



АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЙ

Р4М-18

Руководство по эксплуатации

ЖНКЮ.468166.006 РЭ

ЖНКЮ.468166.006 РЭ1

Предприятие-
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»
Адрес: 634045 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

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
1 Нормативные ссылки	5
2 Определения, обозначения и сокращения.....	5
3 Требования безопасности	6
4 Описание и принцип работы	6
4.1 Назначение.....	6
4.2 Условия окружающей среды.....	7
4.3 Состав	8
4.4 Технические характеристики	15
4.5 Устройство и работа	20
5 Подготовка к работе	22
5.1 Эксплуатационные ограничения	22
5.2 Распаковывание и повторное упаковывание.....	22
5.3 Порядок установки и подготовка к работе	24
6 Средства измерений, инструменты и принадлежности	24
7 Порядок работы	24
7.1 Меры безопасности	24
7.2 Расположение органов управления	25
7.3 Управление	28
7.4 Порядок проведения работ.....	28
8 Поверка.....	28
9 Текущий ремонт	28
10 Хранение.....	28
11 Транспортирование	29
12 Маркирование и пломбирование	29
ЧАСТЬ II 1. Общие сведения и указания.....	32
2 Установка и настройка программного обеспечения	34
2.1 Порядок установки программного обеспечения.....	34
2.2 Настройка сетевых параметров при различных вариантах подключения измерительного блока к компьютеру	34
3 Описание программного обеспечения.....	39
3.1 Старт программы и подключение к прибору	39
3.2 Основные элементы интерфейса с пользователем	40
3.3 Краткое описание меню.....	47
3.4 Управление графическими параметрами.....	48
3.5 Масштабирование	50
3.6 Функции над трассами.....	51
3.7 Запуск и остановка измерений.....	54
3.8 Установка параметров измерений	54
3.9 Калибровка.....	56
3.10 Сохранение параметров измерения.....	56
3.11 Маркерные измерения	56
3.12 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов	63
Приложение А (справочное) Перечень возможных неисправностей.....	65
Приложение Б (справочное) Решение проблем при настройке сетевых параметров	66

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧАСТЬ III ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	78
1 Нормативные ссылки	78
2 Определения, обозначения и сокращения	78
3 Общие указания	79
4 Требования безопасности	79
5 Типовые операции	80
5.1 Визуальный контроль	80
5.2 Чистка соединителей	81
5.2.1 Чистка соединителей типов 3,5 мм и IX вариант 3	81
5.2.2 Чистка соединителей типов N и III	81
5.3 Проверка присоединительных размеров «А» с помощью КИПР-3,5 и КИПР-7	82
5.3.1 Общие указания	82
5.3.2 Установка нуля измерителя присоединительных размеров	82
5.3.3 Проверка размера «А» соединителя «розетка» типов IX вариант 3 и 3,5 мм	83
5.3.4 Проверка размера «А» соединителя «вилка» типов IX вариант 3 и 3,5 мм	84
5.3.5 Проверка размера «А» соединителя «розетка» типов N и III	85
5.3.6 Проверка размера «А» соединителя «вилка» типов N и III	86
5.4 Сочленение и расчленение соединителей «вилка» и «розетка»	87
5.4.1 Общие указания	87
5.4.2 Сочленение соединителей типов IX вариант 3 и 3,5 мм	88
5.4.3 Сочленение соединителей типов N и III	89
5.4.4 Расчленение соединителей	90
5.5 Установка измерителя на рабочее место	90
5.6 Подготовка измерителя к работе	91
5.7 Включение измерителя	92
5.8 Выключение измерителя	92
6 Калибровка	93
6.1 Порядок использования наборов калибровочных мер	93
6.2 Выбор вида калибровки	94
6.2.1 Общие сведения о видах калибровок	94
6.2.2 Порядок выбора вида калибровки	95
6.3 Виды калибровок	96
6.3.1 Нормировка	96
6.3.2 Однопортовая калибровка	99
6.3.3 Двухпортовая калибровка в одном направлении	100
6.3.4 Полная двухпортовая калибровка	102
6.4 Сохранение и восстановление калибровочных данных	103
7 Измерения	104
7.1 Управление параметрами измерения	104
7.2 Измерение коэффициента отражения	109
7.3 Измерение коэффициента передачи	111
8 Дополнительные возможности	112
8.1 Фазовая задержка	112
8.2 Использование переходов	113
8.3 Система синхронизации	113
Приложение А (справочное) Погрешности измерений	118
Приложение Б (справочное) Описание наборов калибровочных мер	123

Анализатор цепей векторный Р4М-18 выпускается по техническим условиям ЖНКЮ.468166.006 ТУ.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения анализатора цепей векторного Р4М-18 (далее – измеритель).

Руководство по эксплуатации состоит из трех частей.

- Часть I. Общие сведения;
- Часть II. Программное обеспечение;
- Часть III. Использование по назначению.

В первой части содержатся общие сведения об измерителе, приведены условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Во второй части приведена инструкция по установке и настройке программного обеспечения, дано описание программы.

В третьей части приведена информация по работе с измерителем, методики калибровки, порядок проведения измерений.

Перед началом эксплуатации измерителя необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию измерителя изменения, не влияющие на его нормированные 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.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации измерителя, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

Руководство по эксплуатации

Часть I. Общие сведения

1 Нормативные ссылки

- ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности
- ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования
- ГОСТ 5556-81 Вата медицинская гигроскопическая. Технические условия
- ГОСТ 9181-74 Приборы электроизмерительные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение
- ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия
- ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
- ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия
- ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия
- ГОСТ РВ 51914-2002
- МИ 3286-2010 Проверка защиты программного обеспечения и определение ее уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа

2 Определения, обозначения и сокращения

- ВЧ – высокие частоты;
Измеритель – анализатор цепей векторный Р4М-18;
ИУ – исследуемое устройство;
НО – направленный ответвитель;
ПК – персональный компьютер;
РЭ – руководство по эксплуатации;
СВЧ – сверхвысокая частота;
СЧ – синтезатор частот.

Измерительный блок – измеритель без комплекта принадлежностей и ПК.

Механические повреждения – глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центральных или внешних проводников соединителей измерителя и комплекта его принадлежностей, вмятины на корпусах, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики измерителя. Механические повреждения являются следствием неправильной транспортировки, хранения или эксплуатации.

Набор калибровочных мер – элементы СВЧ тракта, необходимые для выполнения векторной калибровки измерителя.

Пользователь (потребитель) – физическое лицо, допущенное к эксплуатации измерителя и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

Рабочие поверхности центральных проводников – поверхности центральных проводников, осуществляющие электрический контакт при соединении соединителей.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности измерителя или его составных частей.

3 Требования безопасности

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

При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

При проведении всех видов работ с измерителем необходимо пользоваться антистатическим браслетом.

ВНИМАНИЕ:

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ ETHERNET И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ;
ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

Изоляция между цепями питания и корпусом выдерживает в нормальных условиях в течение 1 минуты действие испытательного напряжения переменного тока частотой 50 Гц значением 1,5 кВ без пробоя и поверхностного перекрытия.

Сопротивление изоляции между корпусом измерителя и соединенными выводами цепи питания, МОм, не менее:

- 20 в нормальных условиях;
- 5 при повышенной температуре;
- 2 при повышенной влажности.

Электрическое сопротивление между клеммой заземления и заземляющим контактом сетевой вилки, а также между клеммой заземления и корпусом соединителей измерительных портов не более 50 МОм.

4 Описание и принцип работы

4.1 Назначение

Полное торговое наименование, тип и обозначение прибора: анализатор цепей векторный Р4М-18 ЖНКЮ.468166.006 ТУ.

Номер сертификата об утверждении типа средства измерений: _____.

Регистрационный номер по Государственному реестру: _____.

Анализаторы цепей векторные Р4М-18 предназначены для измерения комплексных коэффициентов передачи и отражения (S-параметров) двухполюсников и четырехполюсников в коаксиальных волноводах с диаметрами поперечных сечений 7,0/3,04 мм и 3,5/1,52 мм с соединителями типов III, N, IX, 3,5 мм и SMA по ГОСТ РВ 51914.

Область применения – производство и контроль ВЧ и СВЧ устройств и оборудования, исследование, настройка и испытания узлов, используемых в радиоэлектронике, связи, приборостроении, измерительной технике.

Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 20 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 35 °С;
- относительная влажность воздуха, при 25 °С, не более 80 %;
- атмосферное давление от 70,0 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

4.2 Условия окружающей среды

Измерители являются устойчивыми и прочными к воздействию на них внешних климатических факторов, обладают прочностью к внешним механическим факторам при транспортировании.

Внешние воздействующие факторы указаны в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 - Внешние воздействующие факторы

Воздействующий фактор	Характеристика воздействующего фактора	Значение
1 Повышенная температура среды	Рабочая температура, °С	+ 35
	Предельная температура транспортирования, °С	+ 70
2 Пониженная температура среды	Рабочая температура, °С	+ 15
	Предельная температура транспортирования, °С	- 50
3 Повышенная влажность воздуха	При эксплуатации (Т=25 °С), %, не более	90
	При транспортировании (Т=30 °С), %, не более	95
4 Атмосферное давление	Пониженное давление, мм рт. ст.	537
	Повышенное давление, мм рт. ст.	800
5 Транспортная тряска	Число ударов в минуту	от 80 до 120
	Максимальное ускорение, м/с ² (g)	30 (3)
	Общее число ударов	4000

Работать с измерителем необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

Требования к радиоэлектронной защите и электромагнитной совместимости

По помехоэмиссии измеритель соответствует классу А по ГОСТ Р 51318.22.

Измеритель устойчив к электростатическим разрядам со степенью жесткости испытаний 1 по ГОСТ Р 51317.4.2.

Измеритель устойчив к наносекундным импульсным помехам со степенью жесткости испытаний 1 по ГОСТ Р 51317.4.4.

По уровню излучаемых промышленных радиопомех измеритель соответствует классу А по ГОСТ Р 51318.22.

Измеритель устойчив к микросекундным импульсным помехам большой энергии по цепям электропитания переменного тока со степенью жесткости 2 по ГОСТ Р 51317.4.5.

Измеритель устойчив к динамическим изменениям напряжения электропитания (прерываниям, провалам и выбросам напряжения) при электромагнитной обстановке класса 2 по ГОСТ Р 51317.4.11.

4.3 Состав

Измерители поставляются в четырех модификациях. Каждая модификация характеризуется определенным набором конструктивных и функциональных возможностей (опций).

Измерители имеют четыре опции: «Р4М-18-20А», «Р4М-18-ДПА», «Р4М-18-ДМА» и «Р4М-18-СПА» (далее по тексту «20А», «ДПА», «ДМА» и «СПА»).

Опция «20А» определяет количество измерительных портов: двухпортовый измерительный блок.

Измеритель с опцией «ДПА» комплектуется переключками для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников с целью дополнительного ослабления или усиления сигналов.

В измеритель с опцией «ДМА» устанавливаются, кроме переключек, четыре аттенюатора для расширения диапазона регулировки уровня выходной мощности, подаваемого на ИУ, и обеспечения оптимального режима работы приемников.

В измеритель с опцией «СПА» устанавливается переключатель, позволяющий управлять путем распространения сигнала первого опорного канала. Опция предназначена для реализации высокоточных измерений параметров устройств с преобразованием частоты. Зарезервирована для дальнейшего использования.

Модификации с указанием соответствующего набора опций приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование	Обозначение	Примечание
Анализатор цепей векторный Р4М-18/1	ЖНКЮ.468166.006 ТУ	опция «20А»
Анализатор цепей векторный Р4М-18/2		опции «20А», «ДПА»
Анализатор цепей векторный Р4М-18/3		опции «20А», «ДМА»
Анализатор цепей векторный Р4М-18/4		опции «20А», «ДПА», «СПА»

Комплект поставки измерителя приведён в таблице 3.

Состав наборов калибровочных мер из комплекта анализатора цепей векторного Р4М-18 приведен в таблицах 4-7.

Т а б л и ц а 3

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Анализатор цепей векторный P4M-18/1; P4M-18/2; P4M-18/3; P4M-18/4	ЖНКЮ.468166.006 ТУ	1	модификация определяется при заказе
Набор калибровочных мер НКММ-03-03Р	ЖНКЮ.468955.001	1	тип IX вариант 3
Набор калибровочных мер НКММ-13-13Р	ЖНКЮ.468955.002	1	тип 3,5 мм
Набор калибровочных мер НКММ-01-01Р	ЖНКЮ.468955.003	1	тип III
Набор калибровочных мер НКММ-11-11Р	ЖНКЮ.468955.004	1	тип N
Кабель СВЧ КСФ26-13РН-13Н-700	ЖНКЮ.685675.001-01	2	0,7 м
Кабель СВЧ КСФ26-13РН-13Н-1000	ЖНКЮ.685675.001-04	1	1,0 м
Кабель СВЧ КСФ26-13РН-13Н-1500	ЖНКЮ.685675.001-05	1	1,5 м
Ключ тарированный КТ-3	ЖНКЮ.296442.001-02	1	размер зева 20 мм
Кабель	ЖНКЮ.685671.069	6	перемычки, для опций «ДПА», «ДМА»
Ключ поддерживающий КП-3	ЖНКЮ.764431.011	1	размер зева 19 мм
Кабель <i>Ethernet</i>	ЖНКЮ.685611.077	1	патч-корд Cat.5e или аналог
Кабель питания	ЖНКЮ.685631.067	1	с заземляющим проводником, евро-стандарт
Руководство по эксплуатации	ЖНКЮ.468166.006 РЭ	1	три части
Формуляр	ЖНКЮ.468166.006 ФО	1	
Методика поверки	ЖНКЮ.468166.006 ДЗ	1	
Программный комплекс <i>P4M</i>	ЖНКЮ.02009-00	1	поставляется на компакт-диске
Упаковка	ЖНКЮ.305639.002	1	
Примечания: 1 Количество и типы наборов калибровочных мер и кабелей СВЧ определяются при заказе; 2 Кабели СВЧ длиной 0,7 м поставляются только парами.			

Т а б л и ц а 4 – Состав набора калибровочных мер НКММ-03-03Р для работы в коаксиальном волноводе с диаметром поперечного сечения 3,5/1,52 мм, соединитель тип IX

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-20-03Р	ЖНКЮ.468517.004	1	тип IX, вариант 3, розетка
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-20-03	ЖНКЮ.468517.005	1	тип IX, вариант 3, вилка
Нагрузка холостого хода НХЗ-20-03Р	ЖНКЮ.468519.004	1	тип IX, вариант 3, розетка
Нагрузка холостого хода НХЗ-20-03	ЖНКЮ.468519.005	1	тип IX, вариант 3, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-03	ЖНКЮ.468548.020-02	1	тип IX, вариант 3, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-03	ЖНКЮ.468548.020-04	1	тип IX, вариант 3, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-03Р	ЖНКЮ.468548.021-02	1	тип IX, вариант 3, розетка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-03Р	ЖНКЮ.468548.021-04	1	тип IX, вариант 3, розетка
Переход коаксиальный ПК2-20-03Р-03Р	ЖНКЮ.468562.017	1	тип IX, вариант 3, розетка - тип IX, вариант 3, розетка
Переход коаксиальный ПК2-20-03-03	ЖНКЮ.468562.018	1	тип IX, вариант 3, вилка - тип IX, вариант 3, вилка
Переход коаксиальный ПК2-20-03Р-03	ЖНКЮ.468562.019	1	тип IX, вариант 3, розетка - тип IX, вариант 3, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-20-13РН-03	ЖНКЮ.468562.035	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип IX, вариант 3, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-20-13РН-03Р	ЖНКЮ.468562.036	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип IX, вариант 3, розетка
Ключ тарированный КТ-2	ЖНКЮ.296442.001-01	1	размер зева 8 мм
Ключ поддерживающий КП-1	ЖНКЮ.764431.005	1	размер зева 8 мм
Паспорт	ЖНКЮ.468955.001 ПС	1	
Упаковка	ЖНКЮ.468956.001	1	
Характеристики НКММ-03-03Р	ЖНКЮ.460821.007 Д9	1	поставляются на компакт-диске

Т а б л и ц а 5 – Состав набора калибровочных мер НКММ-13-13Р для работы в коаксиальном волноводе с диаметром поперечного сечения 3,5/1,52 мм, соединитель тип 3,5 мм

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-20-13Р	ЖНКЮ.468517.004-01	1	тип 3,5 мм, розетка
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-20-13	ЖНКЮ.468517.005-01	1	тип 3,5 мм, вилка
Нагрузка холостого хода НХЗ-20-13Р	ЖНКЮ.468519.004-01	1	тип 3,5 мм, розетка
Нагрузка холостого хода НХЗ-20-13	ЖНКЮ.468519.005-01	1	тип 3,5 мм, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-13	ЖНКЮ.468548.020-03	1	тип 3,5 мм, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-13	ЖНКЮ.468548.020-05	1	тип 3,5 мм, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-13Р	ЖНКЮ.468548.021-03	1	тип 3,5 мм, розетка
Нагрузка согласованная НСЗ-20-13Р	ЖНКЮ.468548.021-05	1	тип 3,5 мм, розетка
Переход коаксиальный ПК2-20-13Р-13Р	ЖНКЮ.468562.017-02	1	тип 3,5 мм, розетка - тип 3,5 мм, розетка
Переход коаксиальный ПК2-20-13-13	ЖНКЮ.468562.018-02	1	тип 3,5 мм, вилка - тип 3,5 мм, вилка
Переход коаксиальный ПК2-20-13Р-13	ЖНКЮ.468562.019-03	1	тип 3,5 мм, розетка - тип 3,5 мм, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-20-13РН-13	ЖНКЮ.468562.035-01	2	тип NMD 3,5 мм, розетка - тип 3,5 мм, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-20-13РН-13Р	ЖНКЮ.468562.036-01	2	тип NMD 3,5 мм, розетка - тип 3,5 мм, розетка
Ключ тарированный КТ-2	ЖНКЮ.296442.001-01	1	размер зева 8 мм
Ключ поддерживающий КП-1	ЖНКЮ.764431.005	1	размер зева 8 мм
Паспорт	ЖНКЮ.468955.002 ПС		
Упаковка	ЖНКЮ.468956.001-01	1	
Характеристики НКММ-13-13Р	ЖНКЮ.460821.008 Д9	1	поставляются на компакт-диске

Т а б л и ц а 6 – Состав набора калибровочных мер НКММ-01-01Р для работы в коаксиальном волноводе с диаметром поперечного сечения 7,0/3,04 мм, соединитель тип III

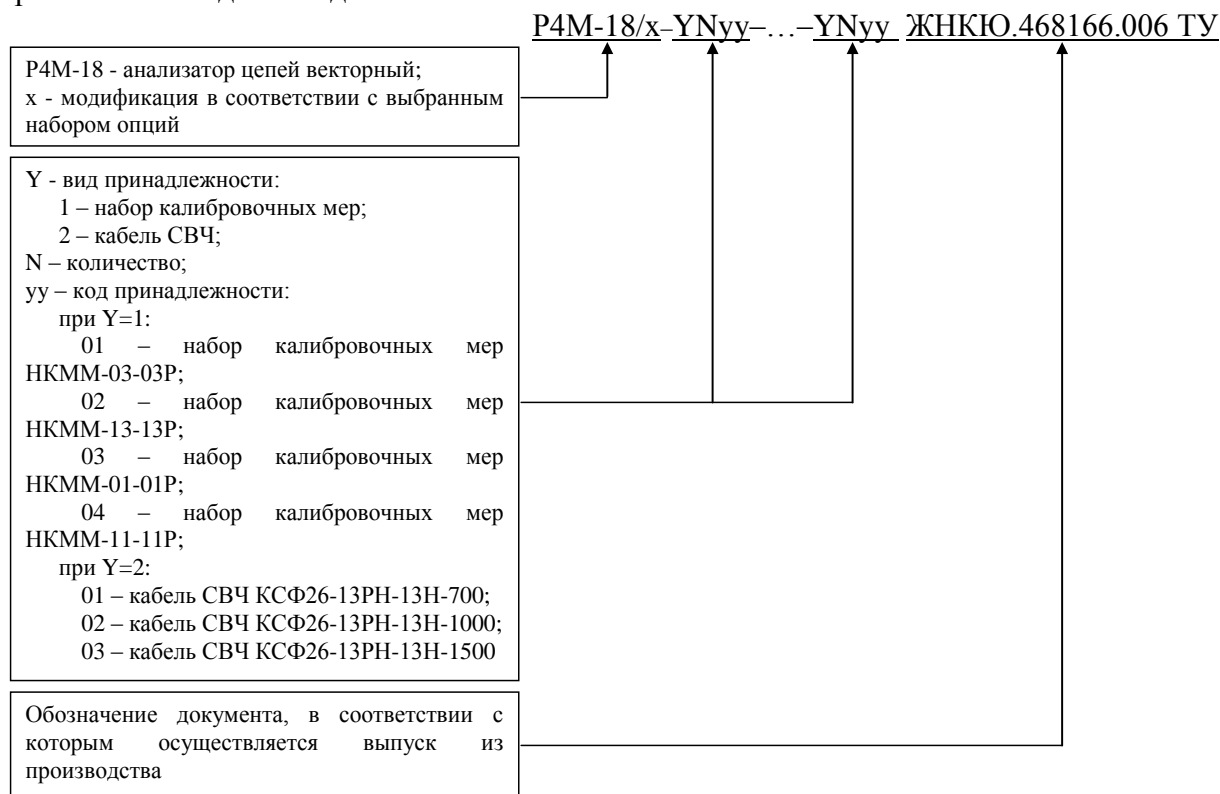
Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-18-01Р	ЖНКЮ.468517.006	1	тип III, розетка
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-18-01	ЖНКЮ.468517.007	1	тип III, вилка
Нагрузка холостого хода НХЗ-18-01Р	ЖНКЮ.468519.006	1	тип III, розетка
Нагрузка холостого хода НХЗ-18-01	ЖНКЮ.468519.007	1	тип III, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-01	ЖНКЮ.468548.022-02	1	тип III, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-01	ЖНКЮ.468548.022-04	1	тип III, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-01Р	ЖНКЮ.468548.023-02	1	тип III, розетка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-01Р	ЖНКЮ.468548.023-04	1	тип III, розетка
Переход коаксиальный ПК2-18-01Р-01Р	ЖНКЮ.468562.005	1	тип III, розетка – тип III, розетка
Переход коаксиальный ПК2-18-01-01	ЖНКЮ.468562.011	1	тип III, вилка – тип III, вилка
Переход коаксиальный ПК2-18-01Р-01	ЖНКЮ.468562.016	1	тип III, розетка – тип III, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-18-13РН-01	ЖНКЮ.468562.033	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип III, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-18-13РН-01Р	ЖНКЮ.468562.034	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип III, розетка
Ключ тарированный КТ-4	ЖНКЮ.296442.001-03	1	размер зева 19 мм
Ключ поддерживающий КП-2	ЖНКЮ.764431.006	1	размер зева 14 мм
Паспорт	ЖНКЮ.468955.003 ПС	1	
Упаковка	ЖНКЮ.468956.002	1	
Характеристики НКММ-01-01Р	ЖНКЮ.460821.009 Д9	1	поставляются на компакт-диске

Т а б л и ц а 7 – Состав набора калибровочных мер НКММ-11-11Р для работы в коаксиальном волноводе с диаметром поперечного сечения 7,0/3,04 мм, соединитель тип N

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-18-11Р	ЖНКЮ.468517.006-01	1	тип N, розетка
Нагрузка короткозамкнутая НКЗ-18-11	ЖНКЮ.468517.007-01	1	тип N, вилка
Нагрузка холостого хода НХЗ-18-11Р	ЖНКЮ.468519.006-01	1	тип N, розетка
Нагрузка холостого хода НХЗ-18-11	ЖНКЮ.468519.007-01	1	тип N, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-11	ЖНКЮ.468548.022-03	1	тип N, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-11	ЖНКЮ.468548.022-05	1	тип N, вилка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-11Р	ЖНКЮ.468548.023-03	1	тип N, розетка
Нагрузка согласованная НСЗ-18-11Р	ЖНКЮ.468548.023-05	1	тип N, розетка
Переход коаксиальный ПК2-18-11Р-11Р	ЖНКЮ.468562.005-02	1	тип N, розетка – тип N, розетка
Переход коаксиальный ПК2-18-11-11	ЖНКЮ.468562.011-02	1	тип N, вилка – тип N, вилка
Переход коаксиальный ПК2-18-11Р-11	ЖНКЮ.468562.016-03	1	тип N, розетка – тип N, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-18-13РН-11	ЖНКЮ.468562.033-01	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип N, вилка
Переход коаксиальный ПКН2-18-13РН-11Р	ЖНКЮ.468562.034-01	2	тип NMD 3,5 мм, розетка – тип N, розетка
Ключ тарированный КТ-4	ЖНКЮ.296442.001-03	1	размер зева 19 мм
Ключ поддерживающий КП-2	ЖНКЮ.764431.006	1	размер зева 14 мм
Паспорт	ЖНКЮ.468955.004 ПС	1	
Упаковка	ЖНКЮ.468956.002-01	1	
Характеристики НКММ-11-11Р	ЖНКЮ.460821.010 Д9	1	поставляются на компакт-диске

Примеры записи при заказе и в другой документации

Для формирования записи используется следующая кодировка. Различные типы принадлежности (наборы калибровочных мер, кабели СВЧ) указываются через дефис в порядке возрастания их видов и кодов.



Примеры:

1) Анализатор цепей векторный Р4М-18 с опцией «20А» без наборов калибровочных мер и кабелей СВЧ:

Р4М-18/1 ЖНКЮ.468166.006 ТУ

2) Анализатор цепей векторный Р4М-18 с опцией «20А» в комплекте с одним набором калибровочных мер НКММ-11-11Р для работы в коаксиальном волноводе с диаметром поперечного сечения 7,0/3,04 мм и соединителями тип N по ГОСТ РВ 51914-2002 и двумя кабелями СВЧ КСФ26-13РН-13Н-700 длиной 0,7 м:

Р4М-18/1-1104-2201 ЖНКЮ.468166.006 ТУ

3) Анализатор цепей векторный Р4М-18 с опциями «20А» и «ДМА» в комплекте с наборами калибровочных мер НКММ-03-03Р, НКММ-13-13Р, НКММ-01-01Р, НКММ-11-11Р для работы в коаксиальных волноводах с диаметром поперечного сечения 3,5/1,52 мм и 7,0/3,04 мм и соединителями типов IX, 3,5 мм, SMA, Ш и N по ГОСТ РВ 51914-2002 и с кабелями СВЧ КСФ26-13РН-13Н-700, КСФ26-13РН-13Н-1000 и КСФ26-13РН-13Н-1500.

Р4М-18/3-1101-1102-1103-1104-2201-2102-2103 ЖНКЮ.468166.006 ТУ

4.4 Технические характеристики

Диапазоны и пределы погрешностей измерений коэффициентов передачи и отражения приведены для рабочего диапазона температур окружающей среды и изменении температуры не более $\pm 1^{\circ}\text{C}$ после выполнения однопортовой (только для коэффициента отражения) или полной двухпортовой калибровки, включая изоляцию, с помощью наборов калибровочных мер, указанных в таблицах 4 - 7, и уровне выходной мощности 0 дБм, если иное не оговорено.

Диапазон рабочих частот, МГц

в коаксиальном волноводе 7,0/3,04 мм

от 10 до 18 000

в коаксиальном волноводе 3,5/1,52 мм

от 10 до 20 000

Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора в течение одного года

$\pm 2 \cdot 10^{-6}$

Минимальный шаг перестройки по частоте, Гц

1

Полоса пропускания фильтров ПЧ по уровню минус 3 дБ, Гц

10, 30, 100, 300, 1000, 3000, 10000

Пределы допускаемой относительной погрешности установки полосы пропускания фильтров ПЧ, %

± 20

Диапазон установки уровня выходной мощности, дБм

для измерителей без опции «ДМА»

от минус 20 до 0

для измерителей с опцией «ДМА»

от минус 90 до 0

Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня выходной мощности в диапазоне от минус 20 до 0 дБм, дБ¹⁾

± 2

Диапазон ослаблений аттенуаторов источника сигнала для измерителей с опцией «ДМА», дБ

от 0 до 70 с шагом 10 дБ

Диапазон ослаблений аттенуаторов приемника сигнала для измерителей с опцией «ДМА», дБ

от 0 до 30 с шагом 10 дБ

Диапазон измерений модуля коэффициента отражения

от 0 до 1

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения двухполосников $\Delta S_{11}^{\text{II}}$ ($\Delta S_{22}^{\text{II}}$):

в диапазоне частот от 125 МГц до 10 ГГц

$\pm (0,009 + 0,006 \cdot |S_{11}| + 0,014 \cdot |S_{11}|^2)$

в диапазоне частот свыше 10 ГГц

$\pm (0,012 + 0,011 \cdot |S_{11}| + 0,032 \cdot |S_{11}|^2)$

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения четырехполосников ΔS_{11} (ΔS_{22}):

в диапазоне частот от 125 МГц до 10 ГГц²⁾

$\pm (0,009 + 0,006 \cdot |S_{11}| + 0,014 \cdot |S_{11}|^2 + 0,014 \cdot |S_{21}| \cdot |S_{12}|)$

¹⁾ Для анализаторов цепей векторных Р4М-18с опцией «ДМА» при ослаблении аттенуаторов источника сигнала 0 дБ.

²⁾ $|S_{21}|$ и $|S_{12}|$ – модули коэффициентов передачи исследуемого устройства в прямом и обратном направлении, отн. ед.

в диапазоне частот свыше 10 ГГц	$\pm (0,012+0,011 \cdot S_{11} +0,032 \cdot S_{11} ^2+0,018 \cdot S_{21} \cdot S_{12})$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения двухполюсников, градус	$\pm [1,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{11}^{\text{II}}/ S_{11})]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения четырехполюсников, градус	$\pm [1,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{11}/ S_{11})]$
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи, дБ ¹⁾ :	
для измерителей без опции «ДМА»	от минус 90 до плюс 20
для измерителей с опцией «ДМА»	от минус 90 до плюс 50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи ΔS_{21} (ΔS_{12}), дБ ²⁾ :	
в диапазоне частот от 125 МГц до 10 ГГц	$\pm 20 \cdot \lg(1-(0,030+0,014 \cdot S_{11} +0,014 \cdot S_{22} +(5/2)^N \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot S_{21} ^{-1}))$
в диапазоне частот свыше 10 ГГц	$\pm 20 \cdot \lg(1-(0,045+0,032 \cdot S_{11} +0,018 \cdot S_{22} +(5/2)^N \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot S_{21} ^{-1}))$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус ³⁾ :	
в диапазоне частот от 125 МГц до 10 ГГц	$\pm [0,3 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{21}/ S_{21})]$
в диапазоне частот свыше 10 ГГц	$\pm [0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{21}/ S_{21})]$
Уровень собственного шума приемников при полосе фильтра ПЧ 10 Гц в диапазоне частот от 125 до 20000 МГц, дБм, не более	минус 100
Время сохранения калибровки без превышения погрешностей измерений коэффициентов передачи и отражения пределов допускаемых значений, ч, не менее	1
Период обновления измерений в полном диапазоне рабочих частот при количестве точек 201 и полосе пропускания фильтра ПЧ 10 кГц, мс, не более	400
Количество измерительных портов	2
Параметры измерительных портов:	
тип соединителей	NMD 3,5 мм, вилка ⁴⁾
волновое сопротивление, Ом	50
модуль коэффициента отражения в режиме источника сигнала нескорректированный, дБ, не более	минус 10
модуль коэффициента отражения в режиме приемника сигнала нескорректированный в диапазоне частот, дБ, не более	
от 125 МГц до 2 ГГц	минус 8
свыше 2 ГГц	минус 10
нескорректированная направленность, дБ, не более	минус 10

¹⁾ Диапазон и погрешность измерений модуля коэффициента передачи от 0 до плюс 20 дБ обеспечивается после выполнения полной двухпортовой калибровки при уровне выходной мощности минус 20 дБм, а свыше плюс 20 до плюс 50 дБ – при уровне выходной мощности минус 20 дБм и при ослаблении аттенюатора, установленного на входе измерительного приемника, 30 дБ.

²⁾ N = 0 при полосе пропускания фильтра ПЧ $\Delta f_{\text{ПЧ}} = 10$ Гц; N = 1 при $\Delta f_{\text{ПЧ}} = 100$ Гц; N = 2 при $\Delta f_{\text{ПЧ}} = 1000$ Гц; N = 3 при $\Delta f_{\text{ПЧ}} = 10000$ Гц; $|S_{21}|$ в линейном масштабе, отн. ед.

³⁾ При расчете использовать ΔS_{21} и $|S_{21}|$ в линейном масштабе, отн. ед.

⁴⁾ Совместим с соединителем 3,5 мм розетка по ГОСТ РВ 51914-2002.

Типы соединителей мер и переходов из набора калибровочных мер ¹⁾	III ^M ; N; IX, вариант 3; 3,5 мм
Тип соединителей переключателей для измерителей с опцией «ДПА» или «ДМА»	SMA, вилка
Тип соединителей входа (выхода) ИЗМ, ГЕНЕРАТОР, ОПОРН	3,5 мм, вилка
Максимальная допустимая мощность на входе измерительных портов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2», дБм, не более	16
Максимальная допустимая мощность на входах ОПОРН и ИЗМ для измерителей с опциями «ДПА» или «ДМА», дБм, не более	5
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	от 198 до 242
Потребляемая мощность, В·А, не более	150
Время установления рабочего режима, ч, не более	1,5
Время непрерывной работы, ч, не менее	16
Габаритные размеры измерительного блока, мм, не более	215 × 500 × 520
Масса измерительного блока, кг, не более	25
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP 20
Интерфейс подключения к ПК	Ethernet (IEEE 802.3)
Условия эксплуатации:	
температура окружающей среды, °С	от +15 до +35
относительная влажность воздуха, при 25 °С, %, не более	80
атмосферное давление, мм рт. ст.	от 537 до 800
Показатели надежности:	
средний срок службы, лет, не менее	5
средняя наработка на отказ, ч, не менее	10 000
среднее время восстановления, ч, не более	48
количество сочленений (ресурс) соединителей типов IX вариант 3, 3,5 мм и NMD 3,5 мм, не менее	3000
количество сочленений (ресурс) соединителей типов III ^M и N, не менее	5000

Характеристики наборов калибровочных мер и кабелей СВЧ из комплекта поставки

Модуль коэффициента отражения нагрузок согласованных, дБ, не более	минус 23
Модуль коэффициента отражения переходов коаксиальных в диапазоне частот, дБ, не более:	
до 12 ГГц	минус 26
свыше 12 ГГц	минус 23
Модуль коэффициента отражения нагрузок холостого хода и короткозамкнутых, не менее	0,98

Разность фаз между нагрузками холостого хода и короткозамкнутой одного типа соединителей, градус	180±55
Максимальные значения отклонений модуля коэффициента отражения нагрузок согласованных при повторном подключении (с поворотом) в диапазоне частот, не более:	
до 10 ГГц	0,004
свыше 10 ГГц	0,006
Максимальные значения отклонений фазы коэффициента отражения нагрузок холостого хода и короткозамкнутых при повторном подключении (с поворотом) в диапазоне частот, градус, не более:	
до 10 ГГц	1,5
свыше 10 ГГц	2,5
Максимальные значения отклонений модуля коэффициента отражения кабелей СВЧ при изгибе и возврате в исходное состояние в диапазоне частот, дБ, не более ¹⁾ :	
до 10 ГГц	0,10
свыше 10 ГГц	0,15
Максимальные значения отклонений фазы коэффициента отражения кабелей СВЧ при изгибе и возврате в исходное состояние в диапазоне частот, градус, не более:	
до 10 ГГц	1,5
свыше 10 ГГц	2,5
Максимальные значения отклонений модуля коэффициента отражения кабелей СВЧ при изгибе на 90 градусов в диапазоне частот, дБ, не более:	
до 10 ГГц	0,15
свыше 10 ГГц	0,25
Максимальные значения отклонений фазы коэффициента отражения кабелей СВЧ при изгибе на 90 градусов в диапазоне частот, градус, не более:	
до 10 ГГц	6
свыше 10 ГГц	8
КСВН кабелей СВЧ, не более	1,3
Вносимые потери кабелей СВЧ, дБ, не более:	
КСФ26-13РН-13Н-700	2,2
КСФ26-13РН-13Н-1000	2,8
КСФ26-13РН-13Н-1500	3,2
Длина кабелей СВЧ, м:	
КСФ26-13РН-13Н-700	0,70±0,05
КСФ26-13РН-13Н-1000	1,00±0,05
КСФ26-13РН-13Н-1500	1,50±0,05

Справочные характеристики

Параметры входа опорного генератора:

частота, МГц	10
входное сопротивление, Ом	50
тип соединителя	BNC, розетка

Параметры выхода опорного генератора:

частота, МГц	10
выходное сопротивление, Ом	50
тип соединителя	BNC, розетка

Амплитуда сигнала внутреннего опорного генератора на нагрузке 50 Ом, В от 0,5 до 0,7

Тип соединителей входа (выхода) импульсов синхронизации BNC, розетка

Параметры импульсов синхронизации на выходе СИНХР:

длительность, мкс	от 1 до 255
длительность переднего и заднего фронтов, нс, не более	100
амплитуда	ТТЛ

Параметры импульсов синхронизации на входе СИНХР:

минимальное значение длительности импульса синхронизации, мкс	1,0±0,5
амплитуда	ТТЛ

Программное обеспечение

Измеритель работает под управлением внешнего ПК с установленным программным обеспечением ЖНКЮ.02009-00 (программный комплекс Р4М), который проводит обработку информации, выполняет ряд вычислительных функций и обеспечивает различные варианты отображения результатов измерений.

Программное обеспечение имеет модульную структуру и построено в соответствии с компонентной моделью. Выполнение измерений, сбора и обработки данных производится исполнительной подсистемой, обеспечивающей координацию работы подгружаемых модулей. Визуализация измеренных данных обеспечивается подсистемой отображения с использованием модулей постобработки и отображения данных.

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления идентификатора программного обеспечения
программный комплекс Р4М ЖНКЮ.02009-00	install_graphit_2.2rc3_R4M.exe	2.2rc3	cbe8uvs1dqpb	хэширование по ГОСТ Р 34.11-94

Программное обеспечение реализовано без выделения метрологически значимой части.

Влияние программного обеспечения не приводит к выходу метрологических характеристик анализатора цепей векторного Р4М-18 за пределы допускаемых значений.

Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений согласно МИ 3286-2010 – В.

4.5 Устройство и работа

Измеритель состоит из следующих частей:

- синтезатор частот (СЧ);
- переключатель;
- две пары направленных ответвителей (НО);
- два опорных и два измерительных приемника.

Структурная схема измерителя приведена на рисунке 1.

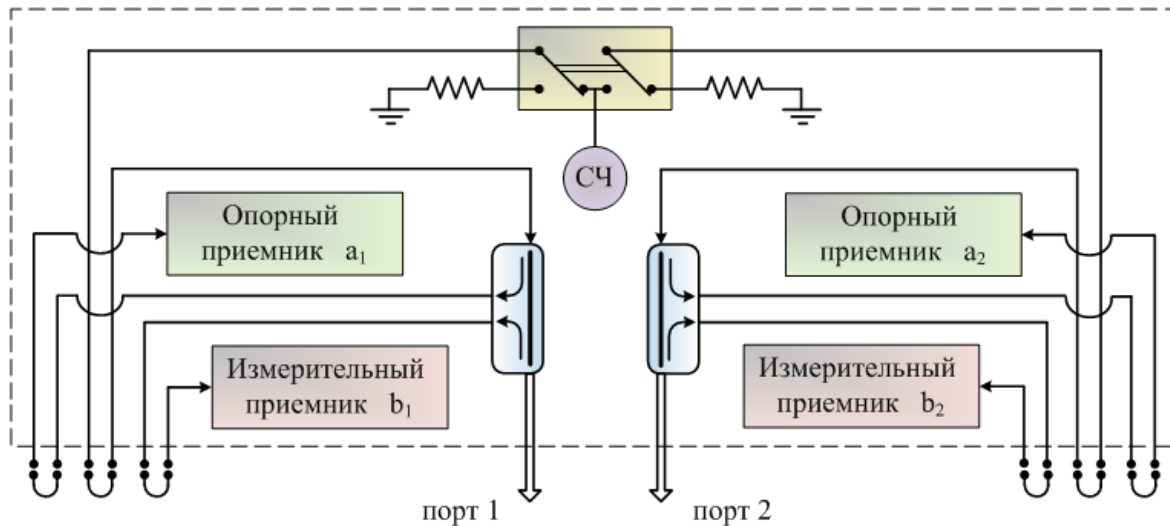


Рисунок 1 – Структурная схема измерителя

Все блоки измерителя объединены схемой управления. Индикация и расчет результатов измерений выполняются на внешнем ПК.

Принцип действия основан на принципе рефлектометра - отдельного выделения измерительных сигналов: падающего, прошедшего через измеряемый СВЧ четырехполюсник и отраженных от его входов, преобразования их в опорный и измеряемые сигналы, формирование напряжений, пропорциональных этим сигналам, и дальнейшего дискретного преобразования этих напряжений с целью цифровой обработки и индикации измеряемых величин. Выделение измерительных сигналов производится с помощью направленных ответвителей.

Измеритель представляет собой четырехканальное устройство с двумя каналами измерений и двумя опорными каналами. Структура измерителя при зондировании в прямом и обратном направлениях симметричная (см. рисунок 1).

Электронный ключ предназначен для изменения направления распространения сигнала. При прямом зондировании сигнал подается на порт 1, проходит ИУ и попадает в порт 2. При обратном зондировании сигнал первоначально подается на порт 2. На рисунке 1 положение ключа соответствует случаю прямого зондирования. Применение режима двунаправленной развертки (последовательного переключения направления зондирования) позволяет измерить полную матрицу S -параметров ИУ.

ИУ подключается к измерительному порту 1 или к порту 2 (двухполюсник), или одновременно к порту 1 и порту 2 (четырёхполюсник) при помощи измерительных переходов и кабельных сборок из комплекта поставки.

В измерителе предусмотрена однопортовая, полная двухпортовая, однонаправленная двухпортовая калибровка, нормализация частотной характеристики тракта передачи или отражения и соответствующая векторная коррекция составляющих систематической погрешности измерений. Калибровка измерителя выполняется с использованием набора калибровочных мер, входящего в комплект поставки.

