкл.» Р2М находится в выключенном положении;
- б) соединить разъем « $\perp$ » на задней панели Р2М с шиной защитного заземления;
- в) соединить Р2М и ПК с помощью кабеля *Ethernet* ;
- г) подключить Р2М к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- д) установить переключатель «Вкл.» в положение включено «I», не более чем через 1 минуту должны начать светиться индикаторы состояния выключателя электропитания «Вкл.» и «Захват» на передней панели Р2М;
- е) установить программное обеспечение на ПК, если оно не было установлено ранее;
- ж) установить кнопку «СВЧ» на передней панели Р2М в нажатое положение;
- з) выдержать Р2М во включенном состоянии не менее времени установления рабочего режима.

### 5.4 Выключение Р2М

5.4.1 Выключение Р2М проводится в последовательности обратной включению:

- а) остановить процесс измерений;
- б) разобрать схему измерений;
- в) закрыть программное обеспечение;
- г) выключить Р2М, установив переключатель «Вкл.» на передней панели Р2М в положение выключено «0»;
- д) при необходимости отсоединить Р2М сначала от ПК, затем от сети ~ 220 В 50 Гц, затем от шины защитного заземления.

### 5.5 Проведение измерений

#### 5.5.1 Синтезатор частот

5.5.1.1 Р2М может использоваться в качестве синтезатора частот для генерирования электрических синусоидальных колебаний с низким уровнем фа-



зовых шумов в широком диапазоне частот и мощностей в следующих режимах:

- а) синтезированное сканирование с фиксированным шагом;
- б) синтезированное сканирование по списку частотных точек;
- в) фиксированная частота.

### 5.5.1.2 Синтезированное сканирование с фиксированным шагом

5.5.1.2.1 В данном режиме P2M осуществляет перестройку по частоте от начального до конечного значения с шагом заданным пользователем. Перестройка на следующую частотную точку определяется готовностью P2M или сигналами внешней синхронизации (при её использовании).

5.5.1.2.2 Для использования P2M выполнить:

- а) включить P2M, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать требуемую схему, в которой P2M будет использован в качестве синтезатора частот;
- в) установить параметры по умолчанию;

#### Примечания:

1 Так как параметры измерений отображаются только для «активной» трассы, то для исключения некорректной работы P2M, вызванной неверной установкой параметров, рекомендуется оставить только одну измерительную трассу, а все остальные удалить;

2 По умолчанию устанавливается режим компенсации «Выключена (DC)». Если при измерении будет выбран другой режим компенсации, то на выходе P2M сигнал будет модулированным.

- г) установить требуемый диапазон перестройки частоты;
- д) выбрать из предлагаемого списка необходимое значение частотных точек  $N$  или ввести его рассчитав по формуле:

$$N = (f_{\text{кон}} - f_{\text{нач}}) / f_{\text{ш}} \quad (5.1)$$

где  $f_{\text{кон}}$ ,  $f_{\text{нач}}$  – значения конечной и начальной частоты, МГц;

$f_{\text{ш}}$  – значение шага по частоте, МГц.

- е) установить значение уровня выходной мощности;
- ж) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- з) запустить процесс измерений;
- и) провести измерения;
- к) остановить процесс измерений;
- л) разобрать схему измерений;
- м) при необходимости, выключить P2M, пользуясь указаниями п. 5.4.



### 5.5.1.3 Синтезированное сканирование по списку частотных точек

5.5.1.3.1 В данном режиме Р2М осуществляет перестройку по списку частотных точек, задаваемых пользователем. Перестройка на следующую частотную точку определяется готовностью Р2М или сигналами внешней синхронизации (при её использовании).

5.5.1.3.2 Для использования Р2М выполнить:

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать требуемую схему, в которой Р2М будет использован в качестве синтезатора частот;
- в) установить параметры по умолчанию;

#### Примечания:

1 Так как параметры измерений отображаются только для «активной» трассы, то для исключения некорректной работы Р2М, вызванной неверной установкой параметров, рекомендуется оставить только одну измерительную трассу, а все остальные удалить;

2 По умолчанию устанавливается режим компенсации «Выключена (DC)». Если при измерении будет выбран другой режим компенсации, то на выходе Р2М сигнал будет модулированным.

- г) создать, отредактировать или загрузить ранее созданный список частотных точек;
- д) подтвердить режим перестройки (сканирования) по списку;
- е) установить значение уровня выходной мощности;
- ж) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- з) запустить процесс измерений;
- и) провести измерения;
- к) остановить процесс измерений;
- л) разобрать схему измерений;
- м) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

### 5.5.1.4 Фиксированная частота

5.5.1.4.1 В данном режиме Р2М осуществляет генерацию СВЧ колебаний на фиксированной частоте, задаваемой пользователем.

5.5.1.4.2 Для использования Р2М выполнить:

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать требуемую схему, в которой Р2М будет использован в качестве синтезатора частот;
- в) установить параметры по умолчанию;

**Примечания:**

1 Так как параметры измерений отображаются только для «активной» трассы, то для исключения некорректной работы P2M, вызванной неверной установкой параметров, рекомендуется оставить только одну измерительную трассу, а все остальные удалить;

2 По умолчанию устанавливается режим компенсации «Выключена (DC)». Если при измерении будет выбран другой режим компенсации, то на выходе P2M сигнал будет модулированным.

г) задать значение фиксированной частоты одним из способов:

1) установить количество точек – 1 (при этом в поле «Полоса» должно быть значение 0); установить необходимое значение частоты в поле «Центр».

**Примечание** – При установке частот таким способом для перестройки на другую частоту необходимо ввести новое значение частоты в поле «Центр» и подтвердить ввод данных.

2) создать, отредактировать или загрузить ранее созданный список частотных точек, выбрать в списке необходимое значение частоты и установить его как центральное.

**Примечание** – При установке частот таким способом для перестройки на другую частоту необходимо выделить требуемое значение частоты в списке и установить его как центральное.

д) установить значение уровня выходной мощности;

е) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;

ж) запустить процесс измерений;

з) провести измерения;

и) остановить процесс измерений;

к) разобрать схему измерений;

л) при необходимости, выключить P2M, пользуясь указаниями п. 5.4.

## **5.5.2 Измеритель мощности**

5.5.2.1 Существует две основные схемы измерения мощности, они определяются типами ИУ:

- измерение мощности на выходе ИУ со встроенными источниками сигналов;

- измерение мощности на выходе ИУ, на вход которых нужно подавать сигнал (ИУ с внешними сигналами).





5.5.2.2 При работе Р2М в качестве измерителя мощности СВЧ имеются следующие ограничения:

а) при измерении мощности на выходе активных ИУ необходимо, чтобы максимальная мощность на входе детектора не превышала +16 дБм (40 мВт);

б) если требуется измерять мощность, превышающую +16 дБм (40 мВт), то между выходом ИУ и входом детектора необходимо установить аттенюатор с известным ослаблением на частотах измерений;

в) если активное ИУ работает в нелинейном режиме или имеет низкий относительный уровень побочных составляющих (менее 20 дБ), то необходимо на входе детектора устанавливать селективный фильтр. Это связано с тем, что детектор является широкополосным устройством и принимает все сигналы в диапазоне рабочих частот.

5.5.2.3 Поскольку все измерительные входы Р2М идентичны, то измерение мощности можно проводить с помощью детектора, подключенного к любому из них. В настоящем руководстве вход «В» приведен для примера, вместо него может использоваться любой другой измерительный вход.

#### **5.5.2.4 ИУ со встроенными источниками сигналов**

5.5.2.4.1 Схема измерения мощности ИУ со встроенным источником сигнала представлена на рисунке 5.4. Измерения мощности по данной схеме можно проводить только на известной фиксированной частоте, в противном случае коррекция с использованием детекторной характеристики будет применена неверно, а измерения будут проводиться с погрешностью, превышающей указанную в части I настоящего РЭ.

5.5.2.4.2 Для использования Р2М выполнить:

а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;

б) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.4;



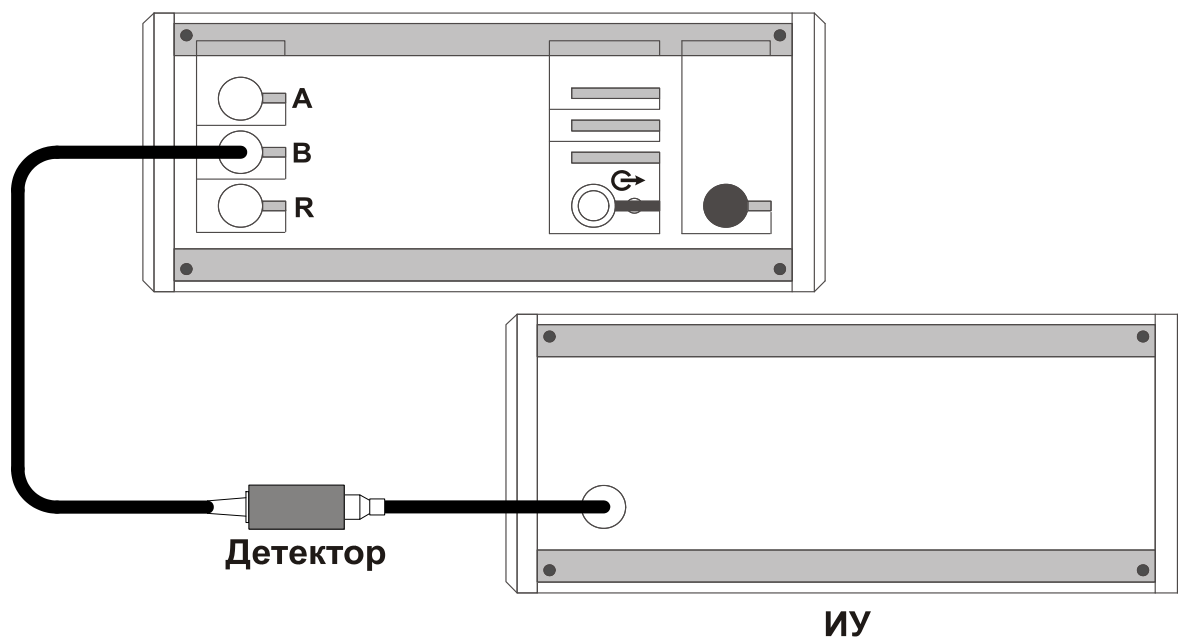


Рисунок 5.4 – Схема измерений мощности на выходе устройств со встроенными источниками сигналов

- а) установить параметры по умолчанию;
- б) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- в) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы: вход – «В», режим измерений – мощность;
- г) установить количество точек – 1;
- д) установить значение частоты, на которой будут проводиться измерения;

#### Примечания:

1 Если в поле «Полоса» вкладки параметров частоты ввести значение 0 и не устанавливать количества точек – 1, то P2M будет отображать результат измерений мощности во времени, при этом можно оценивать флуктуацию выходной мощности ИУ;

2 Измерения следует проводить в режиме компенсации «Выключена (DC)». До проведения измерений следует выполнить однократную компенсацию, для этого необходимо либо отключить генерацию СВЧ колебаний ИУ либо разобрать схему измерений на время проведения компенсации.

- е) включить генерацию СВЧ колебаний на ИУ;
- ж) запустить процесс измерений;
- з) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;
- и) провести измерения;



При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, создание отчета, сохранение результатов измерений и т.д.

