

Утвержден
ЖНКЮ.468166.032 РЭ-ЛУ

АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЙ

Руководство по эксплуатации

ЖНКЮ.468166.032 РЭ

Содержание

Обозначения и сокращения	3
1 Описание и работа анализаторов	5
2 Использование по назначению	32
3 Техническое обслуживание	185
4 Текущий ремонт	195
5 Хранение	197
6 Транспортирование	198
7 Утилизация	198
Приложение А (справочное) Программный интерфейс управления	199
Приложение Б (справочное) Решение проблем при настройке сетевых параметров	201
Приложение В (справочное) Перечень возможных неисправностей	208
Приложение Г (справочное) Примеры арифметических выражений, выполняемых при работе связанных маркеров	209
Приложение Д (справочное) Погрешности измерений	210
Приложение Е (справочное) Описание наборов калибровочных мер	217
Приложение Ж (справочное) Пример измерения нелинейности ФЧХ	224
Приложение З (справочное) Пример работы системы синхронизации анализатора	226
Приложение И (справочное) Пример измерения параметров устройства с преобразованием частоты	228
Приложение К (справочное) Пример измерений в импульсном режиме	232
Ссылочные нормативные документы	234

Обозначения и сокращения

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;
ГВЗ – групповое время запаздывания;
ВЧ – высокая частота;
ИУ – измеряемое устройство;
КО – коэффициент отражения;
КП – коэффициент передачи;
КЗ – короткое замыкание;
КУ – коэффициент усиления;
МП – методика поверки;
ОГ – опорный генератор;
ПК – персональный компьютер;
ПО – программное обеспечение;
ПЧ – промежуточная частота;
РЭ – руководство по эксплуатации;
СВЧ – сверхвысокая частота;
СЧ – синтезатор частот;
ТУ – технические условия;
ФПЧ – фильтр промежуточной частоты;
ФЧХ – фазо-частотная характеристика;
ХХ – холостой ход;
ЧХ – частотная характеристика;
DC – direct current (постоянный ток);
DHCP – dynamic host configuration protocol (протокол динамической настройки узла);
DNS – domain name system (система доменных имен);
IP – internet protocol (межсетевой протокол);
FTP – file transfer protocol (протокол передачи файлов);
LRL – line-reflection-line (линия – неизвестный стандарт на отражение – линия);
LRM – line-reflection-match (линия – неизвестный стандарт на отражение – известная согласованная нагрузка);
SCPI – standard commands for programmable instruments (стандартные команды для программируемых приборов);
SOLT – short/open/load/thru (нагрузка короткого замыкания/ нагрузка холостого хода/ согласованная нагрузка/ перемычка);
TCP – transmission control protocol (протокол управления передачей);
TRL – thru-reflection-line (перемычка – неизвестный стандарт на отражение – линия);
TRM – thru-reflection-match (перемычка – неизвестный стандарт на отражение – известная согласованная нагрузка);
USB – universal serial bus (универсальная последовательная шина).

Руководство по эксплуатации ЖНКЮ.468166.032 РЭ предназначено для изучения анализатора цепей векторного Р4213 ЖНКЮ.468166.032 и его исполнений, а также анализатора цепей векторного Р4226 ЖНКЮ.468166.033 и его исполнений (далее – анализаторы, кроме случаев, когда требуется уточнение).

Настоящее руководство по эксплуатации содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) анализаторов и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации анализаторов¹⁾ и оценки их технического состояния при определении необходимости их отправки в ремонт, а также сведения по утилизации анализаторов.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию анализаторов изменения, не влияющие на их характеристики.

¹⁾ Использование по назначению, техническое обслуживание, текущий ремонт, хранение и транспортирование.

1 Описание и работа анализаторов

1.1 Назначение анализаторов

1.1.1 Действие настоящего РЭ распространяется на анализаторы, приведенные в таблицах 1.1 и 1.2, и предназначенные для измерения комплексных КО и КП¹⁾ двухполосников и четырехполосников.

Таблица 1.1

Код анализатора	Обозначение КД	Аппаратная опция
P4213/1	ЖНКЮ.468166.032	01Р
P4213/2	ЖНКЮ.468166.032-01	11Р
P4213/3	ЖНКЮ.468166.032-02	01Р, ДПА
P4213/4	ЖНКЮ.468166.032-03	11Р, ДПА
P4213/5	ЖНКЮ.468166.032-04	01Р, ДМА
P4213/6	ЖНКЮ.468166.032-05	11Р, ДМА
Примечания 1 Здесь и далее для краткости при уточнениях группу анализаторов, перечисленных в таблице 1.1, будем называть «Р4213». 2 Информацию об аппаратных опциях анализаторов см. в подразделе 1.4 настоящего РЭ.		

Таблица 1.2

Код анализатора	Обозначение КД	Аппаратная опция
P4226/1	ЖНКЮ.468166.033	13Н
P4226/2	ЖНКЮ.468166.033-01	13Н, ДПА
P4226/3	ЖНКЮ.468166.033-02	13Н, ДМА
P4226/4	ЖНКЮ.468166.033-03	13Н, ДПА и СПА
P4226/5	ЖНКЮ.468166.033-04	13Н, ДМА и СПА
Примечания 1 Здесь и далее для краткости при уточнениях группу анализаторов, перечисленных в таблице 1.2, будем называть «Р4226». 2 Информацию об аппаратных опциях анализаторов см. в подразделе 1.4 настоящего РЭ.		

¹⁾ S-параметры.

1.1.2 Анализаторы позволяют определять параметры устройств, работающих в линейном, нелинейном, а также квазилинейном режимах, пассивных и активных устройств, частотно-постоянных и частотно-преобразующих устройств¹⁾.

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

1.1.4 Анализаторы соответствуют требованиям ТР ТС 020²⁾ в области радиоэлектронной защиты и электромагнитной совместимости и работают в нормальных условиях применения:

- температура окружающего воздуха от 20 °С до 30 °С;
- относительная влажность воздуха не более 85 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт. ст.).

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Диапазон рабочих частот анализаторов без калибровки лежит в пределах:

- от 0,003 до 13,500 ГГц для анализаторов P4213;
- от 0,01 до 26,50 ГГц для анализаторов P4226.

Диапазон рабочих частот анализаторов после калибровки калибровочным набором или электронным калибратором соответствует требованиям, приведенным в таблице 1.3.

Т а б л и ц а 1.3

Наименование калибровочного набора	Диапазон частот, ГГц	
	P4213	P4226
Наборы НКММ и электронные калибраторы, перечисленные в таблицах 1.15, 1.16 и 1.21	от 0,01 до 13,50	от 0,01 до 26,50
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-01-01Р ЖНКЮ.468955.097	от 2,59 до 3,94	от 2,59 до 3,94
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-11-11Р ЖНКЮ.468955.097-01	от 2,59 до 3,94	от 2,59 до 3,94

¹⁾ Постоянные и управляемые аттенюаторы, смесители, умножители частоты, модуляторы, отрезки линий передачи, резонаторы, ответвители, делители, фильтры, мосты, нагрузки, адаптеры, линии задержки, переключатели, усилители, генераторы и др.

²⁾ Подробности см. в ЖНКЮ.468166.032 ТУ.

Наименование калибровочного набора	Диапазон частот, ГГц	
	P4213	P4226
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-72х34-01Р-01Р ЖНКЮ.468955.097-02	от 2,59 до 3,94	от 2,59 до 3,94
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-72х34-11Р-11Р ЖНКЮ.468955.097-01	от 2,59 до 3,94	от 2,59 до 3,94
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-40х20-11-11Р ЖНКЮ.468955.082	от 4,80 до 6,85	от 4,80 до 6,85
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-40х20-11Р-11Р ЖНКЮ.468955.082-01	от 4,80 до 6,85	от 4,80 до 6,85
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-40х20-01-01Р ЖНКЮ.468955.083	от 4,80 до 6,85	от 4,80 до 6,85
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-40х20-01Р-01Р ЖНКЮ.468955.083-01	от 4,80 до 6,85	от 4,80 до 6,85
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-35х15-01-01Р ЖНКЮ.468955.057	от 5,64 до 8,15	от 5,64 до 8,15
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-35х15-11-11Р ЖНКЮ.468955.058	от 5,64 до 8,15	от 5,64 до 8,15
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-01-01Р ЖНКЮ.468955.026	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-11-11Р ЖНКЮ.468955.027	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-01Р-01Р ЖНКЮ.468955.040	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-11Р-11Р ЖНКЮ.468955.041	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-13-13Р ЖНКЮ.468955.078	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93

Наименование калибровочного набора	Диапазон частот, ГГц	
	P4213	P4226
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-13Р-13Р ЖНКЮ.468955.089	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-03-03Р ЖНКЮ.468955.090	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-28,5х12,6-03Р-03Р ЖНКЮ.468955.091	от 6,85 до 9,93	от 6,85 до 9,93
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-01-01Р ЖНКЮ.468955.028	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-11-11Р ЖНКЮ.468955.029	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-03-03Р ЖНКЮ.468955.030	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-13-13Р ЖНКЮ.468955.031	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-01Р-01Р ЖНКЮ.468955.042	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-11Р-11Р ЖНКЮ.468955.043	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-03Р-03Р ЖНКЮ.468955.044	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-23х10-13Р-13Р ЖНКЮ.468955.045	от 8,15 до 12,05	от 8,15 до 12,05
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-01-01Р ЖНКЮ.468955.032	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-11-11Р ЖНКЮ.468955.033	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44

Наименование калибровочного набора	Диапазон частот, ГГц	
	P4213	P4226
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-03-03Р ЖНКЮ.468955.034	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-13-13Р ЖНКЮ.468955.035	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-01Р-01Р ЖНКЮ.468955.046	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-11Р-11Р ЖНКЮ.468955.047	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-03Р-03Р ЖНКЮ.468955.048	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-16х8-13Р-13Р ЖНКЮ.468955.049	от 12,05 до 13,50	от 12,05 до 17,44
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-11х5,5-03-03Р ЖНКЮ.468955.036	-	от 17,44 до 25,95
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-11х5,5-13-13Р ЖНКЮ.468955.037	-	от 17,44 до 25,95
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-11х5,5-03Р-03Р ЖНКЮ.468955.050	-	от 17,44 до 25,95
Набор калибровочных мер волновод- ный НКМВ-У-11х5,5-13Р-13Р ЖНКЮ.468955.051	-	от 17,44 до 25,95
*Диапазон рабочих частот анализаторов при калибровке набором НКММ или калиб- ратором определяется диапазоном рабочих частот устройств из набора НКММ или калибра- тора и диапазоном рабочих частот анализаторов без калибровки.		

1.2.2 Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора в течение одного года в рабочем диапазоне температур окружающей среды составляют $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

1.2.3 Минимальный шаг перестройки по частоте 1 Гц.

1.2.4 Волновое сопротивление измерительных портов разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» составляет 50 Ом.

1.2.5 Диапазон установки уровня выходной мощности соответствует требованиям таблицы:

- 1.4 для Р4213;
- 1.5 для Р4226.

Таблица 1.4

Диапазон частот, ГГц	Диапазон установки уровня выходной мощности, дБ/мВт*	
	Без опции «ДМА»	С опцией «ДМА»
от 0,003 до 0,010 включ.	от –20 до 5	от –50 до 5
св. 0,01 до 6,00 включ.	от –20 до 10	от –50 до 10
св. 6,0 до 13,5 включ.	от –25 до 10	
* Сокращение дБ/мВт обозначает уровень мощности в дБ относительно 1 мВт.		

Таблица 1.5

Диапазон частот, ГГц	Диапазон установки уровня выходной мощности, дБ/мВт	
	Без опции «ДМА»	С опцией «ДМА»
От 0,01 до 13,25 включ.	от –20 до 10	от –50 до 10
св. 13,25 ГГц до 26,50 включ.	от –25 до 10	

1.2.6 Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня выходной мощности составляют:

- ± 1 дБ при уровне мощности от минус 20 до 10 дБ/мВт;
- $\pm 1,5$ дБ при уровне мощности менее минус 20 дБ/мВт.

1.2.7 Пределы допускаемой относительной погрешности измерения уровня входной мощности¹⁾ составляют $\pm 1,5$ дБ.

1.2.8 Диапазон ослаблений аттенюаторов приемника сигнала для анализаторов с опцией «ДМА» лежит в пределах от 0 до 30 дБ с шагом 10 дБ.

1.2.9 Уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц для анализаторов соответствует требованиям таблицы:

- 1.6 для анализаторов Р4213;
- 1.7 для анализаторов Р4226.

¹⁾ Для диапазона установки уровня выходной мощности.

Таблица 1.6

Диапазон частот, ГГц	Уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, не более, дБ/мВт
От 0,0003 до 0,0100 включ.	–100
Св. 0,01 до 13,50	–125

Таблица 1.7

Диапазон частот, ГГц	Уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, не более, дБ/мВт
От 0,05 до 0,20 включ.	–80
Св. 0,2 до 0,5 включ.	–120
Св. 0,5 до 1,0 включ.	–125
Св. 1,00 до 13,25 включ.	–127
Св. 13,25 до 26,50	–133

1.2.10 Диапазон измерений модуля КО лежит в пределах от 0 до 1¹⁾.

1.2.11 Диапазон измерений модуля КП соответствует требованиям таблицы:

- 1.8 для Р4213;
- 1.9 для Р4226.

Примечание – Диапазон и погрешность измерений модуля КП от 0 до 30 (35) дБ обеспечивается после выполнения полной двухпортовой калибровки при уровне выходной мощности минус 20 (минус 25) дБ/мВт.

Таблица 1.8

Диапазон частот, ГГц	Диапазон измерений модуля КП, дБ
От 0,0003 до 0,0100 включ.	От –90 до 30
Св. 0,01 до 13,50	От –115 до 35

¹⁾ Нормировка погрешностей в настоящих ТУ производится в диапазоне модуля КО от 0,012 до 0,998 и полосе пропускания фильтра ПЧ от 10 Гц до 1кГц.

Таблица 1.9

Диапазон частот, ГГц	Диапазон измерений модуля КП, дБ
От 0,01 до 0,20 включ.	от –70 до 30
Св. 0,2 до 0,5 включ.	от –110 до 30
Св. 0,5 до 1,0 включ.	от –115 до 30
Св. 1,00 до 13,25 включ.	от –117 до 35
Св. 13,25 до 26,50	от –123 до 35

1.2.12 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КО двухполюсников ΔS_{11}^{II} (ΔS_{22}^{II}) при калибровке определяются формулой:

- 1.1, если калибровка производится набором НКММ;
- 1.2, если калибровка производится калибратором;
- 1.3, если калибровка производится набором НКМВ-У.

$$\pm(0,011+0,006 |S_{11}|+0,014 |S_{11}|^2), \quad (1.1)$$

где $|S_{11}|$ – модуль КО ИУ в относительных единицах,

$$\pm(0,012+0,011 |S_{11}|+0,032 |S_{11}|^2), \quad (1.2)$$

$$\pm(0,01+0,011 |S_{11}|+0,032 |S_{11}|^2). \quad (1.3)$$

Примечание – При расчете пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КО для двухполюсника ΔS_{22}^{II} вместо $|S_{11}|$ необходимо использовать модуль КО ИУ $|S_{22}|$.

1.2.13 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КО четырехполюсников ΔS_{11} (ΔS_{22}) при калибровке определяются формулой:

- 1.4, если калибровка производится набором НКММ;
- 1.5, если калибровка производится калибратором;
- 1.6, если калибровка производится набором НКМВ-У.

$$\pm(0,011+0,006 |S_{11}|+0,014 |S_{11}|^2+0,014 |S_{21}| \cdot |S_{12}|), \quad (1.4)$$

где $|S_{12}|$ – модуль КП ИУ в относительных единицах,

$$\pm(0,012+0,011 |S_{11}|+0,032 |S_{11}|^2+0,018 |S_{21}| \cdot |S_{12}|), \quad (1.5)$$

$$\pm(0,01+0,011 |S_{11}|+0,032 |S_{11}|^2+0,018 |S_{21}| \cdot |S_{12}|). \quad (1.6)$$

Примечание – При расчете пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КО для четырехполюсника ΔS_{22} вместо $|S_{11}|$ и $|S_{12}|$ необходимо использовать модуль КО ИУ $|S_{22}|$ и $|S_{21}|$.

1.2.14 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы КО двухполюсников $\Delta S''_{11}$ ($\Delta S''_{22}$) при калибровке определяются формулой:

- 1.7 при измерениях непосредственно на порту анализатора;
- 1.8 при измерениях с использованием кабелей из таблиц 1.18 и 1.19 (далее – кабели СВЧ).

$$\pm \left(\frac{180}{\pi} \right) \cdot \arcsin \left(\frac{\Delta S''_{11}}{|S_{11}|} \right), \quad (1.7)$$

$$\pm \left(I + \frac{180}{\pi} \cdot \arcsin \left(\frac{\Delta S''_{11}}{|S_{11}|} \right) \right). \quad (1.8)$$

1.2.15 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы КО четырехполюсников ΔS_{11} (ΔS_{22}) при калибровке определяются формулой:

- 1.9 при измерениях непосредственно на порту анализатора;
- 1.10 при измерениях с использованием кабелей СВЧ.

$$\pm \left(\frac{180}{\pi} \right) \cdot \arcsin \left(\frac{\Delta S_{11}}{|S_{11}|} \right), \quad (1.9)$$

$$\pm \left(I + \frac{180}{\pi} \cdot \arcsin \left(\frac{\Delta S_{11}}{|S_{11}|} \right) \right). \quad (1.10)$$

1.2.16 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КП ΔS_{21} (ΔS_{12}) при калибровке определяются формулой:

- 1.11, если калибровка производится набором НКММ;
- 1.12, если калибровка производится калибратором;
- 1.13, если калибровка производится набором НКМВ-У.

$$\pm 20 \lg(I - (0,02 + 0,014 |S_{11}| + 0,014 |S_{22}| + \left(\frac{5}{2}\right)^N \cdot 5 \cdot 10^{-6} |S_{21}|^{-1})), \quad (1.11)$$

$$\pm 20 \lg(I - (0,025 + 0,032 |S_{11}| + 0,018 |S_{22}| + \left(\frac{5}{2}\right)^N \cdot 5 \cdot 10^{-6} |S_{21}|^{-1})), \quad (1.12)$$

$$\pm 20 \lg(I - (0,03 + 0,014 |S_{11}| + 0,014 |S_{22}| + \left(\frac{5}{2}\right)^N \cdot 5 \cdot 10^{-6} |S_{21}|^{-1})), \quad (1.13)$$

где N – коэффициент, определяемый полосой пропускания фильтра ПЧ ($\Delta f_{ПЧ}$).

Примечание – Коэффициент N может принимать различные значения в зависимости от полосы пропускания фильтра ПЧ: $N=0$ при полосе пропускания фильтра ПЧ $\Delta f_{ПЧ} = 10$ Гц, $N=1$ при $\Delta f_{ПЧ} = 100$ Гц, $N=2$ при $\Delta f_{ПЧ} = 1000$ Гц, $N=3$ при $\Delta f_{ПЧ} = 10000$ Гц.

1.2.17 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы КП, определяются формулой 1.14.

Примечание – При расчете используются ΔS_{21} и $|S_{21}|$ в линейном масштабе и относительных единицах.

$$\pm (0,5 + (\frac{180}{\pi}) \cdot \arcsin(1 - 10^{\frac{\Delta S_{21}}{20}})). \quad (1.14)$$

1.2.18 Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот, при выходной мощности 0 дБ/мВт и полосе фильтра ПЧ 1 кГц соответствует требованиям таблицы:

- 1.10 для Р4213;
- 1.11 для Р4226.

Таблица 1.10

Диапазон частот, ГГц	Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот, при выходной мощности 0 дБ/мВт и полосе фильтра ПЧ 1 кГц
От 0,0003 до 0,0100 включ.	0,01
Св. 0,01 до 13,50	0,003

Таблица 1.11

Диапазон частот, ГГц	Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот, при выходной мощности 0 дБ/мВт и полосе фильтра ПЧ 1 кГц
От 0,01 до 0,10 включ.	0,01
Св. 0,1 до 26,5	0,003

1.2.19 Нескорректированные модули КО для портов анализаторов в режимах источника и приемника сигналов соответствуют требованиям таблицы:

- 1.12 для Р4213;
- 1.13 для Р4226.

Таблица 1.12

Диапазон частот, ГГц	Нескорректированный модуль КО, не более, дБ	
	В режиме источника сигналов	В режиме приемника сигналов
От 0,01 до 2,00 включ.	–20	–20
Св. 2,0 до 13,5	–12	–10

Таблица 1.13

Диапазон частот, ГГц	Нескорректированный модуль КО, не более, дБ	
	В режиме источника сигналов	В режиме приемника сигналов
От 0,01 до 12,00 ГГц включ.	–14	–12
Св. 12,0 до 26,5 ГГц	–10	–9

1.2.20 Нескорректированная направленность анализаторов соответствуют требованиям таблицы 1.14.

Таблица 1.14

Диапазон частот, ГГц	Нескорректированная направленность, не более, дБ	
	Анализаторы Р4213	Анализаторы Р4226
От 0,01 до 2,00 включ.	–25	–18
Св. 2,0 до 13,5 включ.	–18	–18
Св. 13,5 до 26,5 включ.	-	

1.2.21 Максимальная допустимая мощность на входе измерительных портов разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» – не более 27 дБ/мВт.

1.2.22 Напряжение питания¹⁾ анализаторов лежит в диапазоне от 205 до 250 В.

1.2.23 Мощность, потребляемая анализаторами, не более:

- 120 В·А для Р4213;

- 130 В·А для Р4226.

1.2.24 Время установления рабочего режима не более 1 ч.

¹⁾ От сети переменного тока частотой 50 Гц.

1.2.25 Время непрерывной работы не менее 16 ч.

1.3 Состав анализаторов

1.3.1 В комплект поставки анализаторов входят:

- анализатор (см. таблицы 1.1 – 1.2);
- кабель Ethernet;
- кабель питания;
- перемычки¹⁾;
- кабель СВЧ;
- калибровочный набор НКМВ-У или электронный калибратор;
- ключ тарированный;
- ключ поддерживающий;
- ПО «Graphit R4M»²⁾;
- транспортировочный кейс;
- эксплуатационная документация³⁾.

Примечания

1 В комплекте с анализатором может поставляться один или несколько калибровочных наборов НКМВ-У и (или) калибраторов, а также кабель СВЧ или кабели СВЧ (подробнее см. в таблицах 1.15 – 1.20);

2 Требуемые калибровочные наборы НКМВ-У и (или) калибраторы, а также кабель СВЧ (кабели СВЧ), ключ тарированный и ключ поддерживающий указываются в договоре на поставку и товаросопроводительной документации.

Калибровочные наборы НКМВ-У, калибраторы, кабели СВЧ, а также тарированные и поддерживающие ключи, поставляемые в комплекте с анализаторами, представлены в таблицах 1.15 – 1.20.

При заказе потребитель может дополнить комплект поставки наборами НКММ, перечисленными в таблице 1.21, и программными опциями «СРП», «СЧП» и «ИИП».

Таблица 1.15

Наименование калибратора	Обозначение КД
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-01-01	ЖНКЮ.468169.008-12
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-01Р-01	ЖНКЮ.468169.008-13
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-01Р-01Р	ЖНКЮ.468169.008-14

¹⁾ В качестве перемычки используется кабель ЖНКЮ.685671.283. Количество перемычек в комплекте поставки – 6 шт. Перемычки поставляются совместно анализаторами с аппаратными опциями «ДПА» и «ДМА» (см. таблицы 1.1 и 1.2).

²⁾ Поставляется на флэш-накопителе.

³⁾ Эксплуатационная документация включает в себя формуляр, методику поверки и настоящее руководство по эксплуатации.

Наименование калибратора	Обозначение КД
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-11-11	ЖНКЮ.468169.008-15
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-11Р-11	ЖНКЮ.468169.008-16
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-18А-11Р-11Р	ЖНКЮ.468169.008-17
Примечание – Электронные калибраторы, приведенные в таблице 1.15, поставляются с анализаторами Р4213.	

Таблица 1.16

Наименование калибратора	Обозначение КД
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-03-03	ЖНКЮ.468169.008-06
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-03Р-03	ЖНКЮ.468169.008-07
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-03Р-03Р	ЖНКЮ.468169.008-08
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-13-13	ЖНКЮ.468169.008-09
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-13Р-13	ЖНКЮ.468169.008-10
Калибратор электронный Р4М-ЭК4-20-13Р-13Р	ЖНКЮ.468169.008-11
Примечание – Электронные калибраторы, приведенные в таблице 1.16, поставляются с анализаторами Р4226.	

Таблица 1.17

Наименование набора калибровочных мер волноводного	Обозначение КД
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-01-01Р	ЖНКЮ.468955.026
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-11-11Р	ЖНКЮ.468955.027
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-01-01Р	ЖНКЮ.468955.028
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-11-11Р	ЖНКЮ.468955.029
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-03-03Р	ЖНКЮ.468955.030
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-13-13Р	ЖНКЮ.468955.031
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-01-01Р	ЖНКЮ.468955.032

Наименование набора калибровочных мер волноводного	Обозначение КД
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-11-11Р	ЖНКЮ.468955.033
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-03-03Р	ЖНКЮ.468955.034
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-13-13Р	ЖНКЮ.468955.035
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-11х5,5-03-03Р	ЖНКЮ.468955.036
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-11х5,5-13-13Р	ЖНКЮ.468955.037
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.040
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.041
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.042
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.043
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-03Р-03Р	ЖНКЮ.468955.044
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-23х10-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.045
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.046
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.047
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-03Р-03Р	ЖНКЮ.468955.048
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-16х8-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.049
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-11х5,5-03Р-03Р	ЖНКЮ.468955.050
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-11х5,5-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.051
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-35х15-01-01Р	ЖНКЮ.468955.057
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-35х15-11-11Р	ЖНКЮ.468955.058
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-13-13Р	ЖНКЮ.468955.078

Наименование набора калибровочных мер волноводного	Обозначение КД
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-40х20-11-11Р	ЖНКЮ.468955.082
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-40х20-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.082-01
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-40х20-01-01Р	ЖНКЮ.468955.083
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-40х20-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.083-01
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.089
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-03-03Р	ЖНКЮ.468955.090
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-28,5х12,6-03Р-03Р	ЖНКЮ.468955.091
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-01-01Р	ЖНКЮ.468955.097
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-11-11Р	ЖНКЮ.468955.097-01
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.097-02
Набор калибровочных мер волноводный НКМВ-У-72х34-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.097-03

Таблица 1.18

Наименование кабеля	Обозначение КД
Кабель КСА18А-01-01-600	ЖНКЮ.685671.145-00.05
Кабель КСА18А-01-01-1000	ЖНКЮ.685671.145-00.09
Кабель КСА18А-11-11-600	ЖНКЮ.685671.145-02.05
Кабель КСА18А-11-11-1000	ЖНКЮ.685671.145-02.09
Кабель КСА18А-01Р-01-600	ЖНКЮ.685671.172-00.05
Кабель КСА18А-01Р-01-1000	ЖНКЮ.685671.172-00.09
Кабель КСА18А-11Р-11-600	ЖНКЮ.685671.172-03.05

Наименование кабеля	Обозначение КД
Кабель КСА18А-11Р-11-1000	ЖНКЮ.685671.172-03.09
Примечания 1 Кабели, перечисленные в таблице 1.18 поставляются с анализаторами Р4213. 2 Кабель КСА18А-01-01-600, Кабель КСА18А-01-01-1000, Кабель КСА18А-01Р-01-600 и Кабель КСА18А-01Р-01-1000 поставляются с анализаторами с опцией портов «01Р» в количестве 1 шт. 3 Кабель КСА18А-11-11-600, Кабель КСА18А-11-11-1000, Кабель КСА18А-11Р-11-600 и Кабель КСА18А-11Р-11-1000 поставляются с анализаторами с опцией портов «11Р» в количестве 1 шт.	

Таблица 1.19

Наименование кабеля	Обозначение КД
Кабель КСФ26-13РН-13Н-700	ЖНКЮ.685675.001-01
Кабель КСФ26-13РН-13Н-1000	ЖНКЮ.685675.001-04
Примечания 1 Кабели, перечисленные в таблице 1.19 поставляются с анализаторами Р4226. 2 Кабели КСФ 26-13РН-13Н-700 поставляются с анализаторами парами, кабель КСФ26-13РН-13Н-1000 поставляется с анализаторами в количестве 1 шт.	

Таблица 1.20

Наименование ключа	Обозначение КД
Ключ тарифованный КТ-4	ЖНКЮ.296442.001-03
Ключ поддерживающий КП-2	ЖНКЮ.764431.006
Ключ тарифованный КТ-3	ЖНКЮ.296442.001-02
Ключ поддерживающий КП-3	ЖНКЮ.764431.011
Примечания Ключ тарифованный КТ-4 и ключ поддерживающий КП-2 поставляются с анализаторами Р4213. Ключ тарифованный КТ-3 и ключ поддерживающий КП-3 поставляются анализаторами Р4226.	

Таблица 1.21

Наименование набора калибровочных мер	Обозначение КД
Набор калибровочных мер НКММ-03-03Р	ЖНКЮ.468955.001
Набор калибровочных мер НКММ-13-13Р	ЖНКЮ.468955.002
Набор калибровочных мер НКММ-01-01Р	ЖНКЮ.468955.003
Набор калибровочных мер НКММ-11-11Р	ЖНКЮ.468955.004
Набор калибровочных мер НКММ-01-01Р/А	ЖНКЮ.468955.024-01
Набор калибровочных мер НКММ-11-11Р/А	ЖНКЮ.468955.025

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Устройство и работа анализаторов

1.4.1.1 Анализаторы объединяют в себе синтезированный источник сигнала, измеритель S-параметров и настраиваемый приемник в одном модуле (рисунки 1.1 – 1.4).



Рисунок 1.1 – Внешний вид (передняя панель) анализаторов P4213/1 и P4213/2



Рисунок 1.2 – Внешний вид (передняя панель) анализаторов P4213/3, P4213/4, P4213/5 и P4213/6



Рисунок 1.3 – Внешний вид (передняя панель) анализатора Р4226/1



Рисунок 1.4 – Внешний вид (передняя панель) анализаторов Р4226/2, Р4226/3, Р4226/4 и Р4226/5

1.4.1.2 Габаритные размеры анализаторов не превышают значений $390 \times 390 \times 160$ мм¹⁾, а их максимальная масса составляет:

- 11 кг для Р4213;
- 13 кг для Р4226.

Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254 – IP20, количество измерительных портов – 2²⁾.

1.4.1.3 Анализаторы построены по архитектуре виртуальных приборов и работают в составе с ПК³⁾ под управлением ПО «Graphit Р4М»⁴⁾.

С помощью ПО «Graphit Р4М» осуществляется управление параметрами измерения и отображение результатов измерений.

ПО «Graphit Р4М» работает в операционных системах Windows[®] XP (SP 2), Windows[®] Vista, Windows[®] 7, Windows[®] 8, Windows[®] 10. Для связи с ПК используется интерфейс Ethernet.

1.4.1.4 Упрощенная структурная схема анализаторов приведена на рисунке 1.5. Анализаторы состоят из следующих частей:

- СЧ;

¹⁾ Ширина × глубина × высота.

²⁾ Выходные разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

³⁾ ПК не входит в комплект поставки анализаторов. Подробнее о комплекте поставки анализаторов см. в подразделе 1.3 настоящего РЭ.

⁴⁾ Подробнее о программном интерфейсе управления см. в приложении А.

- электронный ключ¹⁾;
- два опорных и два измерительных приемника;
- переключки на передней панели²⁾;
- аттенюаторы по выходу СЧ и входу измерительных приемников³⁾;
- переключатель в опорном канале⁴⁾.

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

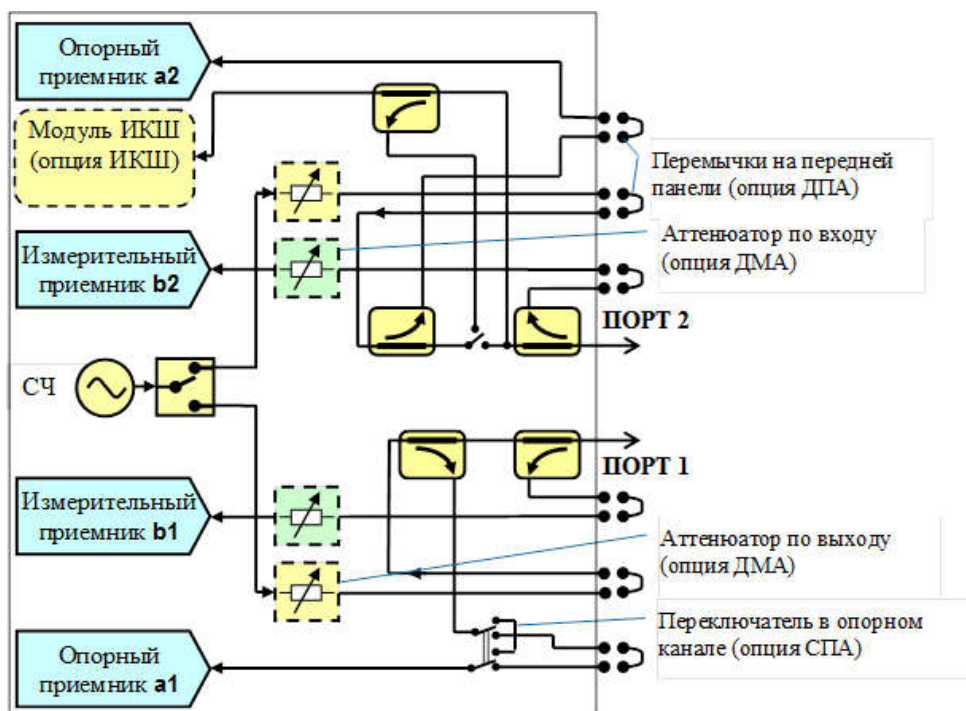


Рисунок 1.5 – Упрощенная структурная схема анализаторов

1.4.1.5 Принцип измерения комплексных КП и КО заключается в подаче на ИУ зондирующего гармонического сигнала заданной частоты, и затем последующего измерения амплитуды и фазы прошедших и отраженных от ИУ сигналов и сравнения их с амплитудой и фазой зондирующего сигнала.

Электронный ключ предназначен для изменения направления распространения сигнала. При прямом зондировании сигнал подается на разъем «ПОРТ 1», проходит ИУ и попадает в разъем «ПОРТ 2». При обратном зондировании сигнал первоначально подается на разъем «ПОРТ 2». Применение режима двунаправленной развертки⁵⁾ позволяет измерить полную матрицу S-параметров ИУ за одно подключение.

Результаты измерений могут отображаться на экране ПК в многооконном режиме в форматах декартовых координат⁶⁾, диаграммы Вольперта-Смита, полярной диаграммы.

¹⁾ Переключатель.

²⁾ Опция ДПА.

³⁾ Опция ДМА.

⁴⁾ Опция СПА.

⁵⁾ Последовательное переключение направления зондирования.

⁶⁾ Частота – амплитуда, частота – фаза.

1.4.1.6 В анализаторах предусмотрены виды калибровки:

- однопортовая;
- полная двухпортовая;
- однонаправленная двухпортовая калибровка.

В анализаторах выполняется нормализация частотной характеристики тракта передачи или отражения и соответствующая векторная коррекция составляющих систематической погрешности измерений.

Калибровка выполняется с использованием набора калибровочных мер или электронного калибратора.

1.4.1.7 Для расширения функциональных возможностей в анализаторах предусмотрен набор аппаратных и программных опций. Аппаратные опции предполагают наличие определенных блоков внутри анализатора, программные опции активируются лицензионным ключом в ПО «Graphit P4M». Для работы некоторых программных опций требуется наличие аппаратных опций.

1.4.1.8 Анализаторы могут содержать следующие аппаратные опции:

- ДПА;
- ДМА;
- СПА.

Также в понятие «аппаратные опции анализаторов» входит информация о типах входных разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»¹⁾:

- 01P – тип N, розетка²⁾;
- 11P – тип III, розетка²⁾;
- 13H – тип NMD 3,5 мм³⁾.

Анализаторы, оснащенные аппаратной опцией ДПА, комплектуется перемычками для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников с целью дополнительного ослабления или усиления сигналов. Подобная схема построения 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 для каждого из портов. Пример включения для разъема «ПОРТ 1» представлен на рисунке 1.6.

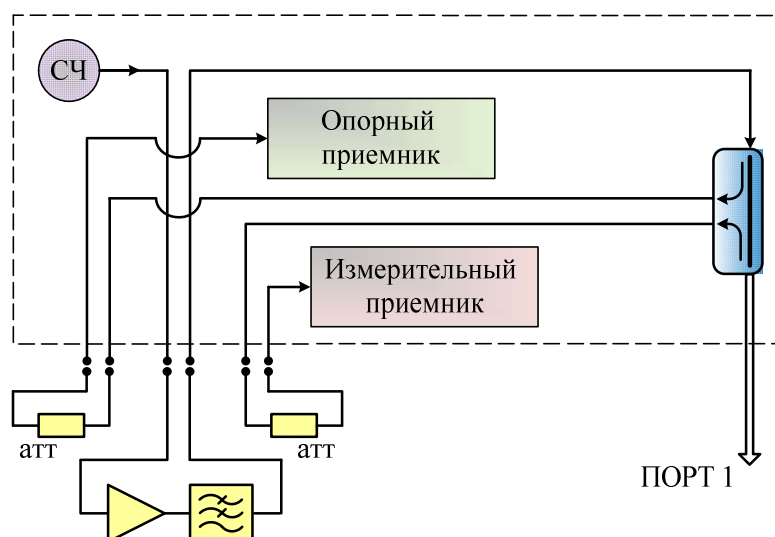
В анализаторы, оснащенные аппаратной опцией ДМА, устанавливаются аттенюаторы для расширения диапазона регулировки уровня выходной мощности, подаваемого на ИУ, и обеспечения оптимального режима работы приемников. Аттенюаторы, устанавливаемые в тракте источника сигнала, позволяют регулировать уровень мощности, который поступает на ИУ. Аттенюаторы, устанавливаемые на входе измерительных приемников, позволяют обеспечить линейный режим работы приемников⁴⁾.

¹⁾ Подробности о соотношении модификаций анализаторов и типах входных разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» см. в таблицах 1.1 и 1.2.

²⁾ Соответствует требованиям ГОСТ РВ 51914.

³⁾ Соответствует рекомендациям стандарта Maury (5E-084).

⁴⁾ Необходимо, например, при измерении КП усилителей.



атт – аттенюатор; СЧ – синтезатор частот

Рисунок 1.6 – Использование дополнительных внешних устройств в измерительном тракте

В анализаторы, оснащенные опцией СПА, устанавливается переключатель, позволяющий управлять путем распространения сигнала первого опорного канала. Переключатель в опорном канале используется для измерений параметров устройств с преобразованием частоты.

1.4.1.9 Анализаторы могут содержать следующие программные опции:

- ИИП;
- ВОП;
- СЧП;
- СРП.

Анализаторы с активированной программной опцией ИИП могут проводить тестирование устройств, которые работают в импульсном режиме. Измерения могут выполняться за серию импульсов или в течение одного импульса. Для синхронизации с фазой импульсов анализатор может «воспринимать» внешние синхроимпульсы или формировать собственные стробы заданной длительности и скважности. Зондирующий сигнал может быть постоянной мощности или модулироваться внутренним модулятором.

Анализаторы с активированной программной опцией ВОП могут выполнить расчет, анализ и преобразование оценки импульсной характеристики цепи. Анализатор формирует оценку частотной характеристики исследуемой цепи. Анализ импульсной характеристики позволяет определить во временной области неоднородности цепи¹⁾. С помощью встроенных функций преобразования импульсной характеристики возможен анализ частотных характеристик цепи без какого-либо ее элемента²⁾ или анализ частотных характеристик отдельных элементов исследуемой цепи³⁾.

¹⁾ Характерные участки.

²⁾ Функция подавление отклика.

³⁾ Функция выделения отклика.

Анализаторы с активированной программной опцией СЧП осуществляют управление частотой приемника независимо от частоты источника зондирующего сигнала. Опция позволяет проводить измерения на произвольной частоте при анализе усилителей, смесителей и устройств с преобразованием частоты.

Анализаторы с активированной программной опцией СРП позволяют осуществлять работу в режиме скрытого отображения. Опция может быть полезна при защите конфиденциальных данных о рабочих частотах исследуемых устройств, путем скрытия отображаемой сетки частот.

1.4.2 Описание и работа устройств из комплекта поставки анализаторов

1.4.2.1 В комплект поставки анализаторов по требованию заказчика может быть включено оборудование, перечисленное в подразделе 1.3 настоящего руководства по эксплуатации.

Поставляемое оборудование служит для расширения функциональных возможностей, увеличения количества решаемых задач¹⁾, а также повышает удобство пользования и скорость работы с анализаторами.

1.4.2.2 В комплект поставки анализаторов²⁾ могут входить:

- кабели СВЧ (пример внешнего вида на рисунке 1.7);
- наборы калибровочных мер (пример внешнего вида на рисунках 1.8 и 1.9);
- электронные калибраторы (пример внешнего вида на рисунке 1.9);
- ключи тарированные (пример внешнего вида на рисунке 1.10);
- ключи поддерживающие (пример внешнего вида на рисунке 1.11).



Рисунок 1.7 – Внешний вид кабелей СВЧ КСФ26-13РН-13Н-700 и КСФ-26-13РН-13Н-1000, поставляемых совместно с Р4226

¹⁾ Измерение разных типов ИУ, измерения ИУ с разными типами соединителей, в разных трактах и т.д.

²⁾ Подробнее о комплекте поставки анализаторов см. в подразделе 1.3 настоящего руководства по эксплуатации.



Рисунок 1.8 – Внешний вид наборов калибровочных мер НКМВ-У



Рисунок 1.9 – Внешний вид набора НКММ и калибратора электронного



Рисунок 1.10 – Внешний вид ключей тарированных



Рисунок 1.11 – Внешний вид ключей поддерживающих

1.4.2.3 Кабельные сборки необходимы для смещения измерительного порта¹⁾ с передней панели прибора, поскольку не каждое устройство можно подключить непосредственно к выходным разъемам²⁾ анализаторов из-за его габаритов или расположения входных и выходных соединителей у устройства.

Поставляемые кабельные сборки обладают хорошей стабильностью и низкой чувствительностью к изгибам, что позволяет перемещать их после проведения калибровки, не ухудшая характеристики скалиброванного сечения.

1.4.2.4 Наборы калибровочных мер требуются для проведения калибровки³⁾ перед проведением измерений.

¹⁾ Плоскости калибровки.

²⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

³⁾ Определения действительных значений составляющих погрешностей.

Наборы калибровочных мер поставляются в различных вариантах, как для полной двухпортовой калибровки, так и в «усеченных» вариантах для калибровки портов на один тракт или на один тип соединителя ИУ.

Калибровка, проведенная с помощью набора калибровочных мер, точнее по отношению к калибровке, проведенной с помощью электронного калибратора, т.к. при калибровке с помощью набора параметры мер¹⁾ определяются их геометрией²⁾. Вместе с тем данный способ более затратный по времени и требует большей квалификации и внимательности персонала, т.к. каждую меру из набора нужно будет подключать вручную.

Данный способ калибровки рекомендован для применения на выходном контроле и при проведении особо важных и ответственных операций.

1.4.2.5 Электронные калибраторы выполняют ту же функцию, что и наборы калибровочных мер.

Калибровка проводится за одно подключение, все меры передачи и отражения находятся внутри электронного калибратора в виде электрических схем. Переключение между мерами проводят электронные ключи «по команде» ПО «Graphit P4M».

Данный способ калибровки менее точен за счет применения «электронных» мер, зато проводится быстрее и не требует высокой квалификации персонала, т.к. все измерения проводятся за одно подключение, а управление проводит ПО «Graphit P4M».

Такую калибровку рекомендуется применять на допусковом контроле³⁾ и там, где не требуется высокая точность измерений.

1.4.2.6 Ключи тарированные требуются для выполнения качественных подключений к выходным разъемам анализаторов. При использовании тарированных ключей подключение соединителей к выходным разъемам анализаторов будет проводиться с одинаковым усилием, что улучшает повторяемость соединения.

1.4.2.7 Ключи поддерживающие применяются как вспомогательное оборудование при сочленении соединителей. Ключи поддерживающие предотвращают проворачивание корпуса меры при сочленении, и как следствие проворачивание центрального проводника и стирание золотого покрытия, обеспечивающего надежный электрический контакт при сочленении.

1.5 Маркировка и пломбирование

1.5.1 Вблизи органов управления и присоединения анализаторов нанесены надписи и обозначения, указывающие их функциональное назначение⁴⁾.

¹⁾ Меры отражения и передачи.

²⁾ Она более стабильна во времени, нежели параметры электронных схем.

³⁾ Прошел – не прошел.

⁴⁾ А для выходных разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» содержит также информацию о предельных параметрах сигнала по максимальной допустимой входной мощности и постоянному напряжению. Кроме того с помощью маркировки в виде стрелок, нарисованных рядом с индикаторами поступления мощности СВЧ на входы опорных «a1» и «a2», и измерительных приемников «b1» и «b2» на передней панели анализаторов, указывается направление зондирования.

1.5.2 Маркировка передних панелей анализаторов содержит (см. 1.1 – 1.4):

- наименование предприятия-изготовителя;
- информацию о типе анализатора.

1.5.3 Маркировка задних панелей анализаторов содержит (см. рисунок 1.12):

- наименование предприятия-изготовителя;
- информацию о типе анализатора,
- информацию о модификация анализатора;
- информацию о наличии опций;
- заводской номер анализатора;
- год изготовления анализатора.



Рисунок 1.12 – Внешний вид задней панели анализаторов

1.5.4 Маркировка транспортной упаковки соответствует требованиям ГОСТ 14192, ГОСТ 9181, ГОСТ 21130, ГОСТ 12.4.026 и содержит:

- наименование предприятия-изготовителя;
- адреса получателя и отправителя;
- наименование и заводской номер анализатора;
- дату упаковывания;
- масса нетто, брутто;
- манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!», «Беречь от влаги».

Примечание – Допускается на транспортную упаковку наносить только наименования и адреса получателя и отправителя и манипуляционные знаки.

При наличии требований к содержанию маркировки транспортной упаковки в договорах и контрактах на поставку, состав маркировки должен отвечать требованиям, указанным в этих документах и не противоречить требованиям подраздела 1.5 настоящего РЭ.

1.5.5 Знак утверждения типа средств измерений наносится на передней панели анализаторов методом шелкографии¹⁾ и на титульном настоящего РЭ типографским способом²⁾.

1.5.6 Анализаторы имеют защитные пломбы, предотвращающие несанкционированное вскрытие.

1.6 Упаковка

1.6.1 Для упаковывания анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов используется потребительская и транспортная упаковка.

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

1.6.3 Вид транспортной упаковки – кейс.

1.6.4 Упаковка обеспечивает защиту анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов от климатических и механических повреждений при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и хранении.

¹⁾ В верхнем левом углу.

²⁾ В верхнем правом углу.

2 Использование по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Эксплуатация анализаторов должна производиться в нормальных климатических условиях¹⁾.

2.1.2 Напряжение питания сети переменного тока частотой 50 Гц должно быть от 205 до 250 В.

2.1.3 Запрещается непрерывная работа анализаторов более 16 ч. Временной интервал между рабочими циклами должен быть не менее 2 ч.

2.1.4 При перемещении анализатора между рабочими местами, а также при длительном простое, коаксиальные соединители анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора должны быть закрыты защитными колпачками для исключения их повреждения, воздействия на них влаги, пыли и других агрессивных сред и посторонних частиц.

2.1.5 Для работы ПО необходимо, чтобы ПК удовлетворял следующим минимальным требованиям:

- процессор x86 или x64 с тактовой частотой 2,4 ГГц;
- наличие адаптера локальной сети Ethernet;
- оперативная память 1 Гб;
- разрешение экрана 1024 × 768 пикселей.

2.2 Подготовка к использованию

2.2.1 Меры безопасности

2.2.1.1 По требованиям безопасности анализаторы соответствуют требованиям регламента ТР ТС 004²⁾, а также требованиям ГОСТ Р 12.2.007.0³⁾ (класс защиты I) и ГОСТ IEC 61140 (класс защиты I).

2.2.1.2 К эксплуатации анализаторов допускается только квалифицированный персонал обладающий базовыми навыками работы с ПК, изучивший настоящее РЭ и имеющий квалификационную группу по электробезопасности не ниже второй, а также практический опыт в области радиотехнических измерений.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации анализаторов, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих мер предосторожностей.

¹⁾ См. п.1.1.4 настоящего РЭ.

²⁾ Подробности см. в ЖНКЮ.468166.032 ТУ.

³⁾ В том числе в части требований к органам управления, блокировке, конструкционным оболочкам, зажимам и вводным устройствам, предупредительной сигнализации.

2.2.1.3 При работе с анализаторами необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Перед подключением анализатора к сети переменного тока или подключением к нему ИУ необходимо убедиться в исправности сетевого шнура.

2.2.1.4 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 анализаторами необходимо пользоваться антистатическим браслетом, подключенным к шине защитного заземления.

Запрещается включать в сеть электропитания незаземленные анализаторы.

Зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения анализатора от сети питания и от ИУ.

2.2.1.5 При работе с анализаторами должны соблюдаться правила безопасности, как при работе с источником СВЧ излучения.

Присоединение узлов внешнего СВЧ тракта должно проводиться при выключенной СВЧ мощности.

Запрещается проводить изменение схемы измерений при наличии СВЧ мощности на выходных разъемах «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» анализаторов.

2.2.1.6 Эксплуатация анализаторов должна производиться в соответствии с настоящим РЭ.

2.2.2 Распаковывание и повторное упаковывание

2.2.2.1 Распаковывание

2.2.2.1.1 Распаковывание анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора проводить в следующей последовательности:

- открыть кейс;
- извлечь из кейса и затем из потребительской упаковки анализатор, устройства из комплекта поставки анализатора, эксплуатационную и сопроводительную документацию;
- провести сверку извлеченного оборудования¹⁾ с сопроводительной и эксплуатационной документацией;
- провести внешний осмотр, пользуясь указаниями, приведенными п. 3.3.1 настоящего РЭ;
- заполнить формуляр анализатора²⁾ в соответствии с требованиями ГОСТ Р 2.610.

2.2.2.1.2 Уложить потребительскую упаковку в кейс.

¹⁾ Анализатор и устройства из комплекта поставки анализатора.

²⁾ А также формуляры устройств из комплекта поставки анализаторов при их наличии.

Упаковка¹⁾ подлежит хранению у потребителя до окончания гарантийного срока анализатора.

2.2.2.2 Повторное упаковывание

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

2.2.2.2.2 Перед упаковыванием анализатор и устройства из комплекта поставки анализатора должны быть осмотрены и очищены от пыли и грязи в соответствии с требованиями подраздела 3.3 настоящего РЭ.

2.2.2.2.3 Упаковывание анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов проводится по ГОСТ 9181 с дополнениями и уточнениями, перечисленными в требованиях 2.2.2.2.4 и 2.2.2.2.5.

2.2.2.2.4 Упаковывание анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора должно производиться в закрытом помещении в нормальных климатических условиях²⁾.

2.2.2.2.5 Упаковывание анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора проводить в следующей последовательности:

а) Заполнить формуляр анализатора³⁾ в соответствии с требованиями ГОСТ Р 2.610.

б) Поместить анализатор, устройства из комплекта поставки анализатора, эксплуатационную и сопроводительную документацию в потребительскую упаковку⁴⁾.

в) Удалить из потребительской упаковки избыток воздуха и заварить швы⁵⁾.

г) Упакованные анализатор, устройства из комплекта поставки анализатора, эксплуатационную и сопроводительную документацию уложить в кейс, пространство между стенками кейса и потребительской упаковкой заполнить амортизационным материалом.

д) Закрыть крышку кейса.

е) Нанести на кейс следующую маркировку⁶⁾:

1) наименование предприятия-изготовителя;

2) адреса получателя и отправителя;

3) масса брутто, нетто;

4) наименование и серийный номер анализатора;

5) дата упаковывания;

6) манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!», «Беречь от влаги».

¹⁾ Кейс и потребительская упаковка.

²⁾ См. п.1.1.4 настоящего РЭ.

³⁾ А также формуляры устройств из комплекта поставки анализаторов при их наличии.

⁴⁾ Эксплуатационная и сопроводительная документация должны быть уложены таким образом, чтобы их можно было извлечь не нарушая целостность потребительской упаковки, в которую упакованы анализатор и устройства из комплекта поставки анализатора.

⁵⁾ Швы потребительской упаковки допускается не заваривать.

⁶⁾ Допускается на транспортную упаковку наносить только наименования и адреса получателя и отправителя и манипуляционные знаки.

ж) Опломбировать кейс печатью.

2.2.3 Требования к рабочему месту и порядок установки на рабочее место

2.2.3.1 На рабочем месте должны быть обеспечены нормальные климатические условия¹⁾, система защитного заземления и электропитание переменного тока частотой 50 Гц со значением напряжения питания (220 ± 15) В.

2.2.3.2 В помещении, где будут проводиться работы, не должно быть вибрации и сильных электромагнитных полей²⁾.

2.2.3.3 Рабочее место должно быть хорошо проветриваемым для поддержания стабильности климатических условий и выветривания паров спирта при проведении чистки.

2.2.3.4 Перед установкой анализатора на рабочее место необходимо убедиться, что площадь поверхности рабочего стола достаточна для размещения на ней анализатора, устройств из комплекта поставки анализатора и ИУ.

2.2.3.5 Установить анализатор на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы все ножки анализатора упирались в нее, и обеспечивался свободный доступ к разъемам и выключателю питания.

Расстояние между задней панелью анализатора и соседними предметами должно быть не менее 100 мм.

При размещении анализатора на рабочем столе не допускаются чрезмерные перегибы кабелей СВЧ³⁾, Ethernet и питания.

2.2.3.6 В случае если анализатор и (или) устройства из комплекта поставки анализатора находились в условиях, отличных от нормальных климатических условий¹⁾, то необходимо выдержать их в нормальных климатических условиях не менее 2 ч, прежде чем приступить к работе с ними⁴⁾.

2.2.4 Расположение органов управления

2.2.4.1 Описание органов управления и поясняющих надписей на передней и задней панелях⁵⁾ анализаторов представлены в таблицах 2.1 и 2.2 соответственно.

¹⁾ См. п.1.1.4 настоящего РЭ.

²⁾ Подробности по соответствию анализаторов требованиям ТР ТС 020 и ТР ТС 004 см. в ЖНКЮ.468166.032 ТУ.

³⁾ Минимальные радиусы изгиба кабелей СВЧ см. в эксплуатационной документации на них.

⁴⁾ Также перед работой, в этом случае, рекомендуется выполнить проверки, предусмотренные подразделом 3.3 настоящего РЭ.

⁵⁾ Визуализацию передней и задней панелей см. на рисунках 1.1 – 1.4 и 1.12.

Таблица 2.1

Наименование	Назначение
Кнопка «  » с индикатором	Кнопка включения электропитания и отображения включенного состояния анализатора
Разъем «ПОРТ 1» ¹⁾	Выходной разъем для подключения ИУ
Разъем «ПОРТ 2» ¹⁾	Выходной разъем для подключения ИУ
Индикаторы «a1», «a2», «b1», «b2»	Индикация поступления мощности СВЧ на входы опорных («a1» и «a2») и измерительных («b1», «b2») приемников ²⁾
Разъемы «ИЗМ», «ГЕНЕРАТОР» и «ОПОРН» ³⁾	Входные и выходные разъемы для подключения дополнительных устройств из измерительной схемы ⁴⁾
Примечания ¹⁾ Снизу от выходного разъема с помощью маркировки указаны предельные параметры сигнала по максимальной допустимой входной мощности и постоянному напряжению. ²⁾ Направление зондирования указывается с помощью маркировки в виде стрелок. ³⁾ В наличии у анализаторов с аппаратной опцией «ДПА». ⁴⁾ Входные разъемы обозначены с помощью маркировки «», а выходные с помощью маркировки «».	

Таблица 2.2

Наименование	Назначение
Клемма « »	Клемма подключения анализатора к контуру защитного заземления
Разъем «СЕТЬ ~220 V 50 Hz 2 A»	Разъем для подключения кабеля питания ¹⁾
Разъем «ОГ  »	Входной разъем для сигнала с внешнего ОГ
Разъем «ОГ  »	Выходной разъем для сигнала с внутреннего ОГ
Разъем «ГШ  »	Выходной разъем для подключения генератора шума
Разъем «СИНХР  »	Входной разъем для сигнала синхронизации
Разъем «СИНХР  »	Выходной разъем для сигнала синхронизации
Разъем «ETHERNET UTP10/100»	Разъем для подключения анализатора к ПК

Наименование	Назначение
Набор переключателей «КОНФИГУРАТОР»	Набор переключателей ²⁾ для выбора набора сетевых параметров
Примечания ¹⁾ Совмещен с держателем предохранителя и кнопкой включения анализатора в сеть переменного тока. ²⁾ Маркировка «ВКЛ» и «ВЫКЛ» отображает их состояние (включен либо выключен).	

2.2.5 Начальные установки органов управления

2.2.5.1 Перед подготовкой анализатора к работе убедиться, что кнопка «» (далее – кнопка «Power») и кнопка включения анализатора в сеть переменного тока¹⁾ находятся в выключенном состоянии²⁾.

2.2.5.2 Подготовку прибора к работе производить с начальных установок органов управления:

- соединить клемму «» (далее – клемма защитного заземления) анализатора с шиной защитного заземления;
- подключить анализатор к ПК с помощью кабеля Ethernet;
- подключить анализатор к сети переменного тока³⁾ с помощью кабеля питания;
- при наличии на передней панели анализаторов входных и выходных разъемов «ИЗМ», «ГЕНЕРАТОР» и «ОПОРН» соединить их перемычками из комплекта поставки анализатора;
- проверить переключатели в наборе переключателей «КОНФИГУРАТОР» и при необходимости перевести их в выключенное положение.

2.2.5.3 По окончании начальной установки органов управления, разъемы, переключатели и клемма защитного заземления должны находиться в следующем положении:

- разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» свободны⁴⁾;
- выходные и выходные разъемы «ИЗМ», «ГЕНЕРАТОР» и «ОПОРН» соединены перемычками из комплекта поставки анализатора;
- кнопка «POWER» в выключенном состоянии⁵⁾;
- индикаторы «a1», «a2», «b1», «b2» в выключенном состоянии;
- кнопка включения анализатора в сеть переменного тока находится в выключенном состоянии²⁾;
- разъем «СЕТЬ ~220 V 50 Hz 2 A» с помощью кабеля питания подключен к сети переменного тока;

¹⁾ На задней панели анализатора.

²⁾ Кнопка включения анализатора в сеть переменного тока должна находиться в положении «0».

³⁾ Напряжение питания 220 В, частота 50 Гц.

⁴⁾ Без подключения ИУ.

⁵⁾ Встроенный в кнопку «POWER» индикатор не горит.

- клемма защитного заземления подключена к шине защитного заземления;
- разъемы «ОГ →»¹⁾, «ОГ →»²⁾, «ГШ →»³⁾, «СИНХР →»⁴⁾, «СИНХР →»⁵⁾ свободны¹⁾;
- разъем «ETHERNET UTP10/100» подключен к ПК через кабель Ethernet;
- переключатели в наборе переключателей «КОНФИГУРАТОР» в выключенном состоянии.

2.2.6 Первое включение

2.2.6.1 Включить анализатор последовательным включением кнопки включения анализатора в сеть переменного тока²⁾ и кнопки «POWER».

2.2.6.2 Убедиться, что индикация кнопки «POWER» работает и анализатор находится во включенном состоянии³⁾.

2.2.6.3 Выдержать анализатор во включенном состоянии не менее 1 ч (далее – время установления рабочего режима).

2.2.6.4 Убедиться, что после выдержки анализатор работает в прежнем режиме. В противном случае выключить анализатор и повторно убедиться в том, что требования п. 2.2.5 настоящего РЭ были выполнены, затем повторить требования 2.2.6.1 – 2.2.6.3.

Если после повторного выполнения требования 2.2.6.3 анализатор работает не корректно или не работает вовсе⁴⁾, то необходимо выключить анализатор и отправить его на гарантийный ремонт, действуя в соответствии с требованиями п. 4.4.2 настоящего РЭ.

2.2.6.5 Загрузить и установить ПО «Graphit P4M» согласно требованиям, приведенным в п. 2.2.7.

2.2.7 Установка ПО

2.2.7.1 На флэш-накопителе⁵⁾ из комплекта поставки анализатора содержатся:

- файл «autorun.exe» – файл программы «автозапуска», представляющей собой окно с основными командами просмотра и установки ПО;
- файл «autorun.inf» – служебный файл настройки «автозапуска»;
- папка «Adobe» – папка с дистрибутивом свободно распространяемого средства просмотра pdf-файлов «Adobe Reader®»;
- каталог «Autorun» – каталог со служебными файлами программы «автозапуска»;
- каталог «Docs» – каталог, содержащий РЭ и МП в файлах pdf-формата;

¹⁾ Без подключения внешних устройств.

²⁾ Кнопка включения анализатора в сеть переменного тока должна находиться в положении «1».

³⁾ Убедиться в работе анализатора можно по характерным шумам охлаждающих вентиляторов.

⁴⁾ Не горит индикация кнопки «POWER», вентиляторы не работают в штатном режиме.

⁵⁾ С помощью флэш-накопителя осуществляется поставка ПО «Graphit P4M» для управления анализатором.

- каталог «Install» – каталог, содержащий установочные файлы ПО «Graphit P4M»;
- каталог «Licenses» – каталог для файл-ключа лицензии программных опций;
- папка «Production» – папка с электронными каталогами продукции АО «НПФ «Микран».

Для того, чтобы установить ПО «Graphit P4M» необходимо выполнить требования 2.2.7.2 – 2.2.7.5.

2.2.7.2 Включить ПК и подключить к нему флэш-накопитель.

2.2.7.3 Запустить установочный файл «install_graphit_2.5.x_R4M.exe», находящийся в каталоге «Install» на флэш-накопителе¹⁾.

В результате откроется режим «мастер установки» ПО «Graphit P4M», на первом шаге которого будет предложено выбрать язык программы, как показано на рисунке 2.1.

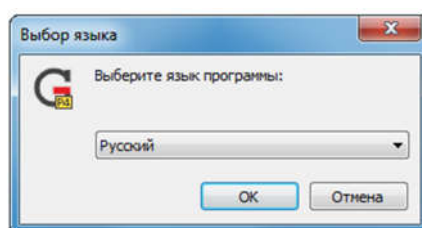


Рисунок 2.1 – Вид окна «Выбор языка» режима «мастер установки» ПО «Graphit P4M»

2.2.7.4 После выбора языка²⁾ выбрать режим установки в открывшемся окне «Установка – Graphit P4M» (рисунок 2.2).

Для этого выбрать кнопку «Быстрая установка»³⁾, запускаящую «полную»⁴⁾ установку ПО «по умолчанию», либо выбрать кнопку «Далее», если требуется установить ПО с какими-либо изменениями в наборе его компонентов⁵⁾.

В состав компонентов ПО дополнительно включены:

- программный эмулятор приборов;
- редактор наборов калибровочных мер;
- файлы справки;
- мастер отчетов;
- драйвер электронного калибратора⁶⁾;
- руководство и примеры программирования SCPI.

Если при установке ПО в окне «Установка – Graphit P4M» выбрана кнопка «Далее», то после выполнения требования 2.2.7.4 выполнить требование 2.2.7.5. В противном случае требование 2.2.7.5 не выполнять.

¹⁾ Для установки ПО «Graphit P4M» потребитель должен обладать правами администратора операционной системы ПК.

²⁾ С помощью поля со списком языков и нажатия кнопки «ОК» в окне «Выбор языка» режима «мастер установки» ПО «Graphit P4M».

³⁾ Находится рядом с кнопками «Далее» и «Отмена» в нижней части окна «Установка – Graphit P4M».

⁴⁾ Все компоненты ПО «Graphit P4M» будут установлены.

⁵⁾ А также если требуется сменить директорию расположения файлов ПО «Graphit P4M».

⁶⁾ Необходим при наличии устройства электронной калибровки в комплекте поставки анализатора.

Примечание – При установке ПО рекомендуется выбирать режим «Быстрая установка».

2.2.7.5 Ознакомиться с лицензионным соглашением, затем выбрать директорию для установки файлов ПО «Graphit P4M» и требуемые для установки компоненты в окне «Установка – Graphit P4M» (рисунок 2.3). Нажать кнопку «Далее» и дождаться установки ПО.

Примечание – Если после во время установки, после нажатия кнопки «Далее» в окне «Установка – Graphit P4M» ПО «Graphit P4M» возникла потребность в изменении устанавливаемых компонентов или смене директории расположения файлов ПО, то рекомендуется остановить установку путем нажатия кнопки «Отмена». После того как установка будет прервана, потребитель автоматически будет предложено запустить ПО «Graphit P4M» и просмотреть список внесенных изменений в текущую версию ПО. После просмотра, необходимо деинсталлировать ПО «Graphit P4M» и повторить требования 2.2.7.3 – 2.2.7.5.

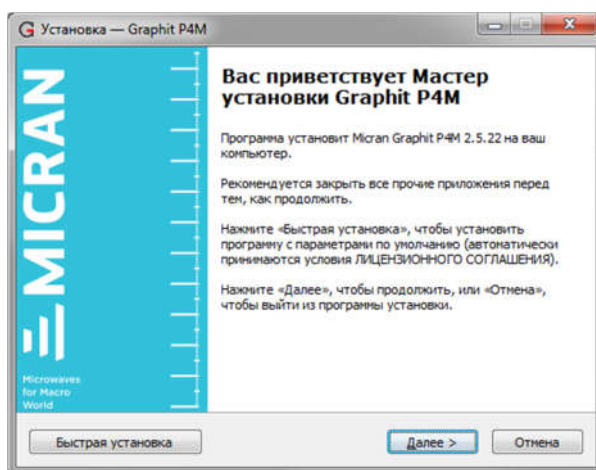


Рисунок 2.2 – Выбор варианта установки ПО «Graphit P4M» в окне «Установка – Graphit P4M»

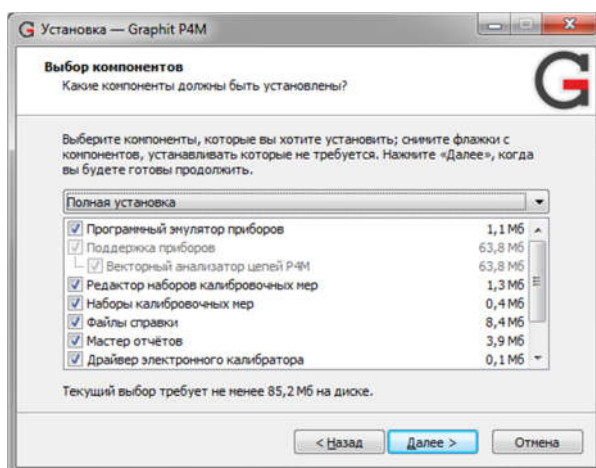


Рисунок 2.3 – Вид окна «Установка – Graphit P4M» ПО «Graphit P4M» в режиме «Выбор компонентов»

2.2.7.6 После установки ПО «Graphit P4M» продолжить работу с прибором согласно требованиям подраздела 2.3 настоящего РЭ, либо завершить работу с прибором выполнив последовательность действий:

- выключить ПО «Graphit P4M», нажав кнопку «Заккрыть» окна программы;
- выключить ПК;
- выключить кнопку «POWER»;
- выключить кнопку включения анализатора в сеть переменного тока¹⁾.

Если потребитель работает с анализатором впервые, то перед выполнением требований подраздела 2.3, необходимо внимательно ознакомиться с описанием ПО «Graphit P4M», приведенным в п. 2.3.2 настоящего РЭ.

Примечания

1 При дальнейших сессиях работы с анализатором к информации, приведенной в п. 2.3.2 настоящего РЭ можно обращаться для справки.

2 Перед началом работы с анализатором рекомендуется проверять и при необходимости настраивать сетевые параметры по требованиям п. 2.3.1.

2.3 Использование анализатора

2.3.1 Настройка сетевых параметров при различных параметрах подключения к анализатору

2.3.1.1 Описание и выбор сетевых параметров

2.3.1.1.1 Анализатор использует интерфейс Ethernet для подключения к ПК непосредственно или через оборудование локальной вычислительной сети.

Для идентификации анализатора в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – «Фабричный» или «Пользователя», хранящиеся в текстовых файлах на встроенном в анализатор FTP-сервере.

Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения «Фабричных» параметров анализатора:

- IP-адрес;
- маска подсети;
- IP-адрес шлюза;
- Сетевое имя²⁾.

Пример значений «Фабричных» параметров анализатора представлен на рисунке 2.4³⁾.

¹⁾ Кнопка включения анализатора в сеть переменного тока должна находиться в положении «0».