Сведения по эксплуатации и обслуживанию, технические характеристики наборов калибровочных мер приведены в документах:

«Набор калибровочных мер НКММ-03-03Р. Паспорт». ЖНКЮ.468955.001 ПС

«Набор калибровочных мер НКММ-13-13Р. Паспорт». ЖНКЮ.468955.002 ПС

«Набор калибровочных мер НКММ-01-01Р. Паспорт». ЖНКЮ.468955.003 ПС

«Набор калибровочных мер НКММ-11-11Р. Паспорт». ЖНКЮ.468955.004 ПС

Результаты измерений могут отображаться на экране ПК в многооконном режиме в форматах декартовых координат (частота – амплитуда, частота – фаза), диаграммы Вольперта-Смита, полярной диаграммы.

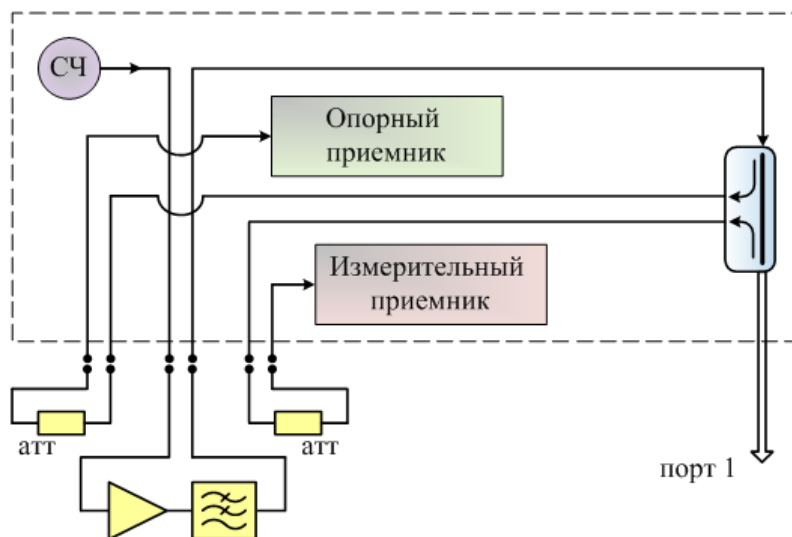


Рисунок 2 – Использование дополнительных внешних устройств в измерительном тракте

Измеритель с опцией «ДПА» комплектуется переключками для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников с целью дополнительного ослабления или усиления сигналов.

Подобная схема построения измерителя позволяет осуществлять конфигурацию для проведения специальных измерительных задач.

В тракт источника сигнала и приемника могут быть введены дополнительные усилители, аттенюаторы, различные фильтрующие или согласующие цепи (рисунок 2) для каждого из портов.

В измеритель с опцией «ДМА» устанавливаются, кроме переключек, четыре аттенюатора для расширения диапазона регулировки уровня выходной мощности, подаваемого на ИУ, и обеспечения оптимального режима работы приемников.

Размещение аттенюаторов показано на рисунке 3.

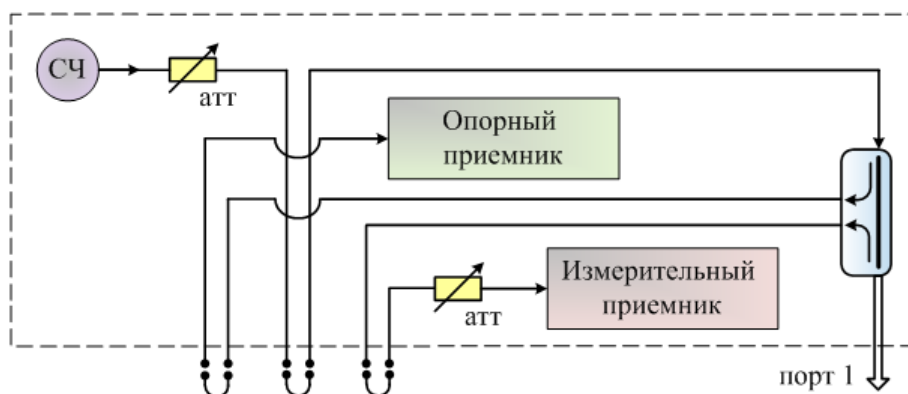


Рисунок 3 – Размещение аттенюаторов

Аттенюаторы, устанавливаемые в тракте источника сигнала, позволяют регулировать уровень мощности, который поступает на ИУ. Аттенюаторы, устанавливаемые на входе измерительных приемников, позволяют обеспечить оптимальный (линейный, без сжатия) режим работы приемников. Последнее необходимо, в частности, при измерении коэффициента передачи усилителей.

5 Подготовка к работе

5.1 Эксплуатационные ограничения

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

При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

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

При проведении всех видов работ с измерителем обязательно использование антистатического браслета, подключенного к шине защитного заземления.

ВНИМАНИЕ:

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ ETHERNET И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ;
ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

Работать с измерителем необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

5.2 Распаковывание и повторное упаковывание

5.2.1 Общие положения

Упаковывание проводится согласно ГОСТ 9181.

Для упаковывания измерителя, комплекта принадлежностей, эксплуатационной и сопроводительной документации используется потребительская и транспортная тара.

Вид потребительской тары – чехлы из полиэтиленовой пленки марки М или Т, толщиной 0,1–0,3 мм по ГОСТ 10354.

Вид транспортной тары – кейс и картонный ящик.

Примечание – При отсутствии картонного ящика допускается использовать в качестве транспортной тары только кейс.

Упаковка обеспечивает защиту от климатических и механических повреждений при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и хранении.

5.2.2 Распаковывание

Распаковывание проводить в указанной далее последовательности:

- открыть картонный ящик (при наличии), извлечь и открыть кейс;
- извлечь из кейса и затем из потребительской тары измеритель, комплект принадлежностей и документацию;
- провести сверку с сопроводительной документацией;
- сравнить номера измерителя и комплекта принадлежностей с номерами, указанными в формуляре, в случае обнаружения несоответствия, сделать соответствующую запись в формуляре и сообщить на предприятие-изготовитель;
- провести внешний осмотр измерителя; в случае обнаружения механических повреждений, следов воздействия агрессивных сред или отсутствия пломб, сделать соответствующую запись в формуляре и сообщить на предприятие-изготовитель;
- заполнить в формуляре пункт «Сведения по эксплуатации»;

После распаковывания потребительскую тару укладывают в кейс, кейс упаковывают в картонный ящик (при его наличии).

Упаковка подлежит хранению у потребителя до окончания гарантийного срока измерителя.

5.2.3 Упаковывание

Все работы по упаковыванию должны выполняться под руководством лица, ответственного за упаковку.

Упаковывание должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха от 15 до 35 °С и относительной влажностью до 80 % при температуре 25 °С.

Перед упаковыванием измеритель и комплект принадлежностей должен быть осмотрен и очищен от пыли и грязи.

Упаковывание проводить в указанной далее последовательности:

- поместить измеритель и комплект принадлежностей в потребительскую тару, удалить из неё избыток воздуха и заварить швы потребительской тары;

Примечание – Допускается не заваривать швы потребительской тары измерителя, комплекта принадлежностей и документации, укладываемых в кейс.

- упакованный измеритель и комплект принадлежностей уложить в кейс;
- пространство между стенками кейса и упакованными измерителем и комплектом принадлежностей заполнить амортизационным материалом;
- заполнить в формуляре «Свидетельство об упаковывании»;
- поместить документацию, указанную в таблице 3, в потребительскую тару, удалить избыток воздуха и заварить швы;
- уложить упакованную документацию в кейс таким образом, чтобы ее можно было извлечь, не нарушая целостность потребительской тары измерителя и комплекта принадлежностей;
- заполнить сопроводительную документацию и уложить ее в кейс;
- закрыть крышку кейса;
- нанести на кейс и картонный ящик (при его наличии) следующую маркировку:
 - 1) название предприятия-изготовителя;
 - 2) адреса получателя и отправителя;
 - 3) наименование и серийный номер измерителя;
 - 4) дата упаковывания;
 - 5) масса нетто;
 - 6) манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх».
- опломбировать кейс печатью;
- при наличии картонного ящика, поместить в него кейс, заполнив пространство между стенками ящика и кейсом амортизационным материалом.

Примечание – Допускается упаковывание комплекта принадлежностей в собственные транспортные тары.

5.3 Порядок установки и подготовка к работе

Сведения о порядке установки измерителя на рабочее место и подготовки к работе приведены в части III настоящего РЭ: «Руководство по эксплуатации Часть III. Использование по назначению». ЖНКЮ.468166.006 РЭ2.

6 Средства измерений, инструменты и принадлежности

Средства, необходимые при эксплуатации и обслуживании, но не поставляемые в комплекте с измерителем, приведены в таблице 9.

Т а б л и ц а 9

Наименование	Характеристики
ПК в составе: – системный блок – экран (монитор) – клавиатура – манипулятор типа «мышь»	не хуже указанных в части II настоящего РЭ
Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-3,5	Абсолютная погрешность измерений не более ± 10 мкм
Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-7	Абсолютная погрешность измерений не более ± 30 мкм
Вата медицинская гигроскопическая гигиеническая	ГОСТ 5556
Спирт этиловый ректификованный технический	ГОСТ 18300
Браслет антистатический	ГОСТ 12.4.124
Коврик антистатический	ГОСТ 12.4.124

7 Порядок работы

7.1 Меры безопасности

При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

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

При проведении всех видов работ с измерителем обязательно использование антистатического браслета, подключенного к шине защитного заземления.







ВНИМАНИЕ:












**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ ETHERNET И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ;
ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

7.2 Расположение органов управления

Описание органов управления и поясняющих надписей на передней и задней панелях измерителя приведены в таблице 10.

Т а б л и ц а 1 0

Наименование	Назначение	Примечание
1	2	3
Передняя панель измерителя		
Переключатель ВКЛ	Включение электропитания	
Индикатор ВКЛ	Отображение включенного состояния измерителя	
Индикатор «a1»	Отображение работы первого канала (порта) измерителя в режиме генерации СВЧ колебаний (при работе в качестве источника сигнала), в режиме приема СВЧ сигнала не активен (при работе в качестве приемника сигнала)	
Индикатор «a2»	Отображение работы второго канала (порта) измерителя в режиме генерации СВЧ колебаний, в режиме приема СВЧ сигнала не активен	
«ПОРТ 1»	Выход источника сигнала / вход измерительного приемника (переключаемый) первого канала	
«ПОРТ 2»	Выход источника сигнала / вход измерительного приемника (переключаемый) второго канала	
«ИЗМ  » порта 1	Подключение к измерительному приемнику со стороны НО первого канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ИЗМ  » порта 1	Подключение к измерительному приемнику первого канала	
«ГЕНЕРАТОР  » порта 1	Подключение к источнику сигнала первого канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ГЕНЕРАТОР  » порта 1	Подключение к источнику сигнала первого канала со стороны НО	
«ОПОРН  » порта 1	Подключение к опорному приемнику со стороны НО первого канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ОПОРН  » порта 1	Подключение к опорному приемнику первого канала	

1	2	3
«ИЗМ  » порта 2	Подключение к измерительному приемнику со стороны НО второго канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ИЗМ  » порта 2	Подключение к измерительному приемнику второго канала	
«ГЕНЕРАТОР  » порта 2	Подключение к источнику сигнала второго канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ГЕНЕРАТОР  » порта 2	Подключение к источнику сигнала второго канала со стороны НО	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ОПОРН  » порта 2	Подключение к опорному приемнику со стороны НО второго канала	При стандартной схеме измерений соединены перемычкой (для опций «ДПА» и «ДМА»)
«ОПОРН  » порта 2	Подключение к опорному приемнику второго канала	
Задняя панель измерителя		
Клемма «  »	Подключение измерителя к защитному контуру заземления	
«~220 В 50Гц 2А»	Подключение кабеля питания	Совмещен с держателем предохранителя
«ETHERNET UTP10/100»	Подключение измерителя к локальной сети или к ПК	
Набор переключателей «КОНФИГУРАТОР»	Предварительная установка параметров для внутреннего контроллера измерителя	
«СИНХР.ДОП.»	Синхронизация измерителя с периферийными устройствами в формате LXI	
«  СИНХР»	Выход сигнала синхронизации	
«  СИНХР»	Вход сигнала синхронизации	
«  ОГ»	Выход сигнала опорного генератора частотой 10 МГц	
«  ОГ»	Вход сигнала внешнего опорного генератора частотой 10 МГц	
ПРОГРАММАТОР 1	Зарезервирован для дальнейшего применения	
ПРОГРАММАТОР 2	Зарезервирован для дальнейшего применения	
Адаптер питания 1 и 2 и 0,5 А (2 шт.)	Зарезервированы для дальнейшего применения	

Расположение органов управления и поясняющих надписей на передней и задней панелях измерителя приведены на рисунках 4 – 6.

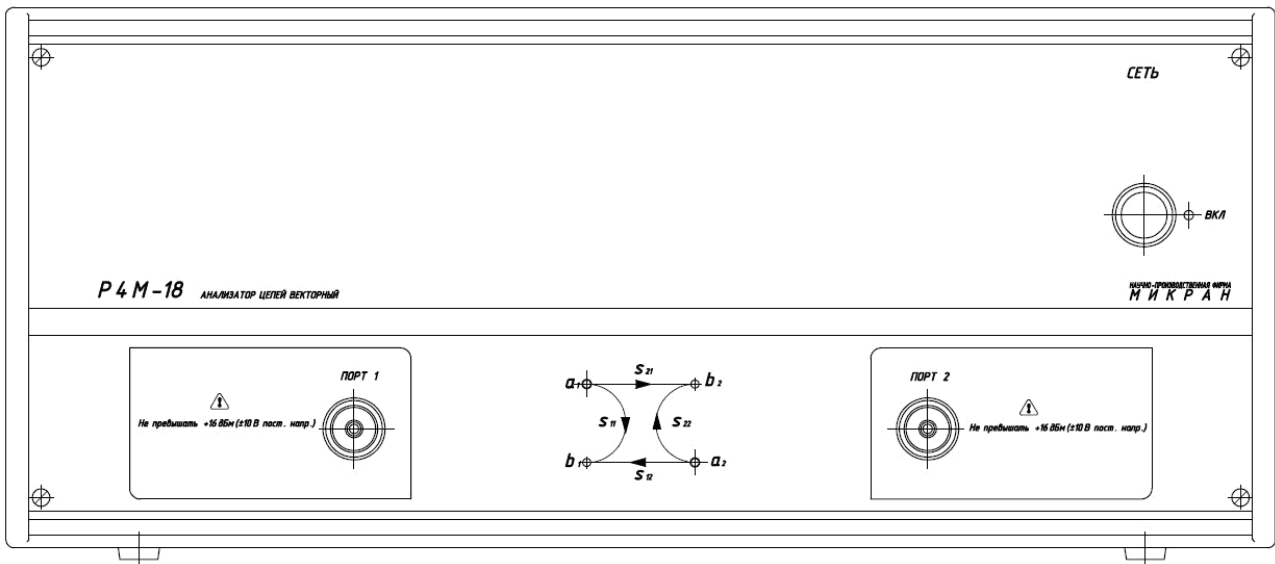


Рисунок 4 – Передняя панель Р4М-18/1

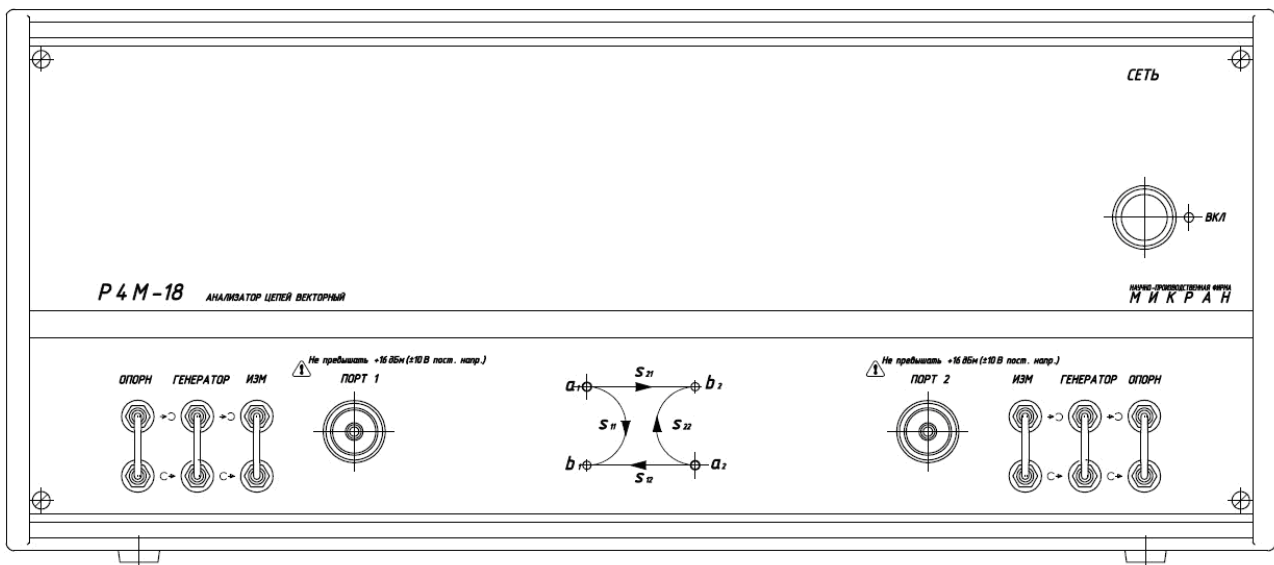


Рисунок 5 – Передняя панель Р4М-18/2, Р4М-18/3 и Р4М-18/4

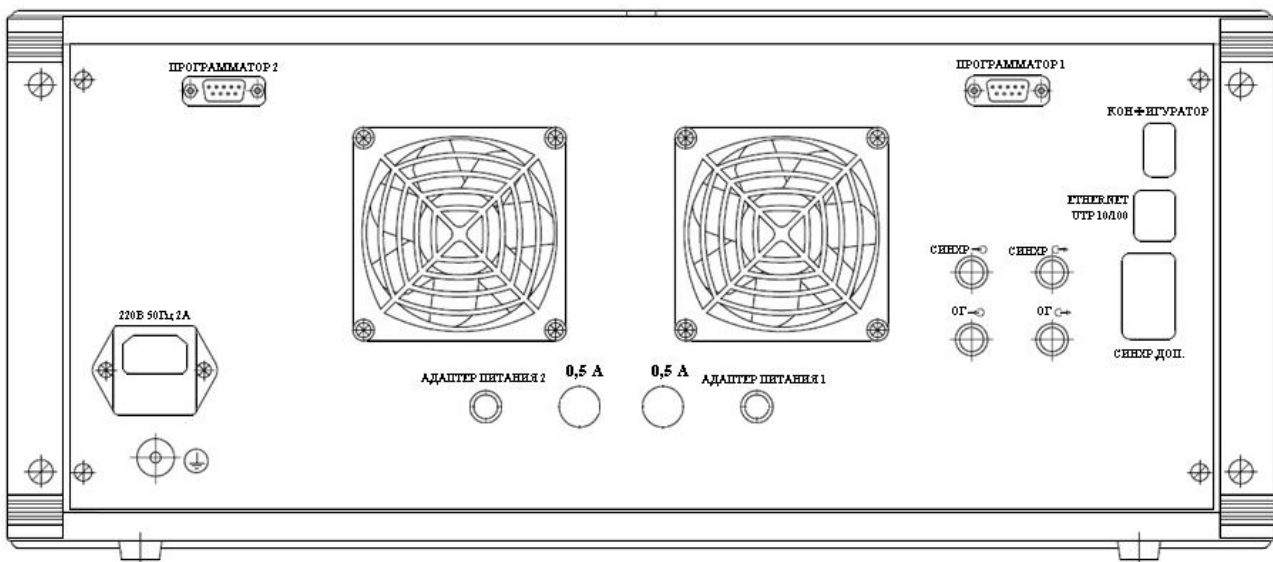


Рисунок 6 – Задняя панель измерителя

7.3 Управление

Управление измерителем осуществляет ПК посредством программного обеспечения (программного комплекса Р4М ЖНКЮ.02009-00). Описание работы программы, операции настройки, подключения, управления измерителем, установки параметров измерений и отображения результатов представлены в части II настоящего РЭ.

7.4 Порядок проведения работ

Порядок проведения типовых операций, подготовка измерителя к работе и порядок проведения измерений представлены в части III настоящего РЭ.

ВНИМАНИЕ: ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПОДКЛЮЧАТЬ УСТРОЙСТВА К ПОРТАМ ИЗМЕРИТЕЛЯ, ИСПОЛЬЗУЯ КАБЕЛИ СВЧ И ПЕРЕХОДЫ ИЗ НАБОРА КАЛИБРОВОЧНЫХ МЕР.

8 Поверка

Поверка осуществляется по методике поверки, изложенной в документе: «Анализатор цепей векторный Р4М-18. Методика поверки». ЖНКЮ.468166.006 ДЗ.

9 Текущий ремонт

При поломке измерителя допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятия, имеющие соответствующую лицензию. Метод ремонта – обезличенный.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЯ И КОМПЛЕКТА ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ.

Допускается самостоятельная смена пользователем плавкого предохранителя по указаниям, приведенным ниже:

- выключить измеритель, установив переключатель электропитания ВКЛ в положение «0»;
- отключить кабель питания от измерителя, открыть крышку, закрывающую гнездо установки плавкого предохранителя;
- заменить предохранитель на сменный, находящийся в гнезде. В случае отсутствия сменного предохранителя, провести смену на предохранитель В0205 2А или аналог.

ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТАНОВКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ СО ЗНАЧЕНИЕМ СИЛЫ ТОКА, ПРЕВЫШАЮЩИМ 2 А.

- закрыть крышку, подсоединить кабель питания;
- включить измеритель, установив переключатель электропитания ВКЛ в положение «I», убедиться, что индикатор ВКЛ светится.

Примечание – Повторный выход из строя предохранителя после включения означает неисправность измерителя. Для устранения неисправности необходимо обратиться не предприятие изготовитель.

10 Хранение

Измеритель следует хранить на складах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 25 °С.

Измеритель без упаковки допускается хранить при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 25 °С.

В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

11 Транспортирование

11.1.1 Погрузка и выгрузка. Общие указания

Погрузка и выгрузка упакованного измерителя должна проводиться со всеми предосторожностями, исключающими удары и повреждения упаковки.

При погрузке и выгрузке упаковку не бросать и устанавливать согласно нанесенным на ней знакам.

Погрузка и выгрузка не требует применения погрузочно-разгрузочных средств.

11.1.2 Условия транспортирования

Транспортировка измерителя и комплекта принадлежностей осуществляется в закрытых транспортных средствах любого вида в условиях транспортирования по ГОСТ 22261 для группы 3:

- температура окружающего воздуха от минус 50 °С до 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 30 °С не более 95 %;
- атмосферное давление от 70,0 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

Измеритель разрешается транспортировать в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения или нарушить целостность упаковки в пути следования.

При транспортировании самолетом упакованный измеритель должен быть размещен в отапливаемых герметизированных отсеках.

Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

12 Маркирование и пломбирование

Вблизи органов управления и присоединения нанесены надписи и обозначения, указывающие их функциональное назначение.

На передней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
- тип измерителя;
- знак утверждения типа;
- обозначения органов управления (см. 7.2).

На задней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- тип измерителя;
- заводской номер;
- модификация;
- обозначение органов управления (см. 7.2).

На упаковку нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
- адреса получателя и отправителя;
- наименование и серийный номер измерителя;
- манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх».

Измеритель имеет защитные пломбы, предотвращающие несанкционированное вскрытие.

Анализатор цепей векторный Р4М-18 выпускается по техническим условиям ЖНКЮ.468166.006 ТУ.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения анализатора цепей векторного Р4М-18 (далее – измеритель).

Руководство по эксплуатации состоит из трех частей.

- Часть I. Общие сведения;
- Часть II. Программное обеспечение;
- Часть III. Использование по назначению.

В первой части содержатся общие сведения об измерителе, приведены условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Во второй части приведена инструкция по установке и настройке программного обеспечения, дано описание программы.

В третьей части приведена информация по работе с измерителем, методики калибровки, порядок проведения измерений.

Перечень возможных неисправностей приведен в приложении А.

Перед началом эксплуатации измерителя необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию измерителя изменения, не влияющие на его нормированные 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.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации измерителя, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

Руководство по эксплуатации

Часть II. Программное обеспечение

1 Общие сведения и указания

Для эксплуатации измерителя необходимо установить программное обеспечение «Программный комплекс Р4М». ЖНКЮ.02009-00 (ПО Graphit Р4М), содержащееся на компакт-диске из комплекта поставки измерителя.

Для работы ПО необходимо, чтобы компьютер удовлетворял следующим минимальным требованиям:

- процессор *Intel® Pentium П®* 600 МГц (или аналог);
- наличие адаптера локальной сети – *Ethernet*;
- оперативная память 512 Мб;
- разрешение экрана 1024 × 768;
- наличие клавиатуры и манипулятора "мышь".

Программное обеспечение работает в следующих операционных системах: *Windows® 2000 (SP 4), Windows® XP (SP 2), Windows® Vista, Windows® 7.*

Измеритель с установленным программным обеспечением ЖНКЮ.02009-00 (программный комплекс Р4М) обеспечивает выполнение следующих функций:

- измерение комплексных КО и КП (S11, S21, S12, S22);
- отображение результатов измерений в форматах декартовых координат и диаграммы Вольперта-Смита;
- отображение мощностей, поступающих на входы измерительных и опорных приемников;
- сохранение и отображение измеренных данных;
- сохранение и загрузку измеренных данных;
- сохранения и загрузку калибровочных данных;
- установку пользователем количества измеряемых точек по частоте от 1 до 10001;
- межкадровое усреднение;
- сглаживание, накопление и ограничение измеренных данных;
- статистическая обработка;
- математические операции как в модульной, так и векторной форме;
- автоматическое масштабирование;
- маркерные измерения;
- создание профилей и отчетов по результатам измерений.


При первичной установке ПО следует проверить соответствие номера версии и цифрового идентификатора программного обеспечения, отображаемого в окне ПО Graphit Р4М указанным далее:

- 2.2гс3 (номер версии);
- cbe8uvs1dqpbа (цифровой идентификатор ПО).

Примечание – Для отображения номера версии и цифрового идентификатора после установления ПО выбрать из меню «Справка» пункт «О программе Graphit...».

Включение измерителя следует проводить в указанной далее последовательности:

- включить компьютер;
- установить программное обеспечение, если оно не было ранее установлено (см. пункт 2.1);

- убедиться, что переключатель ВКЛ измерителя находится в выключенном положении;
- соединить клемму «» на задней панели измерителя с шиной защитного заземления;
- соединить измеритель и компьютер с помощью кабеля *Ethernet*;
- подключить измеритель к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- установить переключатель ВКЛ в положение включено «I», не более чем через 1 минуту должны начать светиться индикаторы состояния переключателя электропитания ВКЛ и «a2» на передней панели измерителя;
- запустить ПО и подключиться к измерителю;
- выдержать измеритель в течение времени установления рабочего режима.

Выключение измерителя следует проводить следующей последовательности:

- остановить процесс измерений;
- закрыть программное обеспечение;
- при необходимости, разобрать схему измерений;
- выключить измеритель, установив переключатель ВКЛ на передней панели измерителя в положение выключено «O»;
- при необходимости, отсоединить измеритель сначала от компьютера, затем от сети ~ 220 В 50 Гц, затем от шины защитного заземления.

2 Установка и настройка программного обеспечения

2.1 Порядок установки программного обеспечения

Для установки на компьютер программного обеспечения используют следующие каталоги и файлы, содержащиеся на компакт-диске из комплекта поставки прибора:

Docs – каталог, содержащий руководство по эксплуатации и методику поверки в файлах *pdf*-формата;

Install – каталог, содержащий установочный файл *install_graphit_2.2rc3_R4M.exe*.

Для установки на компьютер программного обеспечения необходимо запустить программу *install_graphit_2.2rc3_R4M.exe*, находящуюся в каталоге *Install* компакт-диска, поставляемого с прибором. В результате запустится "мастер" установки ПО *Graphit*, как показано на рисунке 1.

В процессе установки будет предложено согласиться с лицензионным соглашением, указать каталог, куда будет установлена программа.

Примечание – Для установки программного обеспечения пользователь компьютера должен иметь права администратора.

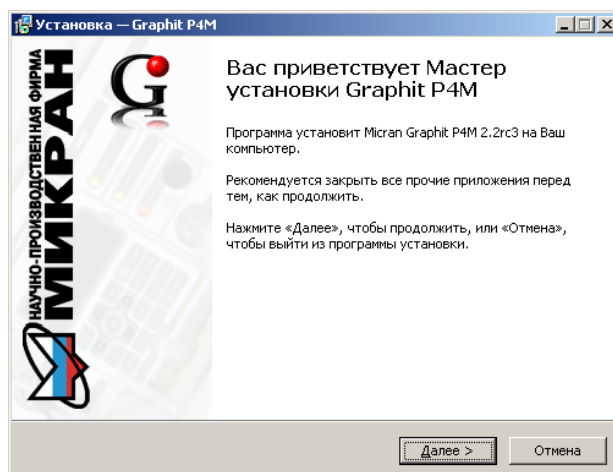


Рисунок 1 – Вид окна "мастера" установки ПО *Graphit*

2.2 Настройка сетевых параметров при различных вариантах подключения измерительного блока к компьютеру

2.2.1 Описание и выбор сетевых параметров

Измерительный блок использует интерфейс *Ethernet* для подключения к компьютеру непосредственно или через оборудование локальной вычислительной сети. Для идентификации прибора в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – "Фабричный" или "Пользователя", хранящихся в текстовых файлах на встроенном в прибор *FTP*-сервере. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения "Фабричных" параметров прибора:

IP-адрес:	169.254.0.254	
Маска подсети:	255.255.0.0	
IP-адрес шлюза:	0.0.0.0	
Сетевое имя:	r4m-18-серийный номер	(тип прибора может отличаться)

На задней панели прибора имеется линейка из шести переключателей "Конфигуратор" (рисунок 2), с помощью которых выбирается набор сетевых параметров.

конфигуратор

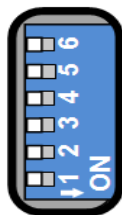


Рисунок 2 – Переключатели на задней панели прибора (все выключены)

Назначение переключателей «Конфигуратор» представлено в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Назначение переключателей «Конфигуратор»

Номер переключателя	Назначение	Значение в положении	
		«ON»	«OFF»
1	2	3	4
1	Выбор набора сетевых параметров	Используется набор «Пользователя»	Используется «Фабричный» набор
2	Автоматическая конфигурация	При включении питания прибор пытается передать <i>DHCP</i> -серверу «Сетевое имя» и в ответ получить <i>IP</i> -адрес и маску. Если прибор не получил ответа, то устанавливаются <i>IP</i> -адрес и маска, указанные в выбранном (переключателем 1) наборе сетевых параметров.	Используются <i>IP</i> -адрес и маска, указанные в выбранном (переключателем 1) наборе сетевых параметров. «Сетевое имя» игнорируется.
3 – 5	не используются	–	–
6	<i>Reset</i> (должен быть выключен)	Формируется сигнал <i>Reset</i> , препятствующий работе измерительного блока	Нормальное положение

Первый переключатель выбирает набор сетевых параметров. При выключенном первом переключателе будут использоваться "Фабричные" параметры, а при включенном – параметры "Пользователя".

Второй переключатель разрешает использование протокола автоматической конфигурации *DHCP*. При выключенном переключателе используются *IP*-адрес и маска, заданные в наборе сетевых параметров. При этом "Сетевое имя" игнорируется. При включенном переключателе делается попытка получить значения сетевых параметров от сервера локальной сети. Сервер, получив *DHCP*-запрос, регистрирует "Сетевое имя" и возвращает прибору *IP*-адрес и маску. Если прибор не получил ответа на *DHCP*-запрос, то устанавливаются *IP*-адрес и маска, указанные в наборе сетевых параметров.

Шестой переключатель должен быть всегда в положении выключен. Во включенном положении формируется сигнал *Reset*, препятствующий работе измерительного блока.

Изменение положений переключателей 1 и 2 скажется только после выключения / включения питания прибора или после кратковременного включения шестого переключателя.

2.2.2 Сетевые параметры при прямом подключении измерительного блока к компьютеру

При прямом подключении измерительный блок и компьютер соединяются, как показано на рисунке 3, кабелем витая пара 5 категории, поставляемый вместе с прибором.

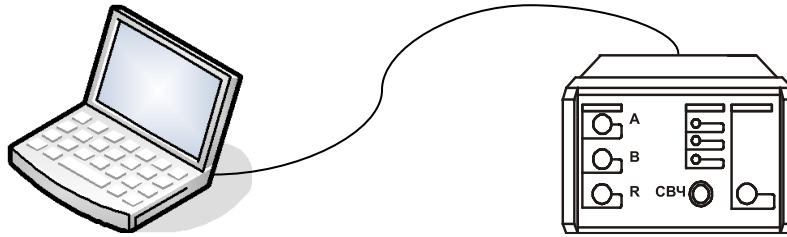


Рисунок 3 – Прямое подключение

Этот вариант подключения не требует каких-либо настроек. Достаточно выполнить следующие условия:

- а) все переключатели на задней панели прибора должны быть выключены, т.е. будет использоваться "Фабричный" набор сетевых параметров;
- б) параметры *TCP/IP*-протокола в компьютере должны быть установлены по умолчанию, т.е. включена автоматическая конфигурация.

Необходимо отметить, что после включения питания измерительного блока, интерфейсы компьютера и измерительного блока обнаруживают друг друга. После чего компьютер начинает процедуру автоматической конфигурации *TCP/IP*-протокола. В течение 30 – 40 секунд компьютер пытается связаться с несуществующим сервером. Не дождавшись ответа, компьютер выбирает адрес из подсети 169.254.0.0, и только после этого будет возможна связь с измерительным блоком.

2.2.3 Сетевые параметры при подключении измерительного блока к локальной сети

В варианте подключения к локальной сети (рисунок 4) прибором может управлять любой компьютер локальной сети. Одним прибором не могут управлять несколько компьютеров одновременно, но возможно управление одним компьютером несколькими приборами для исследования сложных СВЧ устройств. При необходимости, приборы могут обмениваться синхросигналами.

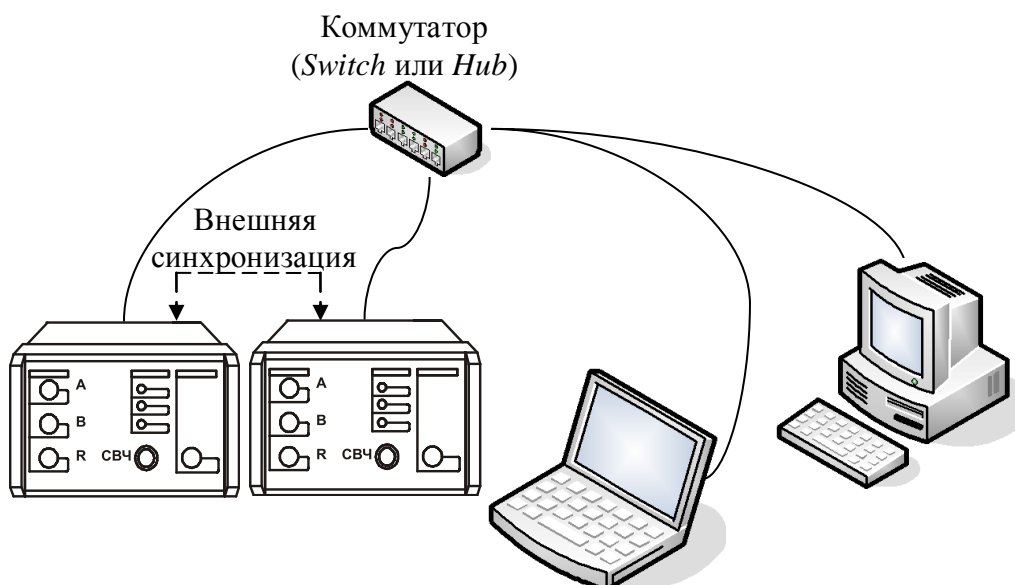


Рисунок 4 – Подключение к локальной сети

Для включения прибора в локальную сеть необходимо или разрешить автоматическую конфигурацию – включив переключатель 2, или задать *IP*-адрес прибора в наборе параметров "Пользователя" (см. пункт 2.2.4). Последний вариант надёжен, хотя и не столь удобен как автоматическая конфигурация, для работы которой требуются *DHCP*- и *DNS*-серверы в локальной сети.

При возникновении проблем, обратитесь к администратору локальной сети или попробуйте воспользоваться информацией и рекомендациями, изложенными в приложении Б.

2.2.4 Изменение сетевых параметров

Изменение сетевых параметров измерительного блока может потребоваться при подключении прибора к локальной сети или при подключении нескольких приборов к одному компьютеру.

Изменять можно только набор сетевых параметров "Пользователя". Проще всего это сделать через *WEB*-интерфейс прибора, выполнив следующую последовательность действий.

а) Если адрес прибора не известен или он не доступен с текущими сетевыми настройками:

- выключить прибор;
- выполнить прямое подключение, описанное в пункте 2.2.1;
- выключить все переключатели конфигуратора на задней панели прибора;
- включить прибор и подождать приблизительно 30 секунд.

б) Набрать в адресной строке интернет-браузера *IP*-адрес прибора (169.254.0.254 если используется прямое подключение) и нажать клавишу "**Enter**". В окне браузера отобразится стартовая страница – "Информация о приборе".

в) Нажать на кнопку "Сетевые параметры", чтобы перейти на страницу управления сетевыми параметрами "Пользователя", приведенную на рисунке 5.

г) Выполнив необходимые изменения, нажать кнопку "Записать".

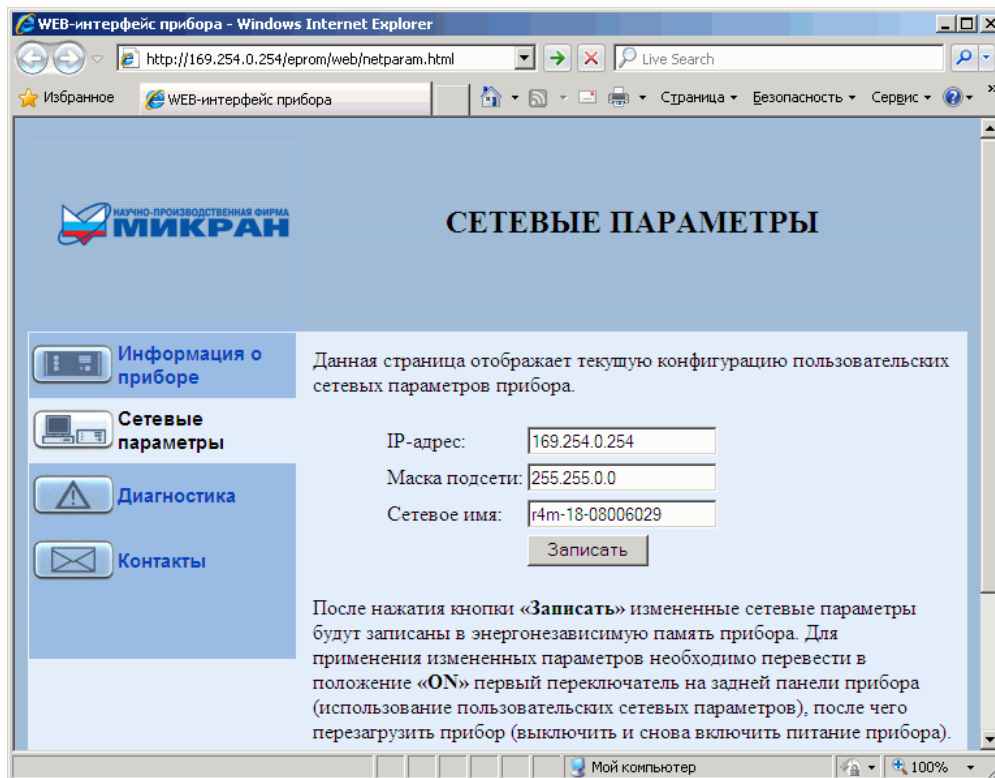


Рисунок 5 – Изменение сетевых параметров

IP-адрес должен быть уникальным в локальной сети. "Сетевое имя" не должно содержать кириллицу, пробелы, символ подчёркивания и другие служебные символы. Маску подсети обычно изменять не требуется.

Изменение сетевых параметров скажется только после выключения / включения питания прибора и при включённом первом переключателе "Конфигуратора" на задней панели прибора (рисунок 2).

3 Описание программного обеспечения

3.1 Старт программы и подключение к прибору

Для старта ПО *Graphit*, нажать: «Пуск \ Программы \ Микран \ Graphit Р4М 2.2rc3 \ Graphit Р4М».

После старта ПО *Graphit* и загрузки схемы измерения появится диалог подключения к прибору (рисунок 6). Под подключением здесь понимается установка *TCP*-соединения с измерительным блоком.

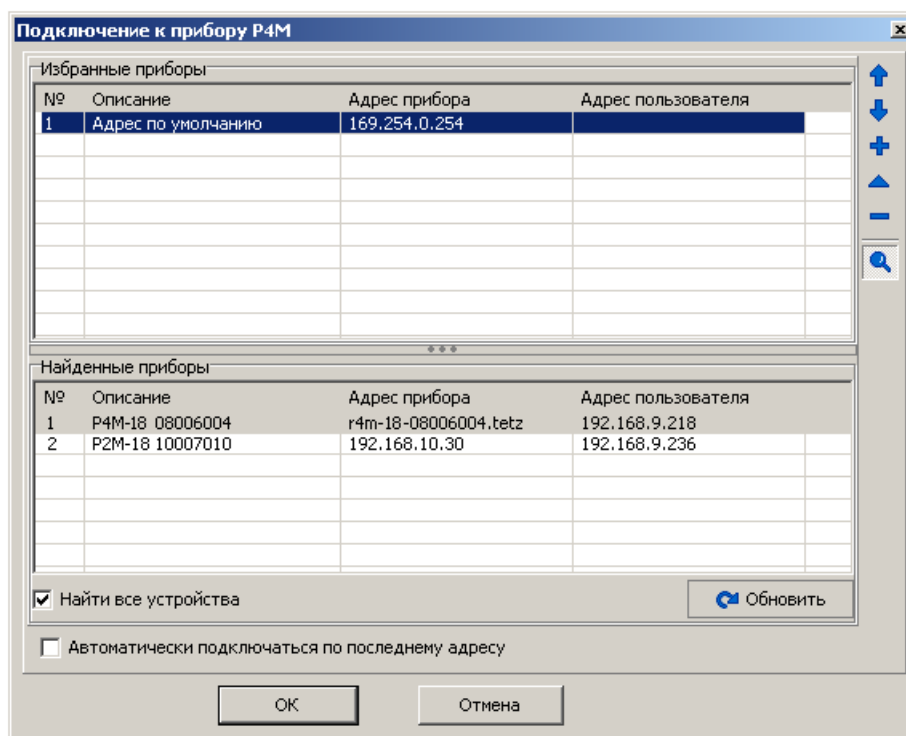


Рисунок 6 – Диалоговое окно подключения к прибору

Диалоговое окно подключения к прибору содержит список приборов и соответствующих им *IP*-адресов или сетевых имён. В правой части диалога расположены кнопки управления списком, позволяющие добавлять, удалять и изменять элементы списка. Установка флажка "Автоматически подключаться по последнему адресу" приведёт к автоматическому подключению к прибору при следующем старте ПО *Graphit*.