- к) остановить процесс измерений;
- л) разобрать схему измерений;
- м) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

#### 5.5.2.5 ИУ с внешними сигналами

5.5.2.5.1 Схема измерения мощности ИУ с внешними сигналами представлена на рисунке 5.5. Измерения мощности по данной схеме можно проводить во всем диапазоне рабочих частот Р2М.

5.5.2.5.2 Для использования Р2М выполнить:

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.5.4;

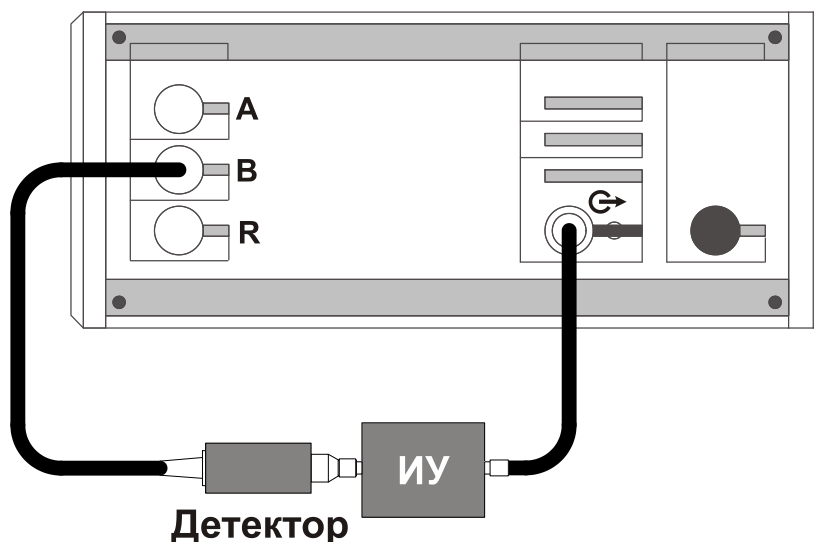


Рисунок 5.5 – Схема измерений мощности на выходе ИУ с внешним сигналом

- в) установить параметры по умолчанию;
- г) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- д) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы: вход – «В», режим измерений – мощность;
- е) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;
- ж) установить значение уровня выходной мощности;

**Примечание** – При измерении параметров пассивных устройств, для достижения максимального динамического диапазона, рекомендуется устанавливать уровень выходной мощности 10 .



з) выбрать режим компенсации «В каждой точке (АС)»;  
и) запустить процесс измерений;  
к) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;

л) провести измерения;

При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений и т.д.

м) остановить процесс измерений;

н) разобрать схему измерений;

о) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

### **5.5.3 Измерение модуля КП**

5.5.3.1 Одной из основных функций Р2М является измерение модуля КП.

5.5.3.2 Существует несколько основных схем измерений модуля КП:

- измерение модуля КП двухпортовых устройств;
- измерение модуля КП двухпортовых устройств с опорным каналом;
- измерение модуля КП многопортовых устройств без преобразования частоты;
- измерение модуля КП устройств с преобразованием по частоте.

5.5.3.3 Поскольку все измерительные входы Р2М идентичны, то измерения модуля КП можно проводить с помощью детектора, подключенного к любому из них. В настоящем руководстве вход «В» приведен для примера, вместо него может использоваться любой другой измерительный вход.

#### **5.5.3.4 Измерение модуля КП двухпортовых устройств**

5.5.3.4.1 Стандартная схема для измерения модуля КП двухпортовых устройств, таких как аттенюаторы, усилители, кабельные сборки и т.д. представлена на рисунке 5.6.

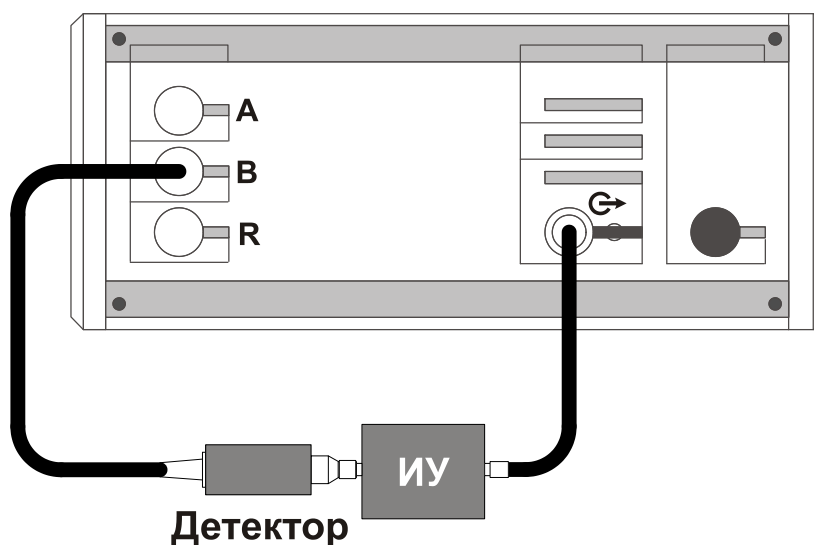


Рисунок 5.6 – Схема измерений модуля КП двухпортовых устройств

5.5.3.4.2 Рекомендации, при измерении модуля КП двухпортовых устройств:

а) при измерении параметров пассивных устройств, для достижения максимального динамического диапазона, рекомендуется устанавливать уровень выходной мощности 10 дБм;

б) если калибровка и измерения выполняются с разными переходами, согласующими или усилительными цепями и устройствами, то в результате измерений необходимо вносить соответствующую поправку (отличие коэффициентов передачи дополнительных устройств, используемых при калибровке и измерениях);

в) при тестировании ИУ, параметры которых зависят от импеданса радиоизмерительного тракта, следует устанавливать согласующие устройства по входу и выходу ИУ;

г) в качестве согласующего устройства можно использовать датчик КСВ, при этом нужно учесть, что уровень мощности, подаваемый на вход ИУ, будет меньше на коэффициент передачи датчика КСВ (от 6,0 до 8,5 дБ);

д) если активное ИУ работает в нелинейном режиме или имеет низкий относительный уровень побочных составляющих (менее 20 дБ), то необходимо на входе детектора устанавливать селективный фильтр. Это связано с тем, что детектор является широкополосным устройством и принимает все сигналы в диапазоне рабочих частот.

**5.5.3.4.3 Для измерения модуля КП двухпортовых устройств выполнить:**

а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;

б) собрать схему в соответствии с рисунком 5.7, подключив детектор к устройству (кабелю, переходу, согласующей цепи и т.д.), выход которого будет

являться сечением калибровки;

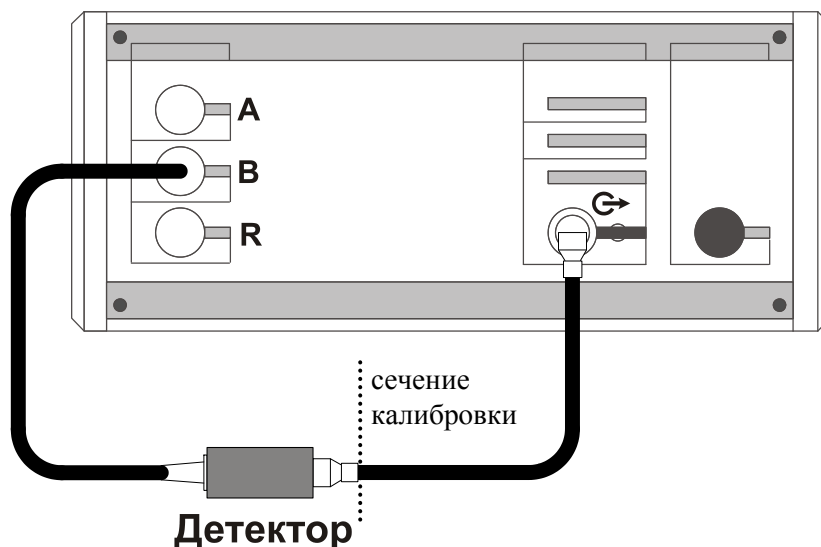


Рисунок 5.7 – Схема калибровки в режиме измерений модуля КП

- в) установить параметры по умолчанию;
- г) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- д) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:
  - 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;
  - 2) вход – «В»;
  - 3) режим измерений – «модуль КП».
- е) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;
- ж) установить значение уровня выходной мощности;

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ИЗМЕРЕНИИ МОДУЛЯ КП АКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ МОЩНОСТЬ НА ВХОДЕ ДЕТЕКТОРА НЕ ПРЕВЫШАЛА +16 дБм (40 мВт). ЕСЛИ ИЗМЕРЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ ПРЕВЫШАЕТ УКАЗАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ, ТО НА ВХОД ДЕТЕКТОРА НЕОБХОДИМО УСТАНОВИТЬ АТТЕНЮАТОР С ИЗВЕСТНЫМ ОСЛАБЛЕНИЕМ НА ЧАСТОТАХ ИЗМЕРЕНИЙ!**

- з) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- и) выбрать режим компенсации;



к) запустить процесс измерений и проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

л) выбрать требуемый формат отображения трассы;

м) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;

н) по окончании калибровки, определить минимальное и максимальное значения модуля КП в рабочем диапазоне частот, они должны находиться в пределах:

1)  $(0 \pm 0,04)$  – формат отображения «Модуль КП (дБ)»;

2)  $(1 \pm 0,01)$  – формат отображения «Модуль КП (раз)».

В противном случае калибровку повторить;

о) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.6, подключив ИУ в сечение калибровки;

п) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;

р) провести измерения;

При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений, построение ограничительных линий и т.д.

**Примечание** – При тестировании узкополосных устройств, используйте функцию «Сглаживание» очень предусмотрительно, потому что возможны затягивания резких перепадов частотной характеристики ИУ (рисунок 5.8). Работа этой функции подобна фильтру нижних частот.

На рисунке 5.8 представлены графики измерения полосового фильтра без использования функции сглаживания и с её применением. На рисунке представлены 2 характеристики: одна с шумовой составляющей и полосой 218,709 МГц – без сглаживания, и вторая с минимизированной шумовой составляющей и полосой 158,147 МГц – сглаживание 10 % (искажение результата измерений).