²⁾ Состоит из типа и серийного номера анализатора.

³⁾ Тип и серийный номер анализатора могут отличаться.

IP-адрес:	169.254.0.254
Маска подсети:	255.255.0.0
IP-адрес шлюза:	0.0.0.0
Сетевое имя:	r42-13-00000001

Рисунок 2.4 – Пример значений «Фабричных» параметров анализатора

2.3.1.1.2 На задней панели анализатора располагается набор переключателей «КОНФИГУРАТОР», с помощью которого выбирается набор сетевых параметров (рисунок 2.5).

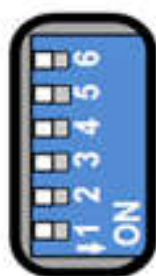


Рисунок 2.5 – Визуализация набора переключателей «КОНФИГУРАТОР»

Назначение переключателей представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Номер переключателя	Назначение	Значение в положении	
		«OFF»	«ON»
1 ¹⁾	Выбор набора сетевых параметров	Используется набор «Фабричный»	Используется набор «Пользователя»
2	Автоматическая конфигурация DHCP	Используются IP-адрес и маска подсети, выбранного переключателем «1» набора сетевых параметров, «Сетевое имя» игнорируется	После включения питания анализатор пытается передать DHCP-серверу «Сетевое имя» и в ответ получить IP-адрес и маску подсети ²⁾
с 3 по 5 ³⁾	Не используются	-	-

Номер переключателя	Назначение	Значение в положении	
		«OFF»	«ON»
6	Формирование сигнала «Reset» (сброс параметров) ⁴⁾	Сигнал не формируется	Сигнал формируется ⁵⁾
Примечания ¹⁾ Изменение положений переключателей «1» и «2» скажется только после выключения (включения) питания анализатора или включения (выключения) переключателя «6». ²⁾ Если ответ не получен, то устанавливаются IP-адрес и маска подсети, указанные в выбранном переключателе «1» наборе сетевых параметров. ³⁾ Переключатели с «3» по «5» всегда должны оставаться в положении «OFF». ⁴⁾ Переключатель «6» должен оставаться в положении «OFF» и переключаться в положение «ON» только для сброса параметров. ⁵⁾ Во время переключения формируется сигнал «Reset» (сброс параметров), препятствующий работе анализатора.			

2.3.1.2 Сетевые параметры при прямом подключении анализатора к ПК

2.3.1.2.1 При прямом подключении измерительный блок и ПК соединяются кабелем Ethernet¹⁾, как показано на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Визуализация прямого подключения анализатора к ПК

2.3.1.2.2 Этот вариант подключения не требует каких-либо настроек²⁾, за исключением выполнения следующих условий:

- все переключатели набора переключателей «КОНФИГУРАТОР» должны быть выключены³⁾;
- параметры ТСР/IP-протокола в ПК должны быть установлены «по умолчанию»⁴⁾.

¹⁾ Витая пара, категория «5». Идет в комплекте поставки.

²⁾ Необходимо отметить, что после включения питания анализатора, интерфейсы ПК и анализатора «обнаруживают» друг друга. После чего ПК начинает процедуру автоматической конфигурации ТСР/IP-протокола. В течение 30 – 40 сек 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 анализатором.

³⁾ Будет использоваться «Фабричный» набор сетевых параметров.

⁴⁾ Включена автоматическая конфигурация.

2.3.1.3 Сетевые параметры при подключении анализатора к локальной сети

2.3.1.3.1 В варианте подключения анализатора к локальной сети (рисунок 2.7) анализатором может управлять любой ПК из локальной сети.

Одним анализатором не могут управлять несколько ПК одновременно, но возможно управление одним ПК несколькими анализаторами для исследования сложных СВЧ устройств. При необходимости, анализаторы могут обмениваться сигналами синхронизации.

2.3.1.3.2 Для включения анализатора в локальную сеть необходимо разрешить автоматическую конфигурацию, включив переключатель «2» набора переключателей «КОНФИГУРАТОР», либо задать IP-адрес для каждого анализатора в наборе параметров «Пользователя» согласно требованиям, изложенным в подпункте 2.3.1.4 настоящего РЭ¹⁾.

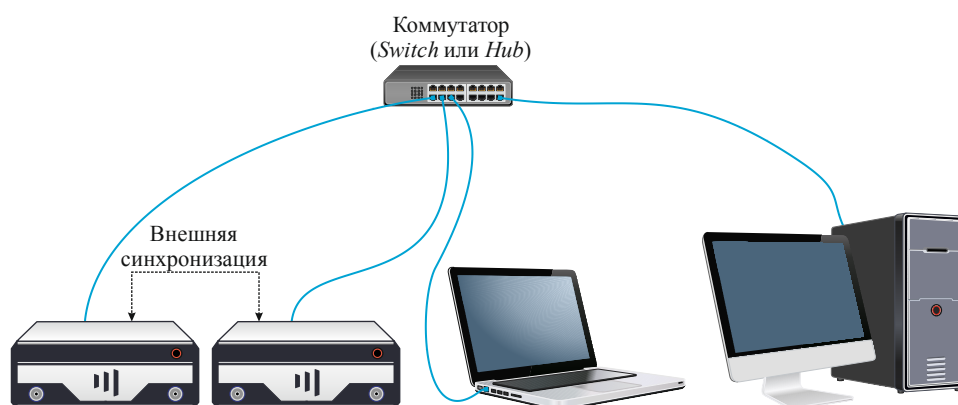


Рисунок 2.7 – Визуализация подключения анализаторов к локальной сети

При возникновении проблем при конфигурации сетевых параметров обратиться к администратору локальной сети или воспользоваться информацией и рекомендациями приложения Б.

2.3.1.4 Изменение сетевых параметров

2.3.1.4.1 Изменение сетевых параметров анализатора может потребоваться при его подключении к локальной сети или при подключении нескольких анализаторов к одному ПК.

2.3.1.4.2 Изменить можно только набор сетевых параметров «Пользователя» через WEB-интерфейс анализатора, выполнив следующую последовательность действий:

а) Если сетевой адрес анализатора не известен или он не доступен с текущими сетевыми настройками, то:

1) выключить анализатор;

¹⁾ Последний вариант надежен, хотя и не столь удобен, как автоматическая конфигурация, для работы которой требуются DHCP и DNS-серверы в локальной сети.

2) выполнить прямое подключение анализатора к ПК, согласно требованиям подпункта 2.3.1.2;

3) включить анализатор, подождать не менее 40 сек и продолжить работу с ним.

б) Открыть интернет-браузер, набрать в адресной строке IP-адрес анализатора¹⁾ 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» (рисунок 2.8).

г) Выполнив необходимые изменения сетевых параметров анализатора, нажать кнопку «Записать».

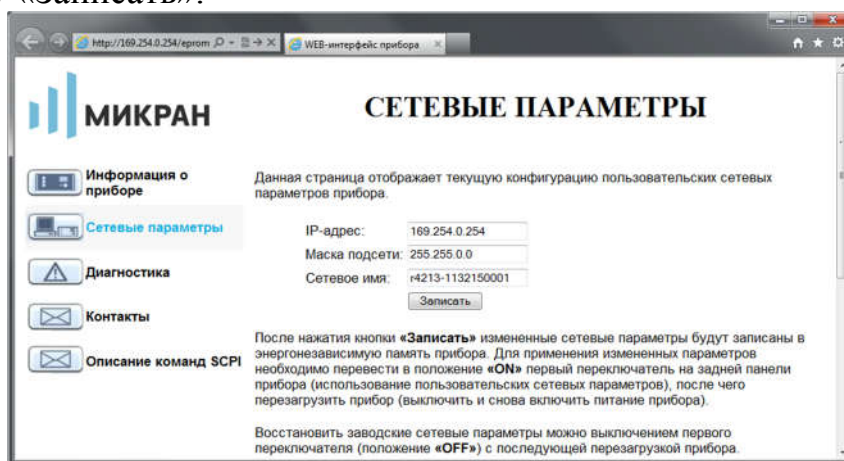


Рисунок 2.8 – Вид страницы управления сетевыми параметрами анализатора

2.3.1.4.3 При изменении сетевых параметров анализатора следует помнить, что:

- IP-адрес должен быть уникальным в локальной сети;
- «Сетевое имя» не должно содержать кириллицу, пробелы, символ подчеркивания и другие служебные символы;
- маску подсети обычно изменять не требуется.
- изменения вступят в силу, только после выключения/включения анализатора и при включенном переключателе «1» набора переключателей «КОНФИГУРАТОР».

2.3.2 Описание программного обеспечения

2.3.2.1 Запуск программы и подключение

2.3.2.1.1 Для запуска ПО «Graphit R4M» выбрать меню «Пуск» на панели задач операционной системы и затем последовательно выбрать (рисунок 2.9):

- представление «Все программы»²⁾;

¹⁾ Набрать «169.254.0.254» если используется прямое подключение.

²⁾ Для отображения всего ПО, установленного на ПК.

- папку «Micran Graphit P4M 2.5»;
- иконку ПО «Graphit P4M».

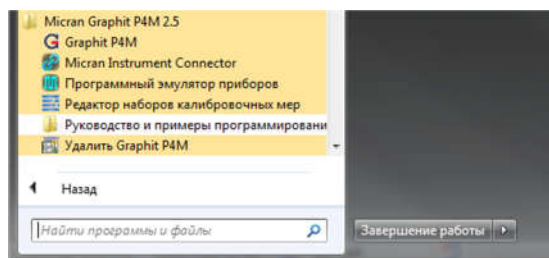


Рисунок 2.9 – Запуск ПО «Graphit P4M» через меню «Пуск»

2.3.2.1.2 После запуска ПО «Graphit P4M» появится диалоговое окно «Подключение к прибору P4M» (рисунок 2.10).

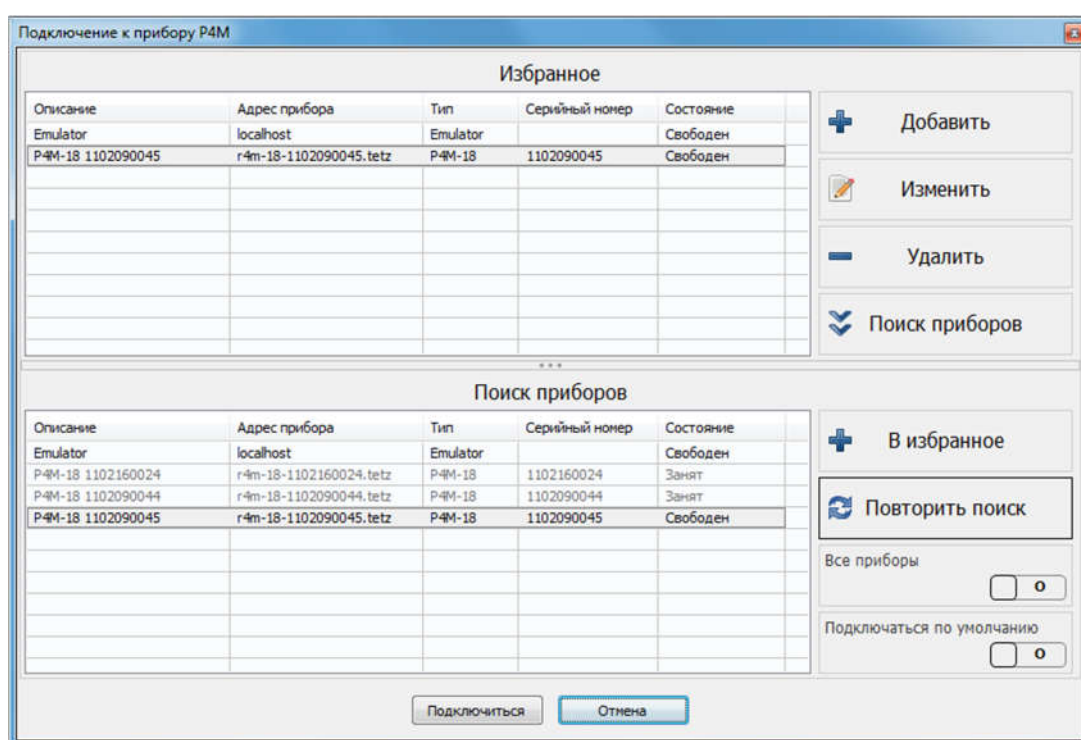


Рисунок 2.10 – Вид диалогового окна «Подключение к прибору P4M»

Примечание – Под подключением здесь понимается установка TCP-соединения с анализатором, инициализация и установка текущих параметров.

2.3.2.1.3 Диалоговое окно «Подключение к прибору P4M» содержит панели «Избранное» и «Поиск приборов», в которых содержатся списки приборов с их описанием, адресом, типом, серийным номером и состоянием¹⁾.

В правой части диалогового окна «Избранное» расположены кнопки управления, позволяющие добавлять, удалять и изменять элементы списка²⁾, а также отображать или скрывать результаты поиска приборов³⁾.

¹⁾ Свободен или занят.

²⁾ Кнопки «Добавить», «Удалить» и «Изменить».

³⁾ Кнопка «Поиск приборов».

Кнопка «Повторить поиск» в панели «Поиск приборов» дает команду ПО «Graphit P4M» для выполнения повторного поиска приборов в сети. С ее помощью ПО обращается к DNS-серверу с просьбой преобразовать IP-адрес анализатора в сетевое имя. Если это удастся, то в столбце «Адрес прибора» вместо IP-адреса отображается его сетевое имя.

Примечание – Невозможность преобразования IP-адреса в сетевое имя не является ошибкой и связана, скорее всего, с тем, что анализатор не использовал автоматическую конфигурацию сетевых параметров (переключатель «2» набора переключателей «КОНФИГУРАТОР» выключен) и не зарегистрировал свое имя на сервере (подробнее о настройке сетевых параметров см. в п. 2.3.1 настоящего РЭ).

Включение переключателя «Подключаться по умолчанию» приведет к автоматическому подключению к выбранному анализатору при следующем старте ПО «Graphit P4M». Для отключения данной опции необходимо после запуска ПО во вкладке «Управление»¹⁾ открыть окно «Подключение к прибору P4M» с помощью кнопки «Подключение к ВАЦ...» и установить данный переключатель в положение «О».

Включение переключателя «Все приборы» позволит отобразить в панели «Поиск приборов» все приборы, подключенные к локальной сети.

В списках приборов панелей «Избранное» и «Поиск приборов» диалогового окна «Подключение к прибору P4M» можно вызвать²⁾ контекстное меню с дублирующими³⁾ и дополнительными функциями (рисунок 2.11):

- «Подключиться» позволяет осуществить подключение к выбранному анализатору;
- «Переместить выше» и «переместить ниже» позволяют изменять положение выделенного анализатора в списке;
- «Копировать адрес» позволяет копировать сетевой адрес выделенного в списке анализатора;
- «WEB-интерфейс прибора» вызывает окно браузера⁴⁾, в котором отобразится информация о выделенном в списке анализаторе;
- «Ярлык на рабочий стол» создает ярлык «быстрого подключения» к выделенному в списке анализатору.

2.3.2.1.4 Подключиться к выбранному анализатору с помощью функции «Подключиться» из контекстного меню в списках приборов панелей «Избранное» или «Поиск приборов» диалогового окна «Подключение к прибору P4M»⁵⁾.

После того, как будет выбрана функция «Подключиться» будет выполняться попытка подключения ПО «Graphit P4M» к анализатору. Если ПО не удалось установить подключение, то отобразится сообщение об ошибке (рисунок 2.12).

¹⁾ Подробное описание интерфейса ПО см. в подпункте 2.3.2.3 настоящего РЭ.

²⁾ Одинарным кликом по правой клавише мышки.

³⁾ Дублируются функции, выполняемые кнопками «Добавить», «Изменить» и «Удалить» панели «Избранное».

⁴⁾ Заданного «по умолчанию».

⁵⁾ Подключение к анализатору можно также выполнить через двойной клик левой клавишей мышки по нужному анализатору.

После нажатия кнопки «ОК» в сообщении об ошибке, диалоговое окно «Подключение к прибору Р4М» примет исходный вид.

Нажатие кнопки «Отмена» закроет диалоговое окно «Подключение к прибору Р4М». Чтобы его повторно открыть, следует выбрать вкладку «Управление»¹⁾ и выбрать кнопку «Подключение к ВАЦ...».

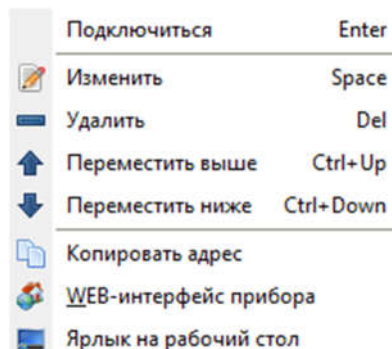


Рисунок 2.11 – Контекстное меню списка окна «Подключение к прибору Р4М»

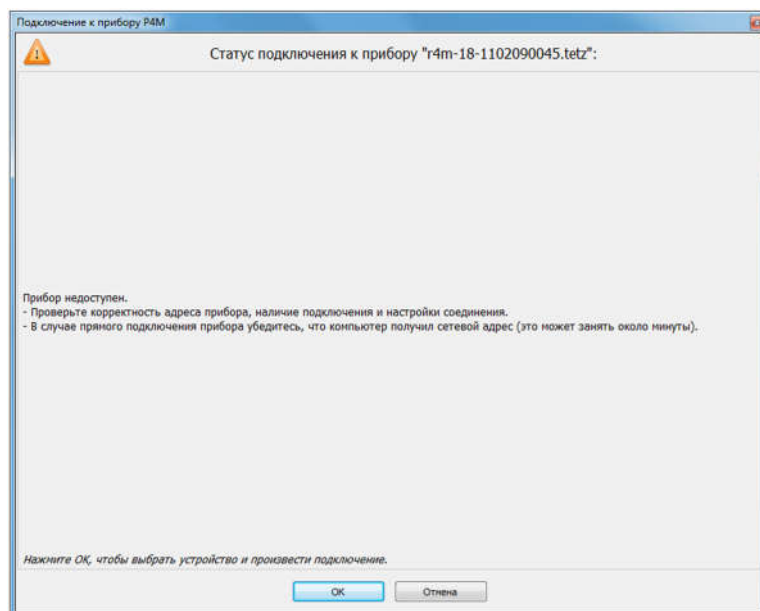


Рисунок 2.12 – Пример сообщения о неудачном подключении к анализатору

Если ПО «Graphit Р4М» выдал сообщение об ошибке во время подключения к прибору, то необходимо воспользоваться рекомендациями приложения В.

2.3.2.2 Активация программных опций

2.3.2.2.1 Для активации программных опций ПО «Graphit Р4М» выполнить требования 2.3.2.2.2 – 2.3.2.2.4 настоящего РЭ.

2.3.2.2.2 Во вкладке главного меню «Управление» выбрать «Список ключей...» и в появившемся окне нажать на кнопку «Список лицензий», обозначенную символом на рисунке 2.13.

¹⁾ Подробное описание интерфейса ПО см. в подпункте 2.3.2.3 настоящего РЭ.

[illegible]

Рисунок 2.14 – Окно управления ключами лицензий

2.3.2.2.4 После добавления файла-ключа лицензии, активация программных опций происходит автоматически, перезагрузка ПО «Graphit Р4М» не требуется. Список доступных программных опций приведен в подпункте 1.4.1.9 настоящего РЭ.

2.3.2.3 Описание элементов интерфейса ПО

2.3.2.3.1 Окно ПО «Graphit Р4М» содержит (рисунок 2.15):

- главное меню¹⁾;
- панели инструментов²⁾;
- панели управления³⁾;
- одну или несколько диаграмм
- статусные панели⁴⁾;
- статусную строку анализатора⁵⁾.

2.3.2.3.2 Боковая статусная панель канала отображает амплитудные параметры канала, список которых приведен в таблице 2.4. При наведении мыши на индикатор панели появится всплывающая подсказка с расшифровкой обозначения.

¹⁾ Располагается в верхней части окна.

2) Расположены в верхней части окна.

³⁾ Расположены внутри соответствующей области в правой части окна.

4) Располагаются сбоку диаграмм.

5) Расположена в нижней части окна.

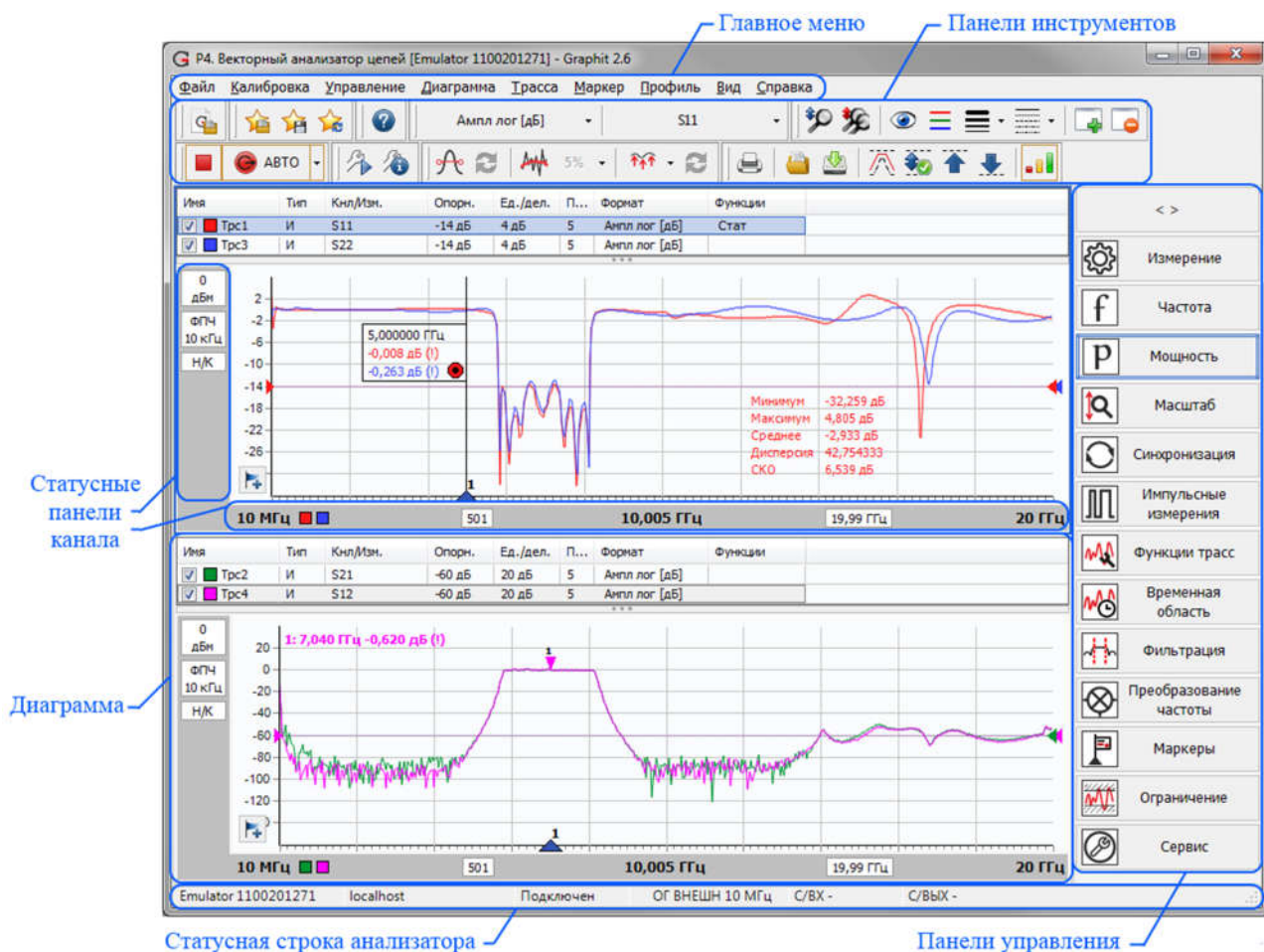


Рисунок 2.15 – Общий вид окна ПО «Graphit P4M»

Таблица 2.4

Наименование индикатора	Описание	Рисунок
Уровень выходной мощности	Уровень выходной мощности	2.16
Межкадровое усреднение	Количество усредненных кадров или степень межкадрового усреднения	2.17
Полоса ФПЧ	Полоса фильтра промежуточной частоты	2.18
Коррекция	Калибровка S-параметров не выполнена, либо выключена коррекция	2.19
	Полная двухпортовая калибровка	2.20
	Однопортовая калибровка*	2.21
	Калибровка частотной неравномерности на проход*	2.22
	Частотная неравномерность по отражению (нормировка)*	2.23
	Неполная двухпортовая калибровка*	2.24

Наименование индикатора	Описание	Рисунок
Коррекция	Векторная калибровка для измерения смесителей	2.25
Встраивание цепи	Встраивание цепи *	2.26
Исключение цепи	Исключение цепи *	2.27
Коррекция выходной мощности	Включена коррекция выходной мощности *	2.28
Коррекция приемника	Включена коррекция анализаторного приемника *	2.29
Смещение мощности порта 2	Смещение мощности разъема * на 1 дБ **	2.30
Преобразование импеданса	Включено преобразование опорного импеданса	2.31
Компенсация потерь и смещение плоскости	Включена компенсация потерь или смещение опорной плоскости	2.32
* С указанием выходного разъема анализатора, для которого выполнено действие и используется индикация ** Либо на другую заданную величину.		

-10
дБм

Рисунок 2.16 – Индикатор «Уровень выходной мощности»

3/3

Рисунок 2.17 – Индикатор «Межкадровое усреднение»

ФПЧ
10 кГц

Рисунок 2.18 – Индикатор «Полоса ФПЧ»

Н/К

Рисунок 2.19 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что калибровка S-параметров не выполнена

ДП

Рисунок 2.20 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что выполнена полная двухпортовая калибровка

S11
оп

Рисунок 2.21 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что выполнена однопортовая калибровка для разъема «ПОРТ 1»

S21
ЧН

Рисунок 2.22 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что выполнена калибровка частотной неравномерности на проход для разъема «ПОРТ 1»

S11
ЧН

Рисунок 2.23 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что по разъему «ПОРТ 1» присутствует частотная неравномерность по отражению

ДП2

Рисунок 2.24 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что выполнена неполная двухпортовая калибровка в отношении разъема «ПОРТ 2»

СМ

Рисунок 2.25 – Индикатор «Коррекция», отображающего информацию о том, что выполнена векторная калибровка для измерения смесителей

ИЦ1

Рисунок 2.26 – Индикатор «Исключение цепи»

ВЦ2

Рисунок 2.27 – Индикатор «Встраивание цепи»

КВМ1

Рисунок 2.28 – Индикатор «Коррекция выходной мощности»

КМП
В2

Рисунок 2.29 – Индикатор «Коррекция приемника»

1 дБ

Рисунок 2.30 – Индикатора «Смещение мощности»



Рисунок 2.31 – Индикатора «Преобразование импеданса»



Рисунок 2.32 – Индикатора «Компенсация потерь и смещение плоскости»

2.3.2.3.3 Нижняя статусная панель канала отображает параметры развертки канала:

- начальная частота сканирования/мощность/время¹⁾ (рисунок 2.33);
- цветовые индикаторы трасс диаграммы, относящихся к каналу (рисунок 2.34)²⁾;
- количество точек (рисунок 2.35);
- центральная частота сканирования/мощность/время¹⁾ (рисунок 2.33);
- полоса обзора (рисунок 2.36);
- конечная частота сканирования/мощность/время¹⁾ (рисунок 2.33).

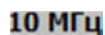


Рисунок 2.33 – Вид индикаторов «Начальная частота/мощность/время», «центральная частота/мощность/время», «конечная частота/мощность/время»



Рисунок 2.34 – Вид цветовых индикаторов трасс диаграммы



Рисунок 2.35 – Вид индикатора «Количество точек»



Рисунок 2.36 – Вид индикатора «Полоса обзора»

2.3.2.3.4 Статусная строка содержит информацию о подключенном анализаторе:

- тип и серийный номер;
- IP-адрес или сетевое имя анализатора;
- статус подключения к анализатору;
- режим работы опорного генератора «ОГ»;
- режим работы входного разъема синхронизации «С/ВХ»;
- режим работы выходного разъема синхронизации «С/ВЫХ»;
- отображает текущее время развертки.

2.3.2.3.5 Панели управления являются основным средством задания параметров анализатора и измерений, позволяют изменять настройки отображения и операций над трассами.

¹⁾ По выбору потребителя. Индикаторы отражаются в порядке представленном в перечислении 2.3.2.3.3 настоящего РЭ.

²⁾ Кликом левой клавишей мышки по любому из них выбирается трасса, обозначенная цветом индикатора.

Область панелей управления можно «свернуть» или «развернуть», кликнув левой кнопкой мышки по их заголовку или по кнопке со значком, представленным на рисунке 2.37¹⁾.

<<

Рисунок 2.37 – Значок кнопки «сворачивания»/«разворачивания» панели управления

2.3.2.3.6 Элементы управления, используемые в панелях управления ПО, представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Наименование элемента управления	Описание	Рисунок
Кнопка	Кнопка для выполнения операции	2.38
Переключатель	Переключатель (тумблер). Аналог классического флажка	2.39
Поле со списком	Предназначено для выбора одного из элементов выпадающего списка	2.40
Поле с регулировкой значения*	Элемент задания значений с возможностью ввода с экранной клавиатуры (ЭК), либо перелистыванием с определенным шагом**	2.41
*Вызов экранной клавиатуры происходит кликом левой кнопки мышки контекстного меню для настроек шага или выбором одного из прошлых значений (кликом правой кнопки мыши). **При помощи колеса прокрутки мыши или клавишами-стрелками «вверх»/«вниз».		

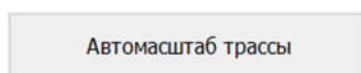


Рисунок 2.38 – Вид элемента управления «Кнопка»

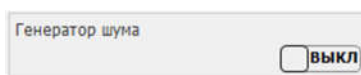


Рисунок 2.39 – Вид элемента управления «Переключатель»

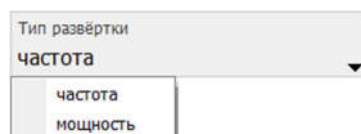


Рисунок 2.40 – Вид элемента управления «Поле со списком»

¹⁾ Располагается вверху панели управления.

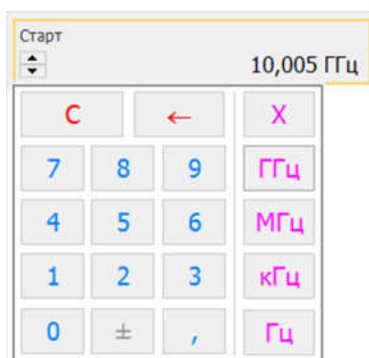


Рисунок 2.41 – Вид элемента управления «Поле с регулировкой значения»

2.3.2.3.7 Для упрощения понимания функций тех или иных элементов интерфейса ПО «Graphit P4M», необходимо рассмотреть блок-схемы обработки данных (рисунки 2.42 и 2.43).

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

«Измерение»¹⁾ – часть измерительного канала, выполняющая вычисление измеряемых величин из оцифрованных сигналов измерительных входов анализатора. Порядок обработки данных в измерительном канале представлен на рисунке 2.43.

Измерительный канал в каждой частотной точке формирует четыре комплексные амплитуды сигналов на входах приемников – опорные «a1», «a2» и отраженные²⁾ «b1», «b2». Далее из комплексных амплитуд вычисляются нескорректированные S-параметры по формулам 2.1 – 2.4

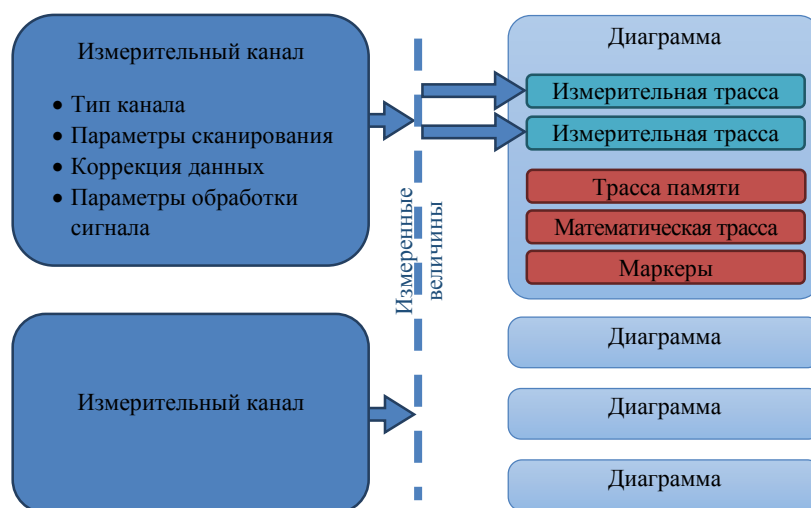


Рисунок 2.42 – Обобщенная схема обработки данных

¹⁾ Здесь и далее термин «измерение» взят в кавычки, чтобы отличить от одноименного существительного, означающего процесс.

²⁾ Или прошедшие через ИУ.

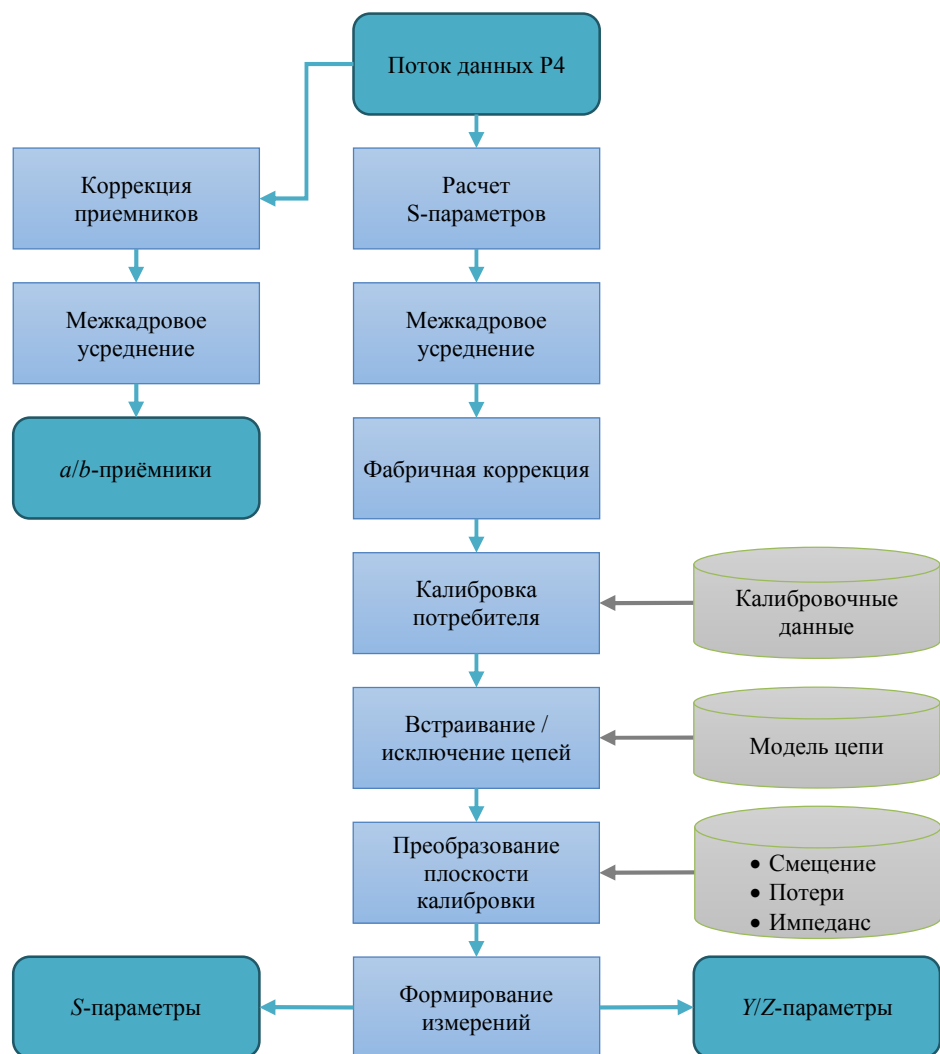


Рисунок 2.43 – Блок-схема обработки данных в измерительном канале

$$S_{11}^M = \frac{b_{1F}}{a_{1F}}, \quad (2.1)$$

$$S_{21}^M = \frac{b_{2F}}{a_{1F}}, \quad (2.2)$$

$$S_{12}^M = \frac{b_{1R}}{a_{2R}}, \quad (2.3)$$

$$S_{22}^M = \frac{b_{2R}}{a_{2R}}, \quad (2.4)$$

где S_{11}^M и S_{22}^M – измеренные комплексные амплитуды КО;
 S_{21}^M и S_{12}^M – измеренные комплексные амплитуды КП;

a_{1F} – комплексное амплитудное значение падающей волны на опорном приемнике «a1»¹⁾;

b_{1F} – комплексное амплитудное значение падающей волны на измерительном приемнике «b1»²⁾;

b_{2F} – комплексное амплитудное значение падающей волны на измерительном приемнике «b2»³⁾;

a_{2R} – комплексное амплитудное значение отраженной волны на опорном приемнике «a2»⁴⁾;

b_{1R} – комплексное амплитудное значение отраженной волны на измерительном приемнике «b1»⁵⁾;

b_{2R} – комплексное амплитудное значение отраженной волны на измерительном приемнике «b2»⁶⁾.

Из нескорректированных S-параметров с использованием калибровочных данных вычисляются оценки S-параметров ИУ. Коррекция выполняется, если⁷⁾:

- была выполнена соответствующая калибровка;
- коррекция не отключена в окне «Информация о калибровках...»⁸⁾;
- не установлен флажок на опции «Отключить коррекцию» во вкладке «Калибровка» главного меню.

«Измерения» комплексных амплитудных значений a_{1F} , $b_{1F}...b_{2R}$ служат для индикации уровней мощности в трактах ПЧ приемников «a1», «a2», «b1» и «b2» при прямом и обратном зондировании.

В ПО «Graphit P4M» реализован один измерительный канал с возможностью переключения типа сканирования по частоте или по мощности.

2.3.2.3.8 Диаграмма – область экрана, содержащая графики⁹⁾, список трасс, координатные оси, боковую и нижнюю статусные панели канала, линии сетки и маркеры.

2.3.2.3.9 Трасса – последовательность измеренных, рассчитанных или запомненных точек данных «измерения», соединенных линией. Существуют следующие типы трасс:

- измерительная трасса, отображающая результаты измерений;
- математическая трасса, отображающая результат поточечной арифметической операции над трассами¹⁰⁾;
- трасса памяти, представляющая собой статическую копию данных любой другой трассы произвольного типа, либо данные, загруженные из файла.

2.3.2.3.10 Маркеры – индикаторы на диаграмме, содержащие численные значения заданных точек трасс.

¹⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «a1 (1→2)».

²⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «b1 (1→2)».

³⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «b2 (1→2)».

⁴⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «a2 (2→1)».

⁵⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «b1 (2→1)».

⁶⁾ В ПО «Graphit P4M» обозначается как «b2 (2→1)».

⁷⁾ В противном случае на диаграмме отображаются нескорректированные S-параметры.

⁸⁾ Подробнее см. в подпункте 2.3.3.8 настоящего РЭ.

⁹⁾ Трассы. Определение см. в перечислении 2.3.2.3.9 настоящего РЭ.

¹⁰⁾ Сложение, вычитание, умножение, деление и др.

Благодаря широкому набору функций, описанных в подпункте 2.3.2.11, маркеры способны находить по заданному критерию особые точки на трассе, вычислять вторичные измеряемые параметры¹⁾, отображать статистические данные.

Маркеры или их связи²⁾ позволяют установить некоторые параметры измерительного канала или настройки отображения трассы.

2.3.2.3.11 В окне ПО «Graphit P4M» одновременно могут отображаться от 1 до 4 диаграмм, и в каждой диаграмме могут отображаться до 30 трасс³⁾. Потребителю разрешено отображать на одной диаграмме трассы в разных форматах, принадлежащие различным «измерениям» и измерительным каналам.

На рисунке 2.44 показан пример диаграммы с контекстным меню, появившемся после клика правой кнопкой мышки по области отображения трасс.

Примечания

1 Чтобы создать или удалить диаграмму, следует кликнуть правой клавишей мышки по области отображения трасс и в появившемся контекстном меню выбрать соответствующий пункт.

2 Удалить единственную диаграмму невозможно.

3 Взаимное расположение нескольких диаграмм можно произвести в окне «Настройка диаграмм» (меню «Вид»).

4 При двух и более диаграммах двойной клик левой клавишей мышки по горизонтальной шкале или нажатие клавиши «F11» развернет диаграмму до максимальных размеров, скрыв соседние диаграммы. Повторный двойной клик левой клавишей мышки по горизонтальной шкале или нажатие клавиши «F11» вернет диаграмму в прежнее состояние.

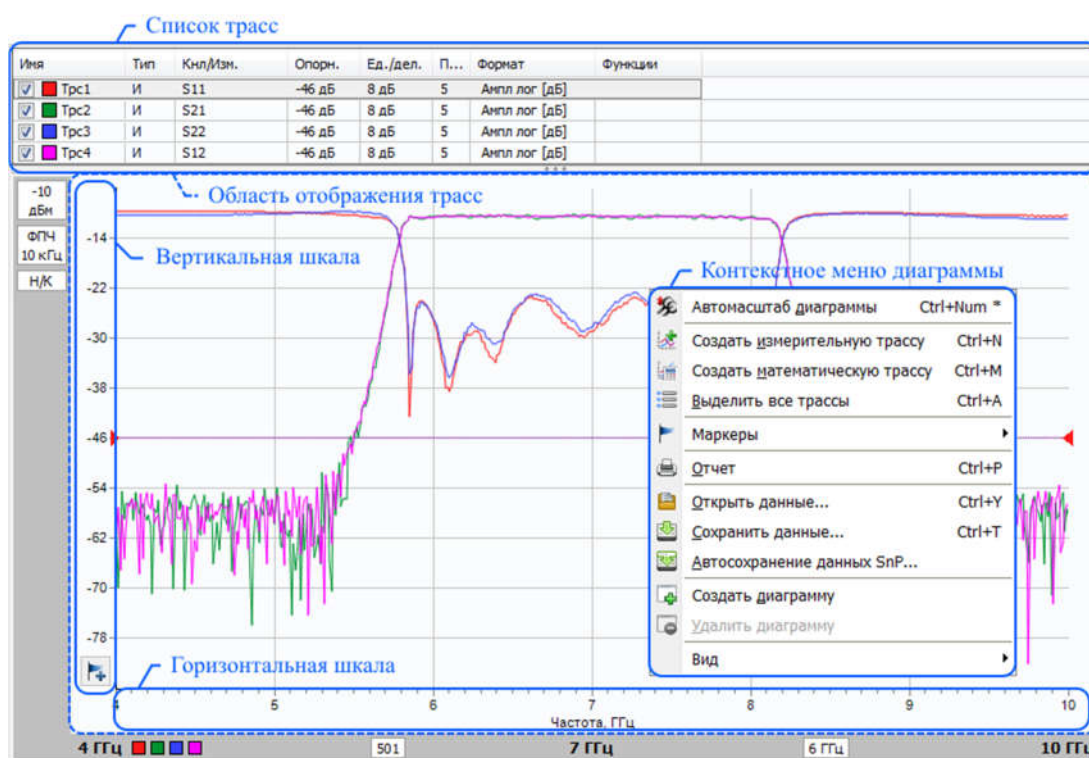


Рисунок 2.44 – Диаграмма и ее контекстное меню

¹⁾ Такие как полоса пропускания, коэффициент прямоугольности, добротность и т.п.

²⁾ Связные маркеры.

³⁾ Максимальное число измерительных трасс – 10.

2.3.2.3.12 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 клик левой клавишей мышки по индикатору цвета трассы позволит выбрать цвет в появившемся стандартном диалоге выбора цвета. Двойной клик левой клавишей мышки по названию трассы позволит переименовать трассу.

В столбце «Тип» отображается тип трассы:

- «И» – измерительная трасса;
- «П» – трасса памяти;
- «М» – математическая.

В столбце «Кнл/Изм.» содержатся имена канала¹⁾ и «измерения», разделенные символом «/».

В столбцах «Опорн.», «Ед./дел.» и «Поз.» указываются значения опорного уровня трассы, масштаба²⁾ и позиции опорного уровня. Двойной клик левой клавишей мышки по любой из указанных ячеек позволит изменить значение соответствующего параметра во всплывающем поле. Более подробно эти параметры описаны в подпункте 2.3.2.7 настоящего РЭ.

Столбец «Формат» отображает текущий формат данных трассы. Двойной клик левой клавишей мышки в этом поле откроет список доступных форматов.

В столбце «Функции» отображаются сокращения названий операций, применяемых к результатам измерений³⁾, а также дополнительная информация для математических и трасс памяти.

2.3.2.3.13 При наличии нескольких диаграмм, активная диаграмма выделяется рамкой. Трассу можно выделить непосредственно в списке, либо кликнув левой клавишей мышки по пиктограмме трассы с ее цветом на нижней статусной панели канала.

Можно выделить несколько трасс, удерживая клавишу «Ctrl» или «Shift», для того, чтобы управлять их атрибутами одновременно³⁾. Все пункты меню, а также элементы панелей управления и инструментов, касающиеся трасс, имеют отношение только к выделенным трассам и соответствующим им измерительным каналам.

П р и м е ч а н и я

1 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.

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

¹⁾ Если он не единственный.

²⁾ Ед./дел.

³⁾ Подробнее см. в подпункте 2.3.2.7 настоящего РЭ.

Список трасс автоматически расширяется при добавлении новой трассы¹⁾, если общее количество трасс не превышает 4. Также существует возможность изменения его высоты потребителем перемещением нижней границы.

Примечание – Можно немного сократить занимаемую списком трасс площадь экрана, скрыв заголовки столбцов. Для этого необходимо убрать флажок с пункта «Заголовки столбцов» в поле со списком «Вид» вкладки «Диаграммы» главного меню, или нажать клавишу «F12».

2.3.2.3.14 Контекстные меню предназначены для быстрого доступа к свойствам и функциям диаграмм, трасс и маркеров (рисунки 2.45 – 2.47).

Необходимо отметить, что некоторые операции²⁾, доступны только из контекстных меню.

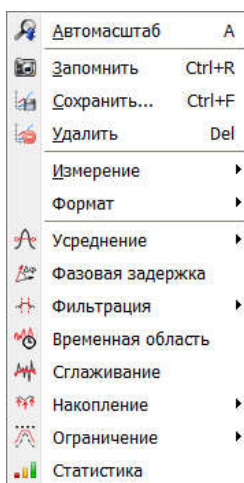


Рисунок 2.45 – Контекстное меню измерительной трассы

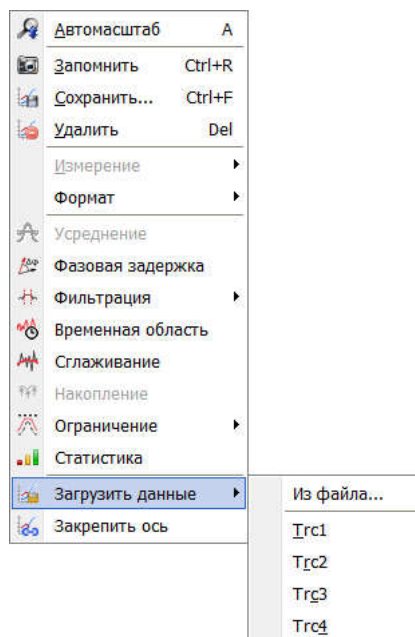


Рисунок 2.46 – Контекстное меню трассы памяти

¹⁾ Если установлен флажок «Автовысота списка трасс» в поле со списком «Вид» вкладки «Диаграмма» главного меню.

²⁾ Например, сохранение данных трассы в файл.

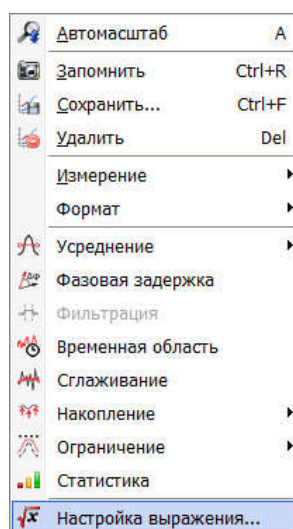


Рисунок 2.47 – Контекстное меню математической трассы

2.3.2.4 Главное меню ПО

2.3.2.4.1 Главное меню ПО «Graphit P4M», изображенное на рисунке 2.48, отображается в верхней части окна программы и состоит из следующих пунктов:

- «Файл»;
- «Калибровка»;
- «Управление»;
- «Диаграмма»;
- «Трасса»;
- «Маркер»;
- «Профиль»;
- «Вид»;
- «Справка».



Рисунок 2.48 – Главное меню ПО «Graphit P4M»

2.3.2.4.2 Вкладка «Файл» главного меню используется для открытия или закрытия измерительных схем, выхода из ПО, а также содержит функции создания и отправки снимков окна ПО на определенный адрес электронной почты (рисунки 2.49 и 2.50).

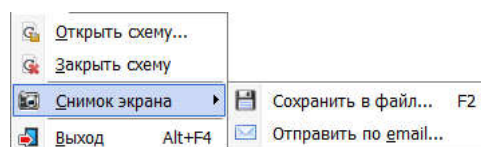


Рисунок 2.49 – Создание снимка экрана

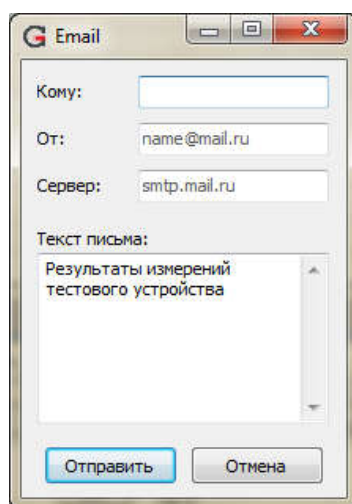


Рисунок 2.50 – Окно отправки снимка экрана

2.3.2.4.3 Вкладка «Калибровка» главного меню ПО предназначено для выполнения калибровки, управления калибровочными данными и настройки параметров коррекции.

2.3.2.4.4 Вкладка «Управление» главного меню содержит команды подключения/отключения к анализатору и запуска/остановки процесса измерений, а также запуска окна управления ключами лицензий ПО «Graphit P4M».

2.3.2.4.5 Вкладка «Диаграмма» главного меню ПО дублирует контекстное меню активной диаграммы (рисунок 2.44).

2.3.2.4.6 Вкладка «Трасса» главного меню дублирует контекстное меню трассы памяти и контекстное меню математической трассы (рисунки 2.46 и 2.47).

2.3.2.4.7 Вкладка «Маркер» главного меню дублирует контекстное меню управления активным маркером (рисунок 2.109).

2.3.2.4.8 Вкладка «Профиль» главного меню ПО предназначена для сохранения/загрузки параметров измерений.

2.3.2.4.9 Вкладка «Вид» главного меню используется для включения или отключения панелей инструментов, панелей управления, а также содержит другие настройки графического оформления ПО «Graphit P4M», описанные в подпункте 2.3.2.5 настоящего РЭ.

2.3.2.4.10 Вкладка «Справка» главного меню обеспечивает доступ к справочной системе и информации о текущей версии ПО «Graphit P4M».

Примечания

1 Существует возможность выбора пункта главного меню ПО с помощью клавиатуры. Для этого нужно нажать клавишу «Alt» или «F10» и клавишами управления курсором выбрать нужный пункт.

2 После нажатия клавиши «Alt» или «F10» в тексте на многих пунктах меню появляются подчеркнутые символы. Последовательное нажатие клавиши «Alt», затем «подчеркнутый символ» эквивалентно выбору пункта главного меню.

2.3.2.5 Настройка графического интерфейса

2.3.2.5.1 Во вкладке «Вид» главного меню¹⁾ потребителю предоставляется возможность настройки отображения объектов ПО «Graphit P4M» (рисунок 2.51).

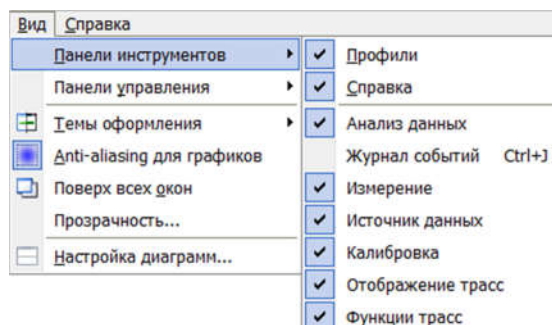


Рисунок 2.51 – Меню «Вид»

2.3.2.5.2 Цветовая схема задается в поле со списком «Темы оформления» вкладки «Вид» главного меню ПО.

На выбор предлагается 3 темы оформления:

- «Стандартная» (рисунок 2.52);
- «Графит» (рисунок 2.53);
- «Айсберг» (рисунок 2.54).

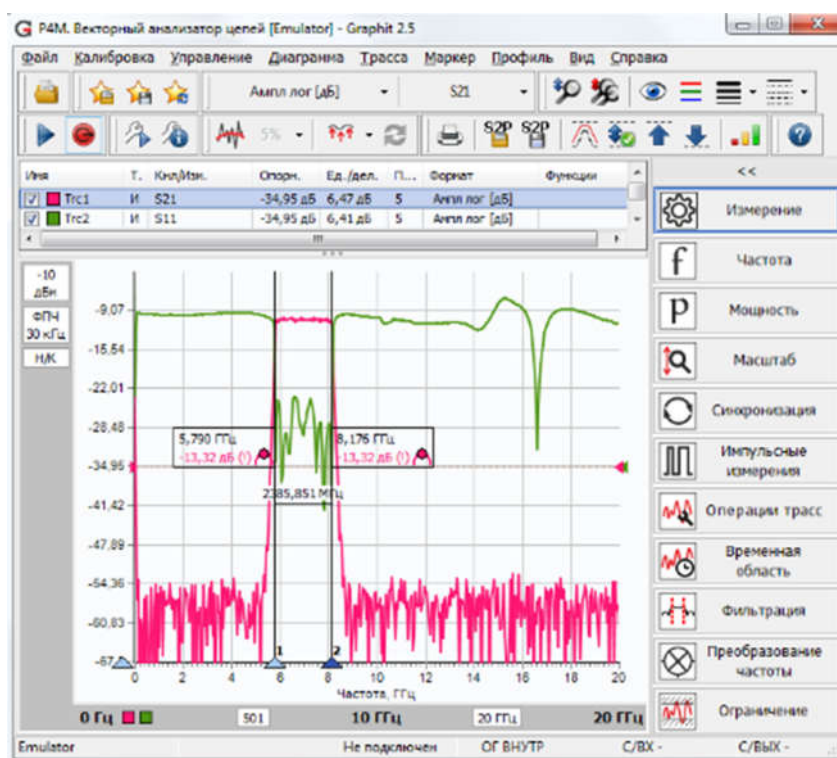


Рисунок 2.52 – Тема оформления «Стандартная»

¹⁾ Вкладка «Вид», поле со списком «Панели инструментов».

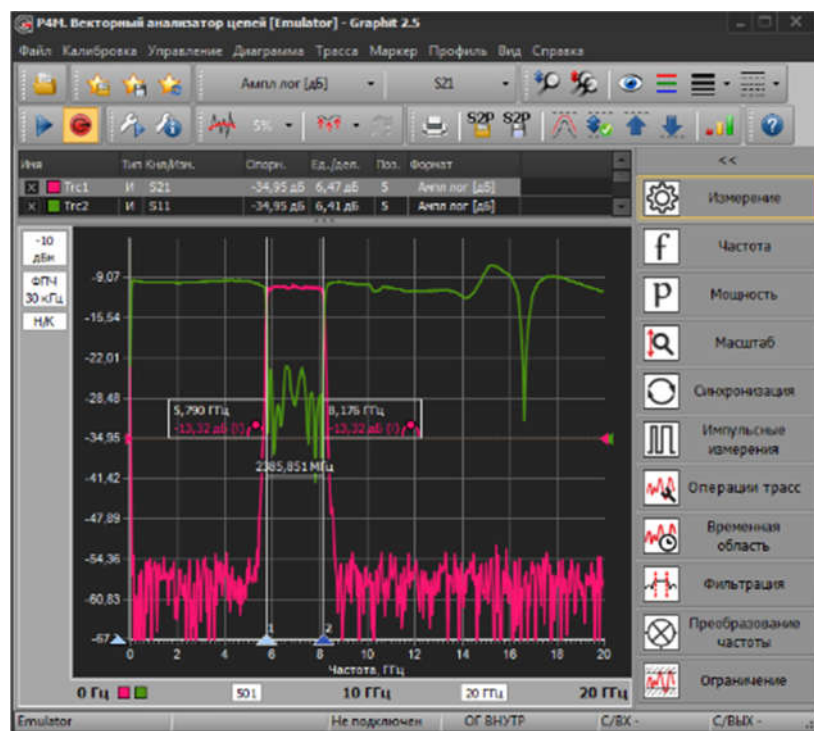


Рисунок 2.53 – Тема оформления «Графит»

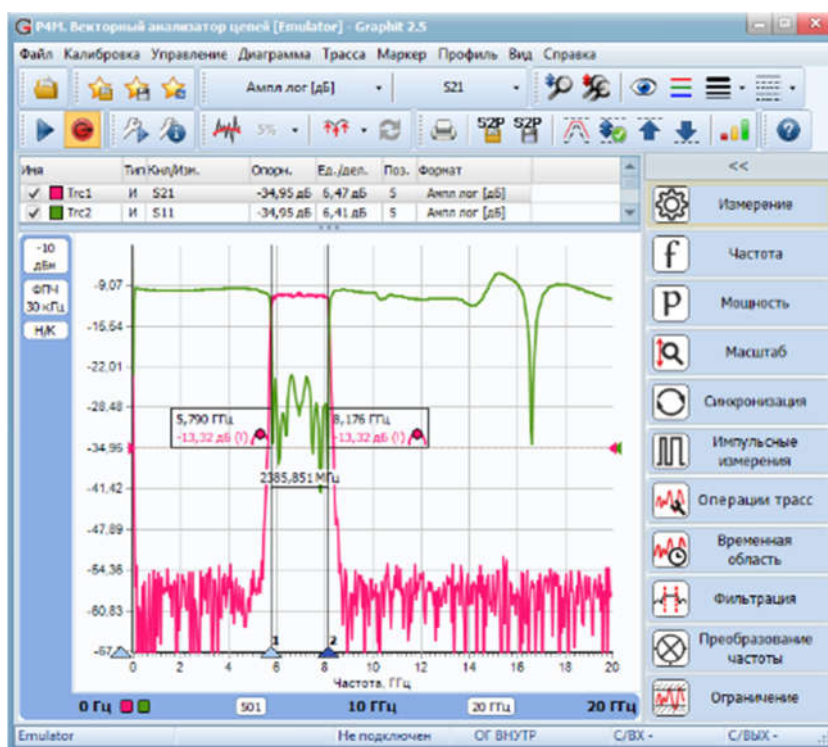


Рисунок 2.54 – Тема оформления «Айсберг»

2.3.2.5.3 Эффект «Anti-aliasing для графиков» используется для визуального сглаживания линий трасс на диаграмме¹⁾.

¹⁾ Не связан с функцией «Сглаживание» для трасс.

Примечания

1 Применение этого эффекта осуществляется только при следующем запуске программы.

2 Для «медленных» ПК рекомендуется отключать эффект «Anti-aliasing для графиков», а также использовать тему оформления «Стандартная».

2.3.2.5.4 Функция «Поверх всех окон» предназначена для фиксированного отображения ПО «Graphit P4M» поверх остальных окон операционной системы ПК или других программ.

2.3.2.5.5 Эффект «Прозрачность» может быть применен ко всем дочерним окнам ПО «Graphit P4M» и отключен по умолчанию. Глубина эффекта прозрачности регулируется ползунком в соответствующем окне (рисунок 2.55).

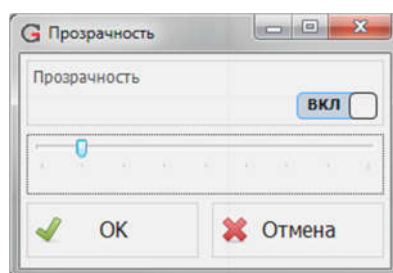


Рисунок 2.55 – Регулировка эффекта «Прозрачность»

2.3.2.5.6 Панели инструментов, расположенные в верхней части главного окна ПО, могут быть использованы для быстрого доступа к наиболее востребованным командам и функциям. Потребитель может перемещать панели инструментов мышью, отключать или включать их, используя поле со списком «Панели инструментов» вкладки «Вид» главного меню. При наведении указателя мыши на определенный элемент панели появится всплывающая подсказка.

2.3.2.5.7 Для включения тех или иных панелей управления следует установить соответствующие флажки в поле со списком «Панели управления» вкладки «Вид» главного меню (рисунок 2.56). Краткое описание содержимого панелей управление представлено в п. 2.3.2.6.

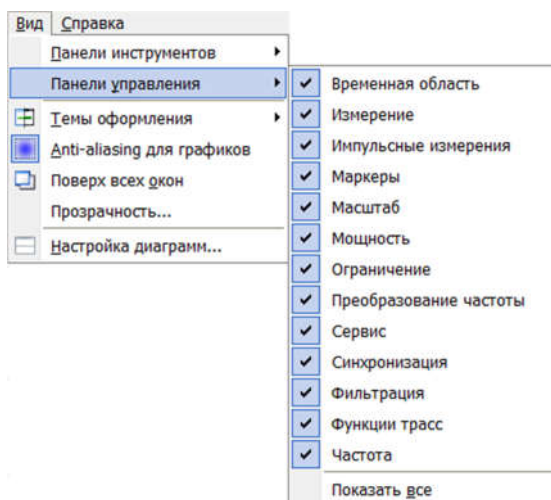


Рисунок 2.56 – Выбор отображаемых панелей управления

2.3.2.6 Панели управления

2.3.2.6.1 Для установки параметров «измерений», а также настройки операций над трассами используются панели управления:

- «Измерение» (рисунок 2.57);
- «Частота» (рисунок 2.58);
- «Мощность» (рисунок 2.59);
- «Масштаб» (рисунок 2.60);
- «Синхронизация» (рисунок 2.61);
- «Импульсные измерения» (рисунок 2.62);
- «Функции трасс» (рисунок 2.63);
- «Временная область» (рисунок 2.64);
- «Фильтрация» (рисунок 2.65);
- «Преобразование частоты» (рисунок 2.66);
- «Маркеры» (рисунок 2.67);
- «Ограничение» (рисунок 2.68);
- «Сервис» (рисунок 2.69).

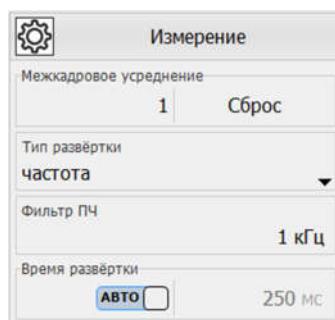


Рисунок 2.57 – Панель управления «Измерение»

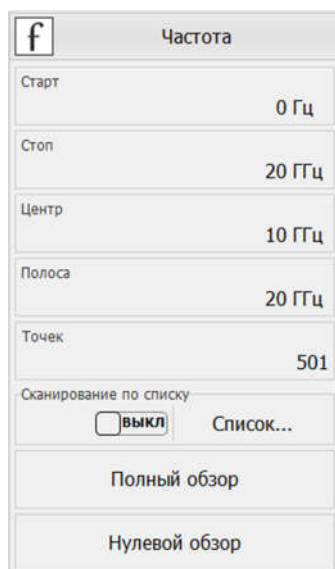


Рисунок 2.58 – Панель управления «Частота»

Р Мощность	
Старт	
Стоп	
Центр	-10 дБм
Полоса	
Точек	
Управление аттенюаторами	
ручное ▼	
Аттенюатор генератора (порт 1 / 2)	
0 дБ	0 дБ
Аттенюаторы приёмников (порт 1 / 2)	
0 дБ	0 дБ

Рисунок 2.59 – Панель управления «Мощность»

Масштаб	
Формат отображения	Ампл лог [дБ]
Режим масштаба максимум/минимум	☐ выкл
Опорный уровень	1
Масштаб, ед/дел	10
Позиция опорного уровня	5
Автомасштаб трассы	
Автомасштаб диаграммы	

Рисунок 2.60 – Панель управления «Масштаб»

Синхронизация	
Синхровход	не используется ▼
Инверсия синхровхода	☐ выкл
Синхровыход	не используется ▼
Инверсия синхровыхода	☐ выкл
Длительность импульса	10 мкс
Синхроген. (высокий/низкий уровень)	10 мкс 100 мкс
Опорный генератор	автовыбор 10 МГц
Дополнительно...	

Рисунок 2.61 – Панель управления «Синхронизация»

Импульсные измерения

Режим:
Импульсный

Временное зануление каналов ☒ **вкл**

Длительность окна: 40 нс

Старт обзора: 0 пс

Стоп обзора: 500 нс

Шаг: 10 нс

Точек измерения: 51

Авто ПЧ

Рисунок 2.62 – Панель управления «Импульсные измерения»

Функции трасс

Накопление ☐ **выкл** Минимум

Сброс накопления

Сглаживание ☐ **выкл** 5 %

Усреднение ☐ **выкл** 10

Сброс усреднения

Фазовая задержка ☐ **выкл** 1 нс

Электрическая длина 300 мм

Статистика ☐ **выкл**

Рисунок 2.63 – Панель управления «Функции трасс»

Временная область

Временная область ☒ **вкл**

Старт -2 нс

Стоп 5 нс

Центр 1,5 нс

Полоса 7 нс

Тип координат окна
Время

Диэлектрическая проницаемость 1

Взвешивание окном
Нет

Тип характеристики
Импульсная

Сопротивление ☐ **выкл**

Режим сигнала
Видеосигнал Установить

ЧХ [0 Гц] ☒ **АВТО** 1,16

Рисунок 2.64 – Панель управления «Временная область»

Фильтрация	
Фильтрация	☒ Вкл
Центр	1 нс
Полоса	2 нс
Тип координат окна	Время
Диэлектрическая проницаемость	1
Функция окна	Выделение
Параметр окна	6
ЧХ [0 Гц]	☒ АВТО 1
Экстраполяция ЧХ	☐ ВЫКЛ

Рисунок 2.65 – Панель управления «Фильтрация»

Преобразование частоты	
Преобразование	☐ ВЫКЛ
Векторная коррекция	☐ ВЫКЛ
Множитель/делитель частоты P4	1 1
Старт гетеродина	1 ГГц
Стоп гетеродина	2 ГГц
Множитель/делитель частоты гетеродина	-1 1
Настройка гетеродина...	
Смещение	0 Гц
Старт/стоп ПЧ	4 ГГц 10 ГГц
Отображать частоты зондирования	

Рисунок 2.66 – Панель управления «Преобразование частоты»

Рисунок 2.67 – Панель управления «Маркеры»

Рисунок 2.68 – Панель управления «Ограничение»

Рисунок 2.69 – Панель управления «Сервис»

2.3.2.6.2 Панель управления «Измерение» содержит следующие поля:

- «Межкадровое усреднение» – задает коэффициент усреднения и сбрасывает накопленные данные;

- «Тип развертки» – определяет режим сканирования анализатора¹⁾;

- «Фильтр ПЧ» – задает полосу фильтра ПЧ;

- «Время развертки» – управляет временем развертки анализатора.

Описание панели управления «Измерение» представлено в пункте 2.3.5 настоящего РЭ.

2.3.2.6.3 Панель управления «Частота» содержит следующие поля, кнопки и переключатели:

- «Старт» – задает начальную частоту сканирования;

- «Стоп» – задает конечную частоту сканирования;

- «Центр» – задает центральную частоту сканирования;

- «Полоса» – задает полосу обзора;

- «Точек» – задает количество точек;

- «Сканирование по списку» – включает или отключает сканирование по списку частот;

- «Список...» – редактор списка частот, создаваемый потребителем «вручную» или загружаемый из файла²⁾;

- «Полный обзор» – устанавливает полный диапазона сканирования;

- «Нулевой обзор» – устанавливает сканирование на фиксированной частоте, определяемой полем «центр», с заданным количеством точек.

Примечание – При сканировании по мощности на панели управления «Частота» доступно изменение только поля «Центр».

2.3.2.6.4 Панель управления «Мощность» содержит следующие поля:

- «Старт» – задает начальный уровень мощности сканирования;

- «Стоп» – задает конечный уровень мощности сканирования;

- «Центр» – задает центральное значение уровня мощности;

- «Полоса» – задает ширину диапазона сканирования;

- «Точек» – задает количество точек;

- «Управление аттенюаторами» – задает режим управления выходными аттенюаторами³⁾;

- «Аттенюатор генератора (порт 1/2)» – задает значения ослабления аттенюаторов на выходе разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»³⁾;

- «Аттенюаторы приемников (порт 1/2)» – задает значения ослабления по входу приемников разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» соответственно³⁾.

Примечания

1 Для анализаторов ослабление применяется только на входе измерительных приемников.

