



ИЗМЕРИТЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

X5M-04/X5M-18

Руководство по эксплуатации

Часть II. Использование по назначению

ЖНКЮ.468166.021 РЭ

Предприятие-
изготовитель: АО «НПФ «Микран»

Адрес: 634041 Россия
г. Томск, пр. Кирова, 51д

тел: 8 800 301-00-29,
+7 (3822) 90-00-29

тел/факс: +7 (3822) 42-36-15

e-mail: pribor@micran.ru

сайт: www.micran.ru

Версия документа: 2.26.0

Содержание

Руководство по эксплуатации	Часть II. Использование по назначению	6
1 Нормативные ссылки		6
2 Определения, обозначения и сокращения		6
3 Общие сведения и указания.....		8
3.1 Установка программного обеспечения		9
3.2 Настройка сетевых параметров при различных вариантах подключения измерительного блока к компьютеру		11
3.2.1 Описание и выбор сетевых параметров		11
3.2.2 Сетевые параметры при прямом подключении измерительного блока к компьютеру (рекомендуемое)		13
3.2.3 Сетевые параметры при подключении измерительного блока к локальной сети.....		14
3.2.4 Изменение сетевых параметров.....		15
3.3 Запуск программы и подключение к X5M.....		16
3.4 Активация программных опций (при необходимости).....		20
4 Описание программного обеспечения		21
4.1 Описание элементов интерфейса пользователя		21
4.2 Обработка, измерения и отображение данных		25
4.3 Главное меню программы.....		30
4.4 Настройка графического интерфейса.....		31
4.5 Панели инструментов		31
4.6 Панели управления и параметры.....		33
4.6.1 Панель «Общие параметры».....		35
4.6.2 Панель «Калибровка».....		35
4.6.3 Панель «Усреднение»		35
4.6.4 Панель «Параметры измерения»		36
4.6.5 Панель «Масштаб».....		37
4.6.6 Панель «Синхронизация»		37
4.6.7 Панель «Преобразование частоты».....		38
4.6.8 Панель «Ограничение»		38
4.7 Трассы.....		39
4.7.1 Создание, обновление и удаление трасс		39
4.7.2 Сохранение и загрузка трасс.....		41
4.7.3 Формат отображения.....		42
4.7.4 Масштабирование трасс и настройка осей		42
4.7.5 Накопление		45
4.7.6 Сглаживание		45
4.7.7 Усреднение		46

4.7.8 Ограничительные линии	47
4.7.9 Статистика	48
4.8 Запуск и остановка измерений	49
4.9 Использование профилей пользователя.....	50
4.10 Маркерные измерения.....	51
4.10.1 Добавление и удаление маркеров.....	53
4.10.2 Настройка параметров маркера	54
4.10.3 Режимы слежения маркера	57
4.10.4 Связные маркеры.....	59
4.11 Сохранение и загрузка результатов измерений, отчёты	63
4.12 Список «горячих» клавиш	66
4.13 Сообщения для пользователя и журнал событий	67
5 Установка параметров и конфигурация.....	69
5.1 Установка параметров измерения	69
5.1.1 Установка параметров зондирования и измерения	69
5.1.2 Доступные измерения и форматы. Установка параметров отображения измерительных трасс	70
6 Калибровка	72
6.1 Эталонные генераторы шума.....	72
6.2 Типы калибровок.....	73
6.2.1 Калибровка КШ и КП в режиме «Модуляционный метод».....	73
6.2.2 Калибровка КШ и КП в режиме «Метод двух отсчетов»	75
6.2.3 Калибровка ИОШТ.....	77
6.3 Сохранение, восстановление и отключение калибровочных данных ...	79
7 Измерения.....	79
7.1 Измерение КШ и КП в режиме «Модуляционный метод»	80
7.2 Измерение КШ и КП в режиме «Метод двух отсчетов».....	83
7.3 Градуировка генераторов шума.....	87
7.3.1 Общая информация	87
7.4 Измерения в режиме «Градуировка генераторов шума»	88
7.5 Измерение времени развертки.....	90
7.6 Исключение/встраивание цепей, компенсация (режим «Модуляционный метод»)	91
7.7 Использование переходов.....	93
7.8 Система синхронизации X5M	93
7.9 Измерения устройств с преобразованием частоты.....	98
7.9.1 Общие сведения.....	98
7.9.2 Измерение КШ и КП ИУ с преобразованием частот на фиксированную ПЧ.....	99
7.9.3 Измерения КШ и КП ИУ с преобразованием частот при фиксированной частоте гетеродина	102

7.9.4 Измерение КШ и КП ИУ с применением внешнего конвертера и фиксированной ПЧ.....	106
Приложение А (справочное) Форматы используемых файлов	111
А.1 Формат <i>SnP</i> -файлов.....	111
А.2 Формат <i>ENR</i> -файлов.....	112
Приложение Б (справочное) Перечень возможных неисправностей.....	116
Приложение В (справочное) Решение проблем при настройке сетевых параметров	123
Приложение Г (справочное) Программный интерфейс управления	129
Г.1 Введение	129
Г.2 Подключение через библиотеку <i>MiVISA</i>	130
Г.3 Доступ через <i>Micran Instrument Connector</i>	131

Руководство по эксплуатации

Часть II. Использование по назначению

1 Нормативные ссылки

Touchstone® File Format Specification: Version 2.1 /Ratified by the IBIS Open Forum. – January 26, 2024. – [?]: cop. IBIS Open Forum, 2024. – 36 p.

SCPI-1999: Standard Commands for Programmable Instruments, Version 1999.0. SCPI Consortium, May 1999.

2 Определения, обозначения и сокращения

измеритель(-и): измерители коэффициента шума X5M-04/X5M-18 (далее – «X5M»).

«Измерение»: часть измерительного канала, выполняющая вычисление измеряемых величин из оцифрованных сигналов измерительных входов X5M. Здесь и далее термин «измерение» взят в кавычки, чтобы отличить от существительного *измерение*, означающего процесс.

Определения для элементов интерфейса пользователя приведены в таблице 4.1.

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

ВЧ – высокие частоты.

ГШ – генератор шума.

дБм (для уровня мощности) – десятичный логарифм отношения мощности в Вт к 1 мВт, умноженный на десять.

ИКШ – измеритель коэффициента шума.

ИОШТ – избыточная относительная шумовая температура.

ИУ – исследуемое устройство.

КО – коэффициент отражения.

КП – коэффициент передачи.

КСВН – коэффициент стоячей волны по напряжению.

КУ – коэффициент усиления.

КШ – коэффициент шума.

МШУ – малошумящий усилитель.

НГШ – низкотемпературный генератор шума.

ОГ – опорный генератор.

ОС – операционная система.

ПГ – погрешность.

ПК – персональный компьютер.

ПО – программное обеспечение.

ПО *Graphit* – программа управления измерителями X5M-04/X5M-18, программное обеспечение *Graphit* X5M.

ПЧ – промежуточная частота.

РЭ – руководство по эксплуатации.

СВЧ – сверхвысокие частоты.

СН – согласованная нагрузка.

ТТЛ – транзисторно-транзисторная логика.

ТХ – технические характеристики.

ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты.

X5M – измерители коэффициента шума X5M-04/X5M-18, то же, что «измеритель».

ENR – excess noise ratio (power ratio), то же, что ИОШТ.

3 Общие сведения и указания

Измерители коэффициента шума X5M-04/X5M-18 (далее – «измеритель» или «X5M») состоят из измерительного блока и программного обеспечения *Graphit X5M* (далее – ПО *Graphit*), находящегося на *flash*-накопителе в комплекте поставки. Для работы ПО *Graphit* необходимо, чтобы компьютер удовлетворял следующим минимальным требованиям:

- операционная система *Windows® 7/8/10/11*, *Astra Linux CE 2.12.45*, *Ubuntu LTS 22.04*;
- двухъядерный процессор x86 или x64 с тактовой частотой 2,4 ГГц;
- наличие адаптера локальной сети – *Ethernet 100 Мбит/с*;
- встроенный графический адаптер серии *Intel® HD Graphics 4000*, либо дискретный с объёмом видеопамати 512 МБ;
- оперативная память 2 ГБ;
- разрешение экрана 1280 × 720;
- наличие клавиатуры и мыши, либо устройство сенсорного ввода;
- 80 МБ свободного места на жёстком диске.

X5M с установленным на компьютер ПО *Graphit* обеспечивает выполнение следующих функций:

- измерение коэффициента шума и эквивалентной шумовой температуры;
- измерение скалярного коэффициента передачи в режиме сканирования по частоте;
- отображение результатов измерений в различных форматах;
- отображение условных значений мощности, поступающих на входы измерительного приёмника;
- сохранение и загрузку измеренных данных;
- сохранение и загрузку калибровочных данных;
- усреднение, сглаживание, накопление и проверку ограничения результатов измерений;
- отображение статистических данных;
- скалярные математические операции;
- автоматическое масштабирование;
- маркерные измерения;
- задание граничных значений при допусковом контроле;
- создание профилей измерений и подготовка сводных отчётов.

❗ Внимание! При первичной установке ПО Graphit рекомендуется проверить, что его версия не ниже версии 2.3, а также выложенной на сайте предприятия-изготовителя (сайт указан на титульном листе; версия ПО отображается в имени файла дистрибутива или в установленной версии в диалоге «О программе Graphit ...» (меню программы «Справка > О программе Graphit...»)) в разделе «Продукция» > «Измерительно-информационные системы» > «Контрольно-измерительная аппаратура СВЧ» > «Измерители коэффициента шума ...» > далее выбрать соответствующие подразделы.

В состав ПО Graphit входят: исполняющее приложение *Launcher*, набор динамически подключаемых библиотек, а также так называемые **файлы схем** с расширением *gsz*, определяющие режим измерения (алгоритм взаимодействия с аппаратурой, последовательность обработки сигнала, состав и содержимое отображаемых на экране графиков и элементов управления).

Подготовку X5M к измерениям необходимо проводить согласно соответствующему подразделу ч. I настоящего РЭ.

Выключение X5M следует проводить в следующей последовательности:

- остановить процесс измерений;
- закрыть ПО Graphit;
- при необходимости разобрать схему измерений;
- выключить X5M при помощи выключателя питания на передней панели;
- отсоединить кабель питания и затем клемму заземления от системы защитного заземления.

3.1 Установка программного обеспечения

На *flash*-накопителе из комплекта поставки X5M содержатся файлы и каталоги:

autorun.exe – файл программы «автозапуска», представляющей собой окно с основными командами просмотра и установки ПО.

autorun.inf – служебный файл настройки «автозапуска».

Adobe – папка с дистрибутивом свободно распространяемого средства просмотра PDF-файлов *Adobe Reader®*.

Autorun – каталог со служебными файлами программы «автозапуска».

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

Install – каталог, содержащий установочные файлы ПО Graphit.

Licenses – каталог для файл-ключа лицензии программных опций.

Production – папка с электронными каталогами продукции АО «НПФ «Микран».

i Для установки на компьютер ПО Graphit необходимо запустить программу **install_graphit_2.3.x_X5M.exe**, находящуюся в каталоге Install на flash-накопителе. В результате откроется «мастер» установки ПО Graphit, на первом шаге которого будет предложено выбрать язык программы, как показано на рисунке 3.1.

! Для установки программного обеспечения пользователь компьютера должен иметь права администратора.

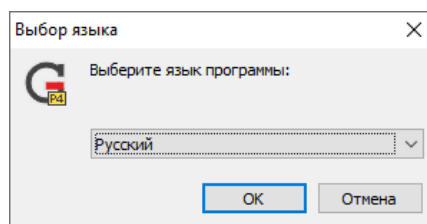


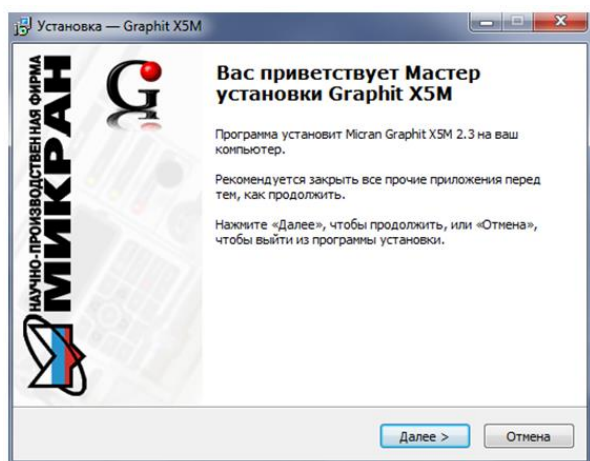
Рисунок 3.1 – Вид окна «Выбор языка» мастера установки ПО Graphit

На первом шаге установки пользователю предлагается выбрать «быструю» установку (режим «полной» установки с параметрами по умолчанию) или нажать на кнопку «Далее», если требуется изменить набор устанавливаемых компонентов, либо директорию расположения файлов программы (рисунок 3.2-а).

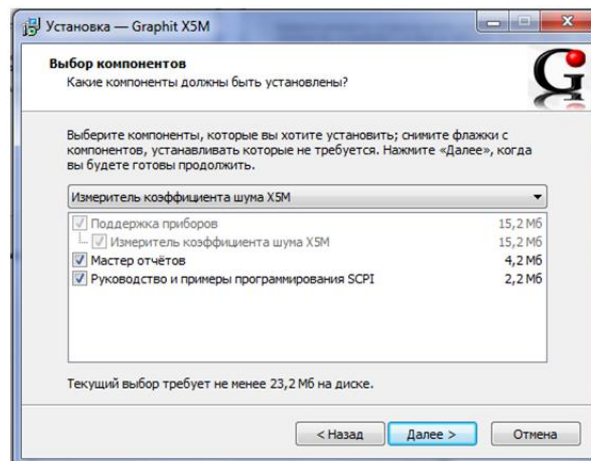
После нажатия на кнопку «Далее» в процессе установки будет предложено ознакомиться с лицензионным соглашением, указать имя пользователя и организацию, выбрать директорию, в которую будет установлено ПО Graphit, а также выбрать компоненты для установки (рисунок 3.2-б). В состав компонентов по умолчанию дополнительно включены:

- программный эмулятор приборов (для работы в ПО Graphit без подключения к X5M);
- режим измерения КШ «Модуляционный метод»;
- режим измерения КШ «Метод двух отсчетов»;
- режим измерения «Градуировка генераторов шума»;
- файлы справки;
- мастер отчётов;
- руководство и примеры программирования SCPI.

Для прекращения установки необходимо нажать кнопку «Отмена». При завершении установочного процесса будет предложено автоматически запустить ПО Graphit и просмотреть список внесённых в текущую версию изменений.



а) Начальная страница установки



б) Выбор компонентов

Рисунок 3.2 – Установка ПО *Graphit*

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

3.2.1 Описание и выбор сетевых параметров

Измерительный блок использует интерфейс *Ethernet* для подключения к компьютеру непосредственно или через оборудование локальной вычислительной сети. Для идентификации X5M в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – «Фабричный» или «Пользователя», хранящихся в текстовых файлах на встроенном в X5M *FTP*-сервере. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения «Фабричных» параметров X5M:

IP-адрес:	169.254.0.254
Маска подсети:	255.255.0.0
IP-адрес шлюза:	0.0.0.0
Сетевое имя:	h5m-18-00000001(<i>тип и серийный номер X5M могут отличаться</i>)

На задней панели X5M имеется линейка из шести переключателей КОНФИГУРАТОР (рисунок 3.3), с помощью которых выбирается набор сетевых параметров.

Назначение переключателей КОНФИГУРАТОР представлено в таблице 3.1.

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

Второй переключатель разрешает использование протокола автоматиче-

ской конфигурации *DHCP*. При выключенном переключателе используются *IP*-адрес и маска, заданные в наборе сетевых параметров. При этом сетевое имя» игнорируется. При включённом переключателе делается попытка получить значения сетевых параметров от сервера локальной сети. Сервер, получив *DHCP*-запрос, регистрирует «Сетевое имя» и возвращает *X5M IP*-адрес и маску. Если *X5M* не получил ответа на *DHCP*-запрос, то устанавливаются *IP*-адрес и маска, указанные в наборе сетевых параметров.

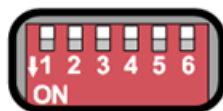


Рисунок 3.3 – Переключатели КОНФИГУРАТОР на задней панели X5M (все выключены)

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

Изменение положений переключателей 1 и 2 применяется только после перезапуска питания X5M или кратковременного включения шестого переключателя.

Т а б л и ц а 3.1 – Назначение переключателей КОНФИГУРАТОР

Номер переключателя	Назначение	Значение ON или ВКЛ	Значение OFF или ВЫКЛ
1	Выбор набора сетевых параметров	Используется набор «Пользователя»	Используется «Фабричный» набор
2	Автоматическая конфигурация	При включении питания X5M пытается передать <i>DHCP</i> -серверу «Сетевое имя» и в ответ получить <i>IP</i> -адрес и маску. Если X5M не получил ответа, то устанавливаются <i>IP</i> -адрес и маска, указанные в выбранном (переключателем 1) наборе сетевых параметров.	Используются <i>IP</i> -адрес и маска, указанные в выбранном (переключателем 1) наборе сетевых параметров. «Сетевое имя» игнорируется
3 - 5	Не используются	—	—

Номер переключателя	Назначение	Значение ON или ВКЛ	Значение OFF или ВЫКЛ
6	<i>Reset</i> (должен быть выключен)	Формируется сигнал <i>Reset</i> , препятствующий работе X5M; кратковременное включение перезапускает внутренний процессор; использование не рекомендуется	Нормальное положение

3.2.2 Сетевые параметры при прямом подключении измерительного блока к компьютеру (рекомендуемое)

При прямом подключении (рисунок 3.4), X5M соединяется кабелем *Ethernet UTP 5* категории («витая пара»), входящим в комплект поставки, непосредственно с сетевой картой управляющего ПК.

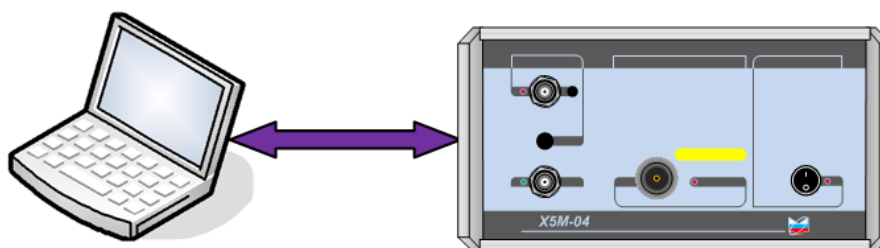


Рисунок 3.4 – Прямое подключение

Этот вариант подключения не требует каких-либо настроек¹⁾. При этом должны быть выполнены следующие условия:

а) все переключатели КОНФИГУРАТОР на задней панели X5M должны быть выключены, т.е. будет использоваться «Фабричный» набор сетевых параметров;

б) параметры *TCP/IP*-протокола в компьютере должны быть установлены по умолчанию, т.е. включена автоматическая конфигурация. Для этого в командной строке «Выполнить» (открывается через меню «Пуск» или сочетанием клавиш +R) наберите латиницей *ncpa.cpl* и нажмите «**Enter**». В открывшемся окне щёлкните правой кнопкой мыши на необходимом активном подключении по локальной сети и в контекстном меню выберите пункт «Свойства». Далее в списке компонентов, используемых этим подключением, для *Windows® 7* выберите строку «Протокол Интернета версии 4 (*TCP/IPv4*)», для *Windows® XP* – «Протокол Интернета (*TCP/IP*)», а для *Windows® 10/11* – «*IP*

¹⁾Необходимо отметить, что после включения питания измерительного блока, интерфейсы компьютера и измерительного блока обнаруживают друг друга. После чего компьютер начинает процедуру автоматической конфигурации *TCP/IP*-протокола, которая может длиться около 40 с.

версии 4 (*TCP/IP*)), и нажмите кнопку «Свойства». Установите радиокнопку «Получить *IP*-адрес автоматически» и нажмите «ОК».

3.2.3 Сетевые параметры при подключении измерительного блока к локальной сети

В варианте подключения к локальной сети (рисунок 3.5) X5M может управлять любой компьютер локальной сети. Одним X5M не могут управлять несколько компьютеров одновременно, но возможно управление одним компьютером несколькими X5M для исследования сложных СВЧ устройств. При необходимости, X5M могут обмениваться синхросигналами.

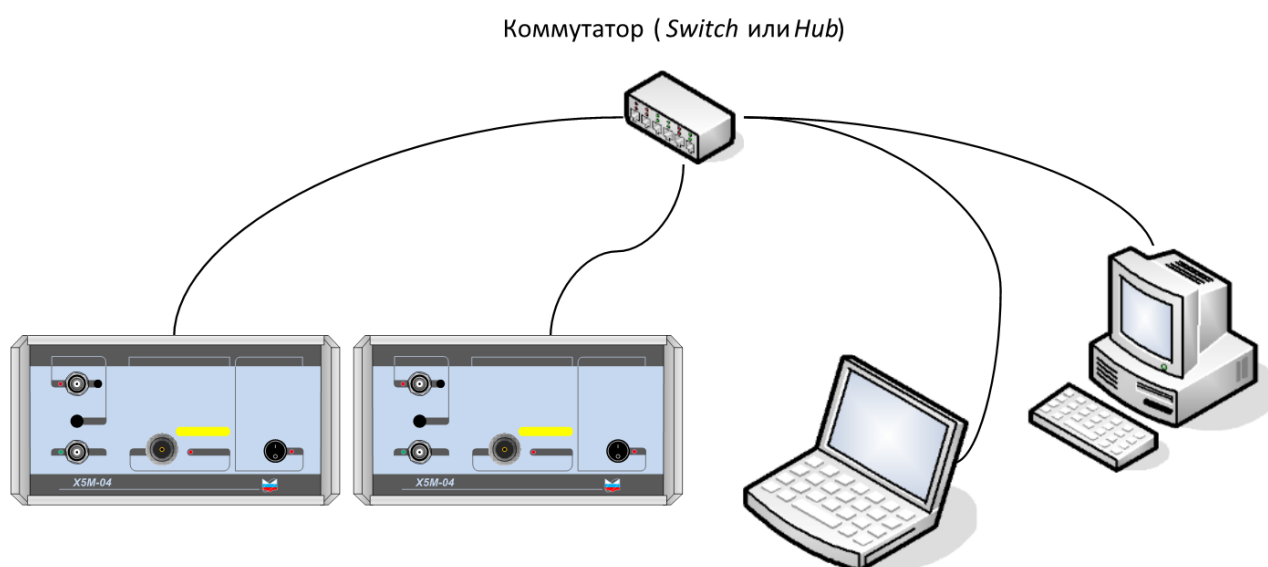


Рисунок 3.5 – Подключение X5M (расположены слева) к локальной сети

Вариант подключения к локальной сети отличается от прямого подключения только количеством узлов. ПК и подключённый к нему X5M тоже можно считать локальной сетью, состоящей из двух узлов. Более важно наличие в сети сервера автоматической конфигурации – *DHCP*-сервера, для использования которого необходимо включить переключатель 2 конфигулятора. Переключатель 2 можно не выключать, тогда при отсутствии *DHCP*-сервера X5M после безуспешных попыток получить *IP*-адрес (через 20 секунд) продолжит работать так, как работал бы с выключенным переключателем 2.

Рассмотрим возможные варианты включения X5M в локальную сеть. Пусть в вариантах с 1 по 3 в ПК и в приборе включена автоматическая конфигурация *IP*-протокола (второй переключатель конфигулятора в положении «ON», первый – в положении «OFF»).

Вариант первый – включение в локальную сеть с *DHCP*- и *DNS*-серверами. ПК и X5M получают *IP*-адреса от *DHCP*-сервера. *DHCP*-сервер регистрирует сетевое имя X5M на *DNS*-сервере, что позволит использовать сетевое имя в качестве адреса X5M.

Вариант второй – включение в локальную сеть, содержащую только *DHCP*-сервер. ПК и X5M получают от сервера *IP*-адреса. Адрес прибора будет не известен, но он будет определён с помощью функции обнаружения приборов при подключении ПО.

Вариант третий – включение одного X5M в локальную сеть, не содержащую серверов. Вариант эквивалентен прямому подключению. X5M будет доступен по адресу 169.254.0.254.

Для пользователя представленные выше варианты и прямое подключение вместе с ними выглядят одинаково. Он подключает X5M более предпочтительным для него способом – непосредственно к ПК или в локальную сеть и, при подключении посредством ПО, выбирает X5M из списка обнаруженных.

Вариант четвёртый – в ПК выключена автоматическая конфигурация *IP*-протокола. Бывают такие локальные сети, где администратор вручную задаёт адреса ПК. В измерительном блоке также надо запретить автоматическую конфигурацию – установить переключатель 2 конфигуратора в положение «*OFF*», и задать *IP*-адрес прибора в «пользовательском» наборе сетевых параметров (см. п. 3.2.4).

❗ При возникновении проблем при конфигурации сетевых параметров обратитесь к администратору локальной сети или попробуйте воспользоваться информацией и рекомендациями, изложенными в Приложение В и Приложение Б.

3.2.4 Изменение сетевых параметров

Изменение сетевых параметров измерительного блока может потребоваться при подключении X5M к локальной сети или при подключении нескольких X5M к одному компьютеру.

Изменять можно только набор сетевых параметров «Пользователя». Проще всего это сделать через *WEB*-интерфейс X5M, выполнив следующую последовательность действий.

а) Если адрес X5M не известен или он не доступен с текущими сетевыми настройками:

- выключите X5M;
- выполните прямое подключение, описанное в п. 3.2.2;
- выключите все переключатели конфигуратора на задней панели X5M;
- подождите около 30 с после выключения X5M, включите X5M и подождите около 40 с.

б) Наберите в адресной строке интернет-браузера *IP*-адрес X5M (169.254.0.254 при прямом подключении к ПК) и нажмите 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», приведённую на рисунке 3.6.

г) Выполнив необходимые изменения, нажмите кнопку «Записать».

❗ При изменении сетевых настроек X5M через Web-интерфейс во избежание поломки X5M после нажатия кнопки «Записать» необходимо дождаться появления сообщения о завершении записи «Write config complete» на той же страничке настройки сетевых параметров! Время ожидания может достигать до 1 мин!

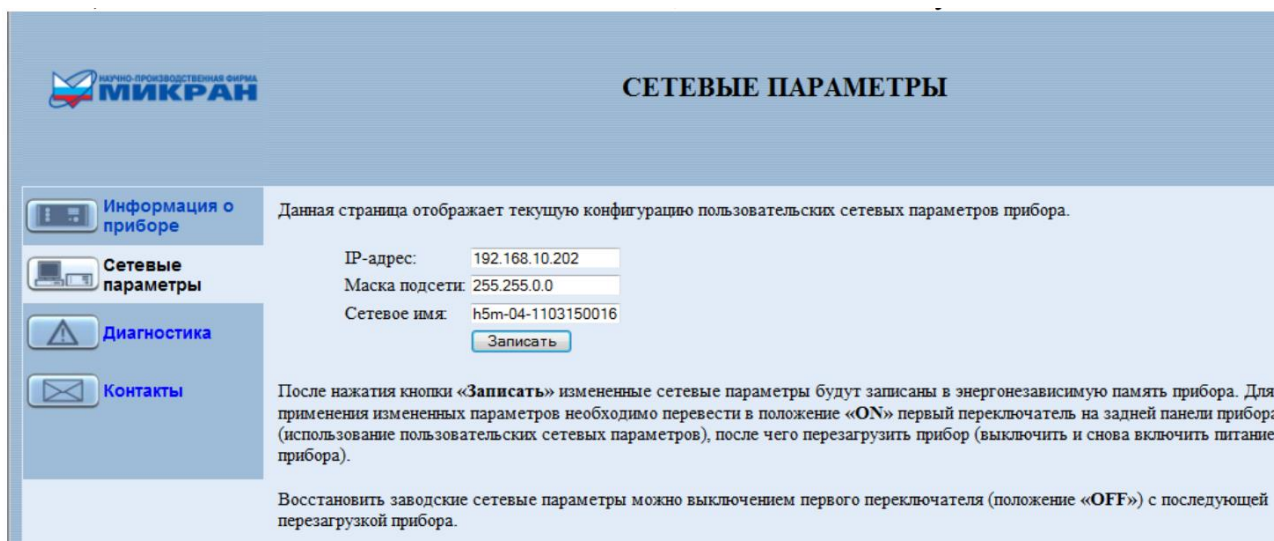


Рисунок 3.6 – Изменение сетевых параметров

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

❗ Изменение сетевых параметров вступит в силу только после выключения/включения питания X5M и при включённом первом переключателе КОНФИГУРАТОР на задней панели X5M (рисунок 3.3). Между выключением электропитания и последующим включением X5M, с целью сохранности блока питания, необходимо выдержать интервал не менее 30 с.

3.3 Запуск программы и подключение к X5M

Для запуска ПО Graphit следует нажать кнопку «Пуск» и выбрать пункт меню «Пуск > Все программы > Микран > Graphit X5M 2.3.x > Graphit X5M»,

как показано на рисунке 3.7 (номер версии ПО может отличаться).

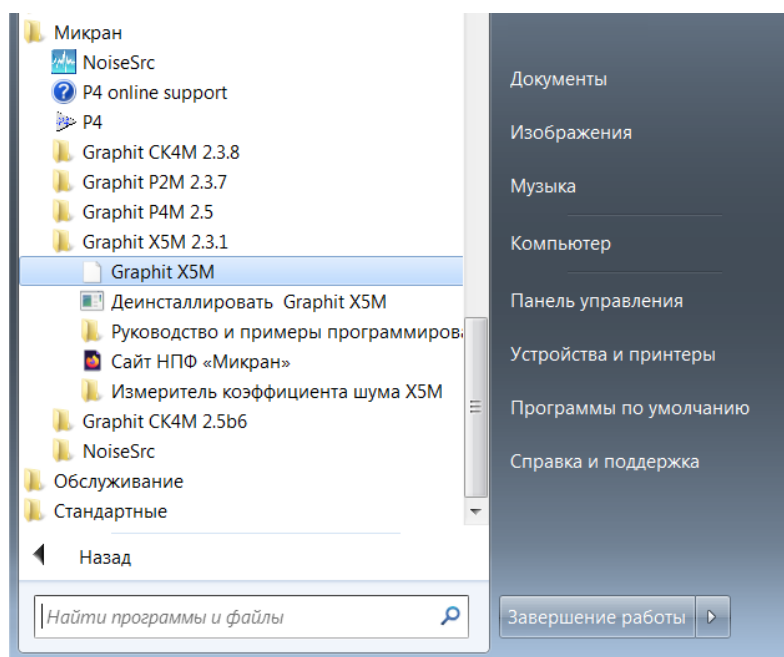


Рисунок 3.7 – Старт ПО *Graphit* из меню «Пуск»

После старта ПО *Graphit* появится диалог подключения к X5M (рисунок 3.8). Под подключением здесь понимается установка TCP-соединения с измерительным блоком, инициализация и установка текущих параметров.

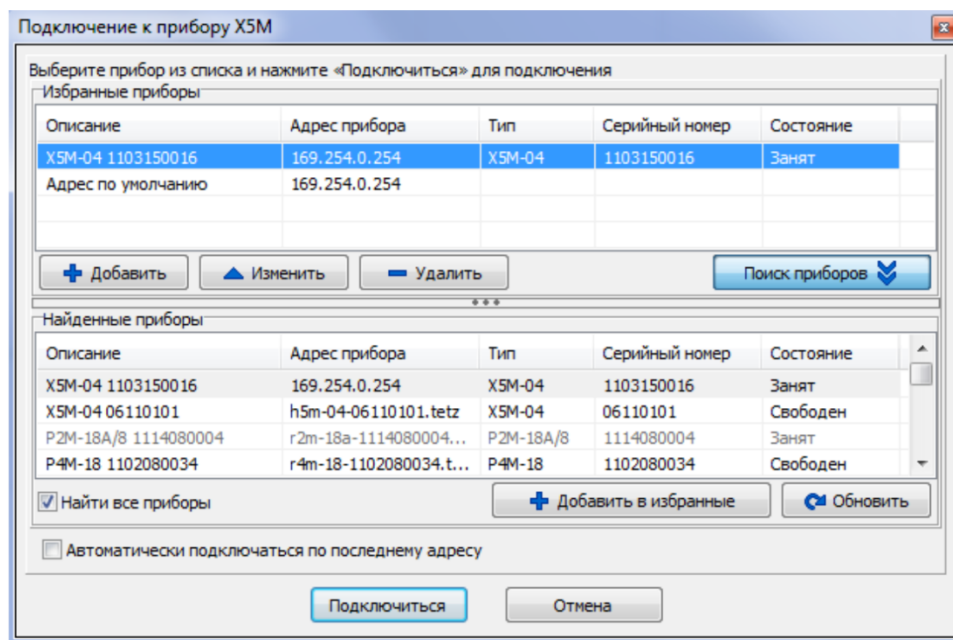


Рисунок 3.8 – Диалоговое окно подключения к X5M

Диалоговое окно подключения к X5M содержит панель «Избранные приборы» и «Найденные приборы», в которых содержатся списки приборов с их описанием, адресом, типом, серийным номером и состоянием. В нижней части диалоговых окон расположены кнопки управления, позволяющие добавлять,

удалять и изменять элементы списка «Избранные приборы». Кнопка «Поиск приборов» позволяет скрыть/отобразить список «Поиск приборов». Включение переключателя «Автоматически подключаться по последнему адресу» приведёт к автоматическому подключению к выбранному X5M при следующем старте ПО *Graphit*.

Контекстное меню списков окна подключения (рисунок 3.9) кроме команд управления списками содержит дополнительные функции: копирование адреса выделенного прибора в буфер обмена, переход в браузере на WEB-интерфейс X5M.

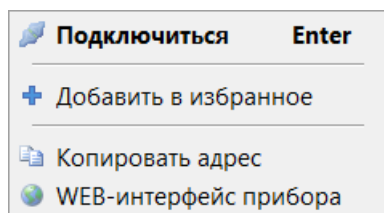


Рисунок 3.9 – Контекстное меню списка окна подключения

После выбора X5M из списка и нажатия кнопки «Подключиться» или двойного щелчка по элементу списка выполняется попытка подключения к X5M. Если ПО не удалось установить подключение, то отобразится сообщение об ошибке (рисунок 3.10). После нажатия кнопки «ОК» диалоговое окно подключения к X5M примет исходный вид, приведённый на рисунке 3.8. Нажатие кнопки «Отмена» закроет диалоговое окно подключения к X5M.

Чтобы повторно открыть диалог подключения к X5M, следует воспользоваться пунктом меню «Управление >Подключение к прибору X5M...».