Для выбора элемента списка и нажатий на кнопки могут использоваться как "мышь" так и клавиатура. Клавиши управления курсором – "Up" (стрелка вверх) и "Down" (стрелка вниз), перемещают выделенный элемент списка. Клавиша "Esc" соответствует кнопке "Отмена".

После выбора прибора из списка и нажатия кнопки "ОК" или двойного щелчка по элементу списка выполняется попытка подключения к прибору. Если ПО *Graphit* не удалось подключиться к прибору, то выводится сообщение об ошибке (рисунок 7).

После нажатия кнопки "ОК" диалоговое окно подключения к прибору примет исходный вид, приведённый на рисунке 6. Нажатие кнопки "Отмена" закроет диалоговое окно подключения к прибору. Чтобы вновь открыть диалог подключения к прибору, следует воспользоваться пунктом меню "Управление \ Подключение к прибору".

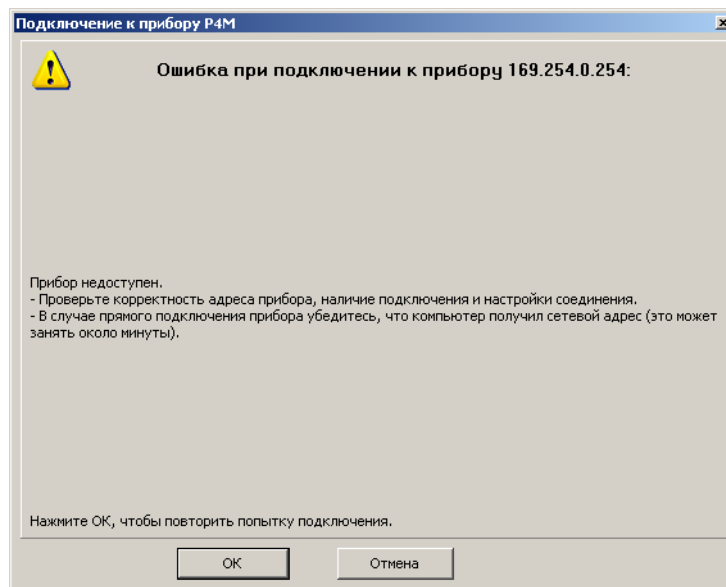


Рисунок 7 – Сообщение о неудачном подключении к прибору

При нажатии на кнопку "Обнаружение приборов в сети" посылается широковещательный запрос с просьбой откликнуться всем приборам производства НПФ «Микран».

Ответы приборов содержат *IP*-адрес прибора, *TCP*-порт, *IP*-адрес компьютера подключенного к прибору, серийный номер. ПО *Graphit* обращается к *DNS*-серверу с просьбой преобразовать *IP*-адрес прибора в сетевое имя. Если это удаётся, то в столбце "Адрес прибора" вместо *IP*-адреса отображается сетевое имя. Невозможность преобразования *IP*-адреса в сетевое имя не является ошибкой и связана, скорее всего, с тем, что прибор не использовал автоматическую конфигурацию сетевых параметров (переключатель 2 на задней панели выключен) и не зарегистрировал своё имя на сервере.

Кнопка "Поиск..." позволяет повторить процедуру обнаружения. Если поиск осуществлялся при очищенном флажке "Найти все устройства", то из найденных приборов будут отобраны только подходящие к текущей схеме измерения приборы.

ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПРОБЛЕМ С ПОДКЛЮЧЕНИЕМ К ПРИБОРУ, ВОСПОЛЬЗУЙТЕСЬ ИНФОРМАЦИЕЙ И РЕКОМЕНДАЦИЯМИ, ИЗЛОЖЕННЫМИ В ПРИЛОЖЕНИИ Б.

3.2 Основные элементы интерфейса с пользователем

После загрузки программы в окне программы отобразятся диаграммы и элементы управления. Внешний вид окна программы Р4М представлен на рисунке 8.

Как и большинство *Windows*-приложений, окно ПО *Graphit* содержит меню, панели инструментов, а также несколько диаграмм и панели управления. Содержимое панелей, полей и пунктов меню, а также их количество зависят от загруженной схемы и настроек пользователя. На рисунке 8 меню и панели инструментов расположены в верхней части окна, панели управления содержатся внутри области панелей управления в правой части окна. Пользователь может перемещать манипулятором "мышь" меню, панели инструментов, область панелей управления и располагать их в произвольном месте.

Чтобы переместить панель инструментов, следует "взять мышкой" за левый край панели и переместить её в новое положение.

Панели управления можно переместить только все вместе, "взяв мышкой" за верхний край области панелей управления.

Комбинация клавиш **"Ctrl+P"** позволит **скрыть область панелей управления** и увеличить размеры диаграмм. Повторное нажатие комбинации клавиш **"Ctrl+P"** отобразит область панелей управления.

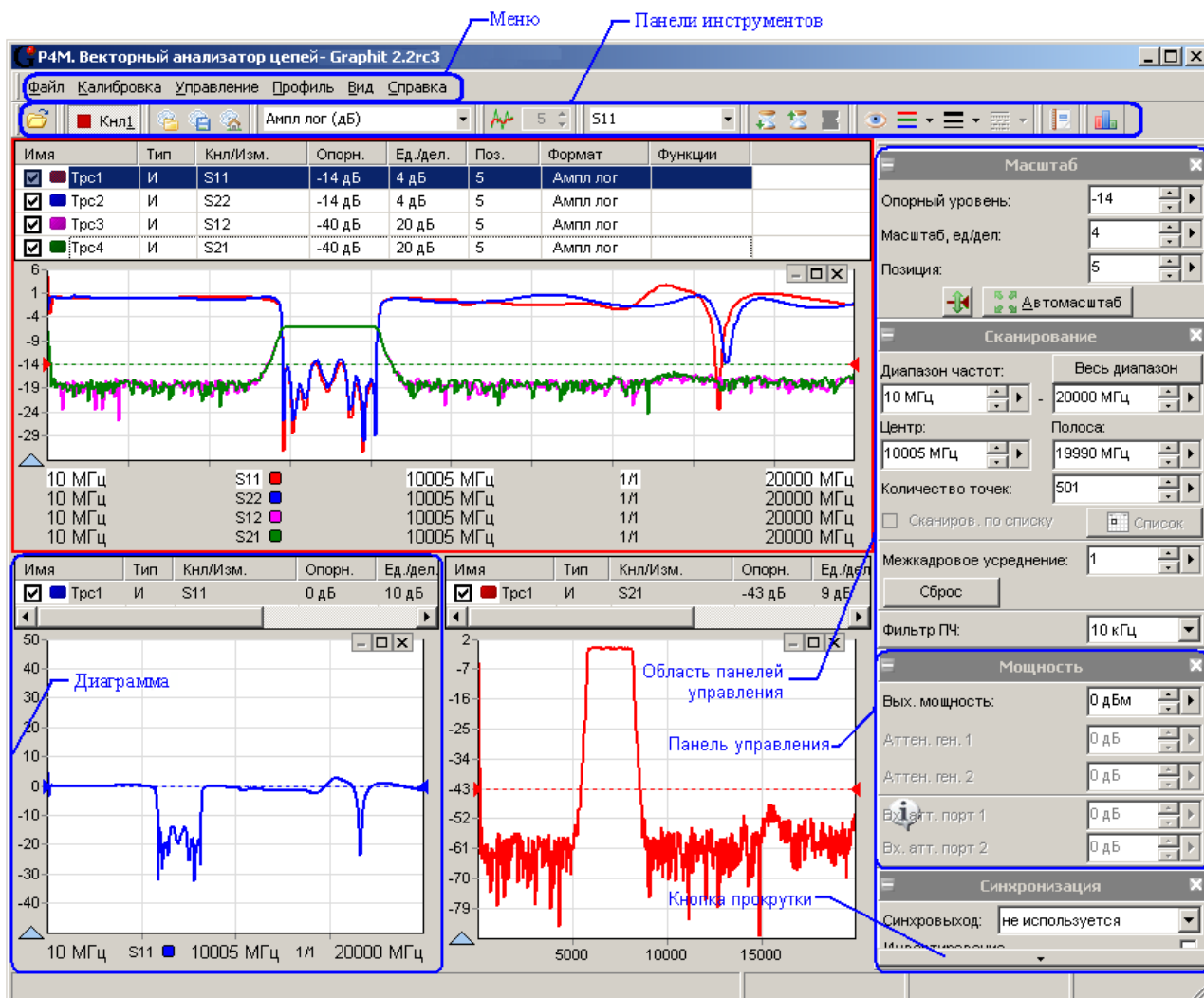




Рисунок 8 – ПО Graphit

Панели управления можно "свернуть" или "развернуть" щелкнув "мышью" по заголовку панели или по значку "-" или "+" слева от заголовка. Если панели управления не помещаются в области панелей управления, то сверху или снизу появляется кнопка прокрутки, которая срабатывает при наведении на неё указателя "мыши".


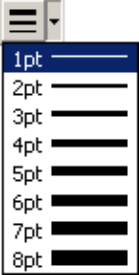

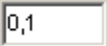
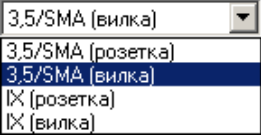

Элементы управления. С помощью элементов управления (кнопок, полей ввода и т.п.) задаются параметры работы измерительного блока, выбираются измеряемые параметры и форма их отображения. В таблице 2 представлены используемые в ПО Graphit элементы управления.

Поле с регулировкой значения  в правой части имеет пару треугольников, расположенных один над другим. Щелчок "мышью" по нижнему или верхнему треугольнику соответственно уменьшает или увеличивает значение в поле ввода с некоторым шагом. Шаг

задаётся в диалоге, появляющемся после щелчка "мышью" по кнопке , если таковая имеется. Поля ввода с регулировкой значения, использующие для задания шага экранную клавиатуру, позволяют вместо шага задать множитель – закончив ввод нажатием кнопки "x" на экранной клавиатуре. Тогда значение в поле ввода будет увеличиваться или уменьшаться в заданное число раз.

При установленном текстовом курсоре¹⁾ в поле ввода регулировка значения может осуществляться колесом прокрутки на манипуляторе "мышь" или клавишами управления курсором "Up" и "Down".

Т а б л и ц а 2 – Элементы управления

Название	Вид / описание
Кнопка	  <p>Кнопки с текстом и/или пиктограммой.</p> <p>Кнопки с фиксацией.</p> <p>Кнопки со списком. Нажатие на кнопку приводит к выбору очередного элемента в списке.</p>
Флажок	 <p>Включает (и индицирует) определённые свойства или функции.</p>
Поле ввода	 <p>Поле для ввода числа или текста.</p>
Поле со списком	 <p>Предназначено для выбора одного из элементов списка.</p>
Поле с регулировкой значения	 <p>Поле с шагом регулировки равным 1.</p> <p>Поле с возможностью задавать шаг регулировки (после щелчка "мышью" по треугольнику в правой части).</p> <p>Поле с возможностью задания шага или множителя. Экранная клавиатура, появляющаяся после щелчка "мышью" по треугольнику в правой части, позволяет задать значение в поле ввода, а также величину шага или множителя.</p>

¹⁾ Имеется ввиду фокус ввода клавиатуры (вертикальная черта), а не курсор "мыши"

Элементы управления можно разделить на группы, соответствующие некоторому этапу в процессе измерения и отображения данных. На рисунке 9 представлены основные этапы обработки и отображения данных и взаимосвязи между ними.

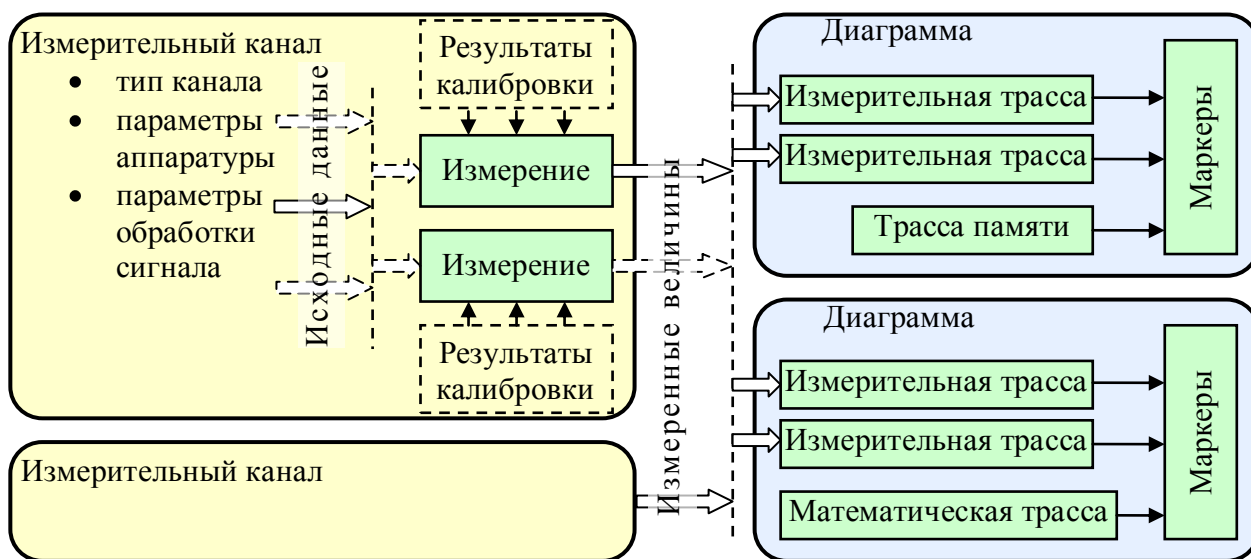


Рисунок 9 – Блок-схема обработки данных

Дадим основные определения и термины, используемые для управления прибором и приведённые на рисунке 9.

Измерительный канал – источник измеренных величин. Определяет алгоритм взаимодействия аппаратных и программных частей и соответствующие им параметры.

"Измерение" – часть измерительного канала, выполняющая вычисление измеряемых параметров из оцифрованных сигналов измерительных входов прибора. Как правило, для этого требуются результаты измерений в режиме калибровки. Здесь и далее термин "Измерение" взят в кавычки, чтобы отличить от существительного *измерение*.

Диаграмма – область экрана, содержащая графики (трассы), список трасс, координатные оси, линии сетки и маркеры.

Трасса – последовательность измеренных, рассчитанных или запомненных точек данных, соединённых линией. Существуют следующие типы трасс:

- измерительная трасса, отображающая измеряемые величины;
- трасса памяти, отображающая ранее запомненную измерительную трассу;
- математическая трасса, отображающая результат поточечной арифметической операции над трассами – сложение, вычитание, умножение, деление и т.п.

Маркеры – небольшие окна, содержащие численные значения заданных точек трасс. Благодаря широкому набору функций, описанных в разделе 3.11, маркеры способны находить по заданному критерию особые точки на трассе, вычислять вторичные измеряемые параметры (такие как полоса пропускания, коэффициент прямоугольности, добротности и т.п.), выполнять статистическую обработку.

В окне ПО *Graphit* одновременно могут отображаться от 1 до 4 диаграмм и в каждой диаграмме могут отображаться до 30 трасс. На рисунке 10 показан пример диаграммы с контекстным меню, появившемся после щелчка правой кнопкой "мыши" по области отображения трасс.

Чтобы создать или удалить диаграмму, следует щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по области отображения трасс и в появившемся контекстном меню выбрать соответствующий пункт.

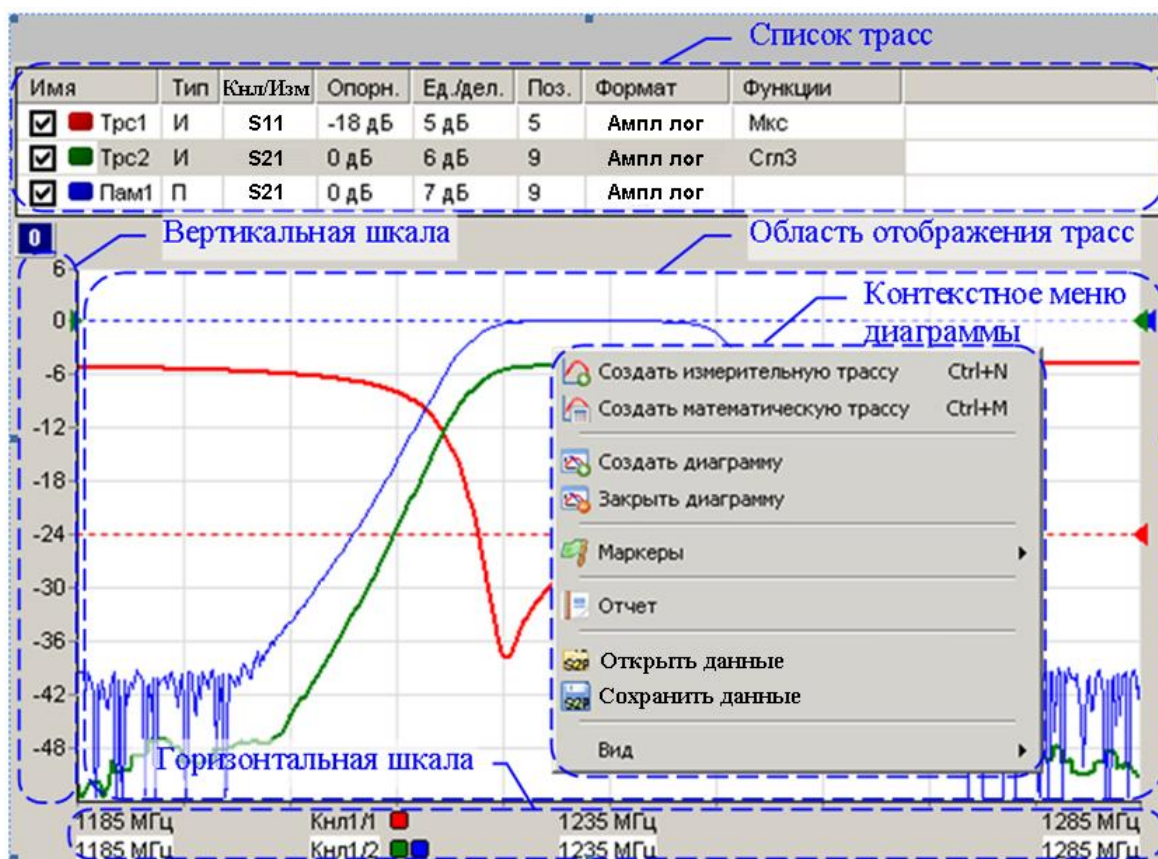


Рисунок 10 – Диаграмма

Список трасс, расположенный в верхней части диаграммы, представляет собой таблицу, содержащую перечень трасс и их атрибуты. В столбце "Имя" кроме названия трассы содержится флажок, позволяющий скрыть или отобразить трассу, и индикатор цвета трассы. Двойной щелчок "мышью" по индикатору цвета трассы позволит выбрать цвет в появившемся стандартном диалоге выбора цвета. Двойной щелчок "мышью" по названию трассы позволит переименовать трассу.

В столбце "Кнл/Изм." содержится название канала и номер или название "Измерения", разделённые символом "/". Столбец "Тип" указывает на тип трассы: "И" – измерительная; "П" – память; "М" – математическая. В столбце "Опорн." указывается опорный уровень, а в столбце "Поз." его позиция на графике. Опорные уровни отображаются на графиках пунктирными горизонтальными линиями с треугольниками на концах. Цвет пунктирных линий и треугольников совпадает с цветом трассы. Можно переместить "мышью" треугольник и тем самым изменить позицию опорного уровня. Двойной щелчок "мышью" по номеру позиции опорного уровня в списке трасс позволит ввести с клавиатуры желаемое значение.

Значение в столбце "Ед./дел.", содержащем цену деления вертикальной шкалы, также можно изменить после двойного щелчка "мышью".

В столбце "Тип" отображается тип трассы – измерительная, память или математическая.

В столбце "Функции" отображаются названия функций, применяемых к результатам измерений (подробнее в разделе 3.6).

Среди отображаемых диаграмм одна выделена красной рамкой. Одна или несколько трасс в списке трасс выделенной диаграммы отмечаются синим фоном. Такие трассы будем называть выделенными. Все элементы управления, касающиеся трасс, имеют отношение только к выделенным трассам. Атрибуты выделенной трассы отображаются и могут быть изменены не только в списке трасс, но и в панели управления или в панели инструментов

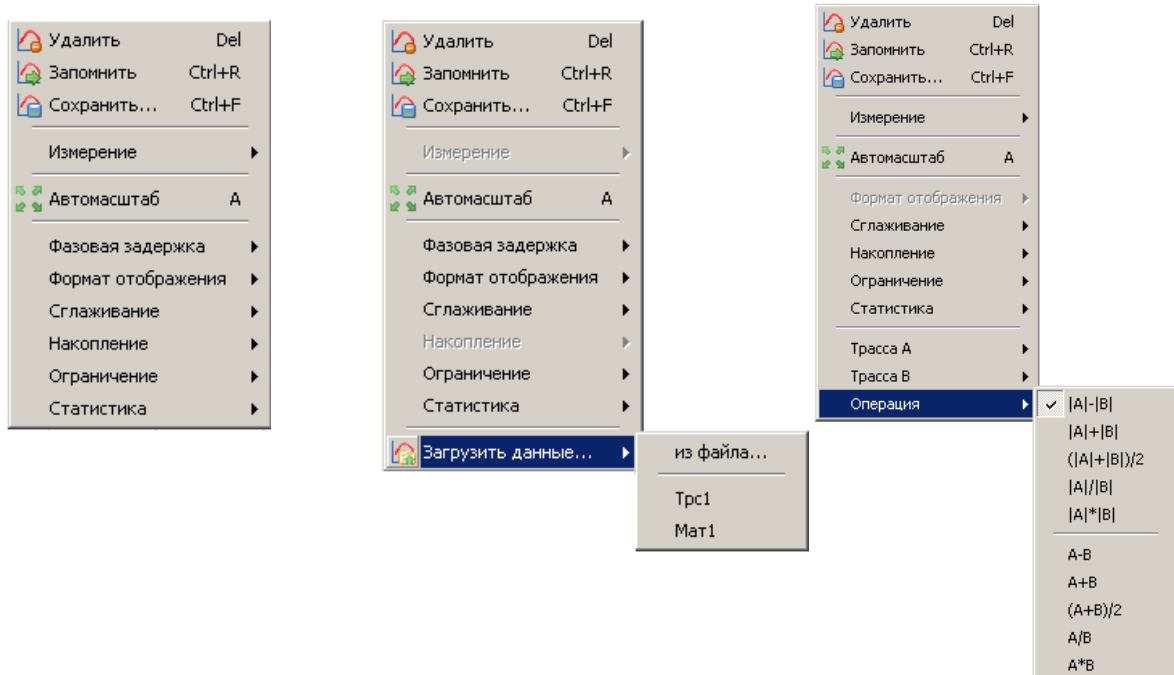
(подробнее в разделе 3.3). Можно выделить несколько трасс, удерживая клавишу "Ctrl" или "Shift", и управлять их атрибутами одновременно.

Чтобы создать измерительную трассу, следует в контекстном меню области отображения трасс выбрать соответствующий пункт или нажать комбинацию клавиш "Ctrl+N". Затем в контекстном меню созданной трассы или в панелях управления и инструментов задать необходимые параметры.

Чтобы создать трассу памяти, следует в контекстном меню запоминаемой трассы выбрать пункт "Запомнить" или нажать комбинацию клавиш "Ctrl+R", чтобы запомнить выделенную измерительную трассу.

Чтобы создать математическую трассу, следует в контекстном меню области отображения трасс выбрать соответствующий пункт или нажать комбинацию клавиш "Ctrl+M". Затем в контекстном меню созданной трассы задать операнды и операцию над ними.

Чтобы удалить трассу, следует выбрать в контекстном меню удаляемой трассы пункт "Удалить" или выделить трассу и нажать клавишу "Del".



а) Меню измерительной трассы б) Меню трассы памяти в) Меню математической трассы

Рисунок 11 – Контекстные меню трасс

Список трасс автоматически расширяется при добавлении новой трассы (если установлен флажок "Вид \ Автовысота списка трасс" в контекстном меню области отображения трасс). Можно немного сократить занимаемую списком площадь экрана, скрыв заголовки столбцов, очистив флажок "Вид \ Заголовки столбцов" в контекстном меню области отображения трасс, или нажав клавишу "F12".

Математическая трасса и её операнды должны иметь одинаковое количество точек и принадлежать к одному и тому же "Измерению". По крайней мере, один из операндов должен быть трассой памяти. Операнды задаются в пунктах "Трасса A" и "Трасса B" контекстного меню математической трассы. В пункте "Операция" того же контекстного меню выбирается арифметическая операция, поточечно выполняемая над трассами. Под поточечной операцией, например разностью, понимается следующее: из Y -значения (откладываемого по оси ординат) первой точки трассы A вычитается Y -значение первой точки трассы B . Полученная разность записывается в первую точку математической трассы. В качестве X -значения (откладываемого по оси абсцисс) в первую точку математической трассы записывается X -значение первой точки трассы A . И так далее для всех остальных точек.

Масштаб отображения трасс. На область отображения трасс нанесена координатная сетка 10×10 делений. Шаг сетки по вертикали задается в списке трасс в столбце "Ед./дел.". В столбце "Опорн." задается значение опорного уровня, которое должно приходиться на линию сетки с номером заданным в столбце "Поз.". Линии сетки нумеруются снизу вверх, начиная с 0. Например, если задана позиция 10, то опорный уровень будет соответствовать верхнему краю области построения трасс. Следует заметить, что значения на вертикальной шкале соответствуют только выделенной трассе. Если никакая из трасс не выделена или отображение выделенной трассы отключено, то вертикальная шкала не отображается.

Пункт контекстного меню трассы "Автомасштаб" или нажатие клавиши **"А"** (латиница) позволяют подобрать масштаб и опорный уровень выделенной трассы так, чтобы она занимала большую часть области построения трасс. Если предварительно выделить несколько трасс, то для них будет выбран одинаковый масштаб.

Каждая трасса может отображаться в собственном вертикальном масштабе, чего нельзя сказать о масштабе по горизонтали. По горизонтальной оси откладываются значения величин, тесно связанных с работой измерительного блока, поэтому диапазон изменения этих величин, как и все параметры, регламентирующие его работу, задается в измерительном канале. Трассы отображаются в горизонтальном масштабе того или иного канала (если в схеме измерения предусмотрено несколько каналов). Диапазон значений абсцисс измерительных трасс соответствует диапазону перестройки измерительного блока. Абсциссы некоторых точек трасс памяти и математических трасс могут выходить за пределы, заданные в измерительном канале. Такие трассы будут отображаться частично или не отображаться вовсе.

Способ отображения горизонтальной шкалы зависит от состояния флажка "Вид \ Список измерений" контекстного меню диаграммы. При установленном флажке отображаются все "Измерения", используемые в диаграмме, с цветовыми метками соответствующих трасс, указываются начало, середина и конец диапазона изменения величины, откладываемой по оси абсцисс, и другие атрибуты "Измерения". При сброшенном флажке шкала приобретает вид с численными значениями под линиями координатной сетки. При этом значения соответствуют только выделенной трассе. Состояние флажка изменяется щелчком "мыши" или клавишей **"F9"**.

Двойной щелчок "мышью" по горизонтальной шкале или нажатие клавиши **"F11"** развернет диаграмму до максимальных размеров, скрыв соседние диаграммы. Повторный двойной щелчок "мышью" по горизонтальной шкале или нажатие клавиши **"F11"** вернет диаграмму в прежнее состояние.

3.3 Краткое описание меню

Меню ПО *Graphit*, изображенное на рисунке 12, отображается в верхней части окна программы и состоит из следующих пунктов:

- файл;
- калибровка;
- управление;
- профиль;
- вид;
- справка.

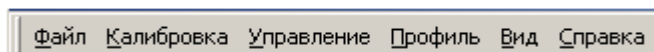


Рисунок 12 – Меню

Файл – меню управления схемами измерений. Предназначено для того, что открыть требуемую схему измерений, закрыть текущую схему или выйти из ПО.

Калибровка – меню управления измерениями при выполнении калибровки. Предназначено для выполнения калибровки и управления калибровочными данными.

Управление – меню управления прибором и запуском измерений. Предназначено для подключения к прибору и запуска (остановки) процесса измерений.

Профиль – меню управления профилями. Предназначено для сохранения (загрузки) параметров измерений.

Вид – меню управления отображением панелей инструментов и управления. Предназначено для выбора требуемых органов управления (для организации персональных настроек).

Справка – меню справочной системы ПО *Graphit*.

3.4 Управление графическими параметрами

Управление графическими параметрами осуществляется с помощью кнопок и полей ввода, расположенных на панелях инструментов и панелях управления. Для отображения тех или иных панелей управления следует установить соответствующие флажки в меню "Вид \ Панели управления".

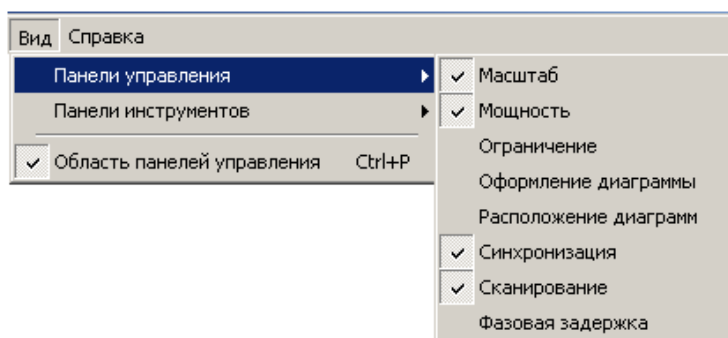


Рисунок 13 – Выбор отображаемых панелей управления

На панели управления "Расположение диаграмм" рамка красного цвета обозначает положение выделенной диаграммы. Манипулятором "мышь" можно перемещать прямоугольники, изменяя размеры и расположение диаграмм.



Рисунок 14 – Панели управления диаграммами

Списки на панели управления "Оформление диаграммы" позволяют выбрать цвет фона области отображения трасс и цвет координатной сетки выделенной диаграммы.

На панели управления "Масштаб", приведённой на рисунке 15, могут быть заданы параметры масштаба выделенной трассы по вертикали – опорный уровень, масштаб (цена деления) и позиция опорного уровня. Указанные параметры повторяют параметры, содержащиеся в списке трасс, и рассмотрены в разделе 3.2. Кнопка "Автомасштаб" и одноимённый

пункт контекстного меню трассы однократно подбирают такие масштаб и опорный уровень, чтобы трасса занимала большую часть области построения трасс.

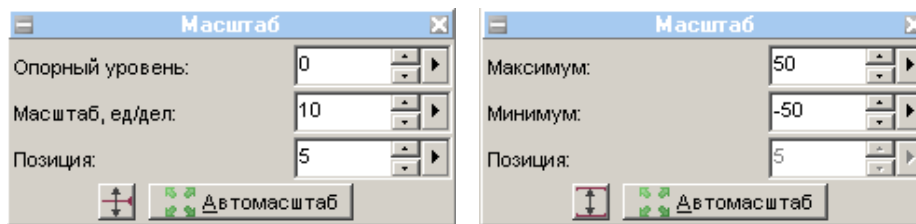


Рисунок 15 – Панель управления " Масштаб"

Кнопка с изображением стрелок (слева от кнопки "Автомасштаб" на рисунке 15) позволяет изменить способ задания масштаба по вертикали – вместо опорного уровня и цены деления можно будет задавать максимальные и минимальные отображаемые значения. При этом фактически будут задаваться вычисленные из максимума и минимума опорный уровень и цена деления, которые можно будет видеть в соответствующих столбцах списка трасс.

Большая часть элементов управления графическими параметрами расположена в панелях инструментов, отображение которых задаётся в меню "Вид \ Панели инструментов", изображённом на рисунке 16.

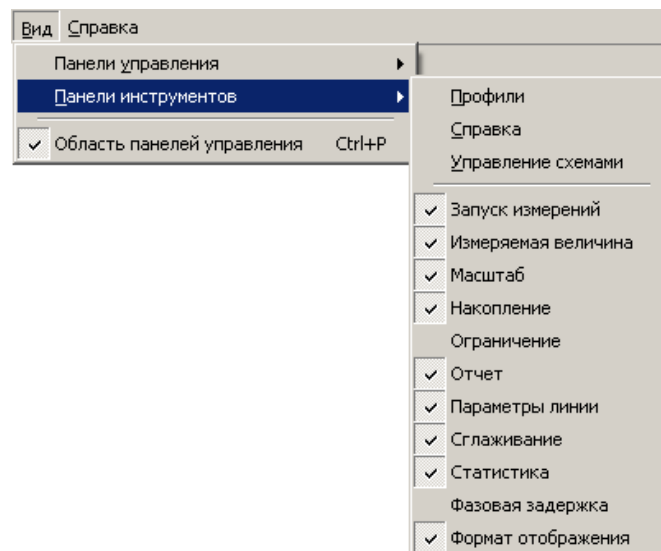


Рисунок 16 – Выбор отображаемых панелей инструментов

Рассмотрим панели инструментов, изображённые на рисунке 17.

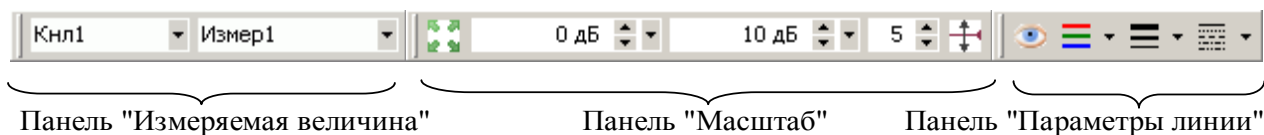


Рисунок 17 – Панели инструментов, задающие параметры отображения

Панель инструментов "Измеряемая величина" повторяет пункт "Измерение" контекстного меню измерительной трассы. Два поля со списком, входящие в состав панели, отображают и позволяют выбрать измерительный канал и "Измерение" для выделенных трасс. Векторные анализаторы цепей используют всего один канал, поэтому для отображения результата необходимо выбрать лишь "Измерение".

Панель инструментов "Масштаб" отображает и позволяет задать параметры вертикального масштаба трассы – опорный уровень, масштаб (цена деления) и позиция опорного уровня (рассмотрены в разделе 3.2). Эти же параметры можно задать в списке трасс или на панели управления " Масштаб". Поля ввода опорного уровня и цены деления выглядят оди-

наково, и отличить их поможет "подсказка" появляющаяся при наведении курсора "мыши" на элемент управления.

Панель инструментов "Параметры линии" позволяет скрыть или отобразить трассу щелчком "мыши" по кнопке с изображением глаза. Щелчок по цветным полоскам изменит цвет трассы. Щелчок по треугольнику справа от цветных полосок позволит выбрать цвет из перечня возможных цветов. Аналогично щелчок по чёрным полоскам увеличит толщину линии, а щелчок по треугольнику справа отобразит список толщин линий. Следующий элемент управления таким же образом позволит задать тип линии – сплошная, пунктир и т.п. Нужно отметить, что линия графика может быть несплошной только при толщине в 1 пункт. Поэтому при толщине линии более 1 пункта элемент управления, задающий тип линии, отображается как недоступный.

3.5 Масштабирование

Функция "Масштабирование" предоставляет ещё один способ изменения масштаба отображения измеряемых величин и диапазона сканирования. Пользователь может выделить интересующий его фрагмент диаграммы, нажав левую кнопку "мыши" в углу выделяемого фрагмента и переместив курсор "мыши" в противоположный угол, как показано на рисунке 18. После отпускания кнопки "мыши" производится масштабирование осей по заданным (очерченным) границам.

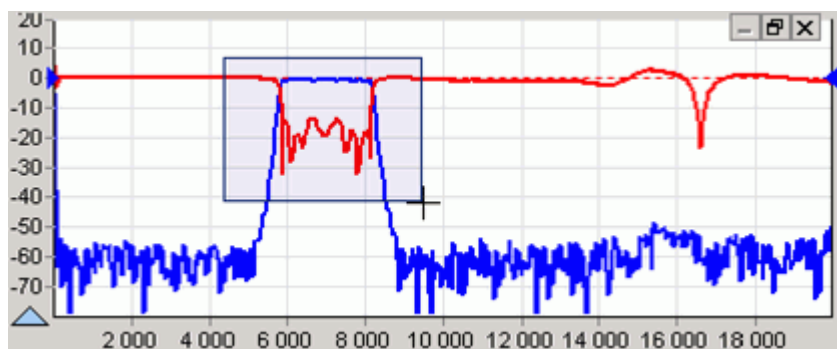


Рисунок 18 – Выделение фрагмента на диаграмме

Масштабирование осей зависит от направления движения "мыши" при выделении:

- при выделении "вправо-вниз" на диаграмме рисуется прямоугольник, как показано на рисунке 18. После отпускания кнопки "мыши" изменяется вертикальный масштаб выделенных трасс и изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

- при выделении "влево-вниз" на диаграмме рисуются горизонтальные пунктирные линии. После отпускания кнопки "мыши" изменяется только вертикальный масштаб выделенных трасс.

- при выделении "вправо-вверх" на диаграмме рисуются вертикальные пунктирные линии. После отпускания кнопки "мыши" изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

- после выделения "влево-вверх" отменяется последнее масштабирование. Можно последовательно отменить несколько функций "Масштабирование", если между ними не использовалась функция "Автомасштаб".

Существует возможность сдвинуть диапазон сканирования. Для этого следует "взять" манипулятором "мышь" горизонтальную шкалу и переместить в нужном направлении, как показано на рисунке 19.

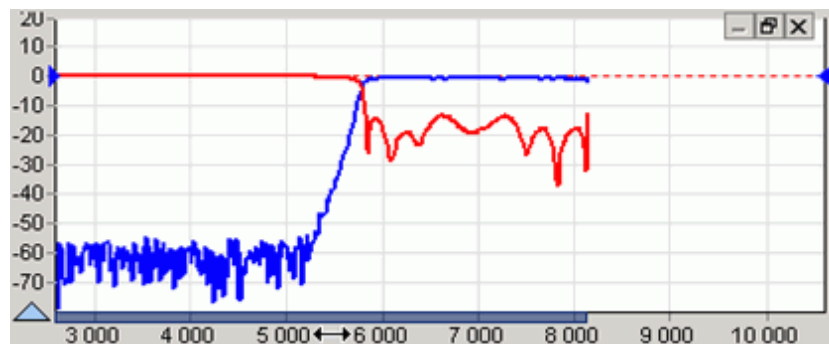


Рисунок 19 – Смещение диапазона сканирования

После отпускания кнопки "мыши" изменится диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

3.6 Функции над трассами

Функции над трассами – мощные средства дополнительной обработки и анализа результатов измерений. Перечень функций над трассами определяется типом прибора и схемой измерения. Ниже будут рассмотрены общие для всех приборов функции: "Накопление", "Ограничительные линии", "Сглаживание" и "Статистика". Элементы управления большинства функций над трассами расположены на панелях инструментов, как показано на рисунке 20.

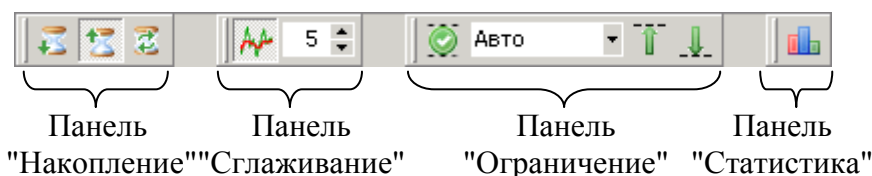


Рисунок 20 – Панели инструментов функций над трассами

3.6.1 Накопление

Накопление минимальных значений включается нажатием кнопки с изображением песочных часов и стрелки вниз на панели инструментов "Накопление". Соответственно для накопления максимумов следует нажать кнопку с изображением песочных часов и стрелкой вверх. Вместо измеренных значений в каждой точке трассы будут отображаться максимумы или минимумы, накопленные за истекшие кадры (циклы измерения). Если необходимо отображать как измеренные, так и накопленные значения, следует создать новую измерительную трассу. Последняя кнопка "Сброс" на панели инструментов "Накопление" позволяет сбросить накопленную статистику и начать накопление заново.

3.6.2 Сглаживание

Сглаживание трассы включается кнопкой на панели инструментов "Сглаживание" (см. рисунок 20). Поле ввода с регулировкой значения задаёт размер апертуры сглаживания в процентах от числа точек в трассе:

$$\text{Сглаживание}[\%] = (N + 1) / \text{Количество точек}, \quad (1)$$

где $N + 1$ – размер апертуры;

Количество точек задаётся в измерительном канале.

Процедура сглаживания вычисляет среднее среди соседних точек трассы:

$$S'_i = \frac{1}{N + 1} \cdot \sum_{n=-N/2}^{N/2} S_{i+n}, \quad (2)$$

где S_i – отсчёты сглаживаемой трассы;

S_i' – сглаженные отсчёты;

$N + 1$ – размер апертуры.

Функция сглаживания применяется, в общем случае, для подавления случайной составляющей в трассе. Аналогичную задачу – подавления шумов, решает процедура усреднения. Усреднение выполняется в измерительном канале и/или в измерительном блоке и описано в части РЭ, посвящённой конкретной схеме измерения (для анализаторов цепей векторных – в части III). На рисунке 21 приведены результаты сглаживания (синяя трасса толщиной 2 пункта) и усреднения.