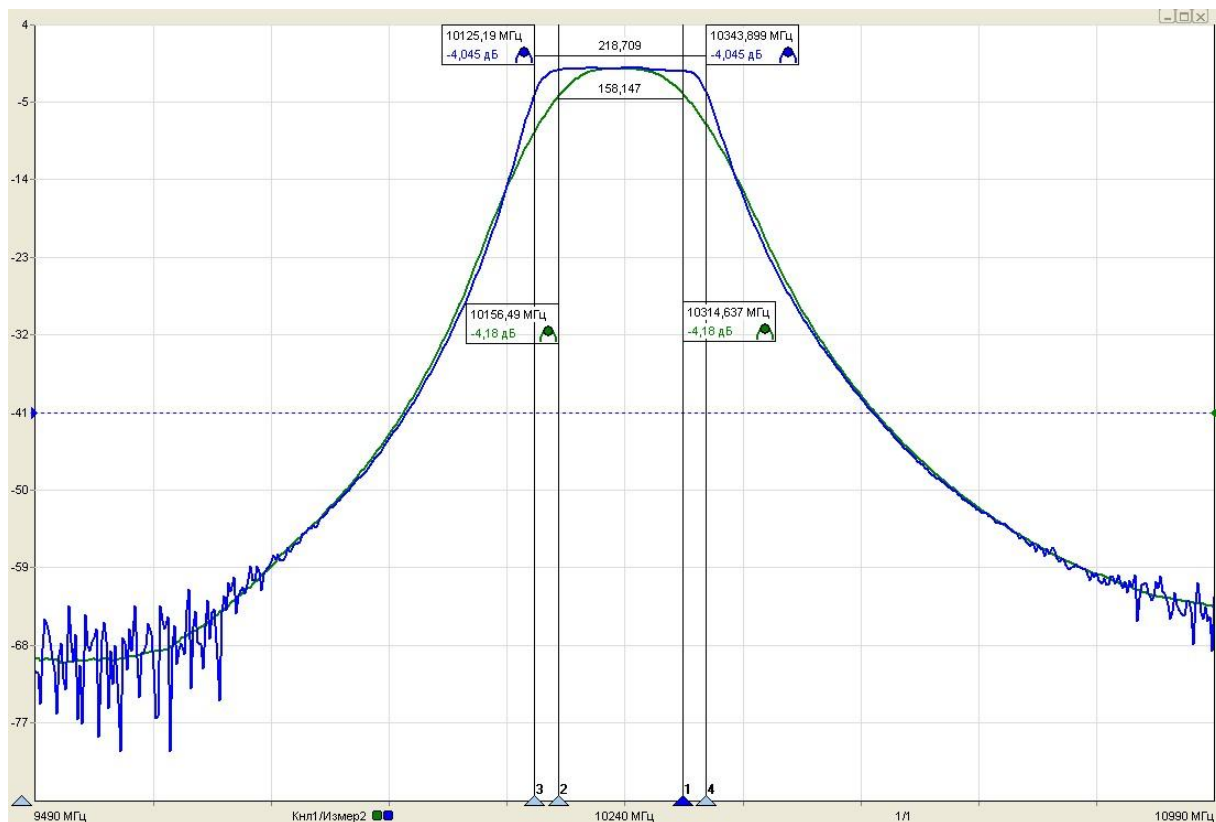


Рисунок 5.8 – График измерения модуля КП полосового фильтра

- с) остановить процесс измерений;
- т) разобрать схему измерений;
- у) при необходимости, выключить P2M, пользуясь указаниями п. 5.4.

#### 5.5.3.5 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с опорным каналом

5.5.3.5.1 Для отслеживания флуктуаций мощности и их учета, а также частичного согласования радиоизмерительного тракта в P2M реализовано измерение модуля КП с опорным каналом. На рисунке 5.9 представлены результаты измерений модуля КП кабельной сборки с опорным каналом и без него, в качестве устройства для подключения детектора опорного канала и ИУ (кабельной сборки) использовался направленный ответвитель (далее НО).



Рисунок 5.9 – Измерение модуля КП кабельной сборки

5.5.3.5.2 Для проведения измерений в данном режиме необходимо наличие второго детектора (детектор опорного канала на рисунке 5.10).

5.5.3.5.3 В качестве устройства, выполняющего деление мощности между опорным и измерительным каналом, рекомендуется использовать устройство с хорошей развязкой между выходными портами (более 16 – 20 дБ). Таким устройством является НО. При использовании других устройств, таких как типичные делители мощности, измерения будут проводиться с дополнительной погрешностью, вызванной расбалансом плеч делителя мощности, возникающего при поочередном подключении детектора и ИУ.

5.5.3.5.4 Рекомендации, при измерении модуля КП двухпортовых устройств с опорным каналом:

а) при измерении параметров пассивных устройств, для достижения максимального динамического диапазона, рекомендуется устанавливать уровень выходной мощности 10 дБм;

б) при использовании НО следует учитывать, что динамический диапазон опорного канала меньше измерительного;

в) если калибровка и измерения выполняются с разными переходами, согласующими или усилительными цепями и устройствами, то в результат измерений необходимо вносить соответствующую поправку (отличие коэффициентов передачи дополнительных устройств, используемых при калибровке и измерениях);

г) если активное ИУ работает в нелинейном режиме или имеет низкий относительный уровень побочных составляющих (менее 20 дБ), то необходимо



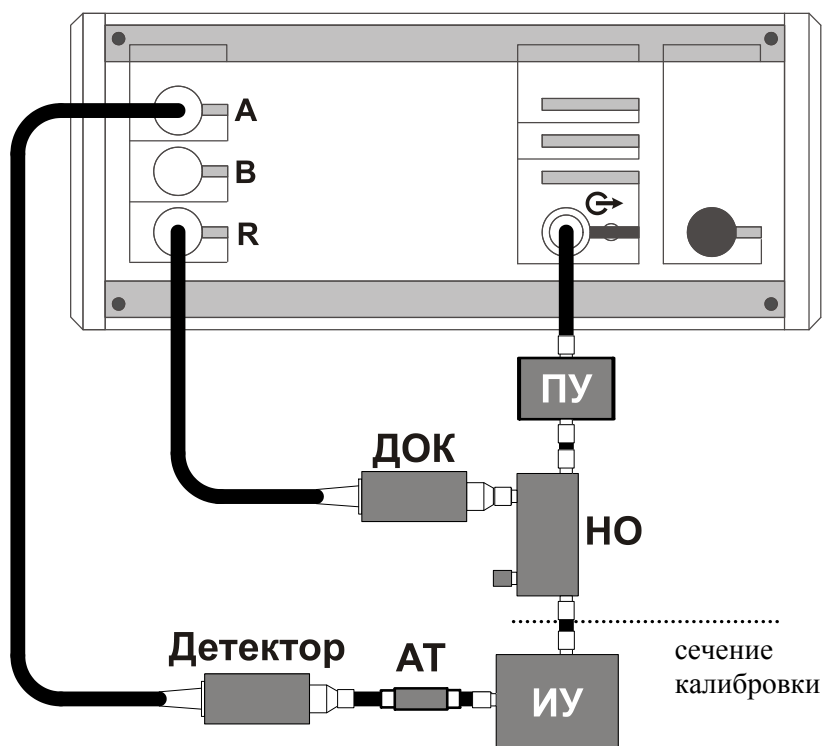


на входе детектора устанавливать селективный фильтр. Это связано с тем, что детектор является широкополосным устройством и принимает все сигналы в диапазоне рабочих частот.

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ИЗМЕРЕНИИ МОДУЛЯ КП АКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ МОЩНОСТЬ НА ВХОДЕ ДЕТЕКТОРА НЕ ПРЕВЫШАЛА +16 дБм (40 мВт). ЕСЛИ ИЗМЕРЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ ПРЕВЫШАЕТ УКАЗАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ, ТО НА ВХОД ДЕТЕКТОРА НЕОБХОДИМО УСТАНОВИТЬ АТТЕНУАТОР С ИЗВЕСТНЫМ ОСЛАБЛЕНИЕМ НА ЧАСТОТАХ ИЗМЕРЕНИЙ!**

#### 5.5.3.5.5 Примеры применения данного вида измерения:

- исследование ИУ с малыми потерями, когда флуктуации мощности на входе ИУ, искажают результат измерений;
- исследование характеристик мощных усилителей, в схемах, где требуется применять предусилитель, коэффициент усиления которого может изменяться с течением времени (рисунок 5.10).



(ПУ – предусилитель, ДОК – детектор опорного канала, АТ – аттенуатор, НО – направленный ответвитель)

Рисунок 5.10 – Схема измерений мощных усилителей

**Примечание** – При проведении измерений по данной схеме калибровку следует проводить совместно с ПУ, НО и АТ. В этом случае сечением калибровки является выход НО, при калибровке и измерениях аттенуатор под-



ключен ко входу детектора.

**5.5.3.5.6 Для измерения модуля КП двухпортовых устройств с опорным каналом выполнить:**

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать схему калибровки (без ИУ);
- в) установить параметры по умолчанию;
- г) выбрать детекторные характеристики для используемых детекторов;
- д) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:
  - 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;
  - 2) вход – «А/В» или «В/В» в зависимости от используемого измерительного входа;
  - 3) режим измерений – «модуль КП».
- е) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;
- ж) установить значение уровня выходной мощности;
- з) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- и) выбрать режим компенсации;
- к) запустить процесс измерений и проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

- л) выбрать требуемый формат отображения трассы;
  - м) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;
  - н) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
  - о) по окончании калибровки, определить минимальное и максимальное значения модуля КП в рабочем диапазоне частот, они должны находиться в пределах:
    - 1)  $(0 \pm 0,04)$  – формат отображения «Модуль КП (дБ)»;
    - 2)  $(1 \pm 0,01)$  – формат отображения «Модуль КП (раз)».
- В противном случае калибровку повторить;
- п) собрать схему измерения (включить ИУ в сечение калибровки);
  - р) провести измерения;



При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений, построение ограничительных линий и т.д. остановить процесс измерений;

- с) остановить процесс измерений;
- т) разобрать схему измерений;
- у) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

#### **5.5.3.6 Измерение модуля КП трехпортовых устройств без преобразования частоты**

5.5.3.6.1 Р2М имеет 3 независимых измерительных входа, что позволяет пользователю проводить одновременно несколько измерений. При наличии второго детектора возможно одновременное измерение параметров трехпортовых устройств (модулей коэффициентов передачи).

5.5.3.6.2 Установка параметров измерений, проведение калибровки и измерений аналогичны приведенным выше в п. 5.5.3.4. Калибровка осуществляется последовательно для каждого детектора. Сечением калибровки является выход СВЧ или согласующего устройства (при его наличии). Схема измерений трехпортового устройства приведена на рисунке 5.11.

##### **Примечания:**

1 В ряде случаев, коэффициент передачи трехпортовых устройств зависит от выходного сопротивления источника сигнала и сопротивления нагрузки, поэтому для развязки желательно использовать согласующие устройства, установленные как на их вход, так и на выход;

2 В качестве согласующих устройств рекомендуется использовать вентили или аттенюаторы.

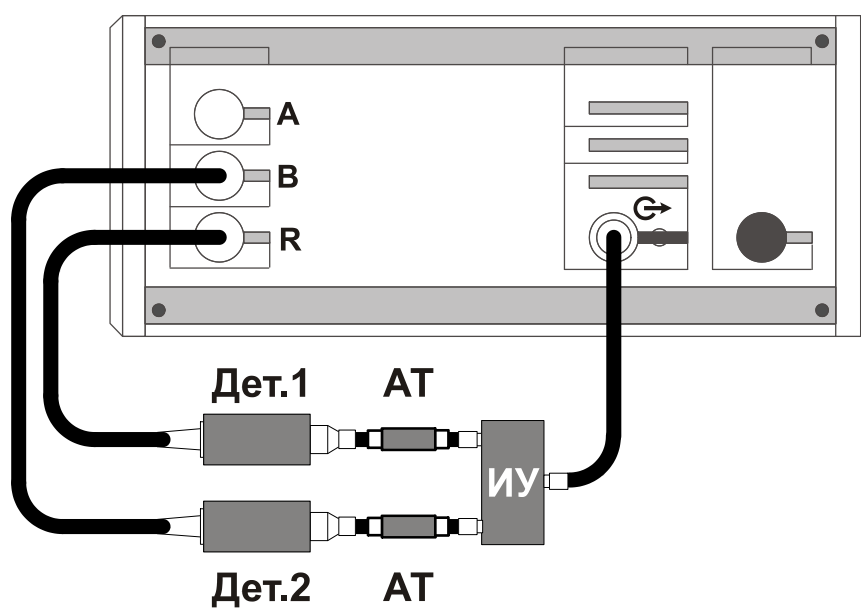


Рисунок 5.11 – Схема измерений модуля КП трехпортовых устройств без преобразования частоты

5.5.3.6.3 На рисунке 5.12 представлены графики измерений модулей КП делителя мощности. Биения измеряемой величины в некоторой степени обусловлены остаточным рассогласованием радиоизмерительного тракта при калибровке и измерениях.