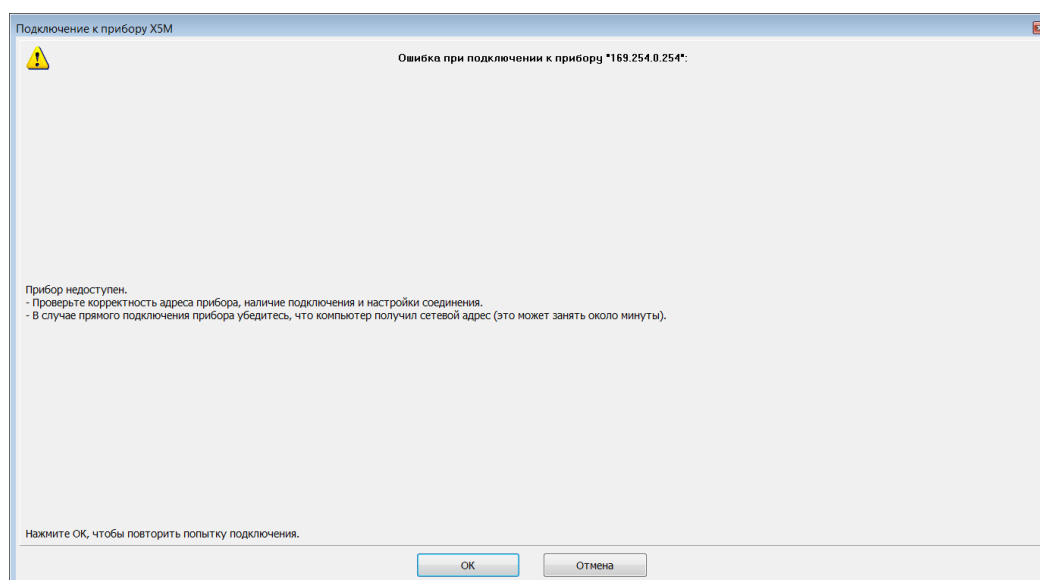


Рисунок 3.10 – Сообщение о неудачном подключении к X5M

Функция «Обновить» позволяет повторить обнаружение доступных приборов. ПО обращается к *DNS*-серверу с просьбой преобразовать *IP*-адрес X5M в сетевое имя. Если это удастся, то в столбце «Адрес прибора» вместо *IP*-адреса

отображается сетевое имя. Невозможность преобразования IP-адреса в сетевое имя не является ошибкой и связана, скорее всего, с тем, что X5M не использовал автоматическую конфигурацию сетевых параметров (переключатель 2 на задней панели выключен, рисунок 3.3) и не зарегистрировал своё имя на сервере. Если поиск осуществлялся при выключенном переключателе «Все приборы», то из найденных устройств будут отображены только подходящие к текущей версии ПО Graphit X5M.

❗ При возникновении проблем с подключением к X5M воспользуйтесь информацией и рекомендациями, изложенными в Приложение В и Приложение Б.

После подключения к X5M появится диалог выбора режима измерения (т.е. измерительной схемы, см. рисунок 3.11).

Имеются следующие режимы измерения:

- Модуляционный метод (файл схемы «X5M_modulation.gsz», для измерения КШ и КП с использованием твердотельного ГШ, управляемого с помощью X5M;
- Метод двух отсчетов (файл схемы «X5M_twice_power.gsz» для измерения КШ и КП с помощью НГШ);
- Градуировка генераторов шума (файл схемы «X5M_calibrator.gsz», для калибровки ГШ);

i Для получения более точных результатов градуировки вместо режима «Градуировка генераторов шума» рекомендуется приобрести специальную программную опцию «ГРП» (т.е. режим измерения «СК4М. Градуировка генераторов шума»), а также лицензию на использование специальной инструкции по градуировке ГШ.

Смена режима измерения производится путём закрытия текущей сессии ПО Graphit и повторного открытия при помощи соответствующего ярлыка меню «Пуск» или рабочего стола ОС Windows®, либо выбором необходимого пункта в диалоговом окне, вызываемом из меню программы «Файл > Открыть...» (рисунок 3.11).

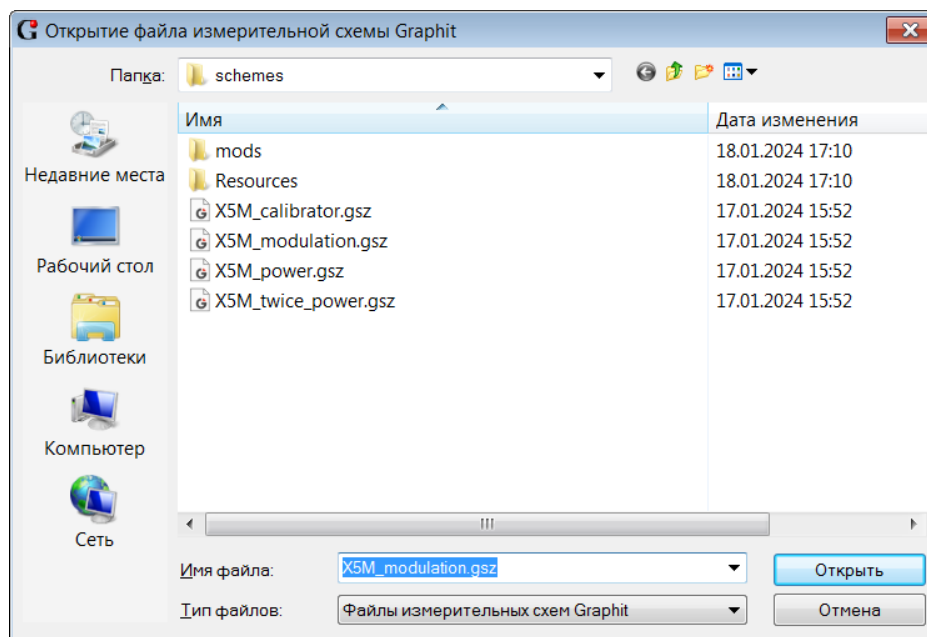


Рисунок 3.11 – Диалог выбора режима измерения

3.4 Активация программных опций (при необходимости)

На последних версиях X5M ключ лицензии уже содержится во встроенном ПО (не поставляется отдельно на цифровом носителе), и загружается в ПО *Graphit* автоматически. В противном случае для активации программной опции вызовите пункт меню «Управление > Лицензионные ключи...» и в появившемся окне нажмите на кнопку «Добавить» для выбора файла-ключа лицензии с расширением *lk* (рисунок 3.12). Файл-ключ лицензии, поставляемой вместе с X5M, находится в директории *Licenses* на *flash*-накопителе. После добавления лицензии активация опций происходит автоматически, перезагрузка ПО *Graphit* не требуется. Список доступных программных опций ПО *Graphit* приведён в таблице 3.2.

№	Комп...	Поставщик	Серийный номер	Опции	Дата истечения
7	Vaulin...	ЗАО «НПФ «МИКРАН»	P4M-18 1102090052	VOP	Не ограничена
8	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	CK4M-18 1101170108	GRP,SRP,IKSH,IPSH	Не ограничена
9	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	CK4M-18 1101240239	GRP,IKSH,IPSH	2025/03/31
10	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	CK4M-50 1117150001	GRP,SRP,IKSH,IPSH	Не ограничена
11	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	CK4M-50 1117200015	GRP,SRP,IKSH,IPSH,ADP	Не ограничена
12	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	CK4M-50 1117200016	GRP,IKSH,IPSH,ADP	Не ограничена
13	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	X5M-18 08006005	GRP,SRP	Не ограничена
14	АО «...	АО «НПФ «МИКРАН»	X5M-18 1104170100	GRP,SRP	Не ограничена

Рисунок 3.12 – Окно управления ключами лицензий

Т а б л и ц а 3.2 – Программные опции ПО *Graphit*

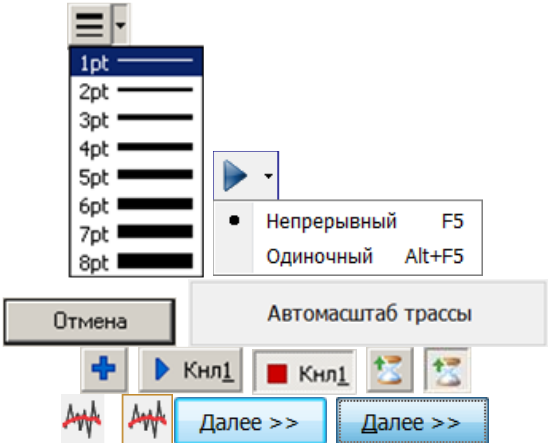
Обозначение	Название	Описание
СРП (SRP)	Скрытый режим пользователя	Опция предназначена для предотвращения возможности считать из программы или измерить при помощи технических средств диапазона рабочих частот исследуемого устройства лицами, не имеющими права доступа к закрытой информации.
ГРП (GRP)	Градуировка генераторов шума	Опция предназначена для точной калибровки (градуировки) генераторов шума

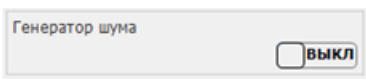
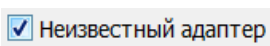
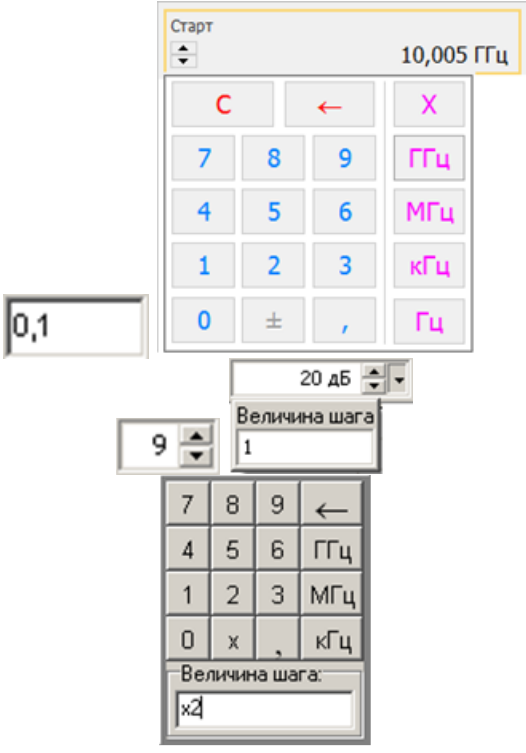
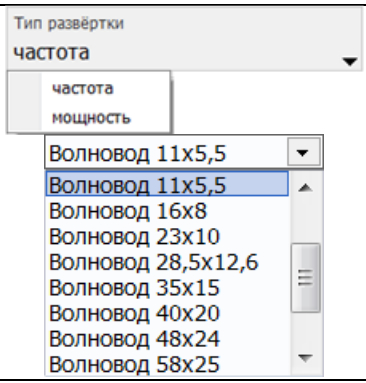
4 Описание программного обеспечения

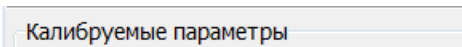
4.1 Описание элементов интерфейса пользователя

Основные элементы управления, используемые в ПО *Graphit*, представлены в таблице 4.1.

Т а б л и ц а 4.1 – Элементы управления

Название	Пример внешнего вида	Описание
Кнопка		Кнопки для выполнения операции (названия кнопок могут присутствовать на самих кнопках, или появляться в контекстной подсказке при наведении на нее указателем мыши): Кнопки со списком (нажатие приводит к выбору очередного элемента в списке) Кнопки с фиксацией

Название	Пример внешнего вида	Описание
Переключатель (тумблер)		Переключатель (тумблер). Аналог классического флажка.
Флажок		Включает (и индицирует) определённые свойства или функции
Радиокнопка	☒ Управляемая (по сценарию) ☐ Пользовательская (в произвольном порядке) ☐ Автоматическая (с электронным калибратором)	Выбор одного из вариантов
Поле ввода (или поле с регулировкой значения)		Элемент задания значений с возможностью ввода с экранной клавиатуры (ЭК), либо перелистыванием с определённым шагом при помощи колеса прокрутки мыши или клавишами-стрелками «вверх»/«вниз». Вызов экранной клавиатуры происходит по нажатию левой кнопки мыши, контекстного меню для настроек шага или выбора одного из прошлых значений – по нажатию правой кнопки мыши; в некоторых полях можно ввести величину шага изменения, либо задать множитель изменения значения поля (например, «×2» или «×10»)
Поле со списком		Предназначено для выбора одного из элементов выпадающего списка (название поля может присутствовать в самом поле, либо слева от него)

Название	Пример внешнего вида	Описание
Группа		Область диалога с названием, обозначенная рамкой, объединяет, как правило, несколько элементов управления, например радиокнопки, поля ввода и т.п.

Окно ПО *Graphit* содержит главное меню, панели инструментов, а также одну или несколько диаграмм и панели управления. На рисунке 4.1 меню и панели инструментов расположены в верхней части окна, панели управления расположены внутри соответствующей области в правой части окна.

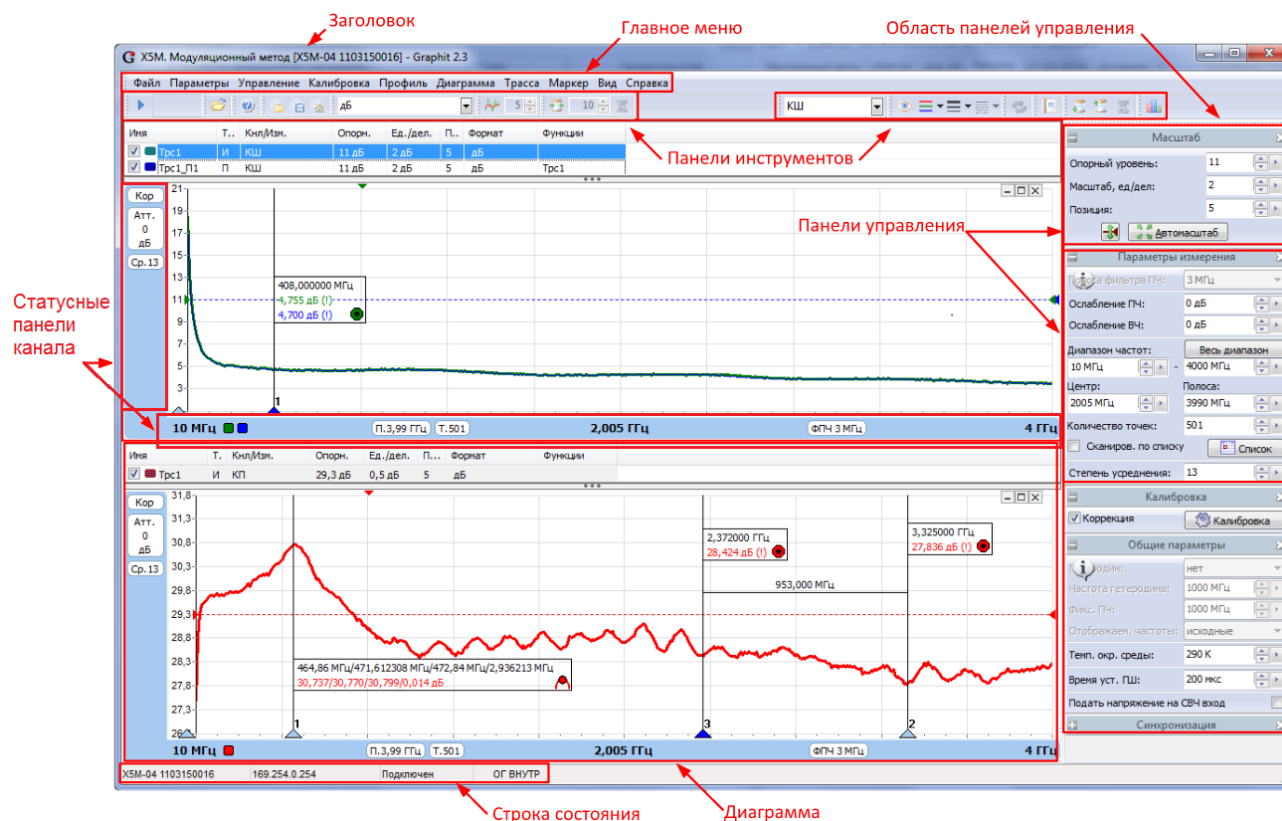


Рисунок 4.1 – Общий вид ПО *Graphit* X5M

Боковая **статусная панель** (на рисунке 4.1 расположена слева) отображает амплитудные параметры, список которых приведён в таблице 4.2. При наведении мыши на индикатор панели появится всплывающая подсказка с расшифровкой обозначения.

Нижняя **статусная панель** отображает следующие параметры измерения:

- Начальная частота/мощность/время **10 МГц**;
- Цветовые индикаторы трасс диаграммы  (кликом мыши по любому из них выбирается трасса, обозначенная цветом индикато-

- ра);
- Полоса обзора **П.3,99 ГГц**;
 - Количество точек **Т.501**;
 - Центральная частота **2,005 ГГц**;
 - Полоса фильтра ПЧ **ФПЧ 3 МГц**;
 - Конечная частота **4 ГГц**.

Статусная строка (или, иначе, строка состояния) содержит информацию о подключённом X5M:

- тип и серийный номер;
- IP-адрес или сетевое имя X5M;
- статус подключения к X5M;
- режим опорного генератора «ОГ».

Т а б л и ц а 4.2 – Индикаторы боковой статусной панели канала

Наименование индикатора	Вид	Описание
Значение ВЧ аттенюатора		Значение ослабления входного ступенчатого ВЧ аттенюатора
Коррекция	  	Информация о коррекции, т.е. учете результатов пользовательской калибровки (соответственно сверху вниз: некорректированные данные/коррекция включена/применение интерполяции калибровочных данных)
Степень усреднения		Значение установленной степени аппаратного усреднения
Компенсация внешней цепи (встраивание/исключение цепи)	 	Компенсация внешней цепи до ИУ включена Компенсация внешней цепи после ИУ включена

Панели управления и панели инструментов являются основным средством задания параметров X5M и измерений, позволяют изменять настройки отображения и операций над трассами. Выбор пункта «Область панелей управления» в меню «Вид» или нажатие комбинации клавиш «**Ctrl+P**» позволит скрыть или отобразить область панелей управления.

4.2 Обработка, измерения и отображение данных

X5M поддерживает несколько режимов работы:

- Модуляционный метод;
- Метод двух отсчетов;
- Градуировка генераторов шума.

Для упрощения понимания функций тех или иных элементов интерфейса ПО *Graphit*, необходимо рассмотреть блок-схемы обработки данных (рисунки 4.2 и 4.3). Обработка сигнала, производимая до ПО *Graphit*, а также особенности работы, приведены на структурных схемах и в тексте при разъяснении устройства и работы X5M в разделе с описанием X5M и принципов его работы ч. I настоящего РЭ.

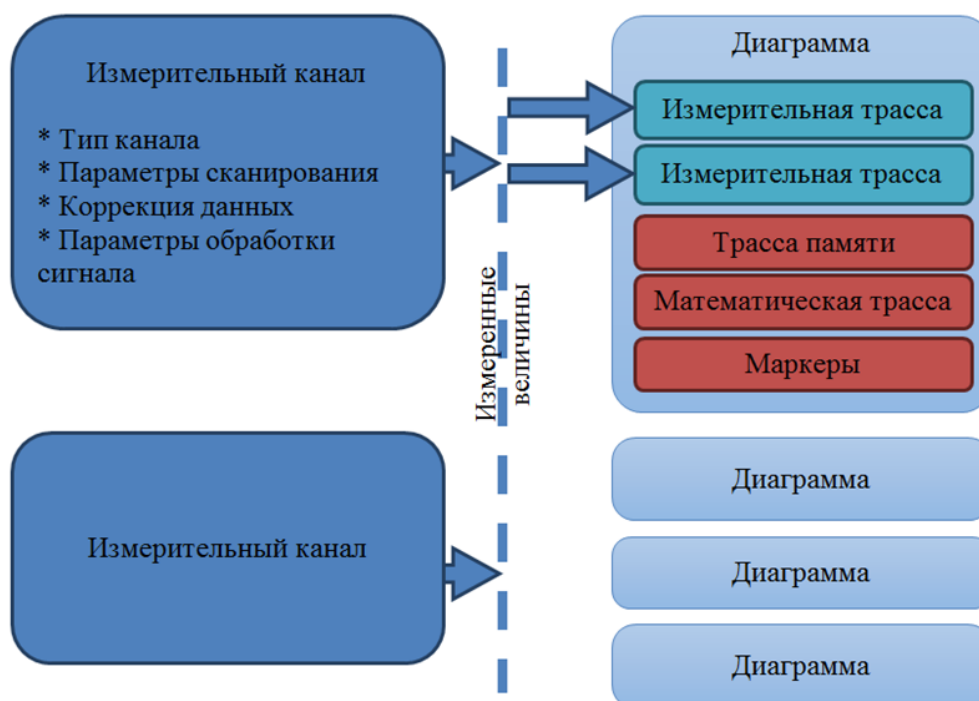


Рисунок 4.2 – Обобщённая схема обработки данных

Измерительный канал – источник измеренных величин. Определяет алгоритм взаимодействия аппаратных и программных частей и соответствующие им параметры. «**Измерение**» – часть измерительного канала, выполняющая вычисление измеряемых величин из оцифрованных сигналов измерительных входов X5M. Здесь и далее термин «измерение» взят в кавычки, чтобы отличить от существительного *измерение*, означающего процесс. Порядок обработки данных в измерительном канале представлен на рисунке 4.3.

X5M поддерживает один измерительный канал:

- Измерения в частотной области.

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

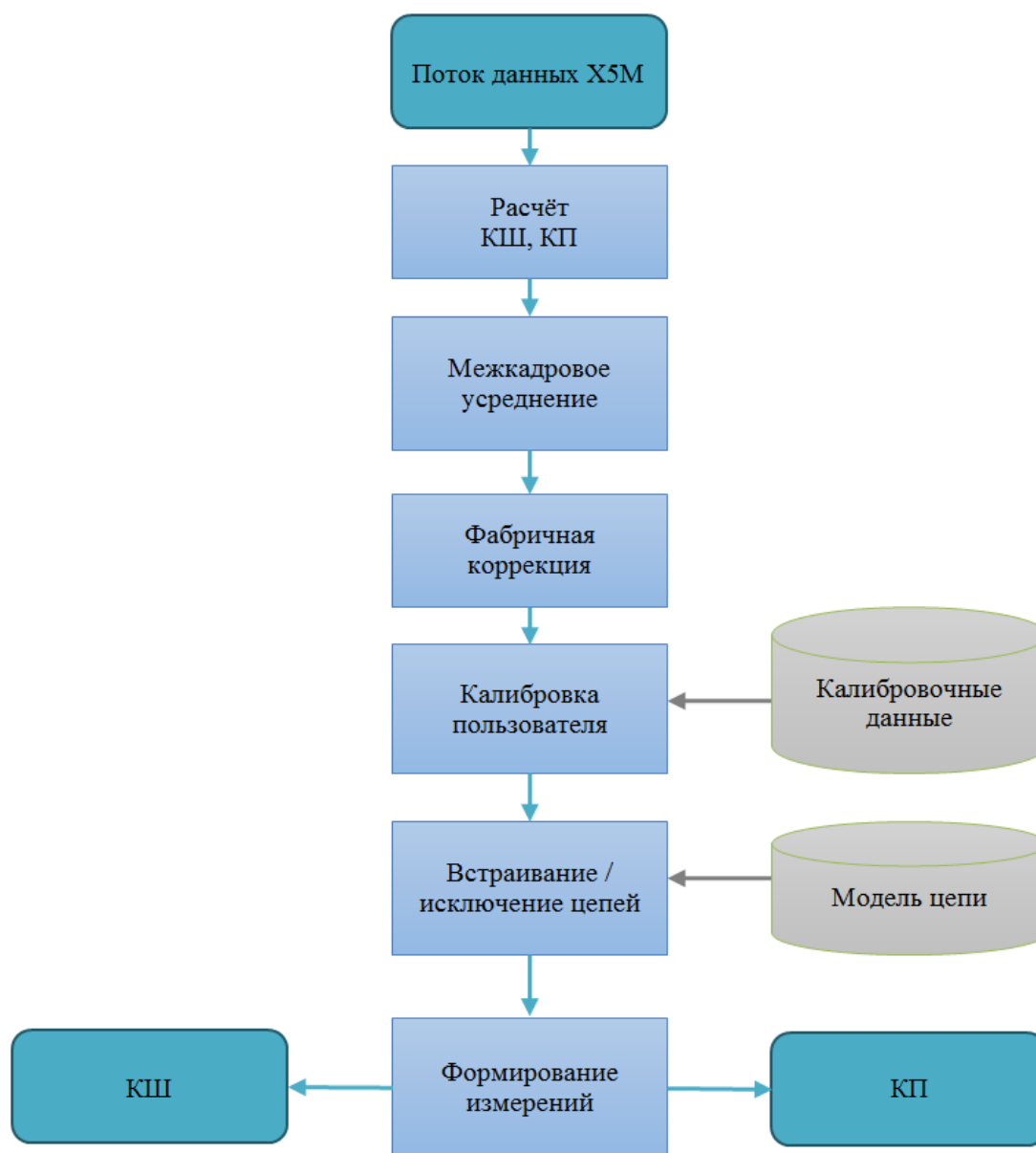


Рисунок 4.3 – Блок-схема обработки данных в измерительном канале

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

- **измерительная трасса**, отображающая результаты измерений;
- **математическая трасса**, отображающая результат поточечной арифметической операции над трассами – сложение, вычитание, умножение, деление и другие;
- **трасса памяти**, представляющая собой статическую копию данных

любой другой трассы произвольного типа, либо данные, загруженные из файла.

Маркеры – индикаторы на диаграмме, содержащие численные значения заданных точек трасс. Благодаря широкому набору функций, описанных в п. 4.10, маркеры способны находить по заданному критерию особые точки на трассе, вычислять вторичные измеряемые параметры (такие как полоса пропускания, коэффициент прямоугольности, добротности и т.п.), отображать статистические данные. Маркеры или их связи (**связные маркеры**) позволяют установить некоторые параметры измерения или настройки отображения трассы.

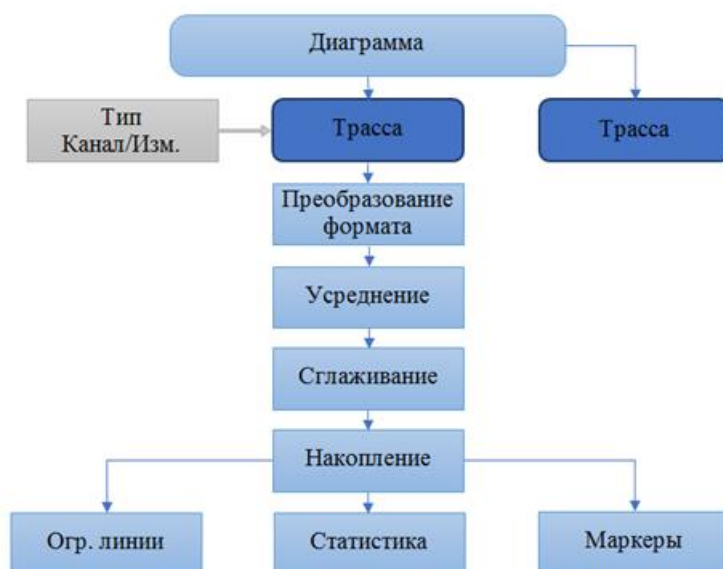


Рисунок 4.4 – Блок-схема обработки данных в трассе

В окне ПО *Graphit* одновременно могут отображаться от 1 до 4 диаграмм, и в каждой диаграмме могут отображаться до 30 трасс (максимальное число измерительных трасс – 10). Пользователю разрешено отображать на одной диаграмме трассы в разных форматах, принадлежащие различным «измерениям» и измерительным каналам. На рисунке 4.5 показан пример диаграммы с контекстным меню, появившемся после клика правой кнопкой мыши по области отображения трасс.

-  Чтобы **создать или удалить диаграмму**, следует щёлкнуть правой кнопкой мыши по области отображения трасс и в появившемся контекстном меню выбрать соответствующий пункт. Удалить единственную диаграмму невозможно.
-  При двух и более диаграммах двойной щелчок мышью по горизонтальной шкале или нажатие клавиши «**F11**» **развернёт диаграмму** до максимальных размеров, скрыв соседние диаграммы. Повторный двойной клик мышью по горизонтальной шкале или нажатие клавиши «**F11**» **вернёт диаграмму в прежнее состояние**.

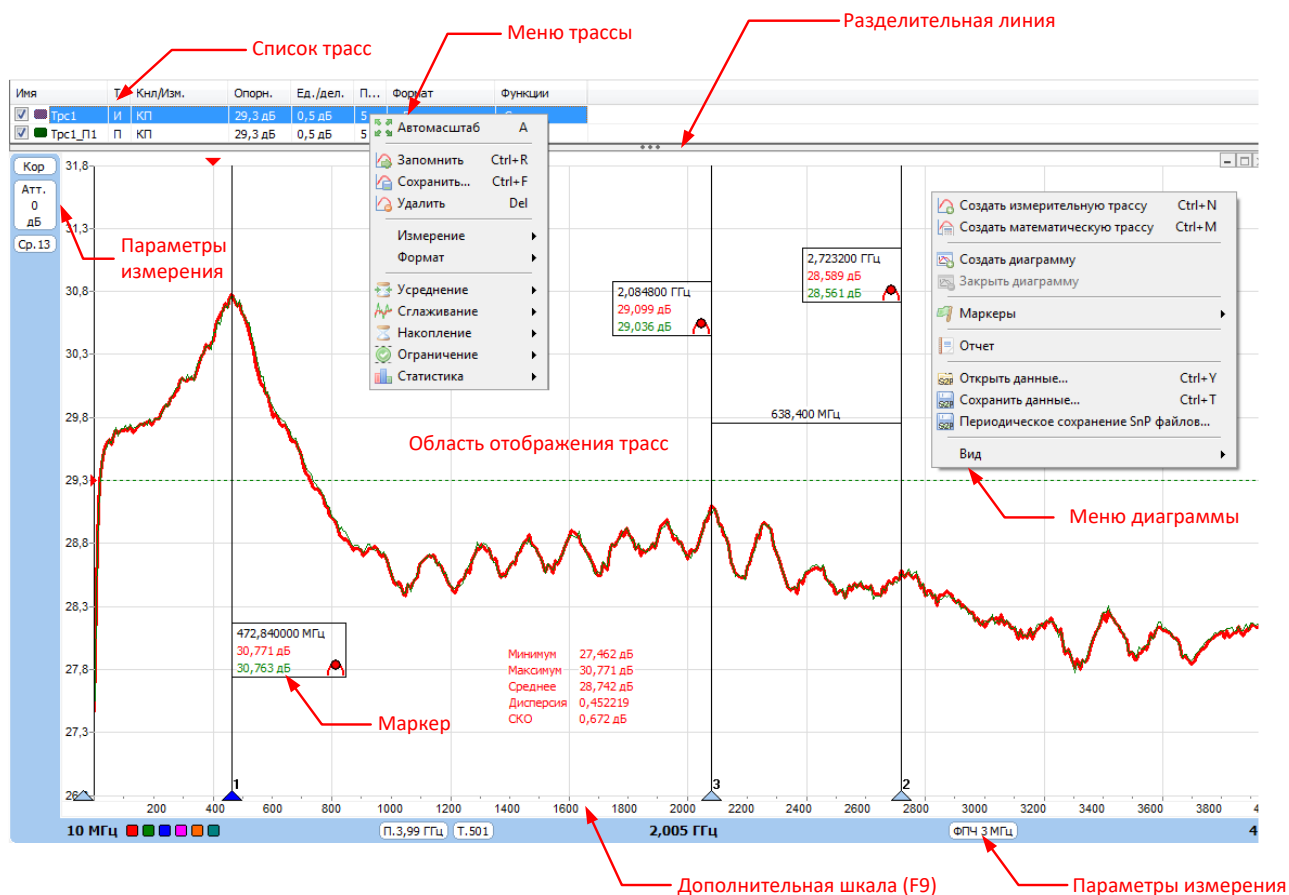


Рисунок 4.5 – Диаграмма и её контекстное меню

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

В столбце «Тип» отображается тип трассы: «И» – измерительная, «П» – памяти или «М» – математическая. В столбце «Кнл/Изм.» содержатся имена канала (если он не единственный) и «измерения», разделённые символом «/».

В столбцах «Опорн.», «Ед./дел.» и «Поз.» отображаются значения опорного уровня, масштаба (ед./дел.) трассы и позиции опорного уровня. Двойной щелчок мышью по любой из указанных ячеек позволит изменить значение соответствующего параметра во всплывающем поле. Более подробно эти параметры описаны в п. 4.7.1.

Столбец «Формат» отображает текущий формат данных трассы. Двойной щелчок мышью в этом поле откроет список доступных форматов.

В столбце «Функции» отображаются сокращения названий операций, применяемых к результатам измерений (подробнее в п. 4.7), а также дополни-

тельная информация для математических и трасс памяти.

При наличии нескольких диаграмм активная диаграмма выделяется рамкой. Трассу можно выделить непосредственно в списке, либо щёлкнув левой кнопкой мыши по пиктограмме трассы с её цветом на нижней статусной панели канала. Можно выделить несколько трасс, удерживая клавишу «**Ctrl**» или «**Shift**», для того, чтобы управлять их атрибутами одновременно. Все пункты меню, а также элементы панелей управления и инструментов, касающиеся трасс, имеют отношение только к выделенным трассам и соответствующим им измерительным каналам. Работа с трассами разных типов подробно описана в п. 4.7.

Список трасс автоматически расширяется при добавлении новой трассы (если установлен флажок «Вид > Автовысота списка трасс» в меню диаграммы), если общее количество трасс не превышает 4. Также существует возможность изменения его высоты пользователем перемещением нижней границы. Можно немного сократить занимаемую списком площадь экрана, скрыв заголовки столбцов, очистив флажок «Вид > Заголовки столбцов» в меню диаграммы.

Контекстные меню (рисунок 4.6) предназначены для быстрого доступа к свойствам и функциям диаграмм, трасс и маркеров. Необходимо отметить, что некоторые операции (например, сохранение данных трассы в файл), доступны только из контекстных меню. Далее под термином «меню» понимается контекстное меню соответствующего объекта.