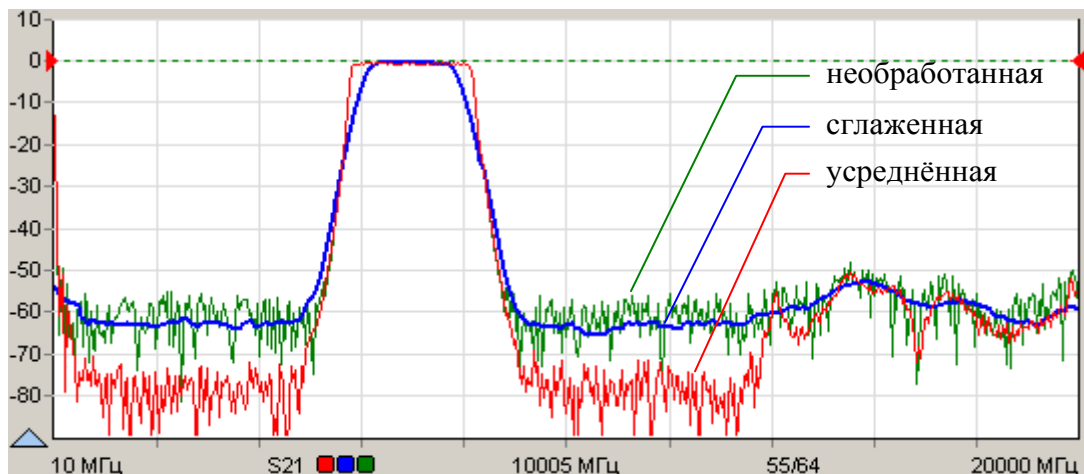


Рисунок 21 – Сглаживание и усреднение трасс

Усреднение выполняется в измерительном канале до нелинейных преобразований над сигналами, что приводит к постепенному (в течение заданного числа измерений) увеличению отношения сигнал / шум. В отличие от усреднения сглаживание выдаёт результат "мгновенно" – сразу после измерения.

Следует осторожно применять сглаживание. Вместе с подавлением шумовых выбросов сглаживание искажает форму характеристик. Всплеск сигнала может существенно изменить амплитуду или исчезнуть совсем. Срез фильтра будет выглядеть более пологим, а значит, исказятся полоса пропускания и связанные с ней параметры.

3.6.3 Ограничительные линии

Ограничительные линии применяются при тестировании и отбраковке изготавливаемых серийно изделий. Функция проверяет пересечение трассой ограничительных линий, означающие пределы допуска измеряемого параметра изделия.

Ограничительные линии задаются отрезками в диалоговом окне (см. рисунок 22), появляющемся по нажатию кнопки "Верхняя огр. линия" или "Нижняя огр. линия" на панели управления "Ограничение" или соответствующими кнопками на панели инструментов "Ограничение".

Верхняя огр. линия - Трс2				
№	X1	X2	Y1	Y2
1	5200	5800	-50	4
2	5800	8200	4	4
3	8200	8800	4	-50
4				

Рисунок 22 – Окно задания ограничительной линии

В столбцах "X" задаются абсциссы отрезков, в столбцах "Y" – ординаты. Кнопки, расположенные над таблицей, позволяют манипулировать строками таблицы, а также сохранять на диск или читать ранее сохранённые ограничительные линии.

Если ограничительная линия, образованная отрезками, имеет разрывы, то результаты измерений в точках разрыва не контролируются.

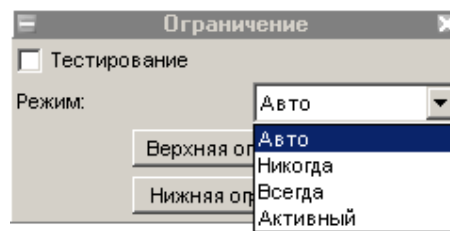


Рисунок 23 – Панель управления "Ограничение"

Флажок "Тестирование" на вкладке или кнопка на панели инструментов включают проверку на пересечение трассой ограничительных линий. Результат проверки отображается на диаграмме, как показано на рисунке 24.

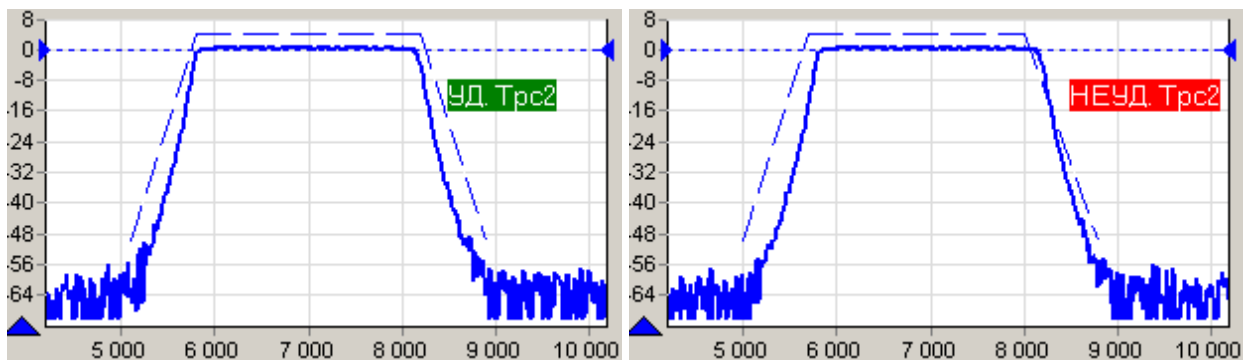


Рисунок 24 – Проверка ограничительными линиями

Список "Режим" определяет способ отображения ограничительных линий и позволяет выбрать одно из следующих значений:

- "Авто" – ограничительные линии отображаются, если выделена трасса, для которой применяется ограничение, и включена проверка границ;
- "Никогда" – ограничительные линии не отображаются;
- "Всегда" – ограничительные линии отображаются всегда;
- "Активный" – ограничительные линии отображаются, если выделена (активна) трасса для которой применяется ограничение.

3.6.4 Статистика

Функция "Статистика" находит минимальное и максимальные значения среди точек трассы, а также вычисляет другие статистические характеристики. Результаты расчётов отображаются в области построения трасс, как показано на рисунке 25.

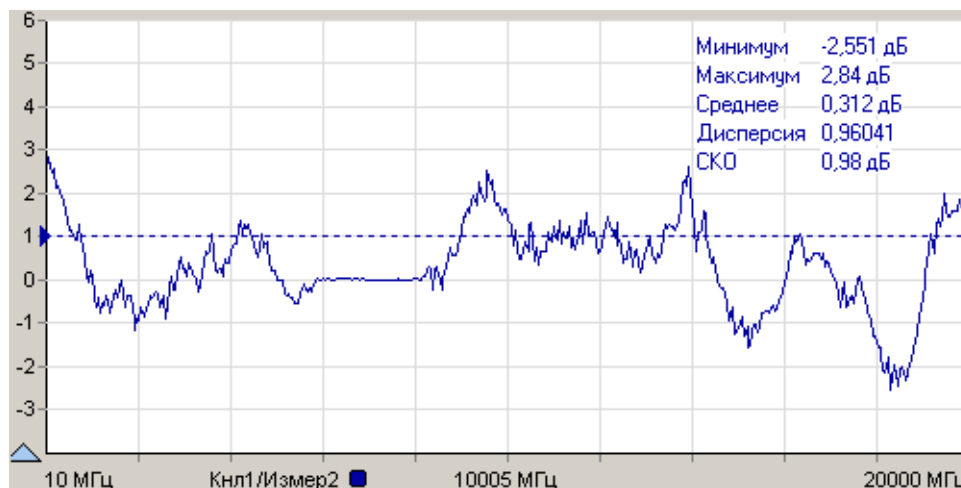




Рисунок 25 – Отображение статистики трассы

Отображение статистических данных включается и выключается кнопкой в панели инструментов "Статистика". Текст со статистическими данными может быть перемещён манипулятором "мышь" в пределах области построения трасс в более удобное положение.

3.7 Запуск и остановка измерений

Запуск или остановка активного канала осуществляется выбором пункта меню "Управление \ Активный канал" или нажатием кнопки  Кнл1 на панели инструментов. Чтобы остановить измерения, нужно повторно выбрать пункт меню или нажать ту же кнопку (но с изменившейся пиктограммой)  Кнл1 на панели управления.

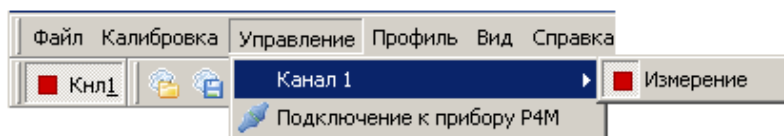


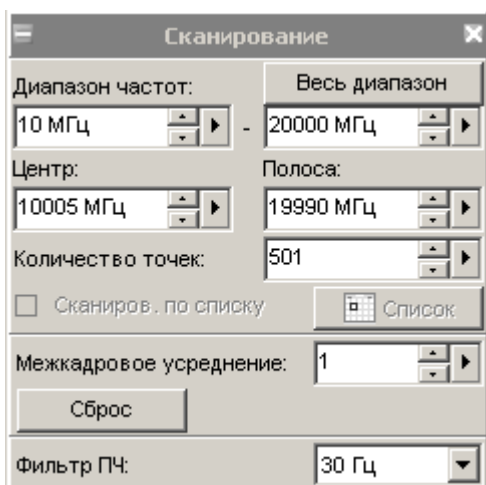
Рисунок 26 – Меню управления измерениями

Если нет манипулятора "мышь" или им неудобно пользоваться (например, в ноутбуке), можно выбрать пункт меню с помощью клавиатуры. Для этого достаточно нажать клавишу "Alt" или "F10" и клавишами управления курсором выбрать нужный пункт.

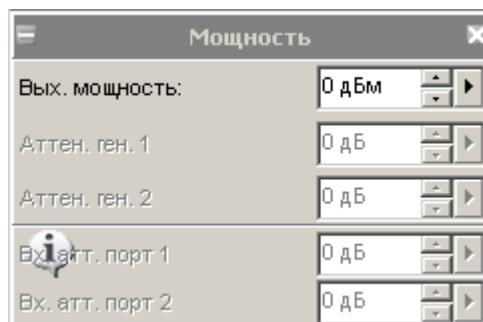
После нажатия клавиши "Alt" или "F10" в тексте на многих пунктах меню появляются подчёркнутые символы. Последовательное нажатие клавиши "Alt", затем "**подчёркнутый символ**" эквивалентно выбору пункта меню.

3.8 Установка параметров измерений

Для установки параметров измерений следует ввести требуемые значение в поля панелей управления. Подтверждение ввода заканчивается при нажатии клавиши Enter.



Панель управления "Сканирование"

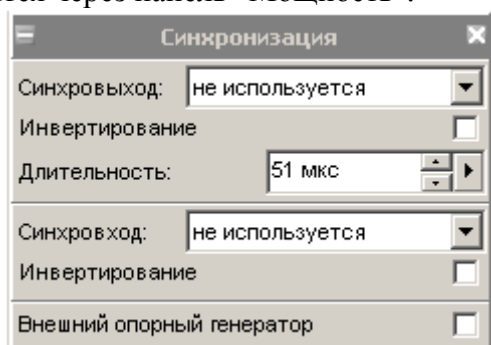


Панель управления "Мощность"

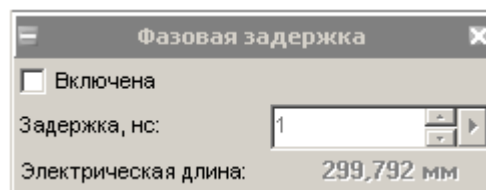
Рисунок 27 – Панели управления "Сканирование" и "Мощность"

Установка диапазона частот, количества точек по частоте, выбор полосы пропускания фильтра ПЧ и межкадрового усреднения осуществляется через панель "Сканирование".

Установка уровня выходной мощности и управление ослабление аттенюаторов производится через панель "Мощность".



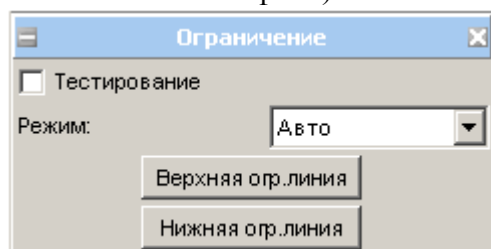
Панель управления "Синхронизация"



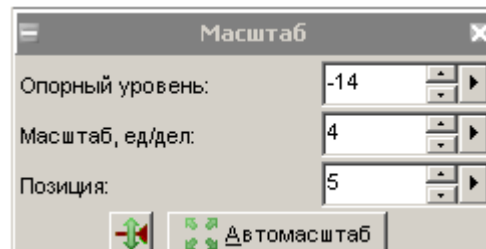
Панель управления "Фазовая задержка"

Рисунок 28 – Панели управления "Синхронизация" и "Фазовая задержка"

Панели управления "Синхронизация" и "Фазовая задержка" предназначены для установки параметров синхронизации и внесения задержки в радиоизмерительный тракт (смещение плоскости отсчета фазы).



Панель управления "Ограничение"



Панель управления "Масштаб"

Рисунок 29 – Панели управления "Ограничение" и "Масштаб"

Панели управления "Ограничение" и "Масштаб" предназначены для установки параметров ограничительных линий при тестировании и отбраковке изготавливаемых изделий по заданному критерию и установки параметров отображения результата измерений.

3.9 Калибровка

Измерениям должна предшествовать калибровка для устранения систематической погрешности измерений, обусловленной неидеальностью радиоизмерительного тракта анализатора цепей, и обеспечения заявленных норм точности.

Процедура калибровки начинается после выбора пункта меню "Калибровка \ Калибровка...".

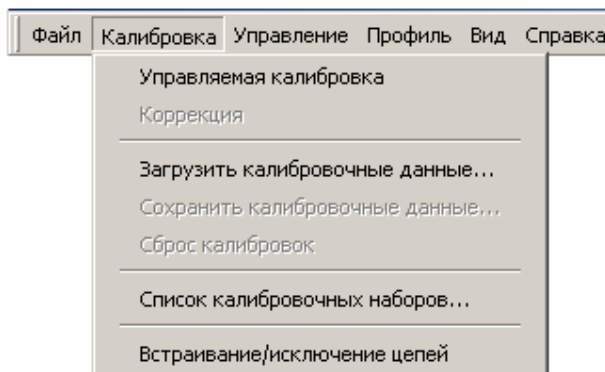


Рисунок 30 – Меню калибровки (для Р4М)

Флажок "Коррекция" отражает состояние применения коррекции результата измерений, используя калибровочные данные. Автоматически устанавливается после успешного завершения калибровки. Убрав флажок, можно запретить использование калибровочных данных.

3.10 Сохранение параметров измерения

Процесс измерений обычно сопровождается заданием множества параметров. При завершении ПО *Graphit* текущие значения всех параметров диаграмм, трасс, маркеров и измерительных каналов, исключая калибровочные данные, сохраняются на диск. При старте ПО *Graphit* и открытии схемы все сохранённые параметры восстанавливаются.

Существует возможность сохранения параметров в отдельный файл, называемый профилем. На рисунке 31 изображены пункты меню "Профиль" и эквивалентные им кнопки на панели инструментов, позволяющие считать параметры из профиля, сохранить параметры в профиль или восстановить исходные значения всех параметров.

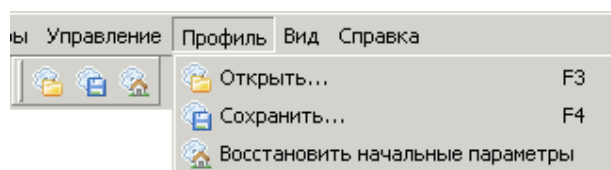


Рисунок 31 – Панель инструментов и меню управления профилями

3.11 Маркерные измерения

Маркеры – это дополнительное средство анализа результатов измерений. Маркеры отображают в численном виде значения некоторых точек трассы. Какая именно точка трассы будет отображена маркером, зависит от типа и параметров маркера. Для своевременного обновления отображаемой информации и/или поиска по заданному критерию точек на трассе в маркерах задаётся привязка (соответствие) к одной или нескольким трассам.

Маркеры отображаются в виде треугольника с номером над горизонтальной шкалой, вертикальной линии и окна индикации. Если маркер не активен, то отображается только треугольник с номером. Между двумя маркерами может отображаться связь – горизонтальная черта с текстом над ней. Связи между маркерами служат для расчёта и отображения допол-

нительных параметров исследуемых устройств. Каждая диаграмма может содержать до 20 маркеров и до 10 связей между ними.

Чтобы создать маркер, нужно "взять мышкой" треугольник в левом нижнем углу диаграммы и переместить его в желаемую позицию.

Чтобы скрыть или отобразить маркер достаточно дважды щёлкнуть "мышью" по треугольнику или выбрать пункт "Активный" в контекстном меню маркера.

Чтобы удалить маркер, нужно его сначала скрыть, а затем переместить треугольник в крайнее левое положение. Пункт контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Сбросить все" или комбинация клавиш **Ctrl+Alt+R** удаляют все маркеры в диаграмме.

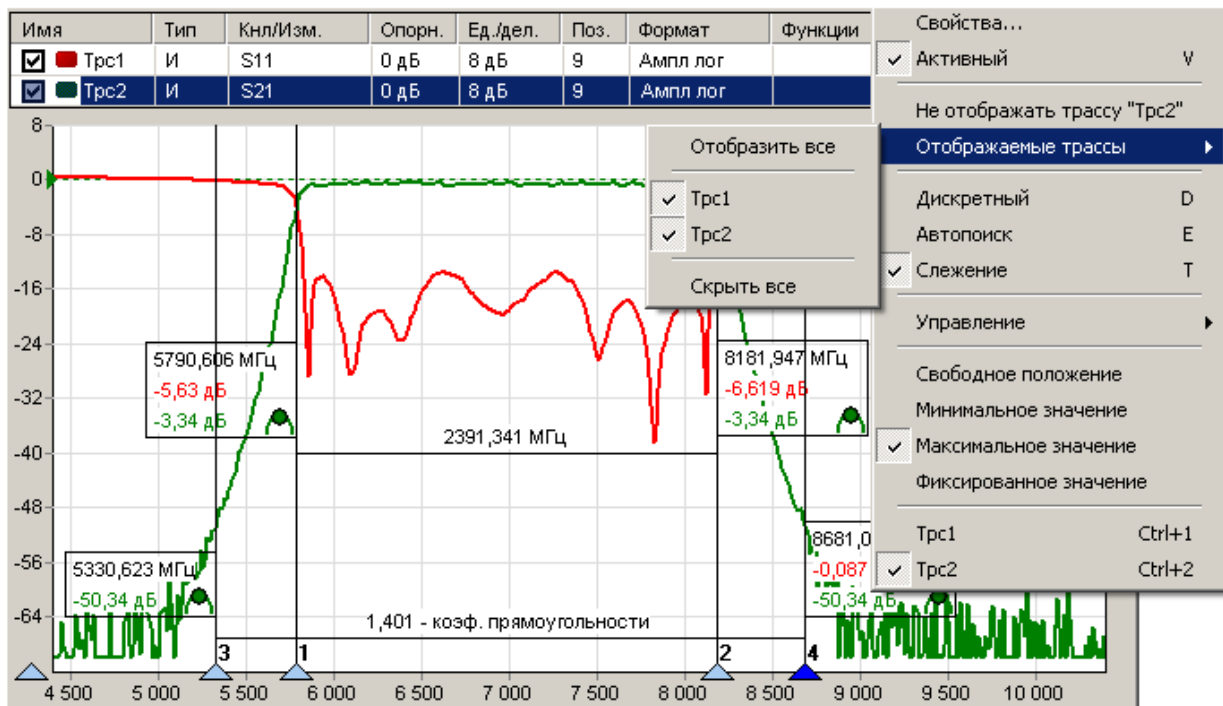


Рисунок 32 – Использование маркеров

На рисунке 32 показано контекстное меню маркера, появляющееся после щелчка правой кнопкой "мышью" по номеру маркера или по окну индикации маркера. Пункт "Свойства..." позволяет задать параметры маркера (рисунок 34), в том числе и те, что перечислены в последующих пунктах контекстного меню. Из отображаемых значений в маркере можно исключить (или добавить) данные тех или иных трасс. Для этого достаточно щёлкнуть правой кнопкой "мышью" по отображаемому значению и выбрав пункт "Не отображать трассу..." или изменить состояние флажков в списке трасс пункта "Отображаемые трассы".

Выбор пункта контекстного меню маркера "Управление \ Установить центр сканирования" изменяет диапазон сканирования измерительного канала, так чтобы маркер оказался в середине диапазона. Диапазон сканирования изменяется только в измерительном канале, которому соответствует трасса, к которой привязан маркер.

При выборе пункта контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Компактный режим отображения" маркеры будут отображаться, как показано на рисунке 33, без окна индикации.

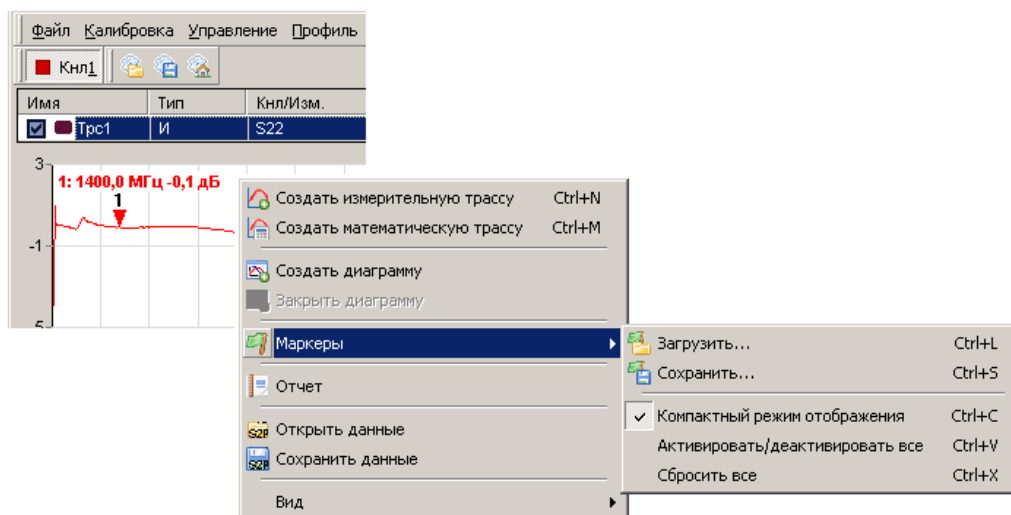
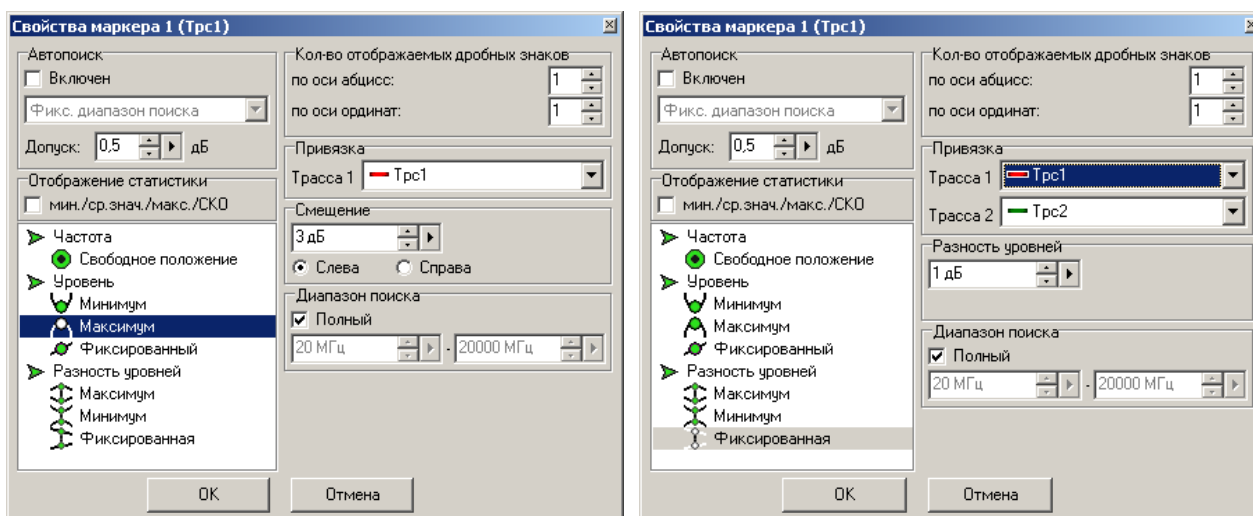


Рисунок 33 – Компактный режим отображения маркера










а) слежение за уровнем

б) слежение за разностью уровней

Рисунок 34 – Свойства маркера

В правом нижнем углу окна индикации маркера отображается значок, обозначающий тип маркера:

-  – свободное положение маркера;
-  – слежение за максимальным уровнем;
-  – слежение за минимальным уровнем;
-  – слежение за заданным уровнем;
-  – слежение за максимальной разностью уровней;
-  – слежение за минимальной разностью уровней;
-  – слежение за заданной разностью уровней.

Цвет значка соответствует цвету трассы, к которой привязан маркер.

Свободное положение маркера. При установке нового маркера создаётся маркер со свободным (произвольным) положением на горизонтальной оси. Частота может задаваться тремя способами: перемещением маркера "мышью"; двойным щелчком по отображаемому значению частоты и редактированием, или в диалоге "Свойство маркера". Если требуется переместить окно индикации маркера только по вертикали или расположить с другой сторо-

ны от вертикальной линии, то следует нажать клавишу "**Shift**" на клавиатуре и переместить окно с помощью "мыши".

Следящие маркеры от кадра к кадру меняют своё положение по горизонтальной оси – следят по заданному критерию. Для слежения используются значения из одной или нескольких трасс, к которым привязан маркер. В диалоге "Свойства маркера" задаются привязка к одной или нескольким трассам и критерий слежения: поиск минимума, максимума или заданного значения в указанной трассе или разницы между трассами. Привязка маркера отображается и может быть изменена в контекстном меню маркера. Поиск точки, удовлетворяющей критерию, выполняется по всей трассе, при установленном флажке "Полный", или ограничен заданным диапазоном. В последнем случае неполный диапазон обозначается на оси абсцисс в виде синего отрезка, ограниченного прямоугольными скобками, как показано на рисунке 36.

При поиске минимума или максимума в трассе существует возможность поиска точки, отличающейся от найденного экстремума на заданное число (обычно децибел), слева или справа от экстремума. Эта возможность позволяет вычислять параметры цепей, связанные с полосой частот.

Например, на рисунке 32 маркеры 1 и 2 следят за уровнем меньше максимума на 3 дБ АЧХ полосового фильтра. Связь между маркерами 1 и 2 отображает полосу пропускания фильтра по уровню "-3 дБ". Маркеры 3 и 4 следят за уровнем меньше максимума на 50 дБ. В связи между маркерами 3 и 4 вычисляется отношение полосы между маркерами 3 и 4 к полосе между маркерами 1 и 2. В результате получаем коэффициент прямоугольности фильтра.

Следящий в неполном диапазоне маркер может исчезать или "прилипать" к краю диаграммы, оказавшись вне диапазона значений оси абсцисс. Это может произойти, например, при смене частотного диапазона или отображении трассы во временную область.

При выборе смещения маркера (см. рисунок 35; смещение равно 10 дБ) относительно найденного экстремума, может возникнуть некоторый дополнительный сдвиг, обусловленный функцией "Дискретный", которая запрещает устанавливать маркер в точки, которые рассчитываются при интерполяции. Сдвиг и разница показаний маркеров будет тем больше, чем меньше установлено количества точек и круче частотная характеристика исследуемого устройства.

Флажок "Слежение" в контекстном меню маркера по умолчанию установлен. Это означает, что после задания необходимых параметров (критерия слежения и трассы) маркер перейдёт в режим слежения. Если задать параметры слежения при сброшенном флажке "Слежение", то маркер выполнит однократный поиск в текущем кадре, переместится на новую позицию и перейдёт в "Свободное положение".

При установленном флажке "Автопоиск" в контекстном меню маркера меняется его поведение при перемещении "мышью". Нажав левую кнопку "мыши", можно подвести маркер к другому экстремуму и отжать кнопку – отпустить маркер. При перемещении маркера "мышью" на трассе появляются жёлтые треугольники, обозначающие локальные минимумы и максимумы, как показано на рисунке 37. После отпускания маркер найдёт ближайший к новому положению экстремум и, если включен режим слежения, перейдёт в режим слежения за ним. Следящий маркер при необходимости поменяет критерий слежения на поиск минимума или максимума, изменит диапазон поиска экстремума, чтобы исключить более значимые экстремумы, и продолжит слежение за экстремумом. Для перемещения маркера в режиме "Автопоиск" можно использовать клавиши "←", "→" на клавиатуре. Стрелка влево переместит к левому ближайшему экстремуму, стрелка вправо – к правому.

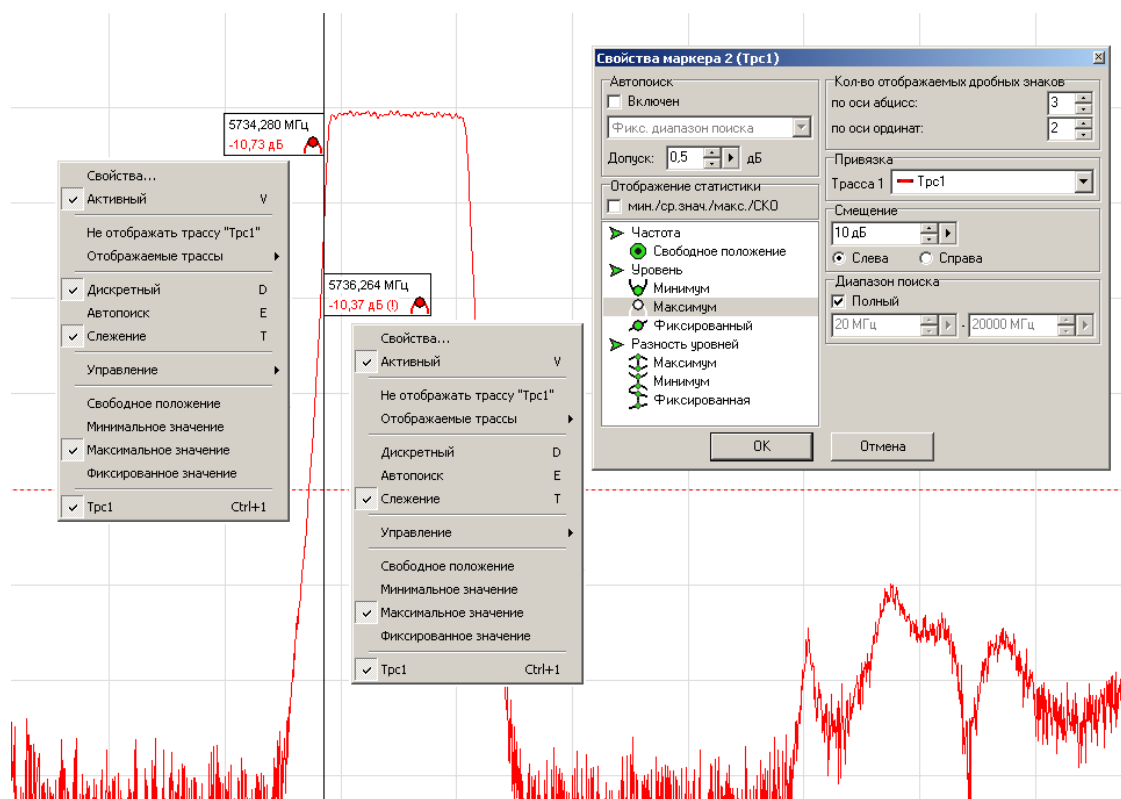


Рисунок 35 – Демонстрация особенностей работы маркера при поиске экстремума

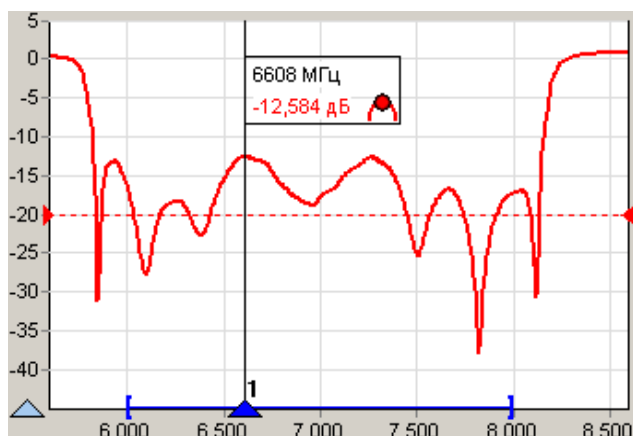


Рисунок 36 – Следящий маркер

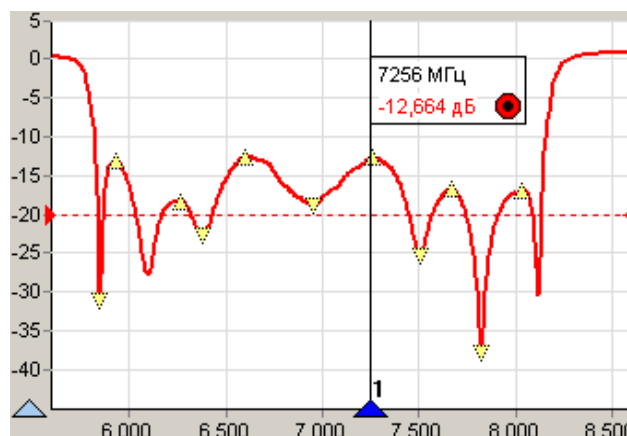


Рисунок 37 – Маркер в режиме "Автопоиск"

Маркер в режиме "Автопоиск" может пропускать экстремумы, отличающиеся от соседних на небольшую величину. В окне свойства маркера в поле с регулировкой значения "Допуск" можно задать минимальную величину, на которую должны отличаться значения в экстремумах. Следует уменьшить её, чтобы исключить пропуск экстремумов, или увеличить, если вместо экстремумов выделяются шумовые выбросы.

Кроме стрелок влево и вправо для выделенного маркера, отличающегося более темным фоном номера, существуют следующие комбинации клавиш:

- V** – скрыть / отобразить;
- E** – включить / выключить "Автопоиск";
- T** – выключить "Слежение";
- Ctrl+1÷9** – привязка к трассе 1, 2 ... 9.

Настройки маркеров сохраняются в профиле и восстанавливаются при старте ПО *Graphit* или при загрузке профиля. Кроме того, существует возможность сохранить конфигурацию маркеров в отдельный файл, выбрав пункт контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Сохранить...". Выбрав пункт контекстного меню диаграммы "Маркеры \ Загрузить..." можно загрузить ранее сохранённую конфигурацию маркеров.

Связи между маркерами. Если нажать левую кнопку "мыши" над значком, обозначающим тип маркера, перевести курсор к другому маркеру и отпустить кнопку "мыши", то создастся связь между маркерами – горизонтальная черта, показанная на рисунке 32, над которой отображается некоторое значение. В только что созданной связи это разница значений по оси абсцисс в связанных маркерах. После щелчка правой кнопкой "мыши" по связи появляется контекстное меню, позволяющее изменить свойства связи или удалить её. Диалоговое окно свойств связи маркеров, приведённое на рисунке 38, позволяет задавать арифметическое выражение, вычисляющее отображаемое над связью значение.

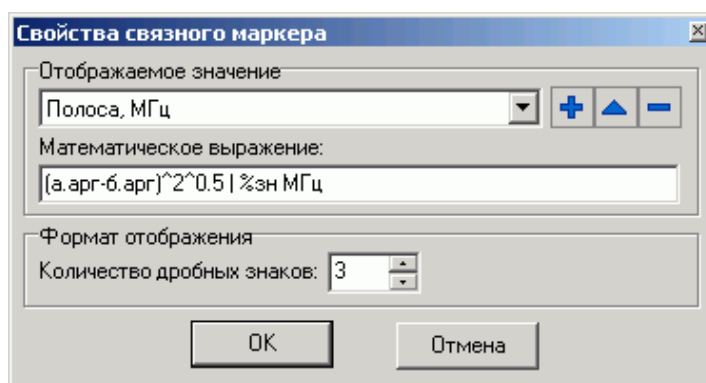


Рисунок 38 – Свойства связи маркеров

Арифметическое выражение можно набрать в поле ввода "Математическое выражение" или выбрать из списка сохранённых формул в верхней части диалога. Кнопки справа от списка позволяют сохранить набранное выражение в списке формул, изменить ранее сохранённое выражение или удалить.

Текст арифметического выражения не должен содержать пробелов, все буквы должны быть кириллицей. Допускается использование следующих операторов (в порядке убывания приоритета):

- ^ – возведение в степень;
- *, / – умножение и деление (имеют равный приоритет, выполняются слева направо);
- +, – – сложение и вычитание.

Для изменения последовательности выполнения операций используются круглые скобки.

Для изменения знака (унарный минус) следует использовать следующую конструкцию:

0 – выражение.

Для вычисления абсолютного значения:

$\text{выражение}^2 \wedge 0.5$,

т.е. возвести в квадрат, затем извлечь квадратный корень.

В качестве операндов в выражении могут использоваться:

- численные константы (неотрицательные, дробная часть отделена точкой);
- значения из связанных маркеров или любых других.

Маркеры обозначаются в соответствии с их номером: "м1" (буква "м" кириллицей), "м2", "м3" и т.д.

К маркерам, состоящим в связи, можно обратиться по именам "а" и "б". Причём "а" – это маркер с меньшим номером, а "б" – с бóльшим. У каждого маркера доступны для чтения следующие поля:

- арг – значение по оси абсцисс;
- *НазваниеТрассы* – значение по оси ординат из указанной трассы.

При возникновении ошибки в вычислениях – деление на ноль или отсутствие данных, выражение примет значение *NAN (Not An Number)*, которое отобразится над связью.

После арифметического выражения, отделённые вертикальной чертой "|", могут следовать спецификаторы и комментарии. Определены следующие спецификаторы:

- %зн – текущее значение выражения;
- %ср – среднее за время измерения;
- %ско – среднеквадратическое отклонение от среднего;
- %мин – минимальное значение;
- %макс – максимальное значение;
- %выб – выборка (номер кадра).

Всё не совпадающее с перечисленными выше спецификаторами считается комментариями, которые выводятся без изменений. Выводимая спецификаторами статистика сбрасывается после щелчка "мыши" по связи.

Рассмотрим несколько примеров арифметических выражений.

Пример 1: а.арг-б.арг | Полоса: %зн МГц

Вычисляется разность частот связанных маркеров. Полученное значение выводится между словами "Полоса:" и "МГц". В этом примере разность частот может оказаться отрицательной. В следующем примере вычисляется абсолютное значение разности.

Пример 2: (а.арг+б.арг) / (2*(а.арг-б.арг)^2^0.5) | Добротность: %зн

Предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем на 3 дБ меньше максимума слева и справа. Это задаётся в свойствах маркеров. В выражении вычисляется отношение центральной частоты к полосе пропускания.

Пример 3: (а.арг-б.арг) / (м1.арг-м2.арг) | %зн - коэф. прямоугольности

В этом примере также предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем меньше максимума на 50 дБ. Маркеры "м1" и "м2" следят за уровнем меньше максимума на 3 дБ. Отношение разностей их аргументов даёт коэффициент прямоугольности фильтра.

Пример 4: а.Трс1-а.Пам1 | %мин; %ср; %макс; %ско дБ

В этом примере накапливается и отображается статистика отличий значений в трассе "Трс1" от запомненного в трассе памяти "Пам1".

3.12 Сохранение результатов измерений и формирование отчётов

Для сохранения результатов измерений существуют следующие возможности:

- сохранение трассы;
- сохранение S1P- или S2P-файла;
- формирование и сохранение отчёта.

Чтобы сохранить трассу на диск, следует выбрать пункт "Сохранить" в контекстном меню трассы или нажать комбинацию клавиш "**Ctrl+F**". В выбранный текстовый файл с расширением `trc` сохраняется последовательность пар чисел. Каждая пара – это соответствующие одной точке трассы значения по осям абсцисс и ординат. Для трасс, отображаемых на диаграмме Смита, сохраняются тройки чисел – частота, реальная и мнимая части.

Прочитать сохранённую трассу можно либо в трассу памяти, воспользовавшись пунктом контекстного меню трассы "Загрузить данные..." или пунктом контекстного меню диаграммы "Открыть данные". Следует отметить, что после чтения диапазон значений, откладываемых по горизонтальной оси, в трассе памяти может не совпадать с диапазоном заданным в измерительном канале. В этом случае трасса памяти будет отображаться частично (не во всём диапазоне) или не отображаться вовсе.

Считанные из файла в трассу памяти значения будут отображаться неверно, если при сохранении использовался один формат отображения, а при чтении трасса памяти отображалась в другом формате.

Чтобы сохранить S2P- или S1P-файл, следует выбрать пункт "Сохранить данные" в контекстном меню диаграммы с указанием нужного формата файла. В выбранный текстовый файл с расширением `s2p` сохраняются частота, модуль (в логарифмическом масштабе) и фаза (в градусах) параметров рассеяния S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} . В отличие от сохранения трассы, в S2P-файл записываются значения с выходов "Измерений", т.е. до преобразования к некоторому формату отображения и до каких-либо функциональных преобразований над трассами. "Измерения" для записи в качестве того или иного S-параметра выбираются автоматически. Если при сохранении S2P-файла некоторые S-параметры отсутствуют, то вместо них записываются значения (-200 дБ, 0°). Если для некоторых S-параметров найдётся несколько подходящих "Измерений", пользователю будет предложен выбор.

Для чтения S2P-файла следует выбрать пункт "Открыть данные" в контекстном меню диаграммы. При чтении S2P-файла автоматически создаются трассы памяти и привязываются к первому измерительному каналу. Если измерительный канал не инициализирован (т.е. не было произведено подключение к прибору или эмулятору), то никакие трассы отображаться не будут, т.к. не определена ось абсцисс. Другими словами, чтобы посмотреть S2P-файлы, необходимо подключение к прибору или эмулятору.

Чтобы создать отчёт, следует выбрать один из видов отчётов в контекстном меню диаграммы, приведённом на рисунке 39, или нажать кнопку на панели инструментов "Отчёт".