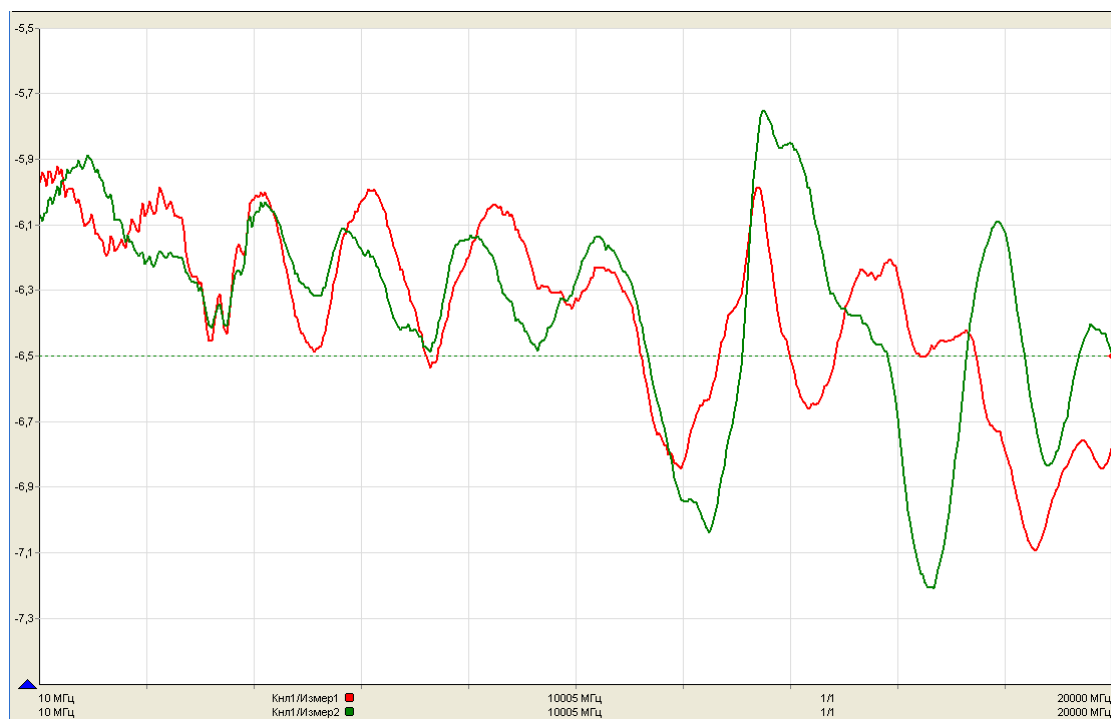


Рисунок 5.12 – Графики измерения модулей КП делителя мощности

### 5.5.3.7 Измерение модуля КП двухпортовых устройств с преобразованием частоты

5.5.3.7.1 По умолчанию при измерении модуля коэффициента передачи проводится учет детекторной характеристики используемого детектора на частоте зондирующего сигнала. При тестировании ИУ с преобразованием частоты (умножителей, делителей частоты, конверторов, смесителей) необходимо производить учет детекторной характеристики на частоте выходного сигнала ИУ, отличной от частоты зондирующего сигнала. Данная функция реализована в ПО.

5.5.3.7.2 Рекомендации, при измерении модуля КП устройств с преобразованием частоты:

- а) следует учитывать, что диапазон входных и выходных (преобразованных) частот ИУ должны находиться в пределах диапазона рабочих частот Р2М;
- б) если калибровка и измерения выполняются с разными переходами, согласующими или усилительными цепями и устройствами, то в результат измерений необходимо вносить соответствующую поправку (отличие коэффициентов передачи дополнительных устройств, используемых при калибровке и измерениях);
- в) если активное ИУ работает в нелинейном режиме или имеет низкий



относительный уровень побочных составляющих (менее 20 дБ), то необходимо на входе детектора устанавливать селективный фильтр. Это связано с тем, что детектор является широкополосным устройством и принимает все сигналы в диапазоне рабочих частот.

5.5.3.7.3 Дополнительная информация приведена в 5.5.8.

**ВНИМАНИЕ: ПРИ ИЗМЕРЕНИИ МОДУЛЯ КП АКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ МОЩНОСТЬ НА ВХОДЕ ДЕТЕКТОРА НЕ ПРЕВЫШАЛА +16 дБм (40 мВт). ЕСЛИ ИЗМЕРЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ ПРЕВЫШАЕТ УКАЗАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ, ТО НА ВХОД ДЕТЕКТОРА НЕОБХОДИМО УСТАНОВИТЬ АТТЕНЮАТОР С ИЗВЕСТНЫМ ОСЛАБЛЕНИЕМ НА ЧАСТОТАХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОТНОСИТСЯ К ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМ, ИМЕЮЩИМ В СВОЁМ СОСТАВЕ УСИЛИТЕЛИ)!**

*5.5.3.7.4 Для измерения модуля КП двухпортовых устройств с преобразованием частоты выполнить:*

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать схему калибровки (без ИУ);
- в) установить параметры по умолчанию;
- г) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- д) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:

- 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;
- 2) выбрать используемый измерительный вход «А», «В» или «R»;
- 3) режим измерений – «модуль КП».

е) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;

**Примечание** – Установленный диапазон должен соответствовать диапазону входных частот преобразователя.

- ж) установить значение уровня выходной мощности;
- з) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- и) выбрать режим компенсации;
- к) запустить процесс измерений и проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.



- л) выбрать требуемый формат отображения трассы;
- м) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;
- н) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
- о) по окончании калибровки, определить минимальное и максимальное значения модуля КП в рабочем диапазоне частот, они должны находиться в пределах:

1)  $(0 \pm 0,04)$  – формат отображения «Модуль КП (дБ)»;

2)  $(1 \pm 0,01)$  – формат отображения «Модуль КП (раз)».

В противном случае калибровку повторить;

- п) собрать схему измерения (включить ИУ в сечение калибровки);
- р) установить необходимые значения коэффициентов на панели «Преобразование частоты» и выбрать отображаемые частоты;
- с) провести измерения;

При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений, построение ограничительных линий и т.д. остановить процесс измерений;

т) разобрать схему измерений;

у) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

## 5.5.4 Измерение модуля КО и КСВН

5.5.4.1 Второй основной функцией Р2М является измерение модуля КО и КСВН.

5.5.4.2 Рекомендации по измерению модуля КО и КСВН:

- а) для дополнительного согласования выхода СВЧ со входом датчика КСВ рекомендуется устанавливать на вход датчика КСВ вентиль или аттенюатор (рисунок 5.13).

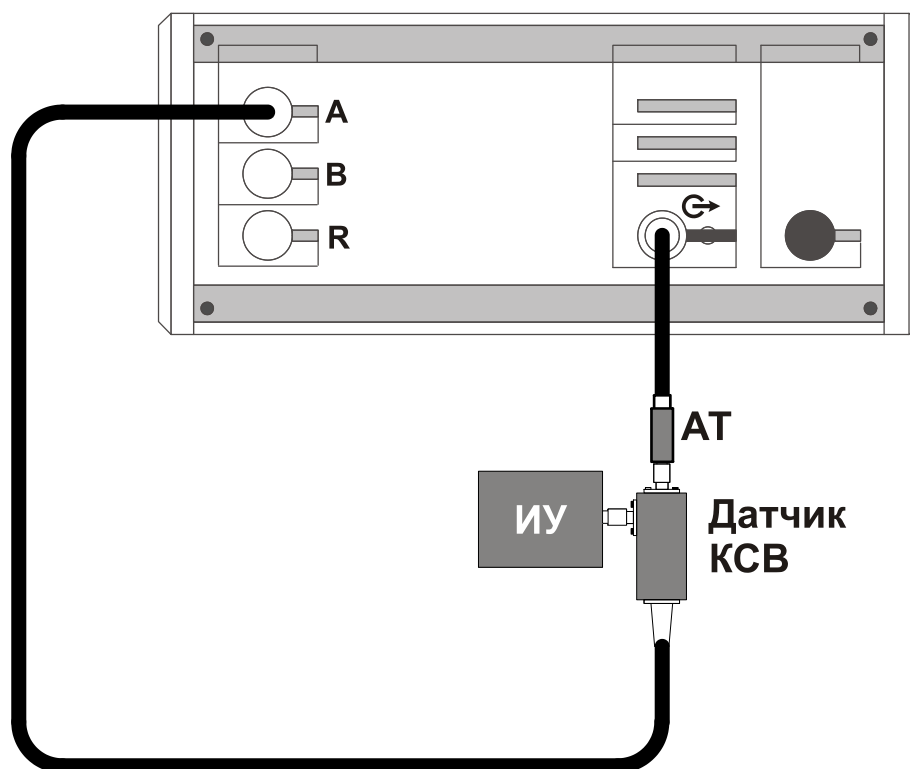


Рисунок 5.13 – Схема измерения модуля КО с согласующим аттенюатором

**ВНИМАНИЕ:**

**ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЛЮБЫХ ПЕРЕХОДОВ К ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ ПОРТУ ДАТЧИКА КСВ ПРИВОДИТ К УВЕЛИЧЕНИЮ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ, УКАЗАННОЙ В ЧАСТИ I НАСТОЯЩЕГО РЭ (РИСУНОК 5.16)!**

**В СОСТАВ ДАТЧИКА КСВ ВХОДИТ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДЕТЕКТОР, ПОЭТОМУ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ИЗМЕРЕНИЯ УСТРОЙСТВ, ИМЕЮЩИХ ВНУТРЕННИЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДОВ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ ВЫПОЛНЯТЬ В «ХОЛОДНОМ» РЕЖИМЕ (БЕЗ ГЕНЕРАЦИЙ)!**

5.5.4.3 Поскольку все измерительные входы Р2М идентичны, то измерения модуля КО и КСВН можно проводить с помощью датчика КСВ, подключенного к любому из них. В настоящем руководстве вход «А» приведен для примера, вместо него может использоваться любой другой измерительный вход.

**5.5.4.4 Для измерения модуля КО и КСВН выполнить:**

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) собрать схему в соответствии с рисунком 5.14;



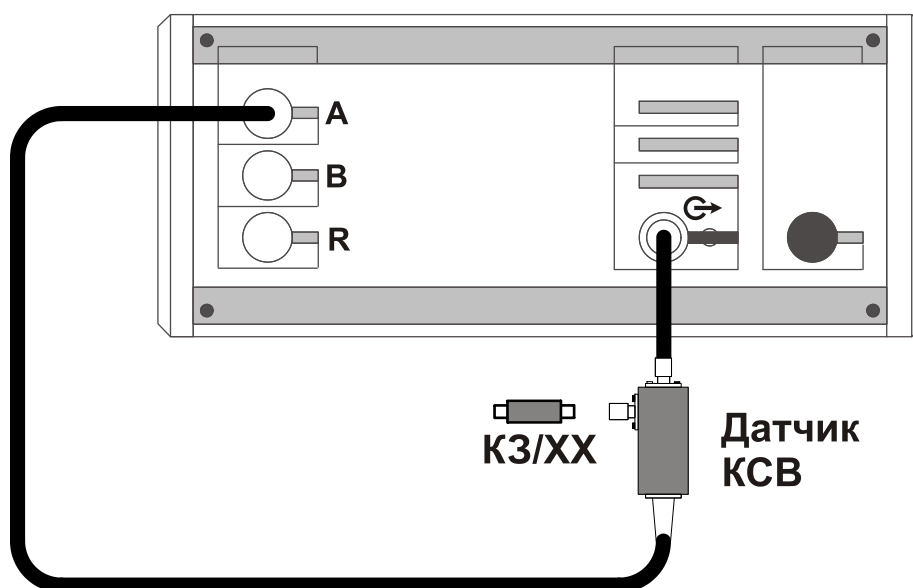


Рисунок 5.14 – Схема калибровки в режиме измерений модуля КО, КСВН

- в) установить параметры по умолчанию;
- г) выбрать детекторную характеристику для датчика КСВ;
- д) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:
  - 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;
  - 2) вход – «А»;
  - 3) режим измерений – отражение.
- е) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;
- ж) установить значение уровня выходной мощности;

**Примечания:**

- 1 Рекомендуемое значение уровня выходной мощности 0 дБм;
- 2 При измерении модуля КО или КСВН входов высокочувствительных устройств, убедитесь, что уровень мощности, подаваемый на ИУ, не превышает максимально-допустимый.