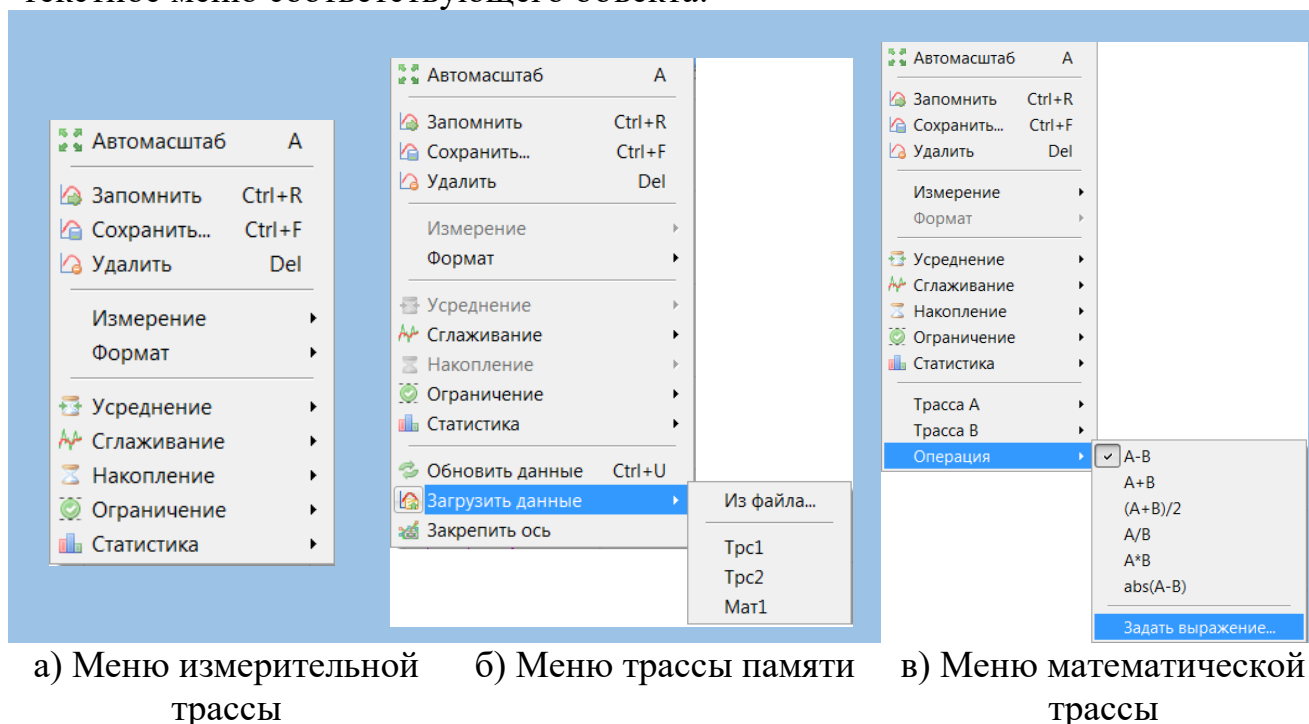


Рисунок 4.6 – Контекстные меню трасс

4.3 Главное меню программы

Главное меню ПО *Graphit* отображается в верхней части окна программы и состоит из следующих пунктов.

Файл – используется для смены режима измерения ПО *Graphit* (можно воспользоваться комбинацией клавиш «**Ctrl+O**» или кнопкой на панели инструментов «*Управление схемами*»).

Параметры – содержит настройки внешних устройств, например «Характеристика ГШ» – для загрузки значений ИОШТ ГШ, используемого для измерений КШ и/или КП; либо эталонного ГШ, используемого для градуировки другого ГШ.

Управление – содержит команды подключения/отключения к Х5М и запуска/остановки процесса измерений, а также запуска окна управления ключами лицензий ПО *Graphit*.

Калибровка – меню предназначено для выполнения калибровки, управления калибровочными данными и настройки параметров коррекции.

Профиль – предназначено для сохранения/загрузки параметров измерений.

Диаграмма – дублирует контекстное меню активной диаграммы (рисунок 4.5).

Трасса – дублирует контекстное меню выделенной(-ых) трассы(трасс), изображённое на рисунке 4.6.

Маркер – дублирует контекстное меню управления активным маркером (рисунок 4.24).

Вид – используется для включения или отключения панелей инструментов, панелей управления. В этом меню можно задать необходимый перечень отображаемых на экране панелей инструментов и панелей управления, выбирая нужные строки в соответствующих вкладках. Выбрав пункт «Показать все» или «Показать по умолчанию», можно раскрыть весь перечень панелей управления, либо их начальную конфигурацию.

Справка – обеспечивает доступ к справочной системе и информации о текущей версии ПО *Graphit*.

-  Существует возможность выбора пункта главного меню с помощью клавиатуры. Для этого достаточно нажать клавишу «**Alt**» или «**F10**» и клавишами управления курсором выбрать нужный пункт.
-  После нажатия клавиши «**Alt**» или «**F10**» в тексте на многих пунктах меню появляются подчёркнутые символы. Последовательное нажатие клавиши «**Alt**», затем «подчёркнутый символ» эквивалентно выбору пункта меню.

4.4 Настройка графического интерфейса

В меню «Вид» пользователю предоставляется возможность настройки отображения объектов ПО *Graphit* (рисунок 4.7).

Панели инструментов, расположенные в верхней части главного окна программы, могут быть использованы для быстрого доступа к наиболее востребованным командам и функциям. Пользователь может перемещать панели инструментов мышью, отключать или включать их, используя меню «Вид > Панели инструментов». При наведении указателя мыши на определённый элемент панели появится всплывающая подсказка.

Для включения тех или иных панелей управления следует установить соответствующие флажки в соответствующем подменю «Вид» (рисунок 4.7), Краткое описание содержимого панелей представлено в п. 4.6.

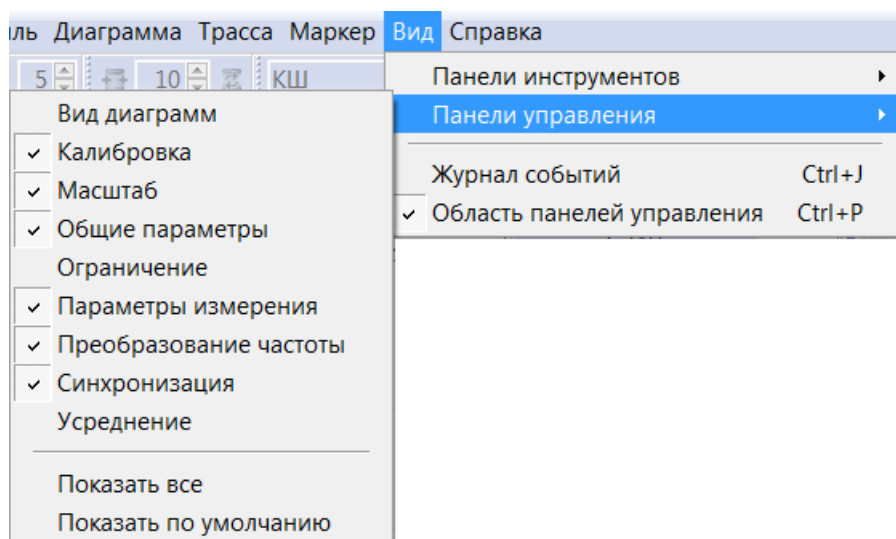


Рисунок 4.7 – Настройка панелей управления

На панели управления «Вид диаграмм» (рисунок 4.7), схематично изображающей текущий вид области отображения диаграмм, с помощью «мыши» можно перемещать прямоугольники, изменяя взаимное расположение диаграмм. Двойной щелчок «мыши» по прямоугольнику позволяет изменить имя соответствующей ему диаграммы. В списке тема оформления можно выбирать цвет фона области отображения трасс и координатной сетки. Цвет применяется сразу для всех диаграмм.

4.5 Панели инструментов

Панели инструментов, расположенные в верхней части главного окна программы, могут быть использованы для быстрого доступа к наиболее востребованным командам и функциям (панели приведены на рисунке 4.8).

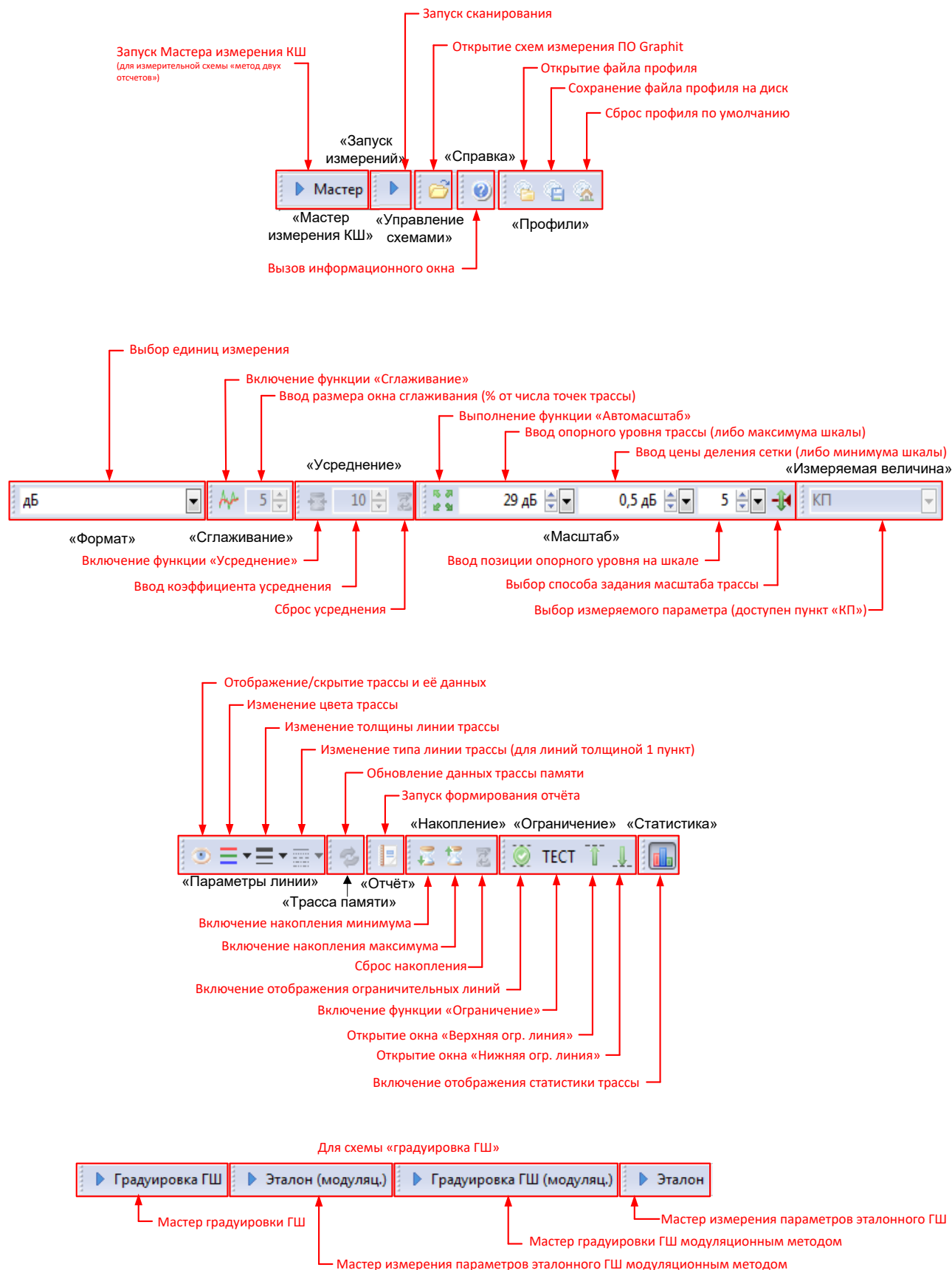


Рисунок 4.8 – Панели инструментов (в кавычках подписаны названия панелей)

Возможности панелей инструментов, как правило, дублируют функционал панелей управления, или пунктов главного меню, или команд контекстного меню трасс. Пользователь может перемещать панели инструментов мышью, отключать или включать их, используя меню «Вид > Панели инструментов». При наведении указателя мыши на определённый элемент панели появится всплывающая подсказка.

4.6 Панели управления и параметры

Для установки параметров измерения и настройки функций трасс используются, в основном, панели управления (см. рисунок 4.9).

Для включения тех или иных панелей управления следует установить соответствующие флажки в соответствующем подменю «Вид».

Панели управления приведены на рисунке 4.9.

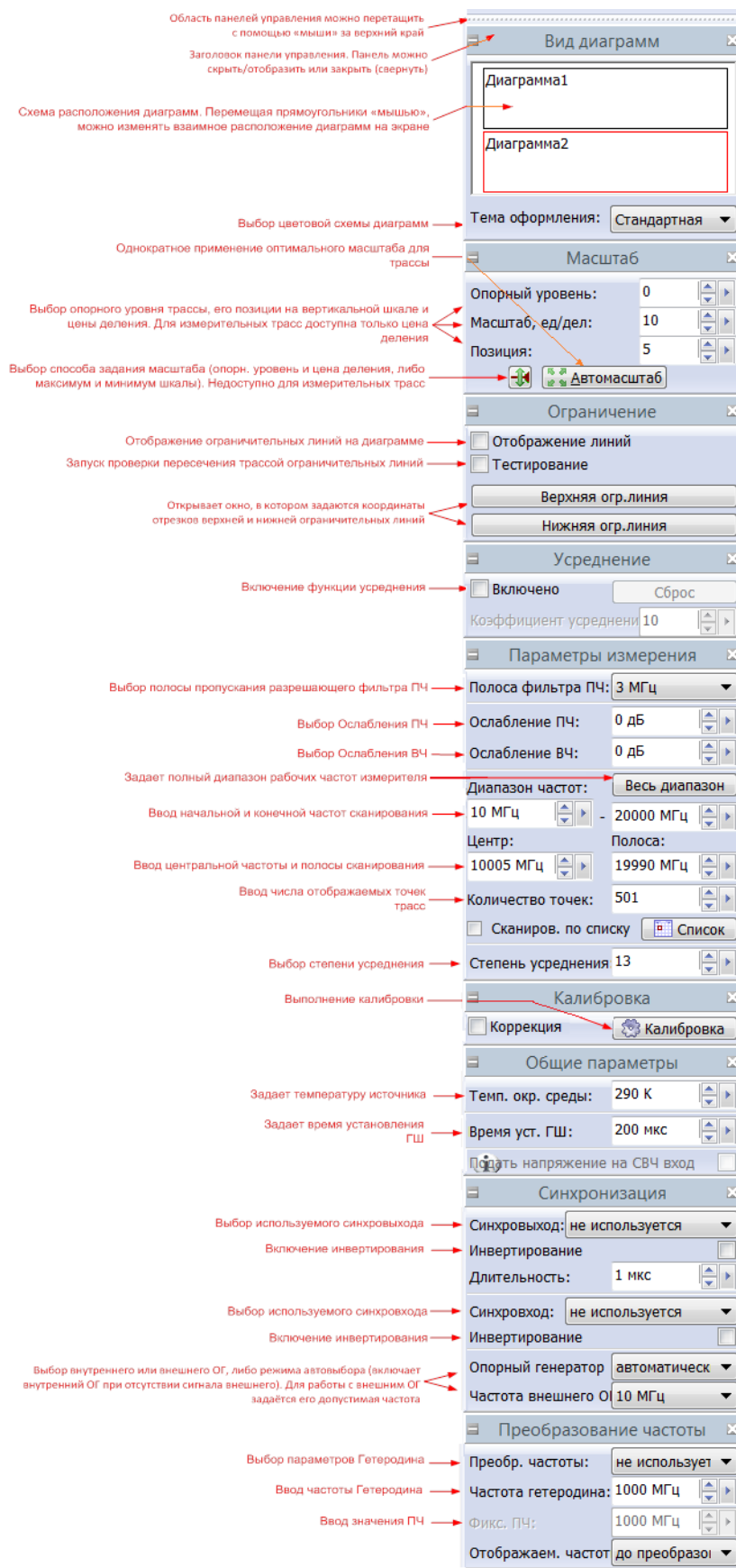


Рисунок 4.9 – Область панелей управления

4.6.1 Панель «Общие параметры»

См. рисунок 4.9.

- «Темп. окр. среды» (не для всех режимов измерения) – задает температуру согласованной нагрузки (или выключенного твердотельного ГШ).
- «Время уст. ГШ» (не для всех режимов измерения) – задает временной интервал, в течение которого будет происходить ожидание выхода ГШ в установившийся режим после начала включения или выключения питания. По окончании этого времени начинается, собственно, измерение мощности сигнала. Для разных моделей ГШ рекомендуемое время установки ГШ может различаться. По умолчанию этот параметр принимает значение 200 мкс.
- «Генератор шума» (для режима «Метод двух отсчетов») – при измерении мощности «горячего» и «холодного» источника позволяет вручную управлять питанием твердотельных ГШ.
- «Подать напряжение на СВЧ вход» или «Адаптер питания» (доступен только для опции «АПА») – флажок, позволяющий подключать сигнал, поданного на соединитель адаптера питания (опция «АПА») на передней панели X5M, к внутреннему проводнику входа «→ СВЧ» X5M. О включенном питании также сигнализирует светодиодный индикатор на передней панели X5M.

Описание данных параметров измерения приведено в п. 5.1.

4.6.2 Панель «Калибровка»

См. рисунок 4.9.

- «Калибровка» – кнопка, запускающая мастер пользовательской калибровки.
- «Коррекция» – флажок, позволяющий включать учет результатов пользовательской калибровки.

4.6.3 Панель «Усреднение»

См. рисунок 4.9.

- «Коэффициент усреднения» – поле ввода задаёт число кадров межкадрового усреднения K .

Более подробно см. п. 4.7.7.

4.6.4 Панель «Параметры измерения»

См. рисунок 4.9.

- «Фильтр ПЧ» – полоса пропускания разрешающего цифрового последовательного фильтра промежуточной частоты; уменьшение фильтра ПЧ приводит к увеличению разрешающей способности по частоте, уменьшению отображаемого уровня шума и увеличению времени измерения.
- «Ослабление ПЧ» – позволяет устанавливать ослабление встроенного калиброванного аттенюатора по каналу ПЧ (располагается перед АЦП); как правило, используется при измерении ИУ с большими значениями КП с целью защиты АЦП измерителя от перегрузки; при измерении выставленные значения ослабления автоматически компенсируются программным путем.
- «Ослабление ВЧ» (для опции «АТА») – позволяет устанавливать ослабление встроенного входного калиброванного электромеханического ВЧ аттенюатора, который расположен перед входным МШУ; как правило, используется при измерении ИУ с большими значениями КП с целью защиты входных цепей Х5М от перегрузки; при измерении выставленные значения ослабления автоматически компенсируются программным путем.
- «Диапазон частот» – задаются начальная и конечная частоты перестройки.
- «Центр» – центральная частота сканирования.
- «Полоса» – полоса обзора.
- «Количество точек» – количество точек, в которых производится измерение.
- «Сканиров. по списку» – включение или отключение сканирования по списку частот.
- «Список» – редактор списка частот, создаваемый пользователем «вручную» или загружаемый из файла; максимальный размер списка – 5001 точка.
- «Весь диапазон» – установка полного предельно возможного диапазона перестройки.
- «Степень усреднения» – в это поле вводится число n , определяющее количество физических измерений мощности в мВт в одной частотной точке по формуле $N = m \cdot 2^n$, где N – количество физических измерений в одной частотной точке, m – некоторый коэффициент, определяемый спецификой работы Х5М; на экран выводится среднее арифметическое значение мощности. Увеличение степени усреднения уменьшает флуктуации, но увеличивает время измерения.

4.6.5 Панель «Масштаб»

См. рисунок 4.9.

- «Опорный уровень (или «Максимум»))» – задание опорного уровня трассы, либо задание верхней границы левой оси трассы при включённом режиме масштаба максимум/минимум.
- «Переключение на режим задания отображения трассы через минимум и максимум» – включение или отключение режима задания масштаба трассы через минимум и максимум левой оси.
- «Масштаб, ед/дел (или «Минимум»))» – задание масштаба трассы по оси ординат, либо задние нижней границы оси ординат при включённом режиме масштаба максимум/минимум.
- «Позиция» – установка позиции опорного уровня трассы (доступно только при отключённом режиме масштаба максимум/минимум);
- «Автомасштаб» – автоматический выбор масштаба трассы.

Подробное описание параметров и функций масштабирования трасс представлено в п. 4.7.4.

4.6.6 Панель «Синхронизация»

Данная панель управления необходима для осуществления аналоговой синхронизации частоты опорного генератора от внешнего источника опорного сигнала, а также для осуществления цифровой синхронизации с другими приборами или для управления внешними устройствами – переключателями, модуляторами и т.п. – с целью построения измерительных систем (см. рисунок 4.9.).

- «Синхровыход» – выбор режима выхода цифровой синхронизации.
- «Инвертирование» – инверсия импульсов на выходе цифровой синхронизации.
- «Длительность импульса» – длительность импульсов на выходе цифровой синхронизации.
- «Синхровход» – выбор режима входа цифровой синхронизации.
- «Инвертирование» – инверсия импульсов на входе цифровой синхронизации.
- «Опорный генератор» – позволяет выбрать режим аналоговой синхронизации от внутреннего, либо от внешнего ОГ; предусмотрен также автоматический режим, в котором осуществляется синхронизация от внешнего ОГ, а при отсутствии синхронизации X5M переключится на внутренний ОГ.

Использование системы цифровой синхронизации X5M описано в пунк-

те 7.8.

4.6.7 Панель «Преобразование частоты»

Содержит настройки измерения частотно-преобразующих устройств (см. рисунок 4.9 и п. 7.9):

- «Преобр. частоты» – включение или отключение учета преобразования частоты, а также выбор вида преобразования; при выборе верхнего или нижнего гетеродина (формулы для определения промежуточной частоты на выходе ИУ приведены в ч. I настоящего РЭ, см. приложение с описанием основных видов измерений и формулами) активируется поле «Частота гетеродина». Это необходимо для настройки радиотракта X5M на приём частот ПЧ с выхода ИУ, а также корректного учёта калибровочных данных и значений *ENR* ГШ при расчёте трасс КП и КШ. Отображение трассы на диаграмме можно осуществить как на исходных частотах (входные частоты ИУ), так и на преобразованных (частоты ПЧ для ИУ, входные – для X5M) выбором соответствующего параметра в списке «Отображать частоты». При выборе пункта для фиксированной ПЧ можно измерять характеристики ИУ с перестраиваемым гетеродином (например, синтезатор частот Г7М) и фиксированной ПЧ на частотах входного сигнала, значение ПЧ при этом задается в поле «Фикс. ПЧ». Для синхронной работы X5M и синтезатора следует использовать систему цифровой синхронизации приборов (см. п. 7.8).
- «Частота гетеродина» – поле, в котором задается частота внешнего гетеродина, используемого совместно с исследуемым устройством; данная величина определяет диапазон ПЧ $f_{пч}$ на выходе ИУ, $f_{пч} = f_{гет-вход}$.
- «Фикс. ПЧ» – поле позволяет задать фиксированные значения ПЧ.
- «Отображать частоты» – выбор отображаемых частот на графике.

4.6.8 Панель «Ограничение»

См. рисунок 4.9.

- «Отображение линий» – включение или отключение отображения ограничительных линий.
- «Тестирование» – включение или отключение тестирования границ;
- «Верхняя огр.линия» – редактор координат верхней ограничительной линии.

- «Нижняя огр.линия» – редактор координат нижней ограничительной линии.

Информация по использованию ограничительных линий приведена в п. 4.7.8.

4.7 Трассы

В ПО *Graphit* существует 3 типа трасс:

- измерительная;
- трасса памяти;
- математическая трасса.

Измерительная трасса представляет собой графическое представление результатов измерений X5M. Источником данных трассы является «измерение» (о понятии «измерение» см. п. 4.1), которое, в свою очередь, является частью измерительного канала. Поэтому для назначения измерительной трассе её источника данных необходимо сначала выбрать канал (если он не единственный), а затем «измерение» и формат данных, используя панель инструментов «Измеряемая величина» (рисунок 4.10), либо подменю трассы «Измерение».



Рисунок 4.10 – Панель инструментов «Измеряемая величина»

Трассы памяти позволяют создавать «снимок» любой другой (непустой) трассы на диаграмме, а также загружать данные из файла, используя пункт меню трассы «Загрузить данные» или пункт меню диаграммы «Открыть данные...». Следует отметить, что после чтения диапазон значений, откладываемых по горизонтальной оси, в трассе памяти может не совпадать с диапазоном, заданным в измерительном канале. В этом случае трасса памяти будет отображаться частично (не во всём диапазоне) или не отображаться вовсе. Меню трассы памяти изображено на рисунке 4.6-б.

Математические трассы позволяют проводить математическую обработку данных, имеющихся в трассе.

Порядок обработки и форматирования данных трассы представлен на рисунке 4.4.

4.7.1 Создание, обновление и удаление трасс

Чтобы **создать измерительную трассу**, следует в контекстном меню области отображения трасс выбрать соответствующий пункт (рисунок 4.5) или использовать комбинации клавиш «**Ctrl+N**». Затем в контекстном меню со-

зданной трассы или в панелях управления и инструментов задать необходимые параметры.

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

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

Чтобы **создать математическую трассу**, следует в контекстном меню диаграммы выбрать соответствующий пункт (рисунок 4.5) или использовать комбинацию клавиш **«Ctrl+M»**. В меню математической трассы задаются операнды трассы (во вкладках «Трасса А» и «Трасса В») и выбирается арифметическая операция, выполняемая над трассами (во вкладке «Операция»). При выборе пункта «Задать выражение» (рисунок 4.6 в)) откроется окно (рисунок 4.11), в котором можно выбрать необходимую операцию из выпадающего списка, либо ввести требуемое выражение в поле ввода. Список можно изменять, добавляя в него другие выражения, либо редактировать уже имеющиеся. При вводе формулы можно использовать только переменные А и В, константы (неотрицательные; дробная часть отделяется точкой), круглые скобки и символы математических операций (+, −, *, /, ^).

Математическая трасса и её операнды («Трасса А» и «Трасса В») должны иметь одинаковое количество точек и принадлежать одному и тому же «измерению». В пункте «Список доступных выражений» выбирается арифметическая операция, выполняемая над трассами поточечно. 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.

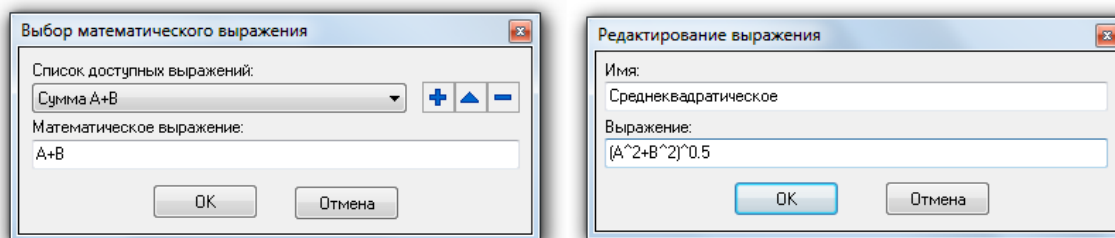


Рисунок 4.11 – Окно «Выбор математического выражения»

В большинстве анализаторов математические трассы оперируют с отображаемыми значениями. Математические трассы в ПО *Graphit* могут оперировать как отображаемыми значениями, так и комплексными величинами. В рас-

крывающемся 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 в общем случае комплексными величинами.

При создании математических трасс следует обратить внимание на источник данных созданной трассы. Для математических трасс с источниками данных вещественного типа (например, трасса параметра шума или сохранённый в трассу памяти S -параметр с включённым накоплением) доступно редактирование математических выражений.

Кнопки на панели справа позволяют сохранить набранное выражение в списке, изменить текущее или ранее сохранённое выражение, используя расширенный редактор (рисунок 4.12), или удалить выражение из списка сохранённых. В случае, когда источником данных является измерение с комплексным форматом данных (например, S_{11}), редактирование выражений недоступно.

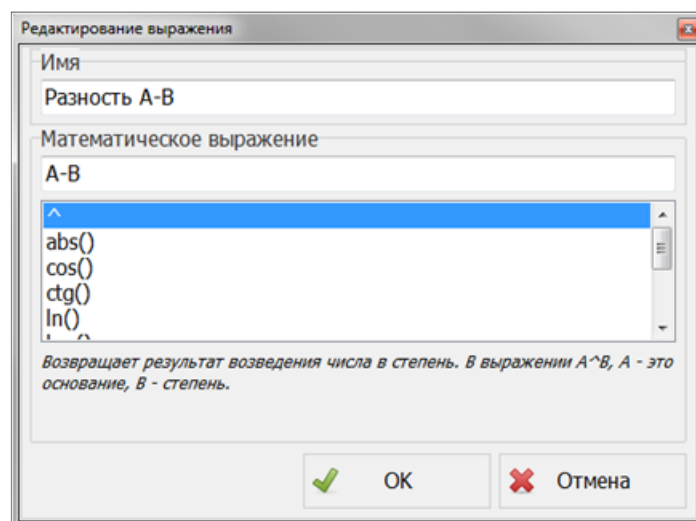


Рисунок 4.12 – Редактирование математического выражения

Удаление трассы осуществляется с помощью выбора пункта «Удалить» в контекстном меню удаляемой трассы (рисунки 4.6), либо выделением трассы и нажатием клавиши «**Del**».

 Для быстрого удаления всех трасс диаграммы достаточно выделить одну из её трасс, нажать «**Ctrl+A**» (выделить все трассы) и «**Del**».

4.7.2 Сохранение и загрузка трасс

Для сохранения трассы в файл необходимо в контекстном меню выбрать пункт «Сохранить...» или воспользоваться сочетанием клавиш «**Ctrl+F**».

В выбранный текстовый файл с расширениями *tr* или *trc* (в первом случае

значения частот сохраняются в ГГц, во втором – в МГц) сохраняются форматированные данные – последовательность пар чисел. Каждая пара – это соответствующие одной точке трассы значения по осям абсцисс и ординат. Данный вариант экспорта данных рекомендуется использовать при необходимости импортировать значения в приложения для работы с таблицами или вычислениями.

Для чтения (загрузки) трассы из файла следует выбрать пункт «Открыть данные...» в контекстном меню диаграммы и выбрать соответствующий файл; либо в контекстном меню трассы памяти выбрать «Загрузить данные» и далее «Из файла...».

 *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.*

4.7.3 Формат отображения

Выбор формата отображаемых в трассе значений, а также включение альтернативных режимов представления данных производится при помощи подменю «Формат» контекстного меню трассы (рисунок 4.6), либо на панели инструментов «Измеряемая величина» (рисунок 4.10).

Более подробная информация о доступных форматах приведена в п. 5.1.2.

4.7.4 Масштабирование трасс и настройка осей

Расположение трассы в плоскости диаграммы определяется тремя параметрами – значением опорного уровня, его позицией и масштабом (ед./дел.).

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 уровня (от 0 до 10, где 0 – нижнее положение). На область отображения трасс нанесена координатная сетка 10×10 делений, шаг сетки по вертикали задаётся параметром «Масштаб, ед/дел (или «Минимум»)» на панели управления «Масштаб» (рисунок 4.9).

Параметры «Опорный уровень (или «Максимум»)», «Масштаб, ед/дел (или «Минимум»)» и «Позиция» для удобства всегда отображаются в соответствующих столбцах списка трасс (п. 4.1).

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

дет выбран одинаковый масштаб.

Следует заметить, 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.

i *Чтобы закрепить левую или правую вертикальную ось за одной из трасс, следует дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши по вертикальной правой или левой оси, или выбрать в меню диаграммы «Вид > Левая ось > [имя_трассы]». Ось выделится цветом трассы. Правая ось выключена по умолчанию; если левая ось не закреплена за какой-либо трассой, то она соответствует осям выделенных (-ой) трасс(-ы).*

Каждая трасса может отображаться в собственном вертикальном масштабе, чего нельзя сказать о масштабе по горизонтали. **По горизонтальной оси** по умолчанию откладываются значения диапазона измерительного канала (например значения частот из диапазона сканирования), к которому относится «измерение» выделенной трассы. Дополнительные **подписи нижней оси** включаются в меню диаграммы («Вид > Подпись нижней оси», клавиша «F9»).

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.

В ПО *Graphit* реализован графический способ изменения масштаба отображения трасс и диапазона сканирования. Пользователь может выделить интересующий его фрагмент диаграммы, нажав левую кнопку мыши в углу выделяемого фрагмента и переместив курсор мыши в противоположный угол, как показано на рисунке. После отжимания кнопки мыши производится масштабирование осей по заданным (очерченным) границам.

Результат масштабирования осей зависит от направления движения мыши при выделении:

- «вправо-вниз» на диаграмме рисуется прямоугольник, как показано на рисунке 4.13-А. После отжимания кнопки мыши изменяется вертикальный масштаб выделенных трасс и изменяется диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналах.
- «влево-вниз» рисуются горизонтальные линии выделения по всей ширине диаграммы (рисунок 4.13-Б). После отжимания кнопки мыши изменяется только вертикальный масштаб выделенных трасс.
- «вправо-вверх» рисуются вертикальные линии выделения по всей высоте диаграммы (рисунок 4.13-В). После отпускания кнопки

мыши изменяется только диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналов.

- «влево-вверх» отменяется последнее масштабирование (рисунок 4.13-Г). Можно последовательно отменить несколько операций масштабирования, если между ними не использовались функции «автомасштаба».

Существует возможность сдвинуть диапазон сканирования. Для этого следует взять манипулятором мышь горизонтальную шкалу и переместить в нужном направлении, как показано на рисунке 4.14.

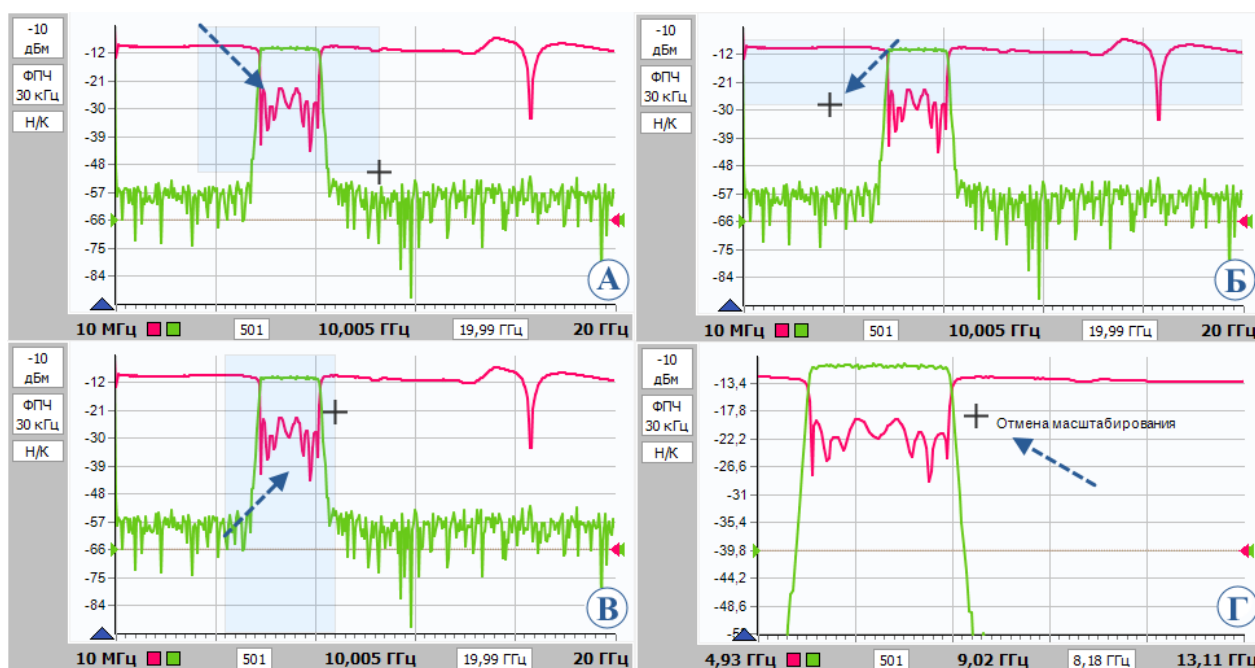


Рисунок 4.13 – Варианты графического задания масштаба и диапазона

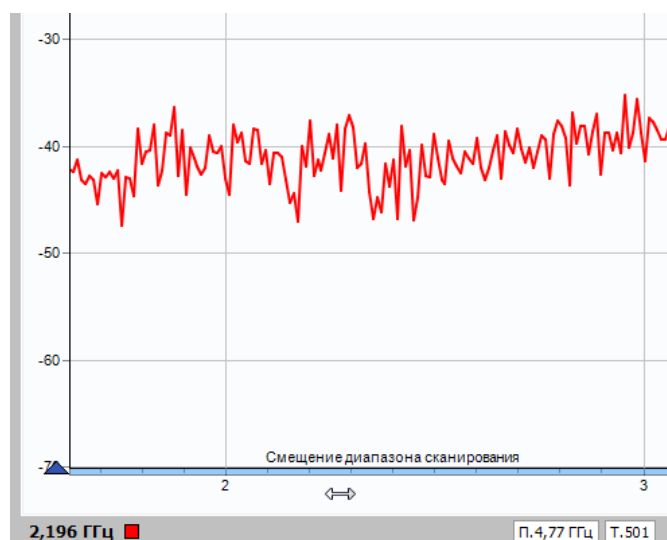


Рисунок 4.14 – Смещение диапазона сканирования

После отжимания кнопки мыши изменится диапазон сканирования в соответствующих выделенным трассам измерительных каналах.