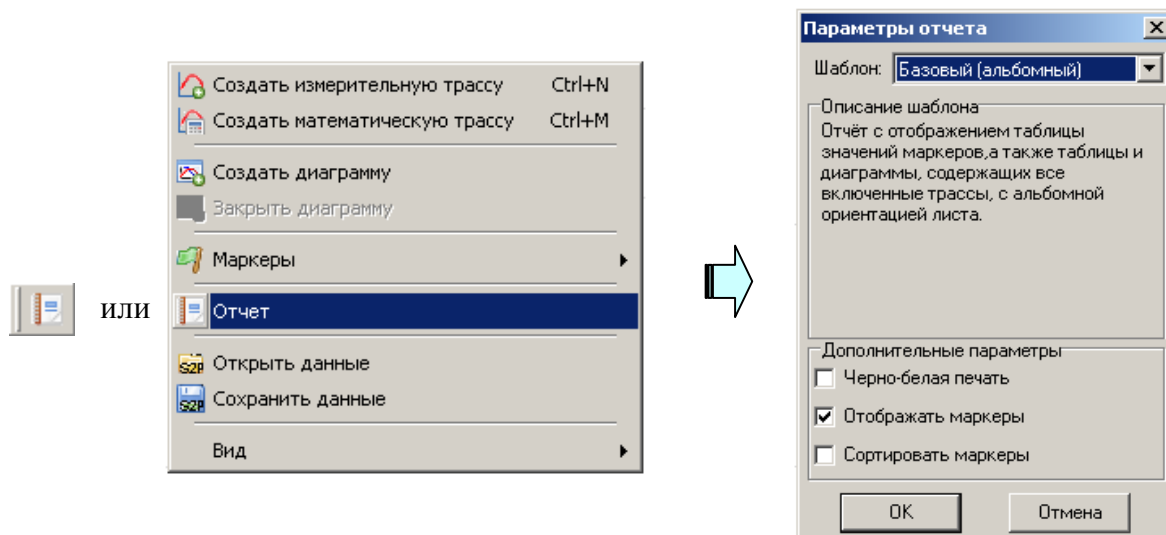


Рисунок 39 –Создание отчёта

Мастер отчётов предложит ввести комментарии к отчёту и отобразит окно предварительного просмотра, приведённое на рисунке 40.

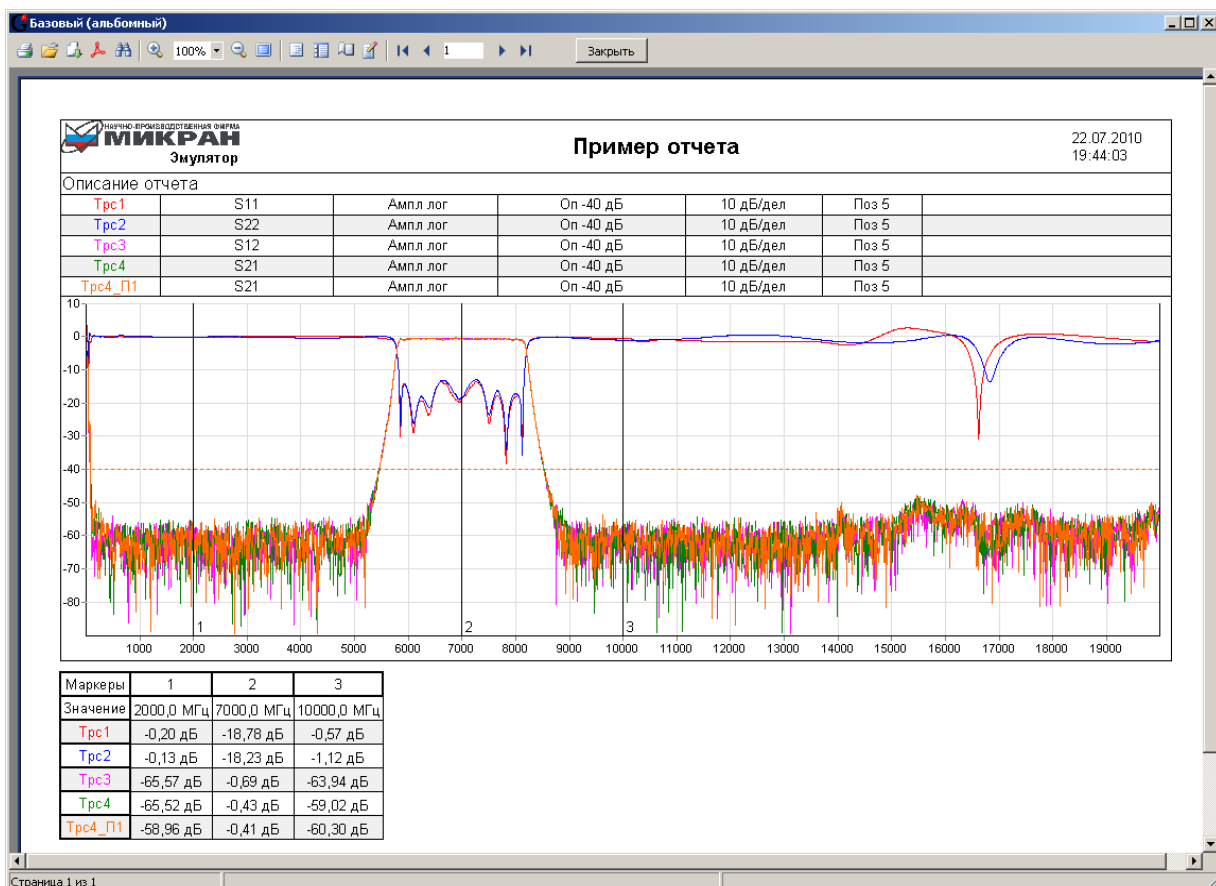


Рисунок 40 – Окно просмотра отчёта

Подготовленный отчёт можно напечатать (кнопкой "Печать") или экспортировать (кнопкой с изображением листа со стрелкой) в файл форматов: *PDF*, *HTML*, *RTF* (документ *Word*) и документ *Open Office*.

Приложение А (справочное) Перечень возможных неисправностей

Перечень возможных неисправностей, причин их возникновения, а также рекомендации по действиям при возникновении аварийных режимов приведены в таблице А.1.

Т а б л и ц а А.1 – Возможные неисправности

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
Измеритель не включается	Измеритель не включен в сеть или неисправен кабель питания	Заменить неисправный кабель либо включить в сеть
	Сгорел предохранитель	Заменить предохранитель на исправный
При запуске программы появляется сообщение об ошибке	Измеритель не включен	Включить измеритель
	Кабель <i>Ethernet</i> не подключен.	Подключить кабель <i>Ethernet</i>
	Сбой в программе	Обратитесь в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель
При первом запуске программы сообщение об ошибке не появляется, но программа не реагирует на действия оператора	Аппаратная несовместимость	Обратитесь в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель
При подключении по <i>Ethernet</i> нет связи с измерителем	Неправильно выбраны настройки сетевого подключения либо внутренние настройки сети	Рекомендации в РЭ Часть II, пункт 0

Приложение Б (справочное)

Решение проблем при настройке сетевых параметров

Приборы интерфейс *Ethernet* для связи с компьютером. Протокол *Ethernet* предполагает общую среду передачи и адресацию в ней. Адреса сетевых адаптеров *Ethernet* – *MAC*-адреса, уникальны и задаются при изготовлении приборов.

Кроме физического протокола *Ethernet* приборами поддерживается ряд сетевых протоколов: *TCP* – для приёма команд и передачи результатов измерений; *UDP* – для обнаружения приборов в сети; *ICMP* – для диагностики; *DHCP* – для автоматической конфигурации сетевых параметров и регистрации *host*-имени прибора в *DNS*; *FTP* – для файлового доступа к параметрам и таблицам прибора; *HTTP* – для диагностики и задания параметров прибора через *WEB*-интерфейс.

В пакетах *Ethernet* в качестве данных передаются пакеты протокола более высокого уровня – *IP* (*Internet Protocol*). В свою очередь протокол *TCP* (*Transmission Control Protocol*) использует в качестве транспорта *IP*-протокол. На рисунке Б.1 показан стек (иерархия) используемых протоколов.

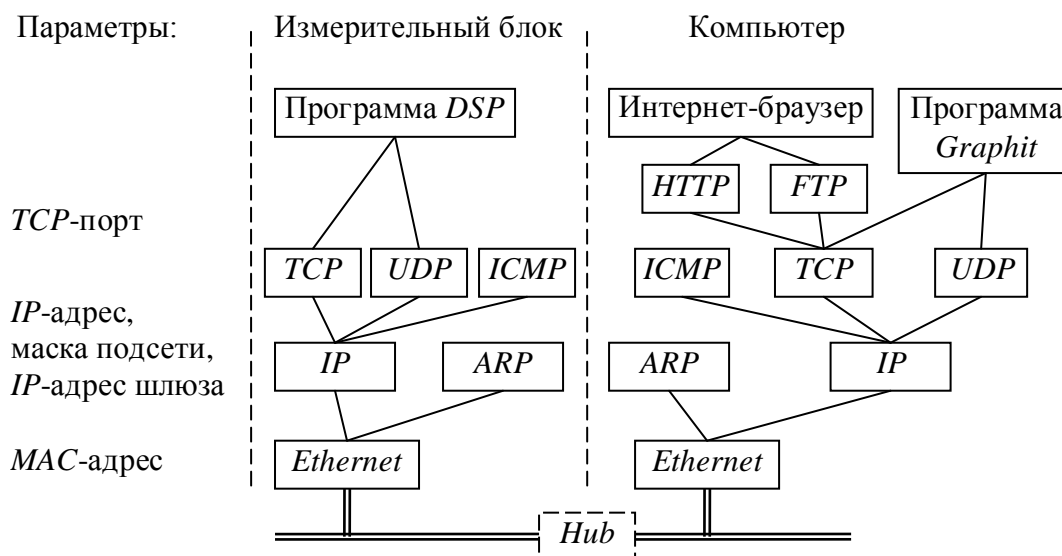


Рисунок Б.1 – Используемые протоколы

ARP (*Address Resolution Protocol*) обеспечивает перевод *IP*-адресов в *MAC*-адреса, для чего заполняет *ARP*-таблицу соответствий *IP*-адресов *MAC*-адресам. *ICMP* (*Internet Control Message Protocol*) предназначен для диагностики сети, используется утилитой *ping.exe*.

IP-адрес – это 32-разрядное целое число, которое принято записывать побайтно, разделяя точками. Например, 127.0.0.1. Большинство *IP*-адресов уникальны и однозначно адресуют компьютер (точнее, его сетевой адаптер) в сети *Internet*. Биты, составляющие *IP*-адрес, делятся на две группы – некоторое количество старших бит означает номер подсети, а в остальных младших битах содержится номер узла. Число бит, приходящихся на номер подсети, определяет маска подсети. Биты маски подсети, равные 1, соответствуют той части *IP*-адреса, которая содержит номер подсети, а оставшиеся биты *IP*-адреса составляют номер узла, как показано на рисунке Б.2.

<i>IP</i> -адрес:	&	№ подсети	№ узла
Маска:		11111111111111111111111111111111	0000000000
Результат:		№ подсети	0000000000
<i>IP</i> -адрес:	&	№ подсети	№ узла
Инвертированная маска:		00000000000000000000000000000000	1111111111
Результат:		00000000000000000000000000000000 № узла	

Рисунок Б.2 – Выделение номеров подсети и узла

Поразрядное объединение по "И" маски подсети с *IP*-адресом даст номер подсети, а инверсия маски подсети и поразрядное объединение по "И" с *IP*-адресом даст номер узла. Существует ограничение на номер узла – он не должен состоять из всех нулей или из всех единиц. Маску подсети также принято записывать побайтно. Например, маска на рисунке Б.2 записывается как 255.255.252.0.

Компьютеры (узлы), принадлежащие одной подсети, разделяют общую среду передачи или, другими словами, включены в один коммутатор (*Hub* или *Switch*). Впрочем, коммутаторов может быть несколько – подключенных друг к другу. Подсети подключаются друг к другу через маршрутизаторы (шлюзы), которые представляют собой компьютеры с несколькими сетевыми интерфейсами или специальные устройства.

Модуль *IP* – подпрограмма на компьютере или в приборе, получив задание передать пакет, выделяет из *IP*-адреса назначения № подсети, сравнивает его с номером своей подсети. В случае совпадения пакет передаётся непосредственно получателю, иначе пакет передаётся через шлюз.

Для идентификации прибора в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – "Фабричный" или "Пользователя", выбираемых переключателем на задней панели прибора. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения "Фабричных" параметров прибора:

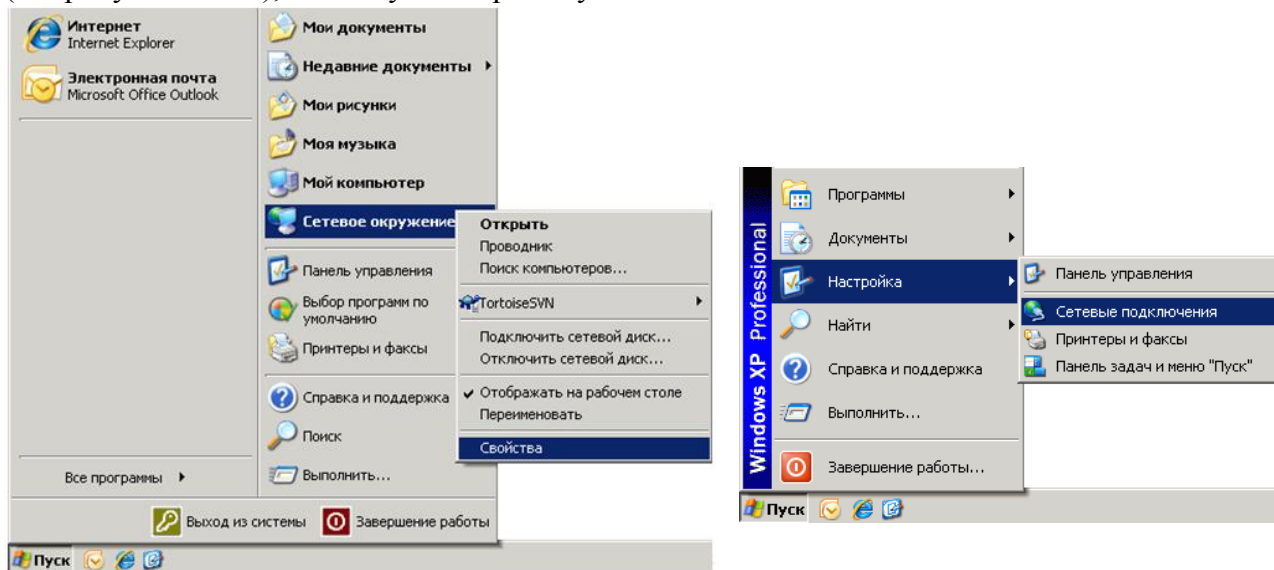
<i>IP</i> -адрес:	169.254.0.254	
Маска подсети:	255.255.0.0	
<i>TCP</i> -порт:	8888	
<i>MAC</i> -адрес:	00.1e.0d.01.xx.xx	
<i>IP</i> -адрес шлюза:	0.0.0.0	
Сетевое имя:	r2m-18-серийный номер	(тип прибора может отличаться)

Приведённые выше параметры обеспечивают прямое подключение прибора к компьютеру без каких-либо настроек, при условии, что параметры *IP*-протокола в компьютере установлены по умолчанию. Под параметрами по умолчанию понимается использование автоконфигурации *IP*-протокола.

Чтобы проверить и при необходимости изменить параметры *IP*-протокола, следует щёлкнуть "мышью" по кнопке "Пуск". Для *Windows XP* в открывшемся меню "Пуск" щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по пункту "Сетевое окружение" и в контекстном меню выбрать пункт "Свойства", как показано на рисунке Б.3-а.

Для *Windows Vista* после щёлчка по кнопке "Пуск" следует щёлкнуть правой кнопкой мыши по пункту "Сеть" и выбрать пункт контекстного меню "Свойства". В открывшемся окне "Центр управления сетями и общим доступом" выбрать задачу "Управление сетевыми подключениями".

Если меню "Пуск" *Windows XP* или *Windows Vista* имеет классический вид (см. рисунок Б.3-б), то следует выбрать пункт "Сетевые подключения".



а) Меню "Пуск" в *Windows XP*

б) Классическое меню "Пуск"

Рисунок Б.3

В появившемся окне "Сетевые подключения" (см. рисунок Б.4) щёлкнуть правой кнопкой "мыши" по пиктограмме "Подключение по локальн..." и выбрать пункт контекстного меню "Свойства".

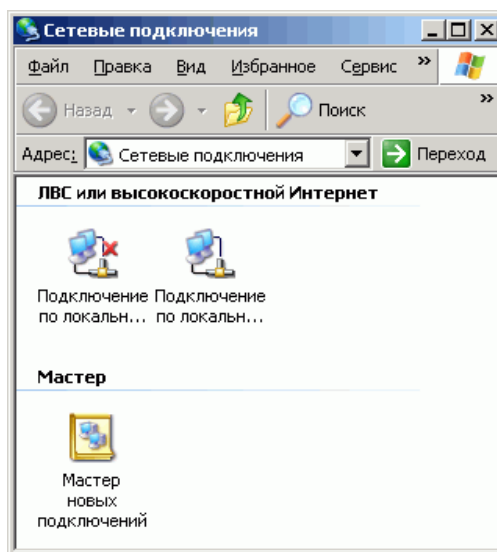


Рисунок Б.4

В открывшемся диалоге (см. рисунок Б.5) выбрать "Протокол Интернета *TCP/IP*" и нажать кнопку "Свойства". По умолчанию пункт "Получить *IP*-адрес автоматически" установлен, что разрешает использование протокола динамической конфигурации *DHCP* (*Dynamic Host Computer Configuration Protocol*). В локальной сети должен быть сервер *DHCP*, который выделяет рабочим станциям *IP*-адреса и сообщает им другие параметры (маску, шлюз и т.п.). Если в сети отсутствует *DHCP*-сервер, *Windows 2000* (и выше) выбирает адрес из диапазона $169.254.0.1 \div 169.254.255.254$. Такая ситуация возникает при прямом соединении измерителя и компьютера. Заданный в "Фабричных" сетевых параметрах *IP*-адрес прибора принадлежит этому же диапазону. В результате компьютер и прибор оказы-

ваются в одной подсети, что является необходимым условием для работы. Следует заметить, при отключении компьютера от локальной сети и подключении к прибору *Windows* требуется около минуты для переконфигурирования *IP*-протокола. Однако *Windows* по ряду причин может не перейти на подсеть 169.254.0.0.

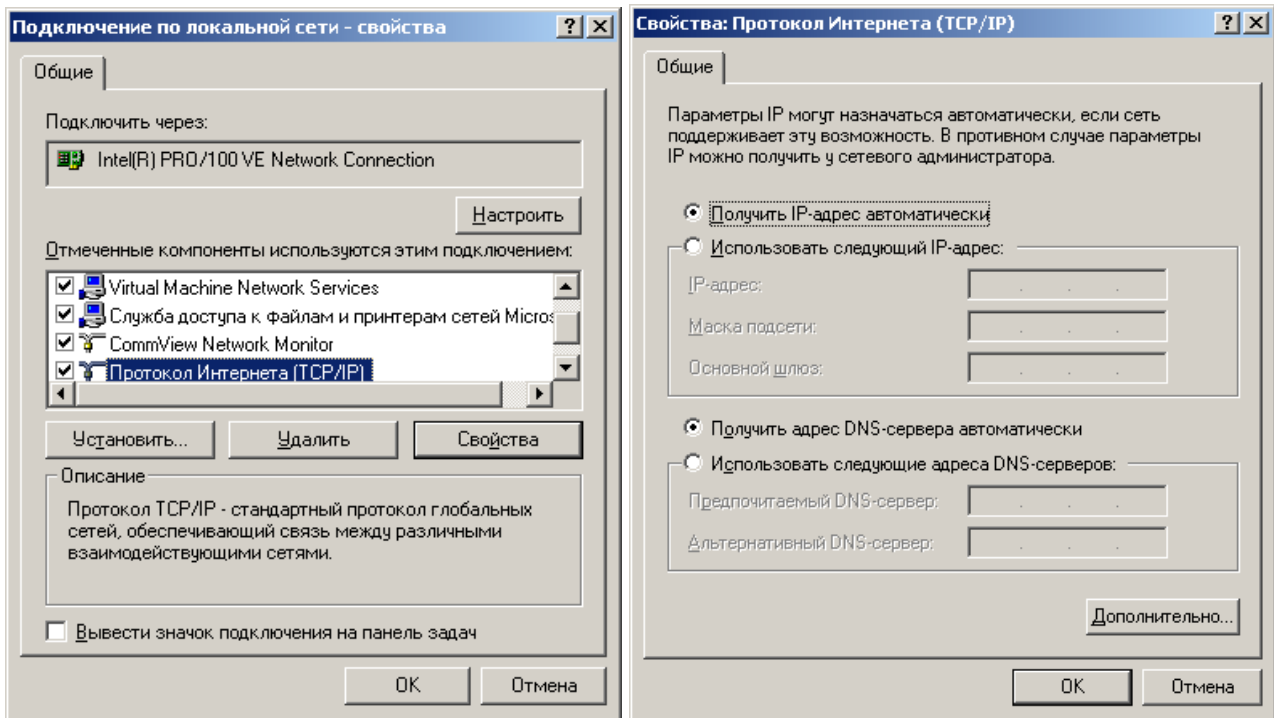


Рисунок Б.5 – Параметры *IP*-протокола

Описанные ниже команды вводятся в командной строке. Чтобы открыть консольное окно "Командная строка", следует выполнить команду **cmd**, введенную в окне "Запуск программы" (см. рисунок Б.6), появляющееся при нажатии комбинации клавиш "**Windows**+**R**".

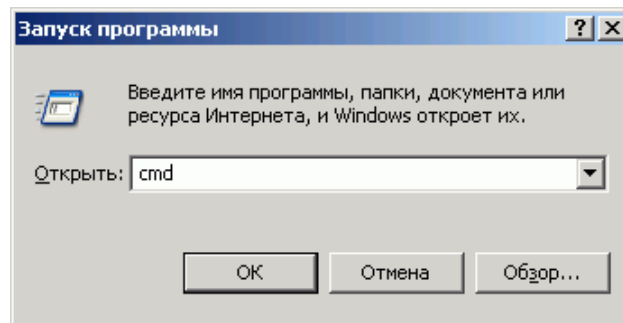


Рисунок Б.6 – Параметры *IP*-протокола

Решение каких-либо проблем, связанных с работой сети, начинается с проверки работы самого низкого уровня – уровня *IP*-протокола. Текущие настройки *IP*-протокола можно видеть при помощи команды **ipconfig**:

```
C:\>ipconfig
```

```
Настройка протокола IP для Windows
```

```
Подключение по локальной сети - Ethernet адаптер:
```

```
IP-адрес . . . . . : 192.168.118.21
Маска подсети. . . . . : 255.255.255.0
```

Основной шлюз : 192.168.118.1

Расширенный вариант команды **ipconfig /all** позволит узнать, включено ли автоматическое конфигурирование – в строке "DHCP разрешен" должно быть "Да". Впрочем, если имеется возможность ручного задания параметров IP-протокола (права администратора), можно обойтись и без DHCP-сервиса.

Команда **ping** (от англ.: *Ping-Pong* – настольный теннис) позволяет послать диагностический пакет на удалённую машину (в нашем случае – прибор), которая должна ответить тем же. Например:

```
C:\>ping 169.254.0.254
Обмен пакетами с 169.254.0.254 по 32 байт:
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
Ответ от 169.254.0.254: число байт=32 время<10мс TTL=64
```

Иногда полезно добавить ключ **-t**, чтобы диагностика велась непрерывно.

Если прибор ответил на команду **ping**, то с настройками сетевых параметров всё в порядке. В редких случаях ответ на команду **ping** может вернуть не прибор, а другое устройство в локальной сети, занявшее IP-адрес. Для проверки достаточно выключить прибор и повторить команду **ping**.

Команда **arp** выводит ARP-таблицу, из которой видны MAC-адреса интерфейсов, с которыми осуществлялся обмен последние несколько минут. Например:

```
C:\>arp -a

Интерфейс: 192.168.118.21 on Interface 0x3
    Адрес IP          Физический адрес      Тип
    192.168.118.1     00-04-76-18-9d-b7     динамический
    192.168.118.232   00-1e-0d-01-00-4f     динамический
```

MAC-адреса приборов, производимых в НПФ Микран, начинаются с чисел 00-1e-0d-01. Из приведённого выше примера видно, что IP-адрес 192.168.1.232 принадлежит измерительному блоку.

Часто возникает необходимость подключиться к прибору с адресом из другой подсети. При этом нет желания или возможности изменить IP-адреса компьютера и прибора. Для примера рассмотрим следующую ситуацию. Прибор имеет IP-адрес 169.254.0.254 и в основном используется в прямом соединении с ноутбуком. Изредка прибор подключают к локальной сети. Чтобы в этих редких случаях не менять адрес прибора, можно воспользоваться командой **route**, которая позволяет добавить маршрут до некоторой подсети. Синтаксис команды следующий:

```
route add подсеть mask маска_подсети IP_компьютера if номер_интерфейса,
```

где *подсеть* и *маска_подсети* – номер и маска подсети назначения,

IP_компьютера – IP-адрес компьютера, точнее адрес того интерфейса, через который будет выполняться обмен с прибором.

Номер интерфейса и IP-адрес компьютера можно узнать из приведённых выше листингов команд **arp** и **ipconfig**. Так для интерфейса 0x3 и IP-адреса компьютера 192.168.118.21 команда добавления маршрута до подсети 169.254.0.0 должна иметь вид:


```
route add 169.254.0.0 mask 255.255.0.0 192.168.118.21 if 0x3
```

Чтобы увидеть запись о добавленном маршруте, можно распечатать таблицу маршрутов командой **route** с аргументом **print** (добавленный маршрут выделен полужирным шрифтом):

```
C:\>route print
=====
Список интерфейсов
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x3 ...00 d0 b7 b1 27 7d ..... Intel(R) PRO/100+ LAN Adapter
=====
Активные маршруты:
Сетевой адрес      Маска сети      Адрес шлюза      Интерфейс      Метрика
      0.0.0.0      0.0.0.0      192.168.118.1  192.168.118.21  1
      127.0.0.0      255.0.0.0      127.0.0.1      127.0.0.1      1
      169.254.0.0    255.255.0.0 192.168.118.21 192.168.118.21 1
      192.168.118.0  255.255.255.0  192.168.118.21  192.168.118.21  1
      192.168.118.21 255.255.255.255 127.0.0.1      127.0.0.1      1
      192.168.118.255 255.255.255.255 192.168.118.21  192.168.118.21  1
      224.0.0.0      224.0.0.0      192.168.118.21  192.168.118.21  1
      255.255.255.255 255.255.255.255 192.168.118.21  192.168.118.21  1
Основной шлюз: 192.168.118.1
=====
Постоянные маршруты:
Отсутствует
```

Чтобы удалить маршрут, следует выполнить команду:

```
route delete 169.254.0.0
```

Впрочем, маршрут исчезнет после перезагрузки компьютера.

Если в команду добавления маршрута добавить ключ **-p**, то маршрут станет постоянным и не будет сбрасываться после выключения прибора или компьютера.

Приведённое выше описание команд не претендует на полноту, оно содержит лишь необходимый минимум. При желании узнать больше об управлении сетевыми параметрами компьютера, можно воспользоваться справочной системой *Windows* или прочитать в соответствующей литературе.

ЖНКЮ.468166.006 РЭ Руководство по эксплуатации Часть I. Общие сведения

ЖНКЮ.468166.006 РЭ1 Руководство по эксплуатации Часть II. Программное обеспечение

Анализатор цепей векторный Р4М-18 выпускается по техническим условиям ЖНКЮ.468166.006 ТУ.

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения анализатора цепей векторного Р4М-18 (далее – измеритель).

Руководство по эксплуатации состоит из трех частей.

- Часть I. Общие сведения;
- Часть II. Программное обеспечение;
- Часть III. Использование по назначению.

В первой части содержатся общие сведения об измерителе, приведены условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Во второй части приведена инструкция по установке и настройке программного обеспечения, дано описание программы.

В третьей части приведена информация по работе с измерителем, методики калибровки, порядок проведения измерений.

Перед началом эксплуатации измерителя необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию измерителя 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!**

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации измерителя, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

Руководство по эксплуатации

Часть III. Использование по назначению

1 Нормативные ссылки

В настоящем руководстве по эксплуатации 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

В настоящем руководстве по эксплуатации использованы следующие сокращения и определения:

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика.

ИПР – измеритель присоединительных размеров.

ИУ – исследуемое устройство.

КЗ – короткое замыкание.

ПО – программное обеспечение.

РЭ – руководство по эксплуатации.

СЧ – синтезатор частот.

ХХ – холостой ход.

Измерительный блок – измеритель без комплекта принадлежностей и ПК.

Механические повреждения – глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центральных или внешних проводников соединителей измерителя и комплекта его принадлежностей, вмятины на корпусах, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики измерителя. Механические повреждения являются следствием неправильной транспортировки, хранения или эксплуатации.

Набор калибровочных мер – элементы СВЧ тракта, необходимые для выполнения векторной калибровки измерителя.

Пользователь (потребитель) – физическое лицо, допущенное к эксплуатации измерителя и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

Посторонние частицы – грязь, пыль, металлическая стружка, кусочки ваты, а также другие предметы, не являющиеся элементами конструкции соединителя.

Предприятие-изготовитель – научно-производственная фирма Микран.

Рабочие поверхности центральных проводников – поверхности центральных проводников, осуществляющие электрический контакт при соединении соединителей..

Размах показаний – наибольшая разность между отдельными повторными показаниями измерителя, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

Ремонт – комплекс операции по восстановлению исправности или работоспособности измерителя или его составных частей.

Соединитель – электротехническое устройство, предназначенное для механического

соединения (разъединения) электрических цепей, состоящего из 2 частей (вилки и розетки), образующих разъёмное контактное соединение. Соединитель является частью нагрузки, перехода, кабеля СВЧ или другого устройства, которой это устройство сочленяется с соединителем другого устройства.

3 Общие указания

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

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

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

Проведение типовых операций (визуальный контроль, сочленение, расчленение и др.) следует проводить, пользуясь указаниями, изложенными в разделе 5 настоящего РЭ, чтобы избежать поломки измерителя, его соединителей и соединителей подключаемых к нему устройств, а также выявить дефекты измерителя, влияющие на его метрологические характеристики.

Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней измерителя, требуемого комплекта принадлежностей и ИУ.

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

Для управления измерителем служит ПО Graphit, функционирующее в соответствии алгоритму, определённой схемой измерений Р4М.gsz (программный комплекс Р4М ЖНКЮ.02009.00).

Порядок использования измерителя предполагает 2 этапа:

а) калибровка, в ходе которой к измерителю подключаются устройства с известными параметрами – меры. По результатам измерений оцениваются характеристики измерительного тракта и влияние подключенных к измерителю кабельных сборок, переходов и т.п.

б) измерение параметров ИУ, в ходе которого выполняется коррекция измеренных величин с учётом данных калибровки.

Выбор вида калибровки и порядок ее проведение следует осуществлять в соответствии с указаниями, изложенными в разделе 6.

Подключение и измерение параметров ИУ следует проводить в соответствии с указаниями, изложенными в разделе 7.

В приложении А рассмотрены источники погрешности измерений и методы их компенсации.

4 Требования безопасности

При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при

эксплуатации электроустановок потребителей».

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

При проведении всех видов работ с измерителем обязательно использование антистатического браслета, подключенного к шине защитного заземления.

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ ETHERNET И КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.

5 Типовые операции

5.1 Визуальный контроль

Цель проведения визуального контроля – выявление видимых дефектов измерителя и (или) подключаемых к нему устройств.

Визуальный контроль проводить в следующей последовательности:

а) сверить заводские номера измерителя и наборов калибровочных мер и кабелей СВЧ из состава измерителя, с номерами, указанными в формуляре. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с измерителем запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

б) проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, отсутствие следов вскрытия измерительного блока, проверить целостность кабелей питания и Ethernet. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с измерителем запрещается, оформляется акт несоответствия, проводится выяснение и устранение причин несоответствия;

в) провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей измерительного блока, кабельных сборок, измерительных переходов и мер из состава набора калибровочных мер. При обнаружении посторонних частиц провести чистку их соединителей;

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 измерителю, мерам из наборов калибровочных мер и кабелям СВЧ из состава измерителя. При обнаружении посторонних частиц провести чистку соединителей.

ВНИМАНИЕ! ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПО В) И Г) СЛЕДУЕТ ПРОВОДИТЬ ПРИ КАЖДОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ.

5.2 Чистка соединителей

5.2.1 Чистка соединителей типов 3,5 мм и IX вариант 3

Чистку соединителей проводить в указанной далее последовательности:

а) протереть поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунке 1 палочкой с ватыным тампоном, смоченным в спирте;

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МЕТАЛИЧЕСКИЕ ПРЕДМЕТЫ ДЛЯ ЧИСТКИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.

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

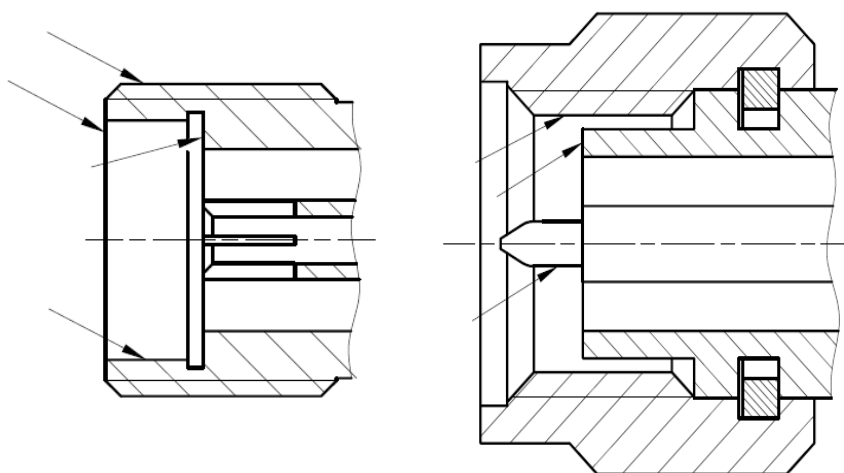


Рисунок 1 – Очищаемые поверхности

ВНИМАНИЕ! НЕ ДОПУСКАЕТСЯ 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.

5.2.2 Чистка соединителей типов N и III

Чистку соединителей проводить в указанной далее последовательности:

а) протереть поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунке 2, палочкой с ватыным тампоном, смоченным в спирте;

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРИМЕНЯТЬ МЕТАЛИЧЕСКИЕ ПРЕДМЕТЫ ДЛЯ ЧИСТКИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТОВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.

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

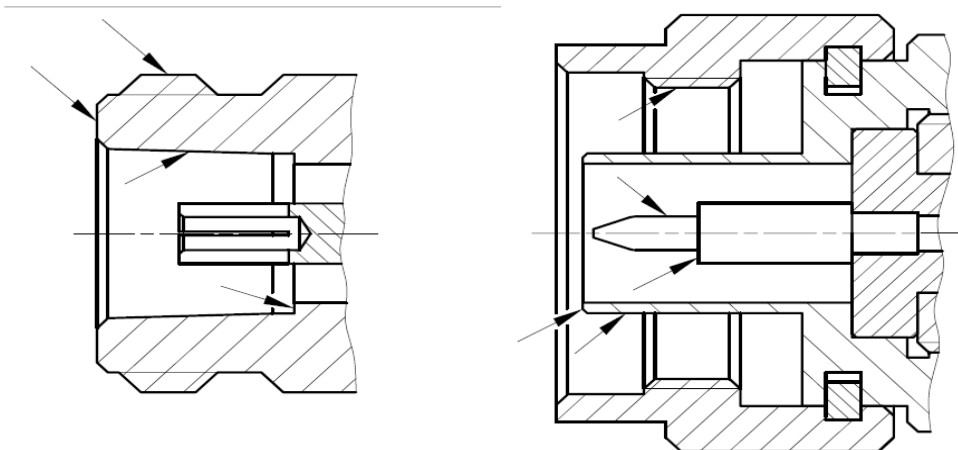


Рисунок 2 – Очищаемые поверхности

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.

5.3 Проверка присоединительных размеров «А» с помощью КИПР-3,5 и КИПР-7

5.3.1 Общие указания

Для измерений присоединительных размеров «А» соединителей типов IX вариант 3, 3,5 мм, N и III по ГОСТ РВ 51914 используют комплекты измерителей присоединительных размеров КИПР-3,5 (для соединителей типов IX и 3,5 мм) и КИПР-7 (для соединителей типов N и III).

При измерении присоединительных размеров с помощью другого оборудования методика проведения измерений может отличаться от приведенной ниже.

Периодичность проведения проверки присоединительных размеров устройств определяется интенсивностью их использования, но не реже одного раза на каждые 50 подключений.

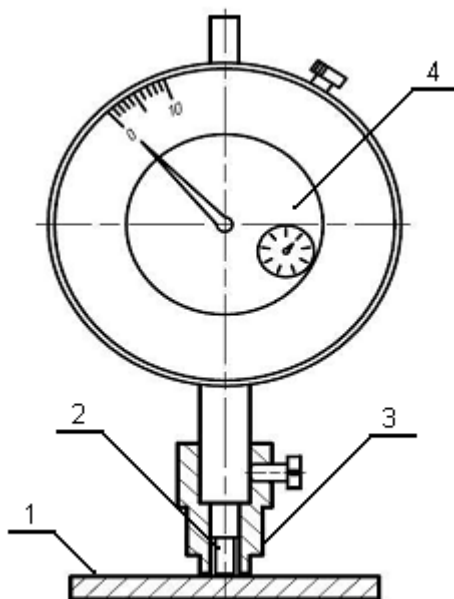
Перед проведением измерений с помощью КИПР-3,5 и КИПР-7 необходимо провести калибровку или установку нуля. В результате проведения этой операции фиксируется «нулевой» уровень, от которого при измерениях будут проводиться отсчеты измеряемых размеров.

5.3.2 Установка нуля измерителя присоединительных размеров

Установка нуля проводится с помощью планки, входящей в комплект КИПР-3,5 и КИПР-7 и используемого измерителя присоединительных размеров. Установка нуля прово-

дится в указанной далее последовательности:

- установить ИПР на планку 1 для совмещения плоскости торца втулки 3 и контактной поверхности измерительного наконечника 2, как показано на рисунке 3;



1- планка; 2 - измерительный наконечник; 3 – втулка; 4 – индикатор

Рисунок 3 – Установка нуля измерителя присоединительных размеров

- совместить нулевую отметку поворотной шкалы индикатора 4 (рисунок 3) с положением большой стрелки, зафиксировать «нулевое» положение (отметить положение стрелки малой шкалы индикатора);

- 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.

5.3.3 Проверка размера «А» соединителя «розетка» типов IX вариант 3 и 3,5 мм

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

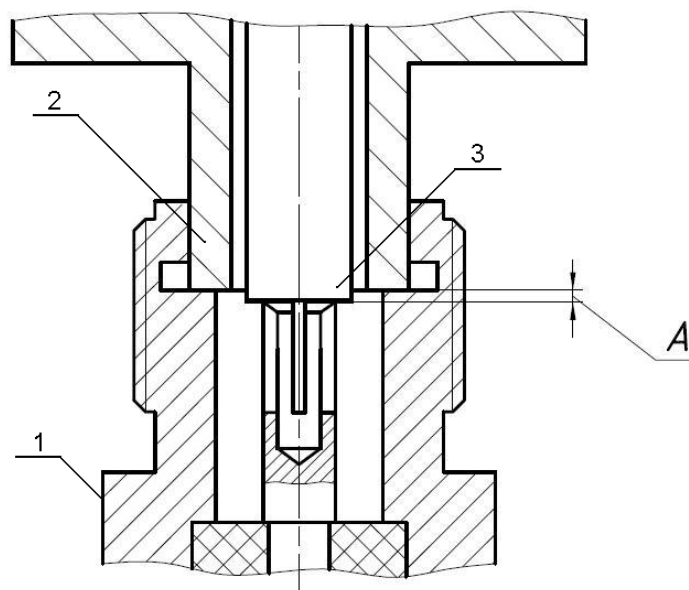
Перед проведением измерений необходимо провести установку нуля (5.3.2). Измерение присоединительного размера «А» проводить в указанной далее последовательности:

а) взять устройство с проверяемым соединителем 1, аккуратно ввести в него измеритель, как показано на рисунке 4, при этом втулка 2 должна войти во внешний проводник соединителя, торец втулки должен плотно, без перекосов соприкасаться с опорной плоскостью внешнего проводника, контактная поверхность измерительного наконечника 3 с плоскостью центрального проводника;

б) за результат измерений считать отклонение стрелок от нулевого положения;

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

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



1- устройство с проверяемым соединителем; 2 - втулка; 3 – измерительный наконечник

Рисунок 4 – Проверка присоединительного размера «А» соединителя «розетка» типов IX вариант 3 и 3,5 мм

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

д) если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за действительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.

5.3.4 Проверка размера «А» соединителя «вилка» типов IX вариант 3 и 3,5 мм

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

Перед проведением измерений необходимо провести установку нуля (5.3.2). Измерение присоединительного размера «А» проводить в указанной далее последовательности:

а) взять устройство с проверяемым соединителем 1, аккуратно ввести в него измеритель, как показано на рисунке 5. При этом центральный проводник соединителя должен войти в отверстие измерительного наконечника 3, контактная поверхность измерительного наконечника должна соприкасаться с плоскостью центрального проводника, торец втулки 2 с опорной плоскостью внешнего проводника. Соединение торца втулки 2 с опорной плоскостью внешнего проводника должно быть плотным, без перекосов;

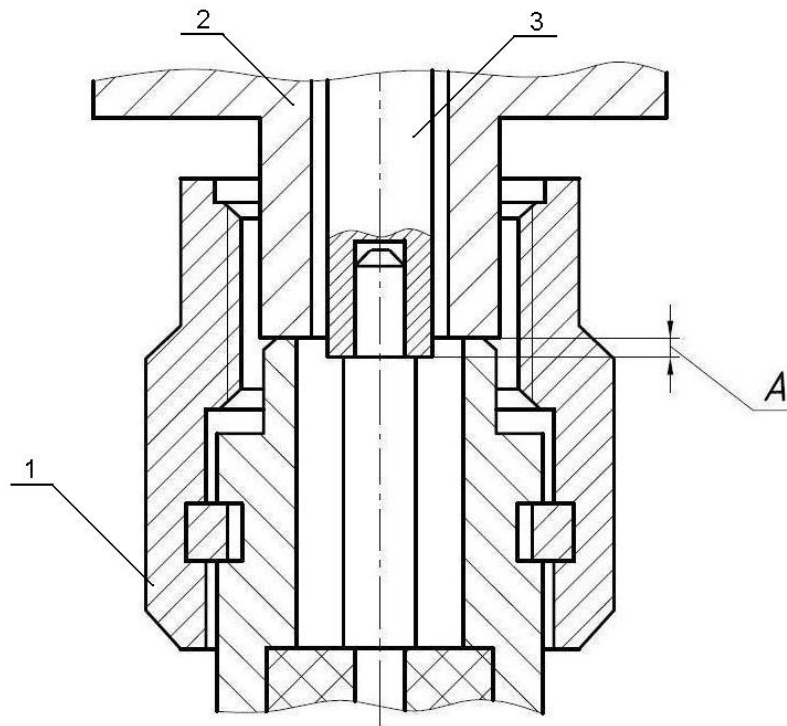
б) за результат измерений считать отклонение стрелок от нулевого положения;

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

г) 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.