- з) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;
- и) выбрать режим компенсации;



к) запустить процесс измерений и проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

л) выбрать требуемый формат отображения трассы;

м) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;

н) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;

о) по окончании калибровки, не отсоединяя нагрузку КЗ от измерительного порта датчика КСВ, определить минимальное и максимальное значения модуля КО или КСВН в диапазоне рабочих частот, они должны находиться в пределах:

1)  $(0 \pm 0,9)$  – формат отображения «Модуль КО (дБ)»;

2)  $(1 \pm 0,1)$  – формат отображения «Модуль КО (раз)»;

3) прямая линия со значением 10 (программное ограничение) – формат отображения «КСВН».

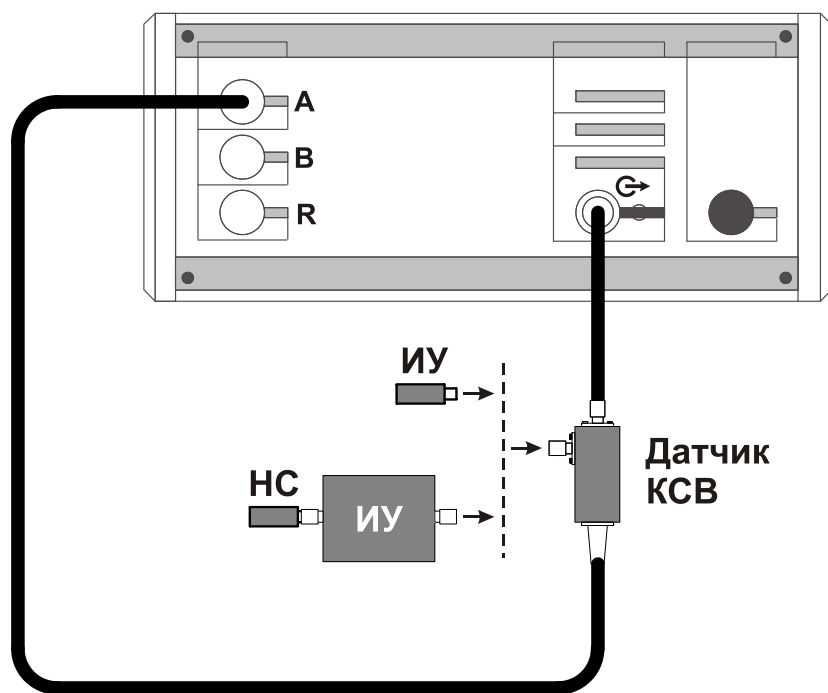
В противном случае калибровку повторить;

п) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.15;

**Примечания:**

1 При подключении не однопортового устройства все его незадействованные порты должны быть нагружены на согласованные нагрузки (рисунок 5.15);

2 Качество согласованной нагрузки должно быть тем лучше, чем меньше коэффициент передачи двухпортового устройства.



(НС – нагрузка согласованная)

Рисунок 5.15 – Схема измерений модуля КО, КСВН

р) провести измерения;

При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений, построение ограничительных линий и т.д. Установка значений степени усреднения и межкадрового усреднения осуществляется в зависимости от флуктуации результата измерений.



Рисунок 5.16 – Результаты измерений КСВН нагрузки (КСВН = 2,0)

**Примечание** – При тестировании узкополосных устройств, например, многозвенных полосовых фильтров, используйте функцию «Сглаживание» очень предусмотрительно, потому что возможны затягивания резких перепадов частотной характеристики ИУ.

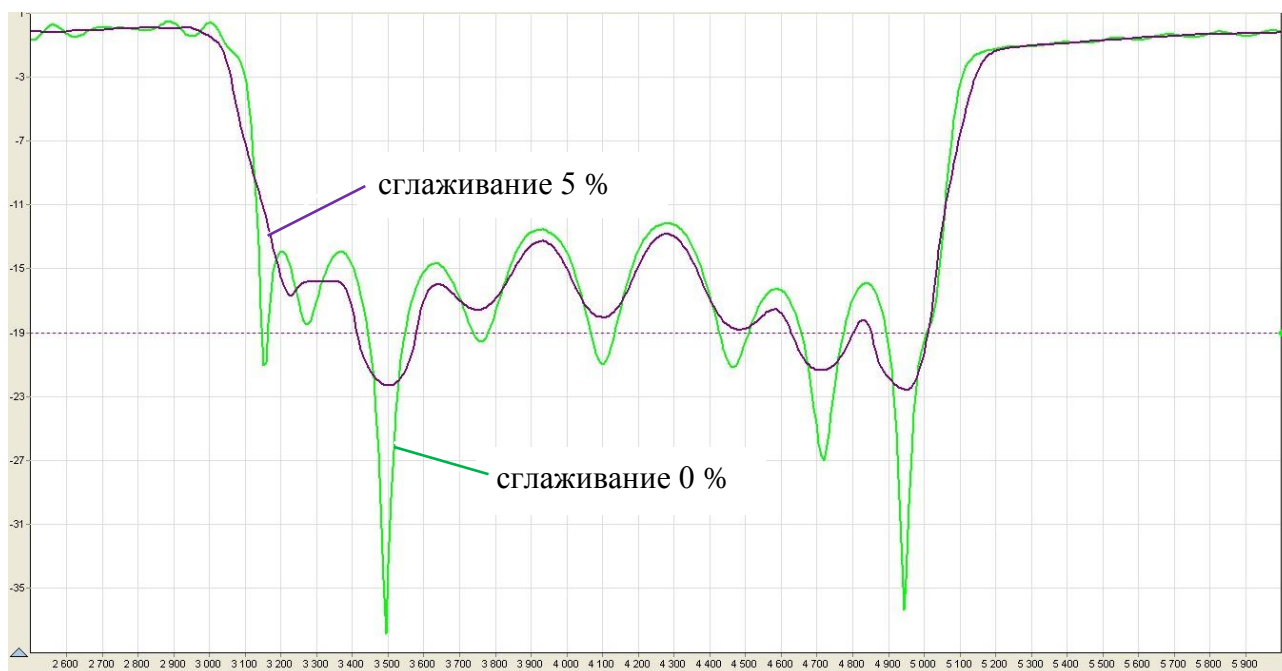


Рисунок 5.17 – Результаты измерений модуля КО в децибелах полосового фильтра при разных уровнях сглаживания

- с) остановить процесс измерений;
- т) разобрать схему измерений;
- у) при необходимости, выключить P2M, пользуясь указаниями п. 5.4.

**Примечание** – Для устройств с преобразованием частоты модуль коэффициента отражения портов измеряется в диапазоне частот каждого из них поочередно, поэтому последовательность измерений аналогична вышеизложенной.

### 5.5.5 Одновременное измерение модуля КП и КО

5.5.5.1 P2M имеет три независимых измерительных входа, что позволяет проводить одновременно несколько измерений. Например, одновременно измерять модуль КП и модуль КО двухпортового устройства.

**Примечание** – Данный режим измерения имеет ограничение – КСВН входа детектора отличается от согласованной нагрузки, поэтому результаты измерений устройств с малым значением модуля КО и низким коэффициентом передачи, будут искажены (рисунок 5.18).



Рисунок 5.18 – Результаты измерений КСВН перехода

5.5.5.2 Установка параметров измерений, проведение калибровки и измерений аналогичны приведенным в п. 5.5.3.4 и 5.5.4. Калибровка осуществляется последовательно: сначала для режима измерения КО и КСВН по указаниям п. 5.5.4, а затем для измерения модуля КП по указаниям п. 5.5.3.4. Сечением калибровки в режиме измерения модуля КП является измерительный порт датчика КСВ (рисунок 5.19).

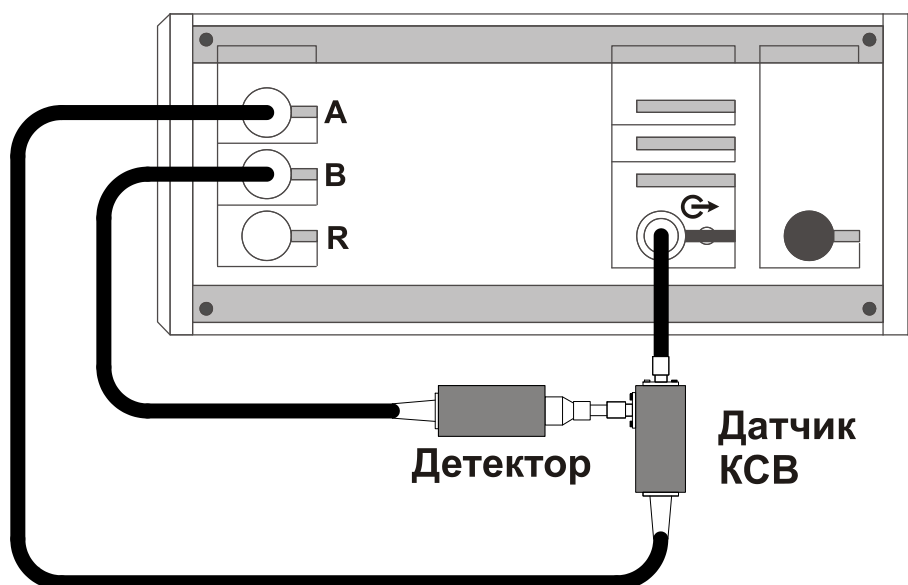


Рисунок 5.19 – Схема калибровки



5.5.5.3 На рисунках 5.20, 5.21 приведены типичные схемы одновременных измерений модуля КП и КО. На рисунке 5.22 приведены результаты одновременных измерений модулей КП и КО полосового фильтра, по оси ординат откладываются результаты измерений в децибелах.