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

4.7.5 Накопление

Накопление минимальных, максимальных значений или отображение межкадровой статистики трассы включается нажатием кнопки со списком на панели инструментов «Накопление» и выбором из соответствующего пункта из списка. Вместо измеренных значений в каждой точке трассы будут отображаться максимум, минимум, среднее значение, дисперсия или среднеквадратичное отклонение (СКО) значений, накопленных за истекшие кадры (циклы измерений). Если необходимо совместно отображать измеряемые и накопленные значения, следует создать дополнительную измерительную трассу. Крайняя правая кнопка  на панели инструментов «Накопление» позволяет сбросить накопленные данные и начать процесс накопления заново. Существует возможность управления функцией накопления из контекстного меню трассы.

4.7.6 Сглаживание

Сглаживание трассы включается кнопкой  на панели инструментов «Сглаживание». Поле ввода с регулировкой значения 5% ▾ задаёт размер апертуры сглаживания в процентах от числа точек в трассе:

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

где $N + 1$ – размер апертуры;

Количество точек задаётся в измерительном канале.

Процедура сглаживания вычисляет среднее арифметическое (в единицах отображаемых значений) соседних точек трассы:

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

где S_i – исходные значения в трассе;

S'_i – значения после применения функции сглаживания;

$N + 1$ – размер апертуры.

Функция сглаживания применяется, в общем случае, для подавления случайной составляющей в трассе. Аналогичную задачу подавления шумов решает процедура межкадрового усреднения (рисунок 4.15). Усреднение может выпол-

няться в измерительном канале (см. п. 5.1), либо в трассе (см. п. 4.7.7).

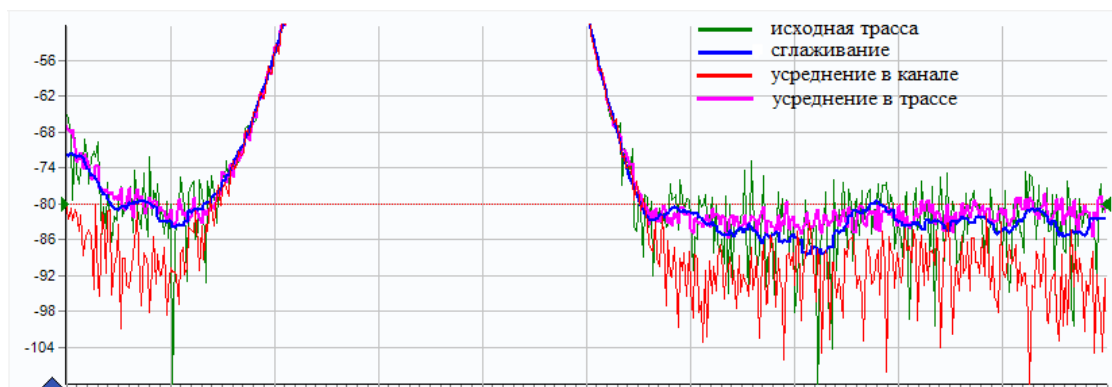


Рисунок 4.15 – Сглаживание и усреднение трасс

Усреднение в измерительном канале выполняется до нелинейных преобразований над сигналами, что приводит к постепенному (в течение заданного числа измерений) увеличению отношения сигнал/шум. Усреднение в трассе производится в линейном формате отображаемой величины (например, амплитудой приёмника) и приводит к постепенному уменьшению дисперсии шума. В отличие от усреднения сглаживание выдаёт результат «мгновенно» – сразу после измерения.

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

4.7.7 Усреднение

Для уменьшения дисперсии отображаемого шума (рисунок 4.15) можно использовать межкадровое усреднение данных трассы. Межкадровое усреднение производится в значениях линейной мощности (что соответствует среднеквадратичному усреднению напряжения с детектора огибающей). Функция включается либо в меню трассы, либо на панели инструментов «Усреднение» при помощи соответствующей кнопки, либо на панели управления «Усреднение». Поле ввода «Коэффициент усреднения» задаёт число кадров усреднения K ; при $K > 1$ вместо результатов измерений отображаются средние значения в каждой частотной точке, вычисленные по формуле:

$$S'_i = \begin{cases} \frac{1}{k} \cdot S_i + \frac{k-1}{k} \cdot S'_{i-1}, k < K \\ \frac{1}{K} \cdot S_i + \frac{K-1}{K} \cdot S'_{i-1}, k \geq K \end{cases}, \quad (3)$$

где S_i – исходные значения в трассе;

S'_i – значения после применения функции усреднения;

k – количество накопленных кадров;

K – коэффициент усреднения.

При нажатии кнопки  на панели инструментов накопленные значения обнуляются, и усреднение начинается заново.

4.7.8 Ограничительные линии

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

Редактирование линий вызывается кнопками «Верхняя огр.линия» или «Нижняя огр.линия» на панели управления «Ограничение» или соответствующими кнопками на панели инструментов «Ограничение».

Ограничительные линии задаются отрезками в диалоговом окне (рисунок 4.16).

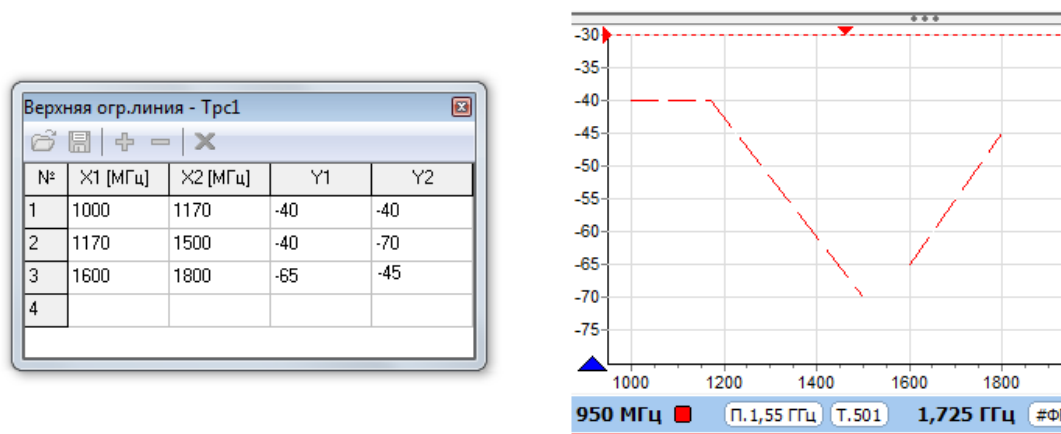


Рисунок 4.16 – Задание ограничительных линий

В столбцах «X» задаются абсциссы отрезков, в столбцах «Y» – ординаты. Кнопки панели инструментов, расположенной над таблицей, позволяют манипулировать строками таблицы, а также сохранять или загружать из файла ранее сохранённые ограничительные линии.

Кнопка  очищает нарисованные отрезки.

i 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!

Флажок «Тестирование» на панели управления «Ограничение» или кнопка на панели инструментов включают проверку на пересечение трассой ограничительных линий. Результат проверки отображается на диаграмме, как показано на рисунке 4.17. Флажок «Отображение линий» позволяет включить, либо отключить отображение ограничительных линий.

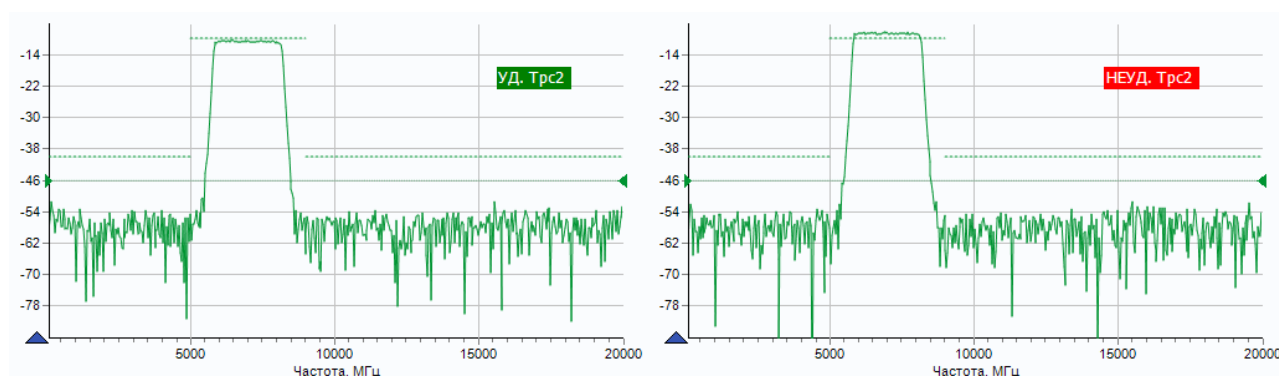


Рисунок 4.17 – Проверка ограничительными линиями

4.7.9 Статистика

Функция «Статистика» вычисляет и отображает статистические характеристики числовой выборки, составленной из отображаемых точек трассы. Результаты расчётов выводятся в области построения трасс, как показано на рисунке 4.18.

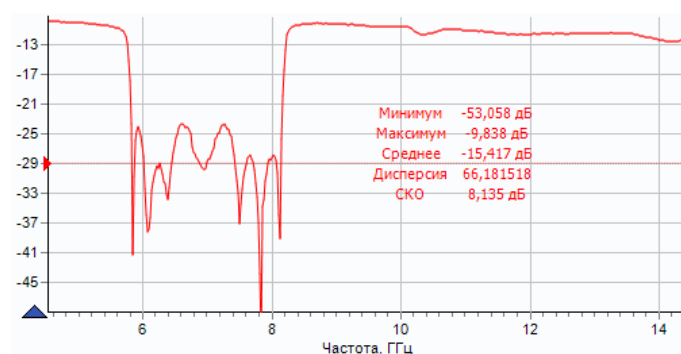


Рисунок 4.18 – Отображение статистики трассы

i Следует обратить внимание, что описанная функция дает оценку статистических моментов общую для всех точек по горизонтальной оси; ее

можно использовать для оценки статистик конкретной точки по горизонтали лишь при нулевой полосе обзора и большом количестве точек (при этом измерение в каждой точке будет представлять, по сути, измерение на одной и той же точке по горизонтали, но в разные моменты времени). Чтобы получить статистики для нескольких точек по горизонтали, следует использовать «Накопление» (см. п. 4.7.5), либо маркеры с включенным свойством «Статистика» (см. п. 4.10.2).



Отображение статистических данных включается и выключается кнопкой на панели инструментов «Статистика». Текст со статистическими данными может быть перемещён мышью в пределах области построения трасс в более удобное для пользователя положение.

4.8 Запуск и остановка измерений

Запуск или остановку измерений можно осуществить любым из способов, перечисленных в таблице 4.3.

Т а б л и ц а 4.3 – Способы запуска и остановки измерений

Элемент управления	Непрерывные измерения	Одиночное измерение
Кнопка панели инструментов		—
Пункт меню «Управление» (см. рисунок 4.19)	«Запуск измерений»	—

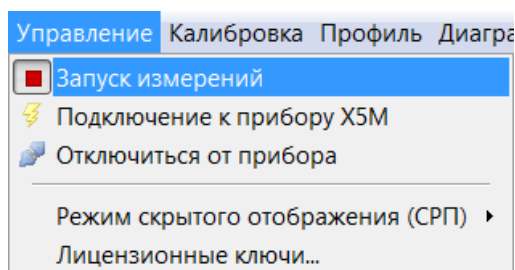


Рисунок 4.19 – Меню «Управление»

4.9 Использование профилей пользователя

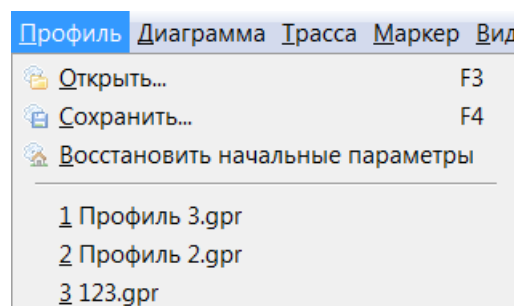
Процесс измерений обычно сопровождается заданием множества параметров. При завершении ПО *Graphit* текущие значения всех параметров диаграмм, трасс, маркеров, а также настройки измерения, сохраняются на диск. При старте ПО *Graphit* все сохранённые параметры восстанавливаются.

Существует возможность сохранения параметров в отдельный файл, называемый профилем. На рисунке 4.20 изображены панель инструментов «Профили», меню «Профиль», 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.

-  Чтобы вызвать окно **«Открытие профиля»**, следует в меню «Профиль» выбрать пункт «Открыть...» или нажать клавишу **«F3»**.
-  Чтобы **сохранить профиль** в файл, следует в меню «Профиль» выбрать пункт «Сохранить...» или нажать клавишу **«F4»**.
-  Чтобы **восстановить настройки по умолчанию**, необходимо в меню «Профиль» выбрать пункт «Восстановить начальные параметры» или нажать кнопку на панели инструментов «Профили».



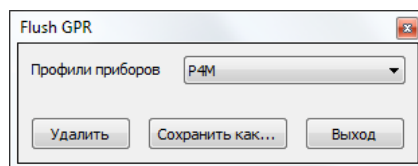
а)



б)

Рисунок 4.20 – Элементы управления профилями: а) панель инструментов; б) главное меню

-  Утилита *FlushGPR.exe*, находящаяся в директории с установленной программой, позволяет удалять или экспортировать текущие настройки ПО *Graphit* (рисунок 4.21, перед удалением необходимо выбрать соответствующий тип прибора) в случае сбоя в процессе его загрузки.

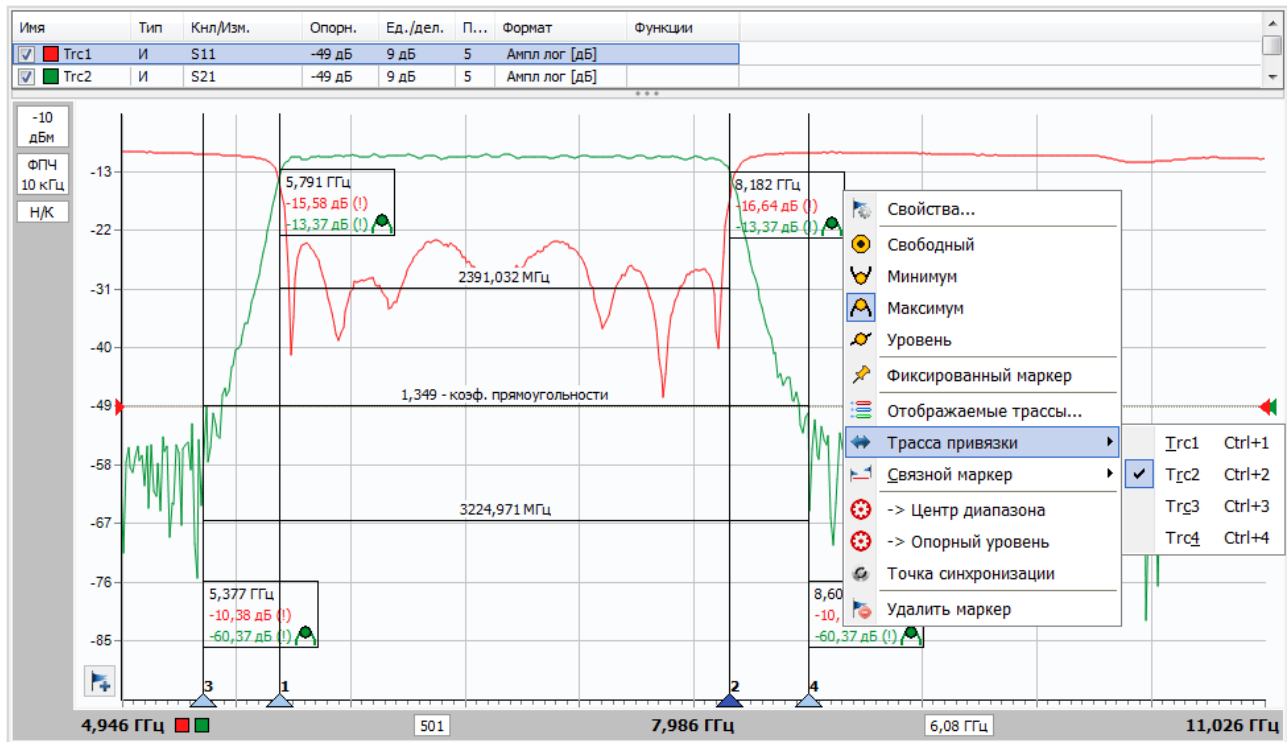
Рисунок 4.21 – Окно программы *FlushGPR*

4.10 Маркерные измерения

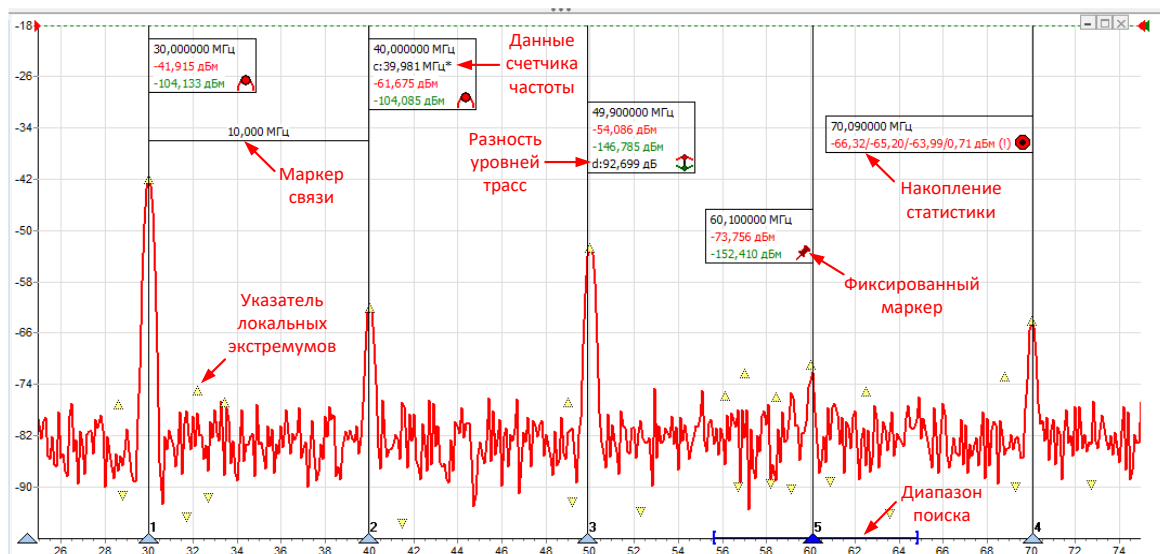
Маркеры – это дополнительное средство анализа результатов измерений. Маркеры отображают в численном виде значения некоторых точек трассы. Какая именно точка трассы будет отображена маркером, зависит от типа и параметров маркера. Для своевременного обновления отображаемой информации и/или поиска по заданному критерию точек на трассе в маркерах задаётся привязка (соответствие) к одной трассе (такая трасса называется «трасса привязки»); тем не менее, отображать значения в маркере можно для множества трасс.

Маркеры отображаются в виде треугольника с номером на нижней оси графика, вертикальной линии и окна индикации (рисунок 4.22). 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 расчёта и отображения дополнительных параметров исследуемых устройств.

На рисунке 4.23 представлены окна индикации маркеров. Чёрным шрифтом (в теме оформления «Графит» – белым) отображается значение частоты маркера (задающее воздействие). Цветным шрифтом отображаются значения соответствующих (по цвету) трасс на частоте маркера. При включённой в маркере статистике (рисунок 4.23-б) вместо одного значения отклика трассы отображаются четыре в виде «минимальное значение/среднее/максимальное значение/среднеквадратическое отклонение», что также применяется и к записи частоты, если маркер находится не в режиме «Свободный» (см. подробнее в п. 4.10.2). В частности, среднее значение считывается из второй позиции.

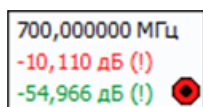


а)

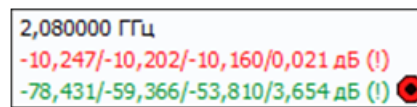


б)

Рисунок 4.22 – Использование маркеров (возможность отображения счетчика частоты может отсутствовать)



а)



б)

Рисунок 4.23 – Окна индикации маркеров с выключенной (а) и включённой (б) статистикой

4.10.1 Добавление и удаление маркеров

Каждая диаграмма может содержать до 20 маркеров и до 10 связей между ними.

-  Чтобы **создать маркер**, необходимо взять мышью треугольник в левом нижнем углу диаграммы и переместить его в желаемую позицию.
-  Чтобы **скрыть или отобразить маркер** достаточно дважды щёлкнуть мышью по треугольнику или нажать «V».
-  Чтобы **удалить маркер**, необходимо вызвать контекстное меню маркера и выбрать пункт «Удалить маркер». Пункт контекстного меню диаграммы «Маркеры > Сбросить все» или комбинация клавиш «**Ctrl+X**» удаляют все маркеры на диаграмме.

Параметры маркеров сохраняются в профиле и восстанавливаются при старте ПО *Graphit* или при загрузке профиля. Кроме того, существует возможность сохранить конфигурацию (так называемый **шаблон маркеров**) в отдельный файл, выбрав пункт меню диаграммы «Маркеры > Сохранить...», а также загрузить её, используя пункт меню «Маркеры > Загрузить...».

При выборе пункта меню диаграммы «**Маркеры > Компактный режим отображения**» маркеры будут отображаться, как показано на рисунке 4.24-б), без окна индикации. Данный режим удобен в случае отображения большого количества трасс на диаграмме (тогда значения маркеров отображаются только для выделенной трассы в виде таблицы в верхнем левом углу окна), либо при небольших размерах окна ПО *Graphit*.

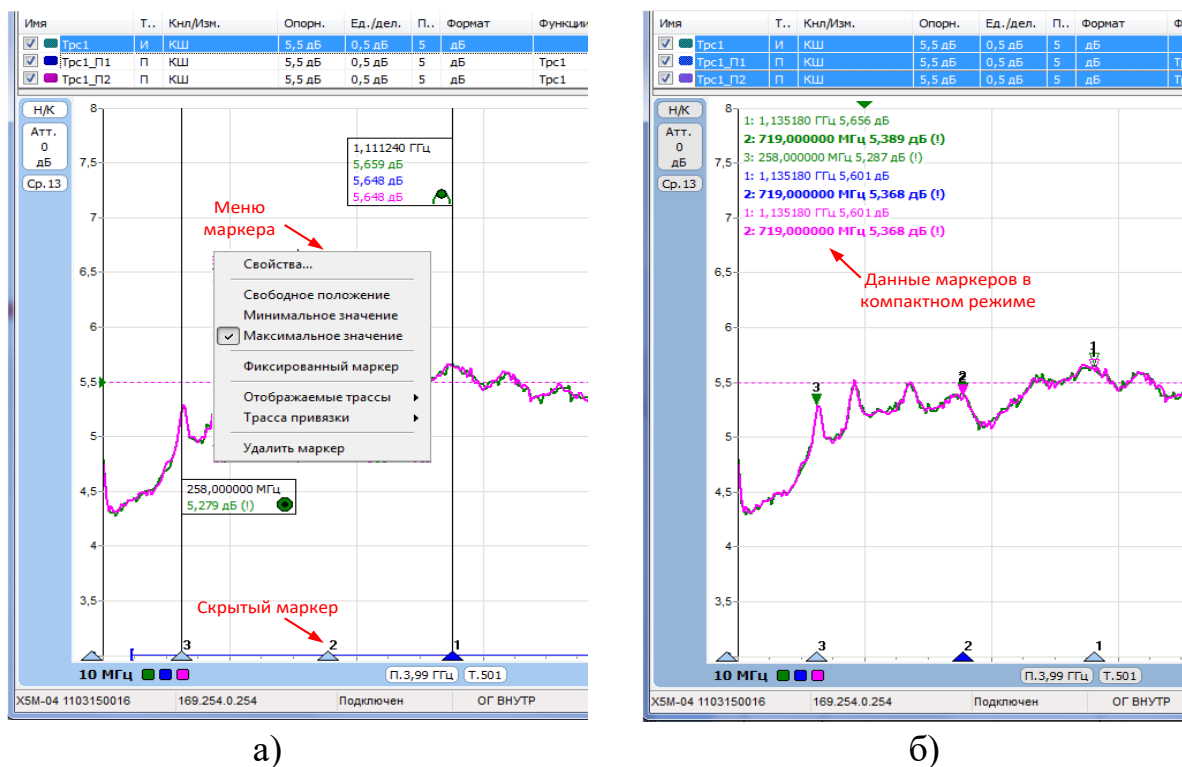


Рисунок 4.24 – Отображение маркеров

4.10.2 Настройка параметров маркера

На рисунке 4.25 показано контекстное меню маркера, появляющееся после щелчка правой кнопки мыши по номеру маркера или по окну индикации маркера. Пункт меню «Все свойства...» вызывает окно, содержащее полный набор параметров маркера (рисунок 4.27).

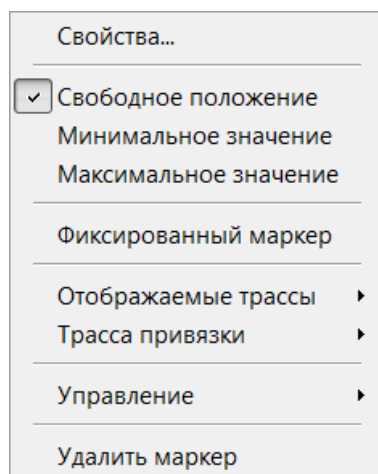


Рисунок 4.25 – Контекстное меню и панель управления маркера

Из отображаемых значений в маркере можно исключить (или добавить)

данные тех или иных трасс. Для этого достаточно изменить состояние флажков в соответствующем окне (рисунок 4.26), используя пункт меню «**Отображаемые трассы...**». Заблокированные записи данного списка означают, что трасса выключена, либо имеет отличный от трассы привязки диапазон нижней оси.

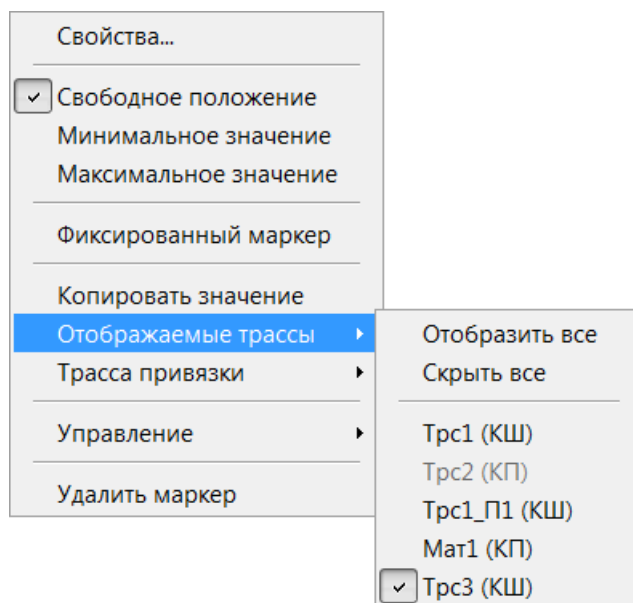


Рисунок 4.26 – Выбор отображаемых в маркере трасс

Для выделенного маркера, отличающегося более тёмным фоном треугольника (или полужирным шрифтом для компактного режима отображения), могут быть использованы «горячие» клавиши (см. п. 4.12).

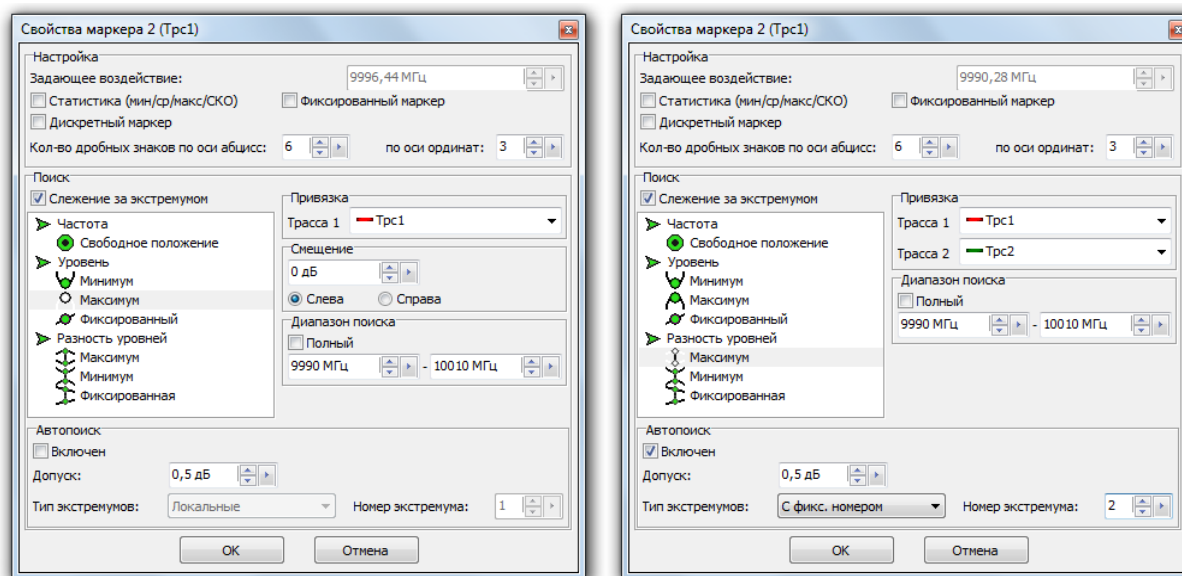


Рисунок 4.27 – Окно свойств маркера

«**Задающее воздействие**» позволяет установить маркер в определенное положение по горизонтальной оси (т. е. задать например, частоту, мощность

или время, в зависимости от режима измерений); данное поле ввода доступно для редактирования только в режиме слежения «Свободный» (см. п. 4.10.3).

Параметры **«Кол-во дробных знаков...»** определяют количество отображаемых знаков дробной части значений задающего воздействия и отклика трасс соответственно.

«Дискретный» маркер может быть установлен только в позиции, соответствующие точкам измерения в трассе привязки. При отключённом свойстве «Дискретный» (по умолчанию) промежуточные значения трасс рассчитываются методом линейной интерполяции и помечаются символом восклицательного знака (!) (рис. 4.28).

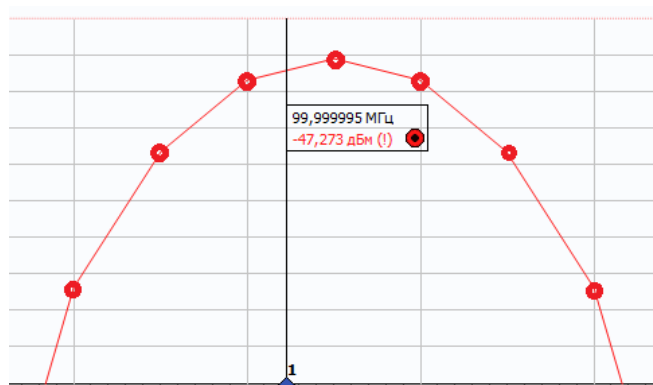


Рисунок 4.28 – Интерполяция при отображении значений в маркерах (красными точками на трассе показаны точки, в которых производилось измерение)

При включённом свойстве «Статистика» производится накопление данных в маркере от кадра к кадру, а вместо текущих значений задающего воздействия и отклика трасс отображаются их статистические показатели в формате «минимальное значение/среднее/максимальное значение/среднеквадратическое отклонение». Сбросить и начать повторный набор статистики можно кликом по окну индикации или перемещением маркера (рекомендуется это делать при нажатой клавише «**Shift**», чтобы избежать смещения маркера по горизонтальной оси).

 При включенном свойстве «Статистика» вычисление статистических моментов производится отображаемых единицах измерения. Т.е., например, если данные в трассе отображаются в «дБ», то расчет среднего будет производиться в логарифмическом масштабе.

Свойство **«Фиксированный маркер»** (доступно также из меню маркера) переводит маркер в режим «памяти»:

- фиксируются и отображаются последние значения откликов трасс;
- отключается слежение маркера (см. п. 4.10.3) и блокируется его перемещение, в углу окна индикации отображается значок 📌;
- блокируется изменение списка отображаемых трасс;

- в меню маркера появляется команда «Обновить значения», позволяющая обновить значения трасс из текущего кадра.

4.10.3 Режимы слежения маркера

В правом нижнем углу окна индикации маркера отображается значок, обозначающий «Режим маркера»:

-  – **свободный** (свободное положение маркера);
-  – **минимум** (слежение за минимальным уровнем);
-  – **максимум** (слежение за максимальным уровнем);
-  – **уровень** (слежение за заданным уровнем);
-  – **дельта-минимум** (слежение за минимальной разностью уровней);
-  – **дельта-максимум** (слежение за максимальной разностью уровней);
-  – **дельта-уровень** (слежение за заданной разностью уровней);
-  – **дельта-маркер** (слежение за опорным маркером).

Цвет значка соответствует цвету трассы привязки.

Свободное положение маркера (режим маркера «свободный»). При установке нового маркера создаётся маркер со свободным (произвольным) положением на горизонтальной оси. Частота может задаваться тремя способами: перемещением маркера мышью; двойным щелчком по отображаемому значению частоты и редактированием, или в 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 мыши.