2 При сканировании по частоте на панели управления «Мощность» доступно изменение только поля «Центр».

¹⁾ По частоте или мощности.

²⁾ Максимальный размер списка – 5001 точка.

³⁾ Только при наличии опции ДМА.

2.3.2.6.5 Панель управления «Масштаб» содержит следующие поля, кнопки и переключатели:

- «Формат отображения» – выбирает формат отображения трассы;
- «Режим масштаба максимум/минимум» – включает или отключает режим задания масштаба трассы через минимум и максимум левой оси;
- «Опорный уровень»/«Максимум» – задает опорный уровень трассы, либо верхнюю границу левой оси трассы при включенном режиме масштаба максимум/минимум;
- «Масштаб, ед/дел»/«Минимум» – задает масштаб трассы, либо нижнюю границу левой оси трассы при включенном режиме масштаба максимум/минимум;
- «Позиция опорного уровня» – устанавливает позицию опорного уровня трассы¹⁾;
- «Автомасштаб трассы» – автоматически выбирает масштаб трассы;
- «Автомасштаб диаграммы» – автоматически выбирает масштаб всех трасс диаграммы.

Подробное описание панели управления «Масштаб» представлено в подпункте 2.3.2.7 настоящего РЭ.

2.3.2.6.6 Панель управления «Синхронизация» содержит следующие поля и переключатели:

- «Синхровход» – выбирает режим синхронизации по входному разъему;
- «Инверсия синхровхода» – задает инверсию импульсов на входном разъеме синхронизации;
- «Синхровыход» – выбирает режим синхронизации по разъему «Выход 1»;
- «Инверсия синхровыхода» – задает инверсию импульсов синхронизации на разъеме «Выход 1»;
- «Длительность импульса» – задает длительность импульсов синхронизации на разъеме «Выход 1»;
- «Длительность высокого уровня» – задает длительность высокого уровня внутреннего синхрогенератора;
- «Длительность низкого уровня» – задает длительность низкого уровня внутреннего синхрогенератора;
- «Опорный генератор» – выбирает опорный генератор и частоты внешнего опорного генератора;
- «Дополнительно...» – кнопка открытия окна с настройками для основного выходного разъема²⁾ «Выход 1» и дополнительных выходных разъемов синхронизации³⁾ (рисунок 2.70)⁴⁾.

Подробное описание настройки системы синхронизации представлено в подпункте 2.3.5.9 настоящего РЭ.

¹⁾ Доступно только при отключенном режиме масштаба максимум/минимум.

²⁾ «Выход 1».

³⁾ «Выход 2» и «Выход 3».

⁴⁾ Выходы с включенной синхронизацией подсвечиваются в статусной строке окна.

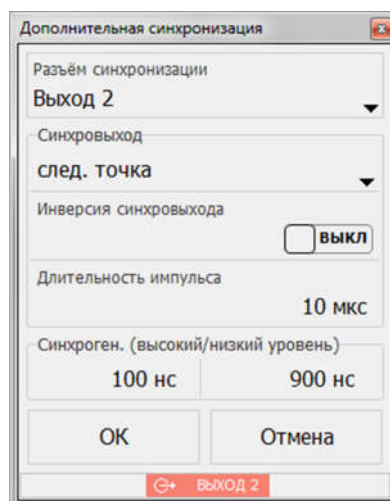


Рисунок 2.70 – Окно «Дополнительная синхронизация»

2.3.2.6.7 Панель управления «Импульсные измерения» используется для конфигурации измерений в импульсном режиме¹⁾, описанных в подпункте 2.3.5.11 настоящего РЭ, и содержит следующие поля, кнопки и переключатели:

- «Режим» – выбирает режим импульсных измерений;
- «Временное зануление каналов» – управляет занулением в опорных и измерительных приемниках;
- «Длительность окна» – задает длительность интервала, в котором сигнал не зануляется²⁾;
- «Старт обзора» – задает задержку интервала незануления от фронта модулирующего импульса;
- «Стоп обзора» – задает конечное положение окна «незануления» при измерении профиля импульса;
- «Шаг» – задает величину шага перемещения окна «незануления» при измерении профиля импульса;
- «Точек измерения» – задает расчетное число перемещений окна «незануления» при измерении профиля импульса;
- «Авто ПЧ» – разрешает автоматический выбор фильтра ПЧ для импульсных измерений.

2.3.2.6.8 Панель управления «Функции трасс» содержит следующие поля и переключатели:

- «Временная область» – управляет функцией преобразования;
- «Старт» – задает нижнюю границу временной области;
- «Стоп» – задает верхнюю границу временной области;
- «Центр» – задает центр временной области;
- «Полоса» – задает ширину временной области;
- «Тип координат окна» – управляет переключением величины абсцисс время/дистанция;

¹⁾ Опция ИИП.

²⁾ Окно «незануления».

- «Диэлектрическая проницаемость» – в поле указывается диэлектрическая проницаемость линии¹⁾;
- «Взвешивание окном» – задает тип применяемого окна взвешивания;
- «Тип характеристики» – задает тип временной характеристики;
- «Сопротивление» – активирует режим пересчета значений ординат в сопротивление;
- «Режим сигнала» – задает тип преобразования частотного спектра, а также разрешает автоматическую установку параметров частоты²⁾ для использования режима «Видеосигнал»;
- «ЧХ [0 Гц]» – устанавливает автоматическое или ручное определение постоянной составляющей ЧХ.

2.3.2.6.9 Панель управления «Фильтрация» используется для настройки функции фильтрации во временной области³⁾, описанной в подпункте 2.3.5.6 настоящего РЭ, и содержит следующие поля и переключатели:

- «Фильтрация» – управляет включением или отключением функции фильтрации;
- «Центр» – задает положение центра окна фильтрации;
- «Полоса» – задает ширину окна фильтрации;
- «Тип координат окна» – управляет переключением величины абсцисс время/дистанция;
- «Диэлектрическая проницаемость» – в поле указывается диэлектрическая проницаемость линии¹⁾;
- «Функция окна» – управляет выбором функции окна;
- «Параметр окна» – задает значение параметра формы окна Кайзера;
- «ЧХ [0 Гц]» – устанавливает автоматическое или ручное определение постоянной составляющей ЧХ;
- «Экстраполяция ЧХ» – управляет включением или отключением алгоритма экстраполяции ЧХ.

2.3.2.6.10 Панель управления «Преобразование частоты» используется для конфигурации измерений частотно-преобразующих устройств⁴⁾, описанных в подпункте 2.3.5.6 настоящего РЭ, и содержит следующие поля и переключатели:

- «Преобразование» – управляет включением или отключением преобразования частоты приемника анализатора с дополнительным измерением скалярного коэффициента преобразования;
- «Векторная коррекция» – задает обозначение векторной коррекции⁵⁾;
- «Множитель/делитель частоты Р4» – задает значения множителя и делителя частот анализатора в формуле преобразования;
- «Старт гетеродина» – задает начальная частота гетеродина;
- «Стоп гетеродина» – задает конечная частота гетеродина;

¹⁾ Необходима для расчета значений координат типа «Дистанция».

²⁾ Кнопка «Установить».

³⁾ Опция ВОП.

⁴⁾ Опции СЧП, СПА.

⁵⁾ При калибровке смесителей.

- «Множитель/делитель частоты гетеродина» – задает значения множителя и делителя частот гетеродина в формуле преобразования;
- «Настройка гетеродина...» – кнопка открытия окна подключения, настройки мощности сигнала и синхронизации внешнего гетеродина;
- «Смещение частоты» – задает дополнительное смещение частоты;
- «Старт/стоп ПЧ» – показывает расчетные значения начальной и конечной преобразованных частот¹⁾;
- «Отображать частоты» – позволяет выбрать отображаемые частоты на графике.

2.3.2.6.11 Панель управления «Ограничение» содержит кнопки и переключатели:

- «Отображение линий» – включает или отключает отображение ограничительных линий;
- «Тестирование» – включает или отключает тестирование границ;
- «Верхняя огр. линия...» – редактирует координаты верхней ограничительной линии;
- «Нижняя огр. линия...» – редактирует координаты нижней ограничительной линии.

Подробное о назначении элементов панели управления «Ограничение» написано в подпункте 2.3.2.7 настоящего РЭ.

2.3.2.6.12 Панель управления «Маркеры» содержит следующие поля, кнопки и переключатели:

- «Маркер» – управляет выбором номером конфигурируемого маркера и его состояния;
- «Задающее воздействие» – задает горизонтальную позицию маркера на диаграмме в единицах измерения абсцисс трассы;
- «-> Центр диапазона» – кнопка установки центра диапазона сканирования в позицию активного маркера;
- «-> Опорный уровень» – кнопка установки опорного уровня трассы в соответствии со значением активного маркера;
- «Режим маркера» – задает режим работы маркера и фиксированный уровень для поиска в соответствующем режиме;
- «Все свойства...» – открывает окна со свойствами маркеров для тонкой настройки режимов поиска и отображения;
- «Загрузить...» – загружает шаблон маркеров диаграммы из файла;
- «Сохранить...» – сохраняет шаблон маркеров диаграммы в файл;
- «Сбросить все» – сбрасывает или удаляет маркеры на выделенной диаграмме.

Подробнее о назначении элементов управления панели управления «Маркеры» написано в подпункте 2.3.2.11 настоящего РЭ.

¹⁾ Частота ПЧ.

2.3.2.6.13 На панели управления «Сервис» расположены редко используемые функции¹⁾, реализованные с помощью полей и переключателей:

- «Генератор шума» – позволяет управлять состоянием генератора шума в ручном режиме²⁾;

- «Внешний опорный сигнал A1/A2»³⁾ – позволяет отключить систему АРМ, а также разомкнуть внутреннюю перемычку в тракте опорной частоты⁴⁾ при использовании внешнего опорного сигнала для соответствующего приемника;

- «Напряжение смещения (DC) порта ...» – включает адаптер питания и подает постоянное напряжение на выход соответствующего выходного разъема⁵⁾;

- «Измерение тока (DC) порта ...» – позволяет измерить значение постоянного тока в цепи соответствующего порта⁶⁾;

- «Компенсация аттенюаторов» – функция, позволяющая отключить коррекцию измеренных данных приемников в соответствии с текущими значениями ослабления входных и выходных аттенюаторов.

2.3.2.7 Функции трасс

2.3.2.7.1 В настоящем подпункте рассказано о функциях трасс, таких как:

- масштабирование трасс (перечисления 2.3.2.7.7 – 2.3.2.7.12);
- трассы памяти (перечисления 2.3.2.7.13 и 2.3.2.7.14);
- накопление данных (перечисления 2.3.2.7.15 и 2.3.2.7.16);
- усреднение (перечисления 2.3.2.7.17 – 2.3.2.7.21);
- межкадровое усреднение (перечисление 2.3.2.7.22);
- ограничительные линии (перечисления 2.3.2.7.23 и 2.3.2.7.24);
- статистика (перечисления 2.3.2.7.25 и 2.3.2.7.26);
- математическая трасса (перечисления 2.3.2.7.27 и 2.3.2.7.28).

2.3.2.7.2 В ПО «Graphit P4M» существует 3 типа трасс:

- измерительная;
- трасса памяти;
- математическая трасса.

2.3.2.7.3 Измерительная трасса представляет собой графическое представление результатов измерений анализатора. Как было описано в подпункте 2.3.2.3 настоящего РЭ: источником данных трассы является «измерение», которое, в свою очередь, является частью измерительного канала. Поэтому для назначения измерительной трассе ее источника данных необходимо сначала выбрать канал⁷⁾, а затем «измерение» и формат данных, используя панель инструментов «Источник данных» (рисунок 2.71), либо подменю трассы «Измерение».

¹⁾ Некоторые из них являются опциональными.

²⁾ Только при наличии опции ИКШ.

³⁾ Только при наличии опции ДПА.

⁴⁾ Для приемника «a1» при наличии опции СПА.

⁵⁾ Только при наличии опции АПА.

⁶⁾ Только при наличии опции АПА и программируемого источника питания.

⁷⁾ Если он не единственный.



Рисунок 2.71 – Панель инструментов «Источник данных».

2.3.2.7.4 Функции трасс – средства дополнительной обработки и анализа результатов измерений. Элементы управления функций трасс расположены на панелях управления, а также частично продублированы на панелях инструментов (рисунок 2.72) и в контекстном меню трассы для быстрого доступа.



Рисунок 2.72 – Панели инструментов «Функции трасс» и «Анализ данных»

2.3.2.7.5 Порядок обработки и форматирования данных трассы представлен на рисунке 2.73.

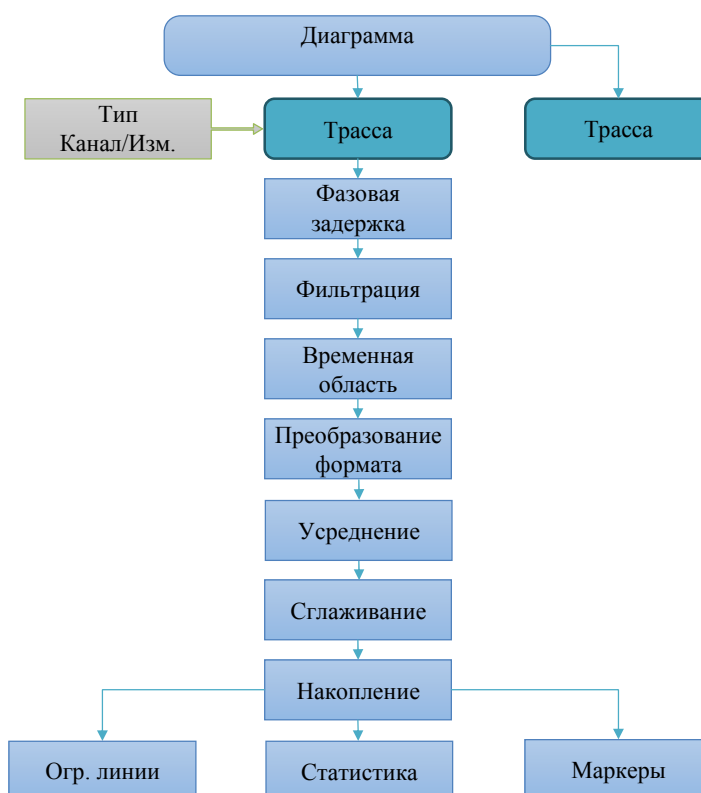


Рисунок 2.73 – Блок-схема обработки данных в трассе

2.3.2.7.6 Выбор формата отображаемых в трассе значений, а также включение альтернативных режимов представления данных¹⁾ производится при помощи подменю «Формат» контекстного меню трассы (рисунки 2.45 – 2.47), либо на панели инструментов «Источник данных» (рисунок 2.71) или панели управления «Масштаб» (рисунок 2.60).

2.3.2.7.7 Расположение трассы в плоскости диаграммы определяется тремя параметрами – значением опорного уровня, его позицией и масштабом²⁾.

¹⁾ Полярной или диаграммы Смита.

²⁾ «Ед./дел».

2.3.2.7.8 Опорные уровни трасс отображаются на графиках пунктирными горизонтальными линиями с треугольниками на концах.

Цвет пунктирной линий и треугольников совпадает с цветом трассы. Можно переместить мышью треугольник и, тем самым, изменить позицию опорного уровня¹⁾.

На область отображения трасс нанесена координатная сетка размерностью (10×10) делений, шаг сетки по вертикали задается параметром «Масштаб, ед/дел» (рисунок 2.60).

2.3.2.7.9 Опция «Режим масштаба максимум/минимум» (рисунок 2.60) во включенном состоянии позволяет задавать масштаб по вертикали, используя максимальное и минимальное отображаемые значения вместо значений опорного уровня и масштаба (ед./дел.).

Параметры «Опорный уровень», «Масштаб, ед/дел» и «Позиция опорного уровня» для удобства всегда отображаются в соответствующих столбцах списка трасс²⁾.

Примечания

1 Пункт меню трассы «Автомасштаб» или нажатие клавиши «А» (латиница) позволят 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.

2 «Автомасштаб диаграммы» выполняет аналогичное действие для всех отображаемых трасс на диаграмме (комбинация клавиш «Ctrl+*»). Данные функции также доступны на панели инструментов «Отображение трасс» (рисунок 2.74).



Рисунок 2.74 – Панель инструментов «Отображение трасс»

Следует отметить, что значения на вертикальной шкале соответствуют только выделенной трассе. Если ни одна из трасс не выделена, т.е. отображение выделенной трассы отключено, либо выделено несколько трасс с различающимися значениями шкалы, то вертикальная шкала не отображается.

Примечания

1 Чтобы закрепить левую или правую вертикальную ось за одной из трасс, следует дважды кликнуть левой клавишей мышки по вертикальной правой или левой оси, либо выбрать в меню диаграммы подменю «Вид», затем подменю «Левая ось» или «Правая ось» с именем нужной трассы. При этом закрепленная ось выделится цветом трассы.

2 Отметим, что правая ось выключена по умолчанию. Если левая ось не закреплена за какой-либо трассой, то она соответствует осям выделенных трасс (либо одной выделенной трассы).

2.3.2.7.10 Каждая трасса может отображаться в собственном вертикальном масштабе³⁾, чего нельзя сказать о масштабе по горизонтали.

¹⁾ От 0 до 10, где 0 – нижнее положение.

²⁾ Подпункт 2.3.2.3 настоящего РЭ.

³⁾ За исключением, когда трасса отображается в полярных координатах или на диаграмме Смита.

По горизонтальной оси по умолчанию откладываются значения диапазона измерительного канала, к которому относится «измерение» выделенной трассы. Если используется какое-либо преобразование¹⁾, дополнительно включаются подписи нижней оси²⁾ в связи с необходимостью отображения пересчитанных абсцисс трассы.

Для частотных характеристик, не включающих в себя абсциссу 0 Гц, можно использовать логарифмическую шкалу нижней оси³⁾. «Логарифмическая шкала Y» может быть использована для более информативного просмотра графиков величин в линейных единицах измерения⁴⁾.

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. При необходимости зафиксировать ось трассы памяти на экране используется функция «Закрепить ось» в меню трассы. Данная функция может оказаться полезной при сравнении характеристик, измеренных в различных диапазонах частот (мощности).

2.3.2.7.11 В ПО «Graphit P4M» реализован графический способ изменения масштаба отображения трасс и диапазона сканирования. Потребитель может выделить интересующий его фрагмент диаграммы, кликнув левой клавишей мышки в углу выделяемого фрагмента и переместив курсор мышки в противоположный угол, как показано на рисунках 2.75 – 2.78. После отжимания кнопки мыши производится масштабирование осей по заданным (очерченным) границам.

Результат масштабирования осей зависит от направления движения мыши при выделении:

- При масштабировании «вправо-вниз» на диаграмме рисуется прямоугольник, как показано на рисунке 2.75. После отпускания клавиши мышки изменяется вертикальный масштаб выделенных трасс и изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналах.

- При масштабировании «влево-вниз» рисуются горизонтальные линии выделения по всей ширине диаграммы (рисунок 2.76). После отпускания клавиши мышки изменяется только вертикальный масштаб выделенных трасс.

- При масштабировании «вправо-вверх» рисуются вертикальные линии выделения по всей высоте диаграммы (рисунок 2.77). После отпускания клавиши мышки изменяется только диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

- При масштабировании «влево-вверх» отменяется последнее масштабирование (рисунок 2.78). Можно последовательно отменить несколько операций масштабирования, если между ними не использовались функции «автомасштаба».

¹⁾ Например, «Временная область».

²⁾ Подменю «Вид», кнопка «Подпись нижней оси» в контекстном меню диаграммы, либо клавиша «F9».

³⁾ Подменю «Вид» кнопка «Логарифмическая шкала X» в меню диаграммы.

⁴⁾ Например, в милливольттах или милливаттах.

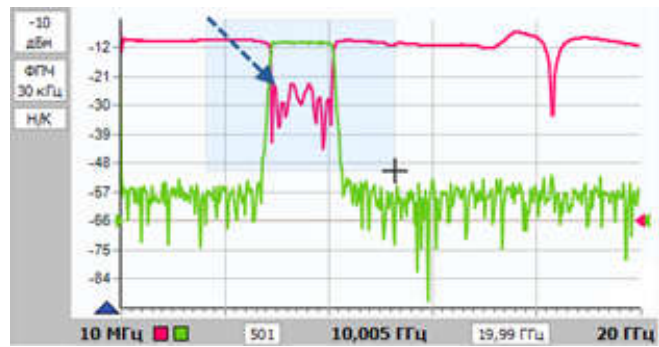


Рисунок 2.75 – Вариант графического задания масштаба «вправо-вниз»



Рисунок 2.76 – Вариант графического задания масштаба «влево-вниз»



Рисунок 2.77 – Вариант графического задания масштаба «вправо-вверх»

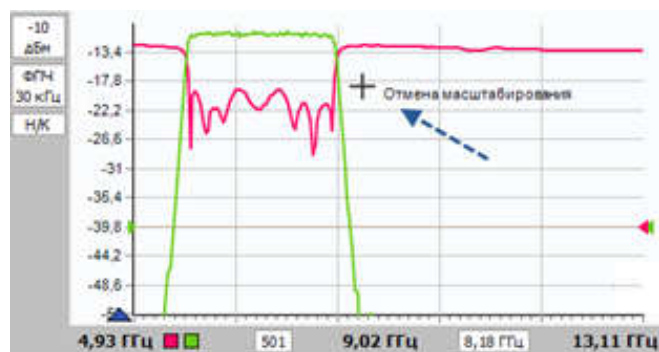


Рисунок 2.78 – Вариант графического задания масштаба «влево-вверх»

2.3.2.7.12 Существует возможность сдвинуть диапазон сканирования. Для этого взять манипулятором мышки горизонтальную шкалу и переместить в нужном направлении, как показано на рисунке 2.79.

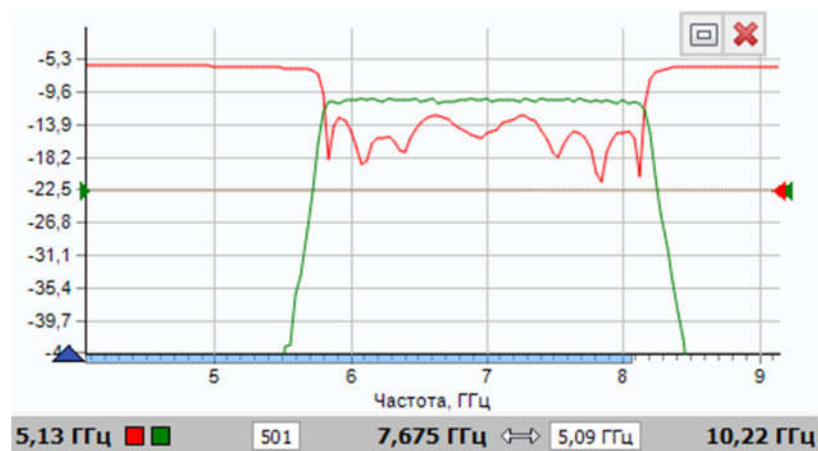


Рисунок 2.79 – Смещение диапазона сканирования

После отпускания клавиши мышки изменится диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

Аналогичная операция с вертикальной осью приводит к смещению опорного уровня выделенных трасс.

2.3.2.7.13 Трассы памяти позволяют создавать снимок любой другой¹⁾ трассы на диаграмме, а также загружать данные из файла, используя пункт меню трассы «Загрузить данные...» или пункт меню диаграммы «Открыть данные...». Меню трассы памяти изображено на рисунке 2.46.

Примечания

1 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 всем диапазоне) или не отображаться вовсе.

2 Чтобы создать трассу памяти, следует в контекстном меню запоминаемой трассы выбрать пункт «Запомнить» или нажать комбинацию клавиш «Ctrl+R». В столбце «Функции» списка трасс будет отображено название трассы-источника.

3 Чтобы обновить данные в трассе памяти (если трасса-источник существует), необходимо использовать пункт меню «Обновить» или комбинацию клавиш «Ctrl+U».

2.3.2.7.14 Для чтения S2P-файла выбрать пункт «Открыть данные...» в меню диаграммы.

При чтении S2P-файла автоматически создаются трассы памяти и привязываются к первому измерительному каналу. Если измерительный канал не инициализирован²⁾, то никакие трассы отображаться не будут, т.к. не определена ось абсцисс³⁾.

¹⁾ Непустой.

²⁾ Подключение к анализатору или эмулятору не было произведено.

³⁾ Другими словами, чтобы посмотреть S2P-файлы, необходимо подключение к анализатору.

Примечание – 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.

2.3.2.7.15 Накопление минимальных, максимальных значений или отображение межкадровой статистики трассы включается нажатием кнопки «Межкадровое накопление данных трассы»¹⁾ и выбором из соответствующего пункта из списка (рисунок 2.80).

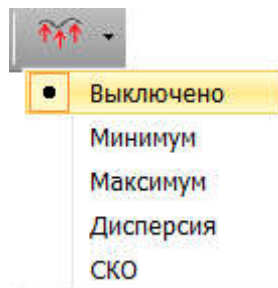


Рисунок 2.80 – Кнопка «Межкадровое накопление данных трассы»

Вместо измеренных значений в каждой точке трассы будут отображаться максимум, минимум, среднее значение, дисперсия или среднеквадратичное отклонение значений, накопленных за истекшие кадры²⁾.

Примечание – При необходимости совместного отображения измеряемых и накопленных значений, следует создать дополнительную измерительную трассу.

2.3.2.7.16 Кнопка «Сброс накопления данных»³⁾ на панели инструментов «Функции трасс» (рисунок 2.81) позволяет сбросить накопленные данные и начать процесс накопления заново. Существует возможность управления функцией накопления с панели управления «Функции трасс» (рисунок 2.82), либо из контекстного меню трассы.



Рисунок 2.81 – Кнопка «Сброс накопления данных»

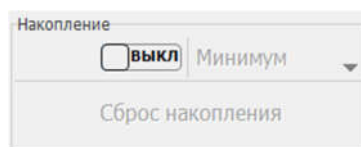


Рисунок 2.82 – Управление накоплением с панели «Функции трасс»

Примечание – Режимы накопления «Дисперсия» и «СКО» недоступны при отображении трассы в форматах диаграммы Смита и полярной плоскости.

¹⁾ Кнопки со списком на панели инструментов «Функции трасс».

²⁾ Циклы измерений.

³⁾ Крайняя правая кнопка на панели инструментов «Функции трасс».

2.3.2.7.17 Сглаживание трассы включается кнопкой «Сглаживание» на панели инструментов «Функции трасс» (рисунок 2.83).

Поле ввода с регулировкой значения «Ширина окна сглаживания, %» (рисунок 2.84) задает размер апертуры сглаживания в процентах от числа точек в трассе, согласно формуле 2.5

$$C = \frac{N+1}{K} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

где C – величина сглаживания, %;
 $N+1$ – размер апертуры;
 K – количество точек, задаваемых в измерительном канале.



Рисунок 2.83 – Кнопка «Сглаживание»



Рисунок 2.84 – Поле ввода с регулировкой значения «Ширина окна сглаживания, %»

2.3.2.7.18 Процедура сглаживания вычисляет среднее среди соседних точек трассы по формуле 2.6

$$S'_i = \frac{1}{N+1} \cdot \sum_{n=-N/2}^{N/2} S_{i+n}, \quad (2.6)$$

где S_i – исходные значения в трассе;
 S'_i – значения после применения функции сглаживания.

2.3.2.7.19 Функция сглаживания применяется, в общем случае, для подавления случайной составляющей в трассе. Аналогичную задачу подавления шумов решает процедура межкадрового усреднения (рисунок 2.85). Усреднение может выполняться в измерительном канале¹⁾, либо в трассе²⁾.

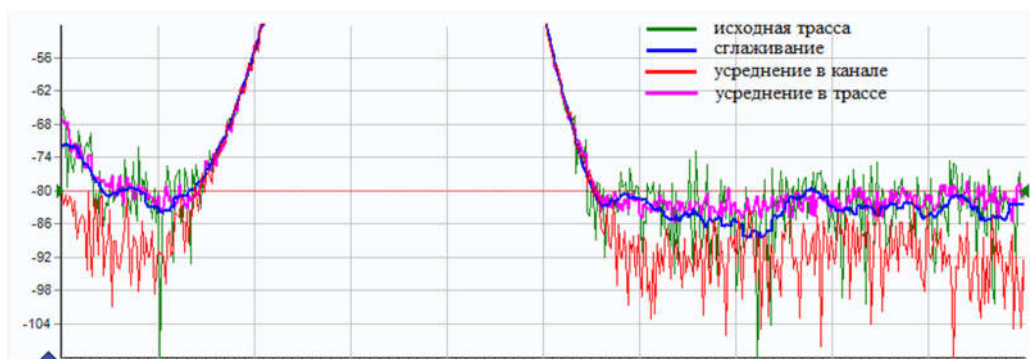


Рисунок 2.85 – Сглаживание и усреднение трасс

¹⁾ См. подпункт 2.3.5.1 настоящего РЭ.

²⁾ См. подпункт 2.3.2.7 настоящего РЭ.

2.3.2.7.20 Усреднение в измерительном канале выполняется до нелинейных преобразований над сигналами, что приводит к постепенному¹⁾ увеличению отношения сигнал/шум. Усреднение в трассе производится в линейном формате отображаемой величины²⁾ и приводит к постепенному уменьшению дисперсии шума. В отличие от усреднения сглаживание выдает результат «мгновенно»³⁾.

Примечание – 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.

2.3.2.7.21 Для уменьшения дисперсии отображаемого шума (рисунок 2.85) можно использовать межкадровое усреднение данных трассы.

Функция включается в меню трассы, на панели инструментов при помощи кнопки «Межкадровое усреднение данных трассы» (рисунок 2.86), либо на панели управления «Функции трасс» (рисунок 2.87).

Поле ввода «Коэффициент усреднения» задает число кадров усреднения K . При K больше 1, вместо результатов измерений отображаются средние значения в каждой частотной точке, вычисленные по формуле 2.7

$$S''_i = \begin{cases} \frac{1}{k} \cdot S_i + \frac{k-1}{k} \cdot S''_{i-1}, & k < K \\ \frac{1}{K} \cdot S_i + \frac{K-1}{K} \cdot S''_{i-1}, & k \geq K \end{cases}, \quad (2.7)$$

где S''_i – значения после применения функции усреднения;

k – количество накопленных кадров;

K – коэффициент усреднения.



Рисунок 2.86 – Кнопка «Межкадровое усреднение данных трассы»

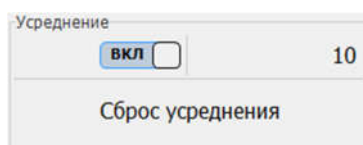


Рисунок 2.87 – Управление усреднением с панели «Функции трасс»

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

¹⁾ В течение заданного числа измерений.

²⁾ Например, амплитудой приемника.

³⁾ Сразу после измерения.

2.3.2.7.23 Редактирование линий вызывается кнопками «Верхняя огр. Линия» или «Нижняя огр. Линия» на панели управления «Ограничение» (рисунок 2.68) или соответствующими кнопками на панели инструментов «Анализ данных» (рисунок 2.72).

Ограничительные линии задаются отрезками в диалоговом окне (рисунок 2.88).

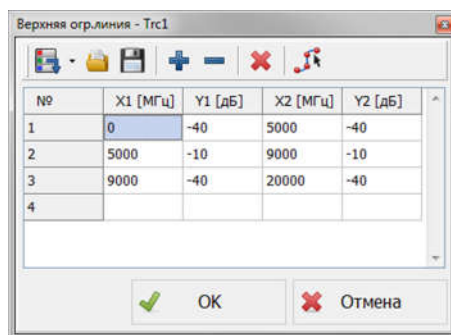


Рисунок 2.88 – Окно табличного задания ограничительной линии

В столбцах «X»¹⁾ задаются абсциссы отрезков, в столбцах «Y»²⁾ – ординаты. Кнопки панели инструментов, расположенной над таблицей, позволяют манипулировать строками таблицы, а также сохранять или загружать из файла ранее сохраненные ограничительные линии. Используя кнопку «Открыть данные из файла (Ctrl+O)», можно сформировать ограничительную линию из данных какой-либо трассы диаграммы.

При нажатии на кнопку «Графическое редактирование» управление ограничительными линиями переходит в режим графического редактирования, в котором точки линий задаются нажатием левой клавишей мышки на диаграмме, при этом отображение таблицы временно блокируется (рисунок 2.89).

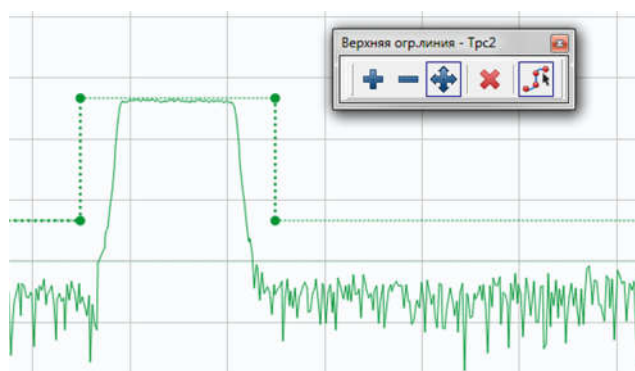


Рисунок 2.89 – Режим графического редактирования ограничительной линии

В режиме графического редактирования кнопкой «Режим добавления точек» (рисунок 2.90) включается режим добавления точек, кнопкой «Режим удаления точек» (рисунок 2.91) – режим удаления³⁾.

¹⁾ Столбцы «X1 [МГц]» и «X2 [МГц]».

²⁾ Столбцы «Y1 [дБ]» и «Y2 [дБ]».

³⁾ При нажатии левой клавиши мышки удаление точек (узлов), а правой клавишей мышки – разрыв линии между соседними точками.



Рисунок 2.90 – Кнопка «Режим добавления точек»



Рисунок 2.91 – Кнопка «Режим удаления точек»

Кнопка «Режим перемещения точек» (рисунок 2.92) включает режим перемещения точек, при этом предыдущий вариант ограничительной линии¹⁾ на диаграмме отображается тонкой штрихованной линией, а фактическая линия крупным пунктиром.



Рисунок 2.92 – Кнопка «Режим перемещения точек»

Чтобы переместить точку, нужно нажать на нее²⁾ и, не отпуская левую кнопку мыши, переместить в желаемую область диаграммы.

Кнопка «Очистка графика» (рисунок 2.93) очищает нарисованные отрезки.



Рисунок 2.93 – Кнопка «Очистка графика»

При повторном нажатии кнопки «Графическое редактирование» режим графического редактирования завершается, а координаты точек заносятся в таблицу.

Примечание – Если ограничительная линия, образованная отрезками, имеет разрывы, то результаты измерений в точках разрыва не контролируются. Отрезки ограничительной линии не должны пересекаться или иметь общих абсцисс.

2.3.2.7.24 Переключатель «Тестирование» на панели управления «Ограничение» (рисунок 2.68) или кнопка на панели инструментов включают проверку на пересечение трассой ограничительных линий. Результат проверки отображается на диаграмме, как показано на рисунке 2.94.

Переключатель «Отображение линий» позволяет включить, либо отключить отображение ограничительных линий.

2.3.2.7.25 Функция «Статистика» вычисляет и отображает статистические характеристики числовой выборки, составленной из отображаемых точек трассы. Результаты расчетов выводятся в области построения трасс, как показано на рисунке 2.95.

¹⁾ Табличный вариант.

²⁾ Выбранная для перемещения точка становится более крупной.

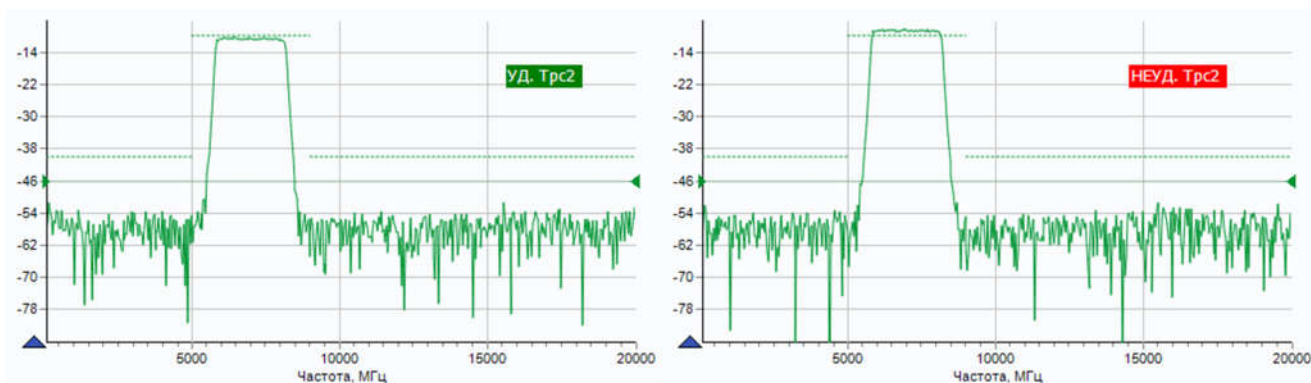


Рисунок 2.94 – Проверка ограничительными линиями



Рисунок 2.95 – Отображение статистики трассы

2.3.2.7.26 Отображение статистических данных включается и выключается кнопкой «Отображение статистических данных» (рисунок 2.96) на панели инструментов «Анализ данных» (рисунок 2.72).



Рисунок 2.96 – Кнопка «Отображение статистических данных»

Текст со статистическими данными может быть перемещен мышью в пределах области построения трасс в более удобное для потребителя положение.

2.3.2.7.27 Чтобы создать математическую трассу, следует в меню диаграммы выбрать соответствующий пункт или нажать комбинацию клавиш «Ctrl+M». Далее, используя пункт меню «Настройка выражения...» созданной трассы (рисунок 2.47), открыть окно настройки операндов и математической операции над ними (рисунок 2.97).

Математическая трасса и ее операнды¹⁾ должны иметь одинаковое количество точек и принадлежать одному и тому же «измерению». В пункте «Список доступных выражений» выбирается арифметическая операция, поточно выполняемая над трассами.

¹⁾ «Трасса А» и «Трасса В».

Примечание – Под поточечной операцией, например разностью, понимается следующее: из Y -значения (откладываемого по оси ординат) первой точки трассы «А» вычитается Y -значение первой точки трассы «В». 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 «А». И так далее для всех остальных точек.

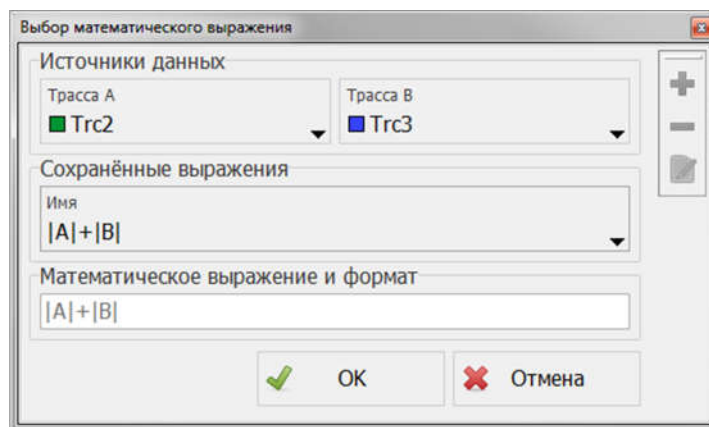


Рисунок 2.97 – Окно «Выбор математического выражения»

2.3.2.7.28 В большинстве анализаторов сторонних производителей математические трассы оперируют с отображаемыми значениями. Математические трассы векторных анализаторов цепей в ПО «Graphit P4M» могут оперировать как отображаемыми значениями, так и комплексными величинами. В раскрывающемся поле «Список доступных выражений» можно видеть список операций математической трассы, в которых операнды $|A|$ и $|B|$ представляют собой отображаемые значения, а операнды A и B являются комплексными величинами.

2.3.2.8 Запуск и установка измерений

2.3.2.8.1 Запуск и остановка измерения осуществляются выбором пункта «Измерение» главного меню «Управление» (рисунок 2.98), либо нажатием кнопки «Запуск измерений» (рисунок 2.99) на панели инструментов, либо «горячей» клавишей «F5». Также существует возможность запуска однократного измерения сочетанием клавиш «Alt+F5».

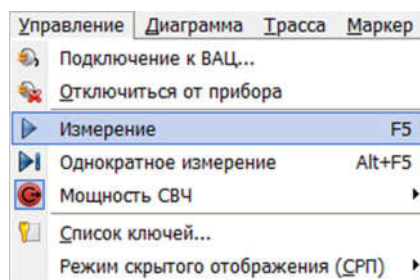


Рисунок 2.98 – Запуск и остановка измерений из меню



Рисунок 2.99 – Кнопка «Запуск измерений»

2.3.2.9 Управление мощностью СВЧ

2.3.2.9.1 Мощность СВЧ на выходе зондирующего выходного разъема анализатора¹⁾ по умолчанию автоматически включается при запуске измерений и выключается при их остановке²⁾.

2.3.2.9.2 Список всех доступных режимов управления мощностью СВЧ представлен ниже:

- «ВЫКЛ» – мощность выключена всегда;
- «АВТО» – мощность включается на время измерения на зондирующем выходном разъеме¹⁾;
- «ПОРТ 1» – мощность включена всегда на разъеме «ПОРТ 1»;
- «ПОРТ 2» – мощность включена всегда на разъеме «ПОРТ 2».

2.3.2.9.3 Выбор режима управления мощностью производится из подменю кнопки «Управление мощностью СВЧ», либо через кнопку «Измерения» главного меню «Управление» (рисунок 2.100).

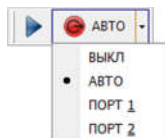


Рисунок 2.100 – Режимы управления мощностью СВЧ

2.3.2.10 Использование профилей потребителя

2.3.2.10.1 Процесс измерений обычно сопровождается заданием множества параметров. При завершении работы ПО «Graphit P4M» текущие значения всех параметров диаграмм, трасс, маркеров и измерительных каналов, исключая калибровочные данные, сохраняются на диск.

При старте работы ПО «Graphit P4M» все сохраненные параметры восстанавливаются.

2.3.2.10.2 Существует возможность сохранения параметров в отдельный файл, называемый профилем. На рисунке 2.101 изображены панель «Профили», меню «Профиль» и окно «Список профилей», позволяющие загрузить параметры из профиля, сохранить параметры в профиль или восстановить исходные значения всех параметров. В меню «Профиль» дополнительно отображаются ссылки на недавно использованные профили.

¹⁾ Разъем «ПОРТ 1» или разъем «ПОРТ 2».

²⁾ См. подпункт 2.3.2.8 настоящего РЭ.

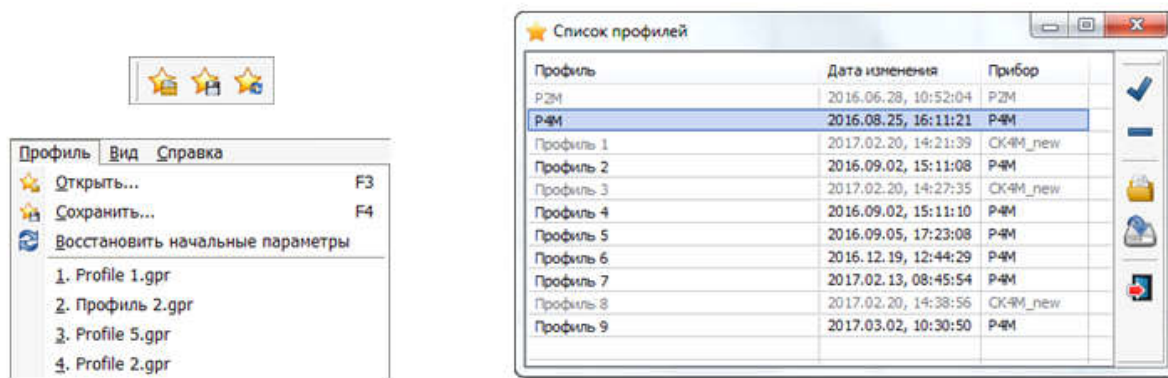


Рисунок 2.101 – Элементы управления профилями

2.3.2.10.3 В окне «Список профилей» отображаются все доступные потребительские профили¹⁾.

При выборе профиля и нажатии кнопки «Открыть профиль (Enter)» (рисунок 2.102) загружается выбранный профиль, при нажатии на кнопку «Удалить (Del)» (рисунок 2.103) происходит удаление выделенного профиля.

Нажатие кнопки «Импортировать профиль из файла...» (рисунок 2.104) добавляет профиль в список и загружает его. Кнопка «Экспортировать профиль в файл...(F4)» (рисунок 2.105) позволяет сохранить файл выбранного профиля в произвольную директорию.

Кнопка «Выход (Esc)» (рисунок 2.106) закрывает окно «Список профилей».



Рисунок 2.102 – Кнопка «Открыть профиль (Enter)»



Рисунок 2.103 – Кнопка «Удалить (Del)»



Рисунок 2.104 – Кнопка «Импортировать профиль из файла...»



Рисунок 2.105 – Кнопка «Экспортировать профиль в файл...(F4)»



Рисунок 2.106 – Кнопка «Выход (Esc)»

Примечания

1 Чтобы вызвать окно «Список профилей», следует в главном меню «Профиль» выбрать пункт «Открыть...» или нажать клавишу «F3». В этом окне можно импортировать, экспортировать, удалять и открывать профили.

¹⁾ Шрифт несовместимых с текущим режимом измерения профилей окрашен в светло-серый цвет.

2 Чтобы сохранить профиль в список или файл, следует в главном меню «Профиль» выбрать пункт «Сохранить...» или нажать клавишу «F4».

3 Чтобы восстановить настройки по умолчанию, необходимо в главном меню «Профиль» выбрать пункт «Восстановить начальные параметры» или нажать кнопку на панели инструментов «Профили».

2.3.2.10.4 Утилита «FlushGPR.exe», находящаяся в директории с установленной программой, позволяет удалять или экспортировать текущие настройки ПО «Graphit P4M» в случае сбоя в процессе его загрузки (рисунок 2.107).

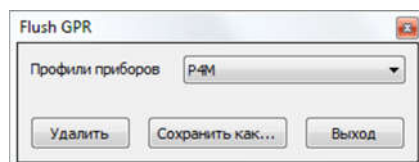


Рисунок 2.107 – Окно утилиты «FlushGPR»

2.3.2.11 Маркерные измерения

2.3.2.11.1 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 задается привязка (соответствие) к одной или нескольким трассам.

2.3.2.11.2 Маркеры отображаются в виде треугольника с номером на нижней оси графика, вертикальной линии и окна индикации (рисунок 2.108). Если маркер не активен, то отображается только треугольник с номером. Между двумя маркерами может отображаться связь – горизонтальная черта с текстом над ней, называемая связным маркером. Связные маркеры служат для расчета и отображения дополнительных параметров ИУ.

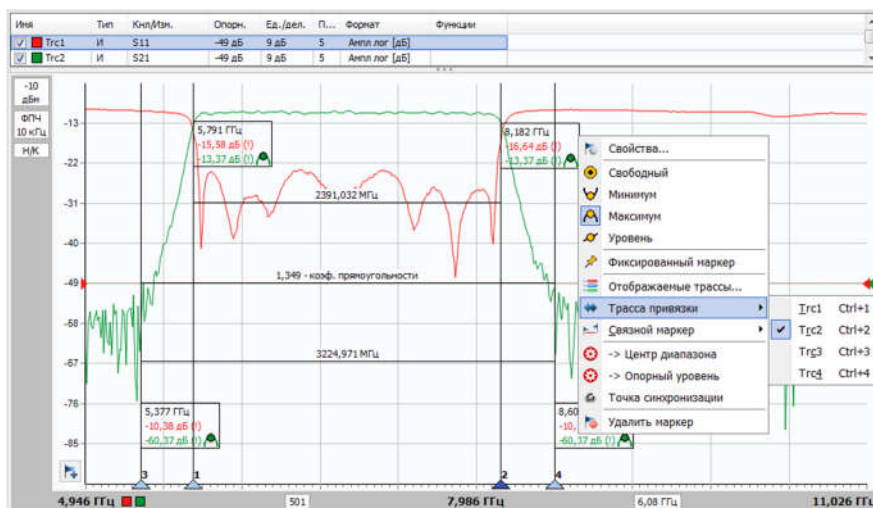


Рисунок 2.108 – Использование маркеров

Каждая диаграмма может содержать до 30 маркеров и до 10 связей между ними.

2.3.2.11.3 Чтобы создать маркер, необходимо взять левой клавишей мышки треугольник в левом нижнем углу диаграммы и переместить его в желаемую позицию. Чтобы скрыть или отобразить маркер достаточно дважды кликнуть левой клавишей мышки по треугольнику или нажать клавишу «V». Чтобы удалить маркер, необходимо вызвать контекстное меню маркера и выбрать пункт «Удалить маркер».

Примечание – Подпункт «Сбросить все» пункта «Маркеры» контекстного меню диаграммы или комбинация клавиш «Ctrl+E» удаляют все маркеры на диаграмме.

2.3.2.11.4 Параметры маркеров сохраняются в профиле и восстанавливаются при старте ПО «Graphit P4M» или при загрузке профиля. Кроме того, существует возможность сохранить параметры в отдельный файл¹⁾, выбрав подпункт «Сохранить...» пункта «Маркеры» контекстного меню диаграммы (рисунок 2.109), а также загрузить их, используя подпункт «Загрузить...» пункта «Маркеры» контекстного меню диаграммы.

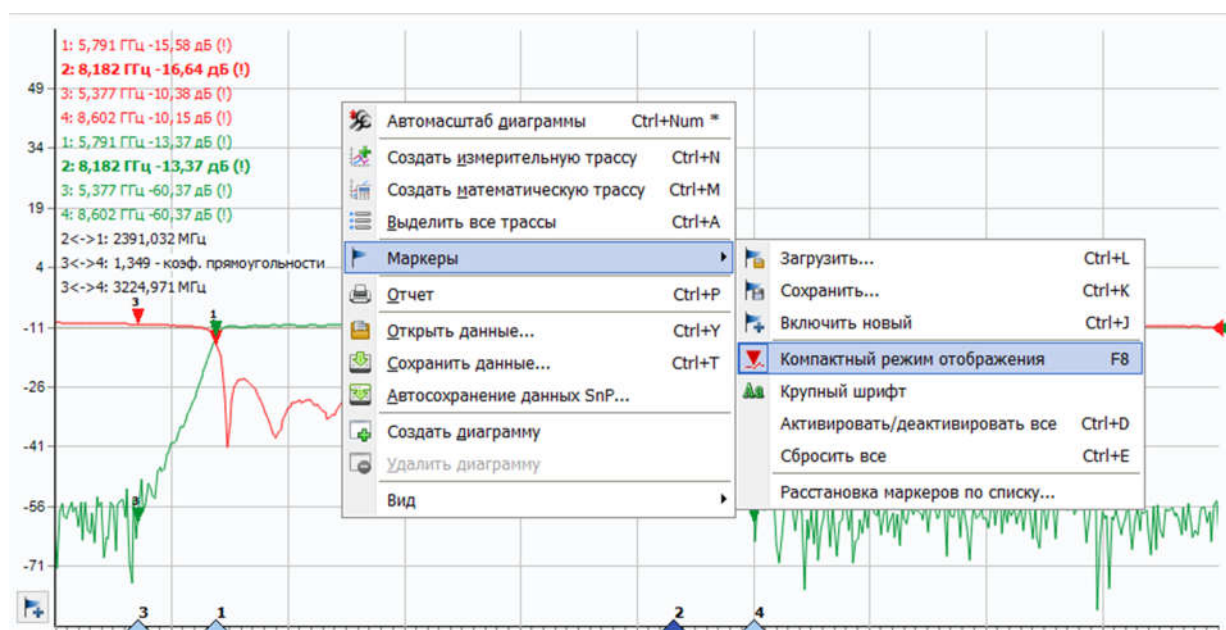


Рисунок 2.109 – Компактный режим отображения маркера

2.3.2.11.5 При выборе подпункта «Компактный режим отображения» пункта «Маркеры» контекстного меню диаграммы, маркеры будут отображаться, как показано на рисунке 2.109, без окна индикации. Данный режим удобен в случае отображения большого количества трасс на диаграмме²⁾, либо при небольших размерах окна ПО «Graphit P4M». Свойство «Крупный шрифт» увеличивает размер шрифта отображаемых числовых значений в маркерах.

¹⁾ Шаблон маркеров.

²⁾ Тогда значения маркеров отображаются только для выделенной трассы в виде таблицы в верхнем левом углу окна

2.3.2.11.6 Функция «Расстановка маркеров по списку...» пункта «Маркеры» контекстного меню диаграммы (рисунок 2.109) позволяет потребителю расположить маркеры на диаграмме в соответствии с заранее созданным списком частот (мощности), загрузив его из файла или создав непосредственно в таблице (рисунок 2.110)¹⁾.

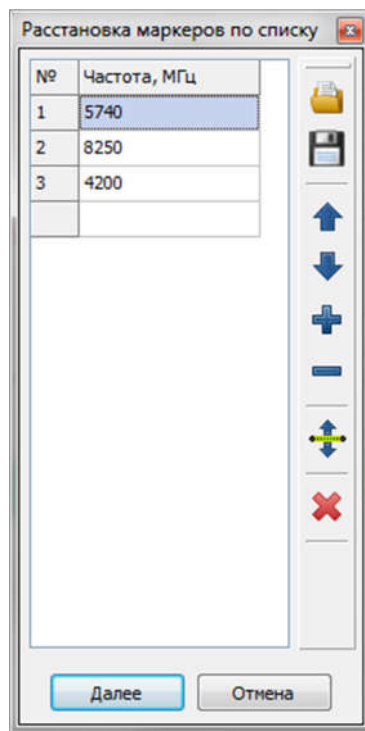


Рисунок 2.110 – Расстановка маркеров по списку частот

После нажатия кнопки «Далее» необходимо выбрать трассы, значения которых будут отображаться в маркерах (рисунок 2.113).

2.3.2.11.7 На рисунке 2.111 показано контекстное меню маркера, появляющееся после клика правой клавишей мыши по номеру маркера или по окну индикации маркера; на рисунке 2.67 – соответствующая панель управления, содержащая наиболее часто используемые функции и настройки маркеров. Пункт контекстного меню «Свойства...» и кнопка панели управления «Все свойства...» вызывают окно, содержащее полный набор параметров маркера (рисунок 2.112).

2.3.2.11.8 Из отображаемых значений в маркере можно исключить или добавить данные из других трасс. Для этого достаточно изменить состояние флажков в соответствующем окне (рисунок 2.113), используя пункт контекстного меню маркера «Отображаемые трассы...». Отобразить или скрыть все трассы можно при помощи переключателя, расположенным под списком. Заблокированные записи данного списка означают, что трасса выключена, либо имеет отличный от трассы привязки диапазон нижней оси. При включенной настройке «Отображать новые трассы» во всех маркерах диаграммы будут автоматически добавляться значения создаваемых трасс.

¹⁾ Необходимо заметить, что настройка существующих на диаграмме маркеров будет утеряна.

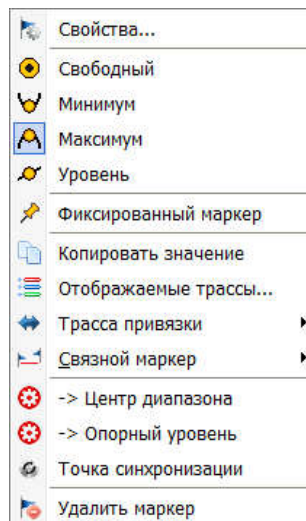


Рисунок 2.111 – Контекстное меню маркера

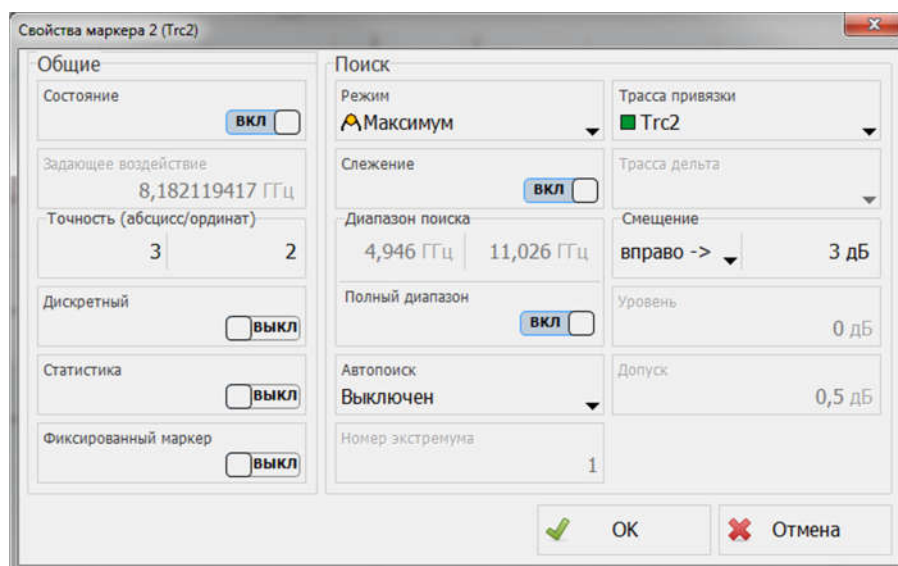


Рисунок 2.112 – Окно свойств маркера

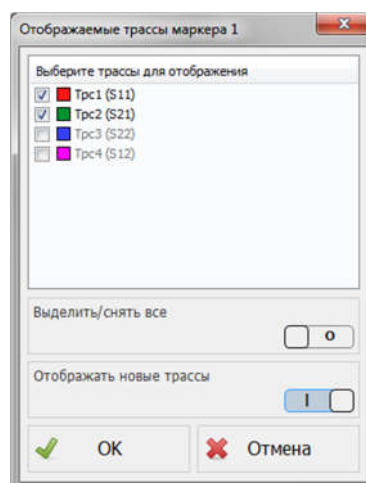


Рисунок 2.113 – Выбор отображаемых в маркере трасс

2.3.2.11.9 Подменю «Связной маркер» контекстного меню маркера предназначено для быстрого создания связного маркера между текущим и маркером из списка.

Подменю «Центр диапазона» контекстного меню изменяет диапазон сканирования измерительного канала так, чтобы маркер оказался в середине диапазона.

Примечание – Диапазон сканирования изменяется только в измерительном канале, которому принадлежит трасса привязки маркера.

Подменю «Опорный уровень» изменяет опорный уровень трассы в соответствии со значением маркера.

Подменю «Точка синхронизации» активирует служебную функцию, необходимую для получения импульса синхронизации на разъеме «Выход 1» при совпадении точки сканирования с положением маркера. При этом режим работы «Выход 1» изменится на значение частоты, указанное на маркере.

Примечание – Вышеуказанные команды доступны только для маркера, привязанного к измерительной трассе.

2.3.2.11.10 На рисунке 2.114 показан дополнительный пункт контекстного меню маркера, активирующийся только для диаграммы Смита и позволяющий изменить формат значений трассы привязки, отображаемых маркером:

- «Ампл лин [раз]/Фаза[°]»;
- «Ампл лог [дБ]/Фаза[°]»;
- «Действ/Мним»;
- «Импеданс [Ом] (Действ/Мним)»;
- «Проводимость [См] (Действ/Мним)».

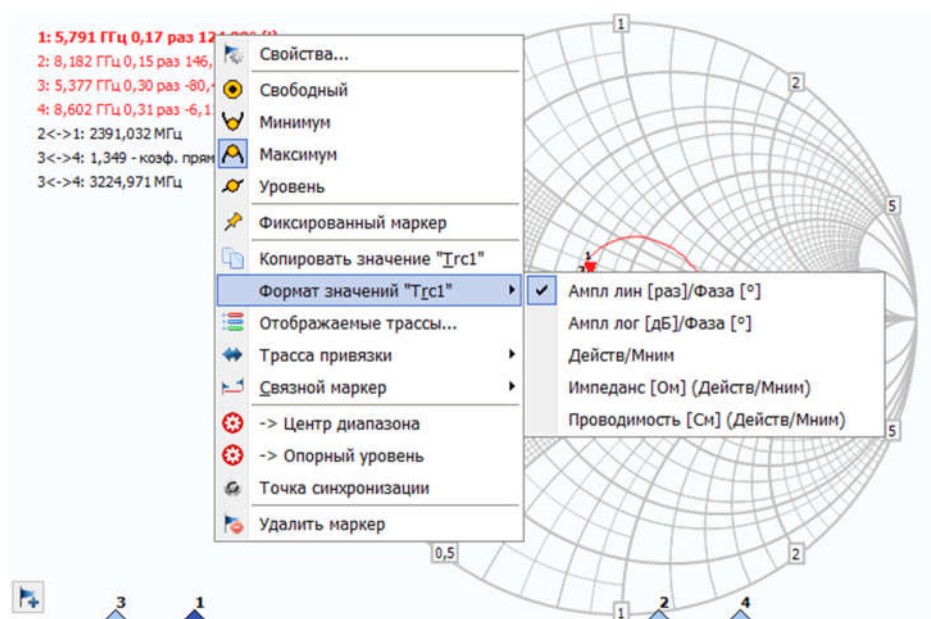


Рисунок 2.114 – Контекстное меню маркера «Формат значений» диаграммы Смита

2.3.2.11.11 Для выделенного маркера, отличающегося более темным фоном номера, могут быть использованы следующие «горячие» клавиши:

- клавиши «Влево»/«Вправо» – перемещение в дискретном и режиме автопоиска;
- «D» – включение/выключение дискретного режима;
- «E» – включение/выключение режима автопоиска экстремума;
- «T» – включение/выключение режим слежения;
- «U» – обновление значений фиксированного маркера;
- «V» – включение/выключение активного маркера;
- «S» – включение/выключение статистики;
- Сочетание клавиш «Ctrl+1÷9» – привязка маркера к соответствующей трассе.

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

- «Свободный» – свободное положение маркера (рисунок 2.115);
- «Минимум» – слежение за минимальным уровнем (рисунок 2.116);
- «Максимум» – слежение за максимальным уровнем (рисунок 2.117);
- «Уровень» – слежение за заданным уровнем (рисунок 2.118);
- «Дельта-минимум» – слежение за минимальной разностью уровней (рисунок 2.119);
- «Дельта-максимум» – слежение за максимальной разностью уровней (рисунок 2.120);
- «Дельта-уровень» – слежение за заданной разностью уровней (рисунок 2.121).



Рисунок 2.115 – Значок режима маркера «Свободный»



Рисунок 2.116 – Значок режима маркера «Минимум»



Рисунок 2.117 – Значок режима маркера «Максимум»



Рисунок 2.118 – Значок режима маркера «Уровень»



Рисунок 2.119 – Значок режима маркера «Дельта-минимум»



Рисунок 2.120 – Значок режима маркера «Дельта-максимум»



Рисунок 2.121 – Значок режима маркера «Дельта-уровень»

Цвет значка соответствует цвету трассы привязки.

2.3.2.11.13 При установке нового маркера создается маркер со свободным¹⁾ положением на горизонтальной оси. Частота может задаваться тремя способами:

- перемещением маркера мышью;
- двойным кликом левой клавишей мышки по отображаемому значению частоты;
- редактированием или в окне «Свойства маркера».

Если требуется переместить окно индикации маркера только по вертикали или расположить с другой стороны от вертикальной линии, то следует нажать клавишу «Shift» на клавиатуре и переместить окно с помощью мышки.

2.3.2.11.14 Следящие маркеры от кадра к кадру меняют свое положение по горизонтальной оси²⁾. Для слежения используются значения одной или двух трасс, к которым привязан маркер.

В окне «Свойства маркера» задается привязка к основной трассе³⁾ и дополнительной⁴⁾, а также выбирается режим слежения: поиск минимума или максимума, заданного значения в указанной трассе, или разницы между трассами⁵⁾. Привязка маркера отображается и может быть изменена в контекстном меню маркера.

Поиск точки, удовлетворяющей критерию, выполняется по всей трассе или в заданном диапазоне в зависимости от состояния переключателя «Полный диапазон». Диапазон поиска, ограниченный потребителем, обозначается на оси абсцисс в виде синего отрезка, ограниченного прямоугольными скобками (рисунок 2.122).

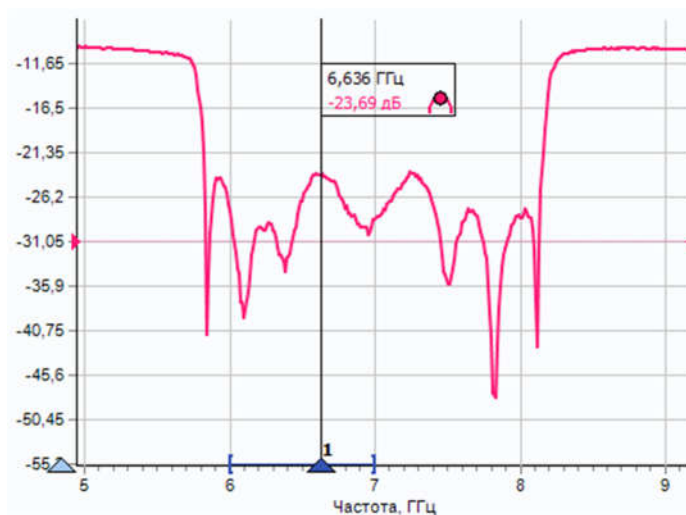


Рисунок 2.122 – Отображение следящего маркера на диаграмме

¹⁾ Произвольным.

²⁾ Следят по заданному критерию.

³⁾ «Трасса привязки».

⁴⁾ «Трасса дельта».

⁵⁾ «Дельта»-измерения.

2.3.2.11.15 При поиске минимума или максимума на трассе существует возможность поиска точки, отличающейся от найденного экстремума на заданное число¹⁾, слева или справа от экстремума. Эта возможность позволяет вычислять параметры цепей, связанные с полосой частот.

Примечания

1 Например, на рисунке 2.108 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.

2 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.

2.3.2.11.16 При выборе смещения маркера (рисунок 2.123)²⁾ относительно найденного экстремума, может возникнуть некоторый дополнительный сдвиг, обусловленный свойством «Дискретный», которое запрещает устанавливать маркер в точки, рассчитывающиеся при интерполяции. Сдвиг и разница показаний маркеров будет тем больше, чем меньше установлено количество точек и выше крутизна частотной характеристики ИУ.

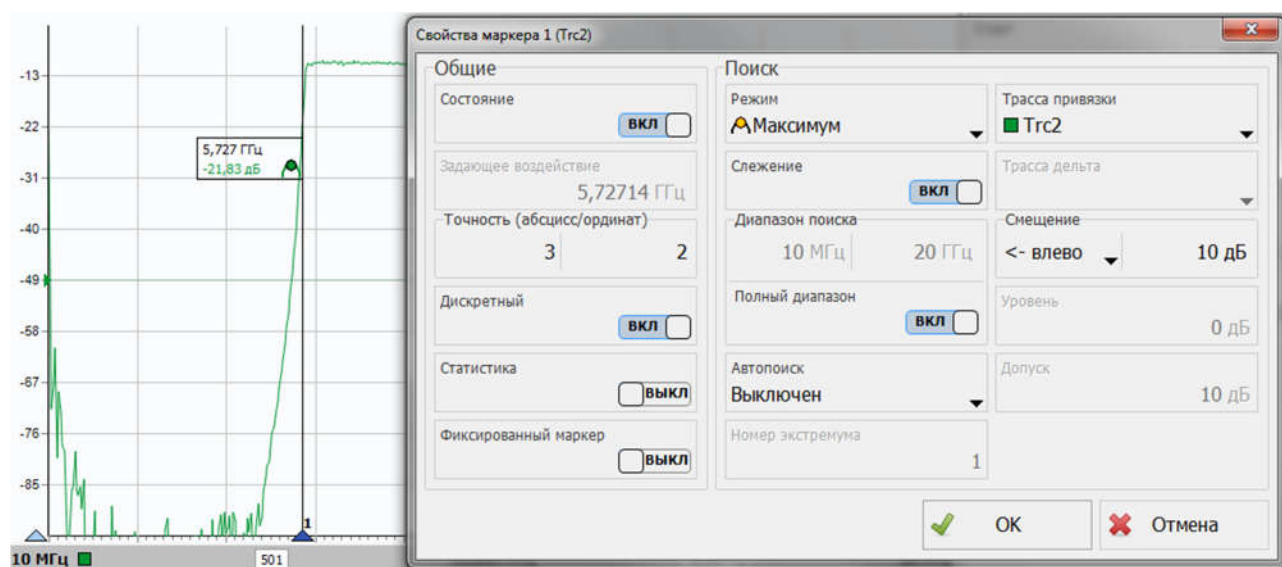


Рисунок 2.123 – Демонстрация особенностей работы маркера при поиске экстремума

Свойство «Слежение» в окне «Свойства маркера» по умолчанию включено. Это означает, что после задания необходимых параметров³⁾ маркер перейдет в режим слежения. Если задать параметры слежения при выключенном свойстве «Слежение», то маркер выполнит однократный поиск в текущем кадре, переместится на новую позицию и перейдет в режим «Свободный».