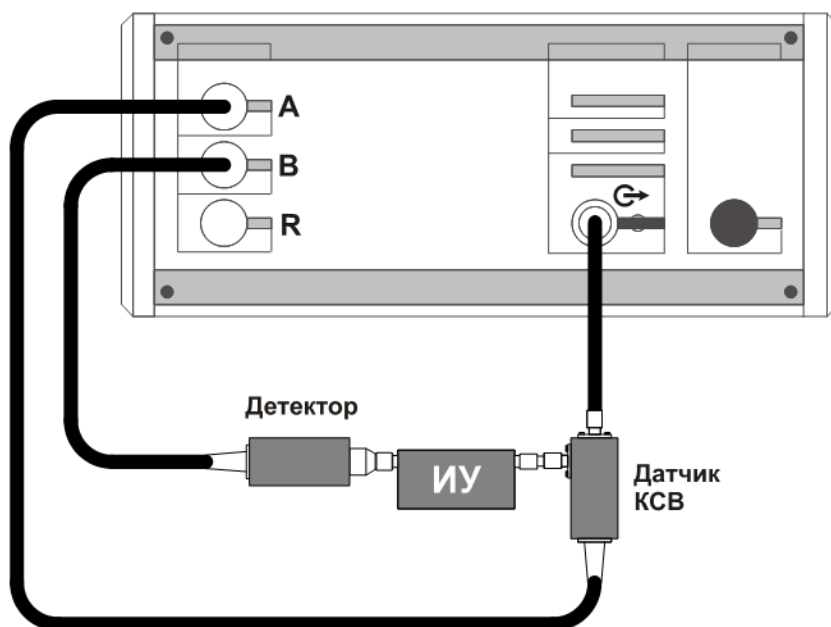


Рисунок 5.20 – Типичная схема измерений модуля КП и КО

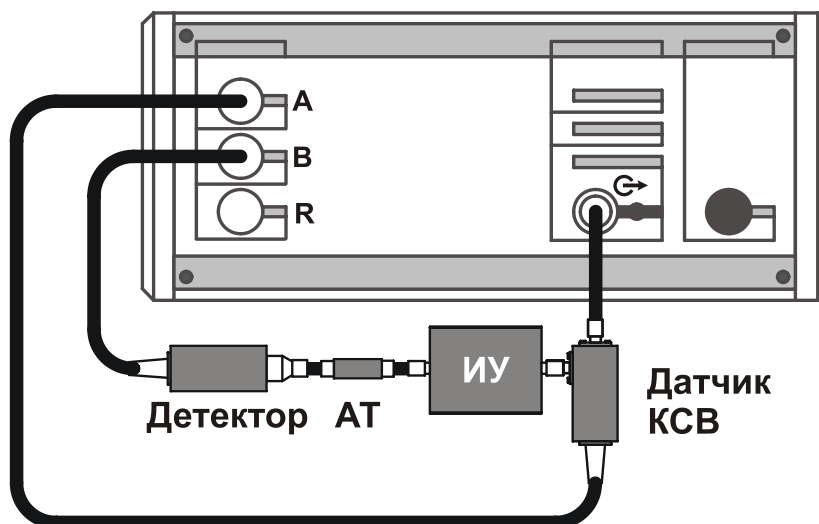


Рисунок 5.21 – Типичная схема измерений модуля КП и КО

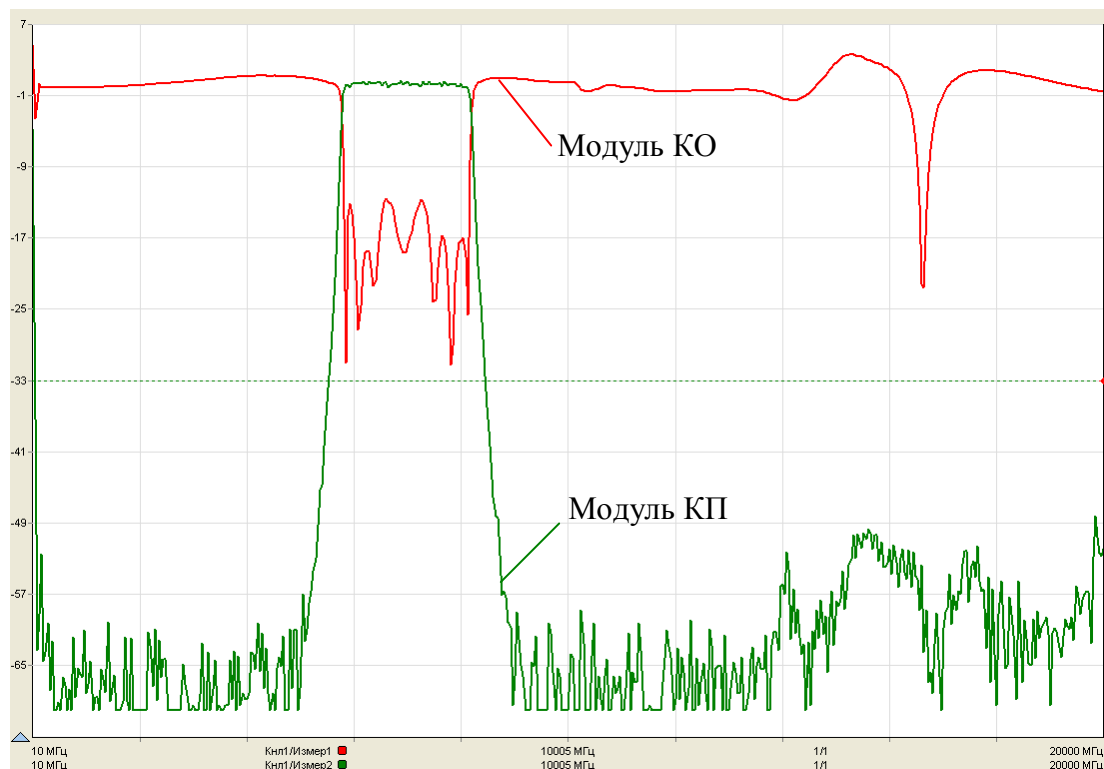


Рисунок 5.22 – Результаты одновременных измерений модулей КП и КО полосового фильтра

### 5.5.6 Измерение динамических характеристик

5.5.6.1 В Р2М реализована возможность измерения динамических характеристик – зависимости уровня мощности на выходе ИУ от уровня мощности на его на фиксированной частоте (определение верхней границы линейности амплитудной характеристики ИУ). Тип канала «ДИ».

5.5.6.2 В этом режиме Р2М изменяет мощность на выходе «СВЧ» от начального до конечного задаваемого пользователем значения с некоторым шагом и измеряет мощность на выходе ИУ. Шаг изменения мощности  $P_{ш}$  определяется количеством точек  $N$ , заданным пользователем и рассчитывается по формуле:

$$P_{ш} = (P_{кон} - P_{нач}) / N \quad (5.2)$$

где  $P_{кон}, P_{нач}$  – значения конечной и начальной мощности.

5.5.6.3 Режим изменения динамических характеристик имеет ограничения аналогичные измерению мощности.

5.5.6.4 Схемы измерений, проведение калибровки и измерений для режима динамических измерений аналогичны измерению модуля КП в соответствии





с п. 5.5.3.4, отличием является то, что в данном случае сканирование проводится по мощности, а частота является неизменным параметром.

### **5.5.7 Работа в составе измерительной системы**

5.5.7.1 Для работы в составе измерительной системы в Р2М предусмотрены вход и выход синхронизации, расположенные на задней панели.

**Примечание** – Подробно о режимах работы входа и выхода синхронизации расписано в части II настоящего руководства.

5.5.7.2 Примером работы Р2М в составе измерительной системы служит измерение параметров смесителей.

### **5.5.8 Измерение параметров смесителей**

5.5.8.1 При измерениях используются 2 Р2М, схема измерений представлена на рисунке 5.23. Для управления обоими Р2М потребуется запустить независимо 2 экземпляра ПО и провести подключения к обоим Р2М.

5.5.8.2 Дальнейшее описание действий приведено с учетом того, что в качестве гетеродина используется Р2М. При использовании в качестве гетеродина другого прибора, последовательность действий должна проводиться с учетом требований и рекомендаций, указанных в эксплуатационной документации на него. При этом прибор должен иметь возможность выдачи сигнала синхронизации, свидетельствующего об установке на заданную частоту, и иметь возможность перестройки на следующую точку по внешнему управляющему сигналу.





д) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;

е) установить параметры «Синхровыход» – «захват ФАПЧ», «Синхровыход» – «следующая точка»;

**ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ:**

ж) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;

з) собрать схему калибровки в соответствии с рисунком 5.24;

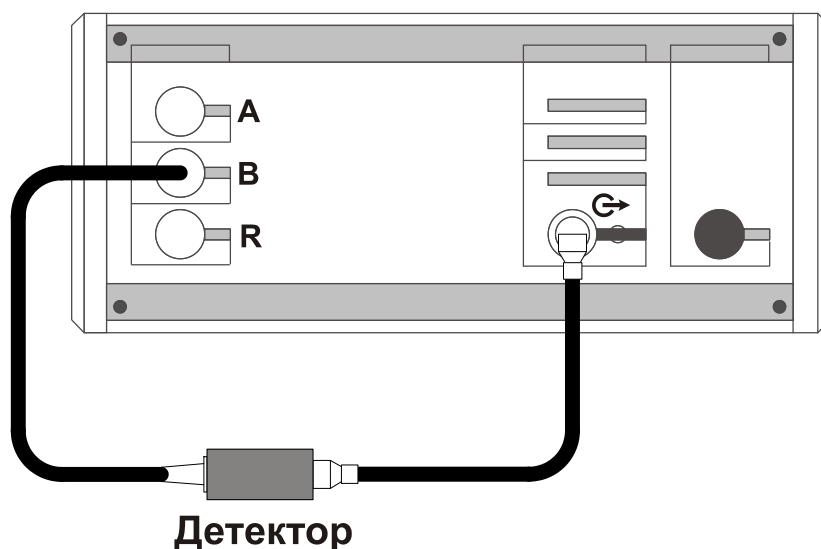


Рисунок 5.24 – Схема калибровки

и) установить параметры по умолчанию;

к) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;

л) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:

1) тип канала – «АЧХ КСВ»;

2) вход – «В»;

3) режим измерений – «модуль КП».

м) установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек или выбрать режим перестройки в соответствии с заданным списком частот;

**Примечание** – Значения частот *измерителя* должны отличаться на величину ПЧ от установленных значений частот *гетеродина*.

**ВНИМАНИЕ: КОЛИЧЕСТВО ЧАСТОТНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ И ГЕТЕРОДИНА ДОЛЖНО БЫТЬ ОДИНАКОВЫМ!**

н) установить значение уровня выходной мощности;

о) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;



- п) выбрать режим компенсации;
- р) выбрать требуемый формат отображения трассы;
- с) запустить процесс измерений и проверить, чтобы при измерении на частотной характеристике не было значительных провалов и выбросов;

**Примечание** – При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов, необходимо проверить надежность сочленений. Если значительные провалы (выбросы) остались, то необходимо выключить Р2М на несколько минут и перезапустить программное обеспечение.

- т) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
- у) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.23;
- ф) установить параметры синхронизации «Синхровыход» – «следующая точка», «Синхровход» – «начало измерений»;
- х) установить значения коэффициентов на панели «Преобразование частоты»:

- 1)  $D = 1$ ;
- 2)  $M = 0$ ;
- 3)  $C = \text{значение ПЧ}$ .

- ц) выбрать отображаемые частоты;

**ДЛЯ ОБОИХ ПРИБОРОВ**

- ч) провести запуск измерений сначала на *гетеродине*, затем на *измерителе*;

ш) установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от уровня измеряемой мощности и флуктуации результата измерений;

- щ) провести измерения;

При выполнении измерений возможна установка различных форматов отображения измерений, проведение математических операций с трассами, маркерные измерения, создание отчета, сохранение результатов измерений, построение ограничительных линий и т.д.

- ы) остановить процесс измерений сначала у *измерителя*, затем у *гетеродина*;

**ВНИМАНИЕ: НЕ ИЗМЕНЯТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСТАНОВКИ ИЗМЕРЕНИЙ. ПОВТОРНЫЙ ЗАПУСК ИЗМЕРЕНИЙ МОЖЕТ ПРОИЗОЙТИ НЕПРАВИЛЬНО ПРИ НЕКОРРЕКТНО ВЫКЛЮЧЕННОМ ИЗМЕРЕНИИ!**

- э) разобрать схему измерений;
- ю) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.