Следящие маркеры (режимы «минимум», «максимум», «уровень» и д. р.) от кадра к кадру меняют своё положение по горизонтальной оси – следят по заданному критерию. Для слежения используются значения одной или двух трасс, к которым привязан маркер. В окне «Свойства маркера» (см. рисунок 4.27) задаётся привязка к основной трассе (т.е. к «**Трасса 1**» – трасса привязки) и дополнительной («**Трасса 2**»), а также выбирается режим слежения: поиск минимума, максимума, заданного значения в указанной трассе или разницы между трассами (дельта-измерения). 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 флажка «**Полный диапазон**». **Диапазон поиска**, ограниченный пользователем, обозначается на оси абсцисс в виде синего отрезка, ограниченного прямоугольными скобками (рисунок 4.29-а).

При поиске минимума или максимума в трассе существует возможность поиска точки, отличающейся от найденного экстремума на заданное число

(обычно децибел) или смещённой на заданную отстройку по частоте слева или справа от экстремума. Эта возможность позволяет вычислять параметры цепей, связанные с полосой частот.

Например, на рисунке 4.22-а) 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. А на рисунке 4.22-б) в связи между маркерами 1 и 2 вычисляется ширина полосы между маркерами 1 и 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.*

При выборе смещения маркера относительно найденного экстремума может возникнуть некоторый дополнительный сдвиг, обусловленный включённым свойством «Дискретный» (см. п. 4.10.2), которое блокирует установку маркера на позиции между точками измерения. Сдвиг и разница показаний маркеров будет тем больше, чем меньше установлено количество точек и круче частотная характеристика исследуемого устройства.

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

При включении «**Автопоиска**» в окне «Свойства маркера» (значения «Локальные» или «С фикс. номером») изменяется его поведение при перемещении мышью. Нажав левую кнопку мыши, можно подвести маркер к другому экстремуму и отжать кнопку – отпустить маркер. При перемещении маркера мышью на трассе появляются жёлтые треугольники, обозначающие локальные минимумы и максимумы, как показано на рисунке 4.29-б. После отпускания маркер найдёт ближайший к новому положению экстремум и, если включён режим слежения, перейдёт в режим слежения за ним. Следящий маркер при необходимости поменяет критерий слежения на поиск минимума или максимума, изменит диапазон поиска экстремума, чтобы исключить более значимые экстремумы, и продолжит слежение за экстремумом. Для перемещения маркера в режиме «Автопоиск» можно использовать клавиши «←», «→» на клавиатуре. Стрелка влево переместит к левому ближайшему экстремуму, стрелка вправо – к правому.

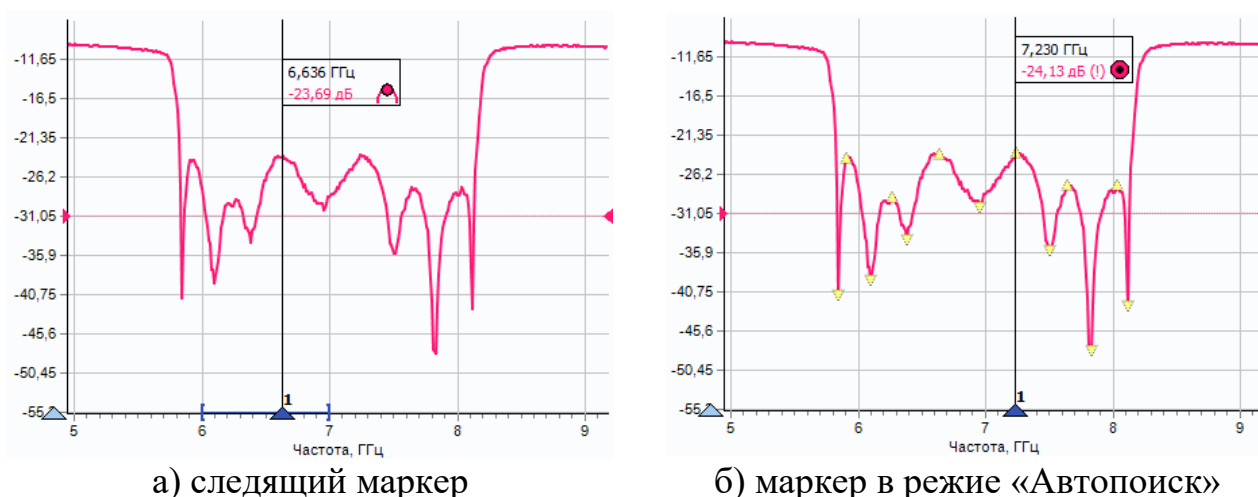


Рисунок 4.29 – Виды маркеров

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 её, чтобы исключить пропуск экстремумов, или увеличить, если вместо экстремумов выделяются шумовые выбросы. Дополнительно существует возможность поиска экстремумов по их порядковому номеру (нумерация слева направо в пределах диапазона), данный режим включается выбором значения «С фикс. номером».

4.10.4 Связные маркеры

Если нажать левую кнопку мыши над значком, обозначающим «Режим маркера», перевести курсор к другому маркеру и отпустить кнопку мыши, то создается связной маркер – горизонтальная черта (связь), показанная на рисунке 4.22, над которой отображается некоторое значение, которое по умолчанию соответствует разнице абсцисс связанных маркеров (шаблон «Полоса»). После щелчка правой кнопкой мыши по связи появляется контекстное меню, позволяющее изменить свойства, скопировать значение, выполнить одну из команд или удалить связной маркер.

Окно свойств связного маркера, приведённое на рисунке 4.30, позволяет задавать арифметическое выражение, вычисляющее отображаемое над связью значение.

Арифметическое выражение можно набрать в поле ввода «Математическое выражение» или выбрать из списка сохранённых формул в верхней части диалога. В частности, выбор сохранённой формулы «Время последнего свипа» или «Время свипа» позволяет проводить измерение времени развертки.

Кнопки справа от списка позволяют сохранить набранное выражение в списке, изменить текущее или ранее сохранённое выражение, используя рас-

ширенный редактор (рисунок 4.31), или удалить выражение из списка сохранённых.

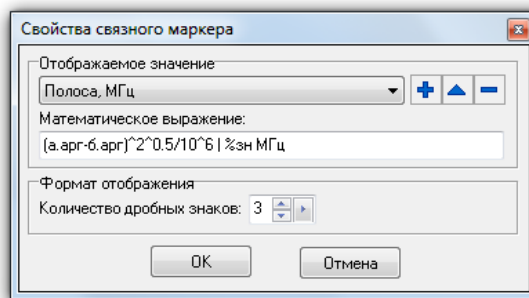


Рисунок 4.30 – Свойства связанного маркера

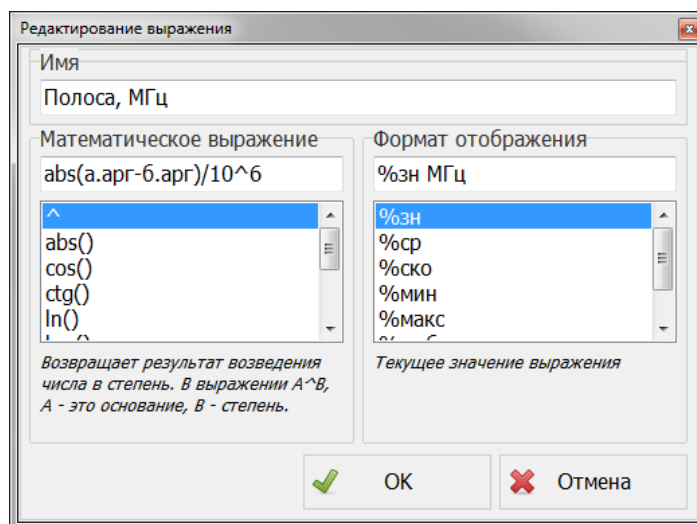


Рисунок 4.31 – Редактирование математического выражения

Текст арифметического выражения не должен содержать пробелов. Допускается использование следующих операторов (в порядке убывания приоритета):

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

Для изменения последовательности выполнения операций используются круглые скобки. Для изменения знака (унарный минус) следует использовать следующую конструкцию:

0-выражение .

Т а б л и ц а 4.4 – Поддерживаемые операнды математических выражений

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

В качестве операндов в выражении могут использоваться:

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

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

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

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

При возникновении ошибки в вычислениях – деление на ноль или отсутствие данных, выражение примет значение *NAN* (*not a number*) (нет данных), которое отобразится над связью.

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

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

Весь текст, не совпадающий с перечисленными выше спецификаторами, считается комментариями, который выводится без изменений. Выводимая спецификаторами статистика сбрасывается после щелчка мыши по связи.

Рассмотрим несколько примеров арифметических выражений.

Пример 1: $a.\text{arg}-b.\text{arg}$ | Полоса: %зн МГц

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

Пример 2: $(a.\text{arg}+b.\text{arg}) / (2 * (a.\text{arg}-b.\text{arg})^{2^{0.5}})$ | Добротность: %зн

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

Пример 3:

$(a.\text{arg}-b.\text{arg}) / (m1.\text{arg}-m2.\text{arg})$ | %зн - коэф. прямоугольности

В этом примере также предполагается, что измеряется АЧХ полосового фильтра. Связанные маркеры следят за уровнем меньше максимума на 50 дБ. Маркеры «m1» и «m2» следят за уровнем меньше максимума на 3 дБ. Отношение разностей их аргументов даёт коэффициент прямоугольности фильтра.

Пример 4: $a.\text{Trc1}-a.\text{Pam1}$ | %мин; %ср; %макс; %ско дБ

В этом примере накапливается и отображается статистика отличий значений в трассе «Trc1» от запомненного в трассе памяти «Pam1».

При помощи связанного маркера можно установить диапазон сканирования, выбрав команду **«Управление > Установить диапазон сканирования»** в контекстном меню связанного маркера, при этом границы диапазона сканирования будут соответствовать абсциссам связанных маркеров.

При нажатии на **«Управление > Компенсация тренда (вкл/выкл)»** включается режим, при котором удаляется тренд (наклон воображаемой линии, связывающей точки графиков в позициях связанных маркеров), при этом рассчитанный коэффициент угла наклона применяется ко всей трассе. **«Управление > Обновить данные тренда»** выполняет пересчёт вышеупомянутого коэффициента в случае изменения тренда исходных данных. На диаграмме «А» рисунка 4.32 показана исходная трасса, а на диаграмме «Б» – с использованием функции компенсации тренда.

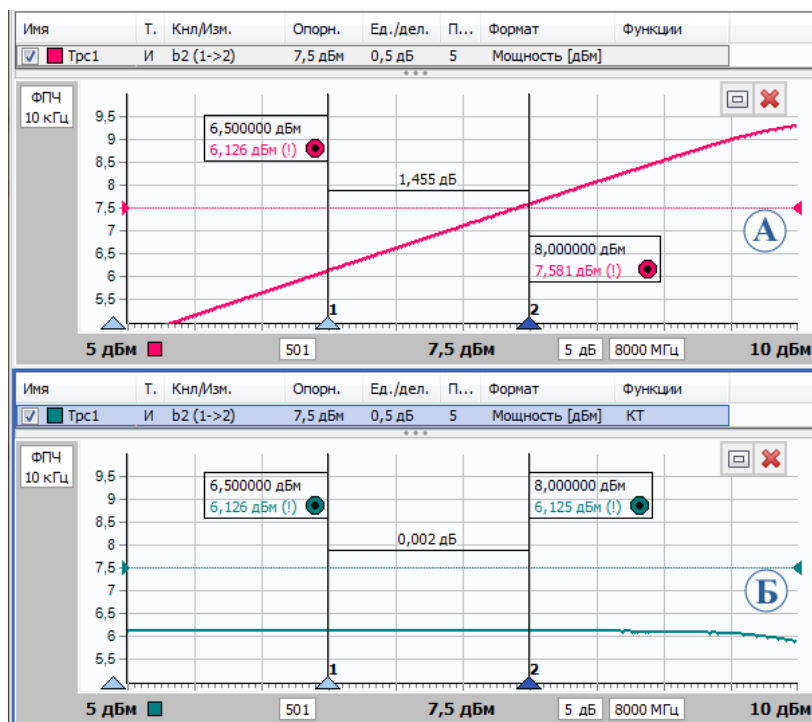


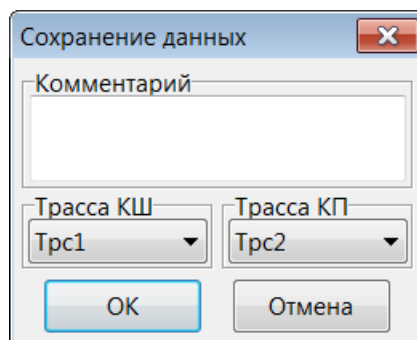
Рисунок 4.32 – Функция компенсации тренда в связанном маркере

4.11 Сохранение и загрузка результатов измерений, отчёты

Для сохранения результатов измерений существуют следующие возможности:

- сохранение трассы (см. п. 4.7.2);
- сохранение данных в формате согласно документу «Touchstone® File Format Specification» (см. Приложение А);
- сохранение данных в формате csv;
- формирование и сохранение отчёта;
- сохранение профиля измерений (см. п. 4.9);
- сохранение изображений экрана (с помощью клавиши **Print Screen**).

Чтобы сохранить **S2P**- или **S1P**-файл, следует выбрать пункт «Сохранить данные» в меню диаграммы с указанием нужного формата файла или нажать комбинацию клавиш «**Ctrl+T**». В файл с заданным именем и с расширением **s2p** сохраняются частоты и значения параметров КШ и КП (рисунок 4.33).

Рисунок 4.33 – Сохранение данных в формате *Touchstone®S1P/S2P*

В отличие от сохранения трассы, в *S2P*-файл записываются значения с выходов «измерений» до обработки данных в трассе (рисунок 4.2), т.е. до преобразования к некоторому формату отображения и до каких-либо функциональных преобразований над трассами. «Измерения» для записи в качестве того или иного *S*-параметра выбираются автоматически. Если при сохранении *S2P*-файла некоторые *S*-параметры отсутствуют, то вместо них записываются значения (-200 дБ, 0°). Если для некоторых *S*-параметров найдётся несколько подходящих «измерений», то пользователю будет предложен выбор. Данные трасс КШ также могут быть сохранены в виде дополнительной таблицы в файлах *S2P*.

Чтобы сохранить в формате CSV, можно выбрать данный формат при сохранении трассы (см. п. 4.7.2), либо при сохранении через контекстное меню диаграммы аналогично сохранению в формате *SnP*.

Чтобы открыть (загрузить) *S2P*- или *S1P*-файл, следует выбрать пункт «Открыть данные...» в контекстном меню диаграммы и выбрать соответствующий файл. При чтении *S2P*-файла автоматически создаются трассы памяти и привязываются к первому измерительному каналу. Если измерительный канал не инициализирован (т.е. не было произведено подключение к X5M или эмулятору), то никакие трассы отображаться не будут, т.к. не определена ось абсцисс. Другими словами, чтобы посмотреть *S2P*-файлы, необходимо подключение к X5M.

Чтобы создать отчёт, следует выбрать пункт меню «Диаграмма > Отчёт», либо нажать кнопку  на панели инструментов. В появившемся окне «Параметры отчёта» (рисунок 4.34) выбрать шаблон отчёта, настроить отображение маркеров и настроить печать. Флажок «Белый фон диаграммы» активен только для темы оформления «Графит».

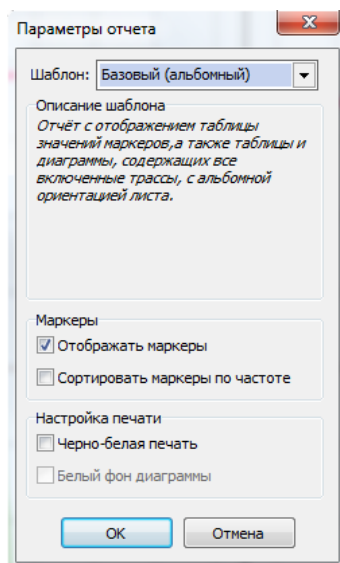


Рисунок 4.34 – Создание отчёта

Мастер отчётов предложит ввести заголовок и краткое описание к отчёту и отобразит окно предварительного просмотра, приведённое на рисунке 4.35.



Рисунок 4.35 – Окно просмотра отчёта

Подготовленный отчёт можно напечатать (нажатием кнопки «Печать») или экспортировать (кнопкой с изображением листа со стрелкой) в файл форматов: *pdf*, *html*, *rtf* (документ Word), *odt* (документ OpenOffice).

4.12 Список «горячих» клавиш

Т а б л и ц а 4.5 – Список «горячих» клавиш

Горячая клавиша	Функция
 Клавиша «Контекст»	Отобразить контекстное меню для выделенных трасс
Главное окно программы	
F3	Открыть профиль пользователя
F4	Сохранить профиль пользователя
Alt+F4	Выход из программы
CTRL+P	Скрыть/отобразить панели управления
Диаграммы	
F9	Показать/скрыть дополнительные подписи нижней оси
F10	Вызов меню главного окна (системная функция)
F11	Развернуть окно диаграммы (для двух и более диаграмм)
F12	Показать/скрыть заголовки списка трасс
Список трасс	
Delete	Удаление выделенных трасс(-ы)
Ctrl+A	Выделить все трассы в списке
Ctrl+F	Сохранить данные трассы в файл
Ctrl+R	Запомнить текущую трассу (П)
Ctrl+M	Создать математическую трассу (М)
Ctrl+N	Создать измерительную трассу (И)
Ctrl+T	Сохранение S1P/S2P
Ctrl+U	Обновить данные в трассе памяти
Ctrl+Y	Открытие S1P/S2P
A	Автоматическое масштабирование выделенных трасс
Маркеры	
<i>Применяются к выделенному маркеру</i>	
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

Стрелка влево	Перемещение влево к следующему экстремуму (в режиме автопоиска), либо на соседнюю точку (в дискретном режиме)
Стрелка вправо	Перемещение вправо к следующему экстремуму (в режиме автопоиска), либо на соседнюю точку (в дискретном режиме)
<i>Применяются ко всем маркерам</i>	
Ctrl+C	Компактный режим маркеров
Ctrl+K	Вызов диалога с калибровочными данными
Ctrl+L	Открыть шаблон маркеров
Ctrl+S	Сохранить шаблон маркеров
Ctrl+X	Сброс всех маркеров
Ctrl+V	Активировать/деактивировать все маркеры
<i>Диалог для ограничительных линий</i>	
Ctrl+S	Сохранить данные в файл
Ctrl+O	Открыть данные из файла
Ctrl+стрелка вверх	Сдвинуть строку вверх
Ctrl+стрелка вниз	Сдвинуть строку вниз
Ctrl+Ins	Вставить строку
Ctrl+Del	Удалить строку
Ctrl+R	Очистить список
<i>Список частот</i>	
Ctrl+стрелка вверх	Сдвинуть строку вверх
Ctrl+стрелка вниз	Сдвинуть строку вниз
Ctrl+Ins	Вставить строку
Ctrl+Delete	Удалить строку

4.13 Сообщения для пользователя и журнал событий

В процессе работы X5M в нём могут фиксироваться определённые события, о которых необходимо уведомлять пользователя (рисунок 4.36). К таким событиям относятся:

- операции, выполняемые X5M автоматически (восстановление подключения и др.);

- определённые возможные события, влияющие на работу X5M или правильность результата измерения (перегрузка, нарушение соединения, ожидание синхронизации и т.д.);
- ошибки и неисправности, приводящие к нарушению работы X5M (отсутствие захвата гетеродина, различные нарушения передачи данных в измерительном блоке и т.п.).

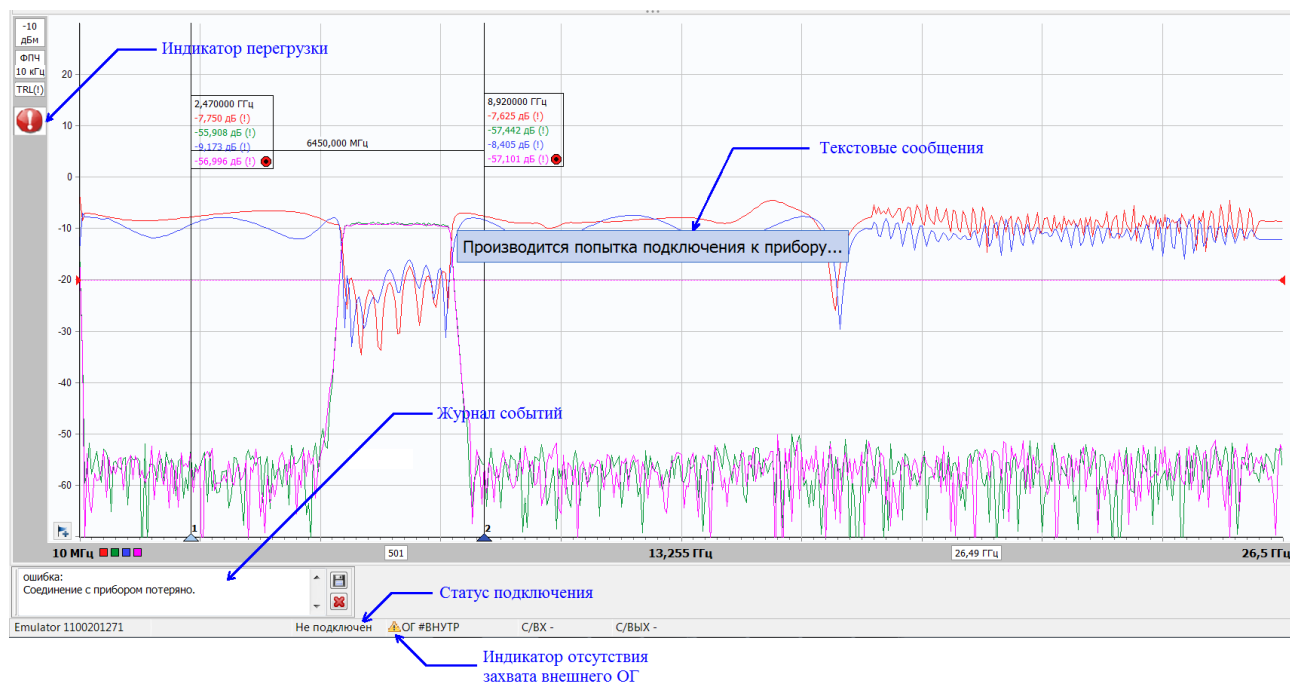


Рисунок 4.36 – Сообщения для пользователя (сообщения и индикаторы приведены исключительно для примера)

Возникновение событий, имеющих, как правило, временный характер, сопровождается короткими текстовыми сообщениями, выводимыми в центре монитора. Сообщение о перегрузке X5M появляется в верхней части вертикальной шкалы диаграммы в виде красного сигнализатора. При наведении курсора на индикатор появляется поясняющее сообщение. Кроме того, индикатор перегрузки расположен на передней панели измерителя. Об отсутствии синхронизации опорного генератора X5M от внешнего источника сигнализирует значок в статусной строке программы.

Об ошибках и неисправностях сообщают диалоговые окна, при появлении которых измерение прекращается (рисунок 4.37). Скопировать текст ошибки в буфер обмена можно, используя комбинацию клавиш «**Ctrl+C**».

Для обеспечения возможности фиксирования таких событий в процессе измерения предусмотрено окно «**Журнал событий**». Скрытие и отображение окна осуществляется выбором пункта «Журнал событий» в меню «Вид > Панель инструментов» или нажатием клавиш «**Ctrl+J**». Окно можно открепить от панели и переместить мышью в любую область экрана. В журнал событий автоматически заносятся описанные выше сообщения с указанием времени их

возникновения. Текст окна можно сохранять (в текстовый файл с расширением *log*) или удалять с помощью соответствующих кнопок в правой части окна.

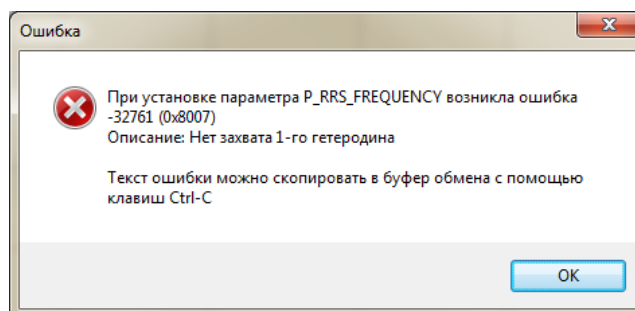


Рисунок 4.37 – Пример сообщения об ошибке

5 Установка параметров и конфигурация

5.1 Установка параметров измерения

Задание параметров измерений осуществляется через панели управления (см. п. 4.6). Далее, для примера, описан ряд установок некоторых основных параметров.

5.1.1 Установка параметров зондирования и измерения

Установка параметров зондирования и измерения осуществляется в панели управления «Параметры измерения», «Усреднение» и др.

- Шаг 1.** Задайте частотный диапазон зондирования в панели управления «Параметры измерения» (см. п. 4.6.4). Если требуется осуществить сканирование по списку, необходимо установить флажок «Сканиров. по списку» и сформировать вручную (либо загрузить из файла) список частот в соответствующем окне, появляющемся после нажатия кнопки «Список» (см. рисунок 5.1).
- Шаг 2.** Задайте там же требуемое количество частотных точек. Минимальное значение - 1, максимальное – 100001. При сканировании по списку количество частотных точек определяется размером списка.
- Шаг 3.** На панели управления «Параметры измерения» (см. п. 4.6.4) установить параметры «Ослабление ВЧ», «Ослабление ПЧ» и др. в зависимости от требуемого динамического диапазона измерения и обеспечения требуемой входной мощности X5M.

! *Не превышайте максимальную входную мощность, допустимую для исследуемого устройства. Это может вывести его из строя. Также следует иметь в виду, что входная мощность X5M, при которой его измерительный приёмник ещё находится в линейном режиме, не должна превышать максимальной входной рабочей мощности (см. технические характеристики в разделе с описанием X5M и принципов его работы ч. I настоящего РЭ).*

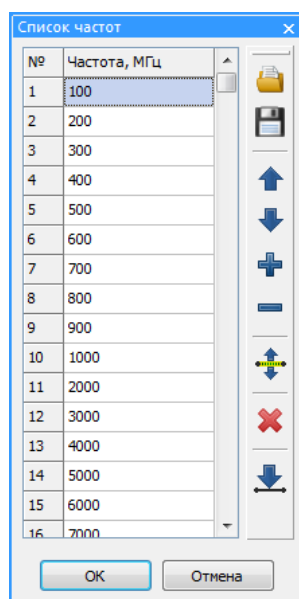


Рисунок 5.1 – Задание списка частот

Шаг 4. На панели управления «Параметры измерения» (см. п. 4.6.4) установите значение параметра «Фильтр ПЧ» в соответствии с требованиями по селективности сигнала.

Шаг 5. На панели управления «Усреднение» (см. п. 4.6.3), настроить нужные функции по необходимости в зависимости от поставленной задачи.

5.1.2 Доступные измерения и форматы. Установка параметров отображения измерительных трасс

Управление диаграммами и трассами изложено в пп. 4.1, 4.2, 4.7. Установка параметров отображения измерительных трасс производится следующим образом.

Шаг 1. Создайте измерительную трассу. При необходимости, можно удалить,

либо добавить измерительную трассу с требуемой измеряемой величиной. Все трассы отображаются в списке трасс.

Измерительная трасса отображает данные одного из «измерений». Выбор «измерения» выделенной трассы осуществляется на панели инструментов «Измеряемая величина» (рисунок 4.10) или в меню трассы (рисунок 4.6).

Доступны следующие варианты «измерений»:

в режиме «Модуляционный метод»

- КП – коэффициент передачи по мощности;
- КШ – коэффициент шума;
- Мощн(ГШвыкл) – отображение условного уровня мощности при выключенном ГШ;
- Мощн(ГШвкл) – отображение условного уровня мощности при включенном ГШ;

в режиме «Метод двух отсчетов»

- КП – коэффициент передачи по мощности;
- КШ – коэффициент шума;
- Мощн(хол.) – отображение условного уровня мощности для «холодного» источника;
- Мощн(гор.) – отображение условного уровня мощности для «горячего» источника;

в режиме «Градуировка генераторов шума

- Эталон(вкл) – отображение условного уровня мощности для эталонного ГШ во включенном состоянии;
- Эталон(выкл) – отображение условного уровня мощности для эталонного ГШ в выключенном состоянии;
- ГШ(вкл) – отображение условного уровня мощности для калибруемого ГШ во включенном состоянии;
- ГШ(выкл) – отображение условного уровня мощности для калибруемого ГШ в выключенном состоянии;
- ГШ(ENR) – отображение ИОШТ калибруемого ГШ.

Шаг 2. Установите требуемый формат отображения.

Формат отображения трассы задаётся на панели инструментов «Формат» или через пункт контекстного меню трассы «Формат». Трасса отображается в декартовых координатах в виде ломанной кривой, соединяющей точки, в которых проводятся измерения.

Возможны следующие варианты форматов отображения:

«... [раз]», или «раз» – отображает величины в отн.ед.;

«К» – отображает шумовую температуру в Кельвинах;

«дБ» – отображает величины x , рассчитываемые по формуле $x[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(x[\text{отн. ед.}])$;

«Мощность (дБм)» – отображает величины x , рассчитываемые по формуле $x[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(x[\text{мВт}]/1[\text{мВт}])$;

«Мощность (дБВт)» – отображает величины x , рассчитываемые по формуле $x[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(x[\text{мВт}]/1[\text{Вт}])$;

«Уровень (дБмВ)» – отображает величины x , рассчитываемые по формуле $x[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg(x[\text{мВ}]/1[\text{мВ}])$.

и т.д.

Для трасс, отображающих мощности доступны соответствующие единицы измерения мощности или возможность отображения в Вольтах (т.е. в виде напряжения), а также в виде спектральной плотности мощности.

6 Калибровка

Калибровка (пользовательская) – измерение устройств с известными параметрами (называемые **калибровочные меры или эталоны**), после которого на основании отличий измеренных и известных величин, определяются параметры измерительной системы, необходимые для последующей *коррекции* результатов измерений.

Коррекция результатов измерений – вычисление оценок измеряемых величин в соответствии с моделью измерительной системы и её параметрами, которые были определены в процессе *калибровки*.

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.

Измерения, приводимые в данном подразделе, следует проводить после выполнения подготовительных работ, описанных в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ.

6.1 Эталонные генераторы шума

Для проведения пользовательской калибровки необходимо иметь эталонные ГШ. Критерии выбора ГШ приведены в разделе с описанием средств измерений, инструментов и принадлежностей ч. I настоящего РЭ.

6.2 Типы калибровок

6.2.1 Калибровка КШ и КП в режиме «Модуляционный метод»

Под пользовательской калибровкой КШ Х5М понимается, прежде всего, измерение собственных коэффициентов передачи и шума Х5М (скалярная калибровка). Калибровка для режимов «Модуляционный метод» и «Метод двух отсчетов» проводится схожим образом.

В данном подразделе описан порядок пользовательской калибровки для измерения характеристик ИУ без преобразования частот. При необходимости измерения устройств с преобразованием частоты см. п. 7.9.

Для проведения калибровки и измерения КШ и КП потребуются:

- Х5М;
- генератор шума;
- переходы (при необходимости).

Последовательность калибровки КШ и КП

Шаг 1. Проверить готовность Х5М к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.

Шаг 2. Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Выбрать через главное меню «Параметры > Характеристика ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями ИОШТ ГШ, зависящей от частоты (рисунок 7.11). Сравнить эти значения со значениями, приведёнными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в неё значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот. Рекомендуется сохранить эти данные, нажав соответствующую кнопку (см. рисунок 7.11), в формате *.enr или *.ngd.

Шаг 3. Подключить ГШ к Х5М (рисунок 7.2-а):

- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА Х5М при помощи кабеля питания ГШ.

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ГШ к входу СВЧ X5M.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

Шаг 4. Установить параметры измерения:

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9, об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1); там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

Шаг 5. Открыть мастер калибровки, выбрав пункт главного меню «Калибровка > Калибровка», либо нажать кнопку «Калибровка» на панели управления «Калибровка». Далее, следуя указаниям мастера, провести калибровку. При этом индикатор состояния ГШ должен мигать. Этап калибровки завершается нажатием «Готово» в окне мастера

калибровки.

После успешного завершения калибровки в окне «Калибровочные данные» (вызывается через главное меню «Калибровка») появятся данные от проведенной калибровки. Флажок «Коррекция» в главном меню «Калибровка» может быть сброшен или установлен, что приведёт к отключению или включению коррекции (т.е. учета данных проведенной пользовательской калибровки) в ходе измерения КШ и КП.

6.2.2 Калибровка КШ и КП в режиме «Метод двух отсчетов»

Последовательность калибровки КШ и КП

- Шаг 1.** Проверить готовность Х5М к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.
- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Выбрать через главное меню «Параметры > Температура холодного источника». При этом должна появиться таблица со значениями шумовой температуры, зависящими от частоты (см. рисунок 6.1). Сравнить эти значения со значениями, приведёнными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в неё значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот. Рекомендуется сохранить эти данные, нажав соответствующую кнопку (см. рисунок 6.1), в формате *.gcold.
- Шаг 3.** Собрать схему калибровки согласно рисунку 6.2. Для улучшения качества развязки (СН и НГШ) рекомендуется использовать вентиль.

! Внимание! *Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.*

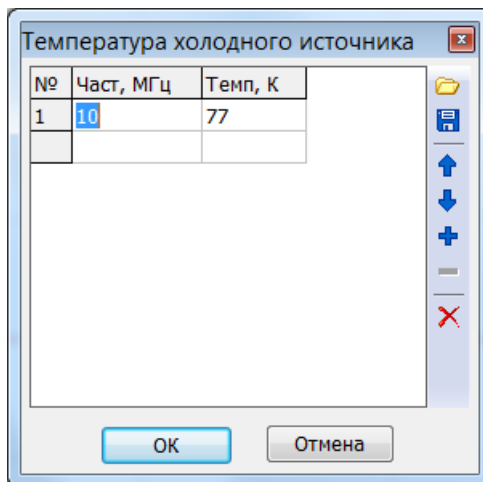


Рисунок 6.1 – Вставьте название рисунка

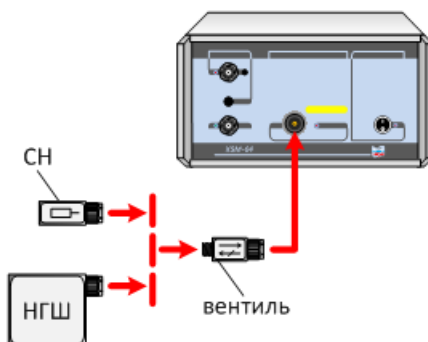


Рисунок 6.2 – Схема калибровки в режиме Метод двух отсчетов

Шаг 4. Установить параметры измерения:

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9, об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1); там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

Шаг 5. Открыть мастер калибровки, выбрав пункт главного меню «Калибровка > Калибровка», либо нажать кнопку «Калибровка» на панели управления «Калибровка». Далее, следуя указаниям мастера, провести калибровку, в процессе которой индикатор ГШ должен однократно изменить своё состояние. Этап калибровки завершается нажатием «Готово» в окне мастера калибровки.