¹⁾ Задается, обычно, в децибеллах.

²⁾ На рисунке 2.123 смещение равно 10 дБ.

³⁾ Критерия слежения и трассы.

При включении «Автопоиска» в окне «Свойства маркера»¹⁾ изменяется его поведение при перемещении мышью. Нажав левую клавишу мышки, можно подвести маркер к другому экстремуму и отжать кнопку – отпустить маркер.

При перемещении маркера мышью на трассе появляются желтые треугольники, обозначающие локальные минимумы и максимумы, как показано на рисунке 2.124.

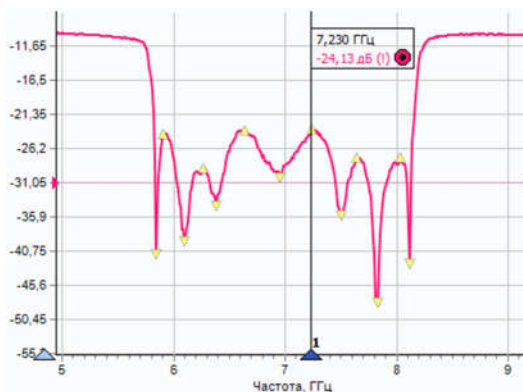


Рисунок 2.124 – Маркер в режиме «Автопоиск»

После отпускания маркер найдет ближайший к новому положению экстремум и, если включен режим слежения, перейдет 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 «Left», «Right» на клавиатуре. Клавиша «Left» переместит к левому ближайшему экстремуму, стрелка «Right» – к правому.

2.3.2.11.17 Маркер в режиме «Автопоиск» может пропускать экстремумы, отличающиеся от соседних на небольшую величину. В окне «Свойства маркера» в поле «Допуск» можно задать минимальную величину, на которую должны отличаться значения в экстремумах. Следует уменьшить ее, чтобы исключить пропуск экстремумов, или увеличить, если вместо экстремумов выделяются шумовые выбросы. Дополнительно существует возможность поиска экстремумов по их порядковому номеру²⁾, данный режим включается выбором значения «Экстремум с номером».

2.3.2.11.18 Если нажать левую клавишу мышки над значком, обозначающим режим маркера, перевести курсор к другому маркеру и отпустить кнопку мыши, то создается связной маркер³⁾, над которой отображается значение, по умолчанию соответствующее разнице абсцисс связанных маркеров⁴⁾. После клика правой кнопкой мышки по связному маркеру появляется контекстное меню (рисунок 2.125), позволяющее изменить свойства, скопировать значение, выполнить одну из команд или удалить связной маркер.

¹⁾ Значения «Локальный экстремум» или «Экстремум с номером».

²⁾ Нумерация слева направо в пределах диапазона.

³⁾ Горизонтальная черта, показанная на рисунке 2.108.

⁴⁾ Шаблон «Полоса».

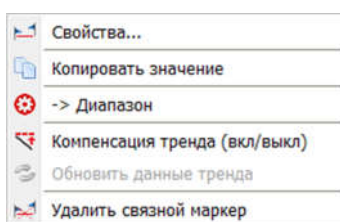


Рисунок 2.125 – Контекстное меню связных маркеров

2.3.2.11.19 Окно свойств связного маркера, приведенное на рисунке 2.126, позволяет задавать арифметическое выражение, вычисляющее отображаемое над связью значение.

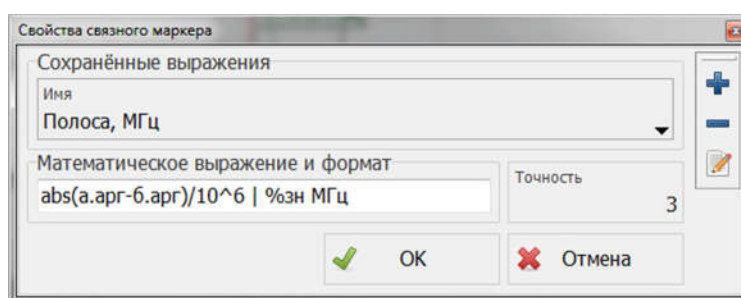


Рисунок 2.126 – Свойства связного маркера

Арифметическое выражение можно набрать в поле ввода «Математическое выражение и формат» или выбрать из списка сохраненных формул в верхней части диалога. Кнопки справа от списка позволяют сохранить набранное выражение в списке, изменить текущее или ранее сохраненное выражение, используя расширенный редактор (рисунок 2.127), или удалить выражение из списка сохраненных.

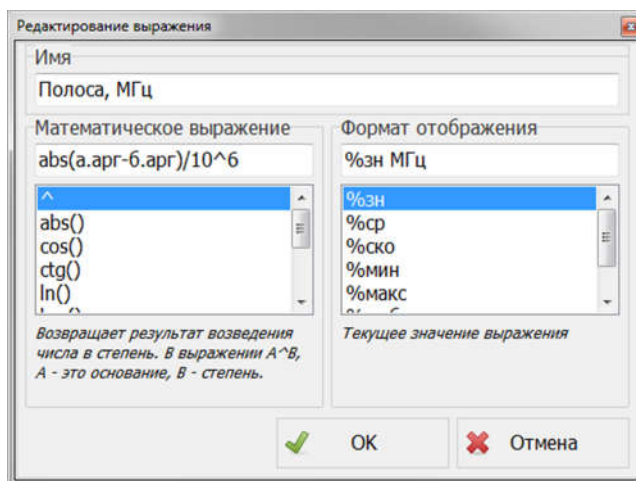


Рисунок 2.127 – Редактирование математического выражения

Текст арифметического выражения не должен содержать пробелов. Допускается использование следующих операторов¹⁾:

- «^» – возведение в степень;
- «*» или «/» – умножение и деление²⁾;

¹⁾ В порядке убывания приоритета.

²⁾ Имеют равный приоритет, выполняются слева направо.

- «+» или «-» – сложение или вычитание.

Для изменения последовательности выполнения операций используются круглые скобки. Для изменения знака¹⁾ следует использовать следующую конструкцию «0–выражение». Поддерживаемые операнды математических выражения приведены в таблице 2.6.

Т а б л и ц а 2.6

Наименование операнда	Значение операнда
abs	Абсолютное значение (модуль числа)
sin	Синус
cos	Косинус
tg	Тангенс
ctg	Котангенс
ln	Натуральный логарифм
log	Десятичный логарифм
sqrt	Вычисление квадратного корня
sqr	Вычисление квадрата

В качестве операндов в выражении могут использоваться:

- численные константы²⁾;

- значения из связанных маркеров или любых других.

Маркеры обозначаются в соответствии с их номерами: «m1»³⁾, «m2», «m3» и т.д.

К маркерам, состоящим в связи, можно «обратиться» по именам «a» и «b»⁴⁾.

У каждого маркера доступны для чтения следующие поля:

- «arg» – значение по оси абсцисс;

- «НазваниеТрассы» – значение по оси ординат из указанной трассы.

П р и м е ч а н и е – При возникновении ошибки в вычислениях (деление на ноль или отсутствие данных), выражение примет значение «Н/Д» (нет данных), которое отобразится над связью.

После арифметического выражения могут следовать спецификаторы и комментарии, отделенные вертикальной чертой «|». Определены следующие спецификаторы:

- «%зн» – текущее значение выражения;

- «%ср» – среднее за время измерения;

¹⁾ Унарный минус.

²⁾ Неотрицательные, дробная часть отделена точкой.

³⁾ Буква «m» кириллицей.

⁴⁾ Причем «a» – это маркер с меньшим номером, а «b» – с большим.

- «%ско» – среднее квадратическое отклонение от среднего;
- «%мин» – минимальное значение;
- «%макс» – максимальное значение;
- «%выб» – выборка (номер кадра);
- «%выб» – выборка (номер кадра).

Весь текст, не совпадающий с перечисленными выше спецификаторами, считается комментарием и выводится без изменений. Выводимая спецификаторами статистика сбрасывается после клика левой кнопкой мышки по связи.

Примеры арифметических выражений приведены в приложении Г.

2.3.2.11.20 При помощи связанного маркера можно установить диапазон сканирования, выбрав команду «Диапазон» в контекстном меню связанного маркера (рисунок 2.126), при этом границы диапазона сканирования будут соответствовать абсциссам связанных маркеров.

2.3.2.11.21 При использовании функции «Компенсация тренда (вкл/выкл)» в контекстном меню связанных маркеров включается режим, при котором удаляется тренд¹⁾, при этом рассчитанный коэффициент угла наклона применяется ко всей трассе.

Команда «Обновить данные тренда» выполняет пересчет вышеупомянутого коэффициента в случае изменения тренда исходных данных. На рисунке 2.128 показана исходная трасса, а на рисунке 2.129 – с использованием функции компенсации тренда.

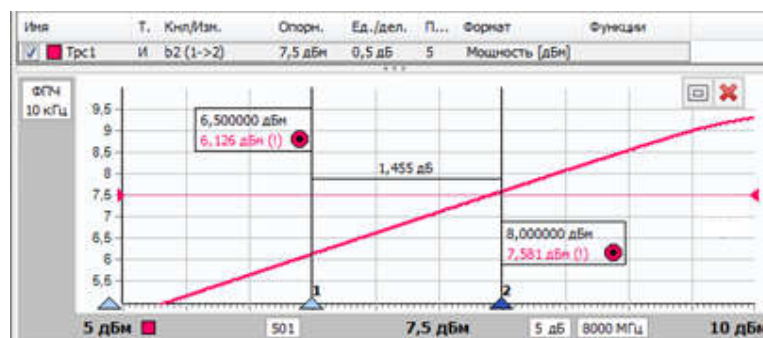


Рисунок 2.128 – Трасса без использования функции «Компенсация тренда (вкл/выкл)»



Рисунок 2.129 – Трасса без использования функции «Компенсация тренда (вкл/выкл)»

¹⁾ Наклон воображаемой линии, связывающей точки графиков в позициях связанных маркеров.

2.3.2.12 Сохранение результатов измерений и формирование отчетов

2.3.2.12.1 Для сохранения результатов измерений существуют следующие возможности:

- сохранение трассы;
- сохранение данных в формате «Touchstone® S1P/S2P»¹⁾;
- формирование и сохранение отчета.

2.3.2.12.2 Чтобы сохранить трассу на диск, следует выбрать пункт «Сохранить» в контекстном меню трассы или нажать комбинацию клавиш «Ctrl+F».

В выбранный текстовый файл с расширениями «tr» или «csv» сохраняются форматированные данные – последовательность пар чисел.

Каждая пара – это соответствующие одной точке трассы значения по осям абсцисс и ординат. Для трасс, отображаемых на диаграмме Смита или полярной диаграмме, сохраняются тройки чисел – частота, реальная и мнимая части.

Данный вариант экспорта данных рекомендуется использовать при необходимости импортировать значения в приложения для работы с таблицами или вычислениями.

2.3.2.12.3 Чтобы сохранить S1P-файл или S2P-файл, следует выбрать подменю «Сохранить данные» в контекстном меню диаграммы с указанием нужного формата файла или нажать комбинацию клавиш «Ctrl+T».

В файл с заданным именем и с расширением «s1p» или «s2p» сохраняются частоты и значения параметров рассеяния S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} в формате, выбранном потребителем в окне «Сохранение данных» (рисунок 2.130).

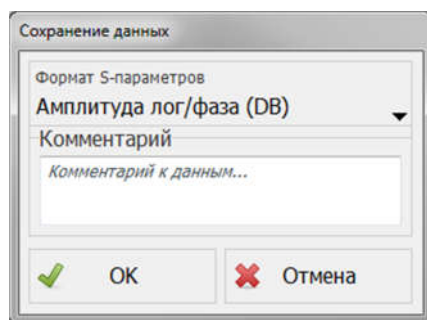


Рисунок 2.130 – Сохранение файлов в форматах «s1p» и «s2p»

В отличие от сохранения трассы, в S2P-файл записываются значения с выходов «измерений» до обработки данных в трассе (рисунок 2.42), 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.

Примечания

1 Если при сохранении S2P-файла некоторые S-параметры отсутствуют, то вместо них записываются значения «-200 дБ, 0°».

¹⁾ S1P-файл или S2P-файл.

2 Если для некоторых S-параметров найдется несколько подходящих «измерений», потребителю будет предложен выбор.

2.3.2.12.4 Чтобы создать отчет, следует выбрать пункт подменю «Отчет» меню «Диаграмма» главного меню ПО, либо нажать кнопку «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме» (рисунок 2.131) на панели инструментов «Анализ данных» или воспользоваться комбинацией клавиш «Ctrl+P».



Рисунок 2.131 – Кнопка «Настройка и создание отчета по текущей диаграмме»

В появившемся окне «Параметры отчета» (рисунок 2.132) выбрать шаблон отчета, настроить отображение маркеров и настроить печать.

Примечание – Опция «Белый фон диаграммы» доступен только для темы оформления «Графит».

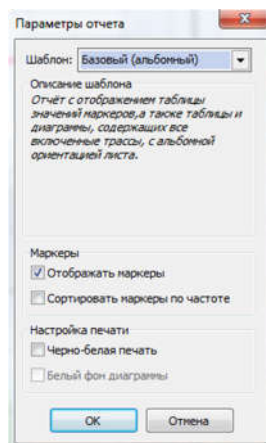


Рисунок 2.132 – Окно «Параметры отчета»

Мастер отчетов предложит ввести заголовок и краткое описание к отчету и отобразит окно предварительного просмотра, приведенное на рисунке 2.133.



Рисунок 2.133 – Окно просмотра отчета

Подготовленный отчет можно напечатать¹⁾ или экспортировать²⁾ в файл форматов: «pdf», «html», «rtf»³⁾, «odt»⁴⁾ и «jpeg»⁵⁾.

2.3.2.13 Список «горячих» клавиш

2.3.2.13.1 Список «горячих» клавиш представлен в таблице 2.7.

Т а б л и ц а 2.7

«Горячая» клавиша*	Функция
«Контекст» (см. рисунок 2.134)	Отобразить контекстное меню для выделенных трасс
Главное окно программы	
«F1»	Вызов справки
«F3»	Открыть профиль потребителя
«F4»	Сохранить профиль потребителя
«F5»	Запуск измерения/повторить поиск приборов
«F6»	Запуск мастера калибровки
«Alt + F4»	Выход из программы
«Alt + F5»	Однократное измерение
«Alt + F6»	Вызов окна информации о калибровках
Параметры отображения окна диаграммы	
«F9»	Показать/скрыть дополнительные подписи нижней оси
«F10»	Вызов меню главного окна (системная функция)
«F11»	Развернуть окно диаграммы
Диаграммы	
«CTRL+P»	Отчет
Список трасс	
«Delete»	Удаление выделенной трассы (или трасс)
«Ctrl + A»	Выделить все трассы в списке
«Ctrl + F»	Сохранить данные трассы в файл

¹⁾ Нажатием кнопки «Print».

²⁾ Нажатием кнопки «Export».

³⁾ Документ «Word».

⁴⁾ Документ «Open Office».

⁵⁾ Формат изображения.

«Горячая» клавиша [*]	Функция
«Ctrl + R»	Запомнить текущую трассу (П)
«Ctrl + M»	Создать математическую трассу (М)
«Ctrl + N»	Создать измерительную трассу (И)
«Ctrl + T»	Сохранение S1P-файла/S2P-файла
«Ctrl + U»	Обновить данные в трассе памяти
«Ctrl + Y»	Открытие S1P-файла/S2P-файла
«Ctrl + Z»	Отмена последнего масштабирования
«A»	Автоматическое масштабирование выделенных трасс
Маркеры	
«D» ^{**}	Вкл./выкл. дискретный режим
«E» ^{**}	Вкл./выкл. режим автопоиска экстремума
«T» ^{**}	Вкл./выкл. режим слежения
«U» ^{**}	Обновление значений фиксированного маркера
«V» ^{**}	Вкл./выкл. активный маркер
«S» ^{**}	Вкл./выкл. статистики
«Ctrl + (1~9)» ^{**}	Привязать маркер к соответствующей трассе
«Left» ^{**}	Перемещение влево к следующему экстремуму (в режиме автопоиска), либо на соседнюю точку (в дискретном режиме)
«Right» ^{**}	Перемещение вправо к следующему экстремуму (в режиме автопоиска), либо на соседнюю точку (в дискретном режиме)
«Ctrl + E»	Сброс всех маркеров
«Ctrl + L»	Открыть профиль маркеров из файла
«Ctrl + K»	Сохранить профиль маркеров в файл
«Ctrl + D»	Активировать все маркеры на диаграмме (исключая припаркованные)/деактивировать все активные маркеры
«F8»	Включить/выкл.ить компактный режим
«Ctrl + H»	Поиск гармоник с заданным допуском
Ограничительные линии	
«Ctrl + S»	Сохранить данные в файл

«Горячая» клавиша*	Функция
«Ctrl + O»	Открыть данные из файла
«Ctrl + Up»	Сдвинуть строку вверх
«Ctrl + Down»	Сдвинуть строку вниз
«Ctrl + Ins»	Вставить строку
«Ctrl + Del»	Удалить строку
«Ctrl + R»	Очистить список
Список частот	
«Ctrl + Up»	Сдвинуть строку вверх
«Ctrl + Down»	Сдвинуть строку вниз
«Ctrl + Ins»	Вставить строку
«Ctrl + Del»	Удалить строку
* Или сочетание «горячих» клавиш. ** Действие «горячей» клавиши или сочетания «горячих» клавиш применяется к выделенному маркеру. *** Действие «горячей» клавиши или сочетания «горячих» клавиш применяется ко всем маркерам.	



Рисунок 2.134 – «Горячая» клавиша «Контекст»

2.3.3 Калибровка

2.3.3.1 Калибровка – измерение устройств с известными параметрами¹⁾, и на основании отличий измеренных и известных величин вычисление параметров измерительной системы, необходимых для последующей коррекции результатов измерений.

2.3.3.2 Коррекция результатов измерений – вычисление оценок измеряемых параметров в соответствии с моделью измерительной системы и ее параметрами, оцененными в процессе калибровки.

2.3.3.3 Плоскость калибровки – сечение СВЧ-тракта, к которому при калибровке подключаются калибровочные меры, эталонные источники сигналов или эталонные измерители. Плоскость калибровки может быть перенесена в другое сечение СВЧ-тракта, недоступное для подключения эталонов.

¹⁾ Называемые калибровочные меры.

2.3.3.4 Калибровка анализатора как измерителя S-параметров осуществляется с использованием следующих видов наборов калибровочных мер:

- набор калибровочных мер, содержащий меры (нагрузки) отражения и передачи, подключаемые вручную¹⁾;
- модуль автоматической калибровки, содержащий набор мер отражения и передачи, переключаемых командами компьютера²⁾;
- меры в волноводном тракте³⁾;
- калибровочная пластина для зондовой станции⁴⁾.

2.3.3.5 Калибровка анализатора как измерителя мощности осуществляется методом сравнения с эталонным измерителем. Для калибровки можно использовать измерители мощности серии PLS производства АО «НПФ «Микран», а также некоторые модели сторонних производителей⁵⁾.

При калибровке анализатора, как измерителя мощности шума, применяется эталонный генератор шума. Для калибровки можно использовать любой генератор шума, управляемый напряжением питания «+28 В».

2.3.3.6 Порядок использования наборов калибровочных мер

2.3.3.6.1 В процессе калибровки к выходным разъемам анализатора⁶⁾ подключаются устройства с известными параметрами – калибровочные меры отражения и передачи. Сравнивая известные и измеренные параметры калибровочных мер, ПО «Graphit P4M» вычисляет факторы ошибок (см. приложение Д), которые будут использоваться для коррекции измерений.

2.3.3.6.2 В наборы калибровочных мер входят переходы с соединителями, соответствующим выходным разъемам анализатора, 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 flash-накопителе⁷⁾ из состава набора калибровочных мер (см. приложение Е).

Примечание – Какие меры лучше использовать – согласованные или рассогласованные? Погрешности измерений, в основном, определяются точностью параметров калибровочных мер. Поэтому лучше те нагрузки, математическое представление которых более точно соответствует их физическим параметрам. «Хорошая» согласованная нагрузка отражает порядка минус 40 дБ (0,01 в линейном масштабе), а в расчетах КО принимается равным 0. Таким образом, ошибка описания согласованной нагрузки составляет $\pm 0,01$. Измерение нагрузок, изготавливаемых в АО «НПФ «Микран», осуществляется с помощью эталонного векторного анализатора цепей, который после проведенной TRL-калибровки гарантирует измерение коэффициента отражения от рассогласованной нагрузки порядка $(0,200 \pm 0,005)$.

¹⁾ Набор НКММ.

²⁾ Электронный калибратор.

³⁾ Набор НКМВ-У.

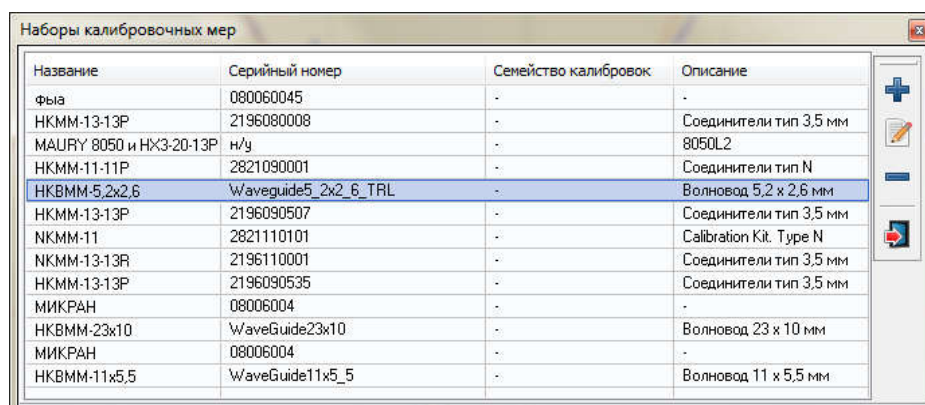
⁴⁾ Не входит в комплект поставки анализатора.

⁵⁾ Уточняйте список поддерживаемых измерителей мощности у производителя.

⁶⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

⁷⁾ Или на ином носителе информации.

2.3.3.6.3 Характеристики калибровочных мер содержатся в файле описания набора, который необходимо предварительно добавить в список калибровочных наборов (рисунок 2.135).



Название	Серийный номер	Семейство калибров	Описание
Фыа	080060045	-	-
НКММ-13-13P	2196080008	-	Соединители тип 3,5 мм
MAURY 8050 и HX3-20-13P	н/у	-	8050L2
НКММ-11-11P	2821090001	-	Соединители тип N
НКВММ-5,2x2,6	Waveguide5_2x2_6_TRL	-	Волновод 5,2 x 2,6 мм
НКММ-13-13P	2196090507	-	Соединители тип 3,5 мм
НКММ-11	2821110101	-	Calibration Kit. Type N
НКММ-13-13P	2196110001	-	Соединители тип 3,5 мм
НКММ-13-13P	2196090535	-	Соединители тип 3,5 мм
МИКРАН	08006004	-	-
НКВММ-23x10	WaveGuide23x10	-	Волновод 23 x 10 мм
МИКРАН	08006004	-	-
НКВММ-11x5,5	WaveGuide11x5_5	-	Волновод 11 x 5,5 мм

Рисунок 2.135 – Управление наборами калибровочных мер

Открыть данный список можно используя подменю «Список калибровочных наборов...» во вкладке «Калибровка» главного меню ПО «Graphit P4M» (рисунок 2.136), либо непосредственно на втором шаге «Настройка конфигурации» в мастере калибровки.

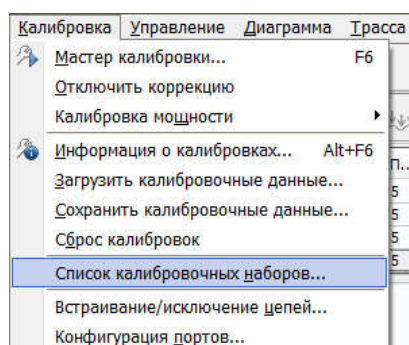


Рисунок 2.136 – Меню калибровки

2.3.3.6.4 В окне «Наборы калибровочных мер» управление наборами калибровочных мер осуществляется с помощью следующих кнопок:

- «Добавить набор в список (Ins)» – добавление файла описания набора в список доступных наборов (рисунок 2.137);
- «Редактировать набор» – удаление файла описания набора из списка (рисунок 2.138);
- «Удалить набор из списка (Del)» – редактирование выбранного калибровочного набора (рисунок 2.139);
- «Заккрыть» – закрытие окна списка (рисунок 2.140).



Рисунок 2.137 – Кнопка «Добавить набор в список (Ins)»



Рисунок 2.138 – Кнопка «Редактировать набор»



Рисунок 2.139 – Кнопка «Удалить набор из списка (Del)»



Рисунок 2.140 – Кнопка «Закрыть»

2.3.3.7 Выбор метода калибровки

2.3.3.7.1 Процесс калибровки начинается с запуска мастера калибровки¹⁾. В результате запустится «Мастер калибровки Р4М» и предложит выбрать метод калибровки (рисунок 2.141).

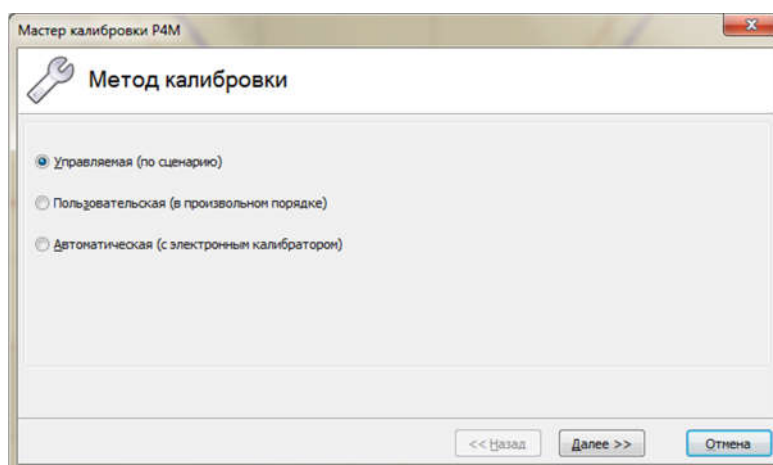


Рисунок 2.141 – Окно «Мастер калибровки Р4М»

2.3.3.7.2 «Управляемая (по сценарию)» калибровка предполагает использование набора калибровочных мер. В процессе калибровки в строгом соответствии со сценарием потребителю будет предлагаться подключить очередную меру калибровки.

2.3.3.7.3 «Пользовательская (в произвольном порядке)» калибровка также предполагает использование набора калибровочных мер. Мастером калибровки будет предложен перечень шагов калибровки, который можно выполнить в произвольном порядке.

2.3.3.7.4 «Автоматическая (с электронным калибратором)» калибровка выполняется с электронным калибратором. Мастер калибровки предложит подключиться к электронному калибратору, проверит при необходимости направление подключения и выполнит необходимые переключения калибратора и измерения в автоматическом режиме.

¹⁾ Вкладка «Калибровка» главного меню ПО, либо «горячая» клавиша «F6».

Примечания

1 Для перехода к следующему шагу калибровочного процесса необходимо нажать кнопку «Далее».

2 Кнопка «Назад» позволяет вернуться на предыдущий шаг настройки и изменить какие-либо параметры.

3 При нажатии на кнопку «Отмена» будет осуществлено закрытие мастера калибровки.

2.3.3.8 Выбор калибровочных наборов и типа калибровки

2.3.3.8.1 После выбора метода калибровки «Управляемая (по сценарию)» либо «Пользовательская (в произвольном порядке)» осуществляется переход к шагу «Настройка конфигурации» (рисунок 2.142).

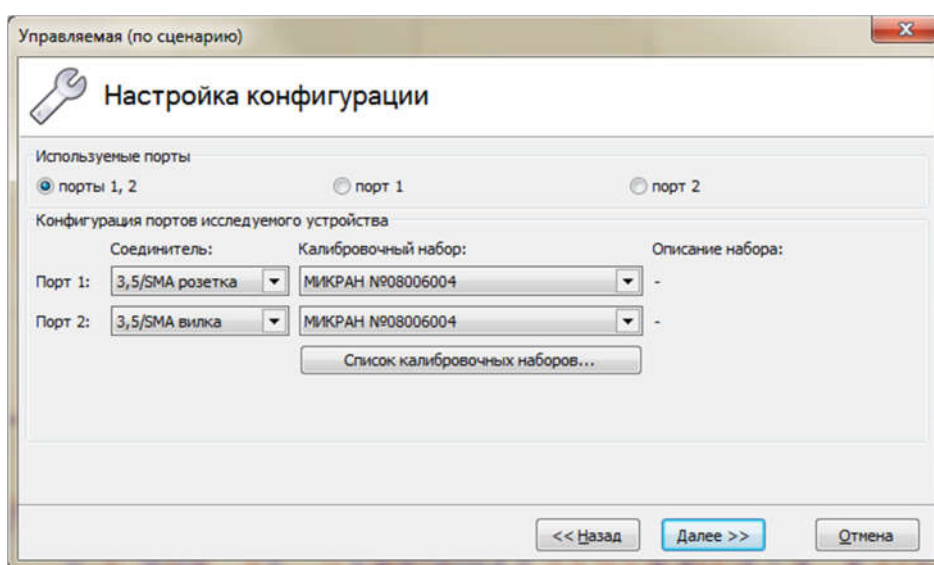


Рисунок 2.142 – шаг «Настройка конфигурации» для метода калибровки «Управляемая (по сценарию)»

2.3.3.8.2 Радио-кнопки в группе «Используемые порты» задают используемые при калибровке и измерении выходные разъемы анализатора¹⁾. Если выбрана одна из кнопок – «порт 1» или «порт 2», то будет измеряться только отражение от ИУ, подключенного к разъему «ПОРТ 1» или «ПОРТ 2». Если выбрана радио-кнопка «порты 1, 2», то измеряться могут как отражение от ИУ, так и передача через него.

2.3.3.8.3 В группе «Конфигурация портов исследуемого устройства» в полях со списком выбираются тип соединителя²⁾ и его вид³⁾.

В списке доступных типов и видов соединителей отображаются только соединители, использующиеся в доступных файлах описания наборов калибровочных мер.

¹⁾ Разъем «ПОРТ 1» и (или) разъем «ПОРТ 2».

²⁾ Тип IX, варианты 1 и 3, тип III, тип N, тип 3,5 мм, тип SMA и др.

³⁾ Вилка, розетка или универсальный.

При калибровке «Автоматическая (с электронным калибратором)» список соединителей определяется файлом описания калибровочных мер, считанным из электронного калибратора, либо загруженным из файла.

2.3.3.8.4 Поле со списком в группе «Калибровочный набор» (рисунок 2.142) позволяет выбрать набор для предстоящей калибровки.

В списке отображаются только те наборы, которые имеют в своем составе меры с соединителями, совпадающими с соединителями ИУ¹⁾. Кнопка «Список калибровочных наборов...» открывает соответствующее окно²⁾ (рисунок 2.135).

2.3.3.8.5 После задания конфигурации калибровки и нажатия кнопки «Далее» отобразится окно с настройками параметров калибровки (рисунок 2.143). Описание вариантов и типов калибровок, а также их параметров, представлены в подпункте 2.3.3.9 настоящего РЭ.

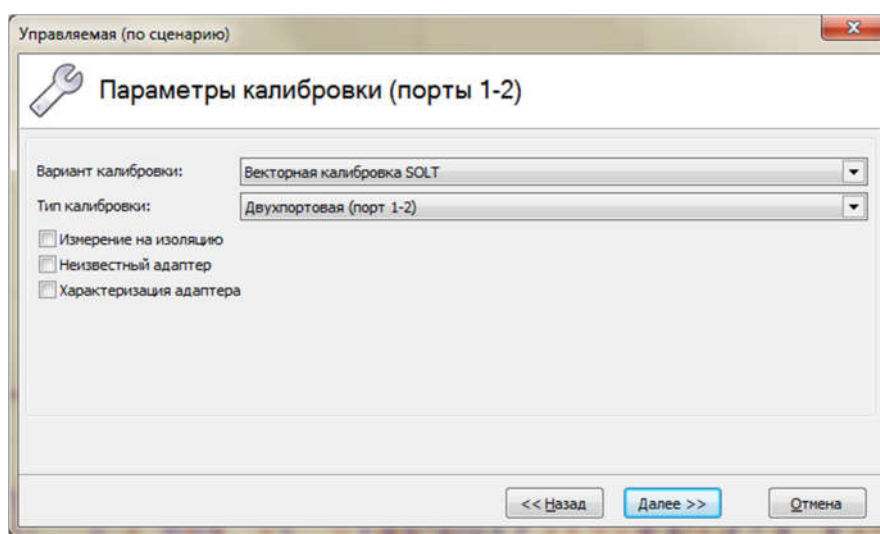


Рисунок 2.143 – окно с настройками параметров для калибровки «Управляемая (по сценарию)»

В случае если ранее выбранный набор калибровочных мер не позволяет выполнить калибровку в установленном частотном диапазоне, мастер калибровки отобразит соответствующее сообщение и предложит изменить частотные параметры (рисунок 2.144).

2.3.3.8.6 После нажатия кнопки «Далее» происходит переход непосредственно к процессу калибровки, состоящему из одного или нескольких шагов (рисунок 2.145 или 2.146). Потребителю необходимо следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечания

1 При выполнении калибровки «Управляемая (по сценарию)» обращайте внимание на типы нагрузок, подключаемых к соединителям выходных разъемов анализатора.

2 При выполнении калибровки «Пользовательская (в произвольном порядке)» не контролируется соответствие соединителей мер соединителям выходных разъемов анализатора (потребитель должен самостоятельно выбрать подходящую меру).

¹⁾ Если не используется метод калибровки «Пользовательская (в произвольном порядке)».

²⁾ Окно «Наборы калибровочных мер», через которое осуществляется управление наборами калибровочных мер.

3 Во время проведения калибровки «Управляемая (по сценарию)», при необходимости, можно произвести повторное измерение одного или нескольких шагов, перейдя на них с помощью кнопки «Назад». При этом появится необходимость повторения измерений всех промежуточных шагов.

4 Во время проведения калибровки «Пользовательская (в произвольном порядке)» данные требования отсутствуют в связи с произвольным порядком и количеством измерений. При достижении минимально требуемого количества измерений процесс калибровки можно завершить (при достижении минимального требуемого количества измерений загорается зеленый флаг).

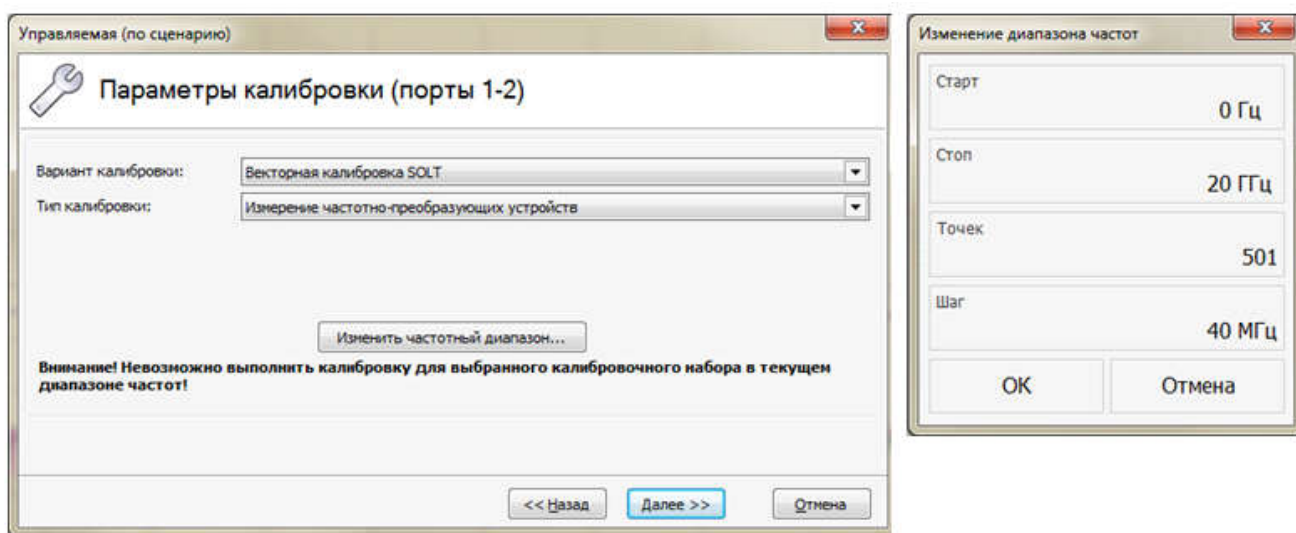


Рисунок 2.144 – Ситуация с необходимостью изменения частотного диапазона

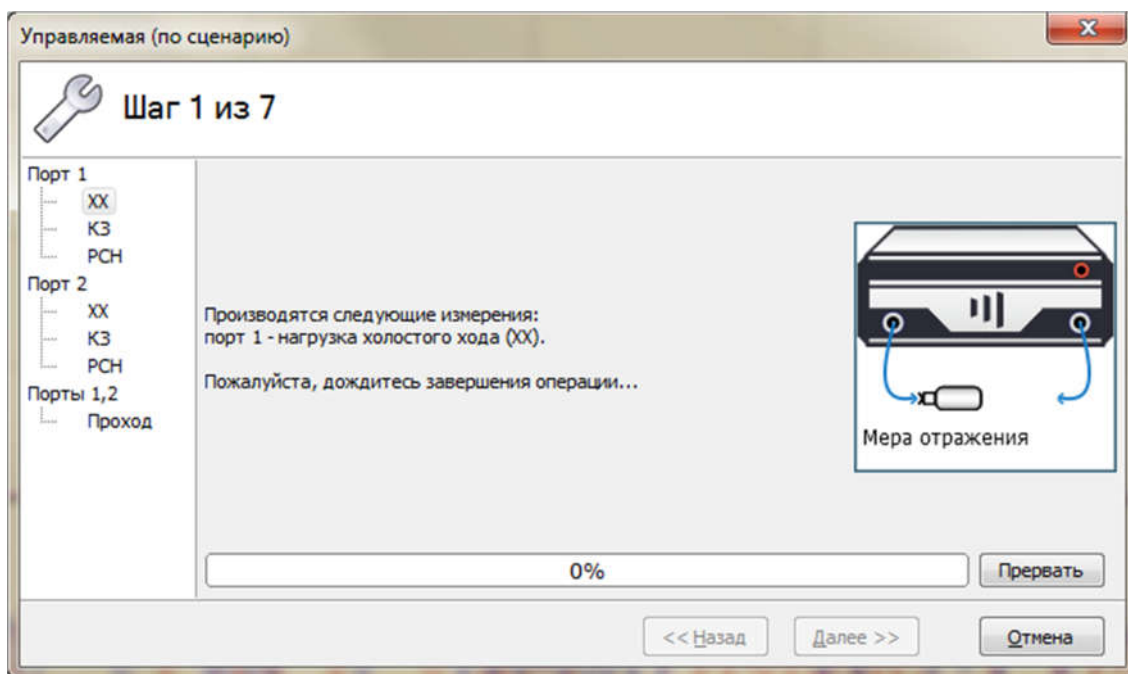


Рисунок 2.145 – Шаги калибровки «Управляемая (по сценарию)»

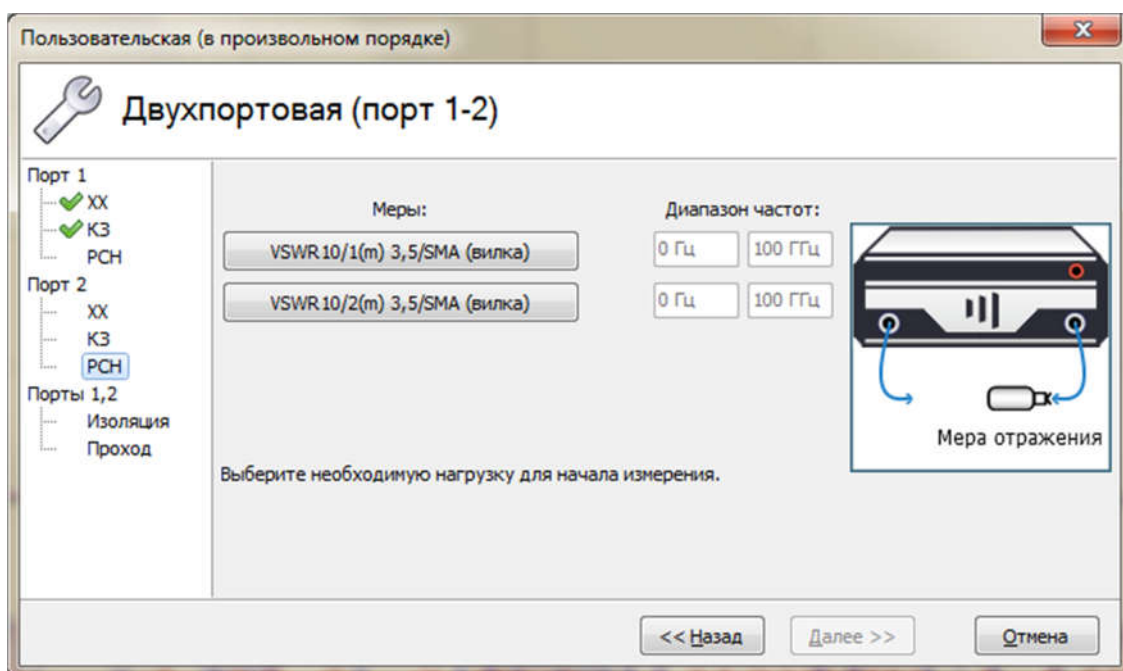


Рисунок 2.146 – Шаги калибровки «Пользовательская (в произвольном порядке)»

2.3.3.8.7 Для расчета и применения калибровочных данных следует нажать кнопку «Готово». При необходимости можно воспользоваться функцией сохранения калибровочных данных¹⁾.

Статус калибровки отображается в подменю «Информация о калибровках» вкладки «Калибровка» главного меню ПО (рисунок 2.147).

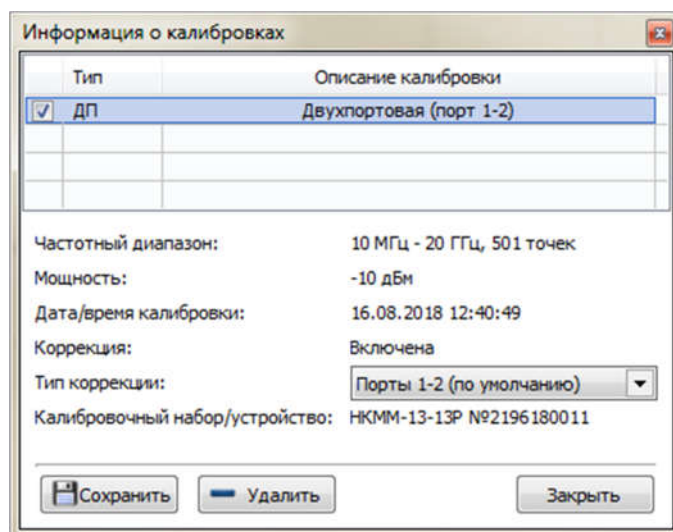


Рисунок 2.147 – Окно «Информация о калибровках»

Данное окно предназначено для отображения информации обо всех выполненных калибровках с возможностью сохранить или удалить выделенную калибровку, а также отключить или изменить тип коррекции данных.

¹⁾ См. подпункт 2.3.3.13 настоящего РЭ.

2.3.3.9 Типы калибровок

2.3.3.9.1 Погрешности измерений обусловлены шумами, помехами и «неидеальностью» аппаратуры. Значительная часть «неидеальностей» аппаратуры постоянна во времени и проявляется в виде систематических ошибок в результатах измерений. Для компенсации систематических ошибок используется модель ошибок, включающая 12 параметров¹⁾, которые вычисляются в процессе калибровки.

2.3.3.9.2 В ПО «Graphit P4M» предусмотрены следующие типы калибровок:

а) Калибровка частотной неравномерности:

- 1) нормировка КО;
- 2) нормировка КП.

б) Однопортовая векторная калибровка:

- 1) в прямом направлении (для измерения S_{11});
- 2) в обратном направлении (для измерения S_{22}).

в) Двухпортовая векторная калибровка:

- 1) в прямом направлении (для измерения S_{11} , S_{21});
- 2) в обратном направлении (для измерения S_{22} , S_{12});
- 3) полная двухпортовая в обоих направлениях (для измерения S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22}).

2.3.3.9.3 Нормировка – простейший тип калибровки и коррекции. В процессе калибровки запоминается последовательность, характеризующая частотную неравномерность тракта передачи или тракта отражения²⁾. Коррекция заключается в делении измеренных величин на значения, сохраненные при калибровке.

2.3.3.9.4 Однопортовая векторная калибровка применяется перед измерением отражения от устройств³⁾. При измерении устройств, подключенных к обоим выходным разъемам анализатора, однопортовая калибровка компенсирует лишь часть факторов ошибок, поэтому измерения не столь точны, как при использовании полной двухпортовой калибровки.

2.3.3.9.5 Полная двухпортовая векторная калибровка⁴⁾ в обоих направлениях компенсирует 10 факторов ошибок⁵⁾ или все 12⁶⁾. Коррекция результатов измерения после выполнения полной двухпортовой калибровки требует поочередного зондирования в прямом и обратном направлениях, поэтому измерения могут выполняться вдвое медленнее, чем в других вариантах калибровки⁷⁾.

¹⁾ Факторов ошибок.

²⁾ Последовательность калибровки для нормировки КО и КП см. в перечислениях 2.3.3.9.7 и 2.3.3.9.8 настоящего РЭ.

³⁾ Последовательность однопортовой векторной калибровки см. в перечислении 2.3.3.9.9 настоящего РЭ.

⁴⁾ SOLT калибровка.

⁵⁾ Исключая изоляцию.

⁶⁾ Погрешности измерений и факторы ошибок описаны в приложении Д.

⁷⁾ Последовательность полной двухпортовой калибровки см. в перечислении 2.3.3.9.11 настоящего РЭ.

Примечания

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

2 Для S-параметров, отличающихся направлением зондирования, могут применяться калибровочные данные разного типа. 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.

2.3.3.9.6 Нормировка¹⁾ – это деление измеряемого S-параметра на некоторую комплексную величину, характеризующую КП тракта.

2.3.3.9.7 Нормировке КП должна предшествовать калибровка на проход (рисунок 2.148), в ходе которой измеренные значения запоминаются в качестве калибровочных данных. Дополнительно может быть измерена изоляция между выходными разъемами анализатора.



Рисунок 2.148 – Калибровка на проход

Последовательность калибровки для нормировки коэффициента передачи:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования²⁾.
- Выбрать подменю «Мастер калибровки» во вкладке «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки³⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации выбрать радио-кнопку «порты 1, 2» (рисунок 2.142). При необходимости задать соединители ИУ и набор калибровочных мер и нажмите кнопку «Далее».
- Выбрать вариант «Калибровка частотной неравномерности» и тип калибровки «Частотная неравномерность на проход (порт 1)»⁴⁾, как показано на рисунке 2.149.

Примечания

1 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, соединяющее выходные разъемы анализатора. 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.

¹⁾ В общем случае.

²⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

³⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

⁴⁾ Либо «Частотная неравномерность на проход (порт 2)». Первый вариант соответствует зондированию в прямом направлении, а второй – в обратном.

2 Установка флажка «Измерение изоляции» позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между выходными разъемами анализатора.

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровок.

Примечание – Мастер калибровок предложит соединить разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2», как показано на рисунке 2.148, используя меру на проход из калибровочного набора или произвольную. Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить к выходным разъемам анализатора согласованные или рассогласованные нагрузки, как показано на рисунке 2.150. После выполнения всех необходимых измерений появится окно, свидетельствующее о завершении калибровки.

После успешного завершения калибровки в окне «Информация о калибровках» появится информация о проведенной калибровке и ее типе (рисунок 2.147). Флажок может быть сброшен или установлен, что приведет к отключению или включению коррекции измеряемых параметров от выбранной калибровки.

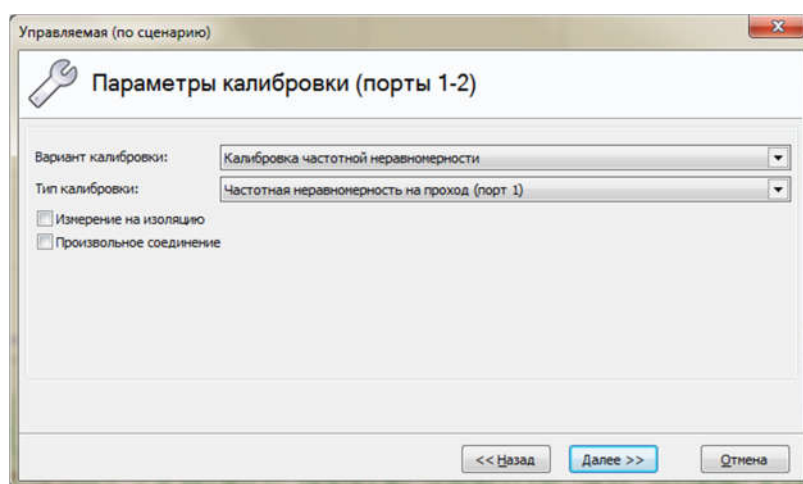


Рисунок 2.149 – Параметры нормировки на проход



Рисунок 2.150 – Измерение изоляции между портами

2.3.3.9.8 Нормировка КО может выполняться на величину отражения от одной из нагрузок¹⁾. Кроме того нормировка может выполняться на среднее²⁾ величин отражений от нагрузки ХХ и КЗ. Дополнительно может быть измерено отражение от согласованной нагрузки, для оценки направленности выходного разъема анализатора. Схема калибровки приведена на рисунке 2.151.

¹⁾ Нагрузки ХХ, КЗ или произвольной (с неизвестными параметрами).

²⁾ Точнее полуразность.



Рисунок 2.151 – Калибровка на ХХ и КЗ

Последовательность калибровки для нормировки КО:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования¹⁾.
- Выбрать подменю «Мастер калибровки» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки²⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации (рисунок 2.142) выбрать радио-кнопку «порт 1» или «порт 2». При необходимости задать соединители ИУ, набор калибровочных мер и нажать кнопку «Далее».
- В поле со списком «Тип калибровки» выбрать вариант «Частотная неравномерность по отражению», как показано на рисунке 2.152.

Примечания

1 Флажки «Нагрузка ХХ», «Нагрузка КЗ» и «Произвольная нагрузка» задают меры, на которых будет выполнена калибровка. Установка флажка «Нагрузка ХХ» или «Нагрузка КЗ» сбрасывает флажок «Произвольная нагрузка» и наоборот.

2 В зависимости от выбранных нагрузок мастер калибровки в последующих шагах предложит подключить те или иные меры. Если используются нагрузки ХХ и (или) КЗ параметры мер будут прочитаны из набора калибровочных мер. При установленном флажке «Произвольная нагрузка» в качестве меры на отражение будет использоваться произвольное устройство (с неизвестным КО), подключенное к выходному разъему анализатора. В этом случае результат коррекции будет представлять собой отличие коэффициента отражения ИУ от КО устройства, на которое выполнялась калибровка, что может применяться при настройке по образцу.

3 Флажок «Согласованная нагрузка» отображается, если в калибровочном наборе есть согласованная нагрузка с подходящим соединителем. Установка флажка позволит измерить и учесть при коррекции направленность выходного разъема (измерительного порта).

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечание – Мастер калибровки предложит подключить к выходному разъему анализатора выбранные на предыдущем шаге нагрузки. После выполнения всех необходимых измерений появится окно, свидетельствующее о завершении калибровки

После успешного завершения калибровки в окне «Информация о калибровках» появится информация о проведенной калибровке и ее типе (рисунок 2.147). Флажок может быть сброшен или установлен, что приведет к отключению или включению коррекции измеряемых параметров от выбранной калибровки.

¹⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

²⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

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

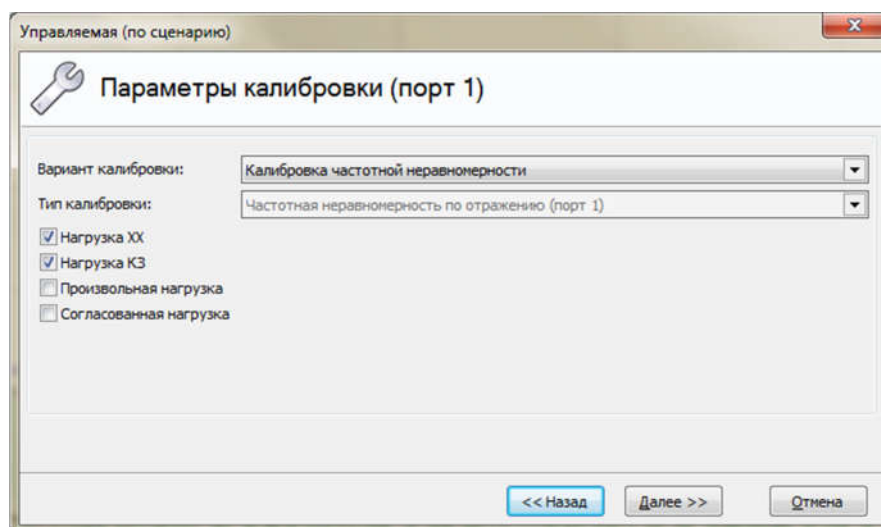


Рисунок 2.152 – Параметры нормировки на отражение

2.3.3.9.9 Однопортовая векторная калибровка оценивает три фактора ошибок и применяется только для измерения отражения S_{11} или S_{22} , в зависимости от выходного разъема¹⁾. Схема калибровки приведена на рисунке 2.153.



Рисунок 2.153 – Схема однопортовой калибровки

Последовательность однопортовой калибровки:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования²⁾.
- Выбрать подменю «Мастер калибровки» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки³⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации (рисунок 2.142) выбрать радио-кнопку «порт 1» или «порт 2». При необходимости задать соединители ИУ и набор калибровочных мер и нажать кнопку «Далее».

¹⁾ Номера калибруемого порта.

²⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

³⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

- В поле со списком «Тип калибровки» выбрать вариант «Однопортовая (порт 1)»¹⁾, как показано на рисунке 2.154.

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечание – Мастер калибровки предложит подключить к выходному разьему нагрузки ХХ, КЗ (рисунок 2.153), а также согласованную или рассогласованную нагрузку в зависимости от того, какая из них имеется в наборе калибровочных мер.

По окончании калибровки вычисляются значения трех факторов ошибок, которые будут использованы при коррекции измеренного параметра отражения.

Примечания

1 Для векторных калибровок существует понятие «плоскости калибровки» (Reference plane) – сечение коаксиального или волноводного тракта, в котором компенсируются все задержки. Фаза отраженного от этой точки (или проходящего через эту точку) сигнала после коррекции равна фазе зондирующего сигнала, а фаза их отношения равна нулю. Во временной области плоскость калибровки соответствует началу координат.

2 Плоскость калибровки проходит через выходной разъем анализатора, к которому во время калибровки подключались калибровочные меры. Однако плоскость калибровки может быть перемещена использованием программных функций встраивания и исключения цепей (см. раздел подпункт 2.3.5.7 настоящего РЭ).

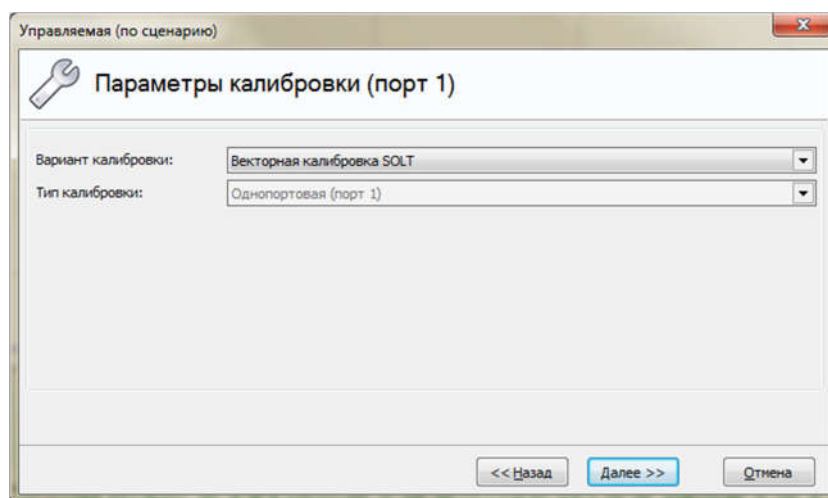


Рисунок 2.154 – Выбор однопортовой калибровки в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

2.3.3.9.10 Двухпортовая 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 противоположном направлении, то измерения будут выполняться с максимальной скоростью. Если требуется зондирование в двух направлениях, то использование двухпортовой калибровки в одном направлении нецелесообразно, и рекомендуется воспользоваться полной двухпортовой калибровкой, обеспечивающей более точные измерения.

¹⁾ Или «Однопортовая (порт 2)».

Последовательность двухпортовой калибровки в одном направлении:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования¹⁾.
- Выбрать подменю «Мастер калибровки» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки²⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации выбрать радио-кнопку «порт 1, 2» (рисунок 2.142). При необходимости задать соединители ИУ и набор калибровочных мер и нажать кнопку «Далее»³⁾.
- В поле со списком «Тип калибровки» выбрать вариант «Двухпортовая (порт 1)» или «Двухпортовая (порт 2)», как показано на рисунке 2.155.

Примечания

1 Установка флажка «Измерение на изоляцию» позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между выходными разъемами анализатора.

2 Состояние флажка «Коррекция для взаимных устройств» не влияет на процесс калибровки и используется только во время измерений.

3 Взаимными называются устройства, у которых коэффициенты передачи портов равны.

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечания

1 Мастер калибровок предложит подключить к измерительному порту нагрузки ХХ, КЗ (рисунок 2.153), а также согласованную или рассогласованную нагрузку в зависимости от того какая из них имеется в наборе калибровочных мер. Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить согласованные или рассогласованные нагрузки к обоим измерительным портам, как показано на рисунке 2.150;

2 На последнем этапе калибровки будет предложено соединить выходные разъемы анализатора на проход непосредственно (если соединители позволяют) или через коаксиальный переход из калибровочного набора.

После успешного завершения калибровки в окне «Информация о калибровках» появится информация о проведенной калибровке и ее типе (рисунок 2.147). Флажок может быть сброшен или установлен, что приведет к отключению или включению коррекции измеряемых параметров от выбранной калибровки.

При измерении отражения от входа ИУ и установленном флажке «Коррекция для взаимных устройств» компенсируется отражение от выходного разъема, к которому подключен выход ИУ. На рисунке 2.156 показаны результаты измерения КО от полосового фильтра. Более гладкая трасса получена с установленным флажком «Коррекция для взаимных устройств». На измерение коэффициента передачи состояние флажка «Коррекция для взаимных устройств» не оказывает никакого влияния.

¹⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

²⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

³⁾ Мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.

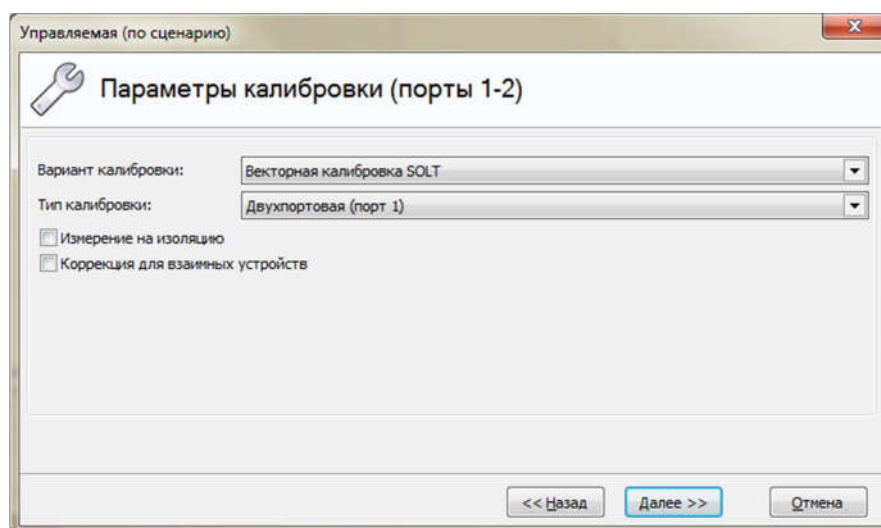


Рисунок 2.155 – Выбор двухпортовой калибровки в одном направлении в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

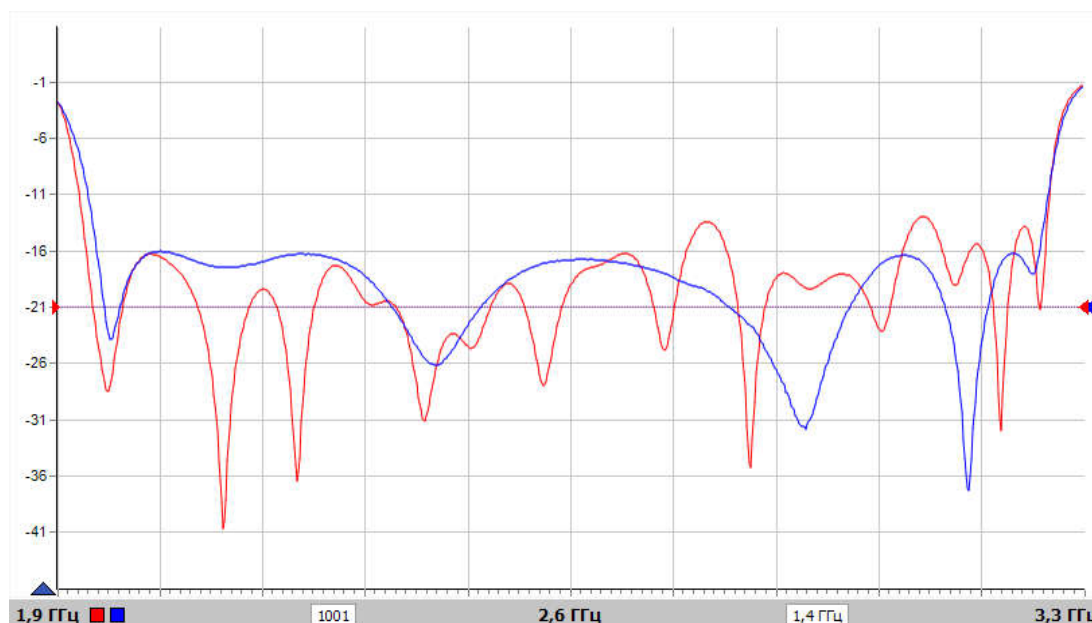


Рисунок 2.156 – Результат компенсации отражения от полосового фильтра

При сохранении калибровочных данных¹⁾ состояние флажка «Коррекция для взаимных устройств» не сохраняется и, соответственно, при чтении калибровочных данных не восстанавливается. Изменить настройку «Коррекция для взаимных устройств» можно в окне «Информация о калибровках» (рисунок 2.147), выбрав из выпадающего списка «Тип коррекции» соответствующее значение.

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

¹⁾ См. подпункт 2.3.3.8 настоящего РЭ.

Последовательность полной двухпортовой калибровки:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования¹⁾.
- Выбрать подменю «Мастер калибровки» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки²⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации выбрать радио-кнопку «порт 1, 2» (рисунок 2.142). При необходимости задать соединители ИУ и набор калибровочных мер и нажать кнопку «Далее».
- В поле со списком «Тип калибровки» выбрать «Двухпортовая (порт 1-2)», как показано на рисунке 2.157.

Примечания

1 Установка флажка «Измерение на изоляцию» позволит измерить и учесть при коррекции результатов измерений изоляцию между выходными разъемами (измерительными портами).

2 Установка флажка «Неизвестный адаптер» используется в случае отсутствия описания перемычки между портами в калибровочном наборе.

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечания

1 Мастер калибровок предложит подключить к измерительным портам нагрузки ХХ, КЗ, а также согласованную или рассогласованную нагрузку в зависимости от того, какая из них имеется в наборе калибровочных мер. Если в предыдущем шаге было задано измерение изоляции, то будет предложено подключить согласованные или рассогласованные нагрузки к обоим выходным разъемам анализатора, как показано на рисунке 2.150;

2 На последнем этапе калибровки будет предложено соединить выходные разъемы анализатора на проход непосредственно (если соединители позволяют), либо через коаксиальный переход из калибровочного набора, либо используя произвольный соединительный элемент (опция калибровки «Неизвестный адаптер»).

После окончания калибровки вычисляются значения 12 факторов ошибок. Если в процессе калибровки не была измерена изоляция³⁾, то ошибки изоляции приравниваются нулю. В окне «Информация о калибровках» (рисунок 2.147) отображается статус калибровки.

Примечание – Для полной двухпортовой калибровки в окне «Информация о калибровках» доступна настройка «Тип коррекции», позволяющая использовать только прямое (разъем «ПОРТ 1») или обратное (разъем «ПОРТ 2») зондирование при отсутствии необходимости двух проходов.

¹⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

²⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

³⁾ Например, по причине отсутствия двух согласованных нагрузок.

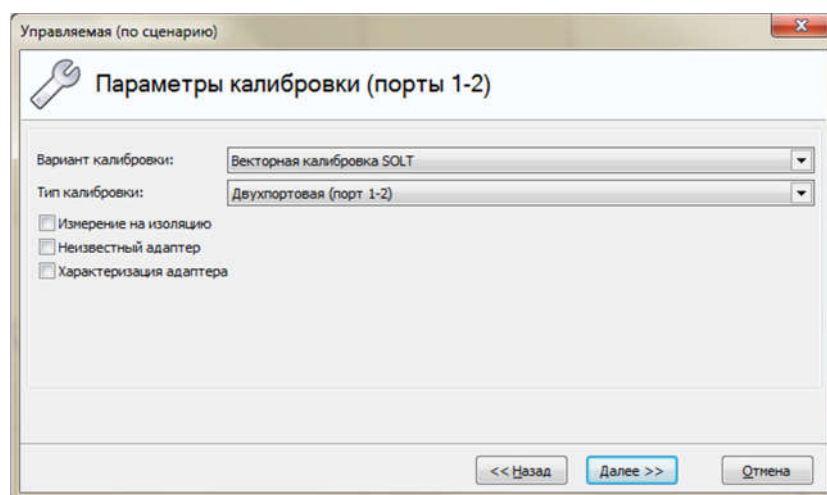


Рисунок 2.157 – Выбор полной двухпортовой калибровки в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

2.3.3.10 Автоматическая калибровка

2.3.3.10.1 «Автоматическая (с электронным калибратором)» калибровка выполняется с электронным калибратором из комплекта поставки анализатора.

Мастер калибровки предложит подключиться к калибратору, проверит подключенные выходные разъемы анализатора и выполнит необходимые переключения и измерения в автоматическом режиме.

Для автоматической калибровки электронный калибратор должен быть подключен к USB-порту компьютера и к используемым выходным разъемам анализатора.

Примечание – Установка драйвера модуля автоматической калибровки производится в момент установки ПО «Graphit P4M. При первом подключении модуля к USB-порту компьютера может потребоваться некоторое время для инициализации устройства. Для ручной установки файл драйвера «micrescal.inf» поставляется на flash-накопителе совместно с электронным калибратором.

2.3.3.10.2 После выбора метода калибровки «Автоматическая (с электронным калибратором)» (рисунок 2.141) и нажатия кнопки «Далее», появится окно подключения к электронному калибратору¹⁾ (рисунок 2.158).

2.3.3.10.3 После подключения к электронному калибратору и автоматического чтения файла описания калибровочных мер из его встроенной памяти следует шаг настройки конфигурации (рисунок 2.159).

При невозможности чтения из встроенной памяти калибратора или при необходимости использования альтернативного описания электронного калибратора²⁾ файл описания калибровочных мер может быть загружен с диска или другого цифрового носителя.

¹⁾ Такое же, как и при подключении к анализатору.

²⁾ С учетом некоторой оснастки – переходов, зондов и т.п.

При установке флажка «Использовать файл описания» (рисунок 2.159) откроется диалоговое окно открытия файла с альтернативным описанием мер электронного калибратора.

Настройка «Определение портов ЭК» позволяет отключить функцию автоматического определения¹⁾ соответствия выходных разъемов анализатора и калибратора.

Примечание – Данная возможность необходима в случае зондирования сигналами невысокой мощности, например, при использовании дополнительных аттенуаторов, т.к. при этом функция «опознавания» нагрузок калибратора может работать некорректно.