## 5.5.9 Измерение расстояния до обрыва

5.5.9.1 В пункте приведены пояснения и рекомендации для измерений расстояний до обрывов и неоднородностей в линии передачи (РДО). Р2М должен работать в режиме измерения модуля коэффициента передачи или мощности.

5.5.9.2 Для расчета РДО дополнительно необходим делитель мощности, с помощью которого происходит суммирование волны, отражённой от неоднородности, и волны, генерируемой Р2М. За начало отсчета принимается место сложения волн. К одному из выходов делителя подключается детектор к другому тестируемый кабель или иная линия передачи. Схема измерений представлена на рисунке 5.25.

5.5.9.3 Фаза отражённой волны зависит от частоты  $\omega$  и расстояния до неоднородности  $L$ :

$$\Phi_{\text{отр}} = \omega \cdot (t - \Delta t) + \varphi_0 + \varphi_{\text{неод}} \quad (5.3)$$

где  $\Delta t = \frac{2L}{C}$  – задержка отражённого сигнала;

$\varphi_0$  – начальная фаза;

$\varphi_{\text{неод}}$  – поворот фазы на неоднородности;

$C$  – скорость распространения сигнала ( $2,998 \cdot 10^8$  м/с).

5.5.9.4 Генерируемый и отраженный сигналы складываются в фазе если:

$$\Phi_{\text{ген}} - \Phi_{\text{отр}} = 2 \cdot \pi \cdot n \Leftrightarrow 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{экстр.}} \cdot \frac{2 \cdot L}{C} - \varphi_{\text{неод}} = 2 \cdot \pi \cdot n$$

5.5.9.5 Откуда  $f_{\text{экстр.}} = \frac{\varphi_{\text{неод}} \cdot C}{4 \cdot \pi \cdot L} + \frac{C}{2 \cdot L} \cdot n$  – частоты, на которых будут наблюдаться максимумы на частотной характеристики при измерении модуля коэффициента передачи или мощности. Аналогично для минимумов.

Причём «расстояние» между экстремумами составит:

$$\Delta f = \frac{C}{2 \cdot L} \quad (5.4)$$

5.5.9.6 Получив ряд отчетов измеряемой частотной зависимости и выполнив преобразование Фурье, определяем РДО.

**5.5.9.7 Для измерения РДО выполнить (рекомендуемая последовательность действий):**

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) установить параметры по умолчанию;
- в) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- г) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной



трассы:

- 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;
- 2) вход – «В»;
- 3) режим измерений – «модуль КП».

д) установить значение уровня выходной мощности 10 дБм;

е) установить конечную частоту измерений, исходя из ориентировочных знаний длины ИУ  $L$ . Оценка 4-8 периодов интерференции сигналов:

$$f_{\text{кон}} = 4 \div 8 \frac{C}{2 \cdot L \sqrt{\varepsilon}} \quad (5.5)$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость линии передачи

ж) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.25;

з) запустить процесс измерений;

и) выбрать отображение во временной области; установить соответствующий масштаб результата измерений РДО, задать  $\varepsilon$  линии передачи. При измерении ПО ограничивает вводимые значения длины:

$$L_{\text{max}} = \pm \frac{N-1}{2\sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{C}{f_{\text{кон}} - f_{\text{нач}}} \quad (5.6)$$

где  $N$  – число частотных точек (рекомендуемое число точек 1001).

#### Примечания:

1 Для корректного расчета РДО необходимо правильно задать значение диэлектрической проницаемости линии передачи  $\varepsilon$ ;

2 Если диэлектрическая проницаемость не известна, то вначале рекомендуется провести вспомогательные измерения линии передачи известной длины, методом подбора определив  $\varepsilon$ ;

3 Предпочтительней выполнять измерения в диапазоне низких частот (до 3 ГГц), поскольку ослабление на них в линии передачи гораздо меньше, чем на высоких, что отражается на динамическом диапазоне измерений. Но в этом случае разрешающая способность по расстоянию меньше, она соизмерима с длиной волны зондирующего сигнала.

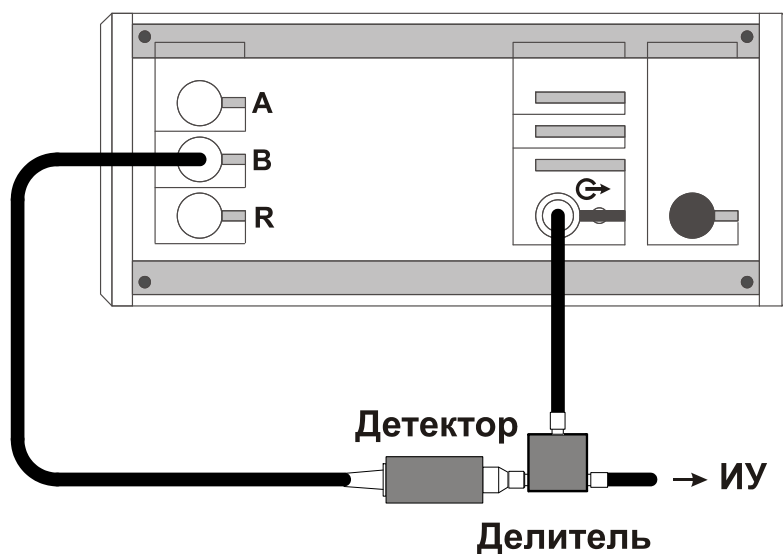
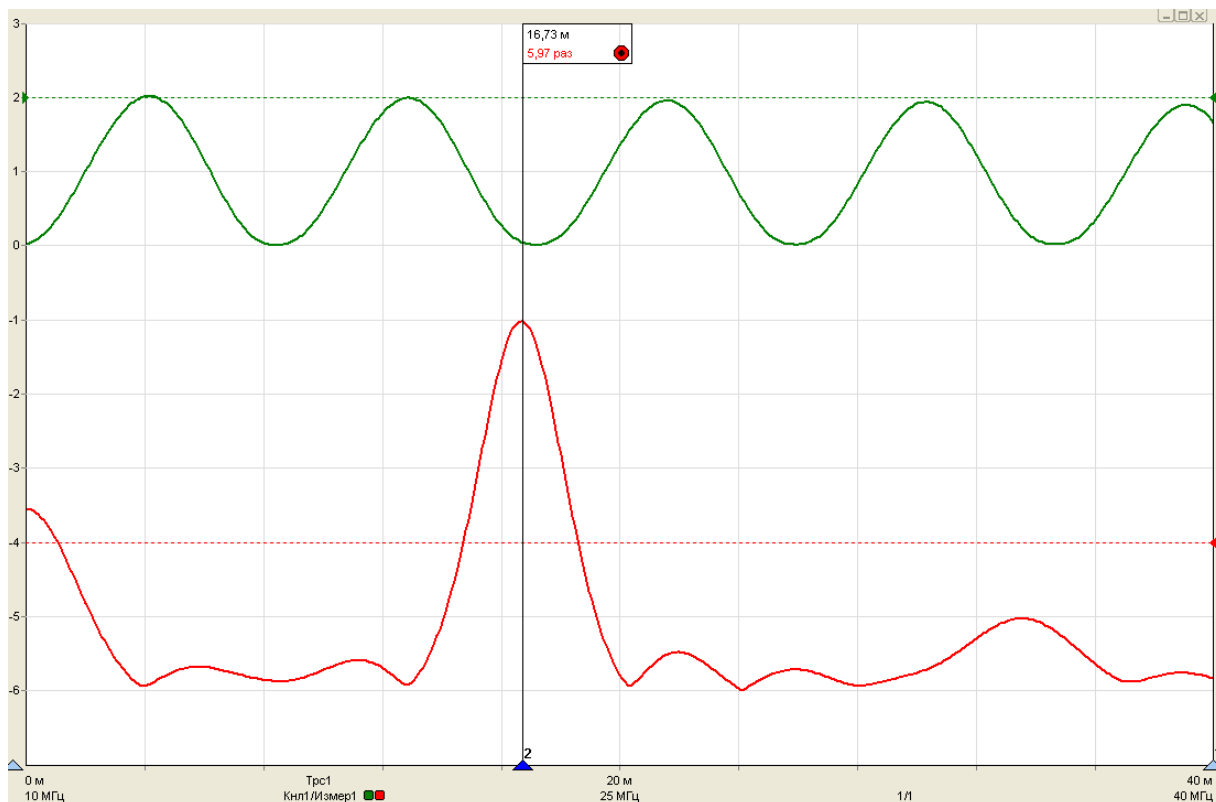
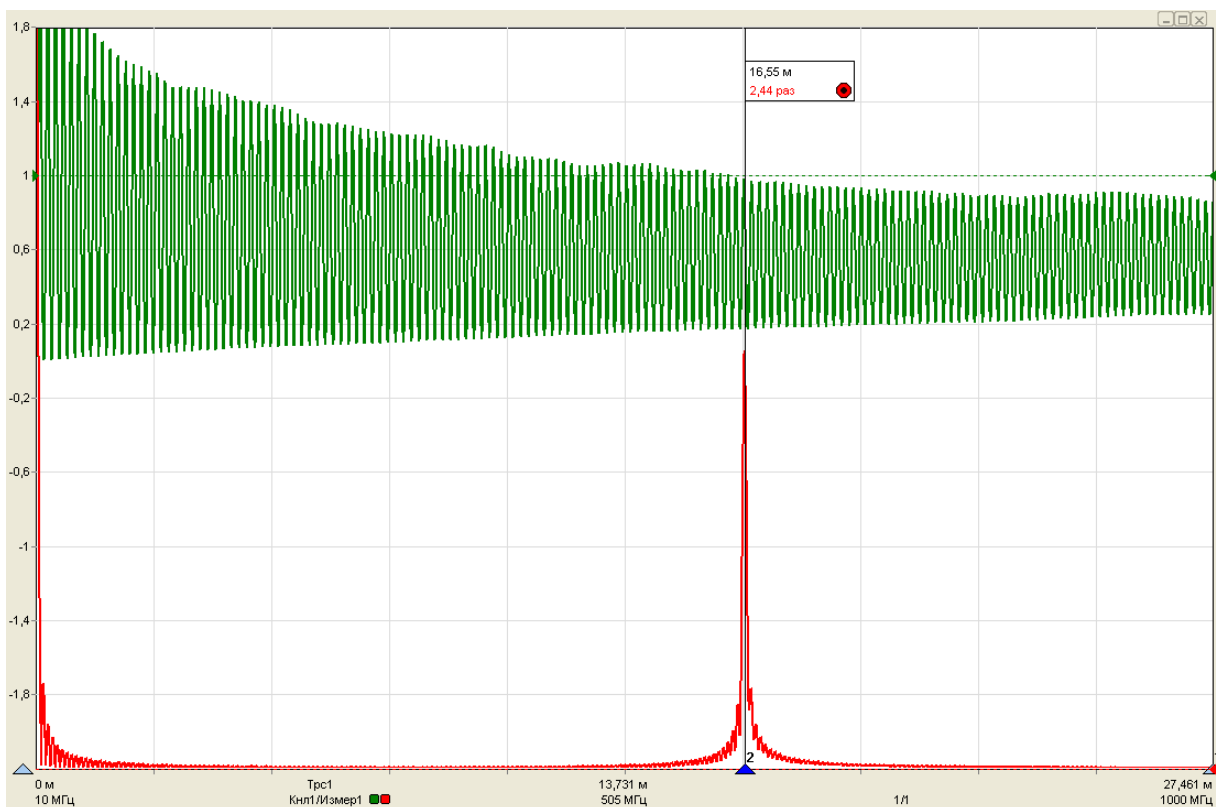


Рисунок 5.25 – Схема измерений

к) провести измерение РДО. В течение измерений для корректировки разрешающей способности по расстоянию или более детального анализа некоторого участка изменить конечную частоту измерений, количество точек, масштаб анализируемой области;

Результаты измерений длины кабеля при различных конечных частотах и соответственно разрешении приведены на рисунках 5.26 и 5.27.