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



1- устройство с проверяемым соединителем; 2 - втулка; 3 – измерительный наконечник

Рисунок 5 – Проверка присоединительного размера «А» соединителя «вилка»

5.3.5 Проверка размера «А» соединителя «розетка» типов N и III

Проверка присоединительного размера «А» соединителей типов N и III, «розетка» проводится с помощью измерителя присоединительных размеров «ИПР-7-розетка».

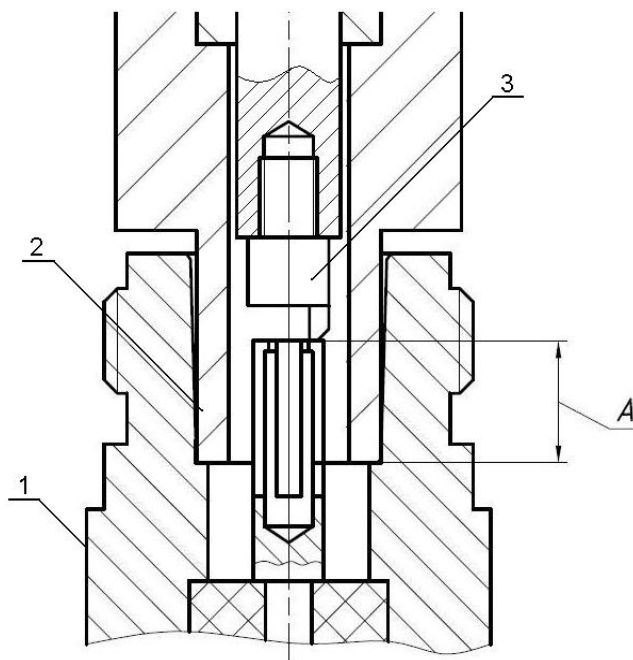
Перед проведением измерений необходимо провести установку нуля (5.3.2). Измерение присоединительного размера «А» проводить в указанной далее последовательности:

а) взять устройство с проверяемым соединителем 1, ввести в него «ИПР-7-розетка», как показано на рисунке 6. При этом втулка 2 должна войти во внешний проводник соединителя, торец втулки должен плотно, без перекосов соприкоснуться с плоскостью внешнего проводника, контактная поверхность измерительного наконечника 3 с опорной плоскостью центрального проводника;

б) за результат измерений считать отклонение стрелок от «нулевого» положения, установленного при калибровке;

в) повторить операции а) и б) несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая ИПР на угол, приблизительно равный 120°;

г) если хотя бы один результат выходит за пределы заданного поля допуска, указанного в ГОСТ РВ 51914, то проверяемый соединитель считать непригодным;



1 - устройство с проверяемым соединителем; 2 - втулка; 3 – измерительный наконечник

Рисунок 6 – Проверка размера «А» соединителя «розетка»

Примечание – В случае, если результат одного измерения отличается от других более чем на 0,1 мм, провести повторные измерения.

д) если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за действительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.

5.3.6 Проверка размера «А» соединителя «вилка» типов N и III

Проверка присоединительного размера «А» соединителей типов N и III, «вилка» проводится с помощью измерителя присоединительных размеров «ИПР-7-вилка».

Перед проведением измерений необходимо провести установку нуля (5.3.2). Измерение присоединительного размера «А» проводить в указанной далее последовательности:

а) взять устройство с проверяемым соединителем 1, ввести в него «ИПР-7-вилка», как показано на рисунке 7. При этом центральный проводник соединителя «вилка» должен войти в отверстие измерительного наконечника 3, контактная поверхность измерительного наконечника должна соприкоснуться с плоскостью центрального проводника, торец втулки 2 с опорной плоскостью внешнего проводника. Сочленение торца втулки 2 с опорной плоскостью внешнего проводника должно быть плотным, без перекосов;

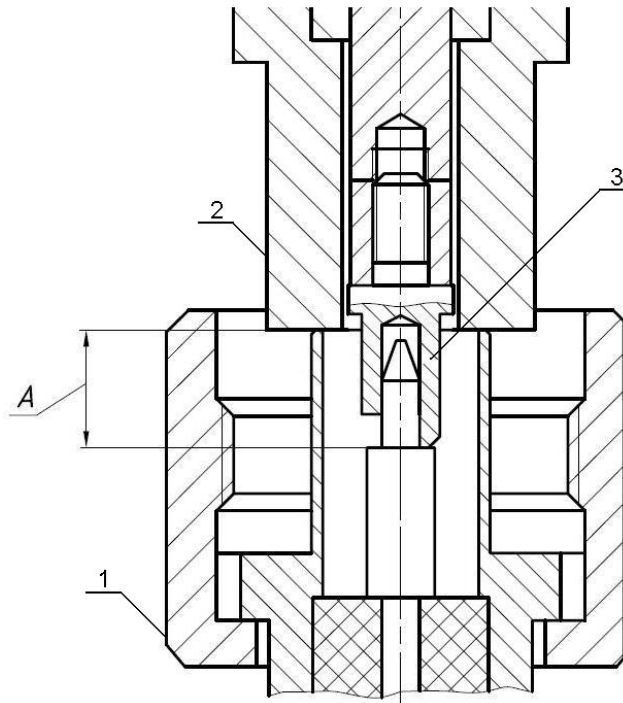
б) за результат измерений считать отклонение стрелок от «нулевого» положения, установленного при калибровке;

в) повторить операции а), б) несколько раз (не менее трех), каждый раз поворачивая ИПР на угол, приблизительно равный 120°;

г) если хотя бы один результат выходит за пределы заданного поля допуска, указанного в ГОСТ РВ 51914, то проверяемый соединитель считать непригодным;

Примечание – В случае, если результат одного измерения отличается от других более чем на 0,1 мм, провести повторные измерения.

д) если все измеренные значения находятся в пределах допуска, то за действительное значение проверяемого размера принять среднеарифметическое значение из всех измеренных.



1 - устройство с проверяемым соединителем; 2 - втулка; 3 – измерительный наконечник

Рисунок 7 – Проверка размера «А» соединителя «вилка»

5.4 Сочленение и расчленение соединителей «вилка» и «розетка»

5.4.1 Общие указания

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 НЕСООТВЕТСТВИЯ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ.

НЕВЫПОЛНЕНИЕ ЭТИХ ДЕЙСТВИЙ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ СОЕДИНИТЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ.

При сочленении необходимо зафиксировать корпус одного из подключаемых устройств. Это необходимо для исключения его смещения при сочленении.

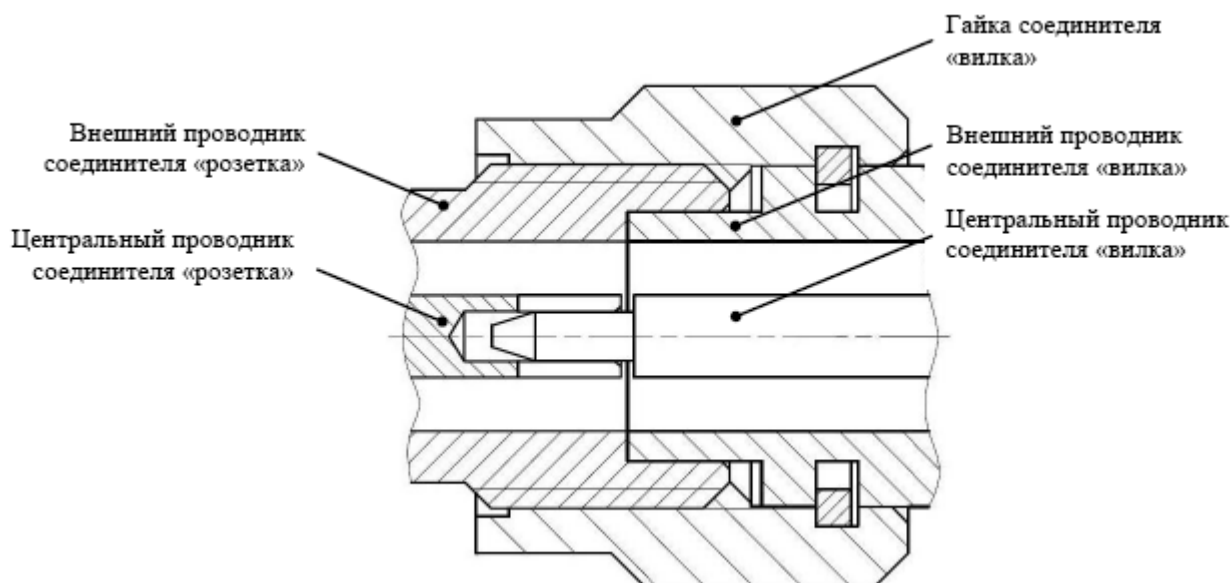
Устройство, фиксация которого обеспечена, будем называть зафиксированным или устройством, к которому проводится подключение. Устройство, которое не зафиксировано – подключаемым (отключаемым) устройством.

5.4.2 Сочленение соединителей типов IX вариант 3 и 3,5 мм

Сочленение проводить в указанной далее последовательности:

- 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 соприкоснуться, как показано на рисунке 8;

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 8 – Соединение соединителей типов 3,5 мм и IX вариант

в) с помощью ключа с калиброванным усилием затянуть гайку соединителя «вилка», при этом удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного (поддерживающего ключа), предохраняя его от проворачивания. Окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводить, удерживая ключ за канавку на конце ручки в месте, указанном стрелкой на рисунке 9. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.

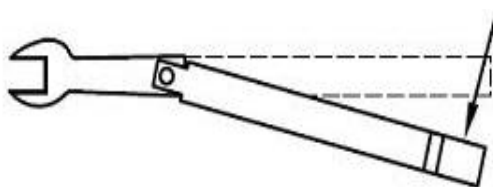


Рисунок 9 – Допускаемый излом ключа

Примечание – Излома ручки ключа, изображенного на рисунке 9, достаточно для достижения усилия затягивания $(0,9 \pm 0,1)$ Н·м.

ВНИМАНИЕ! НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ЗАТЯГИВАНИЕ ДО ИЗЛОМА КЛЮЧА, ИЗОБРАЖЕННОГО НА РИСУНКЕ 10. ПРЕВЫШЕНИЕ УСИЛИЯ ЗАТЯГИВАНИЯ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ.

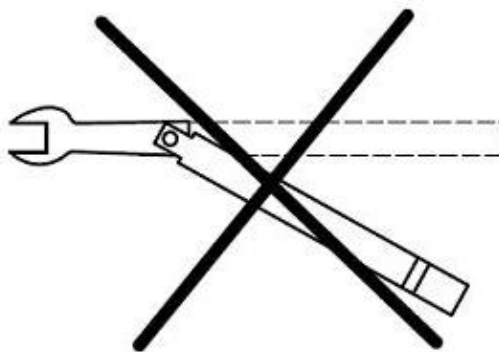


Рисунок 10 – Недопустимый излом ключа

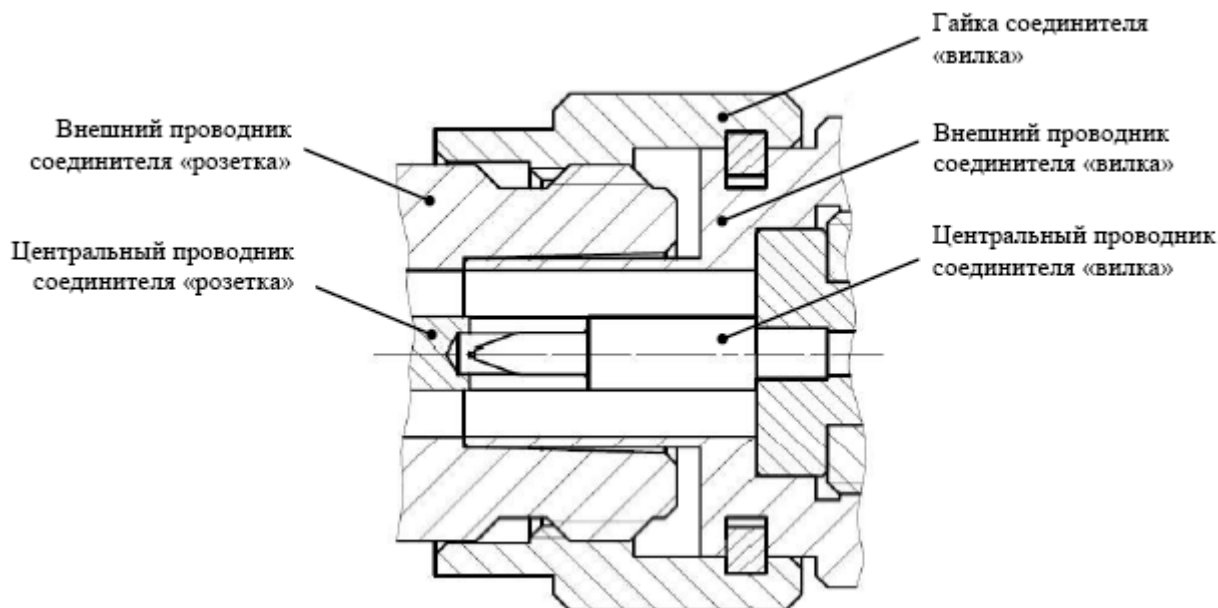
5.4.3 Сочленение соединителей типов N и III

Сочленение проводить в указанной далее последовательности:

- а) аккуратно совместить соединители сочленяемых устройств;
- б) удерживая подключаемое устройство, руками накрутить гайку соединителя «вилка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкасаться, как показано на рисунке 11;

ВНИМАНИЕ! СОЧЛЕНЕНИЕ 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 11 – Сочленение соединителей типов III или N

в) затянуть с помощью тарированного ключа гайку соединителя «вилка», при этом следует 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 12. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.

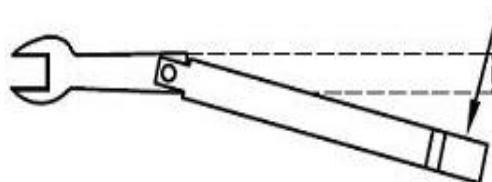


Рисунок 12 – Допустимый излом ключа

Примечание – Излом ручки ключа, изображенный на рисунке 12, достаточен для достижения требуемого усилия затягивания.

ВНИМАНИЕ! НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ЗАТЯГИВАНИЕ ДО ИЗЛОМА КЛЮЧА, ИЗОБРАЖЕННОГО НА РИСУНКЕ 13.

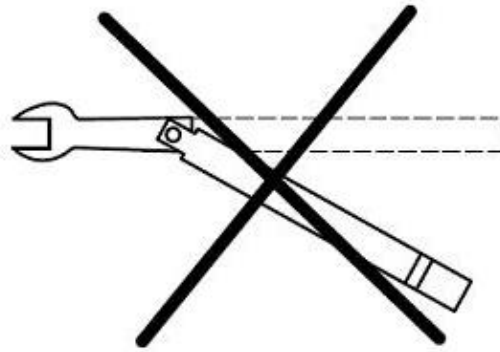


Рисунок 13 – Недопустимый излом ключа

5.4.4 Расчленение соединителей

Расчленение соединителей проводится в последовательности обратной сочленению.

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.

Расчленение соединителей проводить в указанной далее последовательности:

- 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.

5.5 Установка измерителя на рабочее место

Перед установкой измерителя на рабочее место необходимо убедиться, что на рабочем месте выполнены требования 3 и 4 настоящего РЭ, относящиеся к рабочему месту.

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

Устройства, подключаемые к измерителю, должны располагаться на рабочей поверхности стола или непосредственно над ней.

ВНИМАНИЕ! НЕ ДОПУСКАЮТСЯ ЧРЕЗМЕРНЫЕ ПЕРЕГИБЫ КАБЕЛЕЙ ПИТАНИЯ И ETHERNET.

5.6 Подготовка измерителя к работе

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

Провести визуальный контроль по 5.1.

Провести проверку присоединительных размеров измерителя, мер и переходов из наборов калибровочных мер и кабелей СВЧ из комплекта измерителя, а также устройств, которые к ним будут подключаться.

5.7 Включение измерителя

Включение измерителя проводится в следующей последовательности:

- а) включить компьютер;
- б) установить программное обеспечение, если оно не было ранее установлено (см. РЭ часть II);
- в) убедиться, что переключатель ВКЛ измерителя находится в выключенном положении;
- г) соединить клемму « \perp » на задней панели измерителя с шиной защитного заземления;
- д) соединить измеритель и компьютер с помощью кабеля *Ethernet*;
- е) подключить измеритель к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- ж) установить переключатель ВКЛ в положение включено «I», не более чем через 1 минуту должны начать светиться индикаторы состояния переключателя электропитания ВКЛ и «a2» на передней панели измерителя;
- з) запустить ПО и подключиться к измерителю (см. РЭ часть II);
- и) выдержать измеритель в течение времени установления рабочего режима.

5.8 Выключение измерителя

Выключение измерителя проводится в следующей последовательности:

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

6 Калибровка

6.1 Порядок использования наборов калибровочных мер

В процессе калибровки к портам измерителя подключаются устройства с известными параметрами – калибровочные меры отражения и передачи. Сравнивая известные и измеренные параметры калибровочных мер, ПО Graphit вычисляет факторы ошибок (см. приложение А), которые будут использоваться для коррекции измерений.

Для калибровки измерителя используют наборы калибровочных мер из комплекта измерителя:

набор калибровочных мер НКММ-03-03Р (тип IX вариант 3);

набор калибровочных мер НКММ-13-13Р (тип 3,5 мм);

набор калибровочных мер НКММ-01-01Р (тип III);

набор калибровочных мер НКММ-11-11Р (тип N).

В наборы калибровочных мер входят переходы с соединителями соответствующим портам измерителя с одной стороны и соединителями требуемого типа с другой. В качестве мер отражения используются нагрузки холостого хода, короткозамкнутые и согласованные. Характеристики калибровочных мер содержатся в файле на компакт-диске из состава набора калибровочных мер.

Какие нагрузки лучше использовать – согласованные или рассогласованные?

Погрешности измерений в основном определяются точностью параметров калибровочных мер. Поэтому лучше те нагрузки, параметры которых более точно заданы.

Хорошая согласованная нагрузка отражает порядка минус 40 дБ (0,01 в линейном масштабе), а в расчётах коэффициент отражения принимается равным 0. Таким образом, ошибка описания согласованной нагрузки составляет $\pm 0,01$.

Параметры нагрузок, изготавливаемых в НПФ "Микран", измеряются с помощью эталонного векторного анализатора цепей. Который после TRL-калибровки измеряет коэффициент отражения от рассогласованной нагрузки $\sim 0,2$ с погрешностью не хуже $\pm 0,005$.

Характеристики калибровочных мер содержатся в файле описания набора, который необходимо выбрать перед использованием набора. После выбора пункта меню "Калибровка \ Список калибровочных наборов..." (рисунок 14) появляется диалоговое окно управления наборами калибровочных мер (рисунок 15).

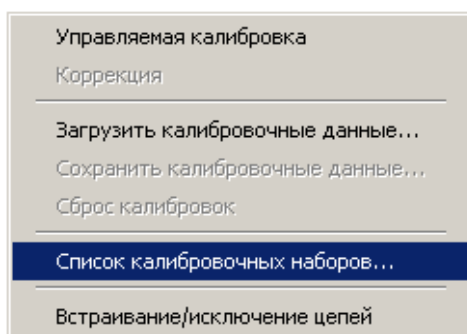


Рисунок 14 – Меню калибровки

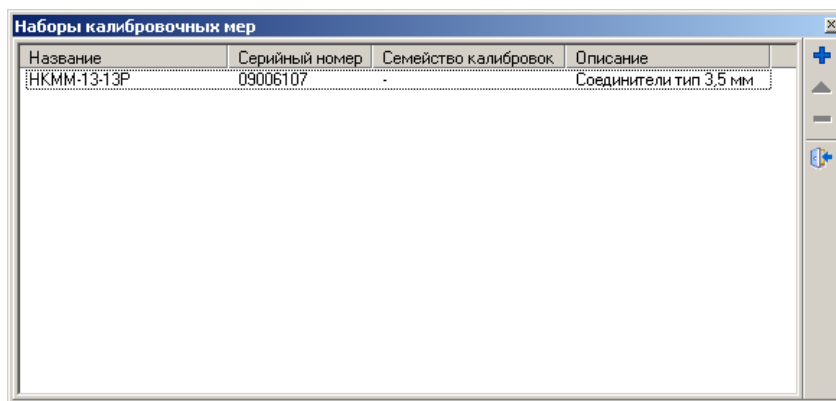


Рисунок 15 – Управление наборами калибровочных мер

В центральной части диалогового окна управления наборами калибровочными наборами перечислены доступные калибровочные наборы. Нажатие кнопки "+" в правой части открывает стандартное диалоговое окно открытия файла, с помощью которого можно добавить файл описания требуемого набора в список доступных наборов. Двойной щелчок "мышью" по строке в списке наборов или нажатие кнопки "▲" загружает редактор калибровочных наборов. Кнопка "-" удаляет набор из списка доступных. Кнопка с дверкой закрывает диалоговое окно.

В приложении Б рассмотрены редактор файла описания характеристик мер из набора калибровочных мер, используемые модели калибровочных мер, способы описания.

6.2 Выбор вида калибровки

6.2.1 Общие сведения о видах калибровок

Погрешности измерений обусловлены шумами, помехами и неидеальностью аппаратуры. Значительная часть неидеальностей аппаратуры постоянна во времени и проявляется в виде систематических составляющих в результатах измерений. Для их компенсации используется модель, включающая 12 параметров (факторов ошибок), которые вычисляются в процессе калибровки.

Предусмотрены следующие виды калибровок:

Нормировка частотной неравномерности

- нормировка тракта отражения
- нормировка тракта передачи (на проход)

Однопортовая векторная калибровка

- в прямом направлении (для измерения S_{11})
- в обратном направлении (для измерения S_{22})

Двухпортовая векторная калибровка

- в прямом направлении (для измерения S_{11}, S_{21})
- в обратном направлении (для измерения S_{22}, S_{12})
- полная двухпортовая в обоих направлениях (для измерения $S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22}$)

Нормировка – простейший вид калибровки и коррекции. В ходе калибровки запоминается последовательность, характеризующая частотную неравномерность тракта передачи или тракта отражения. Коррекция заключается в делении измеренных величин на значения, запомненные при калибровке.

Однопортовая векторная калибровка применяется перед измерением отражения от

однопортовых устройств. При измерении устройств, подключенных к обоим портам измерителя, однопортовая калибровка компенсирует часть факторов ошибок, поэтому измерения не столь точны, как при использовании полной двухпортовой калибровки.

Двухпортовая векторная калибровка в одном направлении представляет собой комбинацию однопортовой векторной калибровки и нормировки. Измерение отражения не отличается от измерений при однопортовой калибровке – компенсируются те же факторы ошибок. При измерении коэффициента передачи компенсируются следующие факторы ошибок: неравномерность тракта передачи (как при нормировке), рассогласование источника и изоляция между портами.

Полная двухпортовая векторная калибровка в обоих направлениях компенсирует 10 факторов ошибок (исключая изоляцию) или все 12. Коррекция результатов измерения после полной двухпортовой калибровки требует поочередного зондирования в прямом и обратном направлениях, поэтому измерения могут выполняться вдвое медленнее, чем в других вариантах калибровки.

Очевидно, что чем больше компенсируется факторов ошибок, тем выше точность измерений. При этом нельзя забывать, что оценка факторов также выполняется с некоторой погрешностью, которая в свою очередь зависит от качества калибровочных мер.

Для отдельных S-параметров могут применяться калибровочные данные разного вида, если они не противоречат друг другу. Например, для измерения S_{11} и S_{21} может использоваться двухпортовая векторная калибровка в прямом направлении и одновременно с этим для измерения S_{22} и S_{12} может применяться нормирование.

6.2.2 Порядок выбора вида калибровки

Процесс калибровки начинается с выбора пункта меню "Калибровка \ Управляемая калибровка" (рисунок 16).

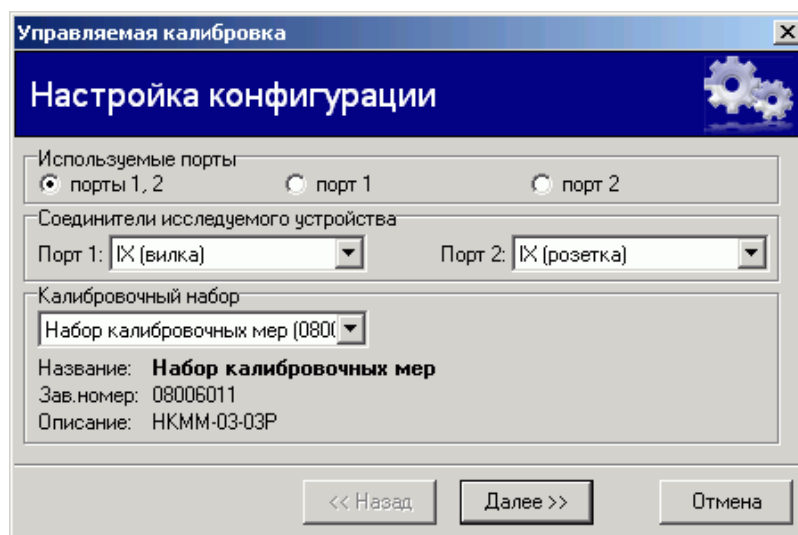


Рисунок 16 – Первый шаг мастера управляемой калибровки

Радио-кнопки в группе "Используемые порты" задают используемые при калибровке и измерении порты измерителя. Если выбран один из портов – "порт 1" или "порт 2", то измеряться будет только отражение от ИУ, подключенного к порту 1 или 2. Если выбрана радио-кнопка "порты 1, 2", то измеряться могут как отражение от ИУ, так и передача через него.

В группе "Соединители исследуемого устройства" в полях со списком выбираются

типы соединителей: IX, III, N, 3,5/SMA розетка или вилка. В списке доступных типов соединителей отображаются только соединители, используемые в файлах описания наборов калибровочных мер (см. 6.1).

Поле со списком в группе "Калибровочный набор" мастера управляемой калибровки позволяет выбрать набор для предстоящей калибровки. В списке отображаются только те наборы, которые имеют в своём составе меры с соединителями, совпадающими с соединителями ИУ.

6.3 Виды калибровок

6.3.1 Нормировка

Нормировка – в общем случае это деление измеряемого S-параметра на некоторую комплексную величину, характеризующую коэффициент передачи тракта.

Нормировке коэффициента передачи должна предшествовать калибровка на проход (рисунок 17), в ходе которой измеренные значения запоминаются в качестве калибровочных данных. Дополнительно может быть измерена изоляция между портами.

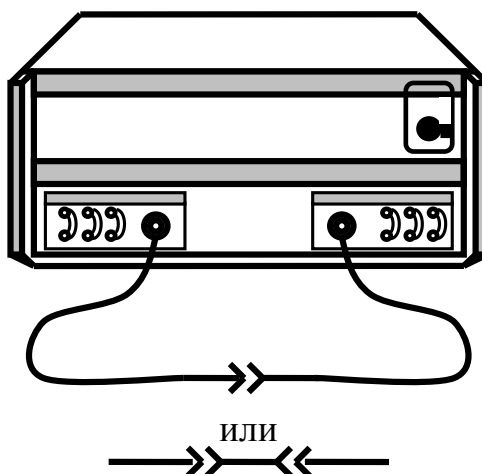


Рисунок 17 – Калибровка на проход

Последовательность калибровки для нормировки коэффициента передачи:

- Шаг 1. Задать частотный диапазон, количество точек, уровень выходной мощности, выбрать фильтр ПЧ (см. 7.1).
- Шаг 2. Выбрать пункт меню "Калибровка \ Управляемая калибровка".
Появится диалоговое окно мастера управляемой калибровки. Выбрать соединители ИУ и набор калибровочных мер; в группе "Используемые порты" – радио-кнопку "порты 1, 2" и нажать кнопку "Далее". Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.
- Шаг 3. В поле со списком "Тип калибровки" выбрать вариант "Частотной неравномерности на проход", как показано на рисунке 18.

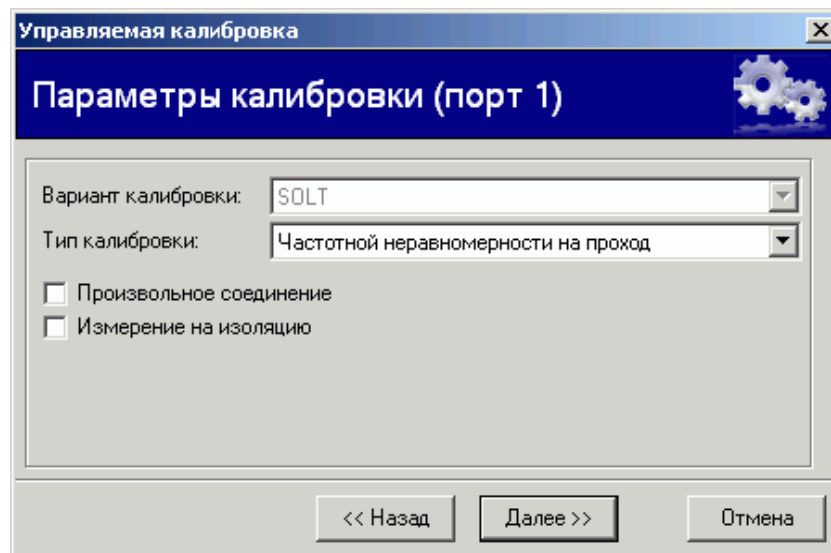


Рисунок 18 – Параметры нормировки на проход

При сброшенном флажке "Произвольное соединение" мастер калибровки в последующих шагах предложит подключить меру на проход из набора калибровочных мер, а при коррекции результатов измерений будут учтены параметры меры на проход. При установленном флажке "Произвольное соединение" в качестве меры на проход будет использоваться произвольное устройство, включенное на проход. В этом случае результат коррекции будет представлять собой отличие коэффициента передачи ИУ от коэффициента передачи устройства, на которое выполнялась калибровка, что часто применяется при настройке по образцу.

Установка флажка "Измерение на изоляцию" позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между измерительными портами.

Шаг 4. Нажать кнопку "Далее" и следовать инструкциям мастера калибровок.

Мастер калибровок предложит соединить измерительные порты, используя меру на проход из калибровочного набора или произвольную. Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить к портам согласованные или рассогласованные нагрузки. После выполнения всех необходимых измерений появится окно, свидетельствующее о завершении калибровки.

После успешного завершения калибровки установится флажок в пункте меню "Калибровка \ Коррекция". Флажок в пункте меню "Калибровка \ Коррекция" может быть сброшен или установлен, что приведёт к отключению или включению коррекции измеряемых параметров.

Нормировка коэффициента отражения может выполняться на одну из нагрузок – холостого хода (ХХ), короткозамкнутую (КЗ) или произвольную (с неизвестными параметрами). Кроме того нормировка может выполняться на среднее (точнее полу-разность) величин отражений от нагрузки ХХ и КЗ. Дополнительно может быть измерено отражение от согласованной нагрузки, для оценки направленности измерительного порта. Схема калибровки приведена на рисунке 19.

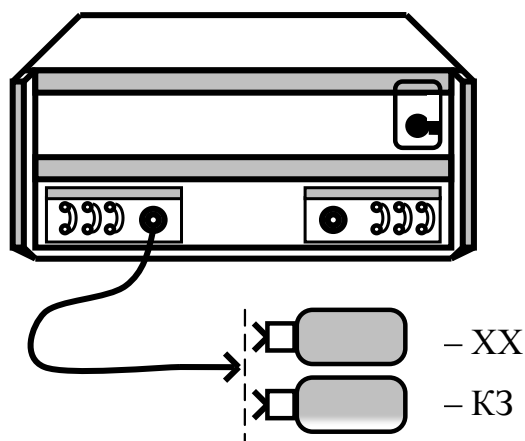


Рисунок 19 – Калибровка на XX и КЗ

Последовательность калибровки для нормировки коэффициента отражения:

- Шаг 1. Задать частотный диапазон, количество точек, уровень выходной мощности, выбрать фильтр ПЧ (см. 7.1).
- Шаг 2. Выбрать пункт меню "Калибровка \ Управляемая калибровка".
Появится диалоговое окно мастера управляемой калибровки. Выбрать соединители ИУ и набор калибровочных мер, в группе "Используемые порты" – радио-кнопку "порт 1" или "порт 2" и нажать кнопку "Далее". Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.
- Шаг 3. В поле со списком "Тип калибровки" выбрать вариант "Частотной неравномерности по отражению", как показано на рисунке 20.

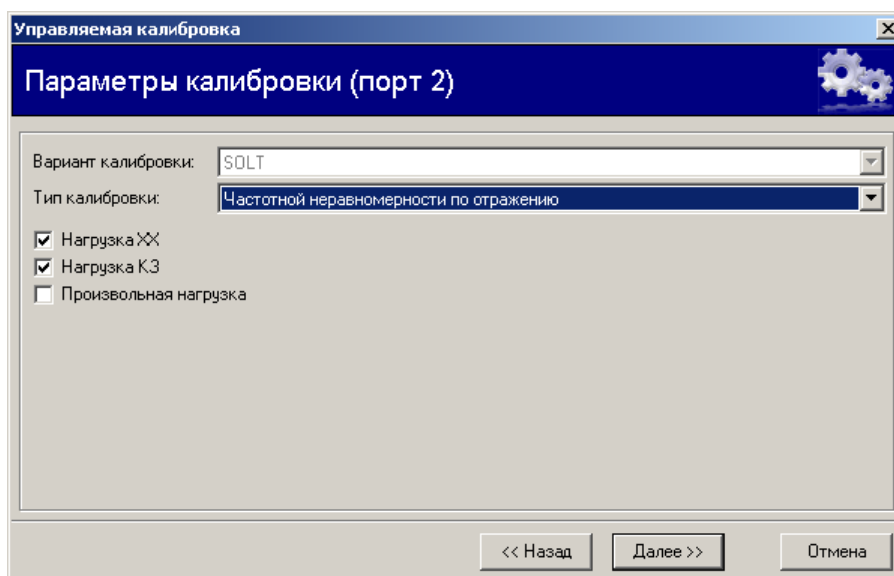


Рисунок 20 – Параметры нормировки на отражение

Флажки "Нагрузка XX", "Нагрузка КЗ" и "Произвольная нагрузка" задают нагрузки, на которые будет выполнена калибровка. Установка флажка "Нагрузка XX" или "Нагрузка КЗ" сбрасывает флажок "Произвольная нагрузка" и наоборот.

В зависимости от выбранных нагрузок мастер калибровки в последующих шагах предложит подключить те или иные нагрузки. Если используются нагрузки XX и/или КЗ параметры мер будут прочитаны из набора калибровочных мер. При установлен-

ном флажке "Произвольная нагрузка" в качестве меры на отражение будет использоваться произвольное устройство (с неизвестным коэффициентом отражения), подключенное к измерительному порту. В этом случае результат коррекции будет представлять собой отличие коэффициента отражения ИУ от коэффициента отражения устройства, на которое выполнялась калибровка, что может применяться при настройке по образцу.

Шаг 4. Нажать кнопку "Далее" и следовать инструкциям мастера калибровок.

Мастер калибровок предложит подключить к измерительному порту выбранные на предыдущем шаге нагрузки.

После выполнения всех необходимых измерений появится окно, свидетельствующее о завершении калибровки.

После успешного завершения калибровки установится флажок в пункте меню "Калибровка \ Коррекция".

В приложении А приведены формулы и дополнительные комментарии к различным вариантам нормировки.

6.3.2 Однопортовая калибровка

Однопортовая векторная калибровка оценивает три фактора ошибок и применяется только для измерения отражения – S_{11} или S_{22} , в зависимости от номера калибруемого порта. Схема калибровки приведена на рисунке 22.

Последовательность однопортовой калибровки:

Шаг 1. Задать частотный диапазон, количество точек, уровень выходной мощности, выбрать фильтр ПЧ (см. 7.1).

Шаг 2. Выбрать пункт меню "Калибровка \ Управляемая калибровка".

Появится диалоговое окно мастера управляемой калибровки. Выбрать соединители ИУ и набор калибровочных мер, в группе "Используемые порты" – радио-кнопку "порт 1" или "порт 2" и нажать кнопку "Далее". Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.

Шаг 3. В поле со списком "Тип калибровки" выбрать вариант "Однопортовая", как показано на рисунке 21.

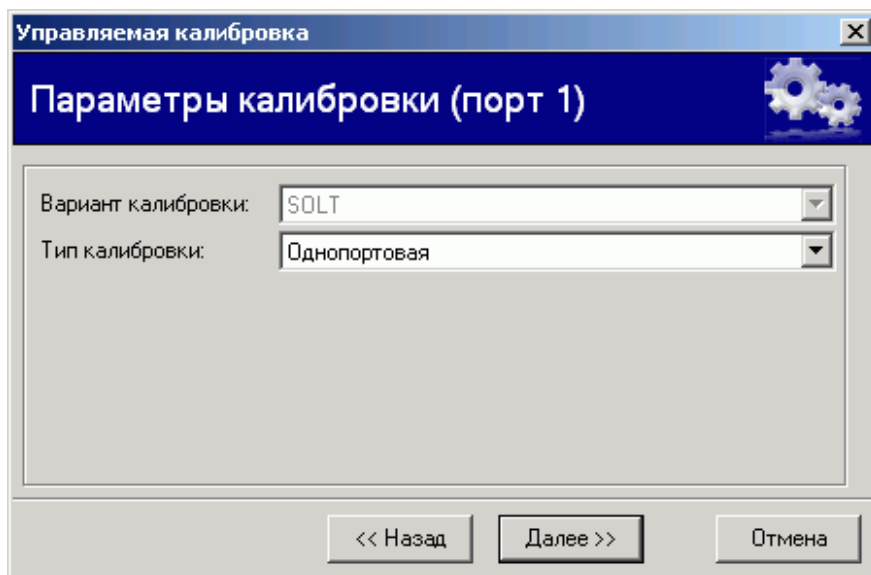


Рисунок 21 – Выбор однопортовой калибровки

Шаг 4. Нажать кнопку "Далее" и следовать инструкциям мастера калибровок.

Мастер калибровок предложит подключить к измерительному порту нагрузки XX, КЗ (рисунок 22), а также согласованную или рассогласованную нагрузку (в наборы калибровочных мер, поставляемые с измерителем, входят только согласованные нагрузки).

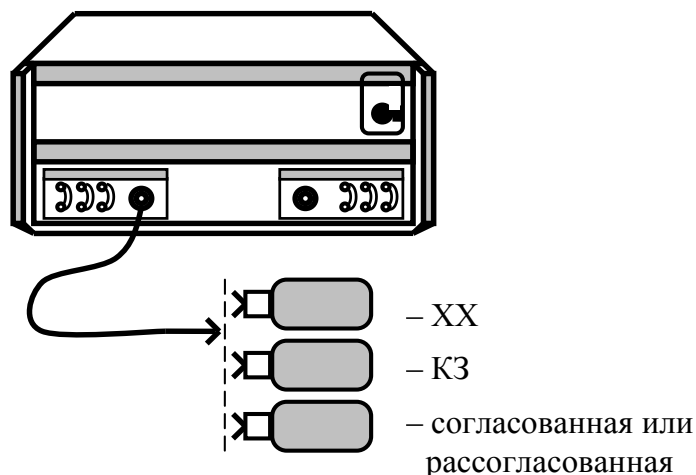


Рисунок 22 – Однопортовая калибровка

По окончании калибровки вычисляются значения трёх факторов ошибок, которые будут использоваться в последующих измерениях (при установленном флажке в меню "Калибровка \ Коррекция").

6.3.3 Двухпортовая калибровка в одном направлении

Двухпортовая векторная калибровка в одном направлении включает в себя векторную однопортовую калибровку, а также калибровки на проход и изоляцию. Двухпортовая калибровка в одном направлении позволяет измерять отражение и передачу при зондировании только в одном направлении. Если на диаграммах нет трасс, требующих зондирование в про-

тивоположном направлении, то измерения будут выполняться с максимальной скоростью. Если требуется зондирование в двух направлениях, то использование двухпортовой калибровки в одном направлении нецелесообразно. Лучше воспользоваться полной двухпортовой калибровкой, обеспечивающей более точные измерения.

Последовательность двухпортовой калибровки в одном направлении:

Шаг 1. Задать частотный диапазон, количество точек, уровень выходной мощности, выбрать фильтр ПЧ (см. 7.1).

Шаг 2. Выбрать пункт меню "Калибровка \ Управляемая калибровка".

Появится диалоговое окно мастера управляемой калибровки. Выбрать соединители ИУ и набор калибровочных мер, в группе "Используемые порты" – радио-кнопку "порты 1, 2" и нажать кнопку "Далее". Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.

Шаг 3. В поле со списком "Тип калибровки" выбрать вариант "Двухпортовая (порт 1)" или "Двухпортовая (порт 2)", как показано на рисунке 23.

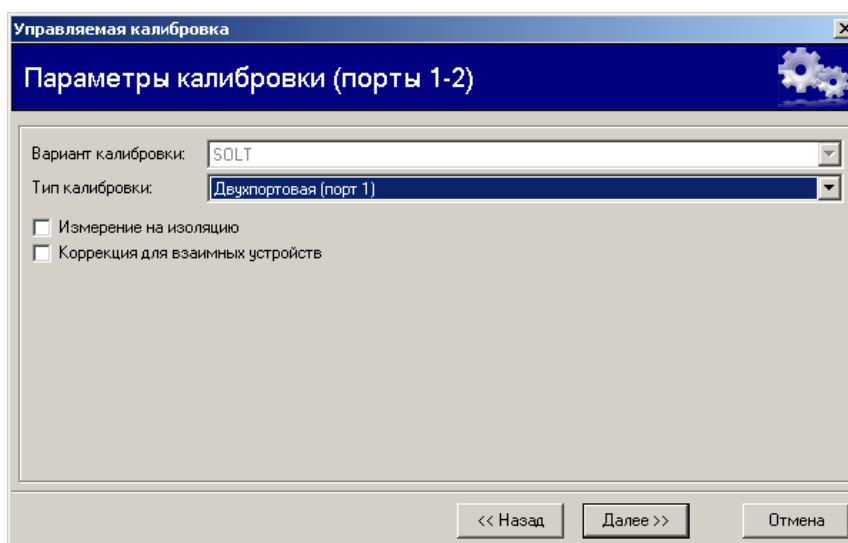


Рисунок 23 – Выбор двухпортовой калибровки в одном направлении

Установка флажка "Измерение на изоляцию" позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между измерительными портами.