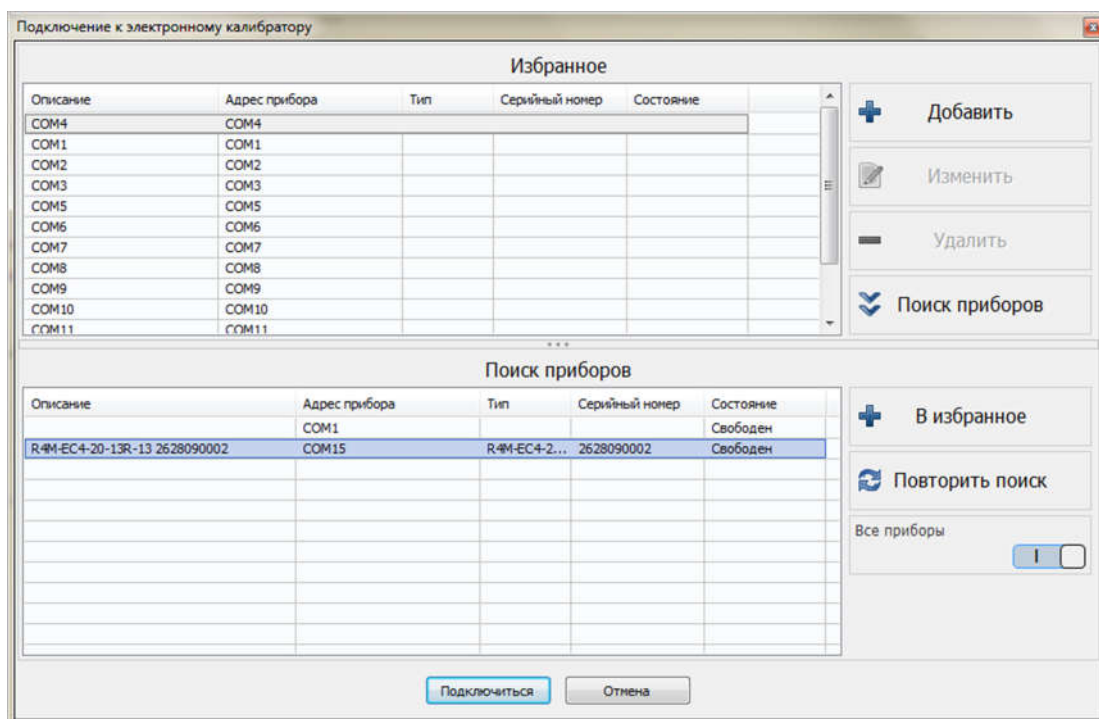


Рисунок 2.158 – Окно «Подключение к электронному калибратору»

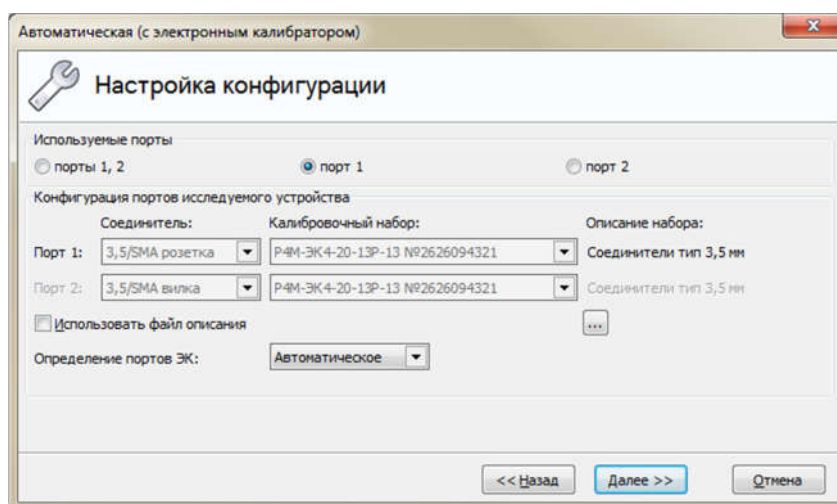


Рисунок 2.159 – Конфигурация калибровки с использованием электронного калибратора

¹⁾ Включена по умолчанию.

2.3.3.10.4 На следующем шаге необходимо выбрать тип калибровки¹⁾. Дальнейшие действия мастер калибровки выполнит в автоматическом режиме. Пример окна в процессе калибровки показан на рисунке 2.160.

Примечание – В процессе калибровки потребителю рекомендуется проверить, что результат функции автоматического определения портов подключения электронного калибратора (отображен в окне калибровке в виде текста) соответствует действительности.

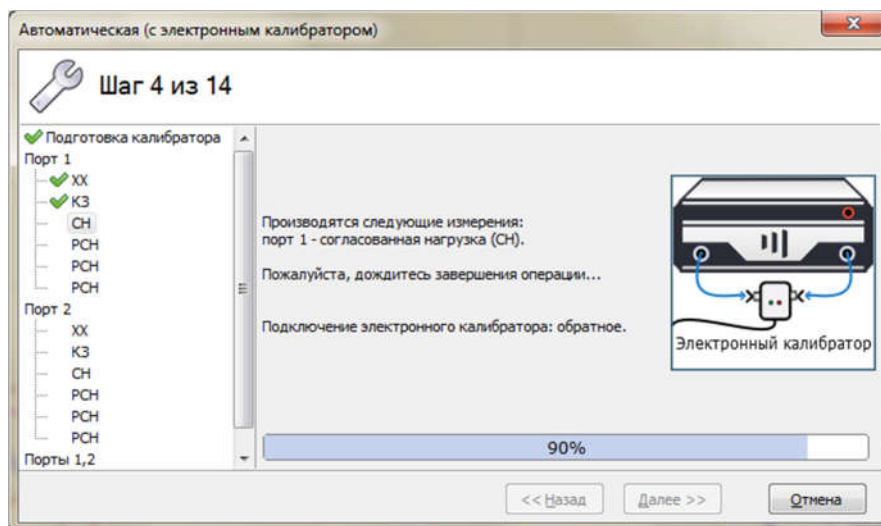


Рисунок 2.160 – Процесс калибровки с использованием электронного калибратора

2.3.3.11 Калибровка в волноводном тракте, калибровка TRL

2.3.3.11.1 Семейство калибровок TRL обеспечивает лучшую точность измерений S-параметров, по сравнению с SOLT калибровкой²⁾, и может быть выполнена с использованием всего лишь трех калибровочных мер.

В процессе калибровки могут быть использованы: короткозамкнутая нагрузка³⁾, согласованная нагрузка⁴⁾, прямое соединение выходных разъемов анализатора⁵⁾, одна или несколько линий передачи⁶⁾.

2.3.3.11.2 В зависимости от состава мер в калибровочном наборе для некоторого диапазона частот выполняется одна из калибровок семейства TRL:

- TRL;
- TRM;
- LRL;
- LRM.

2.3.3.11.3 Калибровка анализатора в волноводном тракте выполняется через коаксиально-волноводные переходы, как показано на рисунке 2.161.

¹⁾ Как и в случае использования калибровочных наборов с механическими мерами.

²⁾ В большинстве случаев.

³⁾ Reflection.

⁴⁾ Match.

⁵⁾ Thru.

⁶⁾ Line.



Рисунок 2.161 – Измерения в волноводном тракте

Последовательность TRL калибровки:

- Задать частотный диапазон¹⁾, количество точек и мощность²⁾.

- Выбрать подменю «Мастер калибровки» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки Р4М» выбрать метод калибровки³⁾. После нажатия кнопки «Далее» в окне настройки конфигурации выбрать радио-кнопку «порт 1, 2» (рисунок 2.162). Задать соединители ИУ в полях «Волновод...» и набор калибровочных мер в полях «Калибровочный набор», соответствующие сечению волноводного тракта ИУ. Нажать кнопку «Далее»⁴⁾.

- В поле со списком «Вариант калибровки» выбрать вариант «Векторная калибровка TRL», как показано на рисунке 2.163.

- Нажать кнопку «Далее» и следовать инструкциям мастера калибровки.

Примечания

1 Мастер калибровки предложит подключить к выходным разъемам анализатора нагрузки ХХ, КЗ, затем выполнить соединение на проход, а так же соединение через четверть волновой отрезок линии.

2 На последнем этапе калибровки будет предложено соединить выходные разъемы анализатора на проход непосредственно, а также установить соединение через четверть волновой отрезок линии, как показано на рисунке 2.164.

После завершения калибровки в окне «Информация о калибровках» (рисунок 2.147) отобразится статус калибровки.

¹⁾ Внимательно выставляйте диапазон частот, который соответствует сечению волновода. Нельзя задавать частоты, выходящие за диапазон работы волновода.

²⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

³⁾ «Управляемая (по сценарию)», «Пользовательская (в произвольном порядке)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

⁴⁾ После ее нажатия мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.

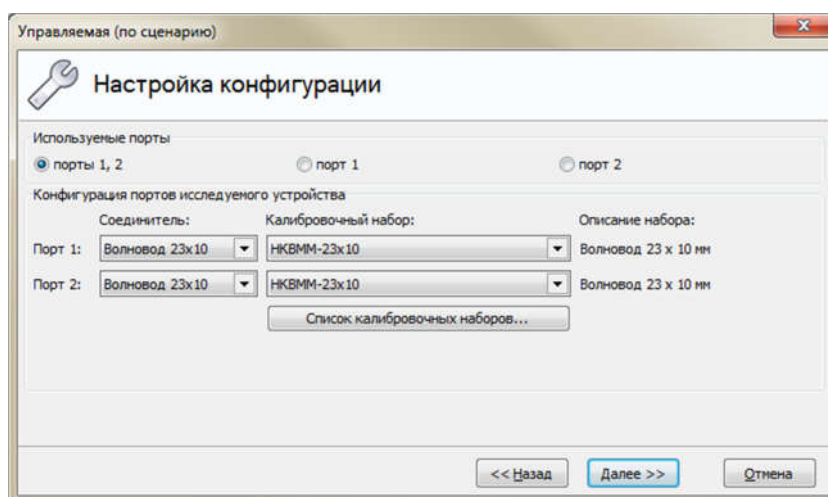


Рисунок 2.162 – Конфигурация калибровки для TRL калибровки в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

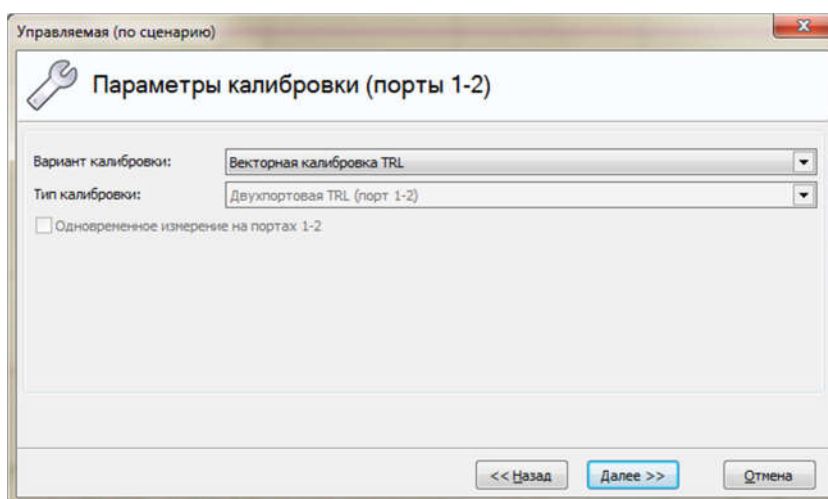


Рисунок 2.163 – Выбор TRL калибровки в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

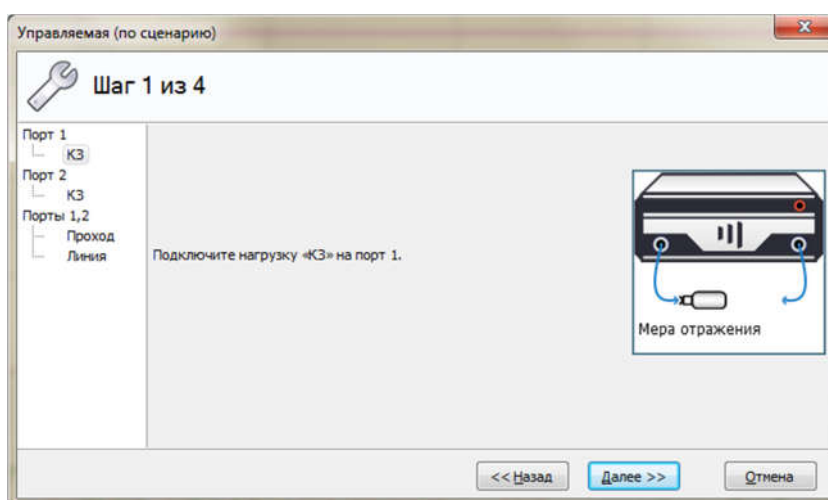


Рисунок 2.164 – Процесс калибровки TRL в окне калибровки «Управляемая (по сценарию)»

2.3.3.12 Калибровка измерений мощности

2.3.3.12.1 При изготовлении анализаторов его генераторы и приемники калибруются в плоскости выходных разъемов¹⁾.

С течением времени и (или) после подключения кабельных сборок²⁾ может потребоваться калибровка мощности. Доступ к данным функциям осуществляется через соответствующее подменю во вкладке «Калибровка» главного меню ПО, отображенное на рисунке 2.165.

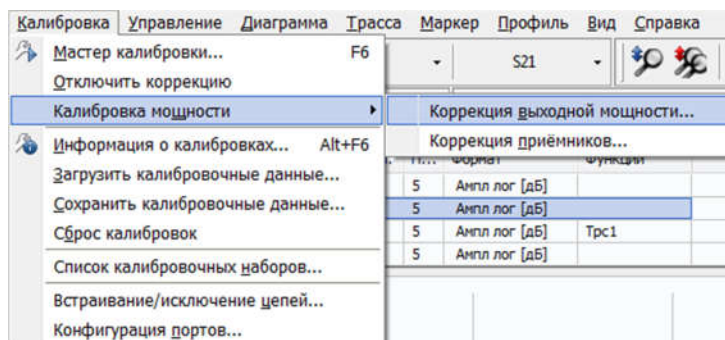


Рисунок 2.165 – Подменю «Калибровка мощности» во вкладке «Калибровка» главного меню ПО

2.3.3.12.2 Коррекция выходной мощности выполняется при помощи эталонного измерителя мощности, удовлетворяющего требованиям потребителя по частотному и динамическому диапазону. В результате выходная мощность анализатора в каждой частотной точке корректируется до установленного потребителем значения в соответствии с показаниями измерителя мощности.

2.3.3.12.3 Коррекция приемников выполняется с целью улучшить показания приемников как измерителей мощности. Для этого производится корректировка показаний мощности приемника относительно сигнала с зондирующего выходного разъема³⁾ или методом сравнения с показаниями эталонного измерителя мощности, подключенного к противоположному выходному разъему анализатора. Можно скорректировать измеряемую мощность на всех доступных приемниках «a1», «a2», «b1», «b2».

2.3.3.12.4 Коррекция выходной мощности выполняется при помощи эталонного измерителя мощности серии PLS⁴⁾ с заданной точностью⁵⁾.

Последовательность калибровки:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования⁶⁾.

¹⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и разъем «ПОРТ 2».

²⁾ Или другой оснастки.

³⁾ Скорректированного измерителем мощности, либо относительно фабричной калибровки.

⁴⁾ А также с использованием моделей других производителей.

⁵⁾ Параметр «Допустимое отклонение мощности».

⁶⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в разделе п. 2.3.5 настоящего РЭ.

Примечания

1 Установленное количество точек прямо пропорционально времени калибровочного процесса.

2 Диапазон частот и мощность зондирования должны быть допустимы для выбранного эталонного измерителя мощности.

- Выбрать пункт «Коррекция выходной мощности» подменю «Калибровка мощности» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне нажать кнопку «Подключить» (рисунок 2.166).

- Выбрать измеритель мощности и нажать «Подключиться» (рисунок 2.167)¹⁾.

Примечание – В случае успешного подключения в поле «Измеритель мощности» будет отображена информация об используемом устройстве.

- Задать допустимое отклонение мощности, а также скорректировать ее смещение, если используется внешний усилитель или аттенюатор. Нажать кнопку «Калибровка» для требуемого выходного разъема и следовать инструкциям (рисунок 2.168).

Примечание – Чем ниже допустимое отклонение мощности, тем дольше будет выполняться калибровка. При невозможности обеспечить заданную точность калибровка будет остановлена. Рекомендуемое значение допуска не ниже 0,5 дБ.

После успешного проведения калибровки автоматически устанавливается переключатель «Коррекция», а в окне «Информация о калибровках» отображается статус калибровки (рисунок 2.147).

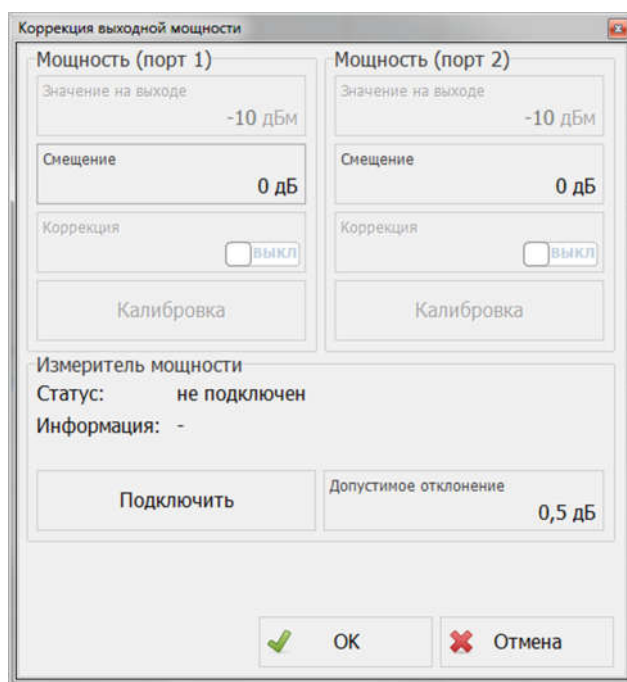


Рисунок 2.166 – Окно «Коррекция выходной мощности»

¹⁾ При частом использовании устройства можно добавить его в список «Избранное» окна подключения.

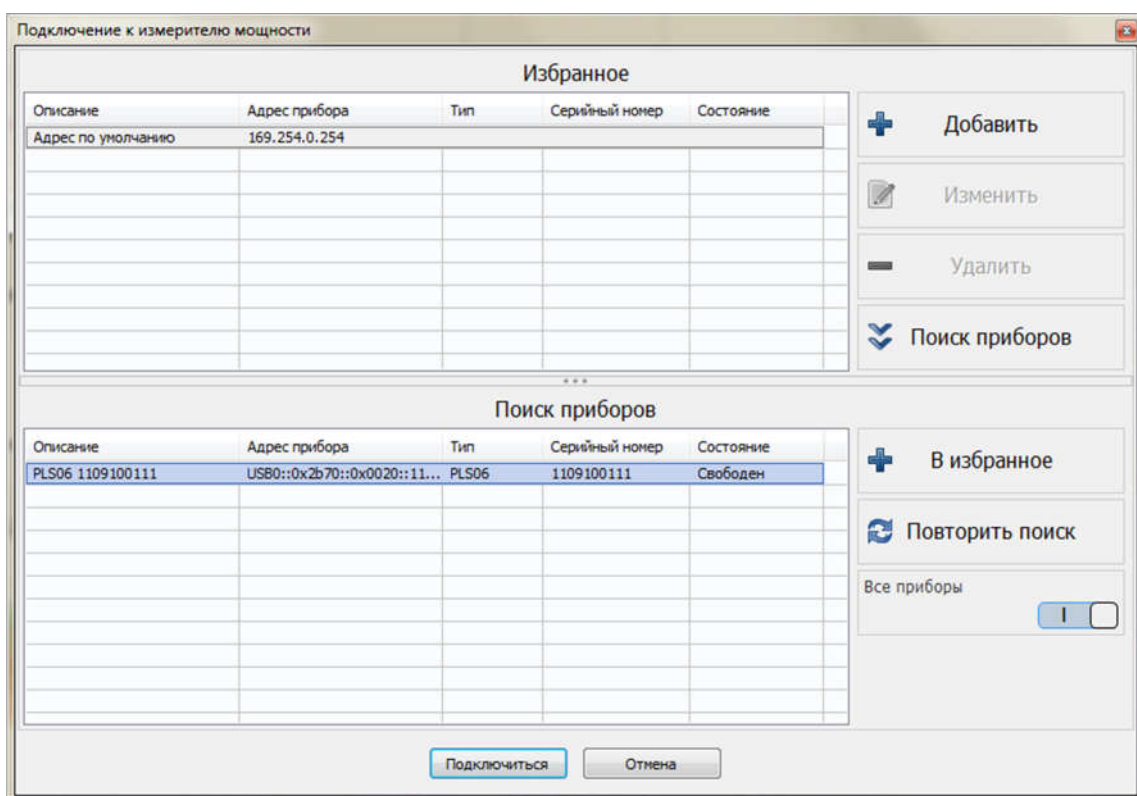


Рисунок 2.167 – Окно «Подключение к измерителю мощности»

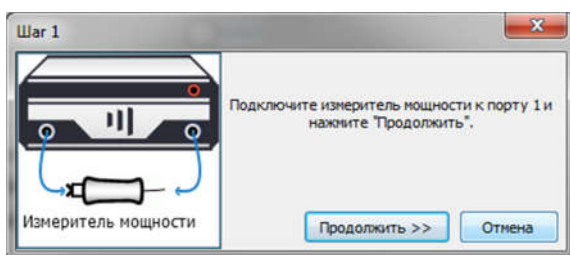


Рисунок 2.168 – Калибровка выходной мощности

2.3.3.12.5 Коррекция приемников выполняется относительно зондирующего выходного разъема анализатора¹⁾ в том сечении, в котором требуется скорректировать показания измерений мощности. Для выполнения калибровки приемников рекомендуется сначала выполнить коррекцию мощности²⁾. Коррекция мощности полезна, если при эксплуатации анализатора используются кабельные сборки, и нет возможности подключить ИУ непосредственно к порту.

Последовательность калибровки:

- Задать частотный диапазон, количество точек и мощность зондирования³⁾.
- Выбрать пункт «Коррекция приемников» подменю «Калибровка мощности» вкладки «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне выбрать калибруемый приемник и при необходимости задать смещение, которое будет учтено при коррекции (рисунок 2.169).

¹⁾ Разъем «ПОРТ 1» или разъем «ПОРТ 2».

²⁾ Но если потребителя устраивает фабричная калибровка выходной мощности, то это требование можно не выполнять.

³⁾ Об управлении параметрами анализатора указано в п. 2.3.5 настоящего РЭ.

Примечание – Если калибровка выходной мощности не выполнялась, либо ее сечение изменилось вследствие добавления/удаления оснастки, рекомендуется воспользоваться измерителем мощности – включить тумблер «Калибровка с ИМ» и выполнить подключение.

- Нажать кнопку «Калибровка» и следовать инструкциям мастера калибровки.

После успешного проведения калибровки автоматически устанавливается переключатель «Коррекция», а в окне «Информация о калибровках» отображается статус калибровки (рисунок 2.147).

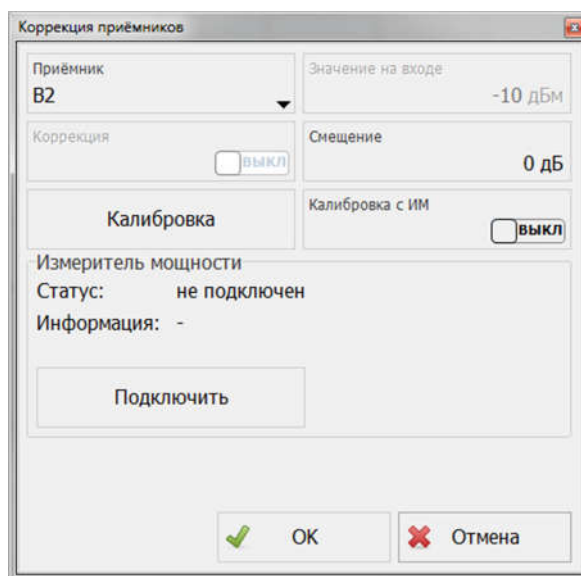


Рисунок 2.169 – Окно «Коррекция приемников»

Пример результата применения коррекции приемника «b2» при зондировании с разъема «ПОРТ 1» через кабельную сборку, представлен на рисунке 2.170¹⁾.



Рисунок 2.170 – Пример результата применения коррекции приемника «b2» при зондировании с разъема «ПОРТ 1»

¹⁾ Таким образом, удалось скорректировать потери в кабельной сборке.

2.3.3.13 Сохранение и восстановление калибровочных данных

2.3.3.13.1 Чтобы сохранить результаты калибровки, следует выбрать подменю «Сохранить калибровочные данные...» вкладки «Калибровка» главного меню ПО.

Калибровка сохраняется в файл с расширением «r4mc».

Примечания

1 Если было выполнено две калибровки (например, две однопортовые), то данные обеих калибровок будут сохранены в одном файле.

2 После перезапуска ПО калибровочные данные прошлой рабочей сессии будут восстановлены из резервной копии на диске независимо от того, сохранил ли их потребитель в файл или нет.

2.3.3.13.2 Чтобы загрузить калибровочные данные, следует выбрать подменю «Загрузить калибровочные данные...» вкладки «Калибровка» главного меню ПО.

2.3.3.13.3 Калибровочные данные могут быть очищены выбором подменю «Сброс калибровок» вкладки «Калибровка» главного меню ПО.

2.3.3.13.4 Коррекция может быть временно отключена установкой флажка в подменю «Отключить коррекцию» вкладки «Калибровка» главного меню ПО.

2.3.4 Конфигурация выходных разъемов анализатора

2.3.4.1 При работе с анализатором есть возможность вносить корректировки в конфигурацию выходных разъемов¹⁾, тем самым вносить изменения в процесс измерений с учетом возможностей при работе с анализатором.

Для этого необходимо выбрать подменю «Конфигурация портов» вкладки «Калибровка» главного меню ПО (рисунок 2.171).

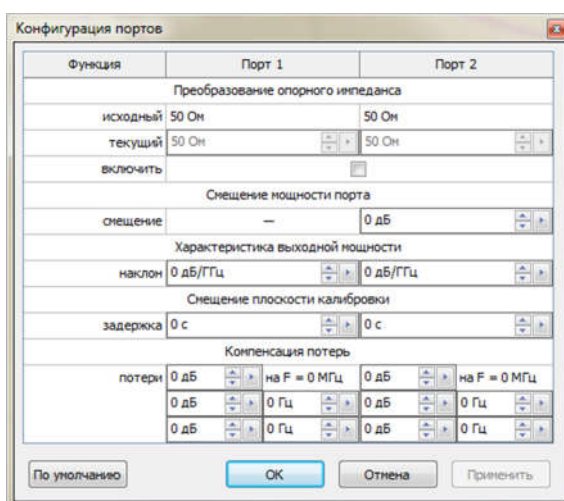


Рисунок 2.171 – Подменю «Конфигурация портов»

¹⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

2.3.4.2 Преобразование опорного импеданса

2.3.4.2.1 В случаях, когда волновое сопротивление ИУ Z_0 отличное от импеданса анализатора, возможны следующие варианты измерений S-параметров ИУ в тракте Z_0 :

- Калибровка в тракте Z_0 ¹⁾. Устанавливается требуемое значение опорного импеданса согласно формуле 2.8. Выполняется калибровка с использованием калибровочного набора, соответствующего тракту Z_0 .

- Преобразование опорного импеданса Z_{ref} (формула 2.9). Выполняется калибровка в тракте Z_{ref} ²⁾, в сечении после перехода на Z_0 . Для каждого выходного разъема анализатора устанавливаются требуемые значения опорного импеданса. Измеряются S-параметры ИУ в тракте Z_{ref} , которые затем пересчитываются (Z'_{ref}) для тракта Z_0 .

$$Z_{ref} = Z_0, \quad (2.8)$$

$$Z_{ref} \rightarrow Z'_{ref} = Z_0, \quad (2.9)$$

2.3.4.3 Смещение мощности на выходном разъеме анализатора

2.3.4.3.1 Заданный уровень выходной мощности в анализаторе относится к обоим выходным разъемам. Если по какой-то причине требуется задать разный уровень мощности для каждого разъема, то можно воспользоваться данной функцией. Смещение задается в виде добавки мощности для разъема «ПОРТ 2» относительно мощности на разъеме «ПОРТ 1» (см. рисунок 2.171).

2.3.4.4 Характеристика выходной мощности

2.3.4.4.1 Анализатор обеспечивает заданную выходную мощность в плоскости выходных разъемов³⁾. Использование кабельных сборок или другой оснастки приводит к некоторому ослаблению зондирующего сигнала. Причем величина потерь, увеличивается с ростом частоты⁴⁾.

Если это увеличение потерь⁵⁾ линейно зависит от частоты, то можно воспользоваться функцией анализатора «Корректировать выходную мощность» для каждой частотной точки с учетом величины потерь по линейному закону⁶⁾.

¹⁾ Этот вариант обеспечивает максимальную точность, но требует калибровочный набор в тракте Z_0 .

²⁾ Если это возможно.

³⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

⁴⁾ Как правило.

⁵⁾ Измеренное в децибелах.

⁶⁾ Измеряется в «дБ/Гц».

2.3.4.5 Смещение плоскости калибровки

2.3.4.5.1 Плоскость калибровки¹⁾ – сечение коаксиального или волноводного тракта, для которого компенсируются все задержки. Фаза отраженного от этой точки²⁾ сигнала после коррекции равна фазе зондирующего сигнала, а фаза их отношения равна нулю. Во временной области плоскость калибровки соответствует началу координат.

2.3.4.5.2 Плоскость калибровки проходит через выходной разъем анализатора, к которому во время калибровки подключались калибровочные меры. Однако плоскость калибровки может быть смещена использованием программных функций смещения плоскости калибровки, а также встраивания и исключения цепей³⁾.

2.3.4.6 Компенсация потерь

2.3.4.6.1 Функция «Компенсация потерь» позволяет компенсировать потери в кабельной сборке, либо оснастке, если нет возможности провести калибровку с их учетом (см. рисунок 2.171). Компенсируя потери, корректируются измеряемые S-параметры. Потери задаются в трех частотных точках: « F_0 », « F_1 », « F_2 ». Необходимо соблюдать условие, представленное в формуле 2.10.

$$L_{F0} < L_{F1} < L_{F2}, \quad (2.10)$$

где L_{F0} – величина потерь в точке « F_0 », дБ;

L_{F1} – величина потерь в точке « F_1 », дБ;

L_{F2} – величина потерь в точке « F_2 », дБ.

2.3.5 Измерения

2.3.5.1 Установка параметров измерения

2.3.5.1.1 Задание параметров измерений осуществляется через панели управления.

2.3.5.1.2 Установка параметров зондирования осуществляется в панелях управления «Частота» и «Мощность». Для этого нужно выполнить последовательность действий:

- Задать частотный диапазон зондирования.

¹⁾ Reference plane.

²⁾ Или проходящего через эту точку.

³⁾ См. подпункт 2.3.5.7 настоящего РЭ.

Примечание – Если требуется осуществить сканирование по списку, необходимо перевести переключатель «Сканирование по списку» в положение «ВКЛ» и сформировать вручную, либо загрузить из файла, список частот в соответствующем окне, появляющемся после нажатия кнопки «Список...» на панели управления «Частота» (рисунок 2.172).

- Задать требуемое количество частотных точек¹⁾.
- Установить требуемую выходную мощность.

Примечание – При наличии опции ДМА можно дополнительно задать параметры аттенюаторов источников зондирующего сигнала (генераторов) и аттенюаторов приемников.

При работе с анализатором запрещается превышать максимальную входную мощность, допустимую для ИУ. Это может вывести его из строя.

Примечание – Также следует помнить, что максимальная входная мощность, при которой измерительные приемники анализатора находятся в линейном режиме, составляет 12 дБ/мВт для P4226 и 15 дБ/мВт для P4213.

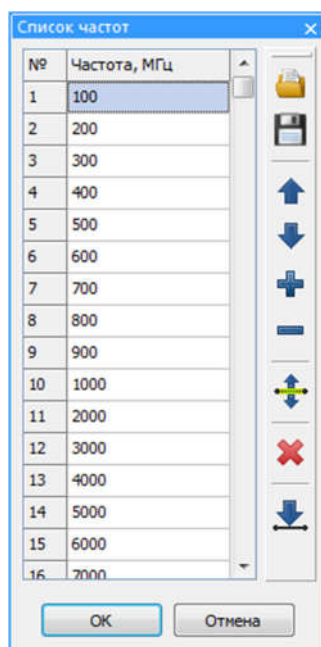


Рисунок 2.172 – Задание списка частот в окне «Список частот»

2.3.5.1.3 Параметры измерений задаются на панели управления «Измерение». Для этого нужно выполнить последовательность действий:

- Установить значение фильтра ПЧ.

Примечания

1 Предустановленные значения от 0,01 до 30 кГц в соответствии с рядом чисел: 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30 кГц. Также можно задать произвольное значение фильтра вручную, которое будет приведено анализатором к ближайшему возможному значению.

2 Фактически данный параметр задает время измерения одной точки $T_{изм}$, мс обратно пропорциональное полосе фильтра ПЧ $\Delta f_{ПЧ}$, кГц согласно формуле 2.11.

¹⁾ Минимальное значение – 1, максимальное – 8001. При сканировании по списку количество частотных точек определяется размером списка.

3 В некоторых случаях потребителю может потребоваться вручную задать время развертки анализатора. Данная возможность реализуется за счет дополнительного интервала «удержания» каждой точки непосредственно перед ее измерением. Установить желаемое время развертки можно в соответствующем поле, предварительно переключив тумблер «Время развертки» в положение «РУЧН». По умолчанию анализатор обеспечивает минимально возможное для текущих настроек время развертки. Текущее время развертки отображается в статусной строке программы.

- Установить требуемое межкадровое усреднение.

Примечания

1 Если в этом нет необходимости, то рекомендуется оставить значение по умолчанию.

2 Поле с регулировкой значения «Межкадровое усреднение» задает коэффициент межкадрового усреднения K . Если K больше единицы, то вместо результатов измерений используются средние значения в каждой частотной точке, рассчитанные по формуле 2.12.

3 В левой части диаграммы отображаются счетчик усредненных кадров k и коэффициент межкадрового усреднения K , как показано на рисунке 2.173.

$$T_{изм} = \frac{0,89}{\Delta f_{ПЧ}}, \quad (2.11)$$

$$\bar{v}_k = \begin{cases} \frac{1}{k} \cdot v_k + \frac{k-1}{k} \cdot \bar{v}_{k-1} & \text{при } k < K \\ \frac{1}{K} \cdot v_k + \frac{K-1}{K} \cdot \bar{v}_{k-1} & \text{при } k \geq K \end{cases}, \quad (2.12)$$

где v_k — измеренная комплексная величина в кадре k ;
 $\bar{v}_k$ — усредненная комплексная величина для K кадров.



Рисунок 2.173 – Влияние усреднения и полосы пропускания фильтра ПЧ

Примечание – Межкадровое усреднение и выбор более узкой полосы пропускания тракта ПЧ приводят к снижению уровня шумов (в отличие от функции трасс «Усреднение», уменьшающей дисперсию шумов отображаемого параметра). С увеличением усреднения, например, в 10 раз или при сужении полосы ПЧ в 10 раз уровень шумов должен снизиться на 10 дБ. Это теоретический расчет для некоррелированных шумов. Практически снижение уровня шумов ограничено некоторым уровнем, обусловленным наличием в сигнале помех, синхронных с зондирующим сигналом. На рисунке 2.173 приведена АЧХ полосового фильтра, снятая с различными усреднениями и полосами ПЧ. Трассы сглажены, чтобы лучше видеть изменения уровня шумов вне полосы пропускания фильтра.

2.3.5.1.4 Установка параметров отображения измерительных трасс производится последовательностью действий¹⁾:

- Создать измерительную трассу.

Примечание – По умолчанию в списке измерительных трасс присутствуют все S-параметры. При необходимости, можно удалить, либо добавить измерительную трассу с требуемой измеряемой величиной. Все трассы отображаются в списке трасс (рисунок 2.174).

- Установить требуемый формат отображения.

Примечание – Все «измерения» формируют последовательности комплексных величин, отображаемые трассами в заданном формате. Формат отображения трассы задается на панели инструментов «Формат» (рисунок 2.175) или в контекстном меню трассы (рисунок 2.176). 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 .

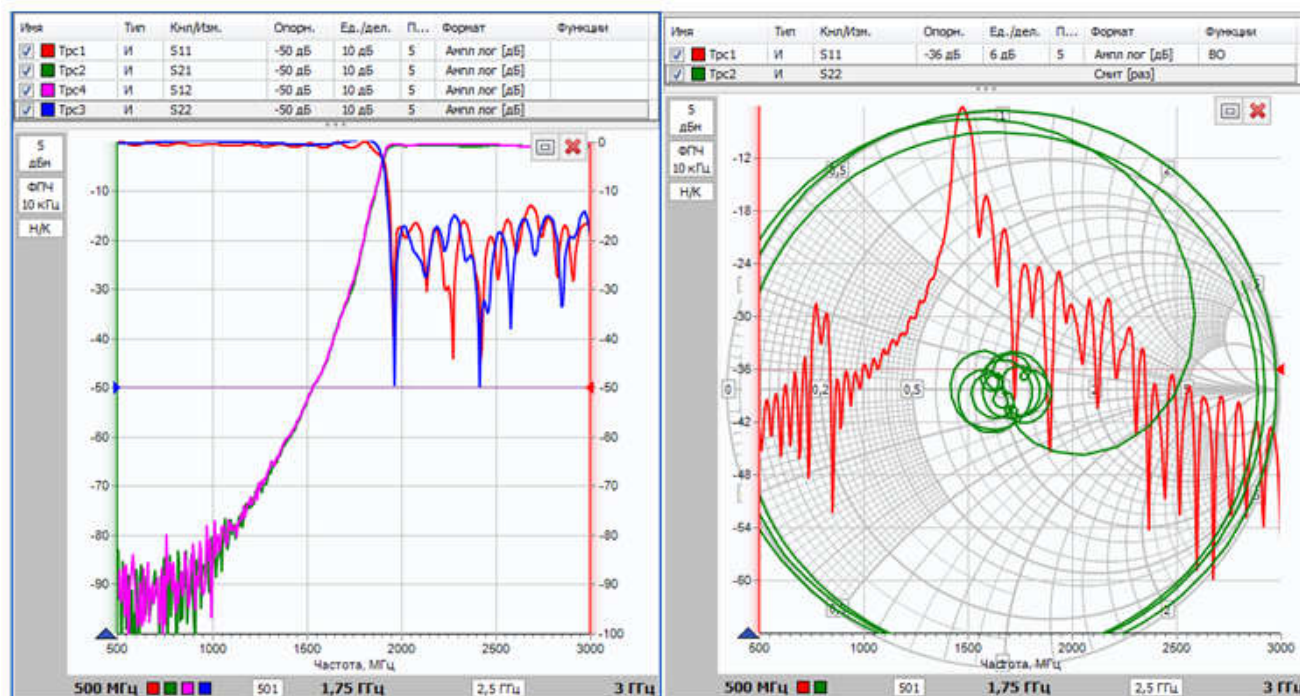


Рисунок 2.174 – Диаграммы

¹⁾ Управление диаграммами и трассами изложено в подпункте 2.3.2.3 настоящего РЭ.

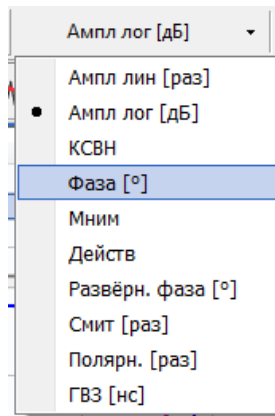


Рисунок 2.175 – Выбор формата отображения на панели инструментов

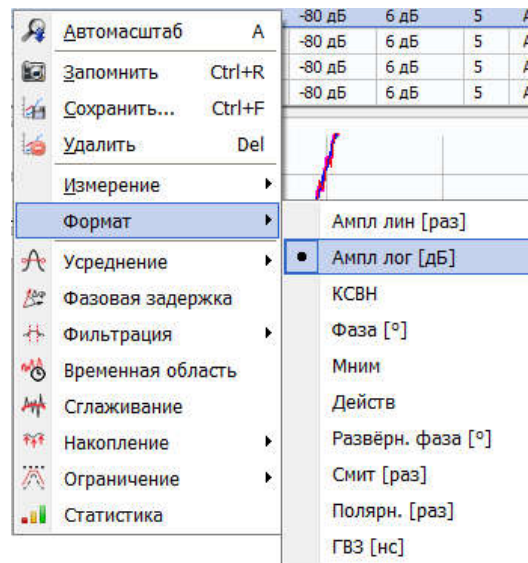


Рисунок 2.176 – Выбор формата отображения в контекстном меню трассы

2.3.5.1.5 Измерительная трасса отображает данные одного из «измерений». Выбор «измерения» выделенной трассы осуществляется на панели инструментов (рисунок 2.177) или в контекстном меню трассы (рисунок 2.178). Доступны следующие варианты:

- S-параметры;
- комплексные амплитуды опорных (« a_1 », « a_2 ») и измерительных приемников (« b_1 », « b_2 ») при прямом¹⁾ или обратном²⁾ зондировании;
- комплексные сопротивления и проводимости;
- комплексный коэффициент преобразования C_{21} , скалярный коэффициент преобразования SC_{21} , амплитуда измерительного приемника b_{2c} при работе с частотно-преобразующими ИУ;
- Коэффициент шума NF и спектральная плотность мощности шума ENR .

¹⁾ Обозначается «1→2».

²⁾ Обозначается «2→1».

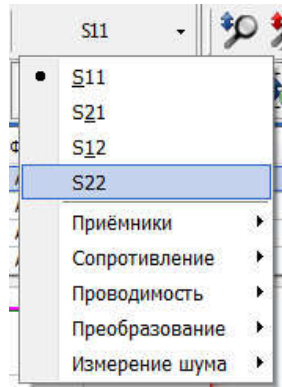


Рисунок 2.177 – Выбор «измерения» на панели инструментов

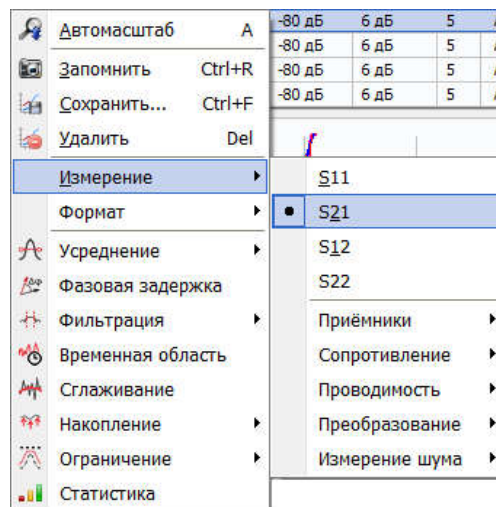


Рисунок 2.178 – Выбор «измерения» в контекстном меню трассы

2.3.5.1.6 Комплексные сопротивления Z_{11} и Z_{22} , обусловившие отражения от цепи, вычисляются по формулам 2.13 и 2.14

$$Z_{11} = Z_{ref1} \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}, \quad (2.13)$$

$$Z_{22} = Z_{ref2} \cdot \frac{1 + S_{22}}{1 - S_{22}}, \quad (2.14)$$

где Z_{ref1} – опорный импеданс разъема «ПОРТ 1»;

Z_{ref2} – опорный импеданс разъема «ПОРТ 2».

2.3.5.1.7 Комплексные сопротивления цепи на передачу Z_{21} и Z_{12} , вычисляются по формулам

$$Z_{21} = 2 \cdot \frac{\sqrt{Z_{ref1} \cdot Z_{ref2}}}{S_{21}} - (Z_{ref1} + Z_{ref2}), \quad (2.15)$$

$$Z_{12} = 2 \cdot \frac{\sqrt{Z_{ref1} \cdot Z_{ref2}}}{S_{12}} - (Z_{ref1} + Z_{ref2}). \quad (2.16)$$

2.3.5.1.8 Трасса в формате «Ампл.лин (раз)» отображает величины согласно требованиям формулы 2.17 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = |v_n| = \sqrt{\operatorname{Re}(v_n)^2 + \operatorname{Im}(v_n)^2}, \quad (2.17)$$

где y_n – отображаемое значение по оси ординат в точке n ;
 v_n – измеренная комплексная величина в точке n .

$$x_n = f_n, \quad (2.18)$$

где x_n – значение по оси абсцисс в точке n ;
 f_n – значение частоты в точке n ;
 n – номер измеряемой точки (от 1 до N);
 N – количество точек.

2.3.5.1.9 Трасса в формате «Ампл.лог (дБ)» отображает величины согласно требованиям формулы 2.19 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = 20 \cdot \lg(|v_n|) = 10 \cdot \lg(\operatorname{Re}(v_n)^2 + \operatorname{Im}(v_n)^2), \quad (2.19)$$

2.3.5.1.10 Трасса в формате «КСВН» отображает величины согласно требованиям формулы 2.20 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = \frac{I + |v_n|}{I - |v_n|}, \quad (2.20)$$

2.3.5.1.11 Трасса в формате «Фаза (°)» отображает величины согласно требованиям формулы 2.21 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \arctg2\left(\frac{\operatorname{Im}(v_n)}{\operatorname{Re}(v_n)}\right), \quad (2.21)$$

Примечание – В формуле 2.21 арктангенс вычисляется для угла между вектором v и вещественной осью (в интервале значений $\pm\pi$).

2.3.5.1.12 Трасса в формате «Развернутая фаза (°)»₂ в отличие от формата «Фаза», не имеет разрывов вблизи значения $\pm 180^\circ$ и отображает величины согласно требованиям формул 2.22 – 2.25 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$\varphi_n = \arctg 2 \left(\frac{\text{Im}(v_n)}{\text{Re}(v_n)} \right), \quad (2.22)$$

$$y_1 = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \varphi_1, \quad (2.23)$$

$$y_i = y_{i-1} + \frac{180^\circ}{\pi} \cdot |\varphi_i - \varphi_{i-1}|_{\pm\pi}, \quad (2.24)$$

$$|\Delta\varphi|_{\pm\pi} = \begin{cases} \left(\frac{\Delta\varphi}{2 \cdot \pi} - \left[\frac{\Delta\varphi}{2 \cdot \pi} - \frac{1}{2} \right] \right) \cdot 2 \cdot \pi, & \Delta\varphi < 0 \\ \left(\frac{\Delta\varphi}{2 \cdot \pi} - \left[\frac{\Delta\varphi}{2 \cdot \pi} + \frac{1}{2} \right] \right) \cdot 2 \cdot \pi, & \Delta\varphi \geq 0 \end{cases}, \quad (2.25)$$

где φ_n – значение фазы φ в точке n ;
 y_1 – отображаемое значение по оси ординат в первой точке;
 φ_1 – значение фазы φ в первой точке;
 y_i – отображаемое значение по оси ординат в точке i ;
 φ_i – значение фазы φ в точке i ;
 $|\Delta|_{\pm\pi}$ – оператор взятия по модулю $\pm\pi$ для значения фазы φ .

Примечание – Другими словами, из выражений, вычисляемых по формулам 2.22 – 2.25, следует, что очередной отсчет развернутой фазы равен сумме предыдущего с приращением, взятым по модулю $\pm 180^\circ$.

2.3.5.1.13 Трасса в формате «ГВЗ (нс)» отображает групповую задержку в наносекундах (формулы 2.26 – 2.28), при выполнении условий, обозначенных формулах 2.18 и 2.22

$$y_1 = \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|_{\pm\pi}}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1000}{2\pi}, \quad (2.26)$$

$$y_N = \frac{|\varphi_{N-1} - \varphi_N|_{\pm\pi}}{x_N - x_{N-1}} \cdot \frac{1000}{2\pi}, \quad (2.27)$$

$$y_i = \frac{|\varphi_{i-1} - \varphi_{i+1}|_{\pm\pi}}{x_{i+1} - x_{i-1}} \cdot \frac{1000}{2\pi}, \quad (2.28)$$

где φ_2 – значение фазы φ во второй точке;

x_1 – значение по оси абсцисс в первой точке;
 x_2 – значение по оси абсцисс во второй точке;
 y_N – отображаемое значение по оси ординат в точке N ;
 φ_N – значение фазы φ в точке N ;
 x_N – значение по оси абсцисс в точке N .

Если фазы измеряемых в соседних частотных точках величин отличаются более чем на полпериода, то трасса в формате «Фаза (°)» будет выглядеть неверно. В узлах трассы¹⁾ значение фазы будет верным, а соединяющие их линии некорректны. Неверные значения будут отображаться в форматах «Развернутая фаза (°)» и «ГВЗ (нс)». Для корректного вычисления ГВЗ необходимо, чтобы фаза за два шага по частоте не изменялась более чем на $\pm\pi$.

Примечание – Решение проблемы очевидно – следует уменьшить шаг по частоте, увеличив число точек или уменьшив диапазон частот.

2.3.5.1.14 Трасса в формате «Мним.часть» отображает величины согласно требованиям формулы 2.29 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = \text{Im}(v_n). \quad (2.29)$$

2.3.5.1.15 Трасса в формате «Действ.часть» отображает величины согласно требованиям формулы 2.30 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18

$$y_n = \text{Re}(v_n), \quad (2.30)$$

2.3.5.1.16 Трасса в формате «Смит (раз)» отображает величины согласно требованиям формул 2.29 и 2.30 при выполнении условия, обозначенного в формуле 2.18.

Примечание – В диаграмме Смита не отображаются оси абсцисс и ординат и соответствующие им шкалы. Следовательно, такие атрибуты трассы, как опорный уровень, позиция и цена деления, не влияют на отображение. В маркерах отображаются значения в соответствии с выбранными в подменю «Формат значений (*имя трассы*)» (рисунок 2.114). Меню маркера, при этом, необходимо вызвать в индикаторе на строке, соответствующей трассе формата «Смит (раз)». По умолчанию в частотной точке маркер отображает амплитуду в линейном масштабе и фазу.

2.3.5.2 Измерение КО

2.3.5.2.1 Отражение от входа или выхода²⁾ ИУ, характеризует параметр рассеяния S_{11} или S_{22} .

¹⁾ В точках измерений.

²⁾ Если он есть.

2.3.5.2.2 Варианты подключения для измерения отражения от устройств с одним или двумя портами приведены на рисунках 2.179 – 2.181.



Рисунок 2.179 – Подключение ИУ к выходному разъему «ПОРТ 1»

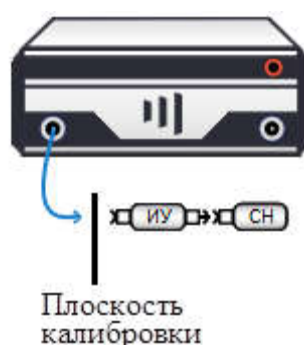


Рисунок 2.180 – Подключение входа ИУ к выходному разъему «ПОРТ 1», а выхода – к согласованной нагрузке



Рисунок 2.181 – Подключение входа ИУ к выходным разъемам «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»

2.3.5.2.3 Варианты калибровок для измерения КО:

а) Нормировка на отражение от известных нагрузок – ХХ и (или) КЗ¹⁾. Этот вариант с наибольшими погрешностями. Однако потребитель может быть вынужден его использовать из-за отсутствия калибровочных мер или невозможности их подключения, например, при измерениях на пластине.

¹⁾ Последовательность калибровки приведена в подпункте 2.3.3.9 настоящего РЭ.

б) Нормировка на отражение от произвольной нагрузки (с неизвестными параметрами)¹⁾. Этот вариант калибровки применяется для измерения отличия КО ИУ от КО устройства, на которое выполнялась калибровка, что может быть полезно при настройке по образцу.

в) Однопортовая калибровка¹⁾. Это вариант обеспечивает наибольшую точность измерения отражения однопортовых устройств (рисунок 2.179).

г) Двухпортовая калибровка в одном направлении¹⁾. Однопортовая калибровка и двухпортовая калибровка в одном направлении дают одинаковые результаты измерений отражения.

д) Полная двухпортовая калибровка¹⁾. Полная двухпортовая калибровка обеспечивает максимальную точность измерений в варианте подключения ИУ, приведенном на рисунке 2.181. В других вариантах подключения (рисунки 2.179 и 2.180) точность измерений сравнима с однопортовой калибровкой, а время измерения вдвое больше.

Примечание – Погрешности измерений отражения уменьшаются, если в варианте подключения, приведенном на рисунке 2.181, между выходом ИУ и выходным разъемом «ПОРТ 2» включить высококачественный (не создающий дополнительных отражений) аттенюатор с ослаблением 10 дБ или больше.

2.3.5.2.4 Для выполнения измерений необходимо, чтобы в диаграмме²⁾ была хотя бы одна измерительная трасса. Создать измерительную трассу можно, выбрав соответствующий пункт контекстного меню диаграммы.

Для измерения отражения необходимо выбрать «измерение» S_{11} или S_{22} и задать требуемый формат отображения трассы.

После нажатия кнопки «Запуск измерений» измерения будут непрерывно повторяться с заданными параметрами. Повторное нажатие на кнопку остановит измерения и выключит зондирующий сигнал СВЧ³⁾.

Примечание – Если не используется полная двухпортовая калибровка и требуется проводить измерения только в одном направлении зондирования, то можно увеличить производительность, удалив трассы, требующие зондирования в противоположном направлении.

2.3.5.3 Измерение КП

2.3.5.3.1 КП ИУ в прямом и обратном направлении характеризуют параметры рассеяния S_{21} и S_{12} .

2.3.5.3.2 Вариант подключения для измерения КП приведен на рисунке 2.181.

¹⁾ Последовательность калибровки приведена в подпункте 2.3.3.9 настоящего РЭ.

²⁾ Или в одной из диаграмм.

³⁾ Начать или остановить измерения можно выбором подменю «Измерение» вкладки «Управление» главного меню ПО или нажатием клавиши «F5».

2.3.5.3.3 Варианты калибровок для измерения КП:

а) Нормировка частотной неравномерности тракта передачи¹⁾. Для этого варианта характерны наибольшие погрешности. Нормировка используется при отсутствии калибровочных мер или невозможности их подключения²⁾.

б) Двухпортовая калибровка в одном направлении¹⁾. Измерения в этом варианте точнее, чем после нормировки, а возможность зондирования только в одном направлении обеспечивает высокую производительность.

в) Полная двухпортовая калибровка¹⁾. Полная двухпортовая калибровка обеспечивает максимальную точность измерений. Единственный ее недостаток – уменьшение производительности, обусловленное необходимостью поочередного зондирования в обоих направлениях.

2.3.5.3.4 Для выполнения измерений необходимо, чтобы в диаграмме³⁾ была хотя бы одна измерительная трасса. Создать измерительную трассу можно, выбрав соответствующий пункт контекстного меню диаграммы.

Для измерения коэффициента передачи необходимо выбрать «измерение» S_{21} или S_{12} и задать требуемый формат отображения трассы.

После нажатия кнопки «Запуск измерений» измерения будут непрерывно повторяться с заданными параметрами. Повторное нажатие на кнопку остановит измерения и выключит зондирующий сигнал СВЧ⁴⁾.

Примечания

1 При расширении динамического диапазона измеряемых величин, как правило, увеличивается и время измерения.

2 Увеличение усреднения и (или) сужение полосы пропускания фильтра ПЧ возможно только на время калибровки.

3 Более тщательная калибровка положительно скажется на точности измерений и динамическом диапазоне.

2.3.5.4 Измерение нелинейности ФЧХ

2.3.5.4.1 Нелинейность ФЧХ можно охарактеризовать максимальным отклонением от линии, аппроксимирующей⁵⁾ ФЧХ.

2.3.5.4.2 Для анализа нелинейности характеристики необходимо осуществить компенсацию тренда, выполнив следующие действия:

- установить маркеры «1» и «2» на те частоты, в диапазоне которых необходимо осуществить компенсацию тренда;
- создать связной маркер между двумя маркерами⁶⁾;

¹⁾ Последовательность калибровки приведена в подпункте 2.3.3.9 настоящего РЭ.

²⁾ Например, при измерениях на пластине.

³⁾ Или в одной из диаграмм.

⁴⁾ Начать или остановить измерения можно выбором подменю «Измерение» вкладки «Управление» главного меню ПО или нажатием клавиши «F5».

⁵⁾ Оптимально в среднеквадратическом смысле.

⁶⁾ Нажать левую клавишу мышки на значке, обозначающем режим маркера, перевести курсор к другому маркеру и отпустить клавишу мышки.

- выбрать «Компенсация тренда» в подменю «Управление» контекстного меню маркера (рисунок 2.182).

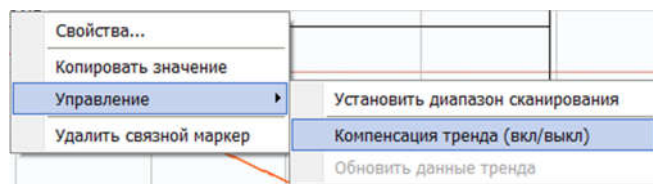


Рисунок 2.182 – Контекстное меню связного маркера

2.3.5.4.3 В результате произойдет компенсация тренда между двумя маркерами на трассе. Таким образом, можно оценить нелинейность ФЧХ. Пример компенсации тренда показан на рисунке 2.183.

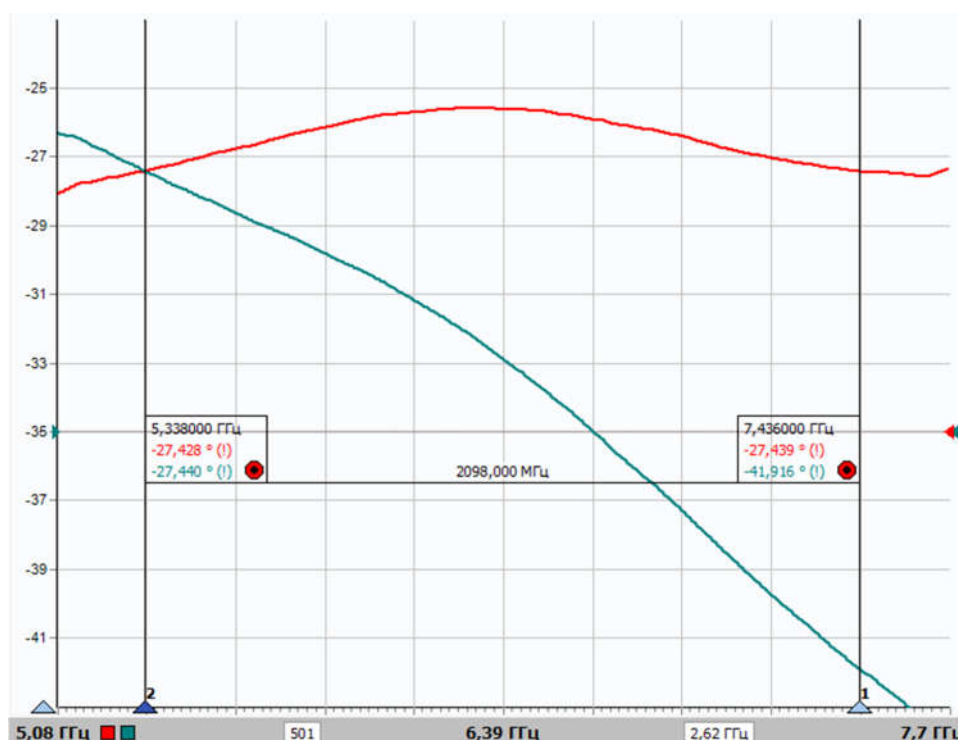


Рисунок 2.183 – Пример компенсации тренда ФЧХ

2.3.5.5 Измерение компрессии

2.3.5.5.1 Сжатие (компрессия) – нелинейное искажение гармонического сигнала, выраженное в ограничении или ослаблении синусоиды вблизи экстремумов.

Сжатие возникает в цепях, неспособных одинаково хорошо передавать малые и большие¹⁾ сигналы. Для таких цепей характерна нелинейная динамическая характеристика²⁾, представленная на рисунке 2.184.

¹⁾ По напряжению.

²⁾ Динамическая характеристика – зависимость выходной мощности или коэффициента передачи от входной мощности.

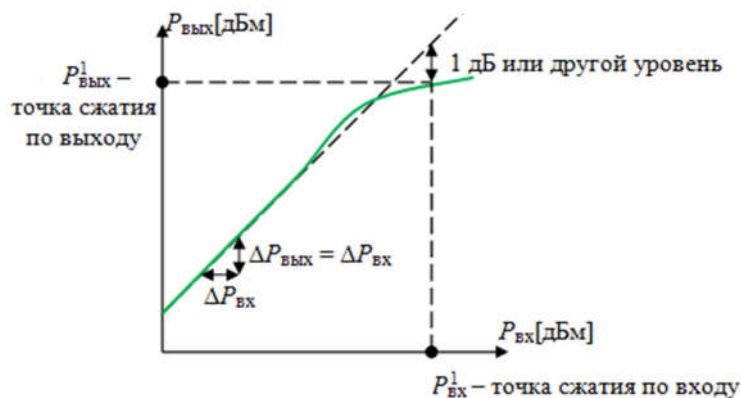


Рисунок 2.184 – Динамическая характеристика

2.3.5.5.2 Для измерения сжатия динамическую характеристику представляют в двойном логарифмическом масштабе, где линейный участок $P_{вых}(P_{вх})$ выглядит как прямая линия с наклоном 45° .

Рассмотренный вид нелинейности цепи характеризуется точкой сжатия – уровнем выходной мощности $P_{вых}^n$ или входной мощности $P_{вх}^n$, при которой динамическая характеристика отклонилась вниз на заданное число децибел.

Дополнительно рассматривается КУ устройства, характеризуемая значениями входной $P_{вх}^n$ и выходной $P_{вых}^n$ мощности, при которой КУ уменьшается на заданное число децибел.

2.3.5.5.3 Для анализа нелинейности характеристики усиления необходимо произвести измерение в режиме сканирования по мощности.

Пример объяснения последовательности действий при измерении компрессии приведен в приложении Ж.

2.3.5.6 Векторные функции трасс

2.3.5.6.1 В подпункте 2.3.2.7 настоящего РЭ были частично рассмотрены функции трасс. Ниже будут представлены специфические для анализатора функции, применяемые к измеренным S-параметрам, такие как:

- фазовая задержка¹⁾;
- временная область²⁾;
- фильтрация³⁾.

2.3.5.6.2 Функция «Фазовая задержка» позволяет внести или компенсировать задержку сигнала.

Функция включается тумблером на панели управления «Функции трасс», с указанием величины задержки, как показано на рисунке 2.185.

¹⁾ Сведения о функции приведены в перечислениях 2.3.5.6.2 – 2.3.5.6.5 настоящего РЭ.

²⁾ Сведения о функции приведены в перечислениях 2.3.5.6.6 – 2.3.5.6.18 настоящего РЭ.

³⁾ Сведения о функции приведены в перечислениях 2.3.5.6.19 – 2.3.5.6.24 настоящего РЭ.

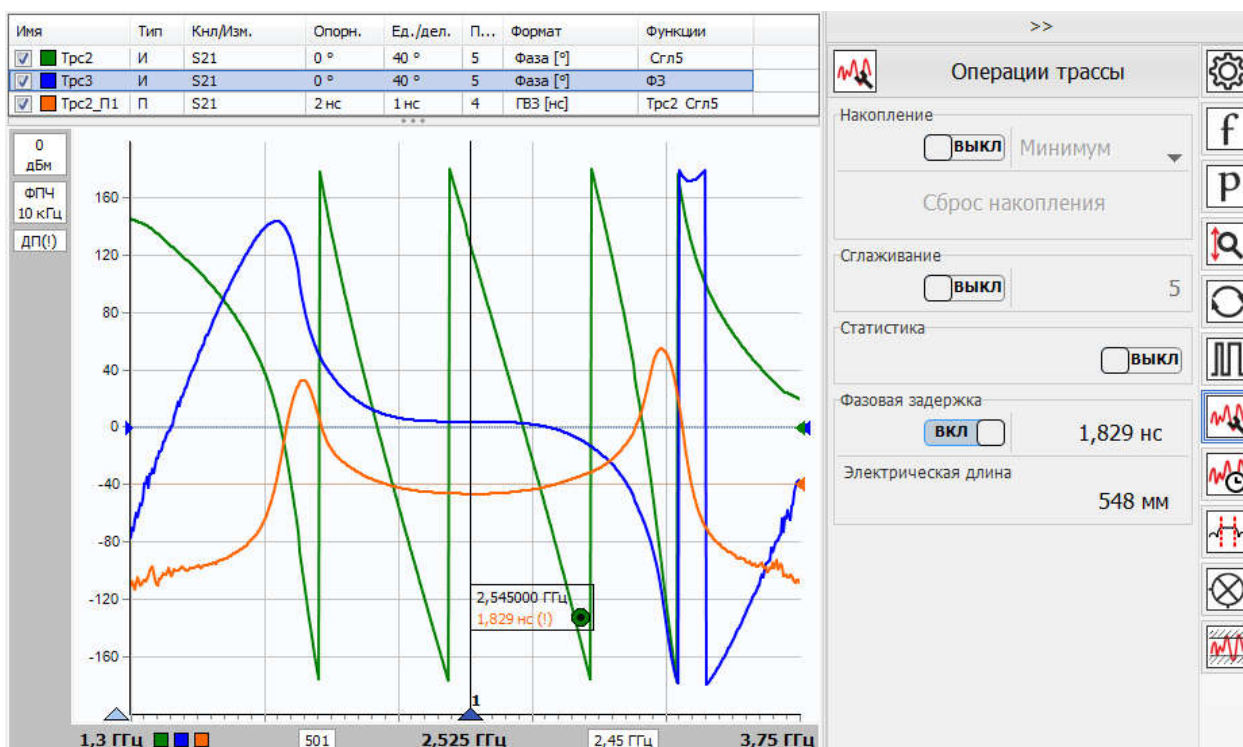


Рисунок 2.185 – Компенсация задержки фазы

2.3.5.6.3 Положительная величина, заданная в поле ввода «Фазовая задержка», компенсирует задержку, а отрицательная величина – вносит задержку.

Ниже поля ввода «Фазовая задержка» в поле «Электрическая длина» отображается значение, соответствующее длине линии передачи без ослабления, вставленной или исключенной расчетным путем из схемы измерения.

2.3.5.6.4 Функция «Фазовая задержка» влияет на отображение трасс в форматах «Фаза (°)», «Развернутая фаза (°)», «ГВЗ (нс)» и «Смит (раз)» и вычисляется по формуле 2.31

$$v'_n = v_n \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot \Delta \cdot f_n}, \quad (2.31)$$

где v'_n – скорректированная комплексная величина в точке n ;

v_n – корректируемая комплексная величина в точке n ;

Δ – компенсируемая задержка, нс;

f_n – частота, ГГц.

2.3.5.6.5 Выбрать величину компенсируемой задержки можно на основании группового времени запаздывания, как это сделано на рисунке 2.185, или подобрать вручную, установив курсор в поле ввода и вращая колесо мышки.

2.3.5.6.6 Функция «Временная область» выполняет преобразование частотной характеристики во временную область с помощью обратного преобразования Фурье.

Результат преобразования эквивалентен реакции цепи на воздействие коротким импульсом или перепадом напряжения.

Примечание – Для использования функций «Временная область» и «Фильтрация» (программная опция ВОП) необходим лицензионный ключ (подробно про активацию опций описано в подпункте 2.3.2.2 настоящего РЭ).

2.3.5.6.7 На рисунке 2.186 приведен пример преобразования КО от кабельной сборки, нагруженной на нагрузку КЗ.

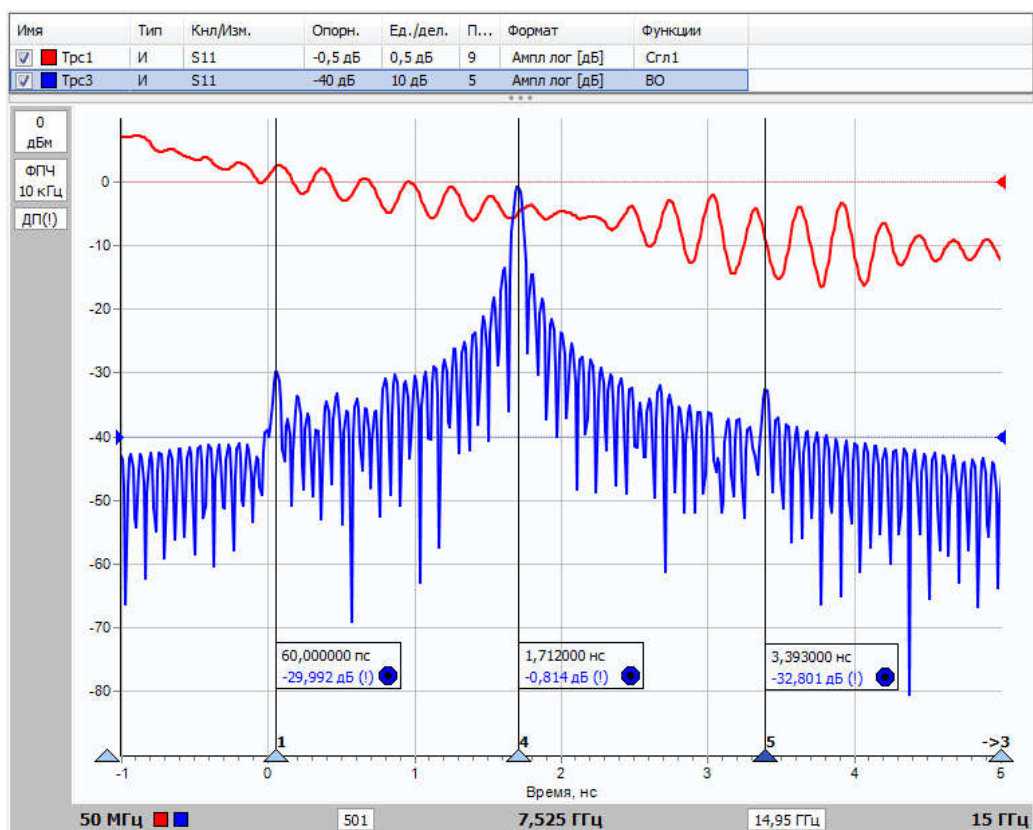


Рисунок 2.186 – Пример преобразования во временную область

На импульсной характеристике «Трс3» заметно отражение¹⁾ от начала кабельной сборки. Следующий экстремум²⁾ соответствует отражению от короткозамкнутой нагрузки, с учетом средних потерь в кабельной сборке в диапазоне сканирования. Положение второго экстремума²⁾ равно удвоенному времени распространения сигнала в воздушной линии. Следующий экстремум обусловлен повторным переотражением, а его положение³⁾ соответствует учетверенному времени распространения сигнала в воздушной линии.