После успешного завершения калибровки в окне «Калибровочные данные» (вызывается через главное меню «Калибровка») появятся данные от проведённой калибровки. Флажок «Коррекция» в главном меню «Калибровка» может быть сброшен или установлен, что приведёт к отключению или включению коррекции (т.е. учета данных проведенной пользовательской калибровки) в ходе измерения КШ и КП.

6.2.3 Калибровка ИОШТ

Калибровка ИОШТ проводится в режиме «Градуировка генераторов шума». Калибровку можно проводить двумя способами – модуляционным (в случае использования твердотельных ГШ; управление питанием ГШ осуществляется автоматически с помощью Х5М) или ручным (обычно для НГШ).

Для проведения калибровки и измерения КШ и КП потребуются:

- Х5М;
- генератор шума эталонный;
- переходы (при необходимости).

Последовательность калибровки ИОШТ

Шаг 1. Проверить готовность Х5М к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.

Шаг 2. Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Выбрать через главное меню «Параметры > Характеристика эталонного ГШ». При этом должна появиться таблица со значениями ИОШТ ГШ, зависящей от частоты (рисунок 7.11). Сравнить эти значения со значениями, приведёнными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в неё значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это зна-

чение будет использовано для всего диапазона частот. Рекомендуется сохранить эти данные, нажав соответствующую кнопку (см. рисунок 7.11), в формате *.enr или *.ngd.

Шаг 3. Подключить ГШ к X5M (рисунок 7.2-а):

- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА X5M при помощи кабеля питания ГШ.

i Для ГШ с номинальными значениями ИОШТ 15 дБ для достижения показателей точности, указанных в технических характеристиках, рекомендуется градуировку проводить с накрученным на СВЧ вход X5M аттенуатором 10 дБ (поставляется в комплекте для опции «ГРП»).

! **Внимание!** Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ГШ к входу СВЧ X5M.

! **Внимание!** Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

Шаг 4. Установить параметры измерения:

! **Внимание!** Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9, об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1); там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень.

Шаг 5. Выбрать пункт главного меню «Калибровка > Эталон» для калибровки ручным способом и «Калибровка > Эталон (модуляц.)» для калибровки автоматическим способом.

Шаг 6. Следуйте инструкциям мастера калибровки.

6.3 Сохранение, восстановление и отключение калибровочных данных

Чтобы сохранить результаты калибровки в режимах «Модуляционный метод» и «Метод двух отсчетов» следует выбрать пункт меню «Калибровка > Калибровочные данные» и в появившемся диалоговом окне нажать кнопку сохранения. Калибровка сохраняется в файл с расширением *x5mclb*.

 *После перезапуска ПО калибровочные данные прошлой рабочей сессии будут восстановлены из резервной копии на диске независимо от того, сохранил ли их пользователь в файл или нет.*

Чтобы загрузить калибровочные данные, следует выбрать пункт меню «Калибровка > Калибровочные данные» и в появившемся диалоговом окне нажать кнопку открытия.

Коррекция может быть временно отключена в режимах «Модуляционный метод» и «Метод двух отсчетов» установкой флажка в пункте меню «Калибровка > Коррекция». Следует иметь в виду, что установка флажка отключает только все пользовательские калибровки, но не отключает фабричные калибровки.

7 Измерения

Измерения, приводимые в данном подразделе, следует проводить после выполнения подготовительных работ, описанных в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ; а также после этапа пользовательской калибровки (см. п. 6.2).

7.1 Измерение КШ и КП в режиме «Модуляционный метод»

Данный режим рассчитан, в основном, на использование твердотельных ГШ, включение и выключение которых (т.е. имитация «горячего» и «холодного» источника шума, соответственно) осуществляется X5M автоматически.

Измерения согласно данному подразделу рекомендуется проводить после этапа пользовательской калибровки (за исключением случаев, когда КП ИУ по мощности более 20 дБ) согласно п. 6.2.1. Предполагается, что при пользовательской калибровке и измерениях используется один и тот же эталонный ГШ.

Порядок проведения простейшего измерения следующий.

Процедура измерения КШ и КП

- Шаг 1.** Проверить готовность X5M к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.
- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Подготовить файл со значениями ИОШТ на него в формате *.enr или *.ngd (см. п. 6.2.1 Шаг 2).
- Шаг 3.** Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.
- Шаг 4.** Собрать измерительную схему (рисунок 7.1 или 7.2-б; использование аттенюатора Атт рекомендуется для улучшения развязки и согласования):



Рисунок 7.1 – Схема измерений ИУ без преобразования по частоте или с внутренним генератором и ФНЧ

- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА

Х5М при помощи кабеля питания ГШ;

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума Х5М не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к Х5М без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к Х5М! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ИУ (возможно, через Атт, вентиль или фильтр) при измерении КШ и КП приёмно-усилительных устройств без преобразования частоты – как показано на рисунке 7.1. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенюатор Атт;

❗ Внимание! Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» Х5М мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели Х5М рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе Х5М в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки 🚫)!

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к ИУ используется переход, то S-параметры перехода повлияют на характеристику ИОШТ ГШ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ или его переопределения!

Шаг 5. Установить параметры измерения:

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9), об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1; там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;
- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить пункт меню «Калибровка > Коррекция», либо использовать флажок на панели управления «Калибровка»;

i Контролировать наличие калибровочных данных и состояние коррекции можно при помощи индикатора на статусной панели (см. таблицу 4.2).

- если при измерении используется дополнительный внешний аттенюатор для уменьшения интегральной мощности входного сигнала¹⁾, то требуется ввести значения ослабления данного аттенюатора в таблицу «Компенсация внешней цепи» (соответственно для включения ДО или ПОСЛЕ ИУ, см. п. 7.6) в главном меню «Параметры» (если ослабление введено только для одного значения частоты, то это ослабление будет использовано во всем диапазоне частот); если в измерительную схему включены дополнительные переходы и ФНЧ, то возникающие при этом потери необходимо учесть таким же образом; подключение внешнего аттенюатора расширяет диапазон измерения КП; при измерении устройств с КП, превышающим 30 дБ, без использования внешнего аттенюатора требуется установить необходимое ослабление ПЧ на панели управления «Параметры измерения»²⁾ и проверить отсутствие перегрузки входного усилителя X5M.

¹⁾Встроенным аттенюатором ПЧ можно устранить перегрузку измерительного канала по промежуточной частоте, о перегрузке сигнализирует индикатор ПЕРГРУЗКА на передней панели X5M. При перегрузке входных цепей необходимо применять дополнительный внешний аттенюатор, либо воспользоваться ослаблением по ВЧ.

²⁾При этом изменение входной мощности наблюдаться не должно, т.к. будет осуществляться ее автоматический пересчет.

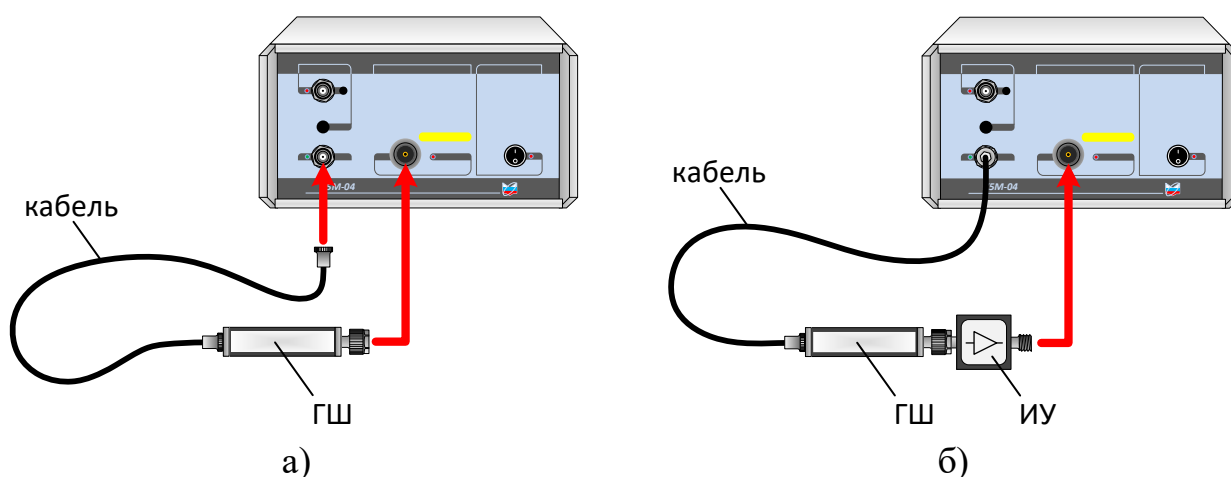


Рисунок 7.2 – Схема в режиме «Модуляционный метод»: а) калибровки; б) измерения

Шаг 6. Запустить измерения на X5M командой меню «Управление > Запуск измерений» или соответствующей кнопке панели инструментов. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки X5M.

Шаг 7. При необходимости настроить требуемые параметры и функции диаграмм, трасс, маркеров, сохранить результаты измерений.

Если в процессе измерения требуется изменить значения каких-либо параметров X5M, то в общем случае калибровку измерительного тракта следует провести заново. Исключением можно считать ослабления ПЧ и ВЧ, устанавливаемые с целью устранения перегрузки АЦП и входных цепей X5M, соответственно. Не рекомендуется увеличивать ослабления ВЧ и ПЧ, если это не является необходимым.

7.2 Измерение КШ и КП в режиме «Метод двух отсчетов»

Данный режим рассчитан, в основном, на использование НГШ, включение и выключение которых (т.е. имитация «горячего» и «холодного» источника шума, соответственно) осуществляется вручную. При этом функцию «горячего» источника выполняет согласованная нагрузка (СН) при комнатной температуре. Возможно использование ГШ других типов, например твердотельных (при этом нужно будет пересчитать ENR в шумовую температуру и ввести это значение в качестве температуры окружающей среды, а в таблицу температуры «холодного» источника внести значение фактической температуры среды, например, 290 К).

Измерения согласно данному подразделу рекомендуется проводить после этапа пользовательской калибровки (за исключением случаев, когда КП ИУ по мощности более 20 дБ) согласно п. 6.2.2. Предполагается, что при пользовательской калибровке и измерениях используется один и тот же эталонный ГШ.

Порядок проведения простейшего измерения следующий.

Процедура измерения КШ и КП

- Шаг 1.** Проверить готовность X5M к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.
- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный НГШ в соответствии с РЭ на него. Подготовить файл со значениями шумовой температуры (температура холодного источника) на эталонный НГШ в формате *.gcold (см. п. 6.2.2 Шаг 2).
- Шаг 3.** Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.
- Шаг 4.** Собрать схему измерений, согласно рисунку 7.3 (для улучшения качества развязки (СН и НГШ) рекомендуется использовать вентиль):

- подключить ИУ (возможно, через Атт, вентиль или фильтр) при измерении КШ и КП приёмно-усилительных устройств без преобразования частоты;

❗ Внимание! Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» X5M мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели X5M рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе X5M в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки 🚫)!

- подключить НГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к ИУ используется переход, то S-параметры перехода повлияют на характеристику ИОШТ ГШ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ или его переопределения!

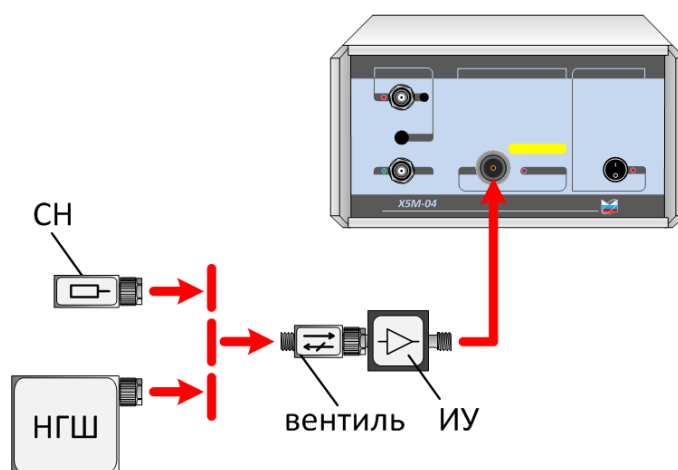


Рисунок 7.3 – Схема измерения КШ и КП ИУ в режиме «Метод двух отсчетов»

Шаг 5. Установить параметров измерения:

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9),

об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1; там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;

- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить пункт меню «Калибровка > Коррекция», либо использовать флажок на панели управления «Калибровка».

 *Контролировать наличие калибровочных данных и состояние коррекции можно при помощи индикатора на статусной панели (см. таблицу 4.2).*

- если при измерении используется дополнительный внешний аттенюатор для уменьшения интегральной мощности входного сигнала¹⁾, то требуется учитывать значения ослабления аналогично тому, как это делается в п. 7.6, но только вручную; если в измерительную схему включены дополнительные переходы и ФНЧ, то возникающие при этом потери необходимо учесть таким же образом; подключение внешнего аттенюатора расширяет диапазон измерения КП; при измерении устройств с КП, превышающим 30 дБ, без использования внешнего аттенюатора требуется установить необходимое ослабление ПЧ на панели управления «Параметры измерения»²⁾ и проверить отсутствие перегрузки входного усилителя X5M.

Шаг 6. Выбрать через главное меню «Параметры > Температура холодного источника» при этом должна появиться таблица со значениями шумовой температуры, зависящими от частоты. Сравнить эти значения со значениями, приведёнными в сертификате калибровки, либо в свидетельстве о поверке используемого ГШ. При необходимости исправить таблицу или занести в неё значения из свидетельства о поверке (сертификата калибровки) ГШ. Если значение нормированной величины введено лишь для одной частоты, это значение будет использовано для всего диапазона частот.

 *При использовании ГШ других типов (например, твердотельных) необходимо пересчитать ИОШТ в шумовую температуру и ввести это значение в качестве температуры окружающей среды, а в таблицу темпера-*

¹⁾Встроенным аттенюатором ПЧ можно устранить перегрузку измерительного канала по промежуточной частоте, о перегрузке сигнализирует индикатор ПЕРГРУЗКА на передней панели X5M. При перегрузке входных цепей необходимо применять дополнительный внешний аттенюатор, либо воспользоваться ослаблением по ВЧ.

²⁾При этом изменение входной мощности наблюдаться не должно, т.к. будет осуществляться ее автоматический пересчет.

туры «холодного» источника внести значение фактической температуры среды, например, 290 K).

Шаг 7. Запустить измерения на X5M командой меню «Управление > Запуск измерений» или соответствующей кнопке панели инструментов. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки X5M.

Шаг 8. При необходимости настроить требуемые параметры и функции диаграмм, трасс, маркеров, сохранить результаты измерений.

Если в процессе измерения требуется изменить значения каких-либо параметров X5M, то в общем случае калибровку измерительного тракта следует провести заново. Исключением можно считать ослабления ПЧ и ВЧ, устанавливаемые с целью устранения перегрузки АЦП и входных цепей X5M, соответственно. Не рекомендуется увеличивать ослабления ВЧ и ПЧ, если это не является необходимым.

7.3 Градуировка генераторов шума

7.3.1 Общая информация

Измерения, приводимые в данном подразделе, следует проводить после выполнения подготовительных работ, описанных в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ.

Генераторы шума можно градуировать разными методами, например: в модуляционном режиме или в немодуляционном (т.е. когда напряжение питания ГШ автоматически модулируется либо управление питанием осуществляется вручную); в условиях комплексно-сопряжённого согласования (результатом будут номинальные значения ИОШТ) или на нагрузку 50 Ом (результатом будут эффективные значения ИОШТ). Также следует различать градуировки однотипных ГШ (т.е. когда эталонный и испытуемый ГШ одного типа и с одинаковыми номинальными значениями ИОШТ) и ГШ разного типа. Наиболее простой является градуировка однотипных полупроводниковых ГШ в модуляционном режиме.

Во время градуировки с помощью ПО *Graphit* используется метод сравнения с мерой (эталонным ГШ), поэтому под этапом пользовательской калибровки понимается измерение ИОШТ эталонного ГШ.

ПО *Graphit*, в основном, рассчитано на использование твердотельных ГШ; тем не менее, возможно применение и других типов. Вычисление ИОШТ (*ENR*) в ПО *Graphit* основано на предположении идеального согласования ГШ с анализатором, а также на предположении постоянства КСВН выходов ГШ во

включённом и выключенном состояниях.

В этом подразделе описаны процедуры градуировки полупроводниковых ГШ на нагрузку 50 Ом в модуляционном режиме с помощью мастера градуировки. По умолчанию в качестве стандартной температуры используется $T_0 = 290$ К.

7.4 Измерения в режиме «Градуировка генераторов шума»

 Для получения более точных результатов градуировки вместо режима «Градуировка генераторов шума» рекомендуется приобрести специальную программную опцию «ГРП» (т.е. режим измерения «СК4М. Градуировка генераторов шума»), а также лицензию на использование специальной инструкции по градуировке ГШ.

Описанную ниже процедуру необходимо проводить после этапа пользовательской калибровки (см. п. 6.2.3), при этом временной интервал между этапами пользовательской калибровки и измерением должен быть минимальным.

В приведенном ниже примере управление твердотельным ГШ осуществляется вручную с помощью мастера калибровки.

Процедура измерения ИОШТ

- Шаг 1.** Проверить готовность X5M к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.
- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Подготовить файл со значениями ИОШТ на него в формате *.enr или *.ngd (см. п. 6.2.3 Шаг 2).
- Шаг 3.** Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.
- Шаг 4.** Подключить ИУ к X5M (рисунок 7.2-а):
- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА X5M при помощи кабеля питания ГШ.

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ГШ к входу СВЧ X5M в том же сечении, в котором проводилась пользовательская калибровка (т.е., возможно, к входу аттенюатора); в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя, к которому осуществляется подключение, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к сечению, в котором проводилась пользовательская калибровка, используется переход, то S-параметры перехода повлияют на его характеристику ИОШТ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ!

Шаг 5. Установить параметры измерения:

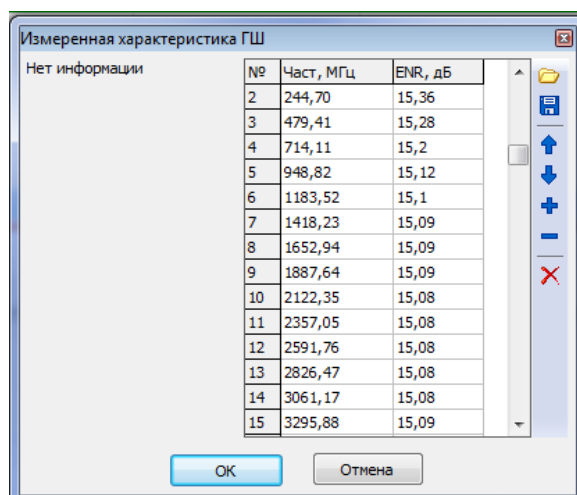
❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9, об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1); там же задать

полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень.

Шаг 6. Запустить измерения командой меню «Калибровка > Градуировка ГШ (модуляц.)» для автоматического включения и выключения ГШ или «Калибровка > Градуировка ГШ» – для ручного. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки.

Шаг 7. По окончании измерений автоматически сформируется и откроется таблица с результатами градуировки ГШ (рисунок 7.4) с помощью которой можно сохранить результаты измерений в файл.



№	Част, МГц	ENR, дБ
2	244,70	15,36
3	479,41	15,28
4	714,11	15,2
5	948,82	15,12
6	1183,52	15,1
7	1418,23	15,09
8	1652,94	15,09
9	1887,64	15,09
10	2122,35	15,08
11	2357,05	15,08
12	2591,76	15,08
13	2826,47	15,08
14	3061,17	15,08
15	3295,88	15,09

Рисунок 7.4 – Таблица результатов градуировки ГШ

7.5 Измерение времени развертки

Измерение времени развертки проводится с помощью функции «Время последнего свипа» или «Время свипа» при настройке параметров связанных маркеров (см. п. 4.10.4).

Настройка маркеров для измерения времени развертки производятся в следующем порядке.

Шаг 1. Проверить готовность X5M к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.

Шаг 2. Провести запуск X5M в необходимом режиме измерения.

Шаг 3. Добавить два маркера, с помощью которых будет проводиться измерение времени развертки (о работе с маркерами см. п. 4.10), и установить связь между ними (см. п. 4.10.4).

Шаг 4. В контекстном меню связанного маркера выбрать сохраненную формулу «Время последнего свипа» или «Время свипа». Снять показания связанного маркера.

7.6 Исключение/встраивание цепей, компенсация (режим «Модуляционный метод»)

Описываемые в данном подразделе функции доступны в режиме «Модуляционный метод».

Если калибровка выполнена в одном тракте, а измерять необходимо в другом, приходится применять некоторую оснастку – крепления, переходы и т.п. – существенно искажающие результаты измерений. Исключить влияние цепи, включённой между плоскостью калибровки и исследуемым устройством, позволяет функция «исключения цепи» или, как частный случай, «компенсация внешней цепи» (рисунок 7.5). Формулы по расчету КШ и КП ИУ для этого случая приводятся в ч. I настоящего РЭ (см. приложение с описанием основных видов измерений и формулами).

Функция «встраивание цепи», наоборот, вносит влияние несуществующей при измерениях цепи (рисунок 7.5). Это может быть полезно при настройке устройства, которое будет включено в блок, содержащий некоторые корректирующие цепи или нагрузки. Данная функция для Х5М в явном виде не предусмотрена, тем не менее, ее можно косвенно использовать, задавая при компенсации внешней цепи вместо КП цепи $G_{\text{дц}}$ величину обрутную (т.е. вместо $G_{\text{дц}}[\text{отн.ед.}]$ задавать $1/G_{\text{дц}}[\text{отн.ед.}]$) и далее применять функцию компенсации.

Таким образом «встраивание» и «измерение» относятся к процессу измерений, т.е. если дополнительные цепи используются только при измерении, а при калибровке не используются, то необходимо применять функцию «исключение цепи»; а если наоборот – дополнительные цепи используются только при калибровке – то применять функцию «встраивание цепи».

Включение функции компенсации цепей осуществляется через меню «Параметры > Компенсация внешней цепи до ИУ > Включена» или «Параметры > Компенсация внешней цепи после ИУ > Включена».

Характеристика внешней цепи задается в таблице окна, открывающегося при выборе пункта «Коэффициент передачи» (рисунок 7.6). Характеристика формируется путём кусочно-линейной аппроксимации заданных точек. Вне заданного диапазона, значение корректирующего коэффициента экстраполирует-

ся путём сохранения уровня ослабления крайних заданных значений. Важно, что величина частоты для точек характеристики должна монотонно возрастать с увеличением порядкового номера строки. В противном случае возможно возникновение ошибок. Указанная таблица позволяет задавать частотные коэффициенты передачи внешних цепей, подключаемых к входу (или выходу) ИУ, с целью учёта этих параметров и коррекции отображаемого уровня, например, для компенсации потерь сигнала в кабеле и т.п.

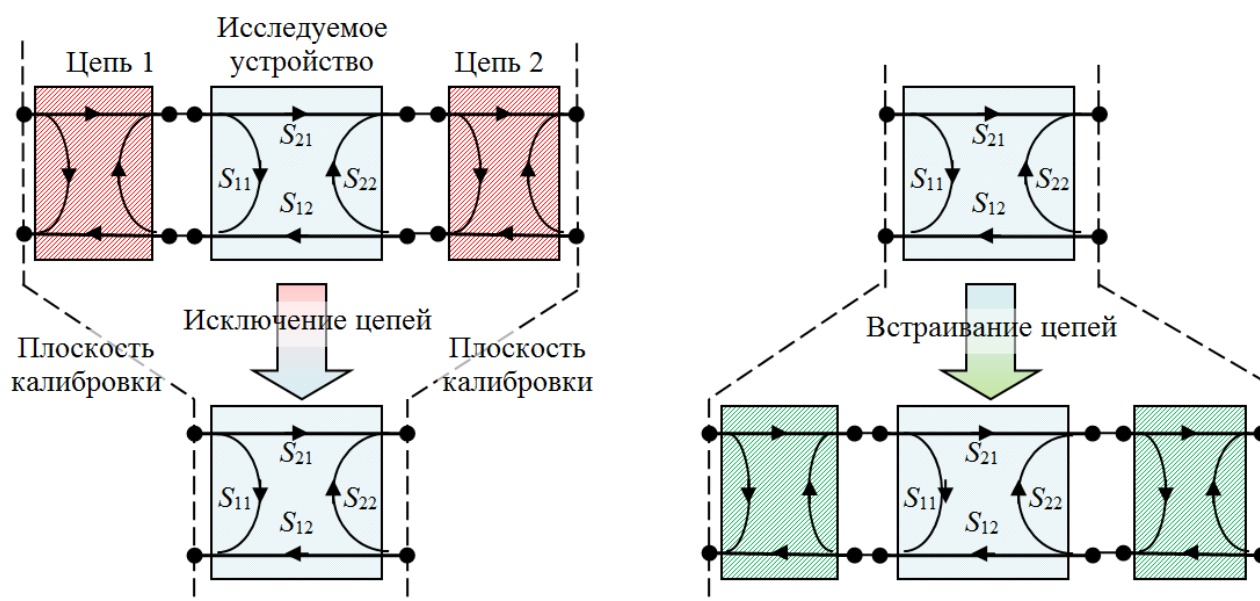


Рисунок 7.5 – Встраивание и исключение цепей

Компенсация внешней цепи до ИУ

№	Част, МГц	КП, дБ
1	8759,28	-1,221
2	8798,86	-1,184
3	8838,44	-1,235
4	8878,02	-1,28
5	8917,6	-1,38
6	8957,18	-1,513
7	8996,76	-1,466
8	9036,34	-1,313
9	9075,92	-1,276
10	9115,5	-1,118

OK Отмена

Рисунок 7.6 – Окно для задания компенсирующих коэффициентов

Используя кнопки в правой части окна, можно сохранить сформированную таблицу в файл, а также загрузить характеристику из файла трассы (формат *.tr), или файла стандартного текстового формата S-параметров Touchstone® (*.s2p), либо другого текстового файла, содержащего два столбца

значений, разделённых символами табуляции или запятыми (*.csv)¹⁾. С помощью кнопок можно редактировать таблицу в окне, перемещаясь по строкам, добавляя или удаляя строки. Можно также очистить всю таблицу.

При включении данной функции на боковой статусной панели отобразится соответствующий индикатор (см. таблицу 4.2).

7.7 Использование переходов

Разъёмы исследуемого устройства, калибровочных мер и кабельных сборок могут быть несовместимы друг с другом. Несовместимость может быть обусловлена различием как видов разъёмов (вилка или розетка), так и их типов (3,5 мм; 2,92 мм; 2,4 мм, N, III и др.) Для соединения устройств с несовместимыми разъёмами используются переходы.

Переходы вызывают дополнительные отражения, задержку и ослабление сигнала. Это не оказывает влияния на результаты измерений, если переход постоянно присутствует в тракте, как при калибровке, так и при измерениях. Если переход вставляется или удаляется после калибровки, его влияние необходимо учитывать. Это можно сделать с помощью функции встраивания и исключения цепей (см. п. 7.6).

7.8 Система синхронизации X5M

В X5M предусмотрено два вида синхронизации – цифровая и аналоговая. Система цифровой синхронизации предназначена для работы X5M в комплексе с другими измерительными приборами (например для синхронной перестройки приборов по частоте) или для управления внешними устройствами – переключателями, модуляторами и т.п. Аналоговая синхронизация предназначена для синхронизации опорного генератора.

Для подключения измерительных приборов или внешних устройств на задней панели измерительного блока имеются следующие входы и выходы синхронизации:

- «СИНХР » – выходы сигналов цифровой синхронизации;
- «СИНХР » – вход сигнала цифровой синхронизации;
- «ОГ » – выход опорного генератора частотой 10 МГц (аналоговая синхронизация);
- «ОГ » – вход опорного генератора частотой 10 МГц (аналоговая синхронизация).

¹⁾В том случае, если в диалоге открытия файла в поле со списком расширений файлов («Тип файлов») отсутствует расширение «*.csv» или «*.*», необходимо в поле ввода «Имя файла» набрать «*.*» (без кавычек) и нажать клавишу **Enter**. После этого в диалоге открытия файлов будут отображаться файлы всех типов.

Структурная схема системы синхронизации приведена на рисунке 7.7.

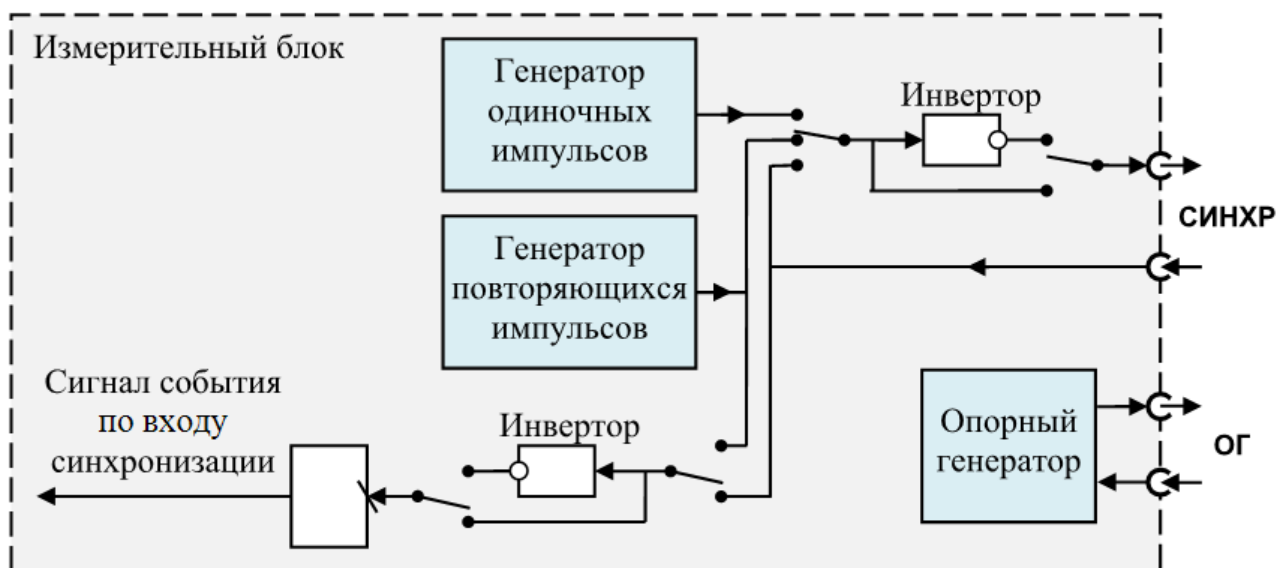


Рисунок 7.7 – Структурная схема системы синхронизации

Система аналоговой синхронизации

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

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

Система цифровой синхронизации

Генератор одиночных импульсов формирует импульсы при наступлении определённого события – начало перестройки частоты, окончание перестройки и др. Генератор повторяющихся импульсов непрерывно формирует последовательность импульсов с заданными параметрами. Уровни сигналов на входе и выходе (т.е. на «СИНХР →» и «СИНХР ←») должны соответствовать уровням ТТЛ.

Параметры системы синхронизации задаются на панели управления «Синхронизация», представленной на рисунке 4.9.

Режим работы выхода синхронизации задаётся в поле со списком «Синхровыход»:

- «не используется» – на выходе устанавливается постоянное напряжение 0 В или 5 В, если установлен флажок «Инвертирование»;
- «старт развёртки» – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, фронт которых совпадает с началом развёртки по частоте;
- «след. точка» – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, фронт которых совпадает с началом перестройки на очередную частотную точку;
- «захват ФАПЧ» – с генератора одиночных импульсов на выход поступают импульсы, фронт которых совпадает с окончанием перестройки частоты;
- «транслируется вход» – на выход поступает ретранслированный сигнал с входа;
- «транс. синхрогенератор» – на выход поступают импульсы с генератора повторяющихся импульсов.

Перечисленные выше сигналы могут инвертироваться с помощью флажка «Инвертирование».

Длительность одиночных импульсов на выходе синхронизации задаётся (в интервале от 1 до 255 мкс) в поле «Длительность импульса».

На рисунке 7.8 приведены эпюры напряжений на выходе синхронизации, формируемых в зависимости от режима синхронизации и выполняемой измерительным блоком операции.

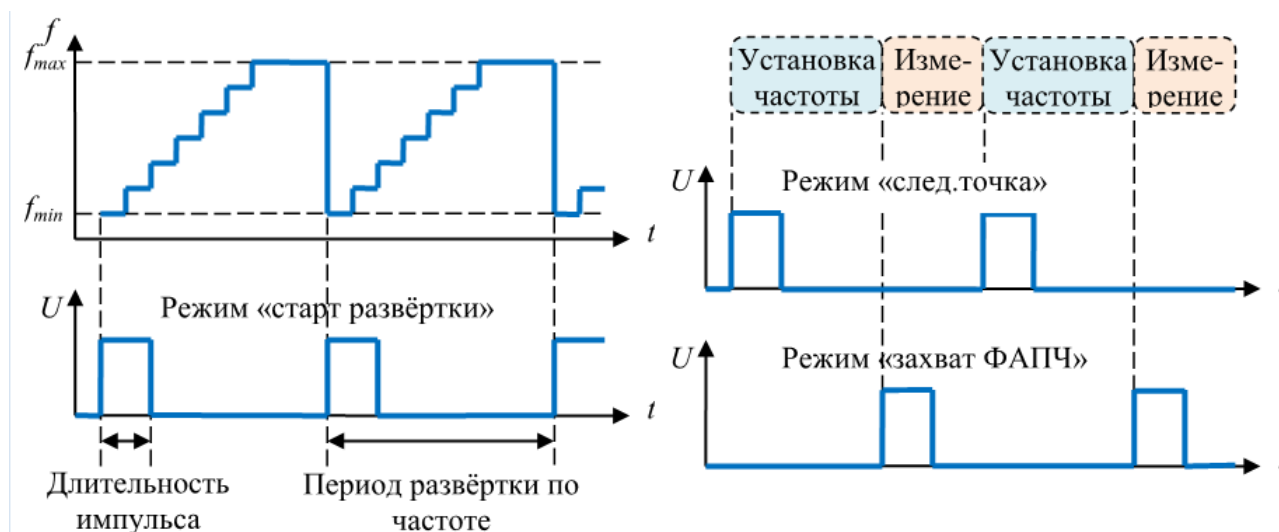


Рисунок 7.8 – Режимы работы выхода синхронизации

Вход синхронизации. По фронту поступившего на вход синхроимпульса фиксируется «Событие по входу синхронизации» (рисунок 7.7). Включение тумблера «Инвертирование» позволит фиксировать событие по спаду синхроимпульса. Реакция измерительного блока на «Событие по входу синхронизации» задаётся в поле со списком «Синхровход»:

- «не используется» – поступившие на вход синхроимпульсы игно-

рируются;

- «старт развёртки» – по приходу синхроимпульса начинается развёртка по частоте; если синхроимпульс поступил раньше, то развёртка начинается немедленно;
- «след. точка» – по приходу синхроимпульса начинается перестройка на следующую частотную точку; если синхроимпульс поступил раньше, то перестройка начинается немедленно;
- «начало измерения» – по приходу синхроимпульса начинается измерение на текущей частоте; если синхроимпульс поступил раньше, то измерение начинается немедленно.