Рисунок 5.26 – Результаты измерений длины кабеля ( $f_{\text{KON}} = 40$  МГц)Рисунок 5.27 – Результаты измерений длины кабеля ( $f_{\text{KON}} = 1000$  МГц)





При измерении возможно задание взвешивания ЧХ, предшествующее преобразованию во временную область. Взвешивание ЧХ приводит к сглаживанию результата измерений.

- л) остановить процесс измерений;
- м) разобрать схему измерений;
- н) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.

### 5.5.10 Измерение ГВЗ

5.5.10.1 Возможность контроля с помощью измерителей модуля коэффициента передачи и отражения (скалярных анализаторов цепей) ГВЗ устройств, чувствительных к отклонению от линейности ФЧХ, дает таким измерителям дополнительные преимущества, расширяет область их использования.

5.5.10.2 ГВЗ характеризует ФЧХ некоторой цепи, точнее её наклон (скорость изменения):

$$T_g = -\frac{\partial \varphi}{\partial \omega} \quad (5.7)$$

5.5.10.3 При измерении ГВЗ контролируется, прежде всего, равномерность ГВЗ (или линейность ФЧХ).

5.5.10.4 Метод основан на избыточности комплексного коэффициента передачи физически реализуемых цепей. Импульсная характеристика таких цепей должна быть равна нулю при отрицательном времени. Отсюда следует функциональная связь (преобразованием Гильберта) вещественной и мнимой частей коэффициента передачи. Т.е. комплексный коэффициент передачи можно восстановить, зная только его вещественную часть (или мнимую + постоянную составляющую).

5.5.10.5 Нам известен модуль коэффициента передачи, из которого в общем случае нельзя получить вещественную и мнимую части. Однако если нули и полюса цепи лежат внутри единичного круга в z-плоскости, то задача решается. Оказывается, что для таких цепей (их называют минимально-фазовыми) логарифм модуля АЧХ связан с ФЧХ преобразованием Гильберта.

5.5.10.6 Поскольку ГВЗ рассчитывается из модуля КП ИУ, то схема измерений аналогична схеме измерений модуля КП.

#### 5.5.10.7 *Рекомендации по измерению ГВЗ:*

- а) включить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.3;
- б) установить параметры по умолчанию;
- в) выбрать детекторную характеристику для используемого детектора;
- г) задать следующие параметры измерений для выбранной измерительной трассы:

- 1) тип канала – «АЧХ КСВ»;



- 2) вход – «В»;
- 3) режим измерений – «модуль КП».

д) установить значение уровня выходной мощности (рекомендуемое значение 10 дБм для обеспечения максимального динамического диапазона измерений модуля КП);

е) выбрать режим управления аттенюатором – при наличии опции «АТА/70»;

ж) выбрать режим компенсации «В каждой точке (АС)»;

з) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5.28

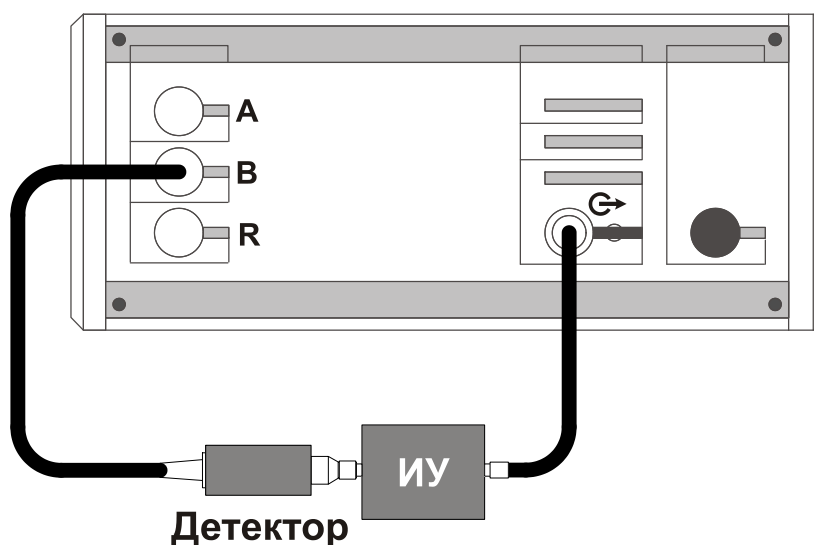


Рисунок 5.28 – Схема измерений

и) запустить процесс измерений;

к) выбрать формат отображения, установить значения степени усреднения и межкадрового усреднения в зависимости от флуктуации результата измерений;

л) провести измерение модуля КП ИУ в рабочем диапазоне частот Р2М;

м) определить центральную частоту и полосу ИУ по уровню минус 50 дБ (пример измерений ГВЗ фильтра);

н) установить следующие параметры частоты:

- 1) центр – центральная частота фильтра;
- 2) полоса – установить значение 1,2 – 1,5 полосы пропускания фильтра по уровню минус 50 дБ;
- 3) количество точек – 501.

о) разобрать схему измерений, собрать схему калибровки в соответствии с рисунком 5.29;

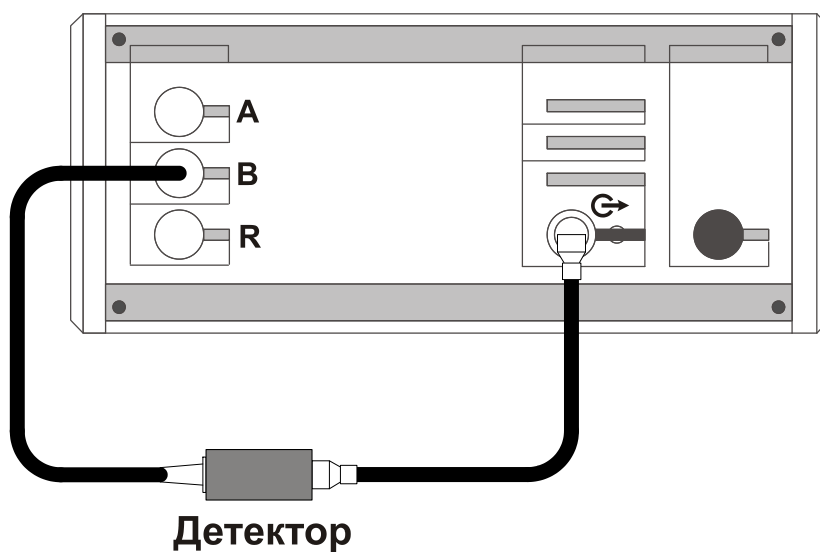


Рисунок 5.29 – Схема калибровки в режиме измерений модуля КП

- п) запустить мастер калибровки измерительной трассы и выполнить калибровку, пользуясь указаниями мастера;
- р) собрать схему измерений; выбрать формат отображения ГВЗ (нс);
- с) провести измерение ГВЗ в установленной полосе частот;

На рисунке 5.30 представлены результаты измерений ГВЗ фильтра с помощью векторного анализатора цепей (штриховая линия) и с помощью Р2М по рекомендациям, приведенным выше. Диапазон частот уменьшен специально для демонстрации точности измерений.

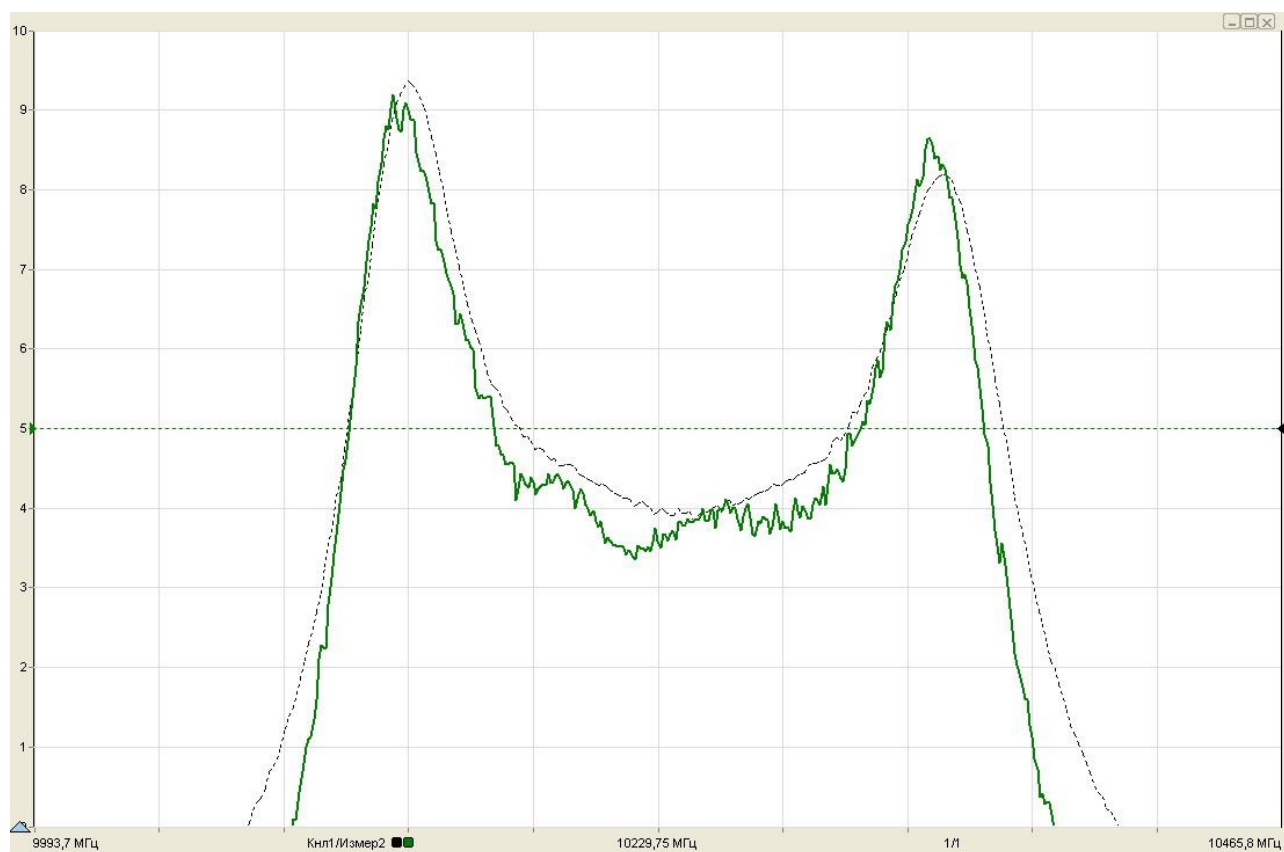


Рисунок 5.30 – Результаты измерений ГВЗ

- т) остановить процесс измерений;
- у) разобрать схему измерений;
- ф) при необходимости, выключить Р2М, пользуясь указаниями п. 5.4.