2.3.5.6.8 Преобразование частотной характеристики во временную область облегчает анализ распределенных цепей. Положение откликов во времени указывают на те или иные участки схемы. Уровни откликов равны средним⁴⁾ значениям КО или КП соответствующих им участков схемы.

Параметры преобразования задаются на панели управления «Временная область», приведенной на рисунке 2.64.

2.3.5.6.9 Тумблер «ВКЛ/ВЫКЛ» управляет состоянием преобразования.

¹⁾ Минус 30 дБ, 60 пс.

²⁾ Минус 0,8 дБ, 1,7 нс.

³⁾ Значение 3,4 нс.

⁴⁾ В диапазоне частот.

2.3.5.6.10 Тип координат окна панели управления «Временная область» имеет два состояния: «Время» и «Дистанция».

При установленном значении «Дистанция» время пересчитывается в расстояние, пройденное сигналом:

- при преобразовании КП (формула 2.32);
- до неоднородности, вызвавшей отражение при преобразовании КО (формула 2.33).

$$L = t \cdot \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (2.32)$$

$$L = \frac{t}{2} \cdot \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (2.33)$$

где L – расстояние;
 t – время распространения сигнала;
 c – скорость света;
 ε – диэлектрическая проницаемость среды.

2.3.5.6.11 В полях ввода «Диапазон» задаются границы в наносекундах или метрах, в пределах которых будет вычислено преобразование. Программное обеспечение ограничивает вводимые значения в пределах, обозначенных формулами 2.34 и 2.35:

$$t_{\min} = -\frac{N-1}{2} \cdot \frac{1}{f_N - f_1}, \quad (2.34)$$

$$t_{\max} = -t_{\min}, \quad (2.35)$$

где $t_{\min}$ – минимальное время преобразования;
 N – число частотных точек;
 f_1 – начальная частота;
 f_N – конечная частота;
 $t_{\max}$ – максимальное время преобразования.

За указанными пределами результаты преобразования периодически повторяются в силу цикличности дискретного преобразования Фурье.

2.3.5.6.12 Поле со списком «Взвешивание окном» задает тип взвешивания частотной характеристики, предшествующее преобразованию во временную область.

Примечание – Взвешивание частотной характеристики приводит к сглаживанию результата преобразования, следовательно – к расширению динамического диапазона и ухудшению разрешения.

Поле со списком «Взвешивание окном» содержит следующие варианты:

- «Нет» – соответствует прямоугольному окну¹⁾;
- «Хэмминг» – окно Хемминга²⁾;
- «Наттолл» – окно Наттолла³⁾.

На рисунках 2.187 – 2.189 представлены примеры результатов преобразования КО взвешенного различными окнами.

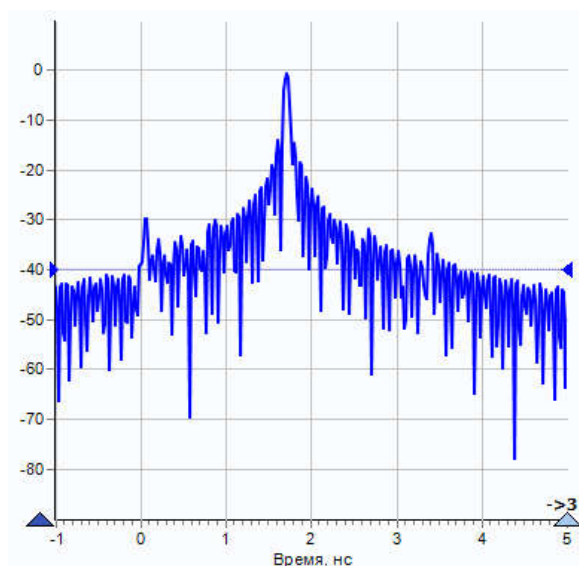


Рисунок 2.187 – Влияние взвешивания частотной характеристики с использованием прямоугольного окна

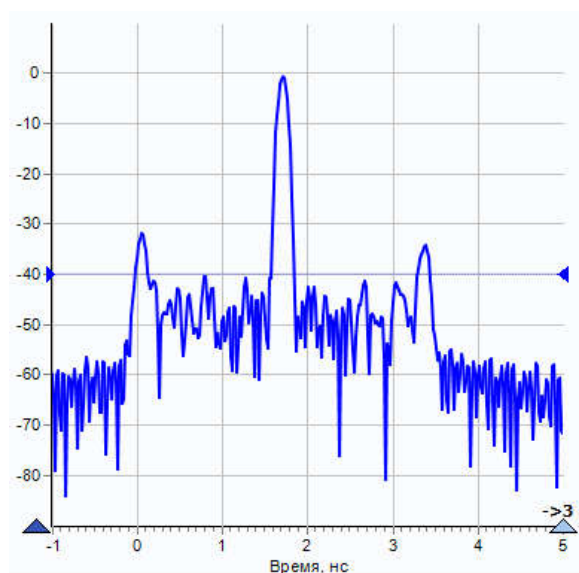


Рисунок 2.188 – Влияние взвешивания частотной характеристики с использованием окна Хэмминга

¹⁾ Без взвешивания.

²⁾ Ухудшает разрешение в 1,36 раза.

³⁾ Ухудшает разрешение в 1,8 раза.

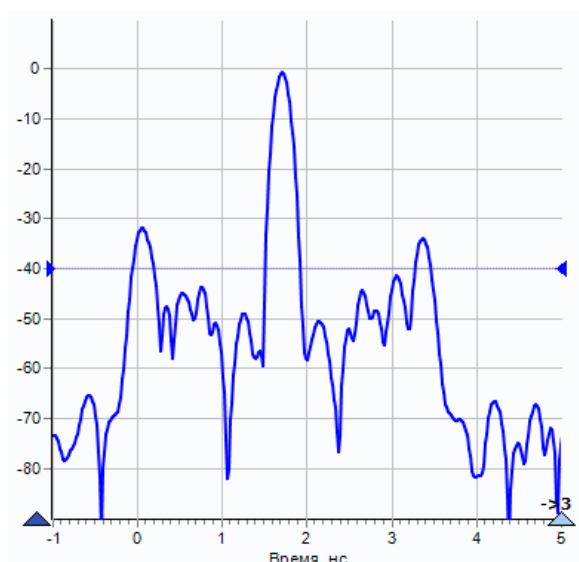


Рисунок 2.189 – Влияние взвешивания частотной характеристики с использованием окна Наттолла

2.3.5.6.13 Преобразование во временную область выполняется одним из двух способов, задаваемый в поле со списком «Режим сигнала»:

- «BandPass»;
- «LowPass».

2.3.5.6.14 Преобразование «BandPass» выполняется при установленном значении «Радиосигнал» в произвольной полосе частот, как показано на рисунке 2.190.

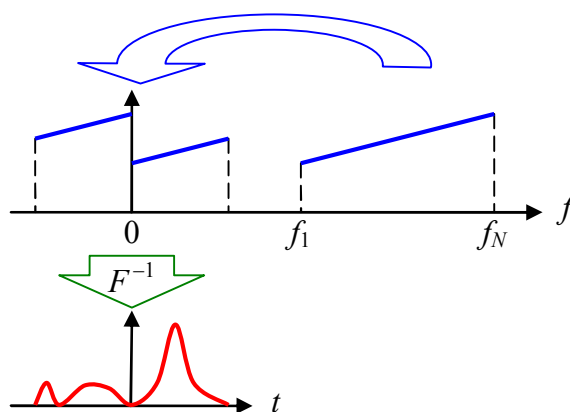


Рисунок 2.190 – Преобразование «BandPass»

В результате сдвига частотной характеристики и обратного преобразования Фурье получается огибающая импульсной характеристики цепи.

Примечание – Несмотря на комплексные значения результата преобразования, фаза не несет полезной информации. Поэтому для отображения трассы следует выбирать форматы «Ампл.лин (раз)» или «Ампл.лог (дБ)».

2.3.5.6.15 Преобразование «LowPass» выполняется при установленном значении «Видеосигнал» (рисунок 2.64) только для частот f_n , являющихся гармониками начальной частоты f_1 (формула 2.36)

$$f_n = f_1 \cdot n. \quad (2.36)$$

Такой ряд частот называется гармоническим. Перед вычислением обратного преобразования Фурье частотная характеристика расширяется комплексно-сопряженными значениями в области отрицательных частот (формула 2.37).

$$S(-f_n) = S^*(f_n), \quad (2.37)$$

где $S(-f_n)$ – значения частотной характеристики из отрицательной частотной области;

$S^*(f_n)$ – комплексно сопряженные значения частотной характеристики.

Недостающее значение частотной характеристики в точке 0 Гц, которое нельзя измерить анализатором, задается потребителем в поле ввода в группе «ЧХ [0 Гц]» при тумблере, включенном в положение «РУЧН» (рисунок 2.65). В положении тумблера «АВТО» выполняется аппроксимация частотной характеристики в 0 Гц.

Вследствие симметрии расширенной частотной характеристики мнимая часть результата обратного преобразования Фурье равна нулю (рисунок 2.191). Поэтому для отображения трассы следует выбирать форматы «Действ.часть» или «Ампл.лог (дБ)».

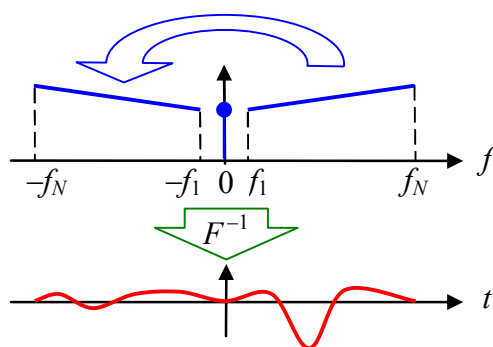


Рисунок 2.191 – Преобразование «LowPass»

Примечание – Положительный всплеск в импульсной характеристике (в формате «Действ.часть») свидетельствует об емкостном характере вызвавшей его неоднородности и об увеличении импеданса, отрицательный – об индуктивном характере неоднородности и об уменьшении импеданса. Величина всплеска равна коэффициенту отражения от неоднородности.

2.3.5.6.16 При преобразовании «LowPass» доступно поле со списком «Тип характеристики» (рисунок 2.65), позволяющие выбрать расчет и отображение импульсной или переходной характеристики.

При выборе переходной характеристики становится доступным переключатель «Сопротивление», включение которого приведет к пересчету значений переходной характеристики в Омы¹⁾.

На рисунке 2.192 приведены импульсные и переходные характеристики, вычисленные из КО от некоего стандарта, представляющего собой линию передачи с участком в середине, сопротивление которого составляет 25 Ом.

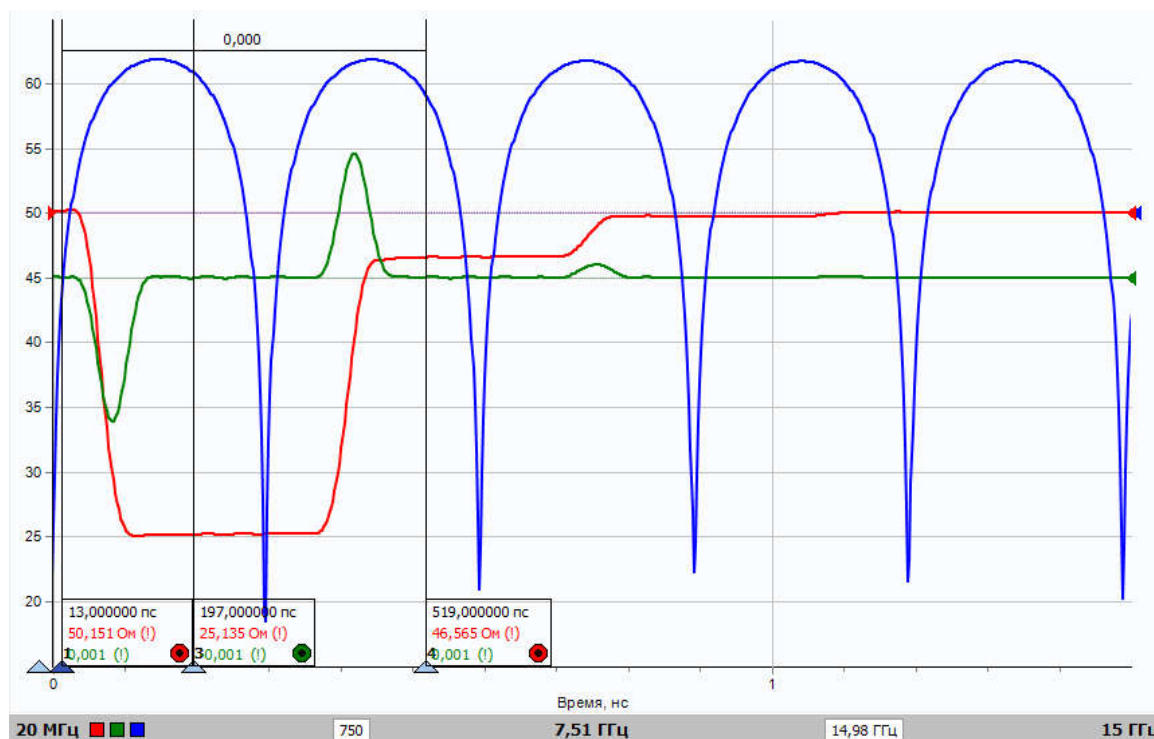


Рисунок 2.192 – Импульсная и переходная характеристики стандарта «Beatty»

П р и м е ч а н и е – Неверное значение частотной характеристики в точке 0 Гц приводит к вертикальному смещению переходной характеристики. Если значения переходной характеристики отличаются от ожидаемых, то в группе «ЧХ(0 Гц)» необходимо установить тумблер в положение «РУЧН» и ввести в поле корректное значение.

2.3.5.6.17 О погрешностях измерений во временной области нельзя сказать ничего определенного²⁾, кроме разрешения по времени для преобразования Δt :

- «BandPass», вычисляемое по формуле 2.38;
- «LowPass», вычисляемое по формуле 2.39

$$\Delta t = \frac{1}{f_N - f_I} \cdot k_w, \quad (2.38)$$

¹⁾ Имеет смысл только при измерении КО.

²⁾ Результат преобразования во временную область сложным образом зависит от формы частотной характеристики. Погрешности можно посчитать для какой-то конкретной формы частотной характеристики, но нет возможности сказать что-либо в общем случае или выработать какое-то простое правило определения погрешностей.

$$\Delta t = \frac{1}{2 \cdot f_N} \cdot k_w, \quad (2.39)$$

где k_w – коэффициент окна¹⁾.

Примечание – Например, при измерении отражения в диапазоне частот от 20 до 20000 МГц без взвешивания оконными функциями разрешение во временной области составит порядка 0,05 нс (7,5 мм в вакууме) при преобразовании «BandPass» и порядка 0,025 нс (3,8 мм) при преобразовании «LowPass».

2.3.5.6.18 Значения переходной характеристики²⁾, соответствуют характеристическому сопротивлению цепи, но только до второй значительной неоднородности.

На примере, приведенном на рисунке 2.194 видно, как изменяется характеристическое сопротивление с 50 на 25 Ом, но изменение с 25 на 50 Ом отображается неверно. На результаты измерений повлияли переотражения между первой и второй неоднородностями.

Пример измерения расстояния до обрыва в кабельной сборке представлен на рисунке 2.193.

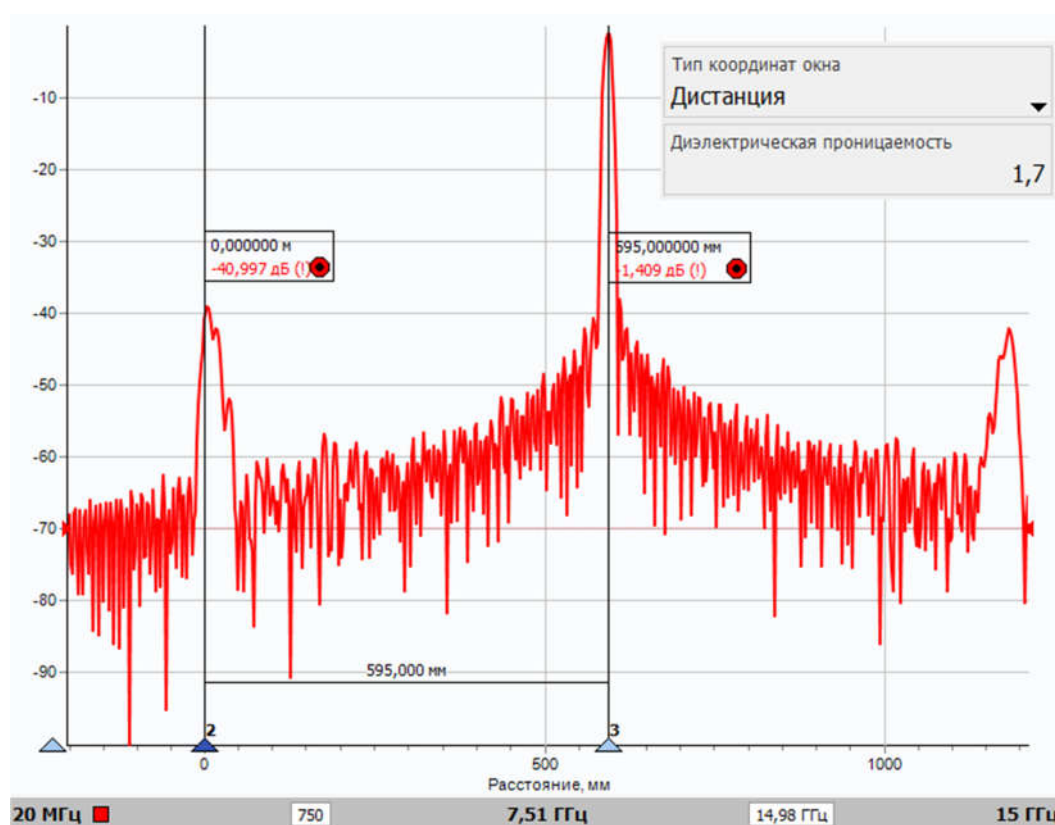


Рисунок 2.193 – Пример измерения расстояния до обрыва

¹⁾ Равен 1 для прямоугольного окна, 1,36 для окна Хэмминга и 1,8 для окна Наттолла.

²⁾ Пересчитанные в Омы.

Для анализа используется трасса S_{11} , либо S_{22} . Зная диэлектрическую проницаемость, можно достаточно точно определить расстояние до обрыва, который характеризуется высоким уровнем отражения на том участке, на котором наблюдается обрыв. В данном примере на конец кабельной сборки подключена нагрузка холостого хода. Отсчет необходимо вести от начала координат.

2.3.5.6.19 Функция «Фильтрация»¹⁾ позволяет во временной области подавить паразитные или выделить полезные отклики цепи, затем выполнить обратное преобразование в частотную область и получить свободную от помех характеристику.

Примечание – Для использования функций «Временная область» и «Фильтрация» (программная опция ВОП) необходим лицензионный ключ (подробно про активацию опций описано в подпункте 2.3.2.2 настоящего РЭ).

2.3.5.6.20 Выделение или подавление во временной области выполняется взвешиванием окном Кайзера, задаваемого тремя параметрами:

- центром;
- шириной по уровню 0,5;
- параметром формы β (рисунок 2.194).

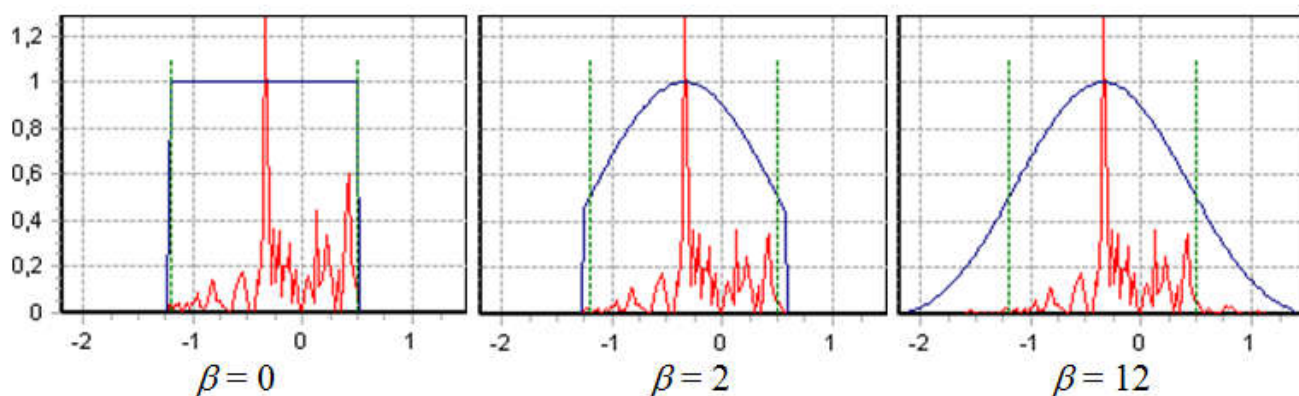


Рисунок 2.194 – Окно Кайзера для разных значений параметра β

2.3.5.6.21 На верхней диаграмме рисунка 2.195 приведена искаженная паразитными откликами частотная характеристика («Трс2») и ее эквивалент во временной области («Трс1»).

После задания параметров окна Кайзера в панели управления «Фильтрация» (рисунок 2.65) и установкой тумблера «Включено» произойдет подавление паразитных откликов и их влияние на частотную характеристику, что иллюстрирует трасса «Трс2» на нижней диаграмме рисунка 2.195.

2.3.5.6.22 При типе координат окна «Расстояние» положение окна Кайзера задается в метрах. При этом становится активным поле ввода диэлектрической проницаемости среды ε .

2.3.5.6.23 Если частотная характеристика измеряется в гармоническом ряде частот, то функция «Фильтрация» использует «LowPass» преобразование. При этом становятся активны элементы управления в группе «ЧХ [0 Гц]».

¹⁾ В зарубежных анализаторах функция «Gating».

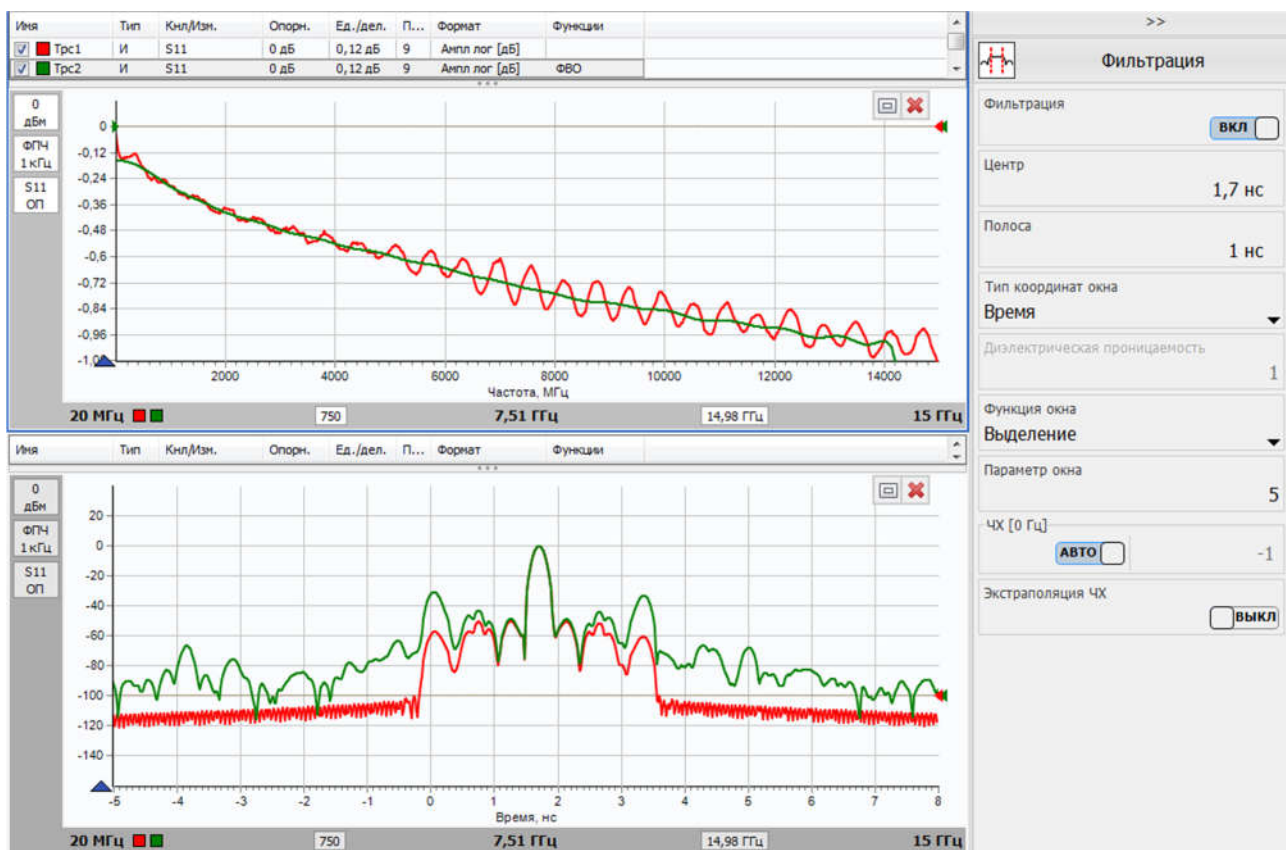


Рисунок 2.195 – Выделение полезного и подавление паразитных откликов

2.3.5.6.24 Параметр «Функция окна» задает способ применения окна $w(t)$:

- при выделении (формула 2.40);
- при подавлении (формула 2.41).

$$g'(t) = g(t) \cdot w(t), \quad (2.40)$$

$$g'(t) = g(t) \cdot (1 - w(t)), \quad (2.41)$$

где $g'(t)$ – преобразованная импульсная характеристика;
 $g(t)$ – импульсная характеристика
 $w(t)$ – весовая функция окна.

2.3.5.7 Встраивание и исключение цепей

2.3.5.7.1 Если калибровка выполнена в одном тракте, а измерять необходимо в другом, приходится применять некоторую оснастку¹⁾, существенно искажающую результаты измерений.

Исключить влияние цепи, включенной между плоскостью калибровки и ИУ, позволяет функция «исключения цепи» (рисунок 2.196).

¹⁾ Крепления, переходы и т.п.

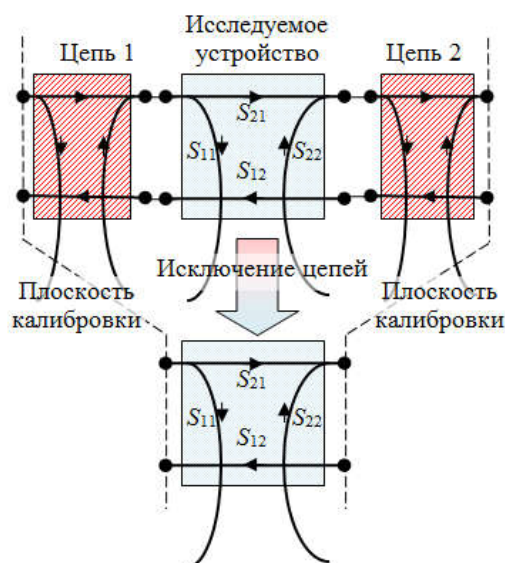


Рисунок 2.196 – Исключение цепей

2.3.5.7.2 Функция «встраивание цепи», наоборот, вносит влияние несуществующей при измерениях цепи (рисунок 2.197). Это может быть полезно при настройке устройства, которое будет включено в блок, содержащий некоторые корректирующие цепи или нагрузки.

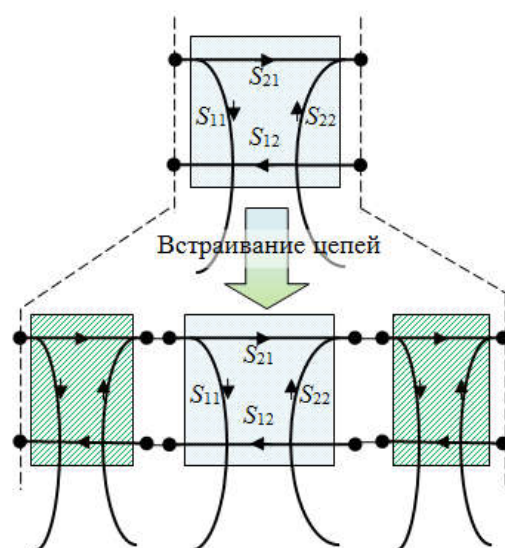


Рисунок 2.197 – Встраивание цепей

2.3.5.7.3 Параметры встраивание или исключение цепей задаются в окне, вызываемом из подменю «Встраивание/исключение цепей...» во вкладке «Калибровка» главного меню ПО (рисунок 2.198) с помощью кнопок:

- «Добавить цепь с текущими параметрами в список» (рисунок 2.199);
- «Удалить выбранную цепь» (рисунок 2.200);
- «Применить» (рисунок 2.201);
- «Выход» (рисунок 2.202).

Флажок «Отключить коррекцию» позволяет отключить влияние корректирующей цепи без удаления файла из списка.

Флажок «Инверсия подключения» позволяет эмулировать обратное подключение невзаимной цепи.

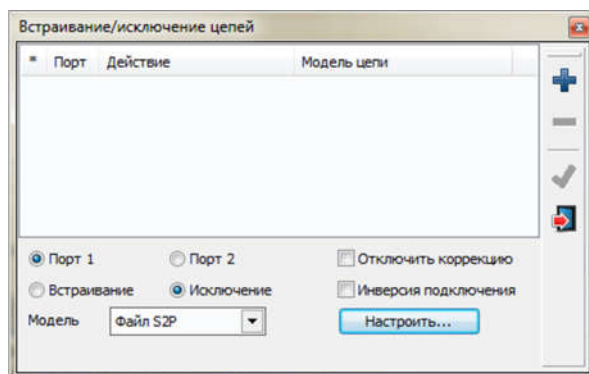


Рисунок 2.198 – Окно управления встраиванием и исключением цепей



Рисунок 2.199 – Кнопка «Добавить цепь с текущими параметрами в список»



Рисунок 2.200 – Кнопка «Удалить выбранную цепь»



Рисунок 2.201 – Кнопка «Применить»



Рисунок 2.202 – Кнопка «Выход»

2.3.5.7.4 Порядок работы с функциями встраивания и исключения цепей следующий:

а) Добавить цепь, нажатием кнопки «Добавить цепь с текущими параметрами в список»¹⁾.

б) Выбрать модель цепи из выпадающего списка:

1) «Файл S2P» – табличное описание цепи из файла в формате «Touchstone»²⁾;

2) «Параметрическая цепь» – параметрическое описание цепи согласно выбранной модели (рисунок 2.203);

3) «Линия» – модель линии передачи с известными параметрами (рисунок 2.204).

в) Настроить цепь, либо загрузить файл, если выбрана модель «Файл S2P».

г) Применить настройки цепей к измерениям нажатием кнопки «Применить».

¹⁾ Удаление цепи производится с помощью кнопки «Удалить выбранную цепь».

²⁾ С расширением «s2p».

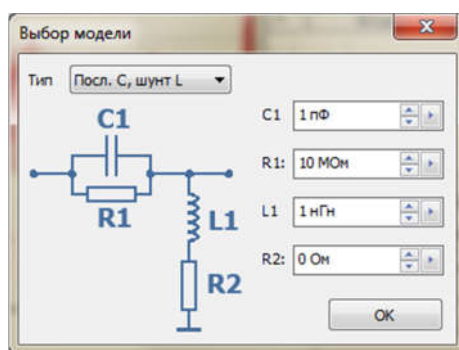


Рисунок 2.203 – Настройка параметрической модели цепи

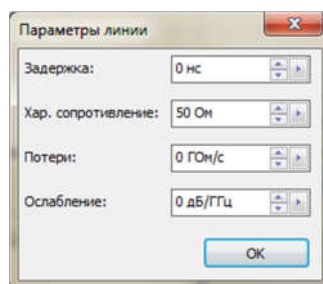


Рисунок 2.204 – Настройка модели линии

2.3.5.7.5 На рисунке 2.205 приведен пример результата применения функции исключения цепи, включенной между разъемом «ПОРТ 1» и ИУ, в качестве которого выступает фильтр с полосой пропускания от 2 до 3 ГГц. В качестве искаженной цепи была использована кабельная сборка с аттенуатором 10 дБ.

На рисунке 2.206 приведена диаграмма с исходными (искаженными) характеристиками S_{11} и S_{21} .

2.3.5.7.6 Применение функции исключения цепи целесообразно, если ослабление в цепи не превышает 10 дБ. При исключении цепей с ослаблением больше 20 дБ результаты измерений становятся неудовлетворительными¹⁾.



Рисунок 2.205 – Результат применения функции исключения цепи

¹⁾ Особенно КО.

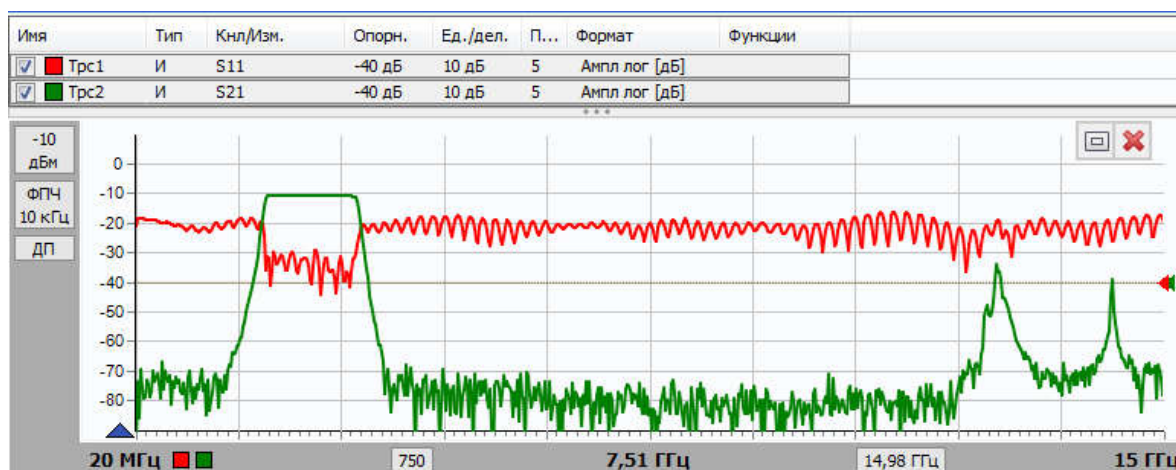


Рисунок 2.206 – Результат измерения ИУ, через искаженную цепь

2.3.5.8 Использование переходов

2.3.5.8.1 Разъемы ИУ, калибровочных мер и кабельных сборок могут быть несовместимы друг с другом. Несовместимость может быть обусловлена различием, как видов разъемов, так и их типов. Для соединения устройств с несовместимыми разъемами используются переходы.

2.3.5.8.2 Переходы вызывают дополнительные отражения, задержку и ослабление сигнала. Это не оказывает влияния на результаты измерений, если переход постоянно присутствует в тракте¹⁾. Если переход подключается или отключается после калибровки, то его влияние необходимо учитывать. Ниже рассмотрены способы компенсации влияния переходов.

2.3.5.8.3 Метод эквивалентных переходов – самый простой способ компенсации влияния переходов. Он используется при измерении устройств, которые не могут быть подключены непосредственно к обоим выходным разъемам анализатора²⁾.

В этом случае калибровка на проход выполняется через переход, который при измерении заменяется на эквивалентный, как показано на рисунках 2.207 и 2.208.

Примечания

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

2 Если известны параметры перехода, то лучше учесть влияние перехода на этапе калибровки, т.е. воспользоваться «методом известного перехода», изложенным ниже.

¹⁾ Как при калибровке, так и при измерениях.

²⁾ При калибровке нельзя подключить выходные разъемы анализатора непосредственно друг к другу.



Рисунок 2.207 – Калибровка на проход

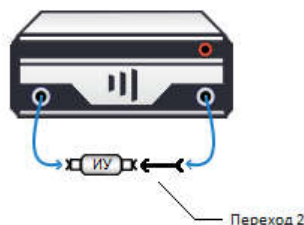


Рисунок 2.208 – Измерение ИУ с использованием метода эквивалентных переходов

2.3.5.8.4 Метод известного перехода – это калибровка на проход с использованием перехода, описанного таблицей S-параметров или величинами задержки и потерь¹⁾. Схема этапа калибровки на проход приведена на рисунке 2.209, а при измерении ИУ подключается непосредственно к выходным разъемам анализатора без каких-либо переходов.

2.3.5.8.5 Коррекция фазовой задержки – это функция над трассой, описанная в подпункте 2.3.5.6 настоящего РЭ, позволяющая внести или компенсировать задержку сигнала эквивалентную задержке в подключенном или отключенном переходе.

Если известны S-параметры перехода, то можно воспользоваться функцией исключения цепи, описанной в подпункте 2.3.5.7 настоящего РЭ.

2.3.5.9 Система синхронизации анализатора

2.3.5.9.1 Система синхронизации предназначена для работы анализатора в комплексе с другими измерительными приборами или для управления внешними устройствами²⁾.

2.3.5.9.2 Для подключения измерительных приборов или внешних устройств на задней панели анализатора имеются следующие входы и выходы синхронизации³⁾:

- «СИНХР →»;
- «СИНХР ⇨»;
- «ОГ →»;
- «ОГ ⇨».

¹⁾ Задаются редактором наборов калибровочных мер (подробнее в приложении Е).

²⁾ Переключателями, модуляторами и т.п.

³⁾ Подробнее об органах управления анализатором см. в п.2.2.4 настоящего РЭ.

2.3.5.9.3 Структурная схема системы синхронизации приведена на рисунке 2.211.

Генератор одиночных импульсов формирует импульсы при наступлении определенного события¹⁾. Генератор повторяющихся импульсов непрерывно формирует последовательность импульсов с заданными параметрами.

Опорный генератор является эталоном частоты 10 МГц. Входной или выходной разъемы опорного генератора могут быть подключены соответственно к входному или выходному разъемам опорного генератора другого измерительного прибора. В результате оба прибора будут работать от общего опорного генератора.

При этом достигаются две цели:

- повышается точность установки частоты²⁾;
- стабилизируются фазовые соотношения СВЧ-сигналов двух измерительных приборов.

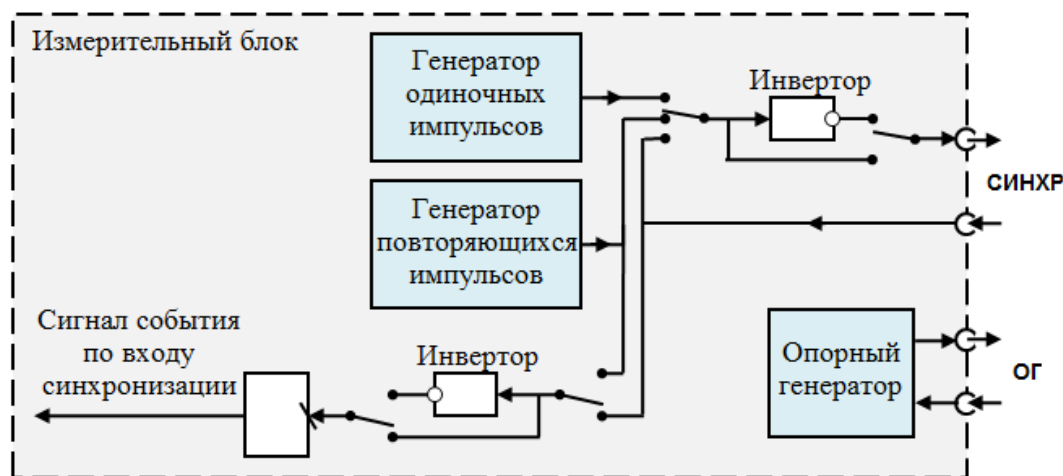


Рисунок 2.209 – Структурная схема системы синхронизации

2.3.5.9.4 Параметры системы синхронизации задаются на панели управления «Синхронизация» (рисунок 2.61).

2.3.5.9.5 Режим работы выхода синхронизации задается в поле со списком «Синхровыход»:

- «не используется» – на выходном разъеме «СИНХР ➡» устанавливается постоянное напряжение 0 В или 5 В, если установлен флажок «Инвертирование»;
- «старт развертки» – с генератора одиночных импульсов на выходной разъем «СИНХР ➡» поступают импульсы, фронт которых совпадает с началом развертки по частоте;
- «след. точка» – с генератора одиночных импульсов на выходной разъем «СИНХР ➡» поступают импульсы, фронт которых совпадает с началом перестройки на очередную частотную точку;
- «захват ФАПЧ» – с генератора одиночных импульсов на выходной разъем «СИНХР ➡» поступают импульсы, фронт которых совпадает с окончанием перестройки частоты;

¹⁾ Начало перестройки частоты, окончание перестройки и др.

²⁾ Если внешний опорный генератор более точен.

- «транслируется вход» – на выходной разъем «СИНХР $\rightarrow$ » поступает ретранслированный сигнал с входа;
- «транс. синхрогенератор» – на выходной разъем «СИНХР $\rightarrow$ » поступают импульсы с генератора повторяющихся импульсов;
- «на частоте маркера» – на выходной разъем «СИНХР $\rightarrow$ » поступают импульсы, фронт которых соответствует моменту генерации частоты, на которой установлен маркер с включенной функцией «Точка синхронизации» (рисунок 2.211).

Перечисленные выше сигналы могут инвертироваться с помощью тумблера «Инверсия синхровыхода».

Длительность одиночных импульсов на выходе синхронизации задается¹⁾ в поле «Длительность импульса».

Параметры повторяющихся импульсов задаются полями с регулировкой значения «Синхроген. (высокий/низкий уровень)»²⁾.

На рисунке 2.210 приведены эпюры напряжений на выходе синхронизации, формируемых в зависимости от режима синхронизации и выполняемой измерительным блоком операции.

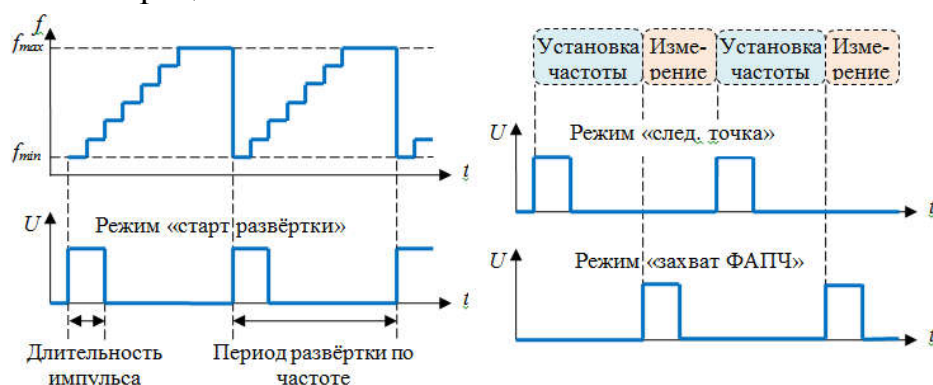


Рисунок 2.210 – Режимы работы выходного разъема «СИНХР $\rightarrow$ »

2.3.5.9.6 По фронту синхроимпульса, поступившего на входной разъем «СИНХР $\rightarrow$ » фиксируется «Событие по входу синхронизации» (рисунок 2.211). Включение тумблера «Инверсия синхровыхода» позволит фиксировать событие по спаду синхроимпульса. Реакция измерительного блока на «Событие по входу синхронизации» задается в поле со списком «Синхровход»:

- «не используется» – поступившие на входной разъем «СИНХР $\rightarrow$ » синхроимпульсы игнорируются;
- «старт развертки» – по приходу синхроимпульса начинается развертка по частоте³⁾;
- «след. точка» – по приходу синхроимпульса начинается перестройка на следующую частотную точку⁴⁾;

¹⁾ В интервале от 1 до 255 мкс.

²⁾ Минимальные длительности высокого и низкого уровней равны 0,01 мкс. Максимальные длительности не должны в сумме превышать 170 000 мкс, т.е. период последовательности не может быть больше 170 мс.

³⁾ Если синхроимпульс поступил раньше, то развертка начинается немедленно.

⁴⁾ Если синхроимпульс поступил раньше, то перестройка начинается немедленно.

- «начало измерения» – по приходу синхроимпульса начинается измерение на текущей частоте¹⁾.

На рисунке 2.211 показано изменение этапов работы измерительного блока в зависимости от режима синхронизации и поступления входных синхроимпульсов.

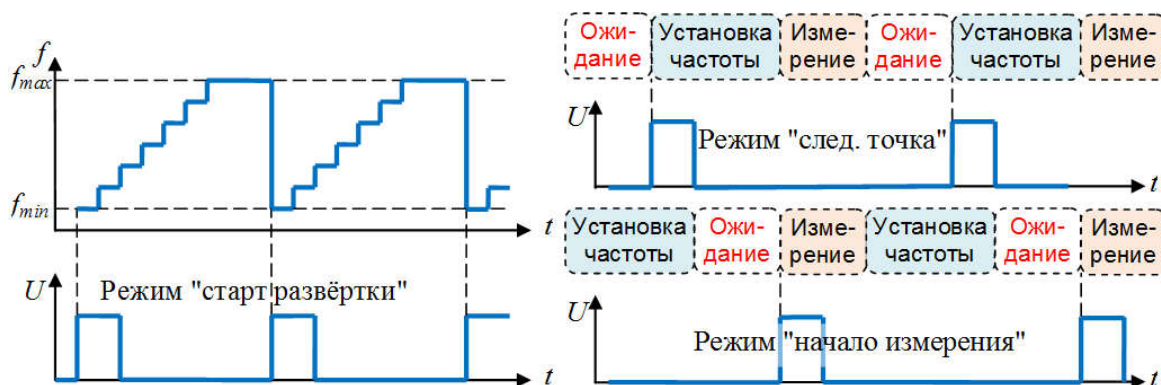


Рисунок 2.211 – Режимы работы входного разъема «СИНХР →»

Пример синхронной работы системы синхронизации анализатора представлено в приложении 3.

2.3.5.10 Измерение устройств с преобразованием частоты

2.3.5.10.1 Для измерения устройств с преобразованием частоты предусмотрены следующие опции:

- СЧП;
- СПА.

2.3.5.10.2 Опция СЧП позволяет проводить измерение скалярного коэффициента преобразования S_{c2l} , мощность на частотах, отличных от частоты зондирования «b_{2c} (1→2)» и комплексных коэффициентов отражения от ИУ.

Возможность отдельного управления частотой зондирования и частотой гетеродина, позволяет проводить измерения смесителей со скалярной калибровкой, умножителей частоты, анализировать уровень гармоник ИУ.

Опция СПА²⁾, совместно с опцией ДПА³⁾, позволяет проводить измерения комплексного коэффициента преобразования C_{2l} , и комплексных коэффициентов отражения от ИУ.

2.3.5.10.3 Типовая схема измерения устройств с преобразованием частоты и векторной калибровкой при наличии опций ДПА и СПА в анализаторе приведена на рисунке 2.212.

¹⁾ Если синхроимпульс поступил раньше, то измерение начинается немедленно.

²⁾ Переключатель опорного канала.

³⁾ Прямой доступ к приемникам.

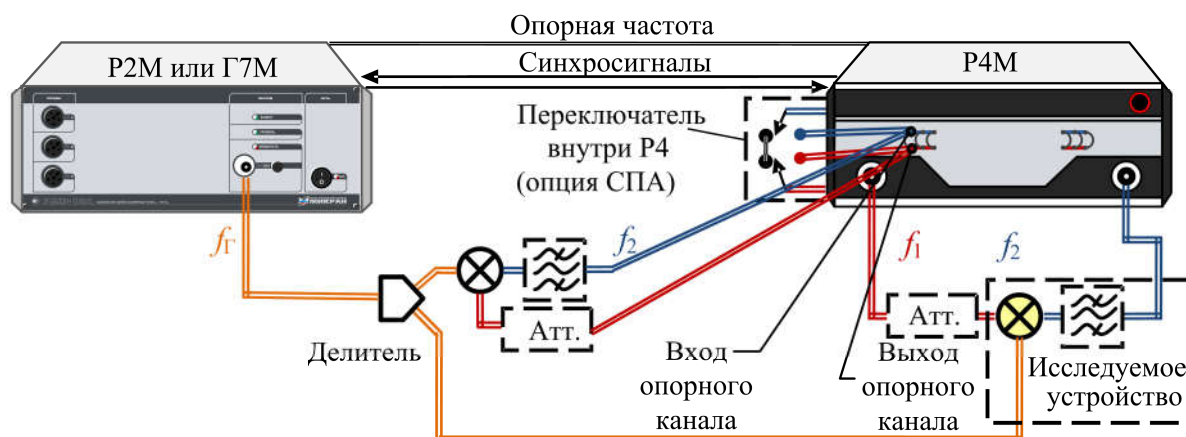


Рисунок 2.212 – Схема подключения для измерений устройств с преобразованием частоты

Опция ДПА позволяет включить в тракт приемника опорного канала дополнительный смеситель¹⁾. Этот смеситель преобразует опорный сигнал одной частоты²⁾ в опорный сигнал другой частоты³⁾, равной частоте сигнала в измерительном канале (см. рисунок 2.212). Равенство частот сигналов в опорном и измерительном каналах позволяет измерить комплексный коэффициент преобразования частотно-преобразующего устройства.

Переключатель в опорном канале⁴⁾ коммутирует сигнал либо на «опорный» смеситель с целью преобразования опорного сигнала с частоты f_1 на частоту f_2 , либо направляет сигнал на приемник без преобразования. Такая коммутация позволяет осуществить векторную калибровку с преобразованием частоты (далее по тексту – векторная калибровка смесителей).

Примечание – Опция СПА автоматически активирует программную опцию СЧП.

2.3.5.10.4 Для проведения измерений с преобразованием частоты требуются:

- анализатор с опциями ДПА, СПА;
- набор калибровочных мер или электронный калибратор;
- внешний генератор⁵⁾, используемый в качестве гетеродина;
- два дополнительных смесителя – «опорный» и «калибровочный»⁶⁾;
- аттенюатор с коэффициентом ослабления от 3 до 10 дБ;
- фильтр, пропускающий преобразованный сигнал промежуточной частоты f_2 и подавляющий паразитные проникновения сигналов на частотах f_1 и $f_Г$ ⁷⁾.

«Опорный» смеситель должен работать в требуемом диапазоне частот.

¹⁾ «Опорный» смеситель.

²⁾ Частота f_1 для разъема «ПОРТ 1».

³⁾ Частота f_2 для разъема «ПОРТ 2».

⁴⁾ Опция СПА.

⁵⁾ Скалярный анализатор цепей P2M, синтезатор частот Г7М, генератор сигнала PLG, либо другие в неуправляемом режиме.

⁶⁾ Служит мерой передачи для векторной калибровки смесителей.

⁷⁾ Настоятельно рекомендуется использовать фильтр при калибровке.

«Калибровочный» смеситель должен:

- работать в требуемом диапазоне частот;
- быть взаимным¹⁾.

Примечания

1 Рекомендуется, чтобы коэффициент преобразования $|C_{21}|$ «калибровочного» смесителя был более минус 10 дБ и изоляция $|S_{21}|$ (на частоте f_1) была не хуже минус 20 дБ.

2 Анализатор и генератор должны быть синхронизованы по опорной частоте (при полосе фильтра ПЧ менее 1 кГц) и по развертке в случае перестройки гетеродина по частоте (см. подпункт 2.3.5.9 настоящего РЭ).

3 Фильтр добавляет задержку к ГВЗ и не позволяет измерять изоляцию S_{21} (на частоте f_1).

2.3.5.10.5 Анализатор измеряет следующие параметры частотно преобразующих устройств:

- комплексный коэффициент преобразования (C_{21});
- групповое время запаздывания (ГВЗ);
- комплексные коэффициенты отражения (S_{11} , S_{22});
- изоляцию между портами (S_{21} , S_{12}).

2.3.5.10.6 Калибровка анализатора для измерений параметров частотно преобразующих устройств включает:

- полную двухпортовую калибровку на частотах разъемов f_1 и f_2 ²⁾;
- измерение параметров калибровочного смесителя;
- калибровка на проход с преобразованием частоты.

2.3.5.10.7 Последовательность калибровки для измерения параметров смесителей с векторной калибровкой:

- Задать частотный диапазон для выходного разъема «ПОРТ 1», количество точек и мощность зондирования³⁾, а также фильтр ПЧ.

Примечание – При необходимости можно установить значения аттенуаторов и смещение мощности на выходном разъеме «ПОРТ 2» в окне «Конфигурация портов» (см. рисунок 2.171).

- Создать измерительные трассы для «измерений» параметров ИУ, которые требуется измерить, в необходимом формате.

- Выбрать подменю «Мастер калибровки» во вкладке «Калибровка» главного меню ПО. В появившемся окне «Мастер калибровки» выбрать метод калибровки – «Управляемая (по сценарию)» или «Автоматическая (с электронным калибратором)».

- Если была выбрана «Автоматическая (с электронным калибратором)» калибровка, то сначала появится окно подключения к электронному калибратору. После подключения к калибратору в окне настройки конфигурации выбрать радио-кнопку «порты 1, 2». Нажать кнопку «Далее»⁴⁾.

¹⁾ Коэффициенты C_{21} и C_{12} должны быть равны.

²⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2».

³⁾ См. подпункт 2.3.5.1 настоящего РЭ.

⁴⁾ После ее нажатия мастер калибровки отобразит диалоговое окно следующего шага калибровки.

Примечание – При необходимости можно задать соединители ИУ и набор калибровочных мер.

- В поле со списком «Тип калибровки» выбрать вариант «Измерение частотно-преобразующих устройств» и нажать кнопку «Далее».

- В появившемся диалоговом окне, представленном на рисунке 2.213, задать параметры преобразования частоты¹⁾. После подключения к внешнему генератору следовать инструкциям мастера калибровок (рисунок 2.214).

Примечание – Вышеперечисленные шаги калибровки производятся без «калибровочного» смесителя с использованием наборов калибровочных мер (рисунок 2.215) или электронного калибратора (рисунок 2.216).

- Подключить к первому порту «калибровочный» смеситель, как показано на рисунках 2.217 и 2.218²⁾ или рисунке 2.219³⁾ и действовать в соответствии с требованиями мастера калибровки. После успешного завершения калибровки в окне «Информация о калибровках» появится информация о проведенной калибровке и ее типе⁴⁾.

На этапе измерения параметров отражения калибровочного смесителя должны использоваться те же самые меры, что и при калибровке выходного разъема «ПОРТ 1» (рисунок 2.215)⁵⁾.

Рисунок 2.213 – Параметры калибровки с преобразованием частоты

¹⁾ Подробнее о заполнении полей окна см. в перечислении 2.3.5.10.8 настоящего РЭ.

²⁾ Если калибровка выполняется набором НКММ. Переключение между схемами, изображенными на рисунках производится по требованию мастера калибровки.

³⁾ Если калибровка выполняется электронным калибратором.

⁴⁾ Флажок может быть сброшен или установлен, что приведет к отключению или включению коррекции измеряемых параметров.

⁵⁾ В данном случае может потребоваться переход, если пара «калибровочный» смеситель/фильтр имеют внешние соединители одного вида – «вилка-вилка» или «розетка-розетка».

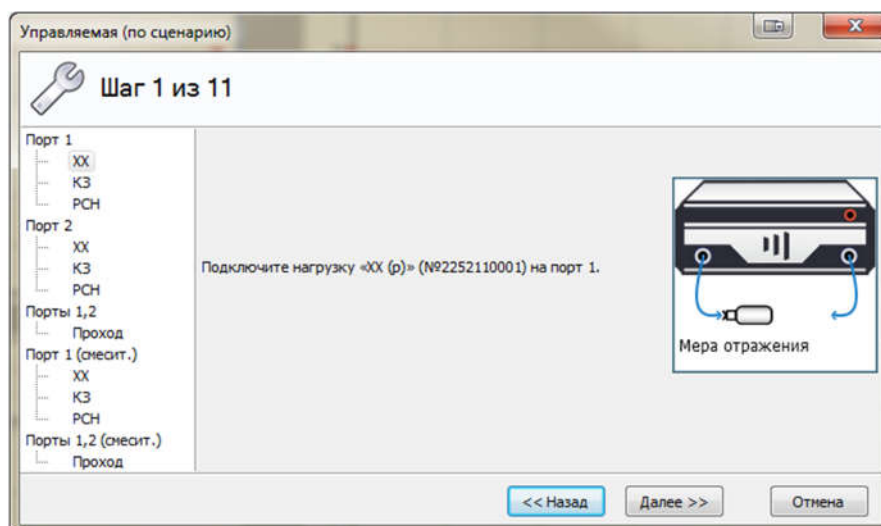


Рисунок 2.214 – Этапы калибровки с преобразованием частоты

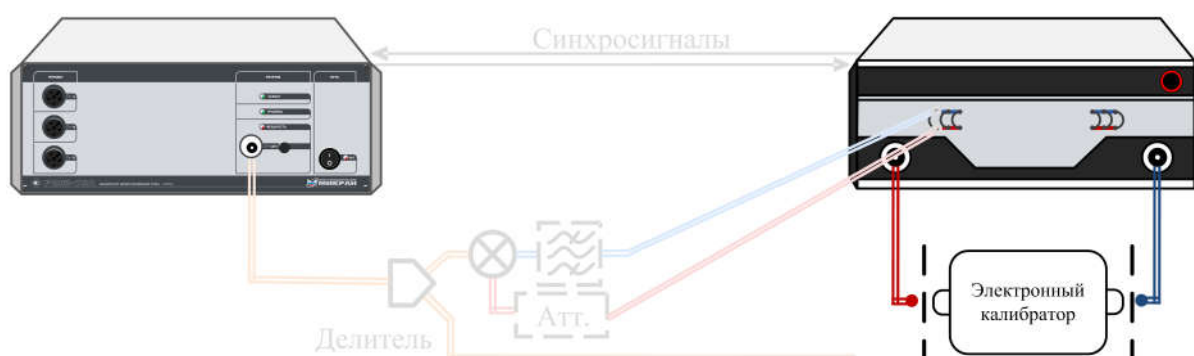


Рисунок 2.215 – Схема подключения при калибровке с набором калибровочных мер (без применения «калибровочного смесителя»)

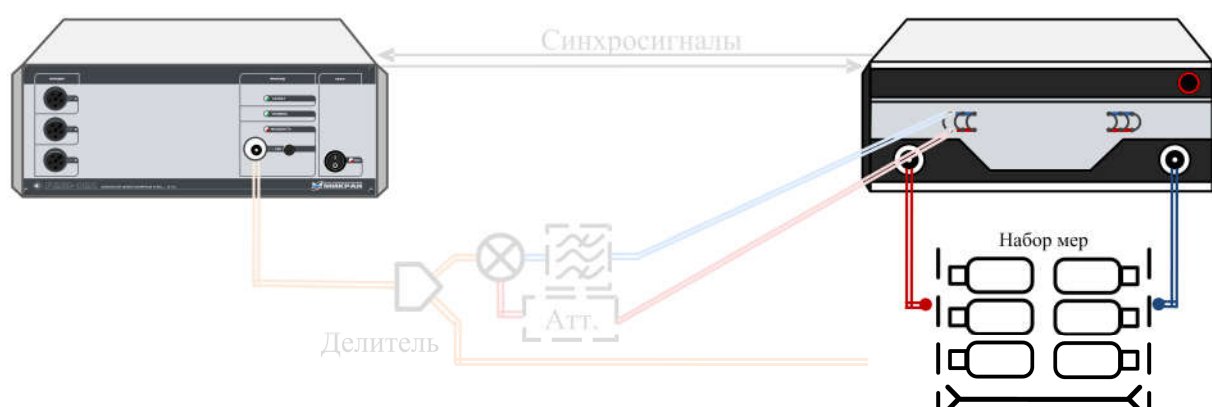


Рисунок 2.216 – Схема подключения при калибровке с электронным калибратором (без применения калибровочного смесителя)

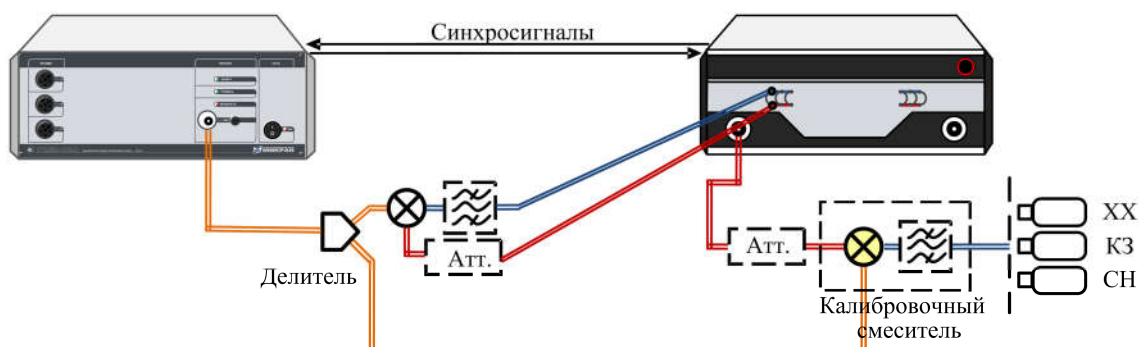


Рисунок 2.217 – Схема измерения параметров отражения «калибровочного» смесителя с использованием набора калибровочных мер

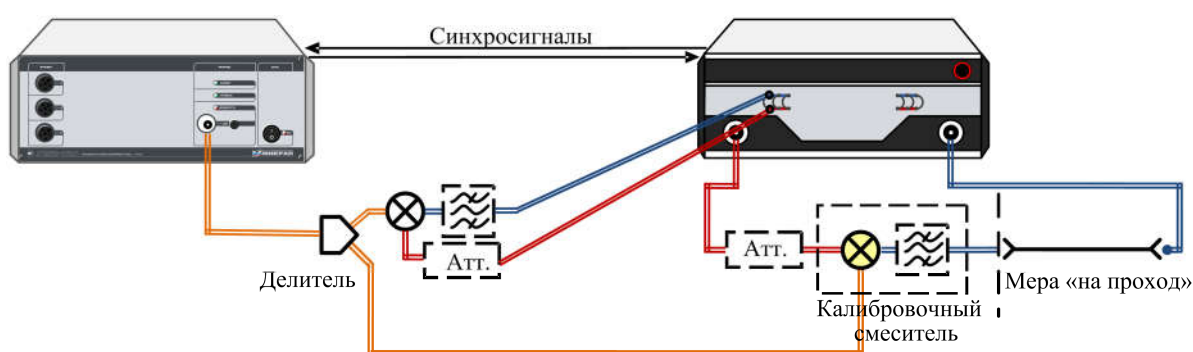


Рисунок 2.218 – Схема измерения параметров передачи «калибровочного» смесителя с использованием набора калибровочных мер (окончание калибровки)

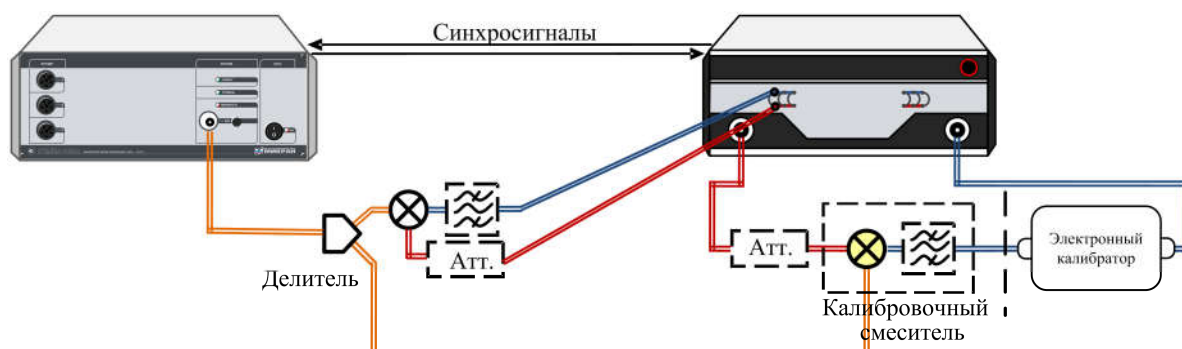


Рисунок 2.219 – Схема измерения «калибровочного» смесителя с использованием электронного калибратора

2.3.5.10.8 Настройка полей окна «Параметры калибровки» при установке параметров преобразования частоты производится в следующей последовательности:

- В полях ввода «Fг» и «Рг» задать диапазон частот и мощность внешнего генератора (гетеродина).

Примечание – Поля ввода «F1» и «P1» не доступны для изменения, и содержат диапазон частот и мощность зондирующего сигнала с выходного разъема «ПОРТ 1» анализатора. Чтобы изменить эти параметры, следует закрыть мастер калибровки и начать калибровку заново.

- В полях ввода, расположенных правее метки «F2=», задать коэффициенты преобразования a , b , c и d , определяющие значение преобразованной частоты $f_2^{(1)}$ согласно формуле 2.42

$$f_2 = \frac{a}{b} \cdot f_1 + \frac{c}{d} \cdot f_z + f_{см}, \quad (2.42)$$

где a – множитель частоты для разъема «ПОРТ 1»;
 b – делитель частоты для разъема «ПОРТ 1»;
 f_1 – частота зондирующего сигнала и приемников для разъема «ПОРТ 1»;
 c – множитель частоты гетеродина²⁾;
 d – делитель частоты гетеродина;
 f_z – частота гетеродина;
 $f_{см}$ – смещение частоты, представляющее дополнительную отстройку.

Примечания

1 В недоступных для записи полях «F2» отображается диапазон преобразованных частот f_2 .

2 В недоступном для записи поле «P2» отображается мощность зондирования на разъеме «ПОРТ 2», равная мощности зондирования на разъеме «ПОРТ 1» плюс «Смещение мощности» для разъема «ПОРТ 2», задаваемое в окне «Конфигурация портов» (по умолчанию 0 дБ).

3 Параметры преобразования дополнительно отображаются на панели управления «Преобразование частоты» (рисунок 2.220). При наличии калибровочных данных векторной калибровки смесителей переключатель «Векторная коррекция» находится в положении «ВКЛ», а переключатель «Преобразование» выключен (используется для «ручного» управления смещением частоты приемников с опцией СЧП).

4 Изменение параметров преобразования без проведения повторной калибровки приведет к искажениям расчетных данных в случае несоответствия частотных диапазонов калибровки и измерения.

5 При использовании в качестве генератора приборов серии Г7М, Р2М или PLG рекомендуется выбрать «внешний управляемый» гетеродин. В таком случае мастер калибровки автоматически произведет настройку его параметров.

6 При использовании в качестве генератора измерительных приборов сторонних производителей следует выбрать «внешний неуправляемый» гетеродин и настроить синхронизацию между измерительными приборами самостоятельно. При этом выход синхронизации анализатора находится в режиме «следующая точка», а вход – «начало измерения». В том случае, если синхронизация не достигнута, например, гетеродин имеет уникальные режимы синхронизации, следует отключить тумблер «Синхровыход гетеродина».

7 Переключателями «Внешний ОГ ВАЦ» и «Внешний ОГ гетеродина» задается использование сигнала внешней опорной частоты в анализаторе и генераторе.

8 Если выбран «внешний управляемый» гетеродин, то после ввода необходимых параметров и нажатия кнопки «ОК» появится диалоговое окно подключения к внешнему генератору.

¹⁾ Частота зондирующего сигнала и приемников для разъема «ПОРТ 2».

²⁾ При отсутствии внешнего гетеродина множитель c равен нулю.