На рисунке 7.9 показано изменение этапов работы измерительного блока в зависимости от режима синхронизации и поступления входных синхроимпульсов.

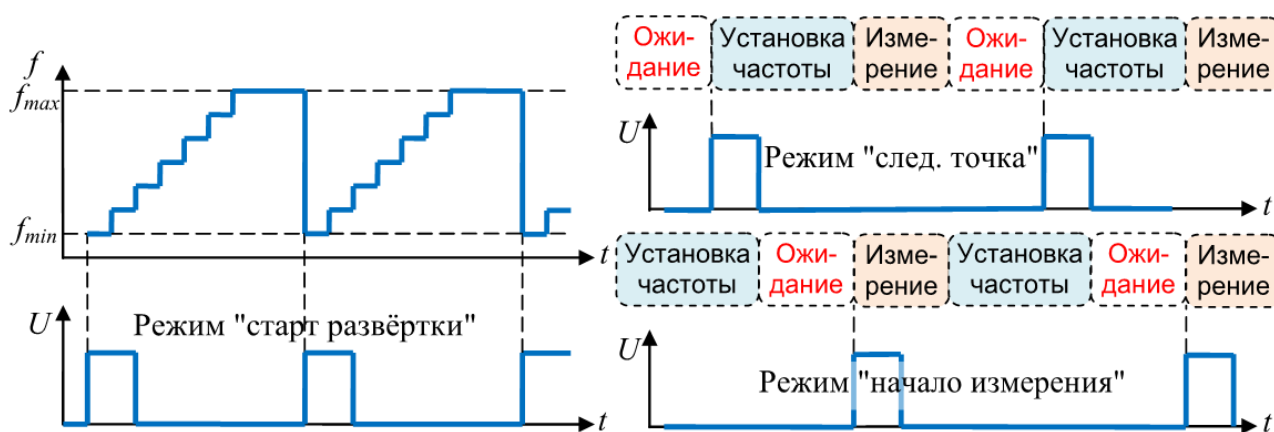


Рисунок 7.9 – Режимы работы входа синхронизации

Для синхронной работы приборов и корректных измерений важно также учесть следующее:

- ширина полосы обзора и количество точек в настройках обоих приборов должны быть одинаковыми;
- при запуске сканирования существует возможность пропуска первого синхроимпульса, когда один прибор стартовал и уже сформировал синхроимпульс, а второй ещё не начал работу; поэтому первым следует запускать прибор, ожидающий первый синхроимпульс.

Рассмотрим пример синхронной работы некоторого X5M, выступающего в роли измерителя, и P2M в режиме генератора (или Г7М).

Входы и выходы синхронизации соединяются и настраиваются в ПО *Graphit* согласно схеме на рисунке 7.10.

Пусть требуется измерить КШ ИУ с преобразованием частоты. Для обеспечения штатного режима работы ИУ на его вход подают сигнал частоты f_1 (рисунок 7.10). На второй вход ИУ подается сигнал гетеродина частоты f_2 .

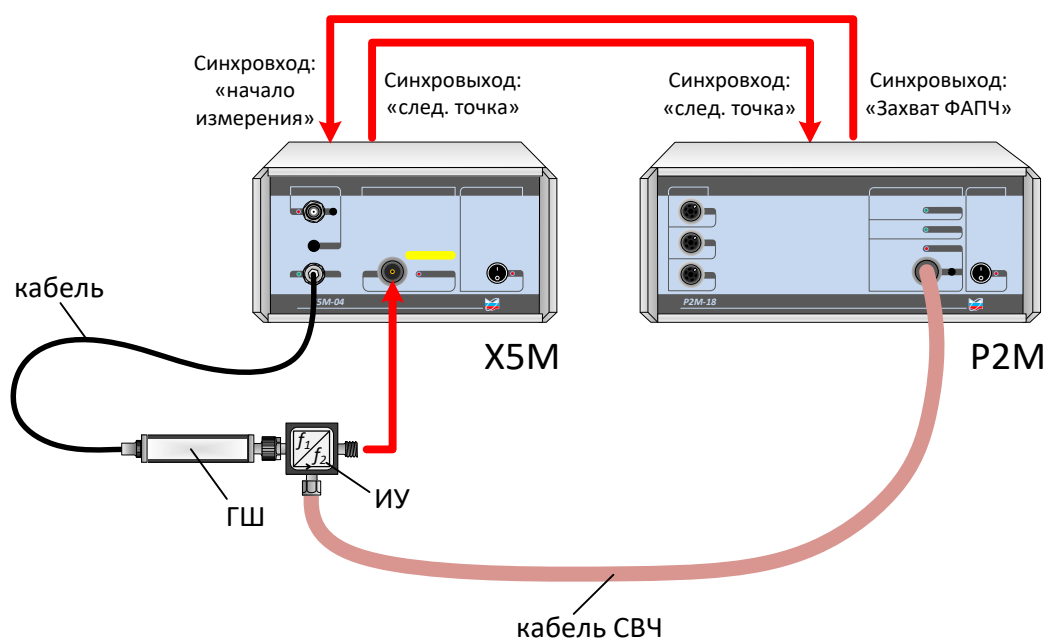


Рисунок 7.10 – Измерение «горячего» КШ

❗ Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» X5M мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели X5M рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе X5M в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки ❗).

Для измерения «горячего» КШ в диапазоне частот требуется синхронная перестройка частот f_1 и f_2 . Необходимо соединить вход «СИНХР →» на задней панели X5M с выходом «СИНХР ←» на задней панели P2M; и наоборот – выход X5M с входом P2M.

Начать измерение в частотной точке можно в том случае, когда оба прибора закончили перестройку в данную точку, поэтому сигнал «Захват ФАПЧ» от P2M должен запускать начало измерения в X5M. В программе управления P2M следует задать диапазон изменения частоты f_2 и количество частотных точек.

В ПО *Graphit* следует задать диапазон изменения частоты f_2 и количество частотных точек (такое же, как в P2M).

В рассматриваемом примере измерения следует запускать сначала на P2M.

В результате X5M и P2M будут работать следующим образом:

а) с началом перестройки на следующую частоту X5M формирует синхроимпульс;

- б) Р2М по фронту синхроимпульса также начинает перестройку частоты;
- в) Р2М, закончив перестройку частоты, формирует синхроимпульс;
- г) Х5М, закончив перестройку частоты, ожидает прихода синхроимпульса, если тот не пришёл раньше, после чего начинает измерение.

7.9 Измерения устройств с преобразованием частоты

7.9.1 Общие сведения

Настройка параметров измерения устройств с преобразованием частоты (смесителей, конверторов и т.п.) производится на соответствующей панели управления (рисунок 4.9), описание доступных режимов преобразования приведено в таблице 7.1.

Для синхронной работы Х5М и внешнего гетеродина следует использовать систему цифровой синхронизации приборов (см. п. 7.8).

Т а б л и ц а 7.1 – Режимы преобразования частоты в режиме Модуляционный метод

Режим преобразования	Формула преобразования частоты, где f – входная ИУ, f' – преобразованная (ПЧ), f_{LO} – гетеродина	Примечание
«Не используется»	$f' = f$	
«Вверх»	$f' = f + f_{LO}, f_{LO} = const$	f' задаётся на панели управления «Преобразование частоты» и соответствует входной частоте Х5М
«Вниз»	$f' = f - f_{LO}, f_{LO} = const$	
«Фиксированная ПЧ»	$f' = f \pm f_{LO} = const$	f задаётся на панели управления «Преобразование частоты» и соответствует входной частоте ИУ

Для режимов преобразования «**вверх**» или «**вниз**» активируется поле «Частота гетеродина», от величины которой зависит диапазон частот на выходе ИУ (так называемые частоты ПЧ) и, соответственно, на входе Х5М. Значение частоты гетеродина также учитывается при применении калибровочных данных и расчёте значений ИОШТ ГШ для получения трасс КП и КШ.

В режиме «**фиксированная ПЧ**» можно измерять характеристики ИУ с перестраиваемым гетеродином (например, синтезатором частот Г7М) и фикси-

рованной ПЧ, значение которой задаётся в соответствующем поле.

Отображение трассы на диаграмме можно осуществить как на преобразованных частотах (частоты ПЧ на выходе ИУ, входные – для Х5М), так и на частотах до преобразования (входные частоты ИУ) выбором соответствующего параметра в списке «**Отображаемые частоты**». В режиме «фиксированная ПЧ» ось абсцисс всегда соответствует частоте до преобразования. Следует иметь в виду, что при отображении преобразованных частот частотное сканирование Х5М по-прежнему осуществляется в том диапазоне, который установлен на панели управления «Параметры измерения». После установления параметров гетеродина, из таблицы «Параметры > Характеристика ГШ» берутся соответствующие значения ENR ГШ в диапазонах ПЧ и входных частот исследуемого преобразователя (ENR должен быть прописан как в диапазоне входных сигналов Х5М т.е. диапазон ПЧ преобразователя, так и в диапазоне входных сигналов исследуемого преобразователя). Знак «–» перед значениями преобразованных частот говорит об инверсии преобразованного спектра. Если после установления параметров гетеродина и отображаемых частот измерительные трассы не отображаются в области диаграммы, необходимо повторить ввод параметров гетеродина.

7.9.2 Измерение КШ и КП ИУ с преобразованием частот на фиксированную ПЧ

Здесь, для примера, анализатор цепей Р2М используется как перестраиваемый гетеродин. Пример приведен для измерений в режиме «Модуляционный метод».

Измерения согласно данному подразделу рекомендуется проводить после этапа пользовательской калибровки (за исключением случаев, когда КП ИУ по мощности более 20 дБ) согласно п. 6.2.1. Пользовательская калибровка измерительного тракта проводится на одной частоте, равной ПЧ ИУ. Для этого задается нулевая полоса сканирования с центром, равным ПЧ, при этом на панели «Преобразование частоты» в списке «Преобр. частоты» должно быть выбрано значение «не используется». Следует убедиться, что указанная характеристика ИОШТ ГШ содержит данные как на входных частотах ИУ, так и на ПЧ.

Порядок проведения простейшего измерения следующий.

Процедура измерения КШ и КП ИУ с преобразованием частот на фиксированную ПЧ

Шаг 1. Проверить готовность Х5М к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.

- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Подготовить файл со значениями ИОШТ на него в формате *.enr или *.ngd (см. п. 6.2.1 Шаг 2).
- Шаг 3.** Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.
- Шаг 4.** Собрать измерительную схему, соединить входы/выходы синхронизации и настроить их в ПО *Graphit* согласно схеме на рисунке 7.10:
- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА X5M при помощи кабеля питания ГШ;

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ИУ (возможно через Атт, вентиль или фильтр) как показано на рисунке 7.10. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенуатор Атт;

❗ Внимание! Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» X5M мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели X5M рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе X5M в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки 🚫)!

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к ИУ используется переход, то S-параметры перехода повлияют на характеристику ИОШТ ГШ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ или его переопределения!

Шаг 5. Установить параметры измерения:

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон, соответствующий входному сигналу ИУ (для этого случая он может быть больше, чем рабочий диапазон X5M), и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9), об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1; там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;
- в R2M также выставить нужные диапазоны частот, при этом ширина полосы и количество точек должны быть такими же, как и в X5M;
- на панели «Преобразование частоты» в списке «Преобр. частоты» выбрать значение «Фиксированная ПЧ»; а в поле ввода «Фикс. ПЧ» задать значение ПЧ; следует отметить, что установка частот X5M, находящихся за пределами его рабочего диапазона, возможна только в режиме «Фиксированная ПЧ»;
- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить пункт меню «Калибровка > Коррекция», либо использовать флажок на панели управления «Калибровка».

❗ Контролировать наличие калибровочных данных и состояние коррекции

можно при помощи индикатора на статусной панели (см. таблицу 4.2).

Шаг 6. Запустить измерения сначала на Р2М. Запустить измерения на Х5М командой меню «Управление > Запуск измерений» или соответствующей кнопке панели инструментов. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки Х5М.

В результате полученные измерительные трассы КП и КШ будут соответствовать входным частотам ИУ, при том, что фактически Х5М будет настроен на одну частоту ПЧ.

Шаг 7. При необходимости настроить требуемые параметры и функции диаграмм, трасс, маркеров, сохранить результаты измерений.

7.9.3 Измерения КШ и КП ИУ с преобразованием частот при фиксированной частоте гетеродина

В данном подразделе приведен пример измерения характеристик преобразователя частоты MD-138015-P1, который будет выступать в качестве ИУ. Пример приведен для измерений в режиме «Модуляционный метод».

Технические характеристики ИУ с преобразованием частоты:

Диапазон входных частот: 13,2–14,4 ГГц.

Частота внутреннего гетеродина: 15,3 ГГц.

Промежуточная частота: 0,9–2,1 ГГц.

Коэффициент шума: 2 дБ.

Коэффициент передачи: 55 дБ.

Измерения согласно данному подразделу рекомендуется проводить после этапа пользовательской калибровки (за исключением случаев, когда КП ИУ по мощности более 20 дБ) согласно п. 6.2.1. Необходимо провести пользовательскую калибровку в диапазоне ПЧ: для нашего случая необходимо установить диапазон частот от 500 до 2500 МГц.

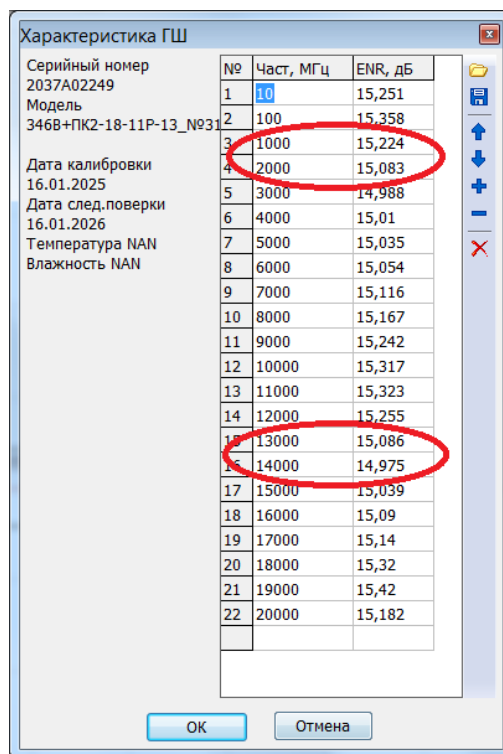
Порядок проведения простейшего измерения следующий.

Процедура измерения КШ и КП ИУ с преобразованием частот при фиксированной частоте гетеродина

Шаг 1. Проверить готовность Х5М к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего

РЭ, и включить его.

Шаг 2. Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Подготовить файл со значениями ИОШТ на него в формате *.enr или *.ngd (см. п. 6.2.1 Шаг 2). При этом ИОШТ должна быть прописана как в диапазоне входных сигналов X5M (диапазон ПЧ конвертора), так и в диапазоне входных сигналов измеряемого конвертора, как показано рисунке 7.11.



№	Част, МГц	ENR, дБ
1	10	15,251
2	100	15,358
3	1000	15,224
4	2000	15,083
5	3000	14,988
6	4000	15,01
7	5000	15,035
8	6000	15,054
9	7000	15,116
10	8000	15,167
11	9000	15,242
12	10000	15,317
13	11000	15,323
14	12000	15,255
15	13000	15,086
16	14000	14,975
17	15000	15,039
18	16000	15,09
19	17000	15,14
20	18000	15,32
21	19000	15,42
22	20000	15,182

Рисунок 7.11 – Характеристика ГШ

Шаг 3. Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.

Шаг 4. Собрать измерительную схему:

- разъем питания ГШ соединить с разъёмом ГЕНЕРАТОР ШУМА X5M при помощи кабеля питания ГШ;

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- подключить ИУ (возможно через Атт, вентиль или фильтр) ко входу X5M. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенуатор Атт;

❗ Внимание! Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» X5M мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели X5M рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе X5M в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки )!

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к ИУ используется переход, то S-параметры перехода повлияют на характеристику ИОШТ ГШ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ или его переопределения!

Шаг 5. Установить параметры измерения:

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9), об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1; там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;
- установить параметры измерения преобразователя на панели управления «Преобразование частоты» согласно рисунку 7.12 (более подробно о данной панели см. п. 4.6.7);
- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить пункт меню «Калибровка > Коррекция», либо использовать флажок на панели управления «Калибровка»;

i Контролировать наличие калибровочных данных и состояние коррекции можно при помощи индикатора на статусной панели (см. таблицу 4.2).

Шаг 6. Запустить измерения на X5M командой меню «Управление > Запуск измерений» или соответствующей кнопку панели инструментов. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки X5M.

На рисунке 7.13 приведен результат таких измерений.

Шаг 7. При необходимости настроить требуемые параметры и функции диаграмм, трасс, маркеров, сохранить результаты измерений.

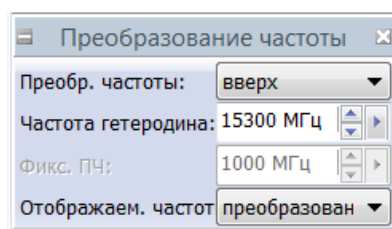


Рисунок 7.12 – Установка параметров на панели «Преобразование частоты»



Рисунок 7.13 – Результат измерения КШ и КП преобразователя частоты MD-138015-P1

7.9.4 Измерение КШ и КП ИУ с применением внешнего конвертера и фиксированной ПЧ

При измерении с использованием внешнего конвертера можно измерять КП и КШ устройств в более широком диапазоне частот, чем рабочий диапазон частот X5M.

Здесь, для примера, анализатор цепей P2M используется как перестраиваемый гетеродин. Пример приведен для измерений в режиме «Модуляционный метод».

Измерения согласно данному подразделу рекомендуется проводить после этапа пользовательской калибровки (за исключением случаев, когда КП ИУ по мощности более 20 дБ) согласно п. 6.2.1. Пользовательская калибровка измерительного тракта проводится на одной частоте, равной ПЧ ИУ. Для этого задается нулевая полоса сканирования с центром, равным ПЧ, при этом на панели «Преобразование частоты» в списке «Преобр. частоты» должно быть выбрано значение «не используется». Следует убедиться, что указанная характеристика ИОШТ ГШ содержит данные как на входных частотах ИУ, так и на ПЧ. При этом для процесса пользовательской калибровки следует использовать схему, приведенную на рисунке 7.14.

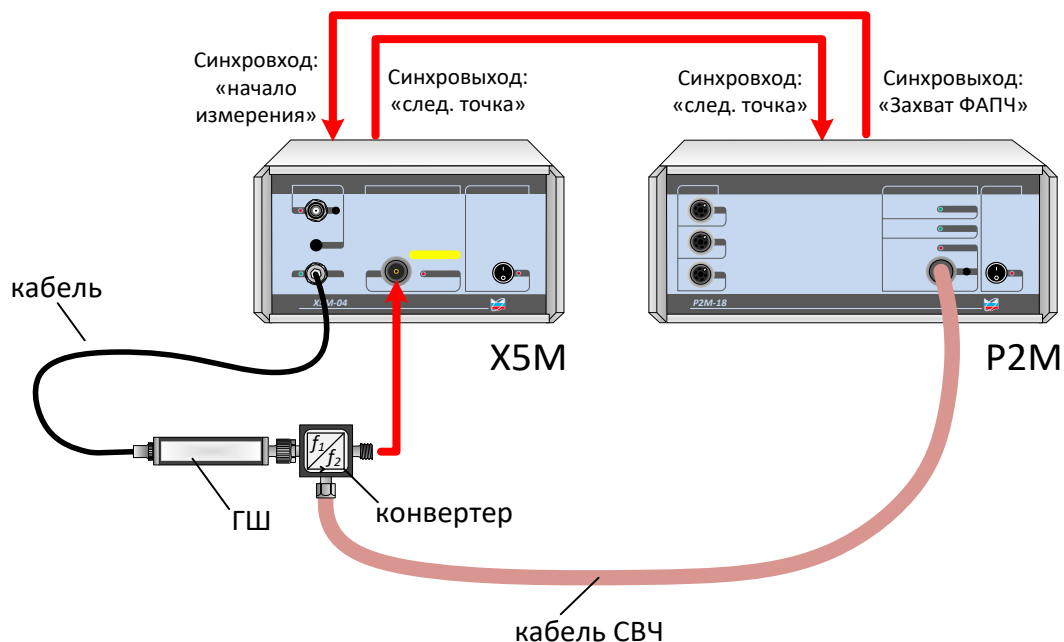


Рисунок 7.14 – Схема калибровки

Порядок проведения простейшего измерения следующий.

Процедура измерения КШ и КП ИУ с применением внешнего конвертора и фиксированной ПЧ

- Шаг 1.** Проверить готовность X5M к работе в соответствии с требованиями и рекомендациями, описанными в сведениях о порядке подготовки к проведению измерений из раздела о порядке работы ч. I настоящего РЭ, и включить его.
- Шаг 2.** Подготовить к работе эталонный ГШ, пользуясь указаниями, приведёнными в РЭ на него. Подготовить файл со значениями ИОШТ на него в формате *.enr или *.ngd (см. п. 6.2.1 Шаг 2).
- Шаг 3.** Подготовить также ИУ; пользуясь указаниями, приведёнными в соответствующих РЭ.
- Шаг 4.** Собрать измерительную схему, соединить входы/выходы синхронизации и настроить их в ПО *Graphit* согласно схеме на рисунке 7.15:
- разъем питания ГШ соединить с разъемом ГЕНЕРАТОР ШУМА X5M при помощи кабеля питания ГШ;

❗ Внимание! Во избежание короткого замыкания между внутренним и внешним проводниками разъёма питания генератора шума X5M не рекомендуется оставлять кабель типа BNC (вилка) – BNC (вилка), подключённым к X5M без генератора шума. При подключении разъёма питания к ГШ с помощью кабеля BNC (вилка) – BNC (вилка) в первую очередь кабель подключать к ГШ, и только после этого к X5M! Отключение питания ГШ следует проводить в обратной последовательности!

- выход ИУ подключить (возможно через Атт, вентиль или фильтр) ко входу внешнего конвертера, как показано на рисунке 7.15. Если выходная мощность ИУ превышает допустимые входные значения, указанные в ТХ, или вызывает срабатывание индикатора перегрузки, то необходимо использовать соответствующий аттенуатор Атт;

❗ Внимание! Запрещается подавать на вход «→ СВЧ» X5M мощность и постоянное напряжение, превышающие значения, указанные на передней панели X5M рядом со знаком ⚠ (в случае превышения мощности на входе X5M в программе управления на левой статусной панели должен появиться индикатор перегрузки )!

- подключить ГШ к входу ИУ; в случае если тип соединителя ГШ не совпадает с типом соединителя входа ИУ, необходимо воспользоваться соответствующими дополнительными переходами.

❗ Внимание! Перед сочленением соединителей, во избежание их повреждения, необходимо контролировать их присоединительные размеры (см. контрольно-профилактические работы в разделе подготовки к работе ч. I настоящего РЭ). Сочленение коаксиальных соединителей производить только вращением гайки соединителя «вилка» (корпус изделия не вращать!), затягивание гайки осуществлять тарированным ключом.

❗ Внимание! Если для подключения ГШ к ИУ используется переход, то S-параметры перехода повлияют на характеристику ИОШТ ГШ, что в свою очередь требует коррекции характеристики ГШ или его переопределения!

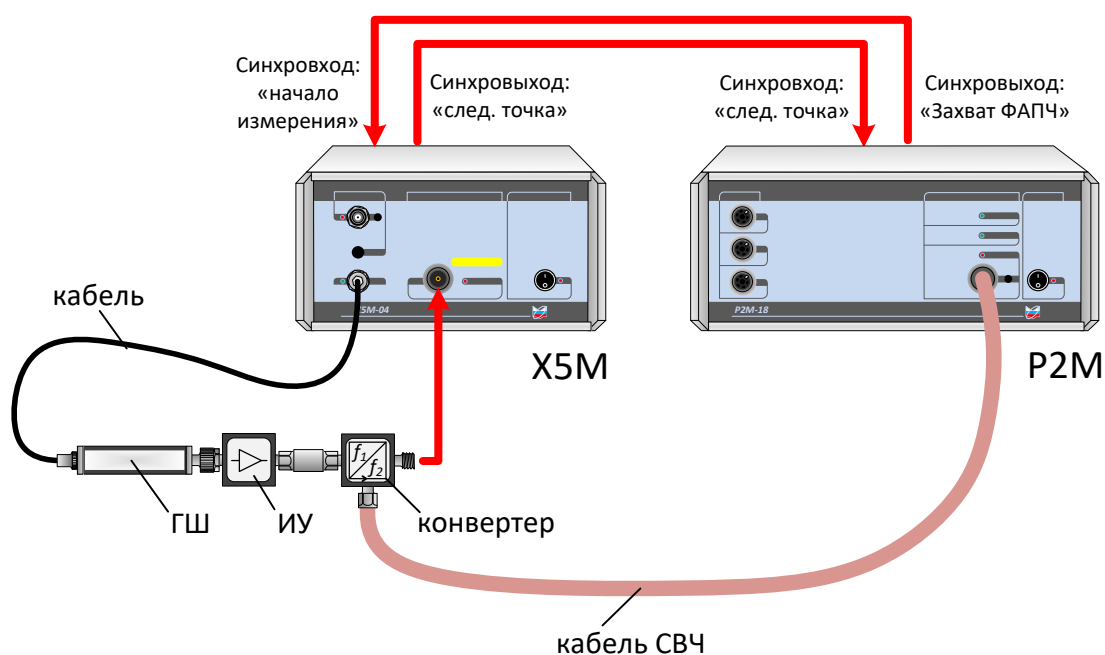


Рисунок 7.15 – Схема измерения ИУ с применением внешнего конвертера и фиксированной ПЧ

Шаг 5. Установить параметры измерения:

❗ Внимание! Калибровку и измерение необходимо проводить в одном и том же частотном диапазоне! Несоответствие любого из параметров (начальная, конечная частота и количество точек) при калибровке и измерении приведёт к появлению дополнительной погрешности в результатах измерения, обусловленной интерполяцией калибровочных данных (индикация «Кор(!)» на статусной панели).

- выбрать пункт «Профиль > Восстановить начальные параметры»;
- задать в X5M частотный диапазон, соответствующий входному сигналу ИУ (для этого случая он может быть больше, чем рабочий диапазон X5M), и количество точек, либо задать список частот и включить «Сканиров. по списку» (см. рисунок 4.9), об управлении параметрами X5M указано в п. 5.1; там же задать полосу фильтра ПЧ, степень усреднения, а также установить ослабление ПЧ и ВЧ в случае, если входной сигнал имеет слишком большой уровень;
- в P2M также выставить нужные диапазоны частот, при этом ширина полосы и количество точек должны быть такими же, как и в X5M;
- на панели «Преобразование частоты» в списке «Преобр. частоты» выбрать значение «Фиксированная ПЧ»; а в поле ввода «Фикс. ПЧ» задать значение ПЧ; следует отметить, что установка частот X5M,

находящихся за пределами его рабочего диапазона, возможна только в режиме «Фиксированная ПЧ»;

- в случае если проводилась калибровка, то необходимо отметить пункт меню «Калибровка > Коррекция», либо использовать флажок на панели управления «Калибровка».

 *Контролировать наличие калибровочных данных и состояние коррекции можно при помощи индикатора на статусной панели (см. таблицу 4.2).*

Шаг 6. Запустить измерения сначала на P2M. Запустить измерения на X5M командой меню «Управление > Запуск измерений» или соответствующей кнопке панели инструментов. Убедиться, что при сканировании не срабатывает индикатор перегрузки X5M.

В результате полученные измерительные трассы КП и КШ будут соответствовать входным частотам ИУ, при том, что фактически X5M будет настроен на одну частоту ПЧ.

Шаг 7. При необходимости настроить требуемые параметры и функции диаграмм, трасс, маркеров, сохранить результаты измерений.

Приложение А (справочное) Форматы используемых файлов

А.1 Формат *SnP*-файлов

Формат *SnP*-файлов предназначены для описания многополюсников через либо *S*-, либо *Y*-, либо *Z*-, либо *G*-, либо *H*-параметры, а также через шумовые параметры.

Файл *SnP* должен соответствовать спецификации «Touchstone® File Format Specification». Согласно указанному документу *SnP*-файл – это текстовый файл, который может быть отредактирован в стандартном текстовом редакторе, например в Блокноте MS Windows®. Данный файл может иметь, например, следующий вид:

```
!Комментарии
!...
!Комментарии
# GHz S dB R 50
0.01 -42.163 1.456 -70.744 -0.599 -69.259 -7.190 -52.176 162.923
0.02 -41.878 1.297 -68.601 -2.742 -71.071 -5.366 -52.796 147.622
22 -41.699 1.083 -69.025 -5.857 -69.414 -1.914 -52.579 137.079
!Шумовые параметры
0.01 2 0.1 -45 20
18 2.7 0.46 -33 0.40
```

где используются следующие знаки и символы:

- ! – означает знак комментария, после которого может следовать произвольный текст;
- # – символ, означающий начало строки опций; строка опций для версии 1.0 и 1.1 должна быть первой некомментирующей и непустой строкой в файле; параметры в строке опций разделяются одним или несколькими пробелами; данная строка имеет для описания двухпортового устройства следующий шаблон:

```
# [Hz|kHz|MHz|GHz] [S|Y|Z|G|H] [DB|MA|RI] [R n];
```

где [Hz|kHz|MHz|GHz] – возможные значения единиц измерения частоты;

[S|Y|Z|G|H] – тип параметров, соответственно либо *S*-, либо *Y*-, либо *Z*-, либо *G*-, либо *H*-параметры;

[DB|MA|RI] – формат, в котором указаны комплексные параметры, соответственно либо в виде модуля в дБ и фазы в градусах, либо в виде модуля в отн. ед. и фазы в градусах, либо в виде реальной и мнимой части в отн. ед.

По умолчанию в версии 1.0 порядок указания комплексных параметров таков:

$$|N11| \varphi(N11) |N21| \varphi(N21) |N12| \varphi(N12) |N22| \varphi(N22),$$

где $|N_{xx}|$ и $|N_{yx}|$ – соответственно для S -параметров модуль КО и КП;
 $\varphi(S_{xx})$ и $\varphi(S_{yx})$ – соответственно для S -параметров фаза КО и КП.

Но в версиях 2.0 и выше для двухпортового устройства требуется ключевое слово [Two-Port Data Order] с указанием аргументов либо 21_12, либо 12_21. Использование ключевого слова [Two-Port Data Order] с аргументом 12_21 позволяет обратный порядок параметров, т.е.:

$$\langle \text{значение частоты} \rangle \langle N11 \rangle \langle N12 \rangle \langle N21 \rangle \langle N22 \rangle.$$

После строки опций должны следовать данные параметров цепей, отдельные данные разделяются пробелами. Значения частоты должны появляться только в начале строки с данными после знака окончания предыдущей строки.

Помимо S -, либо Y -, либо Z -, либо G -, либо H -параметров в файл могут быть добавлены шумовые параметры, но только для файлов, описывающих двухпортовые устройства. Шумовые параметры должны задаваться после данных с S -параметрами. Для версии 2.0 и 2.1 они должны начинаться после ключевого слова [Noise Data], а также при этом должно присутствовать ключевое слово [Number of Noise Frequencies] с числовым аргументом, означающим количество частотных точек для шумовых параметров. Частота первой точки для шумовых параметров должна быть меньше или равна последней частоте из данных S -параметров. Для шумовых параметров предполагается, что порт 1 – это источник. Шаблон строки данных для шумовых параметров следующий:

$$\langle \text{значение частоты} \rangle \langle Fmin \rangle \langle Mag \rangle \langle Ang \rangle \langle rn \rangle$$

где $Fmin$ – минимальный коэффициент шума в дБ;

$\langle Mag \rangle$ – модуль КО, соответствующий $Fmin$, отн.ед.;

$\langle Mag \rangle$ – фаза КО, соответствующая $Fmin$, градусы;

$\langle rn \rangle$ – эффективное шумовое сопротивление, Ом; для версии 1.0 оно нормализовано относительно сопротивления, указанного в строке опций или 50 Ом в случае отсутствия этого сопротивления.

А.2 Формат ENR-файлов

ENR-файлы используются для описания ИОШТ генераторов шума и представляют собой текстовый файл, который может быть отредактирован в стандартном текстовом редакторе, например в Блокноте MS Windows®. Данный файл может иметь, например, следующий вид:

```
# ENR Data File
! Created by Graphit NS (version 2.6.12) using SK4M-50/4 1117200015
# 02.02.2024 10:52:24
# Format is: Frequency (Hz), ENR (dB)
[Filetype ENR]
[Version 1.1]
[Serialnumber 3328A04705]
[Model 346C K01]
[Caldate 20240202.10:52:24]
[Calduedate 20250202]
[Temperature NAN]
[Humidity NAN]
10000000000, 20.669
200000000000, 15.101
500000000000, 6.901
```

ИЛИ

```
[Filetype ENR]
[Version 1.0]
[Serialnumber 3318A15364]
[Model 346B]
[Caldate 20000110.13:53:54]
[Temperature 24C]
[Humidity 40%]
! Frequency ENR Unc Refl. Coef. On Refl. Coef. Off
! MHz dB dB Mag Phase Deg Mag Phase Deg
10 MHz 15.281 .193 .0450 -136.0 .0330 -66.0
1000 MHz 15.118 .151 .0398 +39.6 .0107 +164.5
2000 MHz 14.999 .168 .0377 -85.7 .0266 +.9
```

где # или ! – символ комментария, за которым может следовать произвольный текст; строка комментария может появляться в любом месте файла;

[– знак начала поля заголовка; ключевые слова между знаками «[» и «]», а также необязательные параметры в строке должны разделяться пробелами; пробелы после «]» игнорируются;

[Filetype ENR] – обязательное поле заголовка, означающее тип файла;

[Version 1.1] – обязательное поле заголовка, означающее версию формата;

остальные поля заголовков – необязательны;

[Caldate ...] и [Calduedate...] – необязательные поля со временем и датой в формате YYYYMMDD[.hh:mm:ss], т.е. соответственно четыре цифры под год, и по две цифры под месяц, число, часы, минуты и секунды;

[Temperature ...] – необязательное поле температуры со значением и следующей за ней единицей измерения (C, F или K);

[Humidity ...] – необязательное поле влажности со значением и следующей за ней необязательным знаком «%».