При установке флажка "Коррекция для взаимных устройств" для расчета факторов ошибок используются дополнительные математические равенства с целью увеличения точности измерений. Рекомендуется при тестировании взаимных устройств.

Шаг 4. Нажать кнопку "Далее" и следовать инструкциям мастера калибровок.

Мастер калибровок предложит подключить к измерительному порту нагрузки ХХ, КЗ, а также согласованную или рассогласованную нагрузку.

Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить согласованные или рассогласованные нагрузки к обоим измерительным портам, как показано на рисунке 24.

На последнем этапе калибровки будет предложено соединить измерительные порты непосредственно на проход (если позволяют соединители) или через коаксиальный переход из набора калибровочных мер.



Рисунок 24 – Измерение изоляции между портами

По окончании калибровки вычисляются значения пяти факторов ошибок. Если в процессе калибровки не была измерена изоляция (например, по причине отсутствия двух согласованных нагрузок), то ошибки изоляции приравниваются нулю.

Результаты калибровки используются при установленном флажке в меню "Калибровка \ Коррекция".

6.3.4 Полная двухпортовая калибровка

Полная двухпортовая векторная калибровка включает в себя две однопортовые калибровки, калибровку на проход в оба направления и измерение изоляции также в оба направления.

Последовательность полной двухпортовой калибровки:

- Шаг 1. Задать частотный диапазон, количество точек, уровень выходной мощности, выбрать фильтр ПЧ (см. 7.1).
- Шаг 2. Выбрать пункт меню "Калибровка \ Управляемая калибровка".
Появится диалоговое окно мастера управляемой калибровки. Выбрать соединители ИУ и набор калибровочных мер, в группе "Используемые порты" – радио-кнопку "порты 1, 2" и нажать кнопку "Далее". Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.
- Шаг 3. В поле со списком "Тип калибровки" выбрать вариант "Двухпортовая (порт 1-2)", как показано на рисунке 25.
Установка флажка "Измерение на изоляцию" позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между измерительными портами.
- Шаг 4. Нажать кнопку "Далее" и следовать инструкциям мастера калибровок.
Мастер калибровок предложит подключить к измерительным портам нагрузки ХХ, КЗ, а также согласованную или рассогласованную нагрузку.
Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить согласованные или рассогласованные нагрузки к обоим измерительным портам.
На последнем этапе калибровки будет предложено соединить измерительные порты непосредственно на проход (если позволяют соединители) или через коаксиальный

переход из набора калибровочных мер.

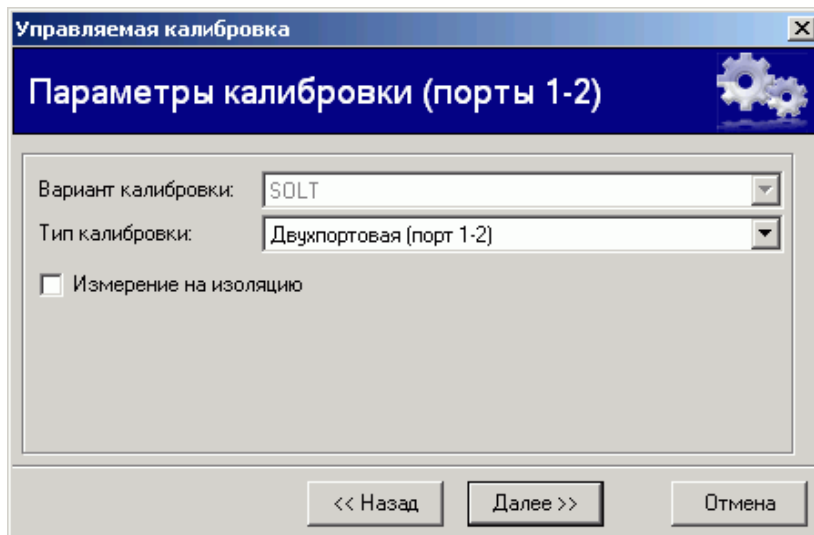


Рисунок 25 – Выбор полной двухпортовой калибровки

По окончании калибровки вычисляются значения 12 факторов ошибок. Если в процессе калибровки не была измерена изоляция (например, по причине отсутствия двух согласованных нагрузок), то ошибки изоляции приравниваются нулю.

Результаты калибровки используются при установленном флажке в меню "Калибровка \ Коррекция".

6.4 Сохранение и восстановление калибровочных данных

Пункт меню "Калибровка \ Сохранить калибровочные данные..." позволяет записать результаты калибровки в файл на диске. Соответственно, пункт меню "Калибровка \ Загрузить калибровочные данные..." позволяет прочитать с диска калибровочные данные. Если было выполнено две калибровки, например две однопортовые, то данные обеих калибровок будут сохранены в одном файле.

После чтения калибровочных данных, как и после калибровки, автоматически устанавливается флажок "Калибровка \ Коррекция".

Калибровочные данные могут быть сброшены выбором пункта меню "Калибровка \ Сброс калибровок" или временно отключены очисткой флажка в пункте меню "Калибровка \ Коррекция".

7 Измерения

7.1 Управление параметрами измерения

Схема измерения g4m.gsz содержит один измерительный канал и 12 "Измерений"¹⁾ в нём, как показано на рисунке 26.

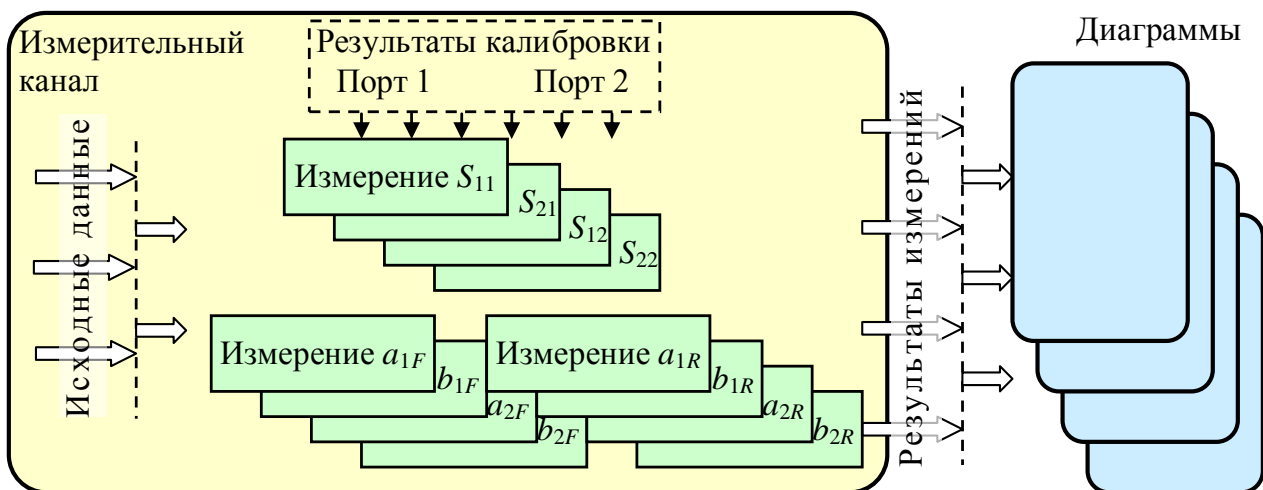


Рисунок 26 – Блок-схема обработки данных

Измерительный канал в каждой частотной точке формирует четыре комплексные амплитуды сигналов на входах приёмников – опорные a_1 , a_2 и отражённые или прошедшие через исследуемое устройство b_1 , b_2 . В "Измерениях $S_{11}...S_{22}$ " из комплексных амплитуд вычисляются "некорректированные S-параметры":

$$S_{11}^M = b_{1F} / a_{1F}, \quad S_{21}^M = b_{2F} / a_{1F}, \quad S_{12}^M = b_{1R} / a_{2R}, \quad S_{22}^M = b_{2R} / a_{2R}.$$

Символ "M" (от англ.: *Measured* – измеренный) в верхнем индексе означает некорректированный. Символы "F" (от англ.: *forward*) и "R" (от англ.: *reverse*) в нижних индексах означают направление зондирования.

Из "некорректированных S-параметров" с использованием калибровочных данных вычисляются оценки S-параметров ИУ, которые затем отображаются в диаграммах в заданных форматах. Коррекция выполняется, если была выполнена соответствующая калибровка и флажок в меню "Калибровка \ Коррекция" установлен, в противном случае в диаграмму поступают "некорректированные S-параметры".

"Измерения a_{1F} , $b_{1F}...b_{2R}$ " служат для индикации уровней мощности в трактах ПЧ измерительных приёмников a_1 , a_2 , b_1 и b_2 при прямом и обратном зондировании. Перечисленные "Измерения" служат только для контроля наличия сигнала на тех или иных входах измерителя и применяются в сложных схемах измерения с использованием конфигурируемого блока.

На рисунке 27 представлен пример отображения результатов измерений программным обеспечением.

¹⁾ Здесь и далее слово "Измерение" в кавычках означает часть измерительного канала.

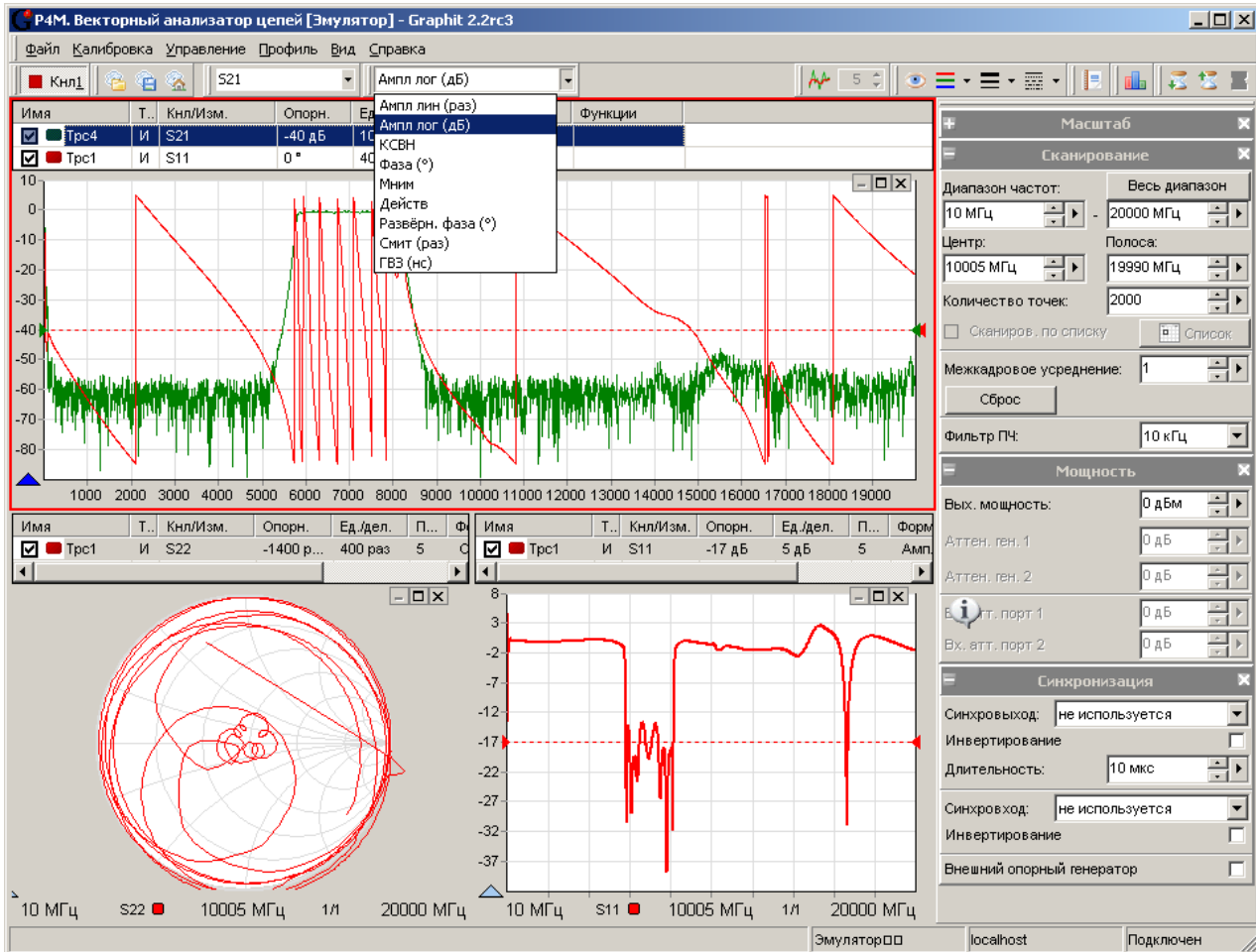


Рисунок 27

Параметры измерительного канала задаются в панелях управления "Сканирование", "Мощность" и "Синхронизация".

В полях с регулировкой значений "**Диапазон частот**" задаются начальное и конечное значения частоты. В полях с регулировкой значений "**Центр**" и "**Полоса**" задаются центральная частота и полоса обзора. Если изменить диапазон частот, то в соответствии с новым диапазоном будут пересчитаны "**Центр**" и "**Полоса**", а при изменении "**Центра**" или "**Полосы**" будет пересчитан диапазон.

При вводе значений с клавиатуры фон поля ввода становится жёлтым, сигнализируя пользователю о том, что параметры ещё не переданы прибору. Введённые с помощью клавиатуры параметры передаются в прибор по нажатию клавиши "Enter". Щелчки и движение колеса "мыши" обрабатываются немедленно. Прибор, получив параметры, может скорректировать их значения. В этом случае значения в соответствующих полях изменятся.

В полях ввода диапазона частот, центра и полосы ввод значения можно закончить символом "G" или "Г", чтобы ввести величину в 1000 раз большую, т.е. ввести частоту в гигагерцах. Ввод после числового значения символа "к" (латиницей или кириллицей) приведёт к вводу величины в 1000 раз меньшей, что соответствует частоте в килогерцах.

В поле с регулировкой значения "**Вых. мощн**" задаётся уровень мощности зондирующего сигнала.

Поле с регулировкой значения "**Фильтр ПЧ**" задаёт полосу пропускания цифрового фильтра промежуточной частоты. Выбор более узкой полосы пропускания повышает отно-

шение сигнал/шум, но увеличивает время измерения. На рисунке 28 приведены АЧХ фильтра ПЧ для полос 10 кГц, 1 кГц и 100 Гц.

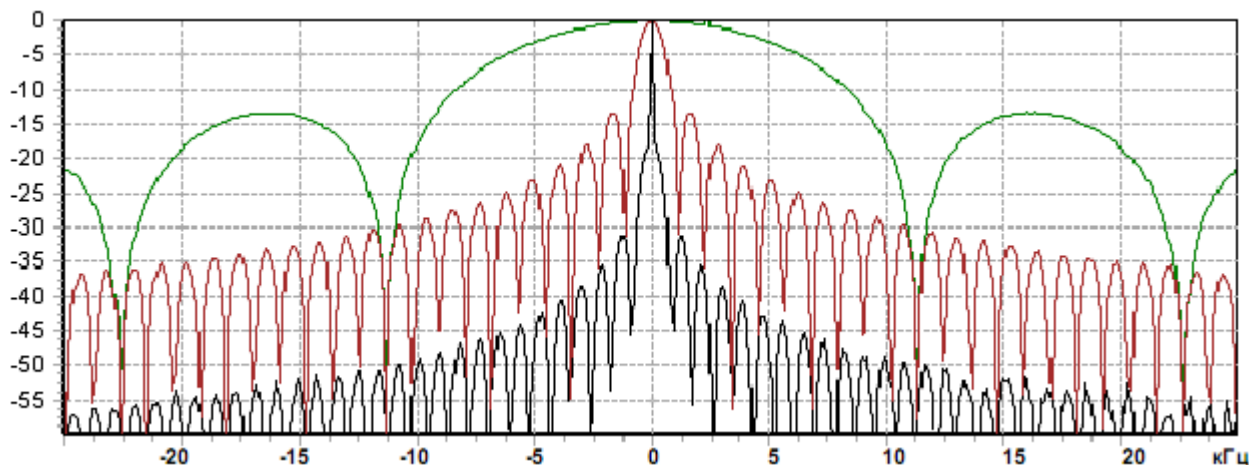


Рисунок 28 – АЧХ фильтра ПЧ

Поле с регулировкой значения "Межкадровое усреднение" задаёт коэффициент межкадрового усреднения K . При $K > 1$ вместо результатов измерений отображаются средние значения в каждой частотной точке, вычисленные по формуле:

$$\bar{v}_k = \begin{cases} \frac{1}{k} \cdot v_k + \frac{k-1}{k} \cdot \bar{v}_{k-1} & \text{при } k < K \\ \frac{1}{K} \cdot v_k + \frac{K-1}{K} \cdot \bar{v}_{k-1} & k \geq K \end{cases}$$

где k – номер кадра, v_k – измеренная комплексная величина, \bar{v}_k – усреднённая комплексная величина.

В списке каналов отображаются счётчик усреднённых кадров k и коэффициент усреднения K , как показано на рисунке 29.

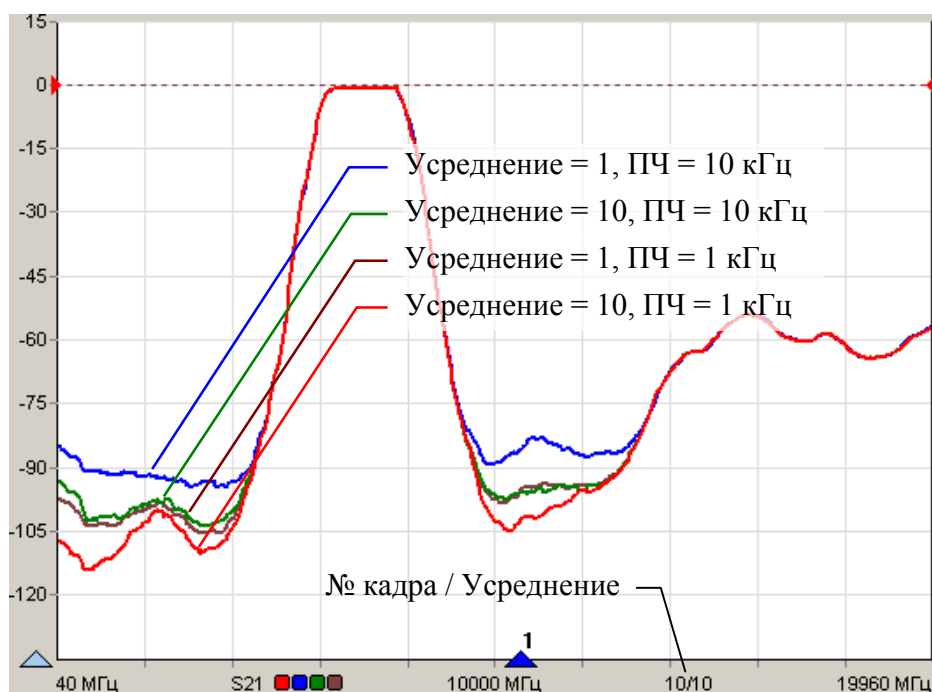


Рисунок 29 – Влияние усреднения и полосы пропускания фильтра ПЧ

Усреднение и выбор более узкой полосы пропускания тракта ПЧ приводят к снижению уровня шумов. С увеличением усреднения, например, в 10 раз или при сужении полосы ПЧ в 10 раз уровень шумов должен снизиться на 10 дБ. Это теоретически – для некоррелированных шумов. Практически снижение уровня шумов ограничено некоторым уровнем, обусловленным наличием в сигнале помех, синхронных с зондирующим сигналом. На рисунке 29 приведена АЧХ полосового фильтра, снятая с различными усреднениями и полосами ПЧ. Трассы сглажены, чтобы лучше видеть изменения уровня шумов вне полосы пропускания фильтра.

Параметры отображения. Управление диаграммами и трассами изложено в части II настоящего РЭ, посвящённой общим вопросам использования ПО Graphit. Специфика векторного анализатора цепей вносит определённые особенности в управление графиками. Прежде всего, это список "Измерений", а также форматы отображения трасс.

Список "Измерений" выполняет роль горизонтальной шкалы и располагается под областью построения графиков (см. рисунок 30). Кроме диапазона сканирования в строке списка "Измерений" приведены название "Измерения" с цветовыми метками соответствующих трасс, разделённые наклонной чертой количество накопленных кадров и коэффициент межкадрового усреднения, а также тип калибровки.

Для обозначения типа калибровки используются следующие сокращения:

- ДП или ДП(!) – двухпортовая векторная калибровка;
- ОП или ОП(!) – однопортовая векторная калибровка;
- НП или НП(!) – двухпортовая калибровка в одном направлении;
- НОРМ или НОРМ(!) – нормировка.

Восклицательный знак свидетельствует об интерполяции калибровочных данных в точках с частотами, не совпадающими с частотами на которых выполнялась калибровка.

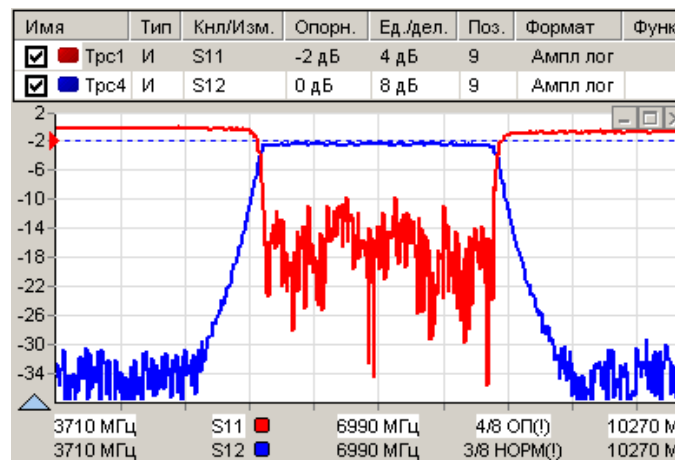


Рисунок 30

Измерительная трасса отображает данные одного из "Измерений". Выбрать "Измерение" можно в панели инструментов "Измеряемая величина" или в контекстном меню трассы.

Трасса может отображать значения комплексных амплитуд сигналов на входах a_1 , a_2 , b_1 , b_2 при прямом (обозначается 1→2) или обратном (2→1) зондировании, а также их отношения – S-параметры.

Все "Измерения" формируют последовательности комплексных величин, отображаемые трассами в заданном формате. Формат отображения трассы задаётся в панели инструментов "Формат отображения" или в контекстном меню трассы. Трасса отображается в декартовых координатах в виде ломанной кривой, соединяющей пары точек с координатами (x_n, y_n) , вычисленными из измеренной комплексной величины v_n для каждой частотной точки f_n .

Трасса в формате "Ампл.лин (раз)" отображает величины:

$$y_n = |v_n| = \sqrt{\operatorname{Re}(v_n)^2 + \operatorname{Im}(v_n)^2}, \quad x_n = f_n \text{ [МГц]}, \quad n = 1 \dots N,$$

где n – номер измеряемой точки, N – количество точек.

Трасса в формате "Ампл.лог (дБ)" отображает величины:

$$y_n = 20 \cdot \lg(|v_n|) = 10 \cdot \lg(\operatorname{Re}(v_n)^2 + \operatorname{Im}(v_n)^2) \text{ [дБ]}, \quad x_n = f_n \text{ [МГц]}.$$

Трасса в формате "КСВН" отображает величины:

$$y_n = \frac{1 + |v_n|}{1 - |v_n|}, \quad x_n = f_n \text{ [МГц]}.$$

Трасса в формате "Фаза (°)" отображает величины:

$$y_n = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} 2 \left(\frac{\operatorname{Im}(v_n)}{\operatorname{Re}(v_n)} \right) [^\circ], \quad x_n = f_n \text{ [МГц]},$$

где $\operatorname{arctg} 2 \left(\frac{\operatorname{Im}(v_n)}{\operatorname{Re}(v_n)} \right)$ – угол между вектором v и вещественной осью (в интервале $\pm\pi$).

Трасса в формате "Развёрнутая фаза (°)", в отличие от формата "Фаза (°)", не имеет разрывов вблизи $\pm 180^\circ$ и отображает величины:

$$x_n = f_n \text{ [МГц]}, \quad \phi_n = \operatorname{arctg} 2 \left(\frac{\operatorname{Im}(v_n)}{\operatorname{Re}(v_n)} \right), \quad n = 1 \dots N,$$

$$y_1 = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \phi_1, \quad y_i = y_{i-1} + \frac{180^\circ}{\pi} \cdot |\phi_i - \phi_{i-1}|_{\pm\pi}, \quad i = 2 \dots N,$$

$$|\Delta\phi|_{\pm\pi} = \begin{cases} \left(\frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} - \left[\frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} - \frac{1}{2} \right] \right) \cdot 2 \cdot \pi, & \Delta\phi < 0 \\ \left(\frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} - \left[\frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} + \frac{1}{2} \right] \right) \cdot 2 \cdot \pi, & \Delta\phi \geq 0 \end{cases},$$

где $|\Delta|_{\pm\pi}$ – оператор взятия по модулю $\pm\pi$, $[x]$ – оператор вычисления целой части x .

Другими словами, очередной отсчёт развёрнутой фазы равен сумме предыдущего с приращением, взятым по модулю $\pm 180^\circ$.

Трасса в формате "ГВЗ (нс)" отображает групповую задержку в наносекундах:

$$x_n = f_n \text{ [МГц]}, \quad \phi_n = \operatorname{arctg} 2 \left(\frac{\operatorname{Im}(v_n)}{\operatorname{Re}(v_n)} \right), \quad n = 1 \dots N,$$

$$y_1 = \frac{|\phi_1 - \phi|_{\pm\pi}}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1000}{2 \cdot \pi} \text{ [нс]}, \quad y_N = \frac{|\phi_{N-1} - \phi|_{\pm\pi}}{x_N - x_{N-1}} \cdot \frac{1000}{2 \cdot \pi} \text{ [нс]},$$

$$y_i = \frac{|\phi_{i-1} - \phi|_{\pm\pi}}{x_{i+1} - x_i} \cdot \frac{1000}{2 \cdot \pi} \text{ [нс]}, \quad i = 2 \dots N - 1,$$

где $|\Delta|_{\pm\pi}$ – оператор взятия по модулю $\pm\pi$.

ВНИМАНИЕ! ЕСЛИ ФАЗЫ ИЗМЕРЯЕМЫХ В СОСЕДНИХ ЧАСТОТНЫХ ТОЧКАХ ВЕЛИЧИН ОТЛИЧАЮТСЯ БОЛЕЕ ЧЕМ НА ПОЛПЕРИОДА, ТО ТРАССА В ФОРМАТЕ "ФАЗА (°)" БУДЕТ ВЫГЛЯДЕТЬ НЕВЕРНО. В УЗЛАХ ТРАССЫ (В ТОЧКАХ ИЗМЕРЕНИЯ) ЗНАЧЕНИЕ ФАЗЫ БУДЕТ ВЕРНЫМ, А СОЕДИНЯЮЩИЕ ИХ ЛИНИИ НЕКОРРЕКТНЫ.

НЕВЕРНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ БУДУТ ОТОБРАЖАТЬСЯ В ФОРМАТАХ "РАЗВЁРНУТАЯ ФАЗА" И "ГВЗ". ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ГВЗ НЕОБХОДИМО,

ЧТОБЫ ФАЗА ЗА ДВА ШАГА ПО ЧАСТОТЕ НЕ ИЗМЕНЯЛАСЬ БОЛЕЕ ЧЕМ НА $\pm\pi$. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧЕВИДНО – СЛЕДУЕТ УМЕНЬШИТЬ ШАГ ПО ЧАСТОТЕ, УВЕЛИЧИВ ЧИСЛО ТОЧЕК ИЛИ УМЕНЬШИВ ДИАПАЗОН ЧАСТОТ.

Трасса в формате "Мним.часть" отображает величины:

$$y_n = \text{Im}(v_n), \quad x_n = f_n \text{ [МГц]}.$$

Трасса в формате "Действ.часть" отображает величины:

$$y_n = \text{Re}(v_n), \quad x_n = f_n \text{ [МГц]}.$$

Трасса в формате "Смит (раз)" отображает величины:

$$y_n = \text{Im}(v_n), \quad x_n = \text{Re}(v_n).$$

В диаграмме Смита не отображаются оси абсцисс и ординат и соответствующие им шкалы. Соответственно такие атрибуты трассы как опорный уровень, позиция и цена деления не влияют на отображение. В маркерах отображаются значения модуля и фазы измеряемой величины.

7.2 Измерение коэффициента отражения

Варианты подключения для измерения отражения от устройств с одним или двумя портами (двухполюсников или четырехполюсников) приведены на рисунке 31.

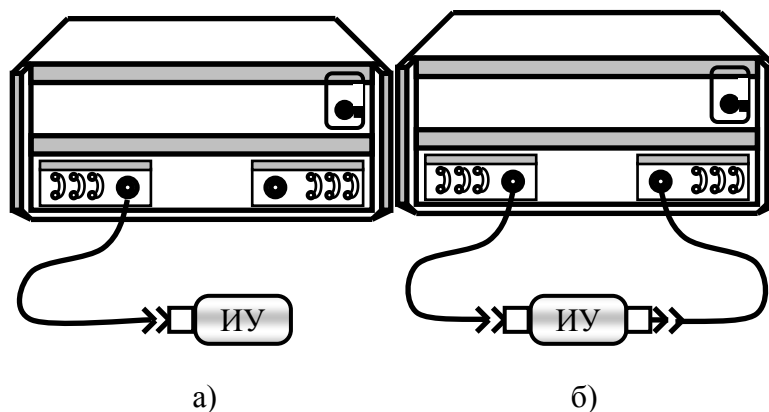


Рисунок 31 – Варианты подключения ИУ

ВНИМАНИЕ! ПРЕВЫШЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ МОЩНОСТИ 16 дБм НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ПОРТУ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЖЕТ ВЫВЕСТИ ЕГО ИЗ СТРОЯ. ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ БОЛЕЕ 0 дБм. ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА МОЩНОСТИ ВХОДНОГО СИГНАЛА МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ВНУТРЕННИЕ АТТЕНУАТОРЫ ПРИЕМНИКА СИГНАЛА (ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ С ОПЦИЕЙ «ДМА»).

Измерения следует проводить в указанной далее последовательности:

1) Провести визуальную проверку чистоты и целостности соединителей измерителя, кабелей СВЧ и элементов из набора калибровочных мер, а также исследуемого устройства; выполнить проверку присоединительных размеров указанных соединителей¹⁾; при необ-

¹⁾ Периодичность проведения проверки присоединительных размеров устройств определяется интенсивностью их использования, но не реже одного раза на каждые 50 подключений.

ходимости, провести чистку соединителей;

2) Для измерения КО однопортового ИУ подключить переход коаксиальный с типом одного из соединителей NMD 3,5 мм розетка из состава набора калибровочных мер непосредственно к порту измерителя или через кабель СВЧ. Для измерения КО двухпортового ИУ подключить вначале кабели СВЧ к портам измерителя, к ним подключить переходы коаксиальные. Допускается вместо двух кабелей СВЧ использовать один кабель с длиной не менее 0,7 м. Наборы калибровочных мер и кабели СВЧ описаны в РЭ часть I;

3) Запустить ПО, произвести подключение к измерителю в соответствии с его IP-адресом. При необходимости, проверить идентификационные данные ПО (см. РЭ часть I). Установить на измерителе параметры по умолчанию. Скрыть отображение трасс S21 и S12 или их удалить. Запустить процесс измерений. Произвести автомасштаб трасс S11 и (или) S22.

4) Установить параметры измерений: диапазон частот, количество точек, фильтр ПЧ, уровень выходной мощности;

5) Провести калибровку:

Варианты калибровок, для которых нормируются пределы погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения (см. пункт «Технические характеристики» РЭ часть I):

а) Однопортовая калибровка.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.2.

б) Полная двухпортовая калибровка.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.4.

Примечание – Допускается использовать другие виды калибровок, позволяющих проводить измерения при ограниченном количестве калибровочных мер и (или) ускоряющих процесс измерений. При их применении пределы погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения не нормируются.

1 Нормировка на отражение от известных нагрузок – холостого хода и/или короткозамкнутой.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.

Можно использовать при отсутствии некоторых калибровочных мер или невозможности их подключения, например, при измерениях на пластине.

2 Нормировка на отражение от произвольной нагрузки (с неизвестными параметрами).

Последовательность калибровки приведена в 6.3.

Этот вариант калибровки применяется для измерения отличия коэффициента отражения ИУ от коэффициента отражения устройства, на которое выполнялась калибровка, что может быть полезно при настройке по образцу.

3 Двухпортовая калибровка в одном направлении.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.3.

Однопортовая и двухпортовая калибровка в одном направлении дают одинаковые результаты измерения отражения.

5) Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 31, подключив ИУ к переходам коаксиальным, по сечению которых была проведена калибровка. После калибровки нельзя менять переходы коаксиальные местами или подключать к ним дополнительные устройства. Также нельзя менять установленные ранее параметры измерений.

б) Провести измерения КО исследуемого устройства в установленном диапазоне частот. При необходимости, установить межкадровое усреднение для снижения флуктуации результата измерений;

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.

- 7) Остановить процесс измерений;
- 8) Отсоединить ИУ;
- 9) При необходимости, разобрать схему измерений и выключить измеритель.

7.3 Измерение коэффициента передачи

Вариант подключения при измерении коэффициента передачи приведён на рисунке 31-б.

Измерения следует проводить в указанной далее последовательности:

1) Провести визуальную проверку чистоты и целостности соединителей измерителя, кабелей СВЧ и элементов из набора калибровочных мер, а также исследуемого устройства; выполнить проверку присоединительных размеров указанных соединителей¹⁾; при необходимости, провести чистку соединителей;

2) Подключить вначале кабели СВЧ к портам измерителя, к ним подключить переходы коаксиальные с типом одного из соединителей NMD 3,5 мм розетка из состава набора калибровочных мер. Допускается вместо двух кабелей СВЧ использовать один кабель с длиной не менее 0,7 м. Наборы калибровочных мер и кабели СВЧ описаны в РЭ часть I;

3) Запустить ПО, произвести подключение к измерителю в соответствии с его IP-адресом. При необходимости, проверить идентификационные данные ПО (см. РЭ часть I). Установить на измерителе параметры по умолчанию. Скрыть отображение трасс S11 и S22 или их удалить. Запустить процесс измерений. Произвести автомасштаб трасс S21 и (или) S12.

4) Установить параметры измерений: диапазон частот, количество точек, фильтр ПЧ, уровень выходной мощности;

5) Провести полную двухпортовую калибровку. Последовательность калибровки приведена в 6.3.4.

Примечание – Допускается использовать другие виды калибровок, позволяющих проводить измерения при ограниченном количестве калибровочных мер и (или) ускоряющих процесс измерений. При их применении пределы погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения не нормируются.

1 Нормировка частотной неравномерности тракта передачи.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.

Нормировка используется при отсутствии некоторых калибровочных мер или невозможности их подключения, например, при измерениях на пластине.

2 Двухпортовая калибровка в одном направлении.

Последовательность калибровки приведена в 6.3.3.

Возможность зондирования только в одном направлении обеспечивает высокую производительность.

б) Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 31-б, подключив ИУ к пе-

¹⁾ Периодичность проведения проверки присоединительных размеров устройств определяется интенсивностью их использования, но не реже одного раза на каждые 50 подключений.

реходам коаксиальным, по сечению которых была проведена калибровка. После калибровки нельзя менять переходы коаксиальные местами или подключать к ним дополнительные устройства. Также нельзя менять установленные ранее параметры измерений.

7) Провести измерения КП исследуемого устройства в установленном диапазоне частот. При необходимости, установить межкадровое усреднение для снижения флуктуации результата измерений;

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.

- 8) Остановить процесс измерений;
- 9) Отсоединить ИУ от переходов коаксиальных;
- 10) При необходимости, разобрать схему измерений и выключить измеритель.

8 Дополнительные возможности

8.1 Фазовая задержка

Функция "Фазовая задержка" позволяет внести или компенсировать задержку сигнала. Включается функцией нажатием кнопки на панели инструментов "Фазовая задержка" или установкой флажка "Включена" в панели управления, как показано на рисунке 32.

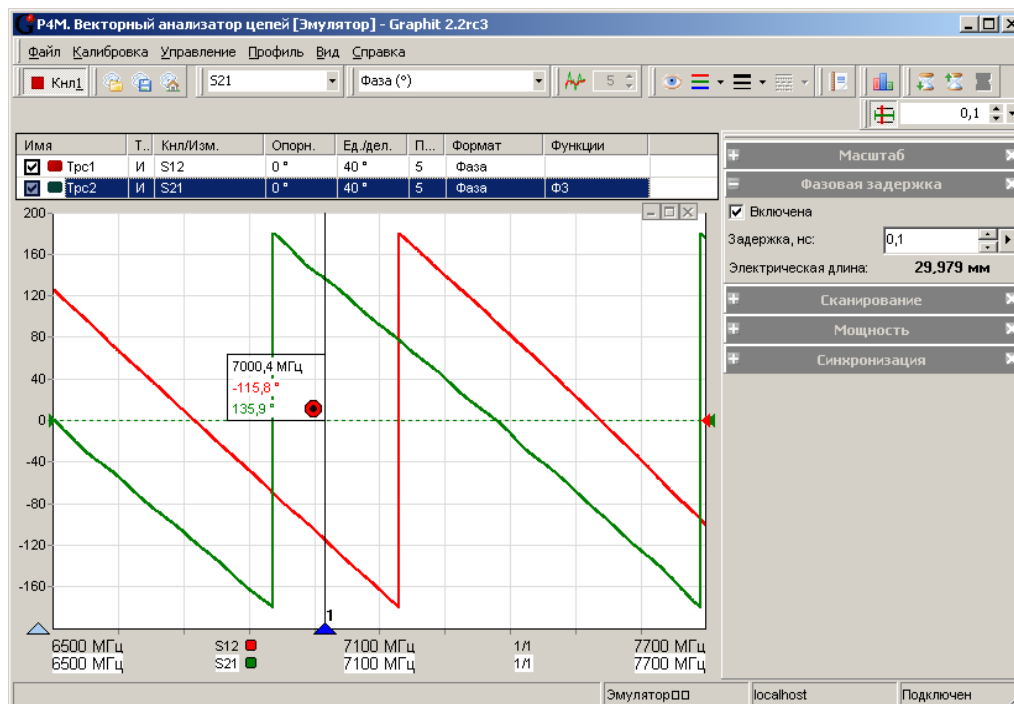


Рисунок 32 – Компенсация задержки фазы

Положительная величина, заданная в поле ввода "Задержка", компенсирует задержку. Отрицательная величина, наоборот, вносит задержку. Ниже поля ввода "Задержка" отображается электрическая длина, соответствующая длине линии передачи без ослабления, расчётным путём вставленной или исключённой из схемы измерения.

Функция влияет на отображение трасс в форматах "Фаза (°)", "Развёрнутая фаза", "ГВЗ" и "Смит" и вычисляется по формуле:

$$v'_n = v_n \cdot e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \Delta \cdot f_n}, \quad n = 1 \dots N, \quad (1)$$

где v – корректируемая комплексная величина, Δ [нс] – компенсируемая задержка, f_n [ГГц] – частота.

Выбрать величину компенсируемой задержки можно на основании группового времени запаздывания, или подобрать вручную, установив курсор в поле ввода и вращая колесо манипулятора "мышь".

8.2 Использование переходов

Переходы используют при необходимости сочленения исследуемых устройств, калибровочных мер и кабелей СВЧ, имеющих различный тип соединителей.

Использование переходов вносит дополнительные отражения, задержку и ослабление сигнала. Наличие перехода не оказывает влияния на результаты измерений, если переход постоянно присутствует в тракте: как при калибровке, так и при измерениях. Если после калибровки требуется подключение или отключение перехода, его влияние необходимо учитывать. Ниже рассмотрены способы компенсации влияния переходов.

Метод эквивалентных переходов – самый простой способ компенсации влияния переходов. Данный метод используется при измерении устройств, когда порты измерителя не могут быть подключены друг к другу непосредственно. В этом случае калибровка на проход выполняется через переход, который при измерении заменяется на эквивалентный, как показано на рисунке 33.

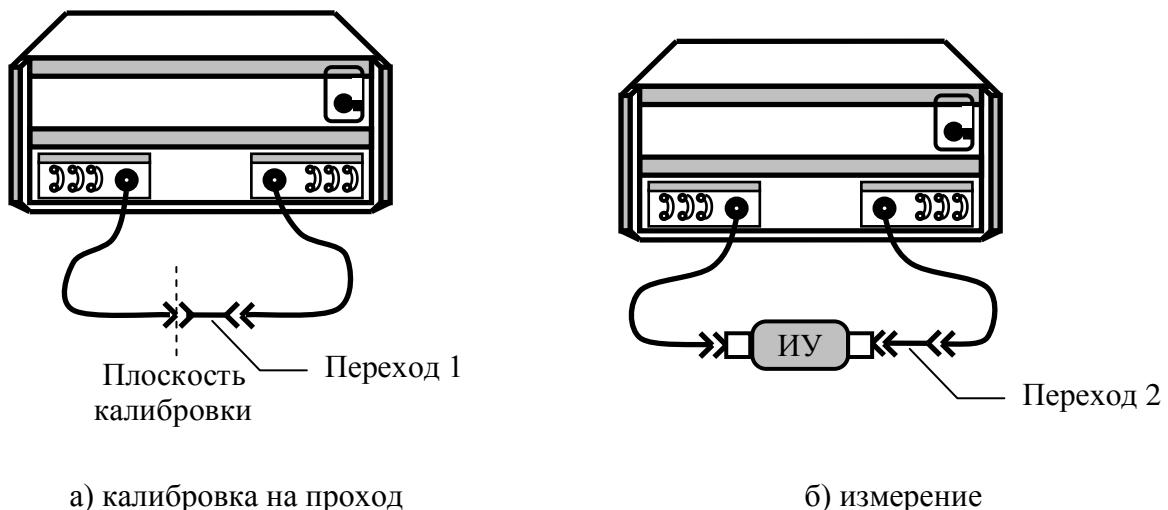


Рисунок 33 – Использование эквивалентных переходов

Эквивалентные переходы 1 и 2 трудно сделать одинаковыми, т.к. они имеют соединители различного вида – у одного вилка, а у другого розетка. Поэтому переходы всегда будут иметь некоторое отличие в частотных характеристиках, которое отразится на результатах измерений.