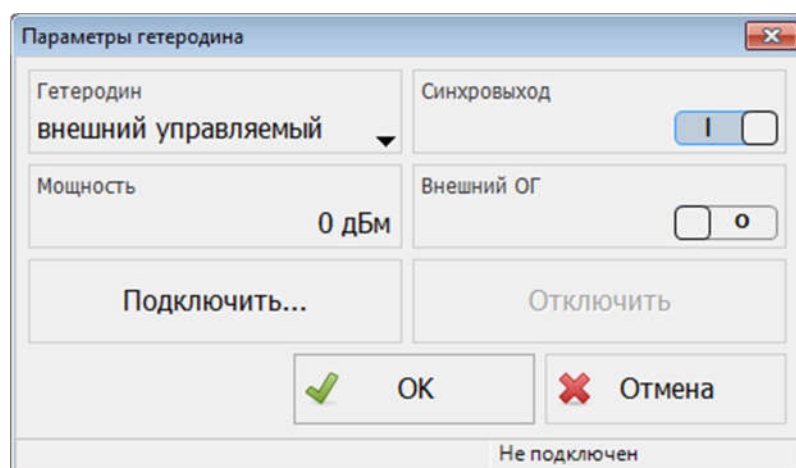


Рисунок 2.220 – Конфигурация измерения ИУ с преобразованием частоты со скалярной калибровкой в окне «Параметры гетеродина» панели управления «Преобразование частоты»

2.3.5.10.9 Измерение параметров смесителей с векторной калибровкой выполняются автоматически за 3 этапа зондирования:

- Измерение некорректированного коэффициента преобразования S_{21}^M . Выполняется зондирование частотой f_1 в прямом направлении с включенным в опорный канал смесителем. Приемники настраиваются на частоту f_2 .

- Измерение нескорректированного коэффициента отражения S_{22}^M . Выполняется зондирование частотой f_2 в обратном направлении с «перемычкой» в опорном канале. Приемники настраиваются на частоту f_2 .

- Измерение нескорректированного коэффициента отражения S_{11}^M . Выполняется зондирование частотой f_1 в прямом направлении с «перемычкой» в опорном канале. Приемники настраиваются на частоту f_1 .

После измерений выполняется коррекция измеренных величин с применением калибровочных данных.

Примечание – При отображении в формате «ГВЗ (нс)» рекомендуется в трассе использовать функцию сглаживания.

Пример измерения параметров устройства с преобразованием частоты представлен в приложении И.

2.3.5.10.10 Измерение устройств с преобразованием частоты со скалярной калибровкой¹⁾ требует наличие опции СЧП²⁾. Варианты измерительных схем с измеряемыми параметрами показаны на рисунках 2.221 – 2.223.

¹⁾ Например, смесителей или умножителей.

²⁾ Смещение частоты приемника.

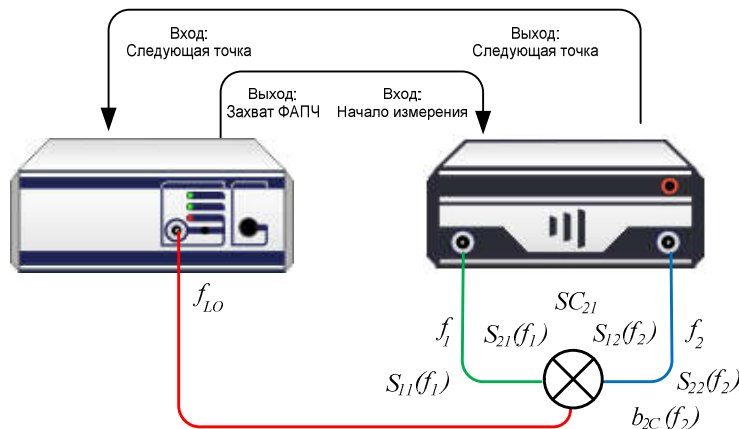


Рисунок 2.221 – Измерение смесителя с управляемым гетеродином

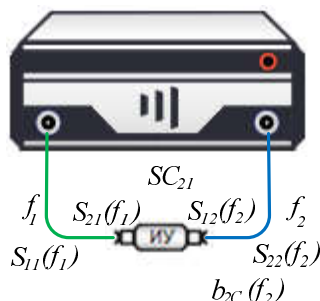


Рисунок 2.222 – Измерение ИУ на произвольной выходной частоте

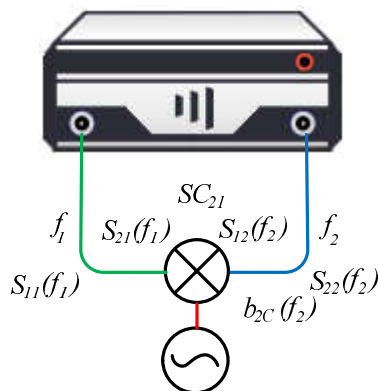


Рисунок 2.223 – Измерение смесителей с неуправляемым гетеродином

2.3.5.10.11 В схемах с преобразованием частоты ИУ должно подключаться выходным разъемом к разъему «ПОРТ 2» анализатора, осуществляющий измерение на частотах f_1 и f_2 . Ниже приведен список измеряемых параметров:

- $S_{11}(f_1)$ – комплексный КО на частоте зондирования f_1 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- $S_{21}(f_1)$ – комплексный КП на частоте зондирования f_1 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- $S_{12}(f_2)$ – комплексный КП на частоте зондирования f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 2» на частоте f_2 ;

- $S_{22}(f_2)$ – комплексный КО на частоте зондирования f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 2» на частоте f_2 ;
- $a_{1C}(f_2)$ – мощность приемника «a1», измеренная на частоте f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- $b_{1C}(f_2)$ – мощность приемника «b1», измеренная на частоте f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- $a_{2C}(f_2)$ – мощность приемника «a2», измеренная на частоте f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- $b_{2C}(f_2)$ – мощность приемника «b2», измеренная на частоте f_2 при зондировании на разъеме «ПОРТ 1» на частоте f_1 ;
- SC_{21} – скалярный коэффициент преобразования, вычисляется как отношение $b_{2C}(f_2)$ к мощности, поступающей на ИУ на частоте f_1 .

2.3.5.10.12 Калибровку для измерения устройств с преобразованием частоты можно разбить на два шага:

- калибровка мощности/коррекция приемников;
- двухпортовая калибровка в одном направлении.

Подробное описание калибровка мощности/коррекция приемников представлено в подпункте 2.3.3.12 настоящего РЭ. Перед калибровкой мощности необходимо задать параметры измерения. Особенностью является задание диапазона зондирования¹⁾.

Примечание – Например, зондирование будет осуществляться на частотах от 1000 до 2000 МГц, а наблюдение мощности сигнала на выходе ИУ – на частотах от 3000 до 6000 МГц. В таком случае заданный диапазон зондирования для калибровки мощности/коррекции приемников должен быть от 1000 до 6000 МГц.

Подробное описание двухпортовой калибровки в одном направлении представлено в подпункте 2.3.3.9 настоящего РЭ. Особенностью является то, что потребуется выполнить две калибровки:

- двухпортовую калибровку (разъем «ПОРТ 1») для частоты $f_1^{2)}$;
- двухпортовую калибровку (разъем «ПОРТ 2») для частоты $f_2^{3)}$.

2.3.5.10.13 Измерение устройств с преобразованием частоты со скалярной калибровкой производится в три этапа:

а) Установить параметры преобразования частоты на панели управления «Преобразование частоты».

Примечания

1 При установке параметров преобразования частоты используется выражение, представленное в формуле 2.42.

2 В строке «Старт/стоп ПЧ» отображается результат вычисления частотного диапазона f_2 .

¹⁾ Поскольку работа будет осуществляться на частотах f_1 и f_2 , то задаваемый диапазон зондирования должен включать в себя эти частоты.

²⁾ С предварительной установкой диапазона зондирования f_1 в параметрах зондирования.

³⁾ С предварительной установкой диапазона зондирования f_2 в параметрах зондирования.

б) При использовании внешнего гетеродина в окне «Параметры гетеродина» выбрать его тип (рисунок 2.220):

1) «внешний управляемый»¹⁾ для автоматического задания частоты, мощности, ОГ, режима синхронизации гетеродина анализатора программным способом;

2) «внешний неуправляемый» для устройств, настраиваемых любым другим ПО и имеющих систему синхронизации²⁾;

3) «встроенный генератор» – для анализатора, содержащего дополнительный источник сигнала³⁾.

Примечание – При выборе режима управления «внешний управляемый» необходимо устанавливать подключение к гетеродину и, при необходимости, использовать для него опцию «Внешний ОГ». В том случае, если синхронизация приборов невозможна, например, гетеродин имеет уникальные режимы синхронизации, следует отключить тумблер «Синхровыход».

в) Создать измерительную трассу, и выбрать для нее «измерение» типа S_{C21} (рисунок 2.224).

Примечание – Также можно добавить трассу «измерения» «b2c (1→2)», которая будет отображать абсолютное значение мощности на частоте преобразования.

2.3.5.10.14 Пример измерения умножителя частоты представлен на рисунке 2.225: диапазон частот на входном разъеме от 3 до 6,75 ГГц, диапазон частот на выходном разъеме от 6 до 13,5 ГГц.

Изменяя параметры преобразования, можно исследовать ИУ на разных частотах.

При необходимости отображения на графике частот f_2 по оси абсцисс необходимо установить параметр «Отображать частоты» в значение «приемника».

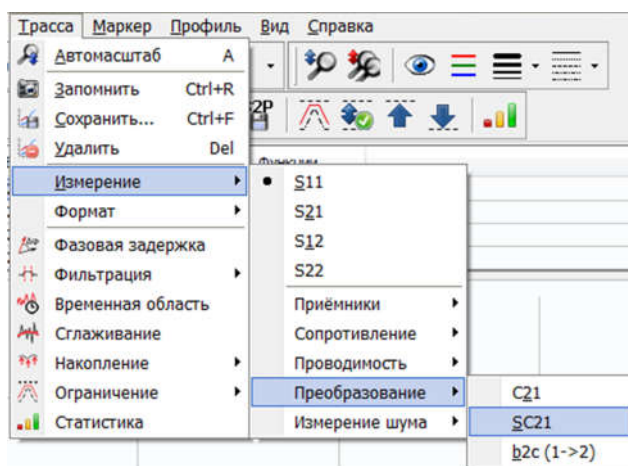


Рисунок 2.224 – Выбор «измерения» типа S_{C21}

¹⁾ Только для приборов серии Г7М, Р2М или PLG.

²⁾ Только при необходимости перестройки гетеродина по частоте.

³⁾ Опционально.

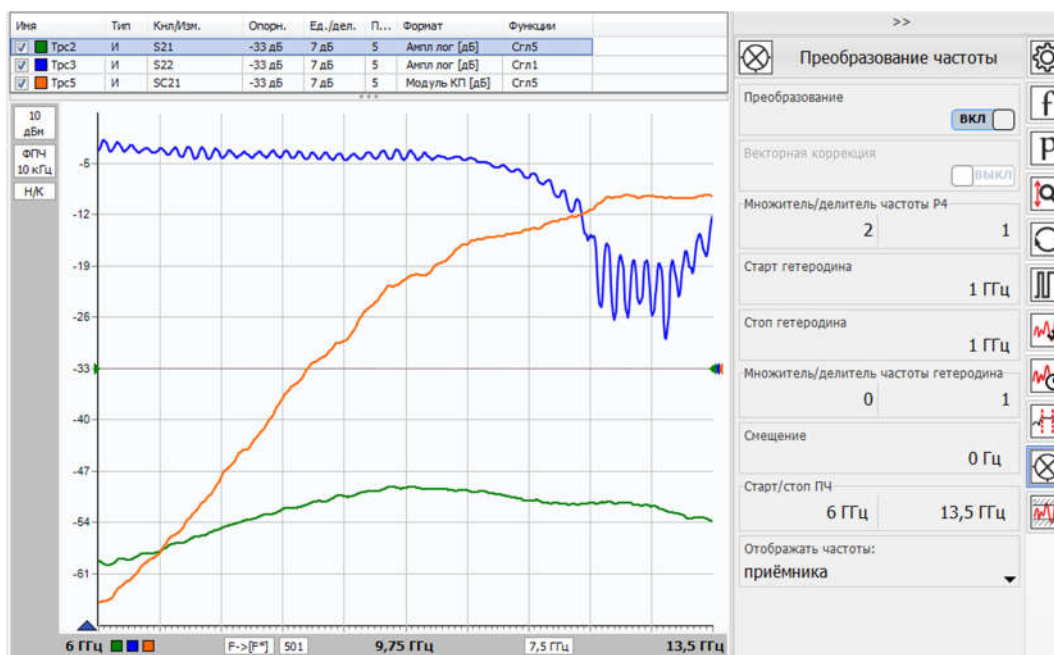


Рисунок 2.225 – Измерение параметров умножителя частоты

2.3.5.11 Измерения в импульсном режиме

2.3.5.11.1 Для измерения устройств в импульсном режиме при помощи анализатора требуется наличие программной опции ИИП¹⁾.

2.3.5.11.2 Импульсные измерения – измерения S-параметров или значений мощности в пределах синхроимпульса или серии импульсов, применяемые для устройств, работающих в импульсном режиме, т.е. неспособных или нерассчитанных работать с непрерывными сигналами²⁾.

2.3.5.11.3 Анализатор зондирует схему измерения непрерывным гармоническим сигналом, который при необходимости может быть модулирован внешним импульсным модулятором³⁾.

Для управления модулятором или ИУ в составе анализатора имеется генератор импульсов⁴⁾, формирующий последовательность импульсов ТТЛ уровня длительностью от 10 нс до 160 мс и периодом от 20 нс до 160 мс.

Примечание – Минимальная длительность импульса синхрогенератора определяется внутренней тактовой частотой анализатора и равна 10 нс. Минимальный период, соответственно, в 2 раза больше минимальной длительности импульса и равен 20 нс.

¹⁾ Подробно про активацию опций описано в подпункте 2.3.2.2 настоящего РЭ.

²⁾ К данному применению относится и измерение профиля импульса – измерение переходных процессов в устройствах, работающих в импульсном режиме, или в управляемых коммутаторах, фазовращателях и т.п.

³⁾ Импульсный модулятор не входит в комплект поставки анализатора.

⁴⁾ Синхрогенератор.

2.3.5.11.4 На рисунках 2.226 – 2.228 представлены варианты схем измерений с модулятором и без него. В варианте с модулятором последний включается в тракт зондирующего сигнала до направленного ответвителя вместо перемычки на передней панели анализатора (рисунок 2.226), или к выходному разъему (рисунок 2.227). В варианте без модулятора (рисунок 2.228) переключения выполняются внутри ИУ¹⁾.

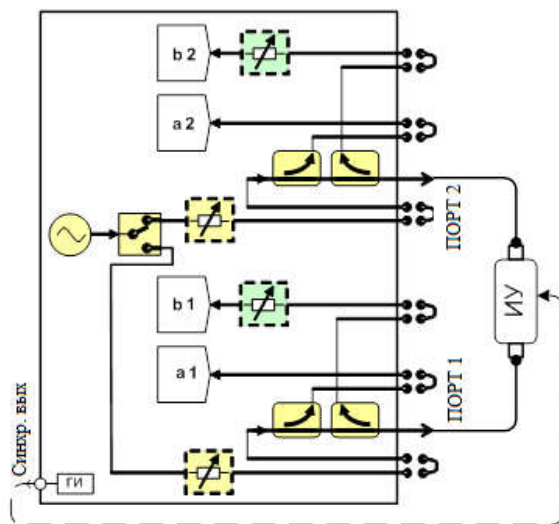


Рисунок 2.226 – Схема измерения с модуляцией зондирующего и опорного сигналов

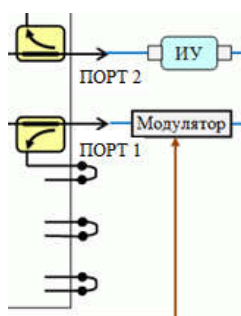


Рисунок 2.227 – Схема с модуляцией зондирующего сигнала

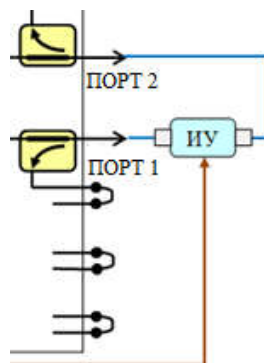


Рисунок 2.228 – Схема с коммутацией в ИУ

¹⁾ Например, включается и выключается питание.

2.3.5.11.5 В анализаторе возможны следующие варианты измерения устройств, работающих в импульсном режиме:

- «импульсный»¹⁾ режим измерения S-параметров за серию импульсов или в пределах одного импульса в зависимости от длительности радиоимпульса и времени измерения (рисунок 2.229);

- измерение в режиме «Профиля импульса» путем изменения задержки в импульсном режиме с заданным шагом (рисунок 2.230).

Время измерений $T_{ИЗМ}$ определяется значением фильтра ПЧ (формула 2.43)

$$T_{ИЗМ} = \frac{0,89}{f_{ПЧ}}, \quad (2.43)$$

где $f_{ПЧ}$ – значение полосы пропускания фильтра ПЧ, Гц.

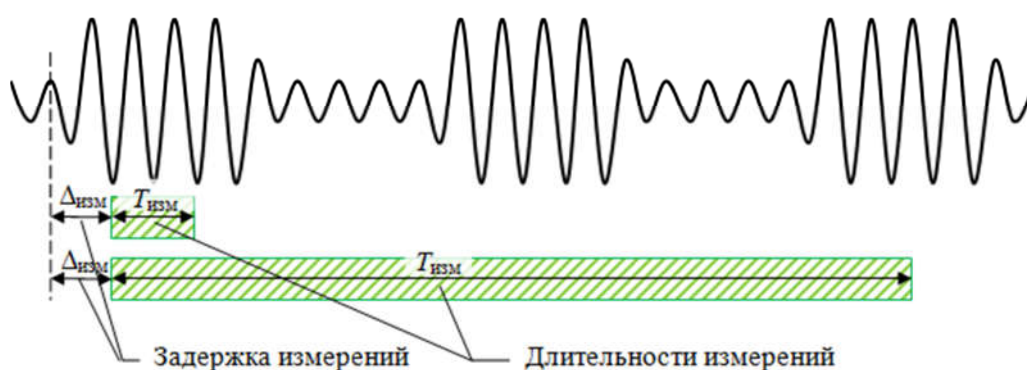


Рисунок 2.229 – Измерение в «импульсном» режиме

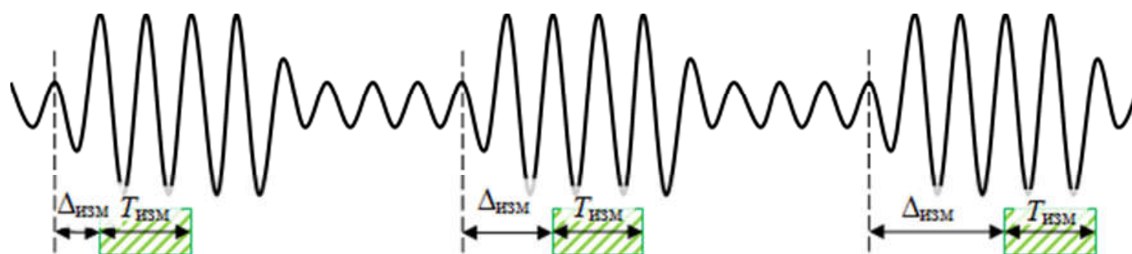


Рисунок 2.230 – Измерение профиля импульса с изменением задержки

2.3.5.11.6 Для получения модулирующего сигнала в тракте опорного сигнала и избавления от переходных процессов используется блок зануления отсчетов, который обнуляет сигнал на заданном интервале времени²⁾ (рисунок 2.62) с заданной задержкой от фронта импульсного сигнала³⁾. Эпюры времени представлены на рисунке 2.231.

¹⁾ Здесь и далее название данного режима взято в кавычки для отличия от импульсного режима измерений в целом.

²⁾ Задается параметром «Длительность окна».

³⁾ Параметр «Старт обзора».

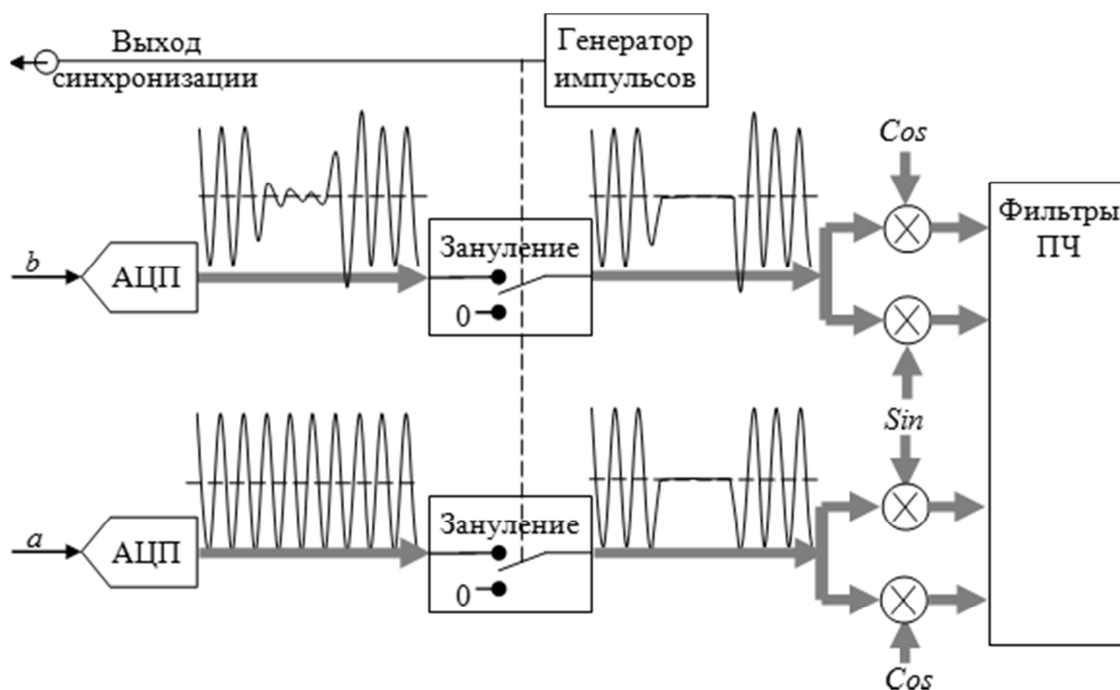


Рисунок 2.231 – Зануление отсчетов

2.3.5.11.7 Так как комплексные амплитуды сигналов измерительного и опорного трактов зануляются синхронно, то их отношение¹⁾ не изменится. Однако потеря части «полезных» отсчетов приведет к ухудшению отношения сигнал/шум на величину, равную скважности импульсов. Для компенсации данных потерь потребуется увеличить время измерений.

Примечание – Например, при длительности импульса, равной 1 мкс, и периоде повторения 10 мкс, скважность импульсов равна 10 (см. формулу 2.44). Это значит, что на 10 дБ уменьшится отношение сигнал/шум, и в 10 раз необходимо увеличить время измерения для компенсации ухудшения отношения сигнал/шум

$$\frac{10}{1} = 10. \quad (2.44)$$

2.3.5.11.8 Калибровка выполняется в непрерывном режиме²⁾. В случае использования внешнего модулятора калибровка осуществляется совместно с ним (рисунок 2.227), при этом модулятор находится в режиме «постоянно включен».

Примечание – Если модулятор переходит в режим «включен» с помощью высокого уровня управляющего напряжения, то обеспечить его можно инвертированием сигнала с выходного разъема для синхронизации в режиме «не используется».

¹⁾ Оценка S-параметров.

²⁾ См. п. 2.3.3 настоящего РЭ.

2.3.5.11.9 Кроме параметров, задаваемых в непрерывном режиме¹⁾, для измерений в импульсных режимах необходимо дополнительно установить параметры синхрогенератора и зануления.

Настройка синхрогенератора осуществляется на панели управления «Синхронизация» (рисунок 2.61) заданием длительности высокого и низкого уровней модулирующего импульсного сигнала и включением генерации импульсов при помощи режима «транс. синхрогенератор» выхода синхронизации²⁾.

Режим импульсных измерений определяется одноименным параметром на панели управления «Импульсные измерения» (рисунок 2.62). В «импульсном» режиме необходимо задать следующие значения:

- «Временное зануление каналов» – включение или выключение зануления сигнала;
- «Длительность окна» – интервал времени³⁾, в течение которого сигнал не зануляется (далее – окно «незануления»)⁴⁾;
- «Старт обзора» – временная задержка от фронта синхроимпульса до начала интервала измерений⁵⁾, в котором сигнал не зануляется (далее – задержка окна «незануления»)⁶⁾;
- «Авто ПЧ» – автоматический выбор фильтра ПЧ для импульсных измерений⁷⁾.

Примера измерений параметров устройств в импульсном режиме представлен в приложении К.

2.3.5.11.10 Метод измерения профиля импульса выполняется в импульсном режиме на фиксированной частоте и заключается в перемещении точки «Старт обзора», т.е. окна «незануления» (рисунок 2.230).

Примечания

1 Профиль импульса измеряется по одной точке в каждой реализации переходного процесса. Если от реализации к реализации изменяется амплитуда или задержка переходного процесса, то профиль будет искажен.

2 Развертка по времени ограничена одним периодом синхросигнала.

3 Если модулятор переходит в режим «включен» с помощью высокого уровня управляющего напряжения, то обеспечить его можно инвертированием сигнала выхода синхронизации в режиме «не используется».

4 Несмотря на то, что профиль импульса измеряется на одной частоте, калиброваться можно в диапазоне частот, это позволит измерить профиль на других частотах.

2.3.5.11.11 Установка параметров измерений имеет сходства с конфигурацией «импульсного» режима. На рисунке 2.232 представлена панель управления «Импульсные измерения» в режиме «Профиля импульса».

¹⁾ Диапазон частот, мощность и т.п.

²⁾ Параметр «Синхровыход».

³⁾ Время зануления $\tau_{\text{зан}}$ лежит в пределах от 50 нс до 650 мкс.

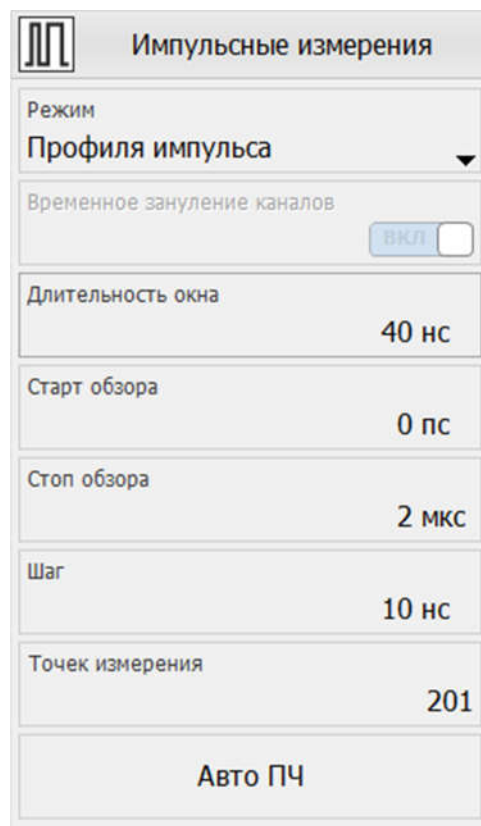
⁴⁾ Значения округляются до величины, кратной периоду сигнала ПЧ.

⁵⁾ Интервал измерений лежит в пределах ± 160 мкс

⁶⁾ Позволяет исключить влияние переходных процессов.

⁷⁾ Приравнивает время измерений к периоду повторения синхроимпульсов (длительность высокого плюс низкого уровня импульсов синхрогенератора).

Примечание – При выборе режима «Профиль импульса» начальная и конечная частоты сканирования приравниваются к центральной частоте.



Импульсные измерения	
Режим	Профиль импульса
Временное зануление каналов	вкл.
Длительность окна	40 нс
Старт обзора	0 пс
Стоп обзора	2 мкс
Шаг	10 нс
Точек измерения	201
Авто ПЧ	

Рисунок 2.232 – Конфигурация режима «Профиль импульса»

2.3.5.11.12 Кроме того, потребителю необходимо задать параметр «Стоп обзора»¹⁾ и «Шаг» – интервал времени, который соответствует шагу перемещения окна «незануления».

Параметры «Шаг» и «Стоп обзора» определяют количество точек перестройки, отображаемое на панели²⁾.

2.3.5.11.13 На рисунке 2.233 приведен пример измерения профиля импульса.

Заметно, что профиль импульса строится только в пределах периода синхросигнала. В оставшееся время сигнал занулен.

¹⁾ Конечное положение окна «незануления».

²⁾ «Точек измерения».

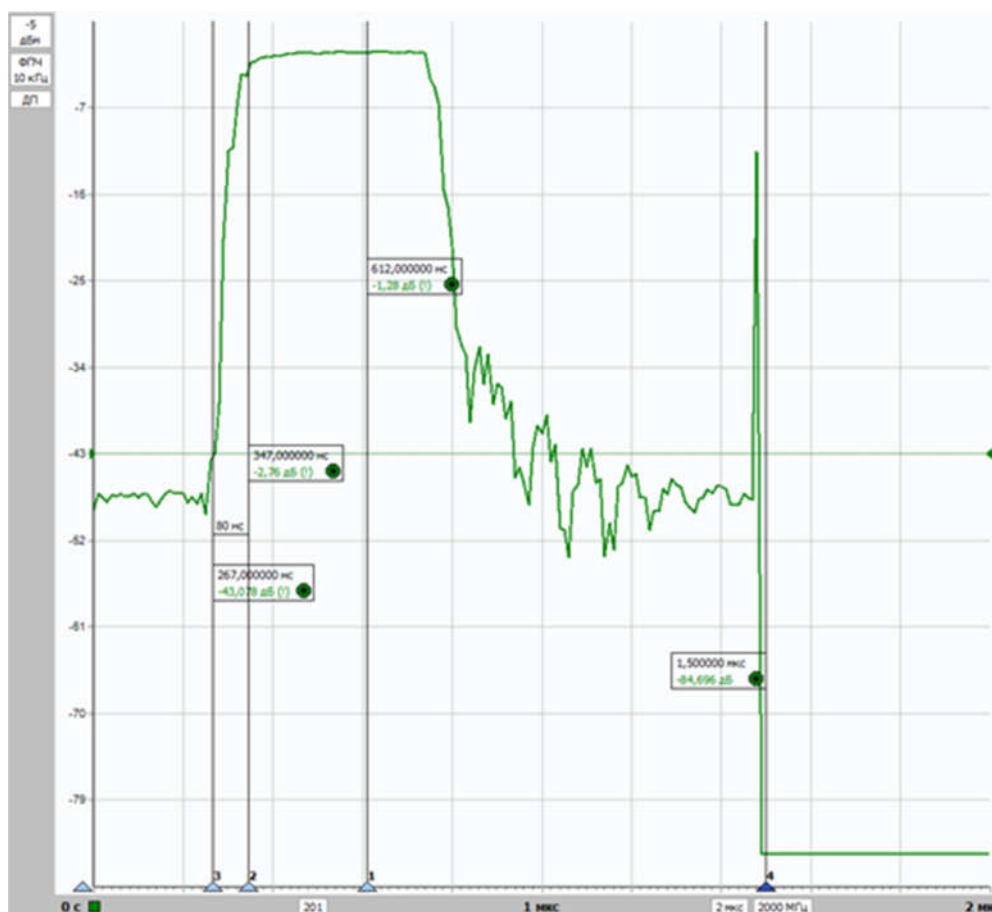


Рисунок 2.233 – Результат измерения в режиме «Профиль импульса»

2.4 Действия в экстремальных условиях

2.4.1 При эксплуатации анализаторов в соответствии с требованиями настоящего РЭ аварийные ситуации исключены.

2.4.2 При возникновении аварийных ситуаций¹⁾ и экстремальных условиях действовать в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»²⁾, а также в соответствии с требованиями стандартов предприятия³⁾ потребителя⁴⁾.

Примечание – При возникновении аварийных ситуаций, также рекомендуется действовать с рекомендациями приложения В.

¹⁾ Вызванных неправильной эксплуатацией анализаторов или иными причинами, таким как стихийные бедствия, чрезвычайные ситуации, и прочими причинами относящимся к причинам непреодолимой силы.

²⁾ Регламентирующих поведение обслуживающего персонала и потребителей для таких ситуаций.

³⁾ Или внутренних регламентов.

⁴⁾ Стандарты предприятия и внутренние регламенты потребителя не должны противоречить требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

2.5 Особенности использования доработанных анализаторов

2.5.1 Доработка анализаторов не предусмотрена. Подробнее о техническом обслуживании и текущем ремонте анализаторов см. в разделах 3 и 4 настоящего РЭ.

3 Техническое обслуживание

3.1 Общие указания

3.1.1 Техническое обслуживание – комплекс мероприятий, предназначенный для поддержания исправного состояния анализатора в течение срока службы.

3.1.2 Техническое обслуживание анализатора состоит из операций, которые должен выполнять потребитель и операций выполняемых только на предприятии-изготовителе или у полномочных представителей¹⁾.

3.1.3 Все операции по техническому обслуживанию проводятся на рабочем месте, площадь которого достаточна для размещения анализатора, устройств из комплекта поставки анализаторов и необходимого инструмента.

Рабочее место должно быть чистым, освещенность рабочего места не менее 100 лк.

3.1.4 В таблице 3.1 представлены возможные операции и рекомендуемая периодичность их проведения.

Т а б л и ц а 3.1

Наименование	Исполнитель	Периодичность	Метод контроля
1 Внешний осмотр	потребитель	1 раз в месяц	3.3.1
2 Чистка от загрязнений	потребитель	1 раз в месяц	3.3.2
3 Чистка вентиляторной решетки	потребитель	1 раз в год	3.3.3
4 Визуальный контроль и чистка соединителей	потребитель	1 раз на каждые 50 циклов сочленений-расчленений	3.3.4
5 Проверка присоединительных размеров и несоосности коаксиальных соединителей	потребитель	1 раз на каждые 50 циклов сочленений-расчленений	3.3.5
6 Подстройка параметров опорного генератора	предприятие-изготовитель	через 2000 рабочих часов или 1 раз в 2 года	—
7 Подстройка параметров выходного тракта (частота, мощность)	предприятие-изготовитель	через 2000 рабочих часов или 1 раз в 2 года	—

¹⁾ Фирменный метод технического обслуживания.

Наименование	Исполнитель	Периодичность	Метод контроля
8 Калибровка приемного тракта	предприятие-изготовитель	через 2000 рабочих часов или 1 раз в 2 года	—
9 Подстройка параметров устройств из комплекта поставки анализаторов (калибровка, замена описаний и характеристик, подстройка ключей тарированных и т.д.)	предприятие-изготовитель	через 2000 рабочих часов или 1 раз в 2 года	—
Примечания 1 Периодичность проведения операций приведена при использовании анализатора 8 часов в сутки, 5 дней в неделю. В зависимости от интенсивности использования операции 1, 2 и 3 могут быть выполнены с другой периодичностью. 2 Операция 5 проводится по указаниям эксплуатационной документации на измерители присоединительных размеров с уточнениями, приведенными в 3.3.5. 3 Операции 6, 7, 8 и 9 рекомендуется выполнять через заданное количество рабочих часов или по истечении указанного календарного срока в зависимости от того, что наступит раньше. Порядок выполнения этих операций регламентируется документацией предприятия-изготовителя.			

3.2 Меры безопасности

3.2.1 Во время выполнения операций по техническому обслуживанию, обслуживающий персонал должен использовать браслеты антистатические и коврики антистатические, чтобы избежать вывода из строя анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора действием статического электричества.

3.2.2 Во время работы со спиртом этиловым техническим гидролизным ректифицированным по ГОСТ Р 55878 необходимо соблюдать следующие правила:

- чистку анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов проводить только при выключенном электропитании¹⁾;
- чистку нужно проводить в хорошо проветриваемом помещении²⁾ на специально подготовленном чистом рабочем месте в отдалении от потенциальных очагов воспламенения.

¹⁾ Это необходимо, чтобы при выполнении операции не возникло поражения электрическим током обслуживающего персонала, а также для исключения вывода анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора из строя.

²⁾ Это необходимо для того, чтобы избежать отравления парами спирта обслуживающего персонала.

3.3 Порядок технического обслуживания анализаторов и устройств из комплекта поставки анализатора потребителем

3.3.1 Внешний осмотр

3.3.1.1 Цель проведения внешнего осмотра – выявление видимых дефектов анализатора и (или) устройств из комплекта поставки анализаторов.

3.3.1.2 Необходимые инструменты и их количество:

- браслет антистатический – 1 шт.;
- коврик антистатический – 1 шт.

3.3.1.3 Сверить заводские номера анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов, указанные на их корпусах с заводскими номерами, указанными в формуляре. При обнаружении несоответствий:

- при первоначальном осмотре¹⁾ дальнейшая работа с анализатором запрещается, необходимо связаться с предприятием-изготовителем для выяснения и устранения причин несоответствия;

- при использовании анализатора в качестве СИ в области государственного регулирования²⁾ дальнейшая работа с анализатором запрещена³⁾, необходимо связаться с поставщиком анализатора для выяснения и устранения причин несоответствия;

- при периодическом осмотре и не использовании анализатора в качестве СИ проводится выяснение и устранение причин несоответствия в соответствии с организационными документами предприятия⁴⁾.

3.3.1.4 Проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, а также отсутствие следов вскрытия анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов.

При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с анализатором запрещается, необходимо связаться с предприятием-изготовителем для выяснения и устранения причин несоответствия.

3.3.1.5 Убедиться в отсутствии механических повреждений, следов коррозии, нарушений маркировки анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов.

Примечание – Под механическими повреждениями понимают глубокие царапины, деформацию рабочих поверхностей проводников соединителей, вмятины на корпусе, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на технические характеристики анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора.

¹⁾ Анализатор получен впервые, либо после ремонта.

²⁾ В соответствии с Федеральным законом № 102-ФЗ.

³⁾ Свидетельство о проверке содержит сведения о номерах стороннего анализатора и (или) стороннего комплекта поставки анализаторов, что запрещает работу с ними согласно законодательству РФ.

⁴⁾ Например, внесение изменений в состав рабочего места.

При обнаружении механических повреждений, следов коррозии и нечитаемой маркировки дальнейшая работа с анализатором запрещается, необходимо выяснить и устранить причины несоответствия.

Устранение механических повреждений, следов коррозии и восстановления маркировки возможно только на предприятии-изготовителе или его уполномоченных представителей. Самостоятельное проведение этих операций потребителем не предусмотрено.

3.3.1.6 Провести визуальный контроль целостности и частоты коаксиальных соединителей анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов согласно требованиям пункта 3.3.2 настоящего РЭ.

3.3.2 Чистка от загрязнений

3.3.2.1 В настоящем подразделе приведен порядок чистки корпуса анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов от загрязнений, возникающих при эксплуатации¹⁾.

3.3.2.2 Необходимые инструменты и их количество:

- ткань хлопчатобумажная или ветошь обтирочная – не менее 50 см²;
- вата медицинская гигроскопическая гигиеническая по ГОСТ 5556 – не менее 5 г;
- спирт этиловый технический гидролизный ректификованный по ГОСТ Р 55878 – не менее 50 мл.;
- браслет антистатический – 1 шт.;
- коврик антистатический – 1 шт.

3.3.2.3 Выключить анализатор, установив кнопку «POWER» на передней панели анализатора в отжатое положение. Переключатель «POWER» на задней панели анализатора установить в положение «0».

3.3.2.4 Отключить кабель питания от анализатора, отсоединить клемму защитного заземления анализатора от шины защитного заземления.

3.3.2.5 Протереть загрязненные поверхности тканью или ватой, смоченной спиртом, не допуская попадания капель жидкости внутрь корпуса анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов.

3.3.2.6 Просушить очищаемые поверхности, выдержав не менее 30 мин на открытом воздухе при нормальной температуре. Убедиться в отсутствии остатков жидкости.

3.3.2.7 Провести визуальный контроль чистоты корпуса анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов, убедиться в отсутствии загрязнений. В случае необходимости чистку повторить.

3.3.2.8 При необходимости провести чистку вентиляторной решетки по 3.3.3 и коаксиальных соединителей по 3.3.4.

¹⁾ Таких как пыль, грязь, следы от пальцев рук и т.д. Данные загрязнения не являются следствием неправильной эксплуатации и хранения, в отличие от следов коррозии и ржавчины, удаление которых проводится только на предприятии-изготовителе или у его уполномоченных представителей.

3.3.3 Чистка вентиляторной решетки

3.3.3.1 Необходимые инструменты и их количество:

- ткань хлопчатобумажная или ветошь обтирочная сортированная – не менее 50 см²;
- щетка или кисточка с мягкой щетиной – 1 шт.;
- спирт этиловый технический гидролизный ректификованный по ГОСТ Р 55878 – не менее 20 мл;
- баллон со сжатым воздухом или резиновая груша – 1 шт;
- отвертка крестовая¹⁾ – 1 шт;
- браслет антистатический – 1 шт.;
- коврик антистатический – 1 шт.

3.3.3.2 Выключить анализатор, установив кнопку «POWER» на передней панели анализатора в отжатое положение. Переключатель «POWER» на задней панели анализатора установить в положение «0».

3.3.3.3 Отключить кабель питания от анализатора, отсоединить клемму защитного заземления анализатора от шины защитного заземления.

3.3.3.4 Крестовой отверткой отвернуть 4 винта, удерживающие вентиляторную решетку на задней панели анализатора, снять крышку.

3.3.3.5 Извлечь поролоновый фильтр.

3.3.3.6 Стряхнуть пыль, прочистить фильтр щеткой или кисточкой с мягкой щетиной.

Запрещается применять металлические предметы для чистки. Применение металлических предметов может привести к повреждению фильтра вентиляторной решетки.

3.3.3.7 Протереть корпус решетки и сам вентилятор тканью или ветошью, смоченной в спирте, просушить очищенные поверхности, продув их воздухом с помощью баллона со сжатым воздухом или резиновой груши или выдержав не менее 30 мин на открытом воздухе при нормальной температуре.

3.3.3.8 Установить фильтр, затем вентиляторную решетку на прежнее место, завернув крестовой отверткой 4 винта.

3.3.3.9 Соединить сначала клемму защитного заземления анализатора с шиной защитного заземления, затем разъем подключения кабеля питания и сеть электропитания с помощью кабеля питания.

3.3.3.10 Переключатель «POWER» на задней панели анализатора установить в положение «1», затем включить анализатор, нажав на кнопку «POWER» на передней панели анализатора. Убедиться в наличии индикации на кнопке «POWER». Проверить включение вентилятора на задней панели анализатора.

¹⁾ Шлиц Ph1.

3.3.4 Визуальный контроль и чистка соединителей

3.3.4.1 Необходимые инструменты и их количество:

- вата медицинская гигроскопическая гигиеническая по ГОСТ 5556 – не менее 1 г на каждый очищаемый соединитель;
- спирт этиловый технический гидролизный ректификованный по ГОСТ Р 55878 – не менее 5 мл на каждый очищаемый соединитель;
- браслет антистатический – 1 шт.;
- коврик антистатический – 1 шт.;
- баллон со сжатым воздухом или резиновая груша – 1 шт.;
- деревянные палочки – не менее 1 шт. на каждый очищаемый соединитель.

3.3.4.2 Визуальный контроль соединителей анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов рекомендуется проводить не реже 1 раза на каждые 50 подключений к их соединителям.

Визуальный контроль соединителей других устройств, подключаемых к анализаторам необходимо проводить каждый раз, непосредственно перед подключением к соединителям анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов.

3.3.4.3 Провести визуальный контроль целостности и чистоты коаксиальных соединителей. При обнаружении посторонних частиц провести чистку коаксиальных соединителей анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов согласно требованиям 3.3.4.4 – 3.3.4.8, в случае отсутствия посторонних частиц требования 3.3.4.4 – 3.3.4.8 не выполнять.

При обнаружении механических повреждений¹⁾ соединителей анализаторов или устройств из комплекта поставки анализаторов дальнейшая работа с ними запрещается, необходимо выяснить и устранить причины повреждения.

Устранение механических повреждений, соединителей возможно только на предприятии-изготовителе или его уполномоченных представителей. Самостоятельное проведение этой операции потребителем не предусмотрено.

3.3.4.4 Протереть поверхности коаксиальных соединителей разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»²⁾, указанные стрелками на рисунках 3.1 и 3.2, палочкой с ватным тампоном³⁾, смоченным в спирте.

Запрещается чистить гнездовые контакты коаксиальных соединителей при помощи ватного тампона, во избежание застревания остатков ваты между ламелями гнезда.

3.3.4.5 Провести чистку остальных внутренних поверхностей коаксиальных соединителей разъемов «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»⁴⁾, продув их сжатым воздухом с помощью баллона со сжатым воздухом или резиновой груши.

¹⁾ Например, замята резьба, отогнута или выломана ламель у коаксиального соединителя типа «розетка» и т.д.

²⁾ А также коаксиальных соединителей устройств из комплекта поставки анализаторов.

³⁾ Ватой, намотанной на тонкий деревянный стержень.

⁴⁾ А также коаксиальных соединителей устройств из комплекта поставки анализаторов.

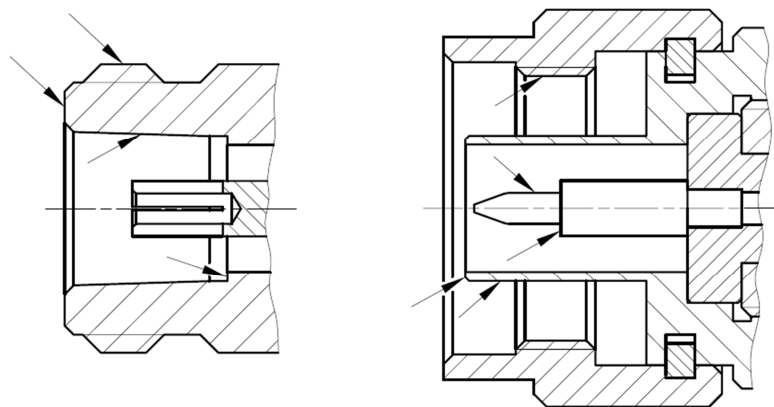


Рисунок 3.1 – Чистка соединителей тип N и тип III

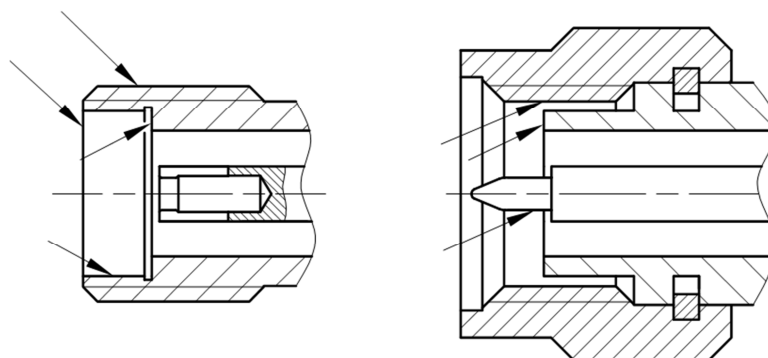


Рисунок 3.2 – Чистка соединителей тип 3,5 мм и тип IX, вариант 3

3.3.4.6 Просушить соединители в течение от 5 до 7 мин, выдержав их на воздухе при нормальной температуре. Убедиться в отсутствии остатков спирта внутри соединителей.

3.3.4.7 Провести чистку остальных соединителей анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов продувкой сжатым воздухом с помощью баллона со сжатым воздухом или резиновой груши

3.3.4.8 Провести визуальный контроль чистоты соединителей, убедиться в отсутствии посторонних частиц. В случае необходимости чистку повторить.

3.3.5 Проверка присоединительных размеров и несоосности коаксиальных соединителей

3.3.5.1 Необходимые инструменты и их количество:

- КИПР – количество комплектов определяется количеством типов коаксиальных соединителей у анализатора и устройств из комплекта поставки анализатора;
- измеритель несоосности или микроскоп, 1 шт.

3.3.5.2 Проверка присоединительных размеров и несоосности коаксиальных соединителей анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов проводится не реже одного раза на каждые 50 подключений.

Проверку присоединительных размеров и несоосности соединителей других устройств, подключаемых к анализатору необходимо проводить каждый раз, непосредственно перед подключением к соединителям анализатора и устройств из комплекта поставки анализаторов.

Цель проверки – не допустить к эксплуатации коаксиальные соединители с большой рецессией¹⁾ и соединители с наличием протрузии²⁾, показанных на рисунке 3.3.

3.3.5.3 Провести проверку присоединительных размеров коаксиальных соединителей с помощью КИПР в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на КИПР.

Присоединительные размеры коаксиальных соединителей анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов должны соответствовать требованиям ГОСТ РВ 51914.

В случае если, коаксиальные соединители анализаторов или (и) устройств из комплекта поставки анализаторов не соответствуют требованиям ГОСТ РВ 51914, то дальнейшая работа с ними запрещена. Анализаторы или (и) устройства из комплекта поставки анализаторов необходимо направить в ремонт.

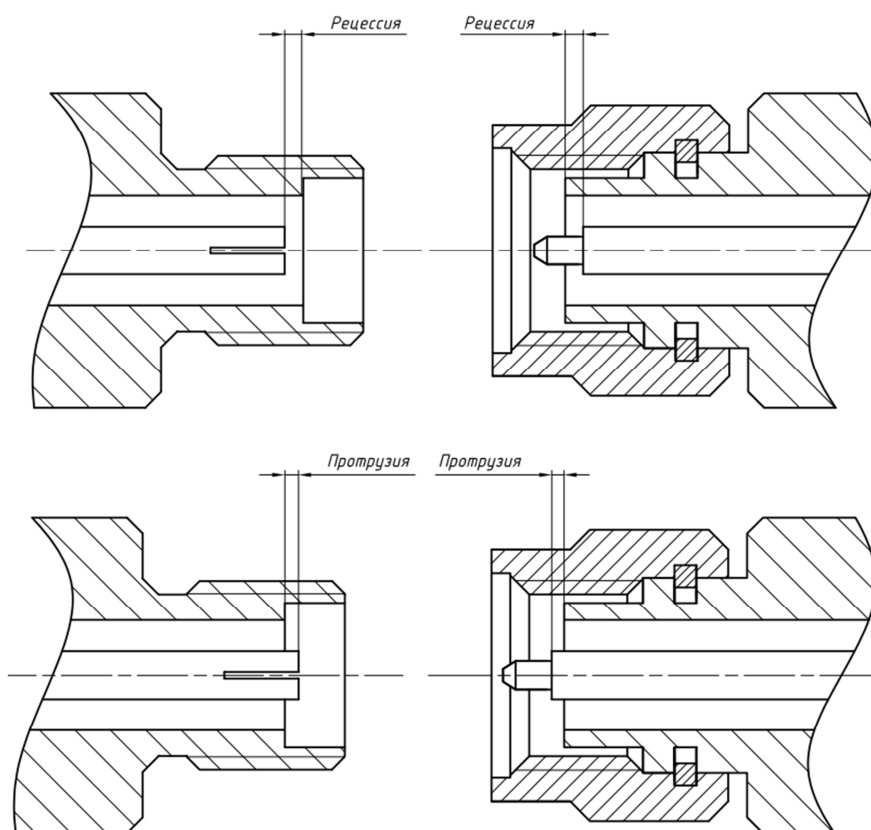


Рисунок 3.3 – Рецессия и протрузия соединителей

¹⁾ Утопление центрального проводника относительно внешнего.

²⁾ Выступание центрального проводника относительно внешнего.

3.3.5.4 Проверку эксцентриситета проводить с помощью измерителя несоосности в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него или визуально с помощью измерительной сетки на микроскопе.

При превышении эксцентриситета у анализаторов и (или) устройств из комплекта поставки анализаторов более чем на 2,5% диаметра проводника¹⁾ дальнейшая работа с анализаторами или (и) устройствами из комплекта поставки анализатора запрещена. Анализаторы или (и) устройства из комплекта поставки анализаторов необходимо направить в ремонт.

Примечание – При необходимости допускается подключать к анализатору устройства из комплекта поставки анализаторов с эксцентриситетом более 2,5%, предварительно подключив к анализатору коаксиальный переход, удовлетворяющий требованиям подраздела 3.3.5 настоящего РЭ в части присоединительных размеров и эксцентриситета.

3.4 Проверка работоспособности анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов

3.4.1 После выполнения операций по техническому обслуживанию проверка работоспособности анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов не выполняется.

Исключением является операция по чистке вентиляторной решетки по требованиям, изложенным в 3.3.3.

3.4.2 Проверку работоспособности анализаторов после выполнения операции по чистке вентиляторной решетки производить согласно требованию 3.3.3.10.

3.5 Консервация

3.5.1 Консервация (расконсервация, переконсервация) анализаторов производится в соответствии с требованиями формуляров:

- ЖНКЮ.468166.032 ФО для Р4213;
- ЖНКЮ.468166.033 ФО для Р4226.

3.5.2 Консервация (расконсервация, переконсервация) устройств из комплекта поставки анализаторов производится в соответствии с требованиями ЭД на них.

¹⁾ Для соединителей тип N и тип III – 175 мкм, для соединителей тип 3,5 мм и тип IX, вариант 3 – 90 мкм.

3.6 Техническое освидетельствование

3.6.1 Техническое освидетельствование анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов может проводиться по требованию заказчика организациями, представляющими государственные надзорные органы или имеющими государственную лицензию, на его проведение в соответствии с процедурами, установленными местным законодательством.

Предприятие-изготовитель техническое освидетельствование анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов не проводит.

4 Текущий ремонт

4.1 Общие указания

4.1.1 Для анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов предусмотрен текущий ремонт, выполняемый на предприятии-изготовителе или его уполномоченных представителей¹⁾ по гарантийным обязательствам, либо вне гарантийных обязательств. Подробности про гарантийный ремонт см. в подразделе 4.4 настоящего РЭ.

Других видов и способов ремонта для анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов не предусмотрено.

Запрещается проводить самостоятельный ремонт анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов.

4.1.2 Допускается самостоятельная замена потребителем плавкого предохранителя по указаниям подраздела 4.3 в соответствии с мерами безопасности, указанными в 4.2 настоящего РЭ.

4.2 Меры безопасности

4.2.1 Во время замены плавкого предохранителя по указаниям подраздела 4.3 настоящего РЭ, обслуживающий персонал должен использовать браслеты антистатические и коврики антистатические, чтобы избежать вывода из строя анализатора.

4.3 Замена плавкого предохранителя

4.3.1 Выключить анализатор, установив кнопку «POWER» на передней панели анализатора в отжатое положение. Переключатель «POWER» на задней панели анализатора установить в положение «0».

4.3.2 Отключить кабель питания от анализатора, отсоединить клемму защитного заземления анализатора от шины защитного заземления.

4.3.3 Открыть крышку, закрывающую гнездо установки плавкого предохранителя.

4.3.4 Установить сменный предохранитель, находящийся в гнезде. В случае отсутствия сменного предохранителя, установить предохранитель аналогичного типа.

4.3.5 Закрыть крышку, соединить сначала клемму защитного заземления анализатора с шиной защитного заземления, затем разъем подключения кабеля питания и сеть электропитания.

¹⁾ Фирменный метод.

4.3.6 Включить анализатор, установив сначала переключатель «POWER» на задней панели в положение «1», затем нажав кнопку «POWER» на передней панели, убедиться в наличии индикации кнопки «POWER».

Примечание – Повторный выход из строя предохранителя после включения означает неисправность анализатора, при которой необходимо обратиться в службу технической поддержки предприятия-изготовителя для получения указаний по дальнейшему ремонту анализатора.

4.4 Гарантийный ремонт

4.4.1 В течение гарантийного срока предприятие-изготовитель обязуется проводить гарантийный ремонт или замену анализатора и (или) устройств из комплекта поставки анализатора в случае несоответствия его характеристик или наличия механических повреждений при первоначальном осмотре.

4.4.2 При наличии механических повреждений при первоначальном осмотре или обнаружении несоответствия характеристик в течение гарантийного срока, необходимо составить технически обоснованный акт с указанием причин несоответствия и условий их обнаружения. Упаковать анализатор и (или) комплект принадлежностей, пользуясь указаниями подпункта 2.2.2.2 настоящего РЭ, и отправить их на предприятие-изготовитель для ремонта или замены.

4.4.3 Комплект поставки анализатора на предприятие-изготовитель для ремонта или замены должен соответствовать комплекту поставки, указанному в формуляре.

Примечание – Допускается по согласованию с предприятием-изготовителем на ремонт или замену высылать не полный комплект, а только устройство, вышедшее из строя. При этом с устройством обязательно высылается формуляр (паспорт).

4.4.4 Гарантийный ремонт анализатора и (или) устройств из комплекта поставки анализатора проводится только силами предприятия-изготовителя или его уполномоченных представителей.

4.4.5 Гарантии на ремонт не распространяются в следующих случаях:

- имеются механические повреждения, полученные при эксплуатации, или следы воздействия жидкостей или агрессивных паров;
- отсутствует формуляр (паспорт);
- формуляр (паспорт) не заполнен или заполнен неверно;
- повреждены пломбы предприятия-изготовителя;
- имеются следы вскрытия корпуса анализатора и (или) устройств из комплекта поставки анализатора;
- истек гарантийный срок.

4.4.6 Предприятие-изготовитель осуществляет платный негарантийный ремонт и сервисное обслуживание в течение срока службы анализатора.

4.4.7 Негарантийный ремонт проводится после оформления договора на проведение ремонта.

5 Хранение

5.1 Постановка анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов на хранение, а также их снятие с хранения¹⁾ производятся согласно требованиям стандартов предприятия²⁾ потребителя с учетом выполнения требований 5.2 – 5.5 настоящего РЭ.

5.2 Процесс хранения анализаторов должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 15150.

5.3 Анализаторы в эксплуатацию должны храниться на складах в транспортной упаковке при температуре окружающего воздуха от 0 °С до 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

5.4 Анализаторы без упаковки должны храниться при температуре окружающего воздуха от 10 °С до 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

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

¹⁾ По процедуре и перечню работ, а также правилам их проведения и мерам безопасности при подготовке анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов к хранению и снятию с него.

²⁾ Или внутренних регламентов.

6 Транспортирование

6.1 Общие указания

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

6.1.2 Транспортирование упакованных анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов допускается любыми закрытыми транспортными средствами с условиями транспортирования по ГОСТ 15150 (группа 3):

- температура окружающей среды от минус 60 до 50 °С;
- относительная влажность воздуха при 35 °С не более 93 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

6.1.3 При транспортировании воздушным транспортом анализаторы в упаковке должны располагаться в отапливаемых герметизированных отсеках.

6.1.4 Транспортные отсеки, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

6.1.5 Погрузку и выгрузку упакованных анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов осуществлять с учетом требований подраздела 6.2.

6.2 Порядок погрузки и выгрузки анализаторов и меры предосторожности

6.2.1.1 Погрузка и выгрузка упакованных анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов должны проводиться со всеми предосторожностями, исключающими удары и повреждения транспортной тары.

6.2.1.2 При погрузке и выгрузке транспортную тару не бросать и устанавливать согласно нанесенным на ней знакам.

6.2.2 Погрузка и выгрузка не требует применения погрузочно-разгрузочных средств.

7 Утилизация

7.1 Утилизация анализаторов и устройств из комплекта поставки анализаторов осуществляется в соответствии с требованиями формуляров (паспортов) на них.

Приложение А (справочное) Программный интерфейс управления

А.1 Для внешнего управления анализатором и функциями ПО «Graphit P4M» предусмотрен программный интерфейс, основанный на текстовой системе команд. Синтаксис и структура команд, форматы передаваемых данных реализованы в соответствии со стандартом SCPI 1999¹⁾.

Примечание – Полный список команд и базовая информация по их использованию представлены в документе «SCPI_R4M_ru.pdf», расположенном в папке «SCPI_R4M» директории установки. Ярлык для прямого доступа находится в меню в папке «Руководство и примеры программирования SCPI» папки «Micran Graphit P4M 2.5» расположенной в списке «Все программы» меню «Пуск».

А.2 Взаимодействие управляющего ПО²⁾ и ПО «Graphit P4M» может осуществляться с помощью существующих готовых программных решений³⁾. Запуск ПО «Graphit P4M» и дальнейшее подключение к прибору могут быть произведены двумя способами: непосредственно через библиотеку «MiVISA», либо с использованием утилиты «Micran Instrument Connector».

А.3 Библиотека «MiVISA» позволяет взаимодействовать с ПО «Graphit P4M» и измерительным прибором напрямую только в том случае, если управляющее ПО находится на этом же ПК. Зачастую это упрощает процесс инициализации ПО и подключения к прибору – для этого в программе-клиенте необходимо использовать библиотеку «MiVISA32.dll»⁴⁾ и адрес подключения в формате, представленном на рисунке А.1⁵⁾.

TCPIP::<адрес>::<порт>::SOCKET::VNA,

Рисунок А.1 – Формат адреса подключения

А.4 Для подключения через утилиту «Micran Instrument Connector» необходимо:

- запустить данную утилиту из папки «Micran Graphit P4M 2.5» расположенной в списке «Все программы» меню «Пуск»;
- в появившемся окне (см. рисунок А.2) в поле «Адрес прибора» указать IP-адрес или сетевое имя анализатора⁶⁾»;

¹⁾ Является дополнением спецификации IEEE488.2.

²⁾ Программа-клиент.

³⁾ Например, библиотек «VISA» различных реализаций («MiVISA» производства АО «НПФ «Микран», «AgVISA», «NI-VISA» и др.).

⁴⁾ Либо «MiVISA64.dll», если приложение 64-х разрядное.

⁵⁾ В поле «адрес» задается IP-адрес или сетевое имя прибора, в поле «порт» задается номер порта для подключения (обычно 8888), а в поле «VNA» прописывается суффикс, который определяет тип прибора и режима измерения.

⁶⁾ При нажатии на кнопку «Выбрать адрес устройства для подключения» можно выбрать анализатор из открывшегося окна поиска или списка «Избранное».

- в поле «Порт» задать порт подключения¹⁾;
- в выпадающем списке «Тип прибора» выбрать «Р4М/Р42»;
- установить флажок слева от строки с адресом;

Примечание – В случае, если указанный прибор находится в сети и доступен, в поле «Состояние» отобразится сообщение «Активен» на желтом фоне. При невозможности подключения к прибору, либо другой ошибке появится соответствующая запись.

- запустить программу-клиент и установить подключение к анализатору при помощи функции «viOpen» библиотеки «VISA», используя IP-адрес или сетевое имя ПК, на котором запущена утилита «Micran Instrument Connector», и заданный в программе для анализатора номер порта (рисунок А.3).

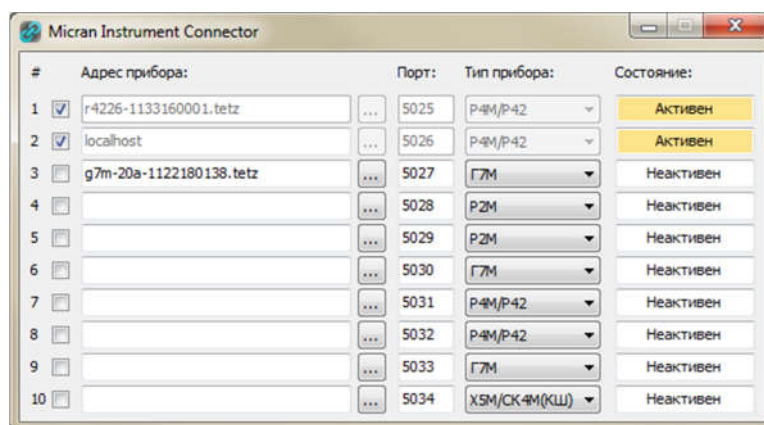


Рисунок А.2 – утилита «Micran Instrument Connector»

TCP/IP::<адрес_ПК>::<порт>::SOCKET

Рисунок А.3 – Формат адреса подключения к анализатору при помощи функции «viOpen»

Примечания

1 Если программа-клиент и утилита «Micran Instrument Connector» расположены на одном и том же ПК, то в качестве адреса подключения в функции «viOpen» необходимо указать IP-адрес данного компьютера. В результате установки соединения должно открыться окно ПО «Graphit Р4М» и осуществиться подключение к выбранному прибору. Минимальный интервал времени подключения составляет 5-10 секунд в зависимости от производительности ПК.

2 Примеры кода программ управления на языках C++, C#, Delphi и среде LabVIEW®, дополнительные файлы библиотек находятся в папке «SCPI_R4М» директории установки.

¹⁾ По умолчанию указывается значение «5025». Для любого последующего анализатора необходимо использовать другое значение, например, увеличенное на единицу.

Приложение Б (справочное)

Решение проблем при настройке сетевых параметров

Б.1 Анализаторы используют 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 анализаторов.

Б.2 Кроме физического протокола Ethernet анализаторами поддерживается ряд сетевых протоколов:

- TCP – для приема команд и передачи результатов измерений;
- UDP – для обнаружения анализаторов в сети;
- ICMP – для диагностики;
- DHCP – для автоматической конфигурации сетевых параметров и регистрации host-имени анализатора в DNS;
- FTP – для файлового доступа к параметрам и таблицам анализатора;
- HTTP – для диагностики и задания параметров анализатора через WEB-интерфейс.

Б.3 В пакетах Ethernet в качестве данных передаются пакеты протокола более высокого уровня – IP. В свою очередь протокол TCP использует в качестве транспорта IP-протокол. На рисунке Б.4 показана иерархия¹⁾ используемых протоколов.

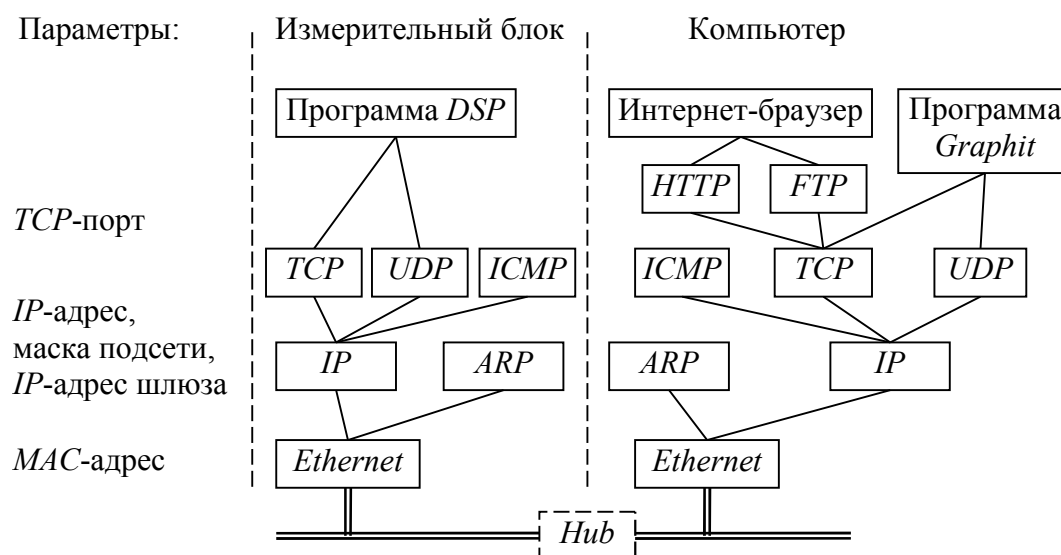


Рисунок Б.4 – Иерархия протоколов

Б.4 ARP обеспечивает перевод IP-адресов в MAC-адреса, для чего заполняет ARP-таблицу соответствий IP-адресов MAC-адресам.

Б.5 ICMP предназначен для диагностики сети, используется утилитой «ping.exe».

¹⁾ Стек.

Б.6 IP-адрес – это тридцатидвухразрядное целое число, которое принято записывать по байтам, разделяя точками¹⁾. Большинство IP-адресов уникальны и однозначно адресуют компьютер²⁾ 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.5.

IP-адрес:	&	№ подсети	№ узла
Маска:		111111111111111111111111	0000000000
Результат:		№ подсети	0000000000
IP-адрес:	&	№ подсети	№ узла
Инвертированная маска:		000000000000000000000000	1111111111
Результат:		000000000000000000000000 № узла	

Рисунок Б.5 – Выделение номеров подсети и узла

Б.7 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 по байтам. Например, маска на рисунке Б.5 записывается как «255.255.252.0».

Б.8 Компьютеры (узлы), принадлежащие одной подсети, разделяют общую среду передачи или, другими словами, включены в один коммутатор³⁾. Подсети подключаются друг к другу через маршрутизаторы (шлюзы), которые представляют собой компьютеры с несколькими сетевыми интерфейсами или специальные устройства.

Б.9 Модуль IP – подпрограмма на компьютере или в анализаторе, получив задание передать пакет, выделяет из IP-адреса назначения номер подсети, сравнивает его с номером своей подсети. В случае совпадения пакет передается непосредственно получателю, иначе пакет передается через шлюз.