Каждая строка должна быть не более 100 символов, включая символы переноса и окончания строки. Пустые строки (т.е. только с пробелами, табуляци-

ями) игнорируются. Каждая строка интерпретируется как строка одного из типов:

- строка комментария;
- поле заголовка;
- данные *ENR*.

Частоты должны идти в возрастающем порядке.

Строка с данными *ENR* в общем случае имеет следующий шаблон:

Freq [*Funit*] *ENR* [*Eunit*] [*Euncert* [*on_mag* *on_phase* *off_mag* *off_phase* [*Run-*
cert]]].

где квадратные скобки означают необязательные поля.

Разделитель

Поля разделяются пробелами, также для этого допускается знак запятой.

Числовые значения

За исключением двух необязательных полей с единицами измерений (т.е. [*Funit*] и [*Eunit*]), все остальные поля – числовые значения; числа в общем случае имеют шаблон

[+/-][*x...x*][*.y...y*][*Exxx*],

где *x* – цифра целой части числа;

y – цифра дробной части;

E или *e* – знак экспоненты.

Частоты (*Freq*)

[*Funit*] – необязательное поле единиц измерения частоты (Hz, kHz, MHz, GHz, THz), по умолчанию – Гц;

Поле *ENR*

[*Eunit*] – необязательное поле единиц измерения ИОШТ; по умолчанию – дБ (на данный момент единственная поддерживаемая единица, остальные – *K*, *C*, *F* (т.е. Фаренгейты) – резервные и не поддерживаются на данный момент).

[*Euncert*] – необязательное поле с неопределенностью измерения, может присутствовать, если имеются данные по коэффициенту отражения;

Данные КО

Данные по КО необязательны, состоят из четырех полей:

on_mag, *off_mag* – соответственно модуль КО для включенного и выключенного состояния ГШ, отн.ед.;

on_phase, *off_phase* – соответственно фаза КО для включенного и выключенного ГШ, градусы.

Если присутствуют данные хотя бы для одно из перечисленных аргументов, то должны присутствовать и остальные.

[Runcert] – необязательный параметр, указывающий неопределенность КО; если приведены эти данные, то также должны присутствовать и остальные данные для КО.

Приложение Б (справочное) Перечень возможных неисправностей

Перечень возможных неисправностей, причин их возникновения, а также рекомендации по действиям при возникновении аварийных режимов приведены в таблице Б.1. При возникновении ошибок и неисправностей, не описанных ниже, пожалуйста, постарайтесь зафиксировать эти неисправности (желательно при этом сохранить и экспортировать в файл текущий профиль ПО *Graphit* (см. п. 4.9), а также скопировать изображение экрана монитора при помощи клавиши «**Print Screen**») и выслать эту информацию по электронному адресу, указанному на титульном листе, с подробным описанием возникшей проблемы.

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

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
Проблемы общего характера		
1 X5M не включается	X5M не включён в сеть или неисправен сетевой кабель	Включите в сеть либо замените неисправный кабель
	Сгорел плавкий предохранитель	Замените плавкий предохранитель на исправный (см. раздел с описанием текущего ремонта ч. I настоящего РЭ)
Ошибки программного обеспечения		
2 При запуске ПО <i>Graphit</i> появляется сообщение об ошибке	Сбой профиля настроек пользователя	Установить настройки по умолчанию, используя меню «Профиль > Восстановить начальные параметры», либо запустить программу <i>FlushGPR.exe</i> (см. п. 4.9), расположенную в папке установленного ПО <i>Graphit</i> , выполнив следующие действия: завершить работу ПО <i>Graphit</i> ; запустить программу <i>FlushGPR</i> ; выбрать в списке «Профили приборов» значение, содержащее

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
		«X5M»; сохранить профиль в файл, нажав «Сохранить как...»; повторить эти действия для всех значений, содержащих «X5M» и отправить полученные файлы по электронному адресу технической поддержки ПО pribor.soft@micran.ru (рекомендуется); удалить данные профили, нажав в <i>FlushGPR</i> кнопку «Удалить»; закрыть программу и повторить попытку запуска ПО <i>Graphit</i>
	Используется неподходящая операционная система	Установите программное обеспечение на ПК с операционной системой, соответствующей требованиям, указанным в п. 3
3 При первом запуске ПО <i>Graphit</i> и подключении к X5M сообщение об ошибке не появляется, но программа не реагирует на действия оператора	Аппаратная несовместимость	Попробуйте повторить подключение. В случае отрицательного результата обратитесь в службу технической поддержки на предприятие-изготовитель (контактная информация указана на титульном листе)
4 В ПО <i>Graphit</i> периодически выскакивают ошибки различного рода, либо не удаётся запустить процесс измерений, либо возникают ошибки при измерениях, связанные с работой программы управления	Возможно, после сбоя и перезагрузки ПО <i>Graphit</i> , либо при его переустановке сбились настройки профиля программы управления	См. решение проблемы п. 2
5 При работе в ПО <i>Graphit</i> не удаётся остановить процесс измерений или закрыть ПО <i>Graphit</i>	Зависание ПО <i>Graphit</i>	Вызвать диспетчер задач, нажав « Alt+Ctrl+Del » и затем «Диспетчер задач»; на вкладке «Процессы» выбрать из списка процесс <i>launcher.exe</i> и далее нажать кнопку «Завершить процесс»

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
Проблемы подключения к ПК		
<i>Проблемы общего характера</i>		
6 При подключении к X5M (см. п. 3.3) появляется сообщение об ошибке подключения	X5M не включён	Включите X5M
	Неправильно выбраны настройки сетевого подключения либо внутренние настройки сети	См. п. 3.2, а также Приложение В
	Кабель <i>Ethernet</i> не подключён или неисправен	Подключите/замените кабель <i>Ethernet</i>
	X5M старого типа и используется неподходящий кабель <i>Ethernet</i>	Используйте кабель <i>Ethernet</i> с соединением типа <i>cross-over</i>
7 При подключении X5M к ПК он обнаруживается (после осуществления поиска, см. п. 3.3), отображается состояние «Свободен» но, тем не менее, подключиться не удаётся	В X5M были прогружены неверные параметры до подключения	Перед подключением необходимо очистить профиль ПО <i>Graphit</i> (т.е. в запущенном ПО нажать кнопку «Восстановить начальные параметры»)
	У конфигуратора включён переключатель номер 1, т.е. X5M присвоен пользовательский IP-адрес, и ОС <i>Windows</i> не удаётся установить соединение с X5M	Не выключая X5M, переведите все переключатели конфигуратора (рисунк 3.3) кроме второго в выключенное состояние. Включите и выключите переключатель номер 6. Примерно через 40 с повторите попытку подключения
	Физическое подключение по кабелю <i>Ethernet</i> было осуществлено после включения	В командной строке ОС <i>Windows</i> (пункт «Выполнить» меню «Пуск» или нажатие клавиш  +R) набрать <i>ipconfig /flushdns</i> и, примерно, через 40 с попробовать под-

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
	X5M, и в работе DNS-сервера произошёл сбой	ключиться заново
	Произошло зависание встроенного ПО X5M	Не выключая X5M, включить и выключить 6-й переключатель конфигулятора (рисунок 3.3) и, примерно, через 40 с попробовать подключиться снова. В случае неудачи выключить X5M, примерно через 30 с включить его снова, подождать около 40 с и повторить попытку подключения
	Проблемы контроллера сети X5M	Выключить X5M, примерно через 30 с включить его снова и, подождав около 40 с, повторить попытку подключения
8 При подключении к ПК X5M не обнаруживается, либо обнаруживается, но при повторном осуществлении поиска в сети он исчезает	Возможно, X5M имеет устаревшую конфигурацию оборудования	Попытаться выяснить IP-адрес X5M и ввести этот адрес вручную в ПО <i>Graphit</i> , создав в диалоге подключения новую запись путём нажатия кнопку «Добавить» и заполнив соответствующие поля (см. п. 3.3). Попытаться снова подключиться через созданную запись
	Сбой в ПЛИС X5M	Выключить X5M, примерно через 30 с включить его и, подождав около 40 с, повторить попытку подключения
	Установлено соединение по протоколу <i>FTP</i>	Закройте активное соединение по протоколу <i>FTP</i> и попробуйте подключиться снова
<i>Проблемы прямого подключения к ПК (п. 3.2.2)</i>		
9 При прямом подключении к ПК не удаётся установить соединение с X5M (появляется сообщение об ошибке под-	Неправильные сетевые настройки операционной системы	См. Приложение В
	Неправильные настройки конфи-	См. п. 3.2.2

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
ключения)	гуратора	
	Брандмауэр («файервол») Windows или антивирусные программы блокируют порт 8888, по которому осуществляется подключение X5M	Обратитесь к системному администратору (необходимо перенастроить перечисленные системы безопасности и попробовать подключиться снова)
	Перед прямым подключением X5M подключался к ПК другим способом	Закрыть ПО <i>Graphit</i> , выключить X5M и примерно через 30 с включить его снова; запустить ПО <i>Graphit</i> и, подождав около 40 с, повторить попытку подключения
10 При подключении X5M к ПК он обнаруживается (после осуществления поиска, см. п. 3.3), отображается состояние «Занят», соответственно, подключиться не удаётся	Предыдущее аварийное завершение работы ПО <i>Graphit</i> не завершило соединение с X5M	Закрыть ПО <i>Graphit</i> . С помощью диспетчера задач (вызывается сочетанием клавиш « Ctrl+Shift+Esc »), на вкладке «Процессы» диспетчера проверить наличие процесса <i>launcher.exe</i> ; если процесс имеется, то его необходимо завершить; выключить и включить 6-й переключатель конфигуратора на задней панели X5M, запустить ПО <i>Graphit</i> и, подождав около 40 с, подключиться заново
<i>Проблемы подключения к ПК через локальную сеть (п. 3.2.3)</i>		
11 При подключении к ПК через локальную сеть X5M при поиске обнаруживается под адресом по умолчанию	Неправильные сетевые настройки операционной системы	См. Приложение В
	Неправильные настройки конфигуратора	См. п. 3.2.3

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
	При включении X5M он делает 10 запросов на получение <i>IP</i> -адреса от <i>DHCP</i> -сервера, в случае неудачи устанавливается адрес по умолчанию. Возможно, соединение X5M с ПК через <i>Ethernet</i> -кабель сделано после включения прибора	Проверьте качество <i>Ethernet</i> -соединения X5M с локальной сетью, выключите X5M и через 30 с включите его; подождите около 40 с, повторите попытку подключения
	В памяти X5M отсутствуют необходимые файлы сетевых настроек *.xml	Обратитесь к технической поддержке завода-изготовителя X5M (контактная информация указана на титульном листе)
	<i>DHCP</i> -сервер работает некорректно, либо отсутствует	Использовать <i>IP</i> -адрес по умолчанию
12 При подключении X5M к ПК он обнаруживается (после осуществления поиска, см. п. 3.3), отображается состояние «Занят», соответственно, подключиться не удаётся	К X5M подключился другой пользователь	Обратитесь к системному администратору
	См. возможную причину и решение проблемы п. 10	—
13 При подключении X5M к ПК через локальную сеть он обнаруживается в сети (после осуществления поиска, см. п. 3.3), но,	Возможно, клиент сервиса <i>DNS</i> запомнил предыдущее имя прибора, которое ему присваивал <i>DNS</i> -	Необходимо очистить кэш распознавателя <i>DNS</i> , выполнив в командной строке ОС <i>Windows</i> (пункт «Выполнить» меню «Пуск» или нажатие клавиш  +R) <i>ipconfig /flushdns</i> и <i>arp -d</i> (требуют-

Наименование неисправности, внешние признаки проявления	Вероятные причины неисправности	Метод устранения
тем не менее, выдаёт ошибку подключения	сервер, в то время как имя сменилось	ся права администратора); подключиться заново. При отсутствии прав администратора (т.е. невозможности выполнить команду <i>arp -d</i>) можно отключить <i>Ethernet</i> -кабель от ПК, связывающий его с локальной сетью, на 5–10 мин и повторить попытку подключения
	Неисправный кабель <i>Ethernet</i>	Замените кабель <i>Ethernet</i>

Приложение В

(справочное)

Решение проблем при настройке сетевых параметров

X5M 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 X5M.

Кроме физического протокола *Ethernet* X5M поддерживается ряд сетевых протоколов: *TCP* – для приёма команд и передачи результатов измерений; *UDP* – для обнаружения X5M в сети; *ICMP* – для диагностики; *DHCP* – для автоматической конфигурации сетевых параметров и регистрации *host*-имени X5M в *DNS*; *FTP* – для файлового доступа к параметрам и таблицам X5M; *HTTP* – для диагностики и задания параметров X5M через *WEB*-интерфейс.

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

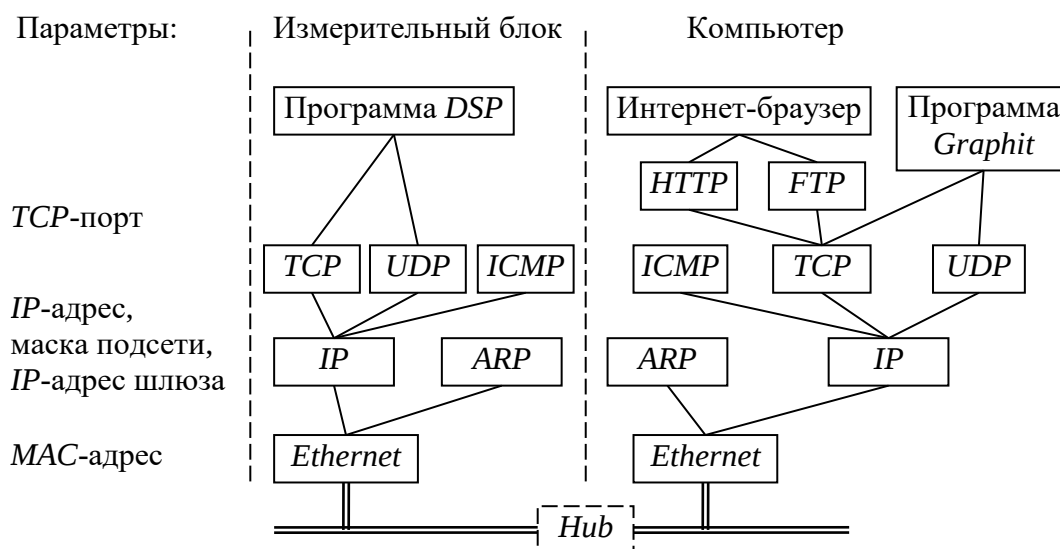


Рисунок В.1 – Используемые протоколы

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

IP-адрес – это 32-разрядное целое число, которое принято записывать побайтно, разделяя точками. Например, 127.0.0.1. Большинство *IP*-адресов уникальны и однозначно адресуют компьютер (точнее, его сетевой адаптер) в сети *Internet*. Биты, составляющие *IP*-адрес, делятся на две группы – некоторое ко-

личество 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 В.2.

IP-адрес:	&	№ подсети	№ узла
Маска:		11111111111111111111	0000000000
Результат:		№ подсети	0000000000
IP-адрес:	&	№ подсети	№ узла
Инвертированная маска:		00000000000000000000	1111111111
Результат:		00000000000000000000 № узла	

Рисунок В.2 – Выделение номеров подсети и узла

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

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

Модуль *IP* – подпрограмма на компьютере или в X5M, получив задание передать пакет, выделяет из *IP*-адреса назначения № подсети, сравнивает его с номером своей подсети. В случае совпадения пакет передаётся непосредственно получателю, иначе пакет передаётся через шлюз.

Для идентификации X5M в локальной сети используются один из двух наборов сетевых параметров – «Фабричный» или «Пользователя», выбираемых переключателем на задней панели X5M. Предприятием-изготовителем устанавливаются следующие значения «Фабричных» параметров X5M:

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:	h5m-18-серийный номер (тип X5M может отличаться)

Приведённые выше параметры обеспечивают прямое подключение X5M к компьютеру без каких-либо настроек, при условии, что параметры IP-протокола в компьютере установлены по умолчанию. Под параметрами по умолчанию понимается использование авто-конфигурации IP-протокола.

Для *Windows® 7* после щелчка по кнопке «Пуск» следует щёлкнуть «Панель управления > Сеть и Интернет > Центр управления сетями и общим доступом». В открывшемся окне выбрать задачу «Изменение параметров адаптера».

В *Windows® 8* открыть «Панель управления» при помощи меню, вызываемого комбинацией клавиш  +X, далее перейти в «Центр управления сетями и общим доступом». В открывшемся окне выбрать задачу «Изменение параметров адаптера».

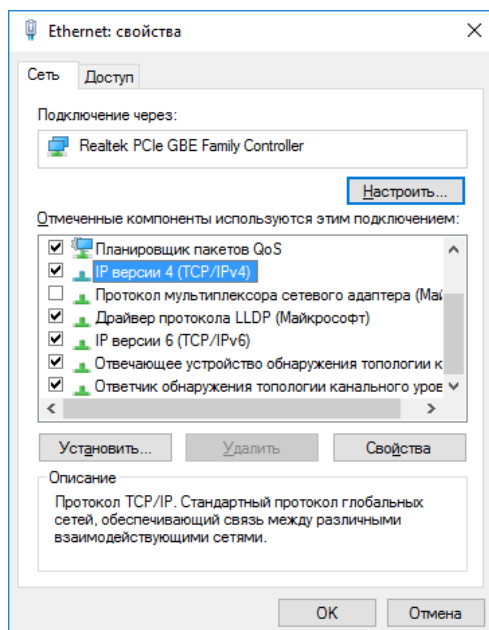
В *Windows® 10* открыть окно «Параметры», кликнув по значку  в меню «Пуск», далее перейти в раздел «Сеть и Интернет». В открывшемся окне выбрать задачу «Настройка параметров адаптера».

В *Windows® 11* открыть окно «Параметры», кликнув по значку в меню «Пуск», далее перейти в раздел «Сеть и Интернет». В открывшемся разделе выбрать задачу «Дополнительные сетевые параметры», далее перейти в раздел «Дополнительные параметры сетевого адаптера».

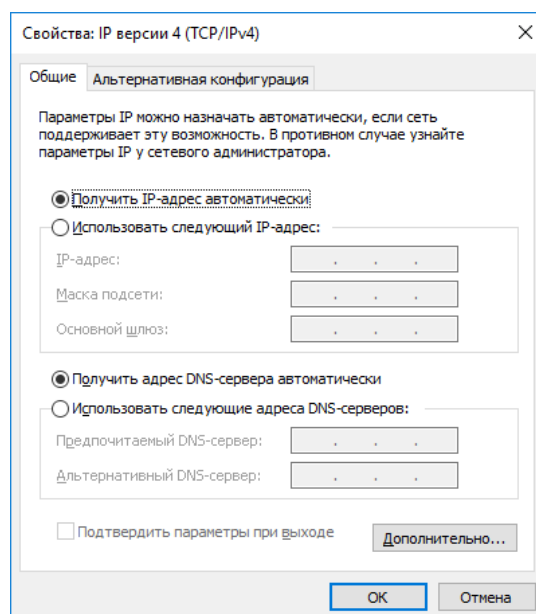
В появившемся окне «Сетевые подключения» щёлкнуть правой кнопкой мыши по пиктограмме «Подключение по локальной сети» и выбрать пункт контекстного меню «Свойства».

В открывшемся диалоге (рисунок В.3-а) выбрать «Протокол Интернета версии 4 (TCP/IPv4)» (либо «IP версии 4») и нажать кнопку «Свойства». По умолчанию пункт «Получить IP-адрес автоматически» (рисунок В.3-б) установлен, что разрешает использование протокола динамической конфигурации DHCP (*Dynamic Host Computer Configuration Protocol*). В локальной сети должен быть сервер DHCP, который выделяет рабочим станциям IP-адреса и сообщает им другие параметры (маску, шлюз и т.п.). Если в сети отсутствует DHCP-сервер, *Windows®* выбирает адрес из диапазона 169.254.0.1 ÷ 169.254.255.254. Такая ситуация возникает при прямом соединении X5M и компьютера. Заданный в «Фабричных» сетевых параметрах IP-адрес X5M принадлежит этому же диапазону. В результате компьютер и X5M оказываются в одной подсети, что является необходимым условием для работы. Следует заметить, при отключении компьютера от локальной сети и подключении к X5M *Windows®* требуется около минуты для переконфигурирования IP-протокола. Однако *Windows®* по ряду причин может не перейти на подсеть 169.254.0.0.

Описанные ниже команды вводятся в командной строке. Чтобы открыть консольное окно «Командная строка», следует выполнить команду *cmd*, введённую в окне «Запуск программы» (рисунок В.4), появляющееся при нажатии комбинации клавиш  +R.



а) Свойства сетевого адаптера



б) Настройка протокола TCP/IPv4

Рисунок В.3 –Параметры IP-протокола

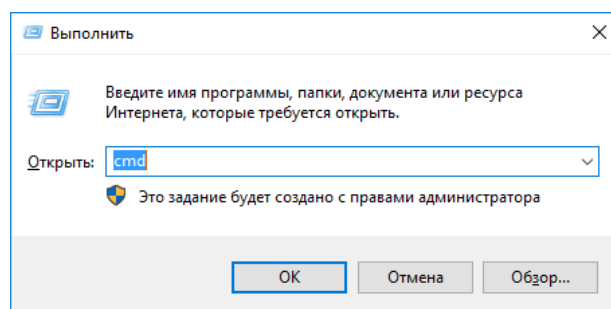


Рисунок В.4 –Окно «Выполнить»

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

```
C:\>ipconfig
Настройка протокола IP для Windows
Подключение по локальной сети – Ethernet адаптер:
    IP-адрес . . . . . : 192.168.118.21
    Маска подсети. . . . . : 255.255.255.0
    Основной шлюз. . . . . : 192.168.118.1
```

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

Команда *ping* (от англ.: *Ping-Pong* – настольный теннис) позволяет по-

слать диагностический пакет на удалённую машину (в нашем случае – X5M), которая должна ответить тем же. Например:

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

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

Если X5M ответил на команду *ping*, то с настройками сетевых параметров всё в порядке. В редких случаях ответ на команду *ping* может вернуть не X5M, а другое устройство в локальной сети, занявшее IP-адрес. Для проверки достаточно выключить X5M и повторить команду *ping*.

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

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

MAC-адреса X5M, производимых в АО «НПФ «Микран», начинаются с чисел 00-1e-0d-01. Из приведённого выше примера видно, что IP-адрес 192.168.1.232 принадлежит измерительному блоку.

Часто возникает необходимость подключиться к X5M с адресом из другой подсети. При этом нет желания или возможности изменять IP-адреса компьютера и X5M. Для примера рассмотрим следующую ситуацию. X5M имеет IP-адрес 169.254.0.254 и в основном используется в прямом соединении с ноутбуком. Изредка X5M подключают к локальной сети. Чтобы в этих редких случаях не менять адрес X5M, можно воспользоваться командой *route*, которая позволяет добавить маршрут до некоторой подсети. Синтаксис команды следующий:

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

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

IP_компьютера – IP-адрес компьютера, точнее адрес того интерфейса, через который будет выполняться обмен с X5M.

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

route add 169.254.0.0 mask 255.255.0.0 192.168.118.21 if 0x3

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

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

Чтобы удалить маршрут, следует выполнить команду:

route delete 169.254.0.0

Впрочем, маршрут исчезнет после перезагрузки компьютера.

Если в команду добавления маршрута добавить ключ *-p*, то маршрут станет постоянным, и не будет сбрасываться после выключения Х5М или компьютера.

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

Приложение Г (справочное) Программный интерфейс управления

Г.1 Введение

Для внешнего управления измерительными приборами производства АО «НПФ «Микран» и функциями их ПО *Graphit* предусмотрен программный интерфейс, основанный на текстовой системе команд. Синтаксис и структура команд, форматы передаваемых данных реализованы в соответствии со стандартом SCPI-1999 (является дополнением спецификации *IEEE488.2*).

 *Полный список поддерживаемых команд, базовая информация по использованию SCPI и примеры программ, как правило, включены в дистрибутив соответствующего ПО, поставляемого с прибором, либо представлены на сайте www.micran.ru.*

Измерительные блоки анализаторов спектра (СК4М-18 и СК4М), скалярных анализаторов цепей (Р2М-18, -18А, -40), векторных анализаторов цепей (Р4М-18, Р4213, -26, -26А, Р44), измерителей коэффициента шума (Х5М-04, -18) и синтезаторов частот (Г7М-04, -20, -40) не поддерживают непосредственное управление SCPI командами, поэтому для них требуется соответствующее программное обеспечение (**сервер автоматизации**), роль которого выполняет либо ПО *Graphit*, или/и SCPI-драйвер (динамическая библиотека), работающий в связке с библиотекой *MiVISA* (см. таблицу Г.1).

Взаимодействие разработанного пользователем управляющего ПО (**программа-клиент**) с сервером автоматизации может осуществляться с помощью существующих готовых программных решений, например, библиотек VISA различных реализаций (*MiVISA* производства АО «НПФ «Микран», *AgVISA*, *NI-VISA* и др.). Подключение к серверу автоматизации (далее просто «подключение») может быть произведено двумя способами – непосредственно через библиотеку *MiVISA*, либо с использованием утилиты *Micran Instrument Connector* (сокращённо *MIC*, в данной инструкции описана версия *MIC 2.1*).

В случае если для управления прибором используется ПО *Graphit*, оно будет автоматически запущено в процессе подключения. Рекомендуются выбирать таймаут операции подключения (в функции *viOpen*) таким, чтобы его было достаточно для загрузки и инициализации ПО *Graphit* (например, 10 с или больше, в зависимости от производительности ПК), либо использовать функцию предзапуска ПО *Graphit* в утилите *MIC* (данная функция описана ниже).

Г.2 Подключение через библиотеку *MiVISA*

Библиотека *MiVISA* позволяет взаимодействовать с сервером автоматизации напрямую только в том случае, если программа-клиент находится на этом же ПК. Зачастую это упрощает процесс подключения – для этого в программеклиенте необходимо использовать библиотеку *MiVISA32.dll* (либо *MiVISA64.dll*, если приложение 64-х разрядное) и адрес подключения в формате:

TCPIP::<адрес>::<порт>::SOCKET::<суффикс>,

где <адрес> – IP-адрес или сетевое имя прибора;

<порт> – номер порта для подключения (обычно 8888);

<суффикс> – определяет тип прибора и режима измерения, варианты суффиксов представлены в таблице Г.1.

Т а б л и ц а Г.1

Режим измерения	Суффикс	Поддерживаемые типы приборов	Требуемое ПО
Векторный анализатор цепей	VNA	P4M-18, P4213, -26, -26A	Graphit P4M 2.2.50 - ; Graphit P4M 2.5 -
	VNA2	P4213, -26, -26A	Graphit VNA ²⁾
	VNA4	P44	
	FACW ¹⁾	P4213, -26, -26A	MiScpiFACW.dll
Скалярный анализатор цепей	SNA	P2M-18, -18A, -40	Graphit P2M 2.3.12 -
	SNM		MiVISA.dll+ MiScpiSNM.dll
Анализатор спектра	SA	CK4M-18 и CK4M	Graphit CK4M 2.3 -, Graphit CK4M 2.5 -
	SAM		MiVISA.dll+ MiScpiNFM.dll
Измерение коэффициента шума (опция)	NFA	X5M-04, -18	Graphit X5M 2.3 -
	NFM	X5M-04, -18; CK4M-18 и CK4M	MiVISA.dll+ MiScpiNFM.dll
	NFSA	CK4M-18 и CK4M	Graphit CK4M 2.3.16 -, Graphit CK4M 2.5 -
Измерение фазового шума (опция)	PNA	CK4M-18 и CK4M	Graphit CK4M 2.6.18 -
Синтезатор частот	GNM	Г7М-04, -20, -40; P2M-18, -18A, -40	MiVISA.dll+ MiScpiGNM.dll

¹⁾Опция СИП – «Скоростные измерения».

²⁾Graphit VNA – новая линейка ПО Graphit для векторных анализаторов цепей с поддержкой многоканальных измерений.

Для режимов работы без ПО *Graphit* необходимо скопировать требуемую библиотеку (см. таблицу Г.1) в директорию программы-клиента (или в рабочую папку среды автоматизации), а также файл ключа лицензии с расширением *.lk*, если для используемого прибора режим является опциональным (более поздние версии библиотек способны обнаружить файл ключа в специализированной папке, если он был ранее добавлен в ПО *Graphit* или *Micran Instrument Connector*).

В случае, когда библиотека *MiVISA* «не смогла» обнаружить требуемую версию ПО на текущем ПК, функция *viOpen* вернёт код ошибки `VI_ERROR_LIBRARY_NFOUND (-1073807202)`.

Г.3 Доступ через *Micran Instrument Connector*

Для подключения через утилиту *MIC* необходимо настроить и активировать сессию (ожидание соединения) в следующем порядке:

а) Запустить данную утилиту из меню «Пуск»: «Все программы > *Micran Instrument Connector*», либо из соответствующего подменю «Пуск» установленной версии ПО *Graphit* (версии 2.6 и выше).

б) В появившемся окне (см. рисунок Г.1) в поле «Адрес прибора» указать IP-адрес или сетевое имя прибора; при нажатии на кнопку [...] можно выбрать прибор из открывшегося окна поиска или списка «Избранное».

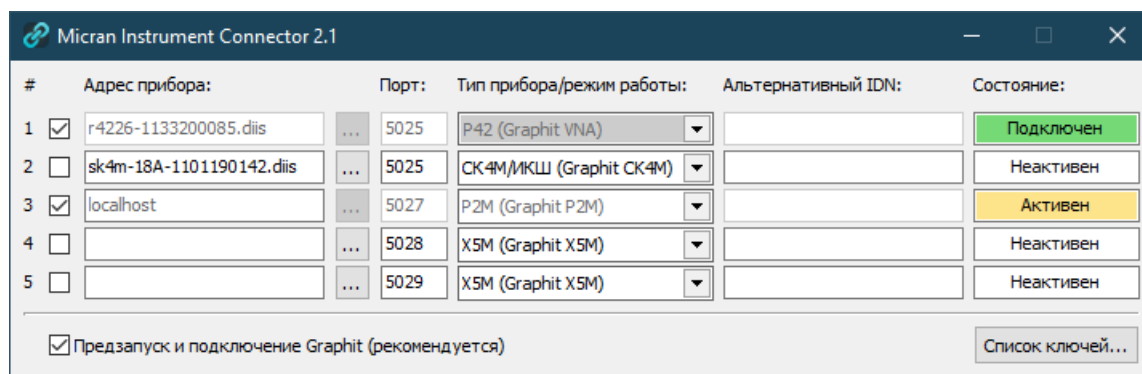


Рисунок Г.1– Главное окно программы *Micran Instrument Connector*

в) Задать порт подключения (по умолчанию 5025) в соответствующем поле; для любого последующего прибора необходимо использовать другое значение, например, увеличенное на единицу.

г) 4) Выбрать тип прибора и режим работы в соответствующем выпадающем списке.

д) В отдельном столбце «Альтернативный IDN» можно указать альтернативный идентификатор прибора, который возвращается в ответе на *SCPI*-запрос `*IDN?` вместо стандартного "Micran,<номер модели>,<заводской номер>,<версия ПО>". Он может пригодиться для обеспечения совместимости со сторонними

программными продуктами, разработанными для конкретных моделей анализаторов (например анализаторов спектра или цепей).

i В случае, когда требуется обеспечить минимальное время соединения из программы-клиента (например, значение таймаута подключения мало и недоступно для изменения), рекомендуется использовать **функцию предзапуска Graphit**. Для этого в нижней части окна МІС необходимо установить флажок «Предзапуск и подключение Graphit». Таким образом, после активации соединения (см. пункт з)) будет автоматически запущено ПО Graphit для указанного типа прибора и установлено подключение к выбранному прибору, а программа МІС перейдёт в режим ожидания подключения программы-клиента. Функция предзапуска работает не со всеми версиями ПО Graphit, более подробную информацию можно получить по адресу pribor.soft@micran.ru.

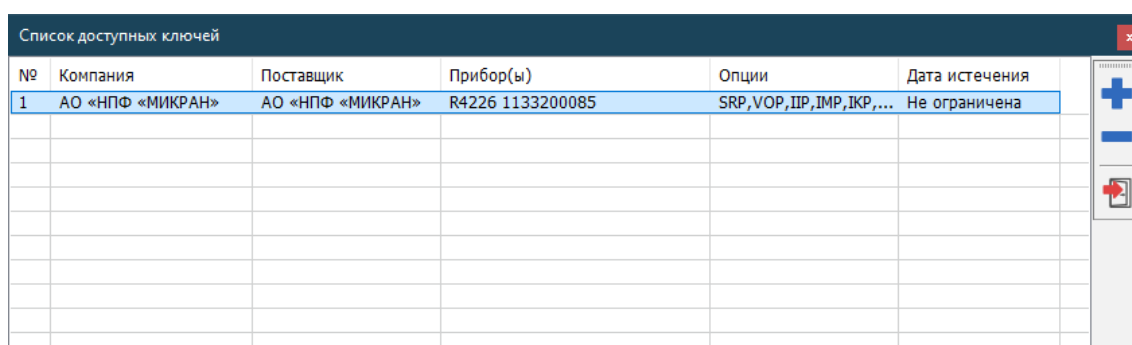
е) Установить флажок слева от строки с адресом; в поле «Состояние» отобразится сообщение «Активен» на жёлтом фоне, если:

- указанный прибор находится в сети и доступен (при отключённой функции предзапуска, либо прибор/режим её не поддерживает);
- запустилось ПО *Graphit* и осуществлено подключение к выбранному прибору (при включённой функции предзапуска).

При невозможности подключения к прибору, либо другой ошибке появится соответствующая запись.

ж) При использовании режима, являющегося программной опцией прибора (например, режим «СК4М. Модуляционный метод ИКШ» для опции «ИКШ» СК4М) однократно добавить ключ её лицензии:

- нажать кнопку «Список ключей...» в главном окне МІС;
- нажать кнопку «+» в открывшемся окне списка ключей (см. рисунок Г.2);
- выбрать файл ключа лицензии (.lk).



№	Компания	Поставщик	Прибор(ы)	Опции	Дата истечения
1	АО «НПФ «МИКРАН»	АО «НПФ «МИКРАН»	R4226 1133200085	SRP,VOP,IPR,IMP,IKP,...	Не ограничена

Рисунок Г.2 – Список ключей лицензий для программных опций

з) Запустить программу-клиент и установить подключение к прибору при

помощи функции *viOpen* библиотеки *VISA*, используя *IP*-адрес или сетевое имя ПК, на котором запущена утилита *MIC*, и заданный в программе для прибора номер порта:

TCP/IP::<адрес_ПК>::<порт>::SOCKET

Если программа-клиент и утилита *MIC* расположены на одном и том же ПК, то в качестве адреса подключения в функции *viOpen* необходимо указать *IP*-адрес данного компьютера.

 Для подключения из программ управления сторонних производителей необходимо использовать тип соединения «TCP/IP resource», возможно определение сессии по ответу на поисковый запрос *VXI-11*.