Если известны параметры перехода, то лучше учесть влияние перехода на этапе ка-

либровки, т.е. воспользоваться "методом известного перехода", изложенным ниже.

Метод известного перехода – это просто калибровка на проход, используя переключку с ненулевой задержкой. Величина задержки задаётся в параметрах калибровочных мер. При измерении ИУ подключается непосредственно к портам без каких-либо переходов.

Коррекция фазовой задержки – это функция над трассой, описанная в разделе 8, позволяющая внести или компенсировать задержку сигнала эквивалентную задержке в исключённом или вставленном переходе.

8.3 Система синхронизации

Система синхронизации предназначена для работы в комплексе с другими измерительными приборами или для управления внешними устройствами – переключателями, модуляторами и т.п. Для подключения измерительных приборов или внешних устройств на задней панели измерительного блока имеются следующие входы и выходы синхронизации:

- "СИНХР" – выход сигнала синхронизации;
- "СИНХР" – вход сигнала синхронизации;
- "ОГ" – выход сигнала опорного генератора частотой 10 МГц;
- "ОГ" – вход сигнала внешнего опорного генератора частотой 10 МГц.

Структурная схема системы синхронизации приведена на рисунке 34.

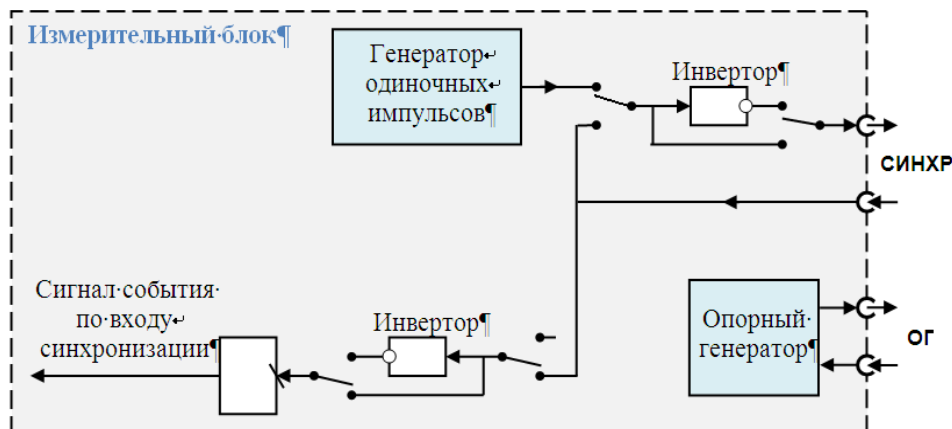


Рисунок 34 – Структура системы синхронизации

Генератор одиночных импульсов формирует импульсы при наступлении определённого события – начало перестройки частоты, окончание перестройки и др.

Опорный генератор является внутренним эталоном частоты 10 МГц. Вход или выход опорного генератора может быть подключён соответственно к выходу или входу опорного генератора другого измерительного прибора. В результате оба прибора будут работать от общего опорного генератора. При этом достигаются две цели:

- а) повышается точность установки частоты (если внешний опорный генератор более точен);
- б) стабилизируются фазовые соотношения СВЧ сигналов двух измерительных приборов.

Параметры системы синхронизации задаются в панели управления "Синхронизация", представленной на рисунке 35.

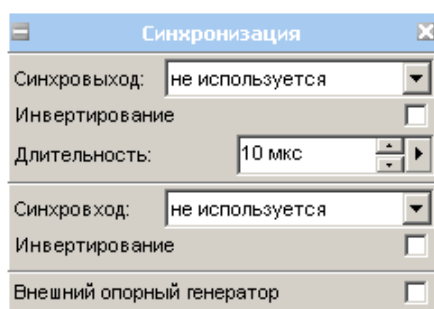


Рисунок 35 – Панель управления системой синхронизации

Режим работы выхода синхронизации задаётся в поле со списком "Синхровыход":

- а) "не используется" – на выходе устанавливается постоянное напряжение 0 В или 5 В, если установлен флажок "Инвертирование";
- б) "старт развёртки" – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, передний фронт которых совпадает с началом развёртки по частоте;
- в) "след. точка" – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, передний фронт которых совпадает с началом перестройки на очередную частотную точку;
- г) "захват ФАПЧ" – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, передний фронт которых совпадает с окончанием перестройки частоты;
- д) "транслируется вход" – на выход поступает ретранслированный сигнал с входа.

Перечисленные выше сигналы могут инвертироваться, если установить флажок "Инвертирование", расположенный рядом с полем со списком "Синхровыход".

Длительность одиночных импульсов задаётся (в интервале от 1 до 255 мкс) в поле с регулировкой значения "Длительность".

На рисунке 36 приведены эпюры напряжений на выходе синхронизации, формируемых в зависимости от режима синхронизации и выполняемой измерительным блоком операции.

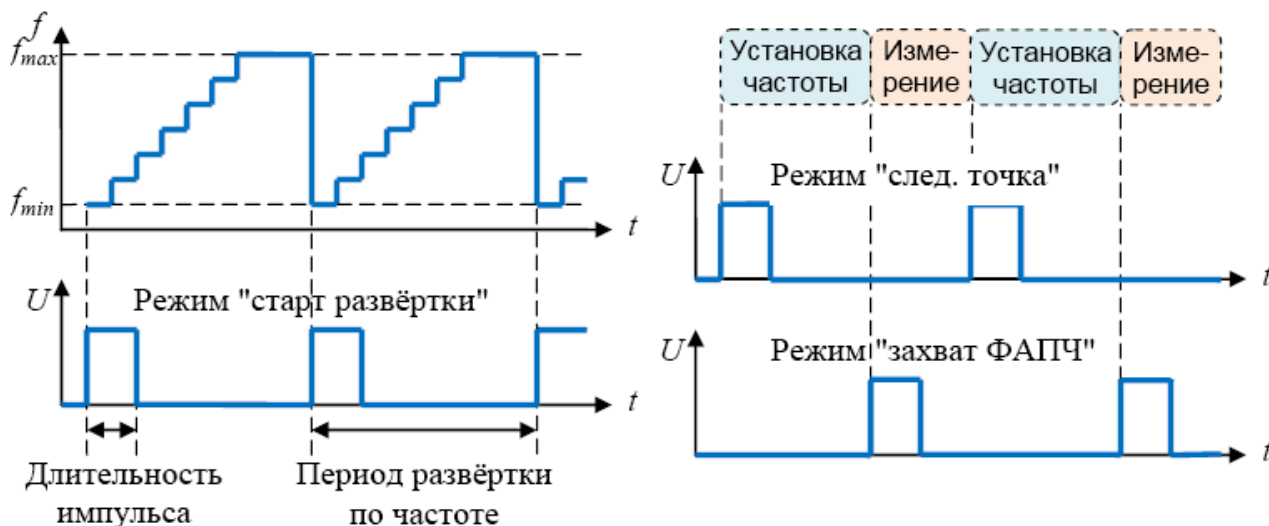


Рисунок 36 – Режимы работы выхода синхронизации

По нарастающему фронту поступившего на вход синхроимпульса фиксируется "Событие по входу синхронизации". Установка флажка "Инвертирование", расположенного рядом с полем со списком "Синхровыход", позволит фиксировать событие по падающему фронту синхроимпульса. Реакция измерительного блока на "Событие по входу синхронизации" задаётся в поле со списком "Синхровыход":

- а) "не используется" – поступившие на вход синхроимпульсы игнорируются;
- б) "старт развёртки" – по приходу синхроимпульса начинается развёртка по частоте;
- в) "след. точка" – по приходу синхроимпульса начинается перестройка на следующую частотную точку;
- г) "начало измерения" – по приходу синхроимпульса начинается измерение на текущей частоте.

На рисунке 37 показано изменение этапов работы измерительного блока в зависимости от режима синхронизации и поступления входных синхроимпульсов.



Рисунок 37 – Режимы работы входа синхронизации

Рассмотрим пример синхронной работы измерителя и СЧ. Пусть требуется измерить коэффициент отражения от выхода работающего (горячего) усилителя. Для обеспечения штатного режима работы усилителя на его вход подают сигнал частоты f_1 (рисунок 38).

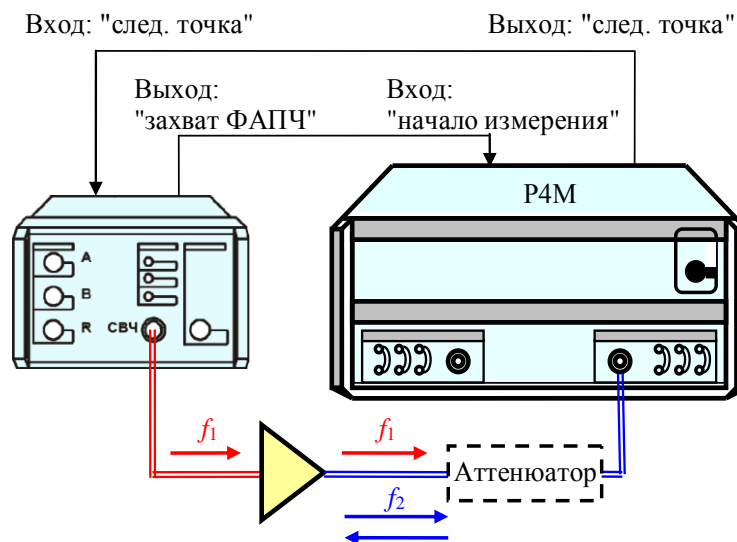


Рисунок 38 – Измерение "горячего" S22

Выход усилителя зондируется сигналом частоты f_2 , отличающейся от частоты работы усилителя f_1 , так чтобы сигнал частоты f_1 оказался вне полосы пропускания приёмника измерителя. При выборе разницы частот f_1 и f_2 следует учитывать подавление сигнала частотой f_1 фильтром ПЧ. Уровень помехи на частоте f_1 должен быть на ~ 20 дБ меньше уровня отражённого сигнала на частоте f_2 .

ВНИМАНИЕ! ПРЕВЫШЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ МОЩНОСТИ (16 дБм) НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ПОРТУ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЖЕТ ВЫВЕСТИ ЕГО ИЗ СТРОЯ. ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ, СЛЕДУЕТ ПОДКЛЮЧИТЬ АТТЕНЮАТОР, И ВЫПОЛНИТЬ КАЛИБРОВКУ, ПРИСОЕДИНЯЯ МЕРЫ ИЗ КАЛИБРОВОЧНОГО НАБОРА К АТТЕНЮАТОРУ.

Для измерения "горячего" S_{22} в диапазоне частот требуется синхронная перестройка частот f_1 и f_2 . Необходимо соединить вход "← СИНХР" на задней панели измерителя с выходом "→ СИНХР" на задней панели СЧ и наоборот – выход с входом СЧ.

В программе управления СЧ следует задать диапазон изменения частоты f_1 и количество частотных точек. Для выхода синхронизации установить режим "захват ФАПЧ", для входа – "след. точка".

В программе управления измерителя следует задать диапазон изменения частоты f_2 и количество частотных точек (такое же, как в СЧ). Для выхода синхронизации установить режим "след. точка", для входа – "начало измерения".

Существует возможность пропуска первого синхроимпульса – когда один прибор стартовал и уже сформировал синхроимпульс, а второй ещё не начал работу. Поэтому первым следует запускать прибор, ожидающий первый синхроимпульс, в рассматриваемом примере это СЧ.

В результате приборы будут работать следующим образом:

а) с началом перестройки на следующую частоту измеритель формирует синхроимпульс;

б) СЧ по переднему фронту синхроимпульса также начинает перестройку частоты.

в) СЧ, закончив перестройку частоты, формирует синхроимпульс.

г) измеритель, закончив перестройку частоты, ожидает прихода синхроимпульса, если тот не пришёл раньше. После чего начинает измерение.

Приложение А (справочное) Погрешности измерений

Погрешности измерителя по закономерностям проявления можно разделить на следующие группы:

- а) Погрешности, обусловленные температурным дрейфом – *неустранимы*
 - б) Случайные погрешности
 - погрешности соединений и переключений – *неустранимы*
 - влияние шумов – *уменьшается с увеличением времени измерения*
 - в) Систематические погрешности
 - Инструментальные
 - Методические
- } *в основном устраняются
векторной калибровкой*

Погрешности, обусловленные температурным дрейфом параметров электронных компонент, в общем случае не устранимы. Чтобы снизить их влияние, рекомендуется прогревать аппаратуру перед калибровкой и измерениями.

Погрешности соединений обусловлены характеристиками контактов в разъёмных соединениях. Погрешности соединения изменяются от подключения к подключению, поэтому они отнесены к случайным. Следует заметить, что часть соединений не изменяют своих параметров (не размыкаются) в промежутке времени от начала калибровки и до проведения измерений, а значит, могут быть учтены при калибровке. Например, соединение кабеля СВЧ и измерительного порта вносит в тракт некоторую неоднородность, которая компенсируется векторной калибровкой.

Другая составляющая случайных погрешностей обусловлена шумами генератора, приёмника, АЦП и других компонент. Влияние шумов может быть снижено усреднением или выбором более узкой полосы фильтра ПЧ.

Систематические погрешности обусловлены паразитными проникновениями и отражениями сигнала, а также частотной неравномерностью в тракте СВЧ. Предполагается, что они не изменяются во времени, а значит, могут быть оценены и скомпенсированы.

Для оценки и компенсации систематических составляющих погрешности необходима модель влияния факторов ошибок на измеряемые параметры. На рисунке А.1 представлена упрощенная функциональная схема измерителя, иллюстрирующая распространение сигналов и помех.

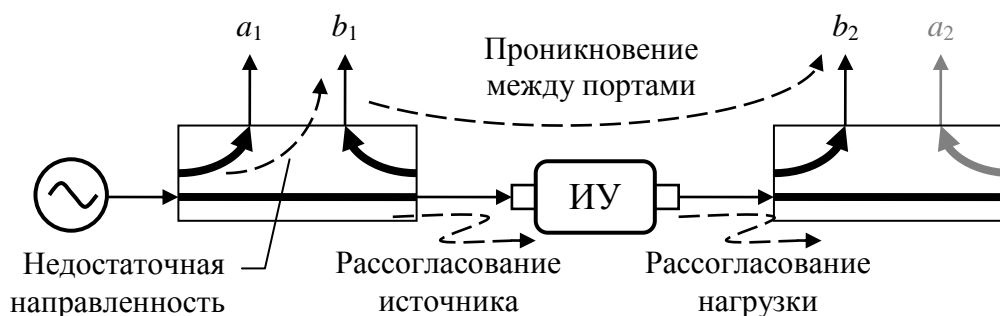


Рисунок А.1 – Функциональная схема прямого зондирования

Функциональная схема на рисунке А.1 соответствует случаю **прямого зондирования** – от первого порта ко второму. На измерительный вход a_1 поступает ответвлённый зондирующий сигнал. На вход b_1 ответвляется отражённый сигнал, а на вход b_2 прошедший через ИУ. При **обратном зондировании** функциональная схема аналогична приведённой выше.

Набор из шести факторов ошибок, представленных в таблице А.1, характерен как для прямого, так и обратного зондирования, т.е. общее количество составляющих (ошибок) 12.

Т а б л и ц а А.1 – Факторы ошибок

Наименование	Обозначение	Примечание
Фактор направленности (<i>Directivity</i>)	E_D	Паразитные проникновения
Фактор изоляции (<i>Crosstalk or Isolation</i>)	E_X	
Согласование источника сигнала (<i>Source impedance mismatches</i>)	E_S	Паразитные отражения
Согласование нагрузки (<i>Load impedance mismatches</i>)	E_L	
Неравномерность тракта отражённого сигнала (<i>Frequency response reflection tracking</i>)	E_R	Частотные неравномерности
Неравномерность тракта передаваемого из порта в порт сигнала (<i>Frequency response transmission tracking</i>)	E_T	

Прибор измеряет амплитуды и фазы сигналов на входах a_1, b_1, b_2 при прямом зондировании и на входах a_2, b_1, b_2 – при обратном. Из измеренных значений вычисляются **измеряемые параметры рассеяния** ИУ по формулам:

$$S_{11}^M = \frac{b_{1F}}{a_{1F}}, \quad S_{21}^M = \frac{b_{2F}}{a_{1F}}, \quad S_{12}^M = \frac{b_{1R}}{a_{2R}}, \quad S_{22}^M = \frac{b_{2R}}{a_{2R}}, \quad (1)$$

где a, b – комплексные значения сигналов, цифра в индексе означает номер порта, а буква означает направление зондирования: F – прямое (от англ.: *forward*), R – обратное (от англ.: *reverse*); S – параметры рассеяния, верхний индекс M (от англ.: *measured*) означает измеряемый (некорректированный) S -параметр.

Перечисленные выше факторы ошибок линейным образом комбинируют с измеряемыми сигналами, что позволяет использовать линейную модель искажений в измерительной системе. Согласно этой модели мы имеем дело с идеальным (неискажающим) измерителем и виртуальными искажающими адаптерами, включенные последовательно в схему измерения, как показано на рисунках А.2 и А.3.

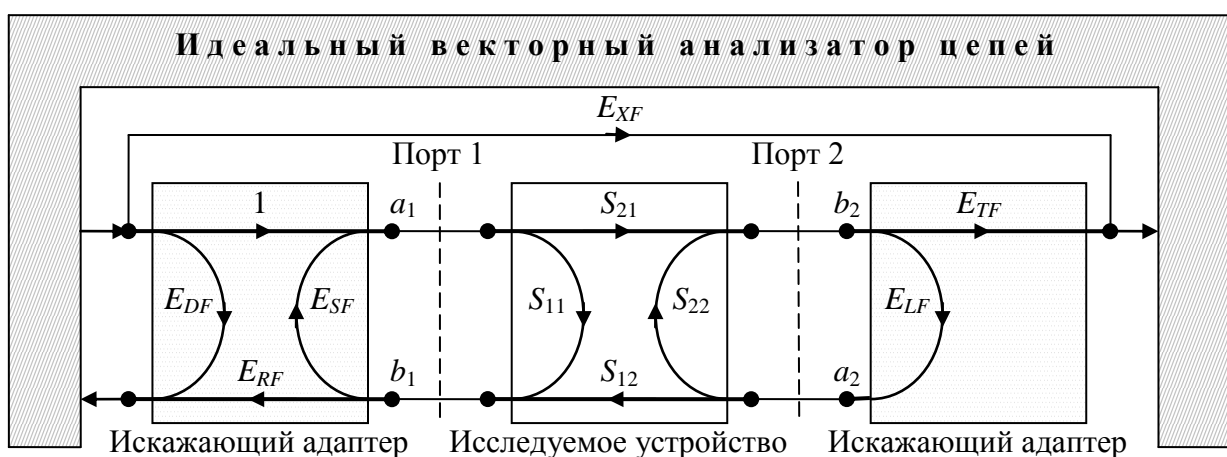


Рисунок А.2 – Модель с 6 факторами ошибок при прямом зондировании



Рисунок А.3 – Модель с 6 факторами ошибок при обратном зондировании

Свойства искажающих адаптеров описываются S-параметрами, представляющие собой факторы ошибок, приведённые в таблице А.1. Вторая буква в индексе – F или R, означает направление зондирования. Искажающие адаптеры характеризуют как цепи внутри измерителя, так и кабели СВЧ и переходы вплоть до соединителя, к которому подключались меры при калибровке и к которому должно подключаться ИУ. Можно сказать, что прибор калибруется в некотором сечении коаксиального тракта, обозначенного пунктирной линией на рисунках А.2 и А.3.

Если тестируется устройство с одним портом, то модель упрощается до 3 факторов ошибок и принимает вид как показано на рисунке А.4.

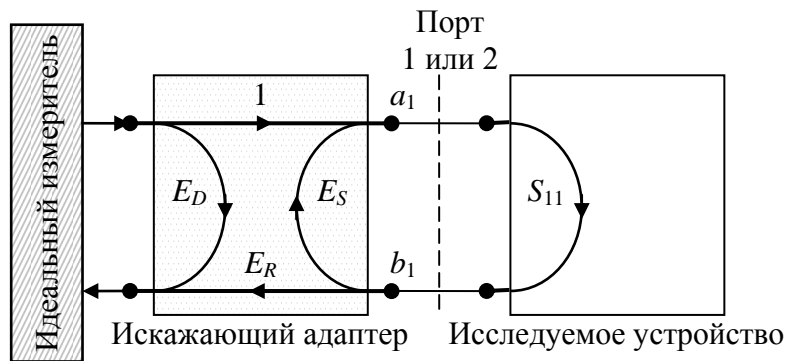


Рисунок А.4 – Модель с 3 факторами ошибок для работы с одним портом

Основываясь на сигнальных графах на рисунках А.2, А.3 и А.4 можно записать уравнения, определяющие связь измеряемых и истинных S-параметров:

$$S_{11}^M = f_{3err}(E_D, E_R, E_S, S_{11}) \quad \text{и} \quad S_{11} = f_{3err}^{-1}(E_D, E_R, E_S, S_{11}^M)$$

для модели с 3 факторами ошибок;

$$\begin{bmatrix} S_{11}^M & S_{12}^M \\ S_{21}^M & S_{22}^M \end{bmatrix} = f_{12err} \left(\{E\}, \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \right) \quad \text{и} \quad \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = f_{12err}^{-1} \left(\{E\}, \begin{bmatrix} S_{11}^M & S_{12}^M \\ S_{21}^M & S_{22}^M \end{bmatrix} \right)$$

для модели с 12 факторами ошибок {E}.

Целью калибровки является определение параметров модели – набора факторов ошибок {E}. Для этого выполняется ряд измерений устройств с известными параметрами. Изме-

ренные значения $\{S^M\}$ подставляются в приведённые выше уравнения. Получается система уравнений, которая решается относительно искомых параметров $\{E\}$. Все факторы ошибок $\{E\}$ являются частотно-зависимыми. Поэтому они оцениваются для каждой частотной точки в заданном пользователем диапазоне.

В зависимости от типа выполненной калибровки оцениваются и корректируются различное количество факторов ошибок. При этом соответственно достигаются различные точности измерений.

Нормировка коэффициента передачи использует запомненные в процессе калибровки коэффициенты передачи меры на проход: S_{21Thru}^M или S_{12Thru}^M . Дополнительно может быть измерена изоляция между портами: E_{XF} или E_{XR} .

Коррекция коэффициента передачи осуществляется в соответствии с выражением:

$$S_{21}^* = (S_{21}^M - E_{XF}^*) \cdot \frac{S_{21Thru}}{S_{21Thru}^M}, \quad S_{12}^* = (S_{12}^M - E_{XR}^*) \cdot \frac{S_{12Thru}}{S_{12Thru}^M},$$

где S_{21}^* и S_{12}^* – оценки коэффициента передачи (здесь и далее символ '*' в верхнем индексе означает оценку параметра), S_{21Thru} и S_{12Thru} – известные коэффициенты передачи меры на проход.

Изоляция $E_{XF}^* = S_{21}^M$ и $E_{XR}^* = S_{12}^M$ измеряется при подключении двух согласованных нагрузок. Если при калибровке был пропущен этап измерения изоляции, то $E_X^* = 0$.

Если калибровка выполнялась на произвольную меру передачи (с неизвестными коэффициентами передачи), то S_{21Thru} , S_{12Thru} принимаются равными 1. В этом случае оценки S_{21}^* и S_{12}^* будут представлять собой отличие коэффициента передачи ИУ от коэффициентов передачи меры, на которую выполнялась калибровка, что часто применяется при настройке по образцу.

Нормировка коэффициента отражения может выполняться на величину отражения от нагрузки XX или на среднее (с учётом фазы) отражений от нагрузки XX и КЗ. Дополнительно может быть измерено отражение от согласованной нагрузки. Коррекция коэффициентов отражения выполняется по формулам:

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Open}^M - E_{DF}^*} \cdot \Gamma_{Open} \quad \text{или} \quad S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Short}^M - E_{DF}^*} \cdot \Gamma_{Short}, \quad \text{при использовании од-}$$

ной нагрузки XX или КЗ;

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{\frac{S_{11Open}^M - E_{DF}^*}{\Gamma_{Open}} + \frac{S_{11Short}^M - E_{DF}^*}{\Gamma_{Short}}} \cdot 2, \quad \text{при использовании двух нагрузок XX и КЗ;}$$

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Калиб}^M - E_{DF}^*}, \quad \text{при калибровке на произвольную нагрузку,}$$

где S_{11}^* – оценки коэффициента отражения, Γ_{Open} и Γ_{Short} – известные коэффициенты отражения нагрузок XX и КЗ, S_{11Open}^M и $S_{11Short}^M$ – измеренные при калибровке коэффициенты отражения от нагрузок XX и КЗ, $S_{11Калиб}^M$ – измеренные при калибровке коэффициент отражения от произвольной нагрузки.

В качестве оценки направленности используется измеренный коэффициент отражения от согласованной нагрузки: $E_{DF}^* = S_{11Load}^M$. Если при калибровке не использовалась согласованная нагрузка, то $E_{DF}^* = 0$.

Если калибровка выполнялась на произвольную нагрузку (с неизвестными коэффициентами отражения), оценка S_{11}^* будут представлять собой отличие коэффициентов отражения ИУ от коэффициента отражения нагрузки, на которую выполнялась калибровка, что может

применяться при настройке по образцу.

Аналогичные выражения можно записать для S_{22} и зондирования в обратном направлении.

Однопортовая векторная калибровка оценивает и корректирует факторы ошибок E_D , E_R и E_S .

Двухпортовая векторная калибровка в одном направлении оценивает факторы ошибок E_D , E_R , E_S , E_T и E_X (если в процессе калибровки не было пропущено измерение изоляции). При измерении отражения для коррекции используются те же формулы, что и при однопортовой калибровке, и компенсируются те же факторы ошибок E_D , E_R и E_S . При измерении передачи компенсируются 5 или 4 оцененных факторов ошибок.

Полная двухпортовая векторная калибровка в обоих направлениях компенсирует 10 факторов ошибок (исключая изоляцию E_X) или все 12, обеспечивая наивысшую точность измерений.

Для однопортовой и полной двухпортовой калибровки нормируются пределы погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения (см. пункт «Технические характеристики» РЭ часть I).

Приложение Б (справочное)

Описание наборов калибровочных мер

Меры – устройства с известными характеристиками, подключаемые к измерительным портам в процессе калибровки. Из мер составляются наборы, позволяющие выполнить те или иные виды калибровок. Характеристики входящих в набор мер содержатся в файле описания калибровочного набора. Ниже рассмотрены характеристики мер и средства для их просмотра и редактирования.

Необходимость создания и редактирования файла описания калибровочного набора может возникнуть при использовании калибровочного набора стороннего производителя, при измерениях на пластине и в других случаях, когда нет возможности использовать поставляемый с измерителем набор мер.

Для создания и редактирования файлов описания калибровочных наборов служит "Редактор наборов калибровочных мер", который можно запустить, воспользовавшись ярлыком "Пуск \ Программы \ Микран \ Graphit Р4М 2.2rc3 \ Редактор наборов калибровочных мер", или дважды щёлкнув по названию набора в окне управления наборами калибровочных мер ПО *Graphit*. При запуске редактора из ПО *Graphit* блокируются функции записи в открытый файл набора, чтобы исключить непреднамеренное искажение характеристик.

На рисунке Б.1 представлено окно редактора наборов после чтения файла описания набора.

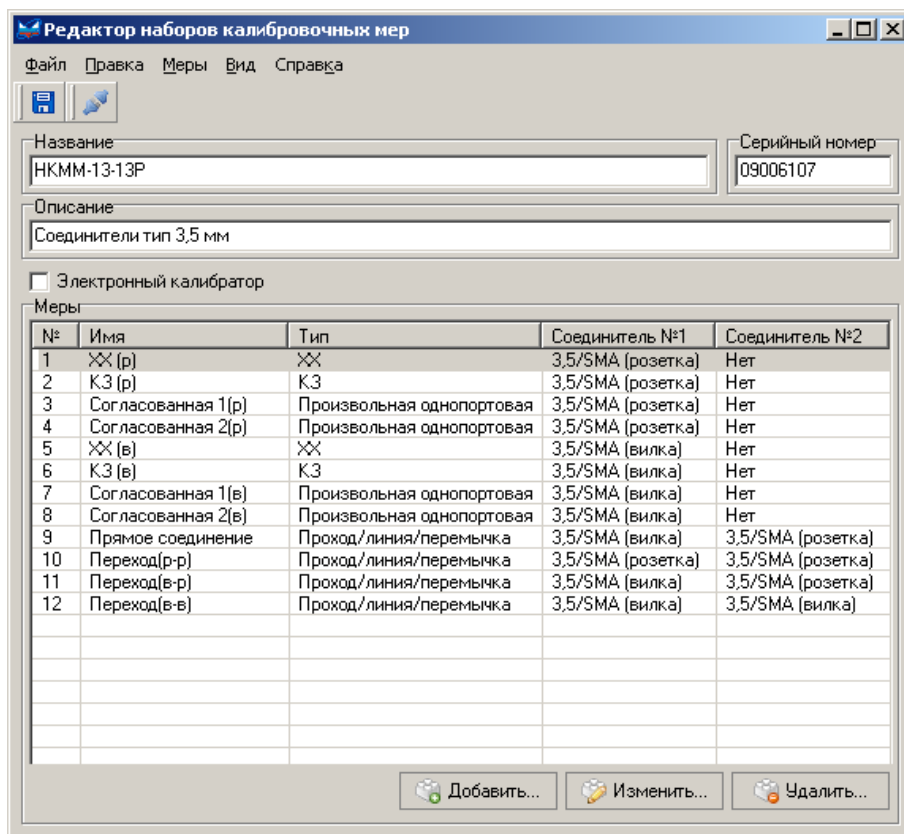


Рисунок Б.1 – Окно редактора наборов калибровочных мер

Нажатие кнопки с изображением двух разъёмов открывает диалоговое окно, позволяющее задать список используемых в наборе соединителей.

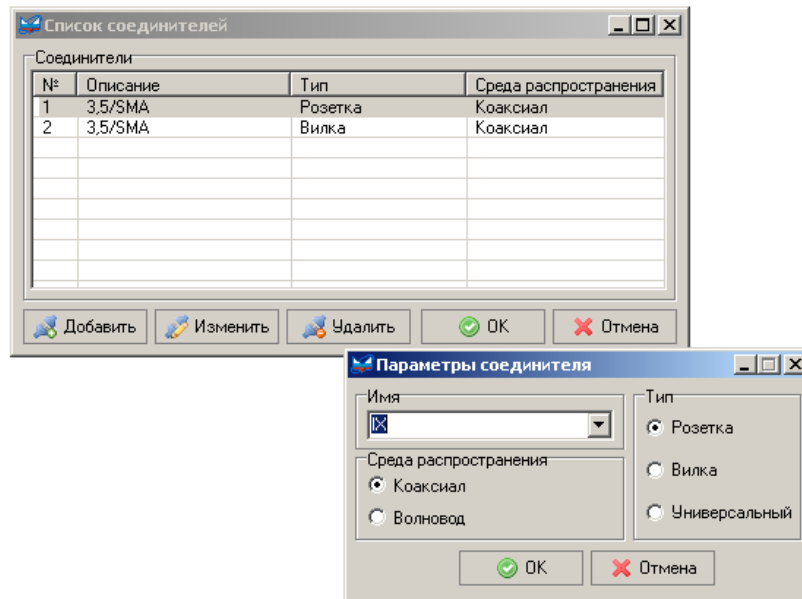


Рисунок Б.2 – Управление списком используемых соединителей

С помощью кнопки "Добавить" в список используемых соединителей добавляется новая запись. Чтобы изменить запись, следует выделить соответствующую строку в списке и нажать кнопку "Изменить" или дважды щелкнуть "мышью" по соответствующей строке в списке.

При добавлении или изменении записи появляется диалоговое окно, изображённое в правой части рисунка Б.2. Поле ввода со списком "Тип" позволяет выбрать тип соединителя из списка – Ш, IX, N, 3,5/SMA, или ввести собственное наименование, например: "Щуп № 1". Радио-кнопки в группе "Вид" позволяют выбрать вид соединителя – розетка, вилка или универсальный.

Для калибровки используются следующие типы мер:

а) Меры отражения

- Нагрузка холостого хода
- Нагрузка короткозамкнутая
- Согласованная нагрузка
- Произвольная однопортовая нагрузка

б) Мера передачи – перемычка, переход или линия передачи

Характеристики мер задаются таблично или параметрически. В случае параметрического описания мер отражения отдельно рассматривают отражающую часть – КЗ или ХХ, и линию передачи, смещающую (англ.: *offset*) отражающую часть от плоскости калибровки, как показано на рисунке Б.3.

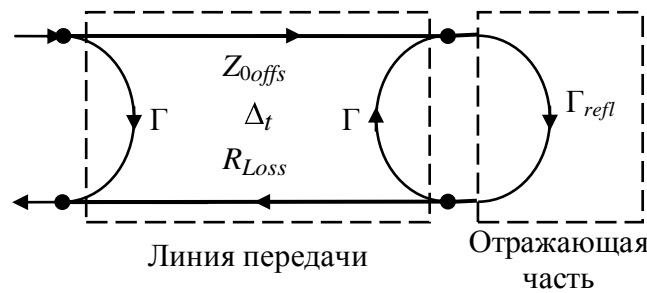


Рисунок Б.3 – Модель меры отражения

Линия передачи характеризуется следующими параметрами:

- Δ_t [с] – задержка сигнала в линии передачи (англ.: *Offset delay*) при распространении в одну сторону;
- Z_{0offs} [Ом] – характеристическое сопротивление линии передачи без учёта потерь (англ.: *Offset Z₀*);
- R_{Loss} [ГОм/с] – потери в линии передачи (англ.: *Offset loss*);
- предполагается, что характеристический импеданс линии передачи равен импедансу системы, поэтому коэффициент отражения от линии передачи $\Gamma = 0$.

Коэффициент отражения Γ_{refl} произвольной нагрузки задаётся действительным числом. Для согласованной нагрузки $\Gamma_{refl} = 0$. Коэффициенты отражения Γ_{refl} для нагрузок ХХ и КЗ вычисляются по формулам:

$$\Gamma_{reflOpen} = \frac{1 - i \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_r \cdot C}{1 + i \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_r \cdot C}, \quad C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3,$$

$$\Gamma_{reflShort} = \frac{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L - Z_r}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L + Z_r}, \quad L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3,$$

где f [Гц] – частота, Z_r [Ом] – импеданс системы;

C – паразитная ёмкость, аппроксимируемая полиномом с коэффициентами;

C_0 [10-15 Ф], C_1 [10-27 Ф/Гц], C_2 [10-36 Ф/Гц²], C_3 [10-45 Ф/Гц³];

L – паразитная индуктивность, аппроксимируемая полиномом с коэффициентами

L_0 [10-12 Гн], L_1 [10-24 Гн/Гц], L_2 [10-33 Гн/Гц²], L_3 [10-42 Гн/Гц³].

Перечисленные выше параметры задаются в диалоговом окне (см. рисунок Б.4), появляющимся после нажатия кнопки "Добавить" или "Изменить", или после двойного щелчка "мышью" по строке в списке мер.

Текст из поля ввода "Название" будет отображаться "Мастером калибровки" на соответствующем шаге калибровки. Текст из поля ввода "Серийный номер" нигде не используется, но может быть полезен для идентификации однотипных нагрузок.

Радио-кнопки в группе "Тип" задают тип меры. Поля со списком "Соединитель № 1" и "Соединитель № 2" (только для меры передачи) задают типы соединителей.

Поля с регулировкой значения в группе "Коэффициенты полинома" задают коэффициенты полинома, аппроксимирующего зависимости паразитной ёмкости и индуктивности, для нагрузок ХХ и КЗ. Группа неактивна для других типов мер или при установленном флажке "Табличное представление".

Поля с регулировкой значения в группе "Параметры" задают параметры линии передачи: Δ_t , R_{Loss} и Z_{0offs} , рассмотренные выше. Группа неактивна при установленном флажке "Табличное представление".

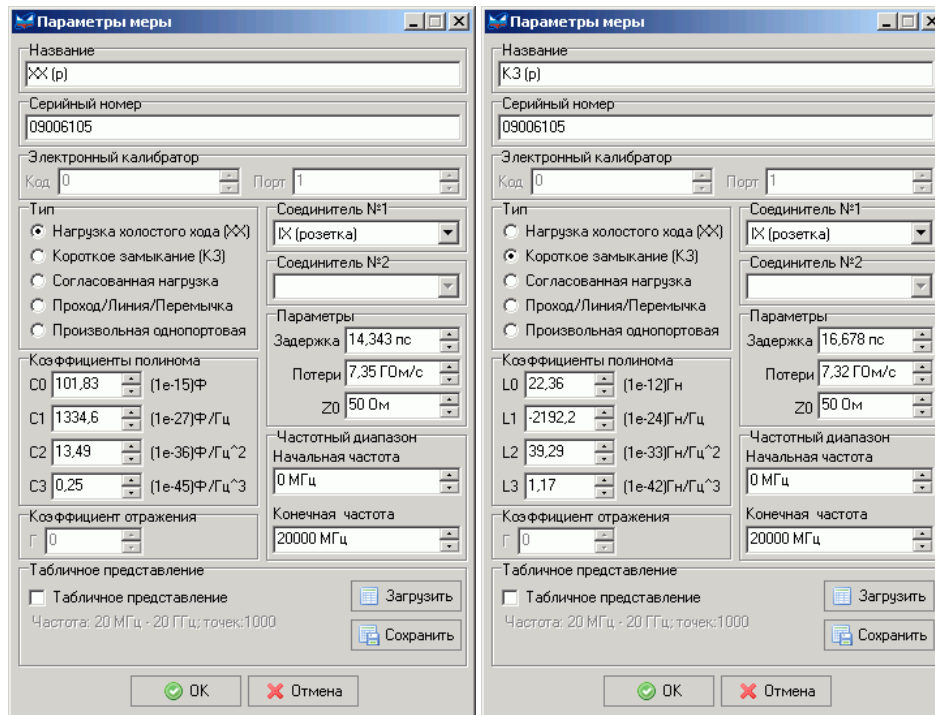


Рисунок Б.4 – Параметры нагрузок XX и КЗ

В группе "Частотный диапазон" задаются начало и конец диапазона рабочих частот.

Поле с регулировкой значения "Коэффициент отражения" активен только при параметрическом описании произвольной однопортовой нагрузки.

Кнопка "Загрузить" в группе "Табличное представление" позволяет считать *SIP*- или *S2P*-файл, содержащий таблицу *S*-параметров калибровочной меры. Если мера однопортовая, а считывается *S2P*-файл, то пользователю будет предложено выбрать один из двух коэффициентов отражения, как показано на рисунке Б.5.

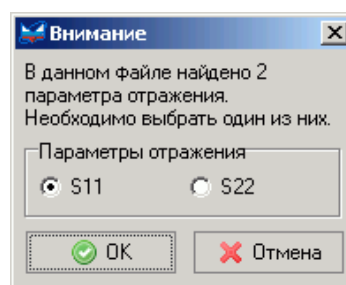


Рисунок Б.5

Кнопка "Сохранить" позволяет сохранить на диск *SIP*-файл для однопортовых мер или *S2P*-файл для двухпортовых.

На рисунке Б.6 приведены два варианта описания согласованной нагрузки – параметрическое (в левой части рисунка) и табличное (в правой). При параметрическом описании коэффициент отражения принимается равный нулю. Более предпочтительно табличное описание, позволяющее учесть неидеальность согласованной нагрузки.

Среди описаний мер передачи следует отметить вариант прямого подключения измерительных портов друг к другу. Чтобы мастер калибровки предложил такое соединение, в списке мер должна присутствовать запись о фиктивной мере передачи с нулевой задержкой и

с соединителями различного вида – вилкой и розеткой (запись № 9 в списке на рисунке Б.1).

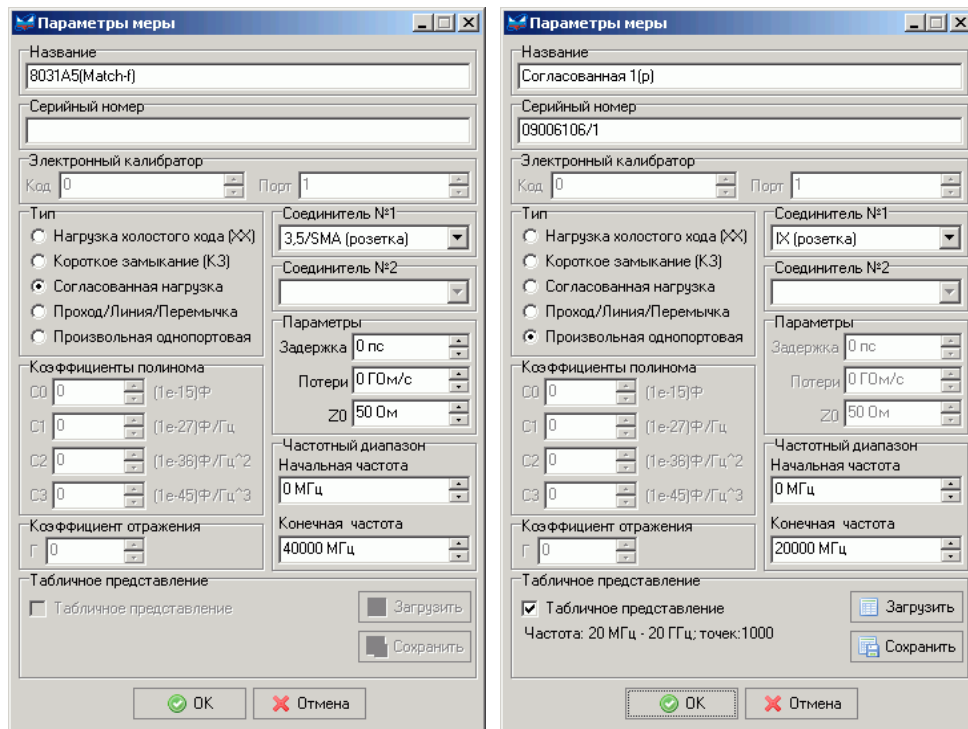


Рисунок Б.6 – Описание согласованных нагрузок

Мастер калибровки выбирает из списка меры, с подходящими соединителями и диапазоном рабочих частот. Для каждой найденной в списке меры отражения (их должно быть от 3 до 6) будет выполнен этап калибровки на отражение. Для калибровки на проход будет использована первая по списку подходящая мера передачи. Если требуется изменить перечень используемых в калибровке мер, то можно сделать копию файла калибровочных мер и удалить из него лишние записи или создать новый вариант калибровки.