Б.10 Для идентификации анализатора в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – «Фабричный» или «Пользователя», выбираемых в наборе переключателей «КОНФИГУРАТОР» на задней панели анализатора. Предприятием-изготовителем устанавливаются значения сетевых параметров набора «Фабричный», представленные на рисунке Б.6⁴⁾.

¹⁾ Например, 127.0.0.1.

²⁾ Точнее, его сетевой адаптер.

³⁾ Hub или Switch. Впрочем, коммутаторов может быть несколько – подключенных друг к другу.

⁴⁾ Тип анализатора может отличаться.

IP-адрес:	169.254.0.254
Маска подсети:	255.255.0.0
TCP-порт:	8888
MAC-адрес:	00.1e.0d.01.xx.xx
IP-адрес шлюза:	0.0.0.0
Сетевое имя:	ск4т-50-«серийный номер»

Рисунок Б.6 – Значения сетевых параметров набора «Фабричный», установленные предприятием-изготовителем

Примечания

1 Приведенные выше параметры обеспечивают прямое подключение анализатора к ПК без каких-либо настроек, при условии, что параметры IP-протокола в компьютере установлены по умолчанию.

2 Под параметрами по умолчанию понимается использование авто-конфигурации IP-протокола.

Б.11 Для того чтобы изменить сетевые настройки следует выполнить:

а) Открыть задачу «Изменение параметров адаптера»:

1) Зайти в окно «Центр управления сетями и общим доступом» вкладки «Панель управления» меню «Пуск» и в открывшемся окне выбрать задачу «Изменение параметров адаптера» для Windows® 7.

2) Зайти в окно «Центр управления сетями и общим доступом» через окно «Панель управления», вызываемое сочетанием клавиш «Пуск+х», и в открывшемся окне выбрать задачу «Изменение параметров адаптера» для Windows® 8.

3) Зайти в раздел «Сеть и Интернет» окна «Параметры» меню «Пуск» и в открывшемся окне выбрать задачу «Изменение параметров адаптера» для Windows® 10.

б) В появившемся окне «Сетевые подключения» кликнуть правой клавиши мышки по пиктограмме «Подключение по локальн...» и выбрать пункт контекстного меню «Свойства».

в) В открывшемся диалоге (рисунок Б.7) выбрать «Протокол Интернета версии 4 (TCP/IPv4)»¹⁾ и нажать кнопку «Свойства».

Б.12 По умолчанию пункт «Получить IP-адрес автоматически» установлен, что разрешает использование протокола динамической конфигурации DHCP (рисунок Б.8).

В локальной сети должен быть сервер DHCP, который выделяет рабочим станциям IP-адреса и сообщает им другие параметры²⁾. Если в сети отсутствует DHCP-сервер, операционная система ПК выбирает адрес из диапазона «169.254.0.1 – 169.254.255.254». Такая ситуация возникает при прямом соединении анализатора и ПК.

¹⁾ Либо «IP версии 4».

²⁾ Маску, шлюз и т.п.

Заданный в «Фабричных» сетевых параметрах IP-адрес анализатора принадлежит этому же диапазону. В результате ПК и анализатор оказываются в одной подсети, что является необходимым условием для работы.

Примечание – Следует заметить, при отключении ПК от локальной сети и подключении к анализатору операционной системе ПК требуется около минуты для переконфигурирования IP-протокола, однако она по ряду причин может не перейти на подсеть «169.254.0.0».

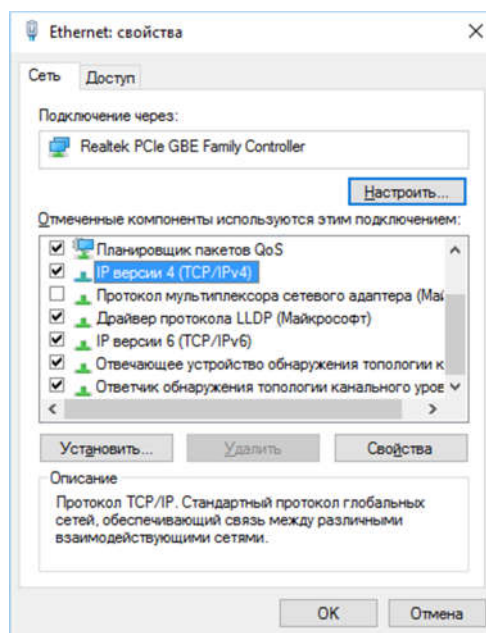


Рисунок Б.7 – Окно «Ethernet: свойства» для управления сетевыми параметрами

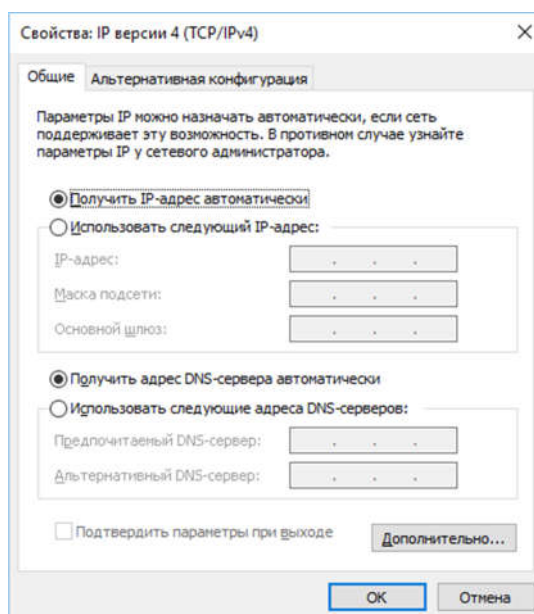


Рисунок Б.8 – Настройка протокола TCP/IPv4
в окне «Свойства: IP версии 4 (TCP/IPv4)»

Б.13 Описанные ниже команды вводятся в командной строке.

Чтобы открыть консольное окно «Командная строка», следует выполнить команду «cmd», введенную в окне «Запуск программы» (рисунок Б.9), появляющееся при нажатии комбинации клавиш «Пуск+R».

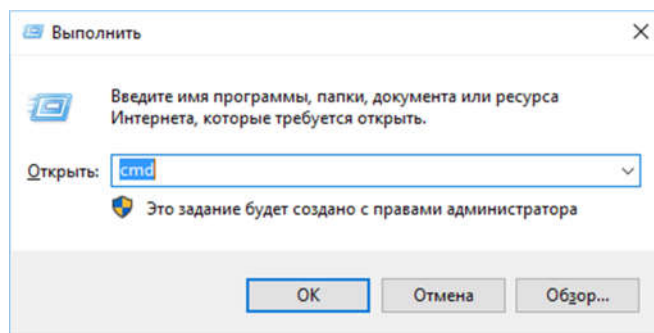


Рисунок Б.9 – Окно «Выполнить»

Б.14 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» (рисунок Б.10).

Примечание – 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.

```
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
```

Рисунок Б.10 – Выполнение команды «ipconfig»

Б.15 Команда «ping» позволяет послать диагностический пакет на удаленную машину¹⁾, которая должна ответить тем же (пример приведен на рисунке Б.11).

Примечание – Иногда бывает полезно добавить ключ «-t», чтобы диагностика велась непрерывно.

¹⁾ В нашем случае – анализатор.

```

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

```

Рисунок Б.11 – Выполнение команды «Ping»

Если анализатор ответил на команду «ping», то с настройками сетевых параметров все в порядке.

Примечание – В редких случаях ответ на команду «ping» может вернуть не анализатор, а другое устройство в локальной сети, занявшее IP-адрес. Для проверки достаточно выключить анализатор и повторить команду «ping».

Б.16 Команда «arp» выводит ARP-таблицу, из которой видны MAC-адреса интерфейсов, с которыми осуществлялся обмен последние несколько минут (рисунок Б.12).

Примечание – MAC-адреса анализаторов, производимых в АО «НПФ «Микран», начинаются с чисел «00-1e-0d-01». Из приведенного на рисунке Б.12 примера видно, что IP-адрес «192.168.1.232» принадлежит анализатору.

```

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

Рисунок Б.12 – Выполнение команды «arp»

Б.17 Часто возникает необходимость подключиться к анализатору с адресом из другой подсети. При этом нет возможности изменить IP-адреса ПК и (или) анализатора.

Для примера, рассмотрим следующую ситуацию: анализатор имеет IP-адрес «169.254.0.254» и, в основном, используется в прямом соединении с ноутбуком. Изредка анализатор подключают к локальной сети. Чтобы в этих редких случаях не менять адрес анализатора, можно воспользоваться командой «route», которая позволяет добавить маршрут до некоторой подсети. Синтаксис команды представлен на рисунке Б.13, где «подсеть» и «маска_подсети» – номер и маска подсети назначения, «IP_компьютера» – IP-адрес компьютера¹⁾.

route add подсеть mask маска_подсети IP_компьютера if номер_интерфейса

Рисунок Б.13 – Синтаксис команды «route»

¹⁾ Точнее адрес того интерфейса, через который будет выполняться обмен с анализатором.

Номер интерфейса и IP-адрес ПК можно узнать из листингов команд «`ipconfig`» 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, представленный на рисунке Б.14.

`route add 169.254.0.0 mask 255.255.0.0 192.168.118.21 if 0x3`

Рисунок Б.14 – Вид команды «`route`» для интерфейса «0x3» и IP-адреса компьютера «192.168.118.21»

Чтобы увидеть запись о добавленном маршруте, можно распечатать таблицу маршрутов командой «`route`» с аргументом «`print`» (рисунок Б.15)¹⁾:

```
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
```

Рисунок Б.15 – Таблица маршрутов

Чтобы удалить маршрут, следует выполнить команду «`route delete`» (рисунок Б.16).

Примечания

- 1 Впрочем, маршрут исчезнет после перезагрузки ПК.
- 2 Если в команду добавления маршрута добавить ключ «`-p`», то маршрут станет постоянным и не будет сбрасываться после выключения анализатора или ПК.

`route delete 169.254.0.0`

Рисунок Б.16 – Рисунок приложения

Б.18 Приведенное в приложении Б описание команд не претендует на полноту, оно содержит лишь необходимый минимум. При желании узнать больше об управлении сетевыми параметрами ПК, можно воспользоваться справочной системой операционной системы или прочитать в специализированной литературе.

¹⁾ Добавленный маршрут выделен полужирным шрифтом.

Приложение В (справочное) Перечень возможных неисправностей

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

Таблица В.1

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
Анализатор не включается	Анализатор не включен в сеть или неисправен кабель питания	Заменить неисправный кабель, либо включить анализатор в сеть
	Сгорел плавкий предохранитель	Заменить плавкий предохранитель на исправный согласно требования подраздела 4.3 настоящего РЭ
При запуске ПО «Graphit P4M» появляется сообщение об ошибке	Анализатор не включен	Включить анализатор
	Нет подключения кабеля Ethernet	Подключить кабель Ethernet
	Сбой в ПО	Обратиться в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель
При первом запуске ПО сообщение об ошибке не появляется, но ПО не реагирует на действия потребителя	Аппаратная несовместимость	Обратиться в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель
При подключении по Ethernet нет связи с анализатором	Неправильно выбраны настройки сетевого подключения либо внутренние настройки сети	Использовать рекомендации и требования п. 2.3.1 настоящего РЭ

Приложение Г (справочное) Примеры арифметических выражений, выполняемых при работе связных маркеров

Г.1 Вычисление разности частот (рисунок Г.1).

`а.арг-б.арг | Полоса: %зн МГц`

Рисунок Г.1 – Выражение для вычисления разности частот
с помощью связных маркеров

Вычисляется разность частот связанных маркеров. Полученное значение выводится между словами «Полоса:» и «МГц». В этом примере разность частот может оказаться отрицательной.

Г.2 Абсолютное значение разности частот (рисунок Г.2).

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

Рисунок Г.2 – Выражение для вычисления абсолютного значения
разности частот с помощью связных маркеров

Предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем на 3 дБ меньше максимума слева и справа¹⁾. В выражении вычисляется отношение центральной частоты к полосе пропускания.

Г.3 Вычисление коэффициента прямоугольности фильтра (рисунок Г.3).

`(а.арг-б.арг) / (м1.арг-м2.арг) | %зн – коэф. прямоугольности`

Рисунок Г.3 – Выражение вычисления коэффициента прямоугольности фильтра
при помощи связных маркеров

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 дает коэффициент прямоугольности фильтра.

Г.4 Накопление статистики (рисунок Г.4).

`а.Трс1-а.Пам1 | %мин; %ср; %макс; %ско дБ`

Рисунок Г.4 – Выражение для накопления и отображения статистики

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

¹⁾ Это задается в свойствах маркеров.

Приложение Д (справочное) Погрешности измерений

Д.1 Погрешности анализатора по закономерностям проявления можно разделить на следующие группы:

- а) Погрешности, обусловленные температурным дрейфом¹⁾.
- б) Случайные погрешности:
 - 1) погрешности соединений и переключений¹⁾;
 - 2) влияние шумов²⁾.
- в) Систематические погрешности:
 - 1) инструментальные³⁾;
 - 2) методические³⁾.

Д.2 Погрешности, обусловленные температурным дрейфом параметров электронных компонентов, в общем случае не устранимы. Чтобы снизить их влияние, рекомендуется прогревать аппаратуру перед калибровкой и измерениями.

Д.3 Погрешности соединений обусловлены характеристиками контактов в разъёмных соединениях. Погрешности соединения изменяются от подключения к подключению, поэтому они отнесены к случайным.

Примечание – 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.

Д.4 Другая составляющая случайных погрешностей обусловлена шумами генератора, приемника, АЦП и других компонентов. Влияние шумов может быть снижено усреднением или выбором более узкой полосы фильтра ПЧ.

Д.5 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.

Д.6 Для оценки и компенсации систематических составляющих погрешности необходима модель влияния факторов ошибок на измеряемые параметры. На рисунке Д.1 представлена упрощенная функциональная схема анализатора, иллюстрирующая распространение сигналов и помех.

¹⁾ Неустранимы.

²⁾ Уменьшается с увеличением времени измерения.

³⁾ В основном, устраняются векторной калибровкой.

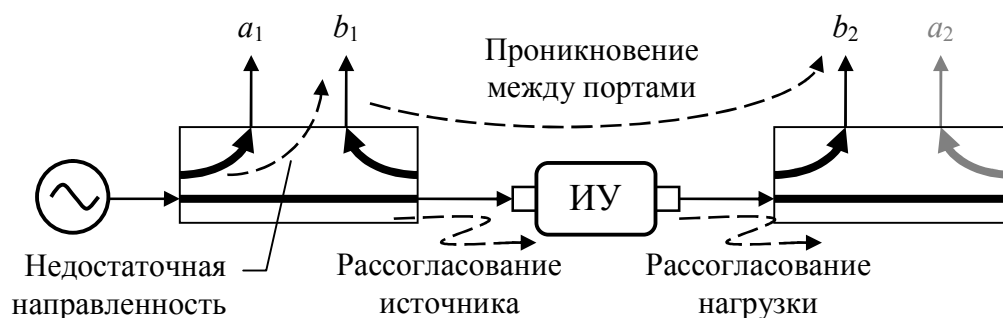


Рисунок Д.1 – Функциональная схема прямого зондирования

Функциональная схема на рисунке Д.1 соответствует случаю прямого зондирования – от разъема «ПОРТ 1» к разъему «ПОРТ 2». На измерительный вход «a₁» поступает ответвленный зондирующий сигнал. На вход «b₁» ответвляется отраженный сигнал, а на вход «b₂» прошедший через ИУ. При обратном зондировании функциональная схема аналогична приведенной выше.

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

Т а б л и ц а Д.1

Наименование	Обозначение	Источник
Направленность (directivity)	E_D	Паразитные проникновения
Изоляция (crosstalk or Isolation)	E_X	Паразитные проникновения
Согласование источника сигнала (source impedance mismatches)	E_S	Паразитные отражения
Согласование нагрузки (load impedance mismatches)	E_L	Паразитные отражения
Частотная неравномерность тракта отраженного сигнала (frequency response reflection tracking)	E_R	Частотные неравномерности
Частотная неравномерность тракта передаваемого из разъема «ПОРТ 1» в разъем «ПОРТ 2» сигнала (frequency response transmission tracking)	E_T	Частотные неравномерности

Д.7 Анализатор измеряет амплитуды и фазы сигналов на входах «a₁», «b₁», «b₂» при прямом зондировании и на входах «a₂», «b₁», «b₂» – при обратном. Из измеренных значений вычисляются измеряемые параметры рассеяния ИУ по формулам 2.1 – 2.4.

Д.8 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 Д.2 и Д.3.

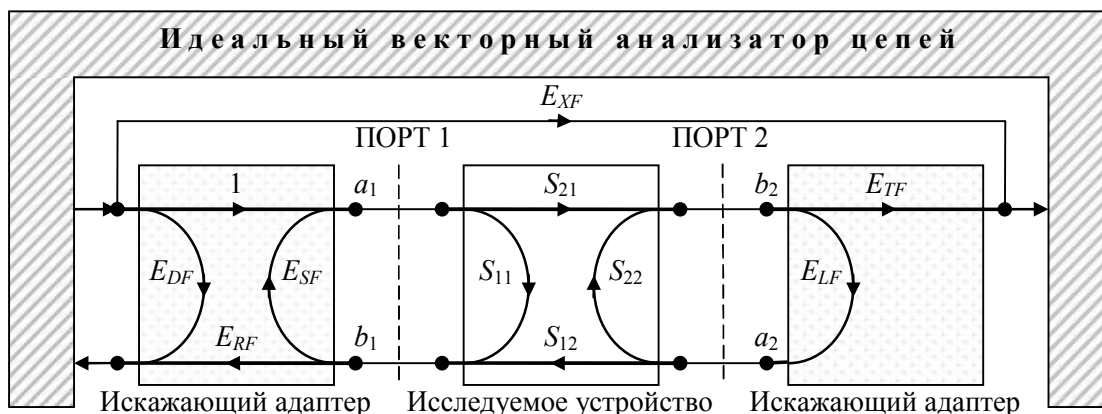


Рисунок Д.2 – Модель с 6 факторами ошибок при прямом зондировании

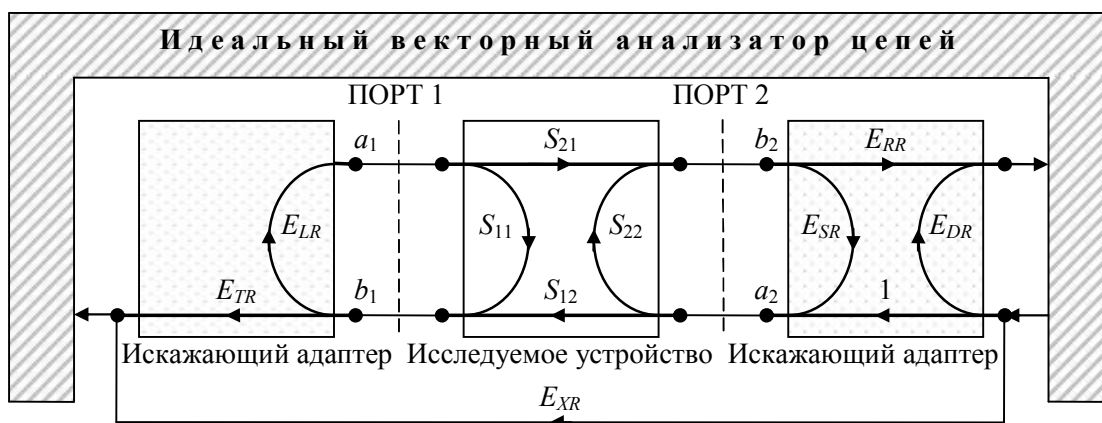


Рисунок Д.3 – Модель с 6 факторами ошибок при обратном зондировании

Д.9 Свойства искажающих адаптеров описываются S-параметрами, представляющие собой факторы ошибок, приведенные в таблице Д.1¹⁾. Искажающие адаптеры характеризуют как цепи внутри анализатора, так и кабели СВЧ и переходы вплоть до соединителя, к которому подключались меры при калибровке и к которому должно подключаться ИУ²⁾.

Д.10 Если тестируется устройство с одним портом, то модель упрощается до трех факторов ошибок и принимает вид как показано на рисунке Д.4.

¹⁾ Вторая буква в индексе F или R, означает направление зондирования.

²⁾ Можно сказать, что анализатор калибруется в некотором сечении коаксиального тракта, обозначенного пунктирной линией на рисунках Д.2 и Д.3.

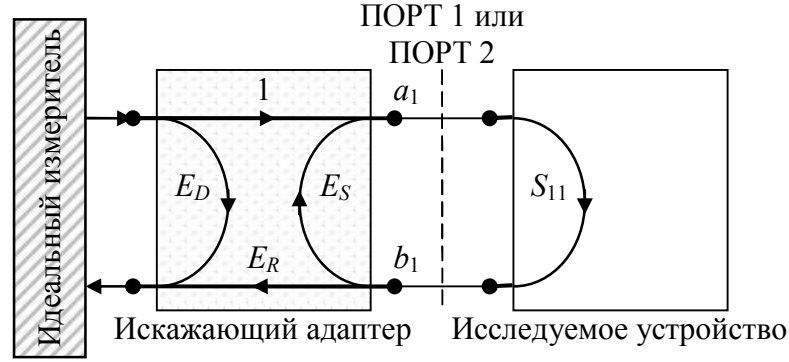


Рисунок Д.4 – Модель с 3 факторами ошибок для работы с одним выходным разъемом

Д.11 Основываясь на сигнальных графах на рисунках Д.2, Д.3 и Д.4 можно записать уравнения, определяющие связь измеряемых и истинных S-параметров (формулы Д.1 и Д.2 – для модели с 3 факторами ошибок; формулы Д.3 и Д.4 – для модели с 12 факторами ошибок $\{E\}$)

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

$$S_{11} = f_{3err}^{-1}(E_D, E_R, E_S, S_{11}^M), \quad (\text{Д.2})$$

$$\begin{bmatrix} S_{11}^M & S_{12}^M \\ S_{21}^M & S_{22}^M \end{bmatrix} = f_{12err}(\{E\}, \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}), \quad (\text{Д.3})$$

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = f_{12err}^{-1}(\{E\}, \begin{bmatrix} S_{11}^M & S_{12}^M \\ S_{21}^M & S_{22}^M \end{bmatrix}), \quad (\text{Д.4})$$

где S_{11}^M , S_{12}^M , S_{21}^M и S_{22}^M – измеренные значения S_{11} , S_{12} , S_{21} и S_{22} ;

f_{3err} и f_{3err}^{-1} – функции от трех факторов ошибок для S_{11} и S_{11}^M ;

f_{12err} и f_{12err}^{-1} – функции от 12 факторов ошибок $\{E\}$ для матрицы истинных S-параметров.

Д.12 Целью калибровки является определение параметров модели – набора факторов ошибок $\{E\}$. Для этого выполняется ряд измерений устройств с известными параметрами. Измеренные значения $\{S^M\}$ подставляются в приведенные 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 потребителем диапазоне.

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

Д.13 Нормировка КП использует запомненные в процессе калибровки коэффициенты передачи меры на проход S_{21Thru}^M или S_{12Thru}^M . Дополнительно может быть измерена изоляция между выходными разъемами анализатора E_{XF} или E_{XR} .

Коррекция КП осуществляется в соответствии с выражениями Д.5 и Д.6

$$S_{21}^* = (S_{21}^M - E_{XF}^*) \cdot \frac{S_{21Thru}}{S_{21Thru}^M}, \quad (Д.5)$$

$$S_{12}^* = (S_{12}^M - E_{XR}^*) \cdot \frac{S_{12Thru}}{S_{12Thru}^M}, \quad (Д.6)$$

где S_{21}^* и S_{12}^* – оценки КП;

S_{21Thru} и S_{12Thru} – известные коэффициенты передачи меры на проход;

S_{21Thru}^M и S_{12Thru}^M – измеренные и запомненные ранее коэффициенты передачи меры на проход;

Изоляция измеряется при подключении двух согласованных нагрузок (формулы Д.7 и Д.8). Если при калибровке был пропущен этап измерения изоляции, то выполняется условие Д.9

$$E_{XF}^* = S_{21}^M, \quad (Д.7)$$

$$E_{XR}^* = S_{12}^M, \quad (Д.8)$$

$$E_X^* = 0. \quad (Д.9)$$

Если калибровка выполнялась на произвольную меру передачи¹⁾, то S_{21Thru} , S_{12Thru} принимаются равными 1. В этом случае оценки S_{21}^* и S_{12}^* будут представлять собой отличие КП ИУ от КП меры, на которую выполнялась калибровка, что часто применяется при настройке по образцу.

Д.14 Нормировка КО может выполняться на величину отражения от нагрузки ХХ или на среднее²⁾ выражение отражений от нагрузки ХХ и КЗ. Дополнительно может быть измерено отражение от согласованной нагрузки.

Коррекция КО выполняется по формулам Д.10 и Д.11 при использовании одной нагрузки ХХ или КЗ, если используются две нагрузки ХХ и КЗ – по формуле Д.12, при калибровке на произвольную нагрузку – по формуле Д.13

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Open}^M - E_{DF}^*} \cdot \Gamma_{Open}, \quad (Д.10)$$

¹⁾ С неизвестными КП.

²⁾ С учетом фазы.

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Short}^M - E_{DF}^*} \cdot \Gamma_{Short}, \quad (\text{Д.11})$$

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{\frac{S_{11Open}^M - E_{DF}^*}{\Gamma_{Open}} + \frac{S_{11Short}^M - E_{DF}^*}{\Gamma_{Short}}} \cdot 2, \quad (\text{Д.12})$$

$$S_{11}^* = \frac{S_{11}^M - E_{DF}^*}{S_{11Калиб}^M - E_{DF}^*}, \quad (\text{Д.13})$$

где S_{11}^* – оценка КО;

Γ_{Open} и Γ_{Short} – известные коэффициенты отражения нагрузок ХХ и КЗ;

S_{11Open}^M и $S_{11Short}^M$ – измеренные при калибровке КО от нагрузок ХХ и КЗ;

$S_{11Калиб}^M$ – измеренные при калибровке КО от произвольной нагрузки.

В качестве оценки направленности используется измеренный коэффициент отражения от согласованной нагрузки (формула Д.14). Если при калибровке не использовалась согласованная нагрузка, то выполняется условие Д.15

$$E_{DF}^* = S_{11Load}^M, \quad (\text{Д.14})$$

$$E_{DF}^* = 0, \quad (\text{Д.15})$$

где S_{11Load}^M – измеренный при калибровке КО от согласованной нагрузки.

Если калибровка выполнялась на произвольную нагрузку¹⁾, оценка S_{11}^* будет представлять собой отличие КО ИУ от КО нагрузки, на которую выполнялась калибровка, что может применяться при настройке по образцу.

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

Д.15 Однопортовая векторная калибровка оценивает и корректирует факторы ошибок E_D , E_R и E_S .

Д.16 Двухпортовая векторная калибровка в одном направлении оценивает факторы ошибок E_D , E_R , E_S , E_T и E_X ²⁾. 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.

¹⁾ С неизвестными КО.

²⁾ Если в процессе калибровки не было пропущено измерение изоляции.

Д.17 Полная двухпортовая векторная калибровка в обоих направлениях компенсирует 10 факторов ошибок¹⁾ или все 12, обеспечивая наивысшую точность измерений.

Д.18 Для однопортовой и полной двухпортовой калибровки нормируются пределы погрешности измерений КП и КО, указанные в характеристиках анализатора.

¹⁾ Исключая изоляцию E_X .

Приложение Е (справочное) Описание наборов калибровочных мер

Е.1 Меры – устройства с известными характеристиками, подключаемые к выходным разъемам «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2» 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.

Е.2 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 анализатором набор мер.

Е.3 Для создания и редактирования файлов описания калибровочных наборов служит «Редактор наборов калибровочных мер», который находится в папке «Micran Graphit P4M 2.5» расположенной в списке «Все программы» меню «Пуск»¹⁾. На рисунке Е.1 представлено окно редактора наборов после чтения файла описания набора.

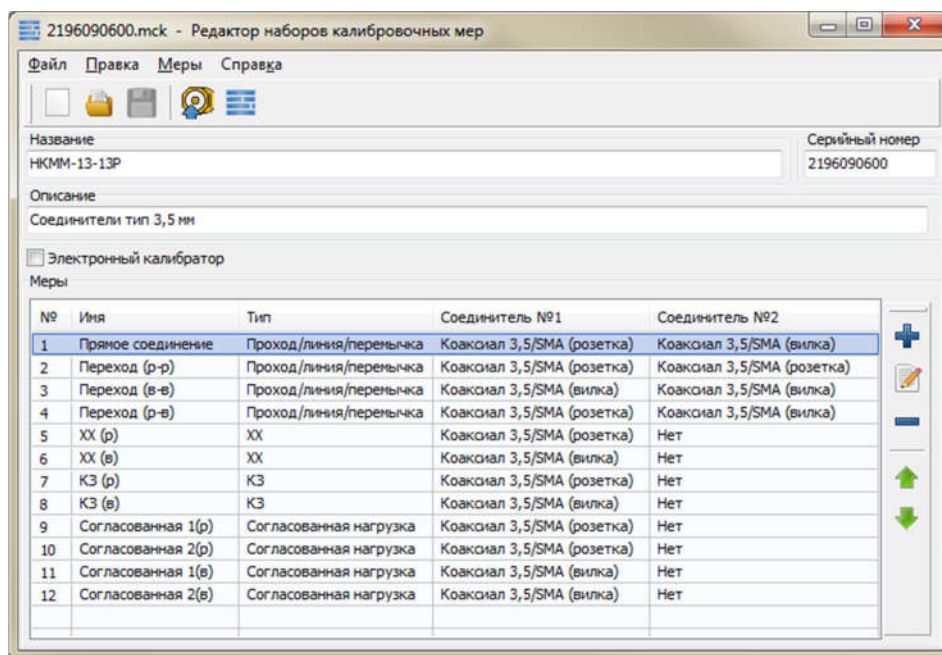


Рисунок Е.1 – Окно «Редактор наборов калибровочных мер»

Е.4 Нажатие кнопки с изображением на рисунке Е.2 открывает диалоговое окно, позволяющее задать список используемых в наборе соединителей (рисунок Е.3).

¹⁾ Либо дважды кликнув по названию набора в окне управления наборами калибровочных мер ПО «Graphit P4M».



Рисунок Е.2 – Кнопка открытия диалогового окна, позволяющего задать список используемых в наборе соединителей

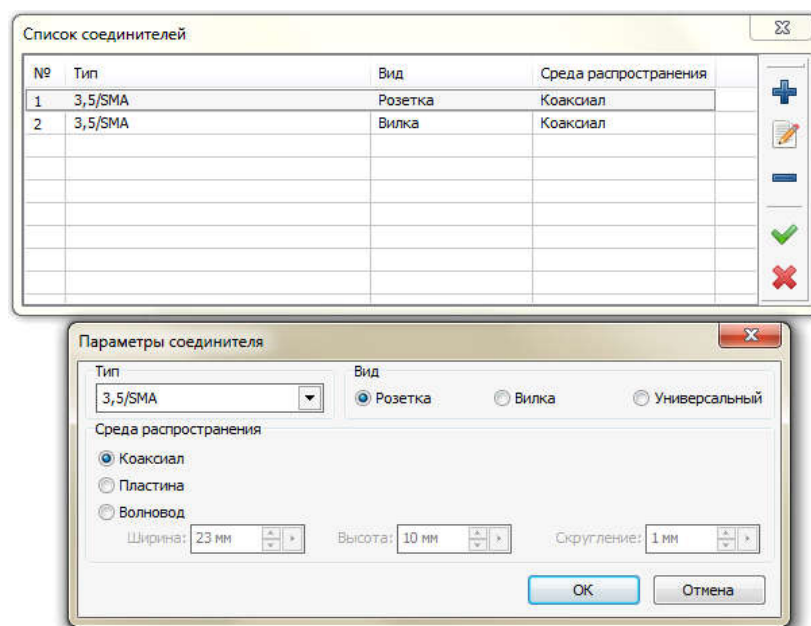


Рисунок Е.3 – Управление списком используемых соединителей

Е.5 С помощью кнопки «Добавить новую меру» (рисунок Е.4) в список используемых соединителей добавляется новая запись. Чтобы изменить запись, следует выделить соответствующую строку в списке и нажать кнопку «Изменить выбранную меру» (рисунок Е.5) или дважды кликнуть левой кнопкой мышки по соответствующей строке в списке.



Рисунок Е.4 – Кнопка «Добавить новую меру»



Рисунок Е.5 – Кнопка «Изменить выбранную меру»

Е.6 При добавлении или изменении записи появляется диалоговое окно, изображенное в нижней части рисунка Е.3.

Поле ввода со списком «Тип» позволяет выбрать тип соединителя¹⁾ или ввести собственное наименование²⁾. Радио-кнопки в группе «Вид» позволяют выбрать вид соединителя³⁾.

Е.7 В главном окне программы отображается список калибровочных мер набора. Для калибровки ВАЦ могут быть использованы следующие типы мер:

а) Меры отражения:

¹⁾ Из списка: III, IX, N, 3,5/SMA.

²⁾ Например, «Щуп № 1».

³⁾ Розетка, вилка или универсальный.

- 1) нагрузка холостого хода;
- 2) нагрузка короткозамкнутая;
- 3) согласованная нагрузка;
- 4) произвольная однопортовая нагрузка;
- 5) подвижная нагрузка.

б) Мера передачи¹⁾.

Е.8 Характеристики мер задаются таблично или параметрически.

В случае параметрического описания мер отражения отдельно рассматривают отражающую часть КЗ или ХХ, и линию передачи, смещающую²⁾ отражающую часть от плоскости калибровки, как показано на рисунке Е.6.

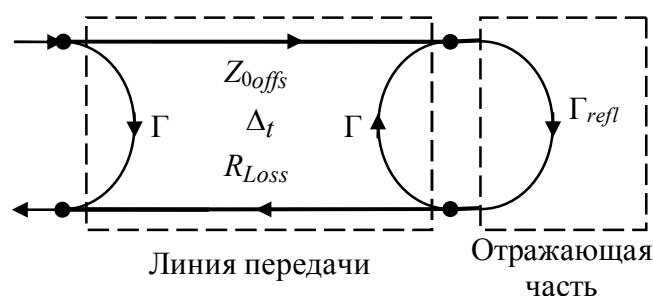


Рисунок Е.6 – Модель меры отражения

Е.9 Линия передачи характеризуется следующими параметрами:

- задержка сигнала в линии передачи при распространении в одну сторону Δ_t , с³⁾;
- характеристическое сопротивление линии передачи без учета потерь Z_{0offs} , Ом⁴⁾;
- потери в линии передачи R_{Loss} , ГОм/с⁵⁾;

Также предполагается, что характеристический импеданс линии передачи равен импедансу системы, поэтому коэффициент отражения от линии передачи Γ равен нулю.

Е.10 Коэффициент отражения Γ_{refl} произвольной нагрузки задается действительным числом. Для согласованной нагрузки он равен нулю. Коэффициенты отражения для нагрузок ХХ и КЗ вычисляются по формулам Е.1 – Е.4

$$\Gamma_{reflOpen} = \frac{1 - i \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_r \cdot C}{1 + i \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_r \cdot C}, \quad (E.1)$$

$$C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3, \quad (E.2)$$

¹⁾ Перемычка, переход или линия передачи.

²⁾ Offset.

³⁾ Offset delay.

⁴⁾ Offset Z_0 .

⁵⁾ Offset loss.

$$\Gamma_{reflShort} = \frac{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L - Z_r}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L + Z_r}, \quad (\text{Е.3})$$

$$L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3, \quad (\text{Е.4})$$

где f – частота, Гц;

Z_r – импеданс системы, Ом;

C – паразитная емкость, характеризующая параметрами C_0 , C_1 , C_2 и C_3 (таблица Е.1);

L – паразитная индуктивность, аппроксимируемая полиномом с коэффициентами L_0 , L_1 , L_2 и L_3 (таблица Е.1).

Т а б л и ц а Е.1

Коэффициент	Значение коэффициента	Коэффициент	Значение коэффициента
C_0	10^{-15} Ф	L_0	10^{-12} Гн
C_1	10^{-27} Ф/Гц	L_1	10^{-24} Гн/Гц
C_2	10^{-36} Ф/Гц ²	L_2	10^{-33} Гн/Гц ²
C_3	10^{-45} Ф/Гц ³	L_3	10^{-42} Гн/Гц ³

Е.11 Перечисленные выше параметры задаются в диалоговом окне (см. рисунок Е.7), появляющимся после нажатия кнопки «Добавить новую меру» или «Изменить выбранную меру», или после двойного клика мышкой по строке в списке мер.

Текст из полей ввода «Название» и «Серийный номер» будет отображаться мастером калибровки на соответствующем шаге.

Радио-кнопки в группе «Тип» задают тип меры.

Поля со списком «Соединитель № 1» и «Соединитель № 2»¹⁾ задают типы соединителей.

Поля с регулировкой значения в группе «Коэффициенты полинома» задают коэффициенты полинома, аппроксимирующего зависимости паразитной емкости и индуктивности, для нагрузок ХХ и КЗ²⁾.

Поля с регулировкой значения в группе «Параметры» задают параметры линии передачи Δ_t , R_{Loss} и Z_{0off} . Нажатие кнопки «Подвижная нагрузка...» открывает окно с таблицей описания соответствующего типа меры, представленное в виде пар значений Δ_t и R_{Loss} для каждого положения³⁾.

¹⁾ Только для меры передачи.

²⁾ Группа неактивна для других типов мер или при установленном флажке "Табличное представление".

³⁾ Группа «Параметры» неактивна при установленном флажке «Табличное представление».

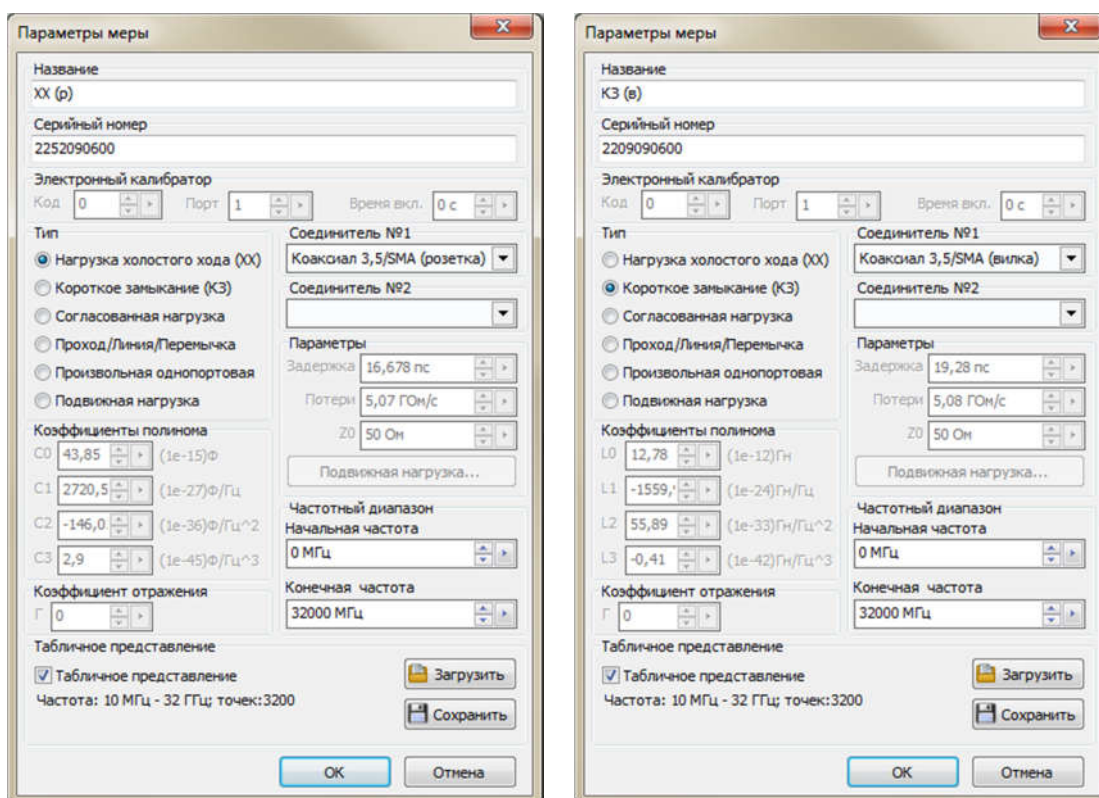


Рисунок Е.7 – Параметры нагрузок ХХ и КЗ

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 S1P-файл или S2P-файл, содержащий таблицу S-параметров калибровочной меры.

Примечание – Если мера однопортовая, а считывается S2P-файл, то потребителю будет предложено выбрать один из двух коэффициентов отражения, как показано на рисунке Е.8.

Кнопка «Сохранить» позволяет сохранить на диск S1P-файл для однопортовых мер или S2P-файл для двухпортовых.

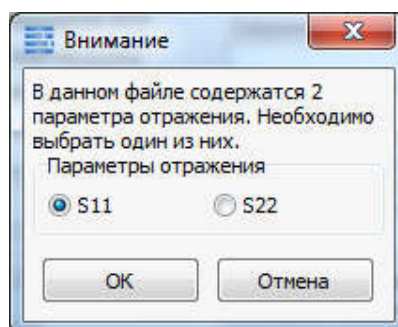


Рисунок Е.8 – Вариант выбора КО

Е.12 На рисунке Е.9 приведены два варианта описания согласованной нагрузки – параметрическое¹⁾ и табличное²⁾.

Примечания

1 При параметрическом описании КО принимается равным нулю.

2 Более предпочтительно табличное описание, позволяющее учесть неидеальность согласованной нагрузки.

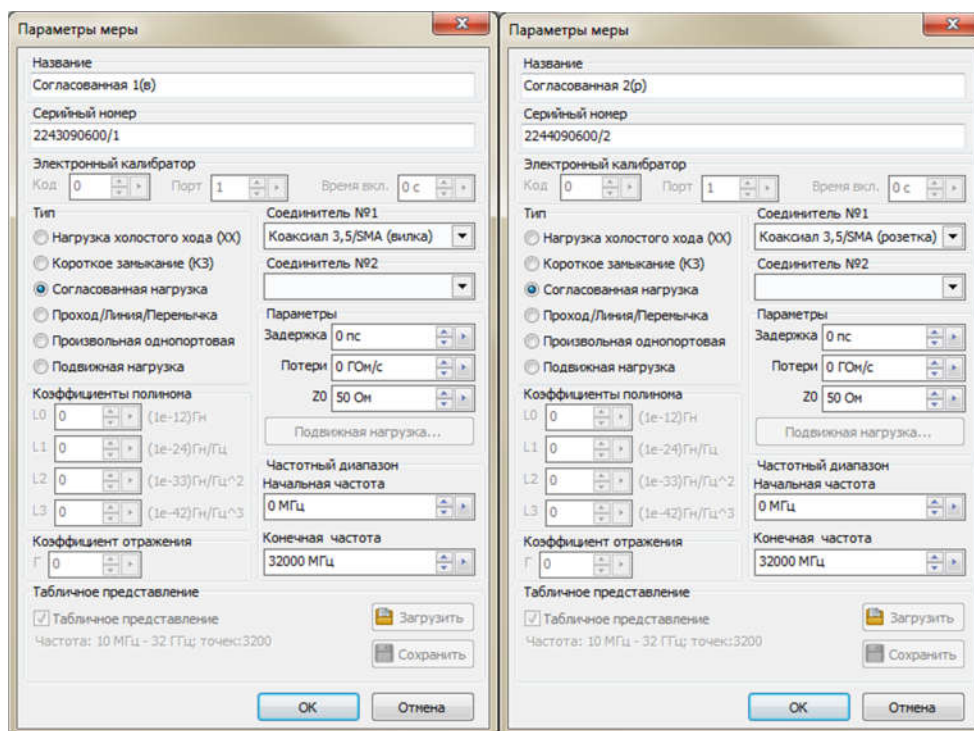


Рисунок Е.9 – Описание согласованных нагрузок

Среди описаний мер передачи следует отметить вариант прямого подключения выходных разъемов анализаторов³⁾ друг к другу.

Примечание – 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 Е.1).

Е.13 Мастер калибровки выбирает из списка меры, с подходящими соединителями и диапазоном рабочих частот. Для каждой найденной в списке меры отражения⁴⁾ будет выполнен этап калибровки на отражение. Для калибровки на проход будет использована первая по списку подходящая мера передачи.

Примечание – Если требуется изменить перечень используемых в калибровке мер, то можно удалить из него лишние записи (предварительно сохранив копию оригинального файла калибровочных мер) или создать новый вариант калибровки, воспользовавшись списком калибровок.

¹⁾ В левой части рисунка.

²⁾ В правой части рисунка.

³⁾ Разъемы «ПОРТ 1» и «ПОРТ 2»

⁴⁾ Их должно быть от 3 до 6.

Е.14 Нажатие кнопки с изображением на рисунке Е.10 в главном окне ПО открывает список калибровок (рисунок Е.11).



Рисунок Е.10 – Кнопка открытия диалогового окна со списком калибровок

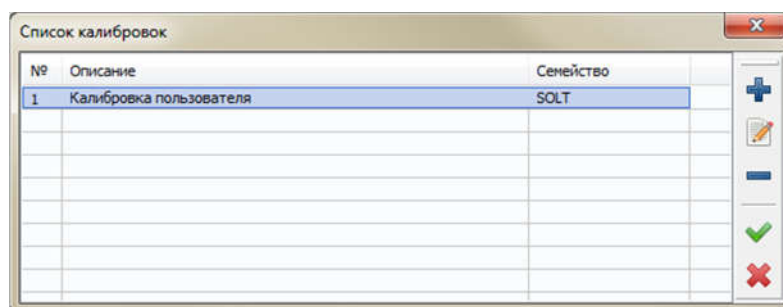


Рисунок Е.11 – Окно «Список калибровок»

Е.15 Окно редактирования калибровки (рисунок Е.12) содержит текстовое поле «Описание»¹⁾, выбор семейства калибровки²⁾ и список так называемых классов калибровки.

Примечания

1 В общем, задача конфигурации параметров калибровки сводится к выбору мер для трех или четырех классов отражения и класса передачи (класс «изоляция», как и соответствующее измерение, является опциональным).

2 Если после добавления варианта калибровки в набор стало невозможным ее выполнение в ПО «Graphit P4M», рекомендуется заново проверить ее параметры, либо вернуться к сценарию калибровки по умолчанию, удалив все варианты калибровок из списка.

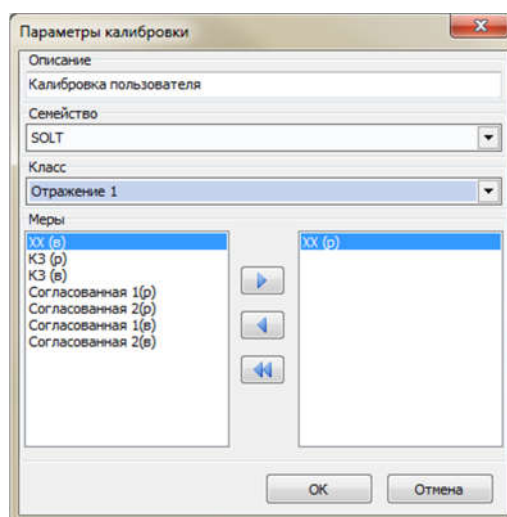


Рисунок Е.12 – Окно параметров калибровки

¹⁾ Необязательный параметр.

²⁾ SOLT – Short/Open/Load/Thru, TRL – Thru/Reflection/Line или Response.

Приложение Ж (справочное) Пример измерения нелинейности ФЧХ

Ж.1 Для примера объяснения последовательности действий будет использован усилитель MAW-04008004 производства АО «НПФ «Микран», обладающий следующими параметрами:

- диапазон частот от 4,00 до 8,00 ГГц;
- коэффициент усиления от 35 до 40 дБ;
- коэффициент шума 1,3 дБ¹⁾;
- $P_{\text{вых}}$ по сжатию на 1 дБ 15 дБ/мВт;
- КСВН вх/вых 2,0/2,0.

Ж.2 Провести векторную калибровку анализатора в диапазоне частот, включающем в себя частоту точки анализа компрессии, предварительно установив уровень выходной мощности, соответствующий центральному значению предполагаемого диапазона динамических измерений.

Примечание – Для более точной установки мощности на входе ИУ и измерений выходной мощности ИУ рекомендуется выполнить калибровки выходной мощности и измерительного приемника анализатора соответственно (см. подпункт 2.3.3.12 настоящего РЭ).

Ж.3 Установить тип развертки «мощность» на панели управления «Измерение» (рисунок 2.57).

Ж.4 Задать диапазон мощности и количество точек для динамических измерений на панели управления «Мощность».

Примечания

1 При установке диапазона выходной мощности анализатора необходимо учитывать максимально допустимый уровень входной мощности ИУ, а также его КУ (для активных устройств), чтобы не вывести из строя элементы измерительного тракта анализатора.

2 Также нужно иметь в виду, что при измерении компрессии ИУ рекомендуемая входная мощность ВАЦ, при которой измерительные приемники анализатора находятся в линейном режиме, составляет 10 дБ/мВт. Для дополнительной регулировки входной и выходной мощности рекомендуется использовать либо встроенные аттенюаторы (при наличии опции «ДМА»), либо внешние.

Ж.5 Для определения точки компрессии КУ создать измерительную трассу амплитуды S21 (коэффициент передачи ИУ, красная трасса на рисунке Ж.13) и фазы S21 в первом окне диаграмме, добавив маркер «1», привязанный к трассе амплитуды S21 с включенным поиском максимума со смещением на 1 дБ «вправо».

¹⁾ При температуре 25°C.

Положение¹⁾ данного маркера с учетом заданного ослабления генератора разъема «ПОРТ 1»²⁾ является точкой компрессии КУ по входу³⁾ усилителя и равна примерно минус 20,5 дБ/мВт. Точка компрессии по выходу $P_{вых}^I$ рассчитывается прибавлением соответствующего значения КУ⁴⁾ и составляет приблизительно 14,3 дБ/мВт.

Ж.6 Для определения точки сжатия по мощности создать две трассы мощности «b2 (1→2)» во втором окне диаграммы (оранжевая и синяя трассы на рисунке Ж.14). Добавить три маркера и один связной маркер:

- маркеры «1» и «2» привязать к первой (оранжевой) трассе и расположить на линейном участке второй (синей) трассы;
- маркер «3» привязать к первой (оранжевой) трассе с включенным поиском максимума со смещением на 1 дБ «вправо».

Примечания

1 Связной маркер «1» между маркерами «1» и «2» необходим для применения его функции «Компенсация тренда» (рисунки 2.128 и 2.129) к первой трассе, т.е. поворота динамической характеристики на 45° вправо. Это позволит определить точку ее отклонения от линейности на 1 дБ.

2 Точка сжатия мощности по входу $P_{вх}^I$ соответствует положению (абсциссе) маркера «3» с учетом заданного ослабления генератора выходного разъема «ПОРТ 1» (10 дБ) и равна примерно минус 20,1 дБ/мВт. Значение второй (синей) трассы является точкой сжатия мощности по выходу $P_{вых}^I$ и оценивается приблизительно в 13,8 дБ/мВт.

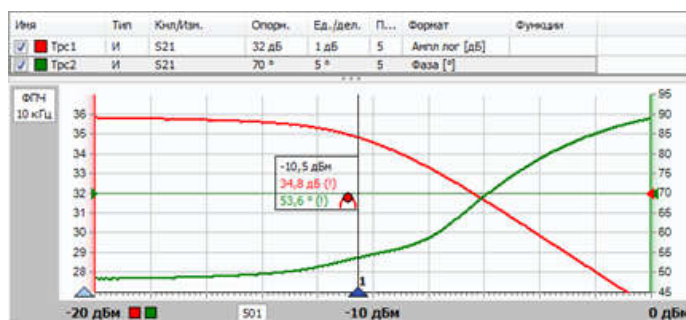


Рисунок Ж.13 – Измерение параметров компрессии по КУ

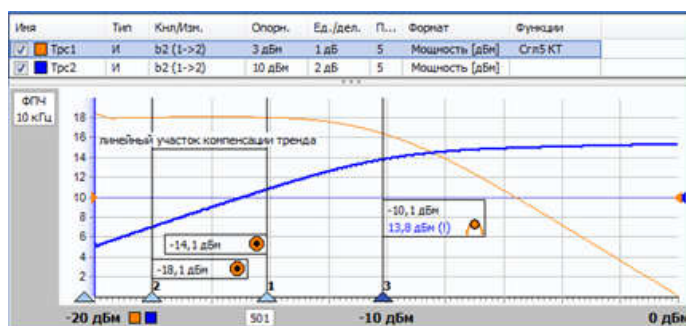


Рисунок Ж.14 – Измерение параметров компрессии по динамической характеристике

¹⁾ Абсцисса.

²⁾ Значение 10 дБ.

³⁾ Значение мощности на входе $P_{вх}^I$.

⁴⁾ Величиной 34,8 дБ.

Приложение 3 (справочное)

Пример работы системы синхронизации анализатора

3.1 Рассмотрим пример синхронной работы анализатора и синтезатора частот Г7М¹⁾.

Пусть требуется измерить КО от выхода работающего усилителя. Для обеспечения штатного режима работы усилителя на его вход подают сигнал частоты f_1 (рисунок 3.1).

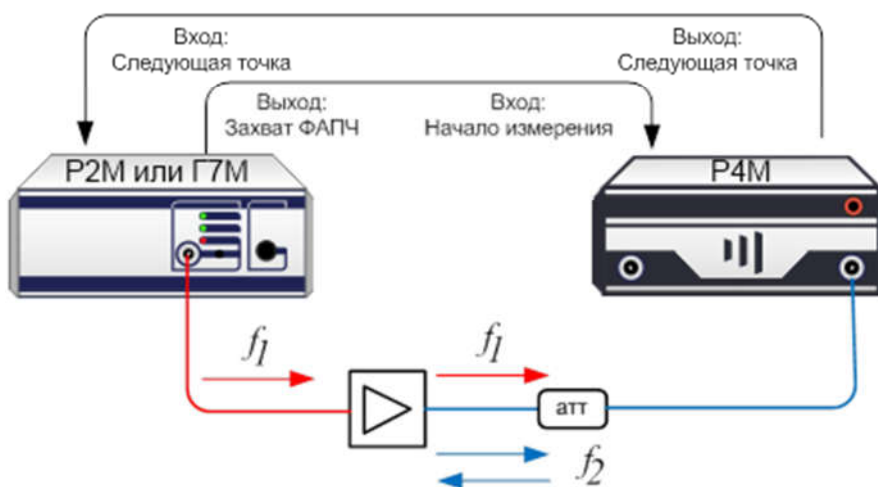


Рисунок 3.1 – Измерение S_{22} работающего усилителя

Выход усилителя зондируется сигналом частоты f_2 , отличающейся от частоты работы усилителя f_1 , так чтобы сигнал частоты f_1 оказался вне полосы пропускания приемника в анализаторе²⁾.

Превышение допустимой мощности³⁾ на выходном разъеме анализатора⁴⁾ может вывести его из строя! При необходимости нужно подключать аттенуатор к выходному разъему анализатора и выполнять калибровку, подключая калибровочные меры через аттенуатор.

3.2 Для измерения S_{22} работающего усилителя в диапазоне частот требуется синхронная перестройка частот f_1 и f_2 . Необходимо соединить входной разъем «СИНХР →» на задней панели анализатора с выходным разъемом «СИНХР ⇨» на задней панели синтезатора частот Г7М и наоборот – выходной разъем «СИНХР ⇨» анализатора с входным разъемом «СИНХР →» синтезатора частот Г7М. Подключать и отключать входные и выходные разъемы следует только при выключенных анализаторе и синтезаторе частот Г7М.

¹⁾ Допускается использование скалярного анализатора цепей Р2М в режиме генератора.

²⁾ См. «Фильтр ПЧ» в п.2.3.5 настоящего РЭ.

³⁾ Более 24 дБ/мВт.

⁴⁾ Разъем «ПОРТ 2»

3.3 В программе управления синтезатором частот Г7М задать диапазон изменения частоты f_1 и количество частотных точек. Для выхода синхронизации установить режим «захват ФАПЧ», для входа – «след. точка».

3.4 В ПО «Graphit Р4М» задать диапазон изменения частоты f_2 и количество частотных точек¹⁾. Для выхода синхронизации установить режим «след. точка», для входа – «начало измерения».

Примечание – Существует возможность пропуска первого синхроимпульса – когда один измерительный прибор стартовал и уже сформировал синхроимпульс, а второй еще не начал работу. Поэтому первым следует запускать измерительный прибор, ожидающий первый синхроимпульс, в рассматриваемом примере это синтезатор частот Г7М.

3.5 В результате анализатор и Г7М будут работать следующим образом:

- с началом перестройки на следующую частоту анализатор формирует синхроимпульс;
- Г7М по фронту синхроимпульса также начинает перестройку частоты;
- Г7М, закончив перестройку частоты, формирует синхроимпульс;
- анализатор, закончив перестройку частоты, ожидает прихода синхроимпульса, если тот не пришел раньше, после чего начинает измерение.

¹⁾ Такое же, как и для синтезатора частот Г7М.

Приложение II (справочное)

Пример измерения параметров устройства с преобразованием частоты

И.1 Для примера приведем измерение параметров широкополосного смесителя. В качестве испытуемого будет использован смеситель M2-0026 Marki Microwave:

- диапазон частот по входу СВЧ сигнала от 0,01 до 26,50 ГГц;
- диапазон частот по входу гетеродина от 0,01 до 26,50 ГГц;
- диапазон частот по выходу промежуточной частоты от 0,001 до 6,000 ГГц;
- потери преобразования 8 дБ;
- требуемая мощность гетеродина от 15 до 18 дБ/мВт;
- изоляция «RF-IF» 30дБ.

И.2 Для проверки данных характеристик собрана схема измерений согласно рисунку 2.215. В качестве гетеродина использован синтезатор частот Г7М-20.

Для обеспечения нормальной работы смесителя потребуется мощность гетеродина не менее 15 дБ/мВт. Максимальная выходная мощность синтезатора частот Г7М-20 составляет 10 дБ/мВт, потери на делителе мощности составят 6 дБ. Таким образом, потребуется дополнительный усилитель мощности гетеродина с коэффициентом усиления порядка 12 дБ (рисунок И.2).

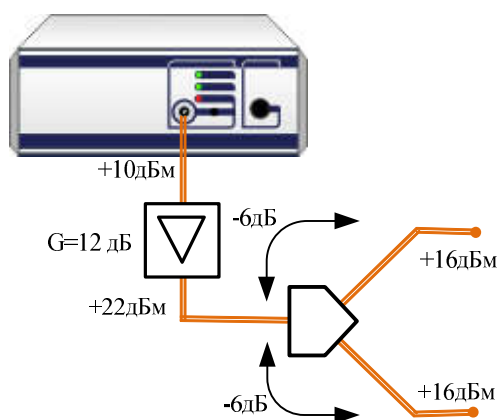


Рисунок И.2 – Схема формирования сигнала гетеродина

И.3 В качестве «опорного» и «калибровочного» использованы смесители M1-0220 Marki Microwave. Рабочий диапазон частот по входу сигнал/гетеродин данного смесителя составляет от 2 до 20 ГГц.

И.4 Промежуточную частоту примем равной 900 МГц, исходя из имеющегося полосового фильтра. Режим работы смесителей представлен на рисунке И.3.

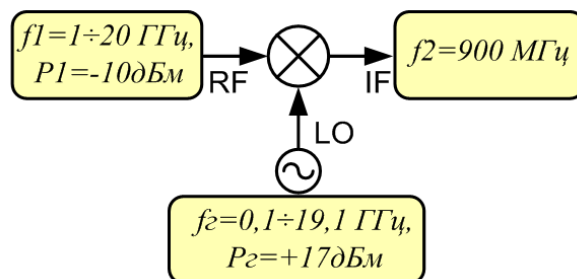


Рисунок И.3 – Режим работы смесителей

И.5 Начальные параметры измерений:

- Частота¹⁾: «Старт» – 2 ГГц, «Стоп» – 20 ГГц, «Точек» – 501;
- Мощность²⁾: «Центр» – минус 4 дБ/мВт³⁾;
- «Фильтр ПЧ» – 1 кГц⁴⁾.

И.6 Список измеряемых параметров:

- S_{11} в формате «КСВН»;
- S_{22} в формате «КСВН»;
- S_{21} в формате «Ампл лог [дБ]»;
- S_{21} в формате «Ампл лог [дБ]»

И.7 Руководствуясь инструкцией по калибровке, приведенной выше в подпункте 2.3.5.10 настоящего РЭ, проведем векторную калибровку смесителей. Частотный план и мощность гетеродина задаются в соответствии с режимом работы смесителей (рисунок И.3).

Результаты измерений приведены на рисунке И.4. Полученная при измерении трасса S_{11} в диапазоне от 2 до 20 ГГц достаточно точно совпадает с графиком, приведенным в описании к смесителю M2-0026 Marki Microwave (рисунок И.5).



Рисунок И.4 – График КО, полученный в результате измерения параметров смесителя M2-0026 Marki Microwave

¹⁾ Задается в панели управления «Частота».

²⁾ Задается в панели управления «Мощность».

³⁾ С учетом согласующего аттенюатора с коэффициентом ослабления 6 дБ мощность на СВЧ входе смесителя составит минус 10 дБ/мВт.

⁴⁾ Задается в панели управления «Измерение».

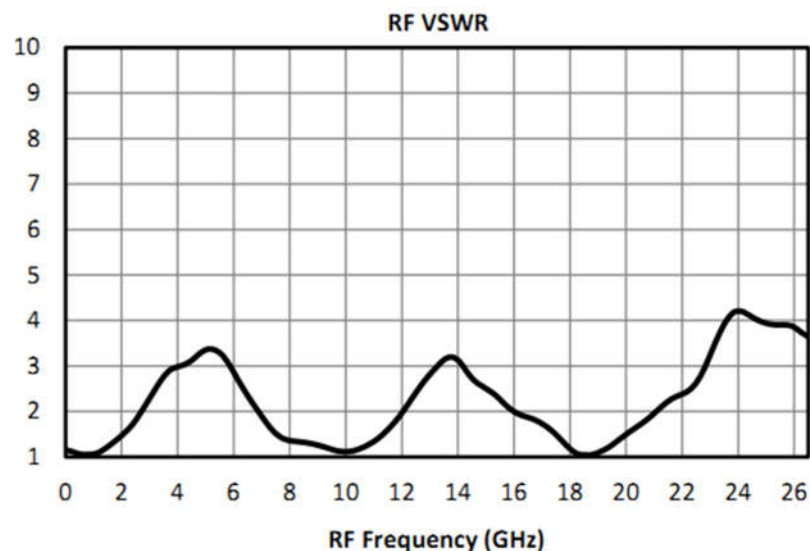


Рисунок И.5 – График КО из описания к смесителю M2-0026 Marki Microwave

И.8 При измерении КО S_{11} смесителя M2-0026 Marki Microwave выполняется зондирование частотой f_1 в прямом направлении с «перемычкой» в опорном канале. Приемники анализатора настраиваются на частоту f_1 . Измерение S_{22} выполняется зондированием частотой f_2 в обратном направлении. Приемники анализатора настраиваются на частоту f_2 . Результат измерения представлен на рисунке И.6.



Рисунок И.6 – Результат измерения S_{22} в формате КСВН

И.9 При измерении коэффициента преобразования C_{21} выполняется зондирование частотой f_1 в прямом направлении, с включенным в опорный канал смесителем. Приемники анализатора настраиваются на частоту f_2 . Результат измерения коэффициента преобразования представлен на рисунке И.7.



Рисунок И.7 – Результат измерения S_{21}

Приложение К (справочное) Пример измерений в импульсном режиме

К.1 В качестве примера измерим S-параметры широкополосного усилителя в импульсном режиме.

Примечание – Для измерения усилителей в импульсном режиме наряду с опцией ИИП рекомендуется использовать анализатор с опцией ДМА для обеспечения линейного режима работы, как исследуемого усилителя, так и приемников анализатора. При отсутствии опции ДМА следует пользоваться внешними аттенюаторами.

К.2 В качестве исследуемого устройства будет использован широкополосный усилитель МАНW001040-2 производства АО «НПФ «Микран» с параметрами:

- диапазон частот от 0,03 до 4,00 ГГц;
- коэффициент усиления – 30 дБ;
- коэффициент шума – 2,0 дБ (при 25°C);
- $P_{\text{вых}}$ по сжатию на 1 дБ – 15 дБ/мВт;
- КСВН вх/вых 2,0/2,0.

Последовательность действий при измерении представлена в требованиях К.3 – К.9 настоящего РЭ.

К.3 Собрать измерительную схему с использованием импульсного модулятора согласно рисунку 2.226 и установить следующие параметры измерений:

- частота¹⁾ («Старт»²⁾ – 100 МГц, «Стоп» – 4 ГГц³⁾, «Точек» – 391⁴⁾);
- мощность зондирующего сигнала⁵⁾ («Центр» – минус 5 дБ/мВт⁶⁾, «Аттенюатор генератора» для разъема «ПОРТ 1» – 20 дБ⁷⁾, «Аттенюаторы приемников» для разъема «ПОРТ 2» – 10 дБ⁸⁾);
- «Фильтр ПЧ»⁹⁾ – 10 кГц¹⁰⁾.

К.4 Перевести импульсный модулятор в режим «постоянно включен».

К.5 Выполнить полную двухпортовую калибровку.

К.6 Подключить измеряемый усилитель входным разъемом к разъему «ПОРТ 1» анализатора, а выходным разъемом – к разъему «ПОРТ 2». Запустить измерения в режиме «непрерывный» и сохранить результаты измерений в виде трасс памяти.

¹⁾ Задается в панели управления «Частота».

²⁾ Минимальная частота для анализаторов P4226 в режиме импульсных измерений – 100 МГц.

³⁾ Определяется рабочим диапазоном частот измеряемого усилителя.

⁴⁾ Шаг по частоте 10 МГц.

⁵⁾ Задается в панели управления «Мощность».

⁶⁾ Мощность, регулируемая системой АРМ.

⁷⁾ Дополнительное ослабление зондирующего сигнала внутренним аттенюатором.

⁸⁾ Дополнительное ослабление прошедшего через ИУ сигнала.

⁹⁾ Задается в панели управления «Измерение».

¹⁰⁾ Период измерения 89 мкс.

К.7 На панели управления «Синхронизация» установить длительности высокого и низкого уровней модулирующего импульсного сигнала¹⁾:

- высокий уровень – 10 мкс;
- низкий уровень – 10 мкс.

К.8 Включить генерацию импульсов, выбрав в качестве режима синхровыхода «транс. синхрогенератор», при этом инверсию импульсов необходимо включить²⁾.

К.9 Установить параметры импульсного режима на панели «Импульсные измерения»:

- включить «Временное зануление каналов»;
- «Длительность окна» – 8 мкс;
- «Старт обзора» – 1 мкс³⁾.

К.10 Таким образом, измерения будут проводиться в пределах одного синхроимпульса за время 8 мкс с задержкой 1 мкс от фронта импульса.

Сравним результаты измерений в «непрерывном» и «импульсном» режимах (рисунок К.8). Как видно, результаты измерений достаточно точно совпадают, при этом, чем меньше длительность низкого уровня синхросигнала, тем точнее S_{11} .



Рисунок К.8 – Результаты измерений в «непрерывном» и «импульсном» режимах

¹⁾ Параметры «Синхроген. высокий/низкий уровень».

²⁾ В рамках данного примера.

³⁾ Задержка для устранения влияния переходных процессов.

Ссылочные нормативные документы

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, приложения настоящего РЭ, в котором дана ссылка
ГОСТ РВ 51914-2002	3.3.5.3; 1.4.1.8
ГОСТ 14254-2015	1.4.1.2
ГОСТ 14192-96	1.5.4
ГОСТ 9181-74	1.5.4; 2.2.2.2.3
ГОСТ 21130-75	1.5.4
ГОСТ 12.4.026-2015	1.5.4
ГОСТ 10354-82	1.6.2
ГОСТ 12.3.019-80	2.2.1.4
ГОСТ 2.610-2019	2.2.2.1.1; 2.2.2.2.5
ГОСТ 5556-81	3.2.2; 3.3.2.2; 3.3.4.1
ГОСТ 15150	5.2; 6.1.2
ГОСТ Р 12.2.007.0-75	2.2.1.1
ГОСТ Р 55878-2013	3.2.2; 3.3.2.2; 3.3.3.1; 3.3.4.1
ГОСТ IEC 61140-2012	2.2.1.1
ТР ТС 020/2011	1.1.4; 2.2.2.1; 2.2.3.2
ТР ТС 004/2011	2.2.2.1; 2.2.3.2
Примечание – В столбце «Номер раздела, приложения настоящего РЭ, в котором дана ссылка» допускается указывать номера подразделов, пунктов, подпунктов, а также перечислений, в которых даны ссылки на документ.	

Лист регистрации изменений									
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	Номер документа	Входящий номер сопроводительного докум. и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	–	1	–	–	–	29-2022	–		