

Универсальный измерительный зонд
МЕТРОТЕК М716-02-001/2

Руководство по эксплуатации
МТРГ.468269.002 РЭ1
Версия 1.0.9-0, 2016

Никакая часть настоящего документа не может быть воспроизведена, передана, преобразована, помещена в информационную систему или переведена на другой язык без письменного разрешения производителя. Производитель оставляет за собой право без дополнительного уведомления вносить изменения, не влияющие на работоспособность универсального измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2, в аппаратную часть или программное обеспечение, а также в настоящее руководство по эксплуатации.

Оглавление

1. Введение	6
1.1. Общие сведения	6
1.2. Основные возможности	6
1.3. Комплект поставки	7
2. Меры безопасности	8
3. Типовые схемы включения	9
3.1. Транзитный режим	9
3.2. Транзитный режим с добавлением тестового трафика	10
3.3. Измерения в одном направлении	11
3.4. Измерения в двух направлениях	12
3.5. Одновременные измерения	12
3.6. Удалённый шлейф	14
3.7. Тестирование асимметричных каналов	15
4. Внешний вид	16
4.1. Тестовые порты	16
4.2. Индикаторы состояния портов	16
4.3. Разъёмы задней панели	17
4.4. Режимы работы USB-порта	17
4.5. Индикатор Power (Alarm)	18
5. Начало работы	19
5.1. Подготовка к работе	19
5.2. Включение и выключение прибора	19
5.3. Резервные источники питания	19
5.4. Перезагрузка	20
6. Подключение к прибору	21
6.1. Параметры подключения	21
6.2. Подключение по интерфейсу USB	22
6.2.1. ОС Linux	22
6.2.2. ОС Windows	22
6.3. Подключение по интерфейсу Ethernet	23
6.3.1. ОС Linux	23
6.3.2. ОС Windows	24

7. Конфигурация прибора	25
7.1. Настройка сетевого адреса порта «Management»	25
7.2. Изменение пароля	26
7.3. Добавление пользователей	26
8. Методика RFC 2544	27
8.1. Анализ пропускной способности	27
8.2. Анализ задержки	28
8.3. Анализ уровня потерь кадров	29
8.4. Анализ предельной нагрузки	30
9. Y.1564	31
9.1. Показатели качества	31
9.2. Сравнение RFC 2544 и ITU-T Y.1564	32
9.3. Тесты конфигурации	32
9.3.1. Тест CIR	33
9.3.2. Тест EIR	33
9.3.3. Тест Traffic Policing	34
9.4. Тест производительности	34
9.5. M-фактор	35
9.6. Алгоритм измерения FTD	35
9.7. Алгоритм измерения FDV	35
10. Тестирование без влияния на пользовательский трафик	36
10.1. Описание	36
10.2. Предоставляемая информация/статистика	37
10.3. Порядок проведения теста	38
11. Шлейф	39
12. Пакетный джиттер	40
12.1. Тестовый поток	40
13. МРТ	42
13.1. Топология	42
13.2. Группы показателей	43
13.3. Джиттер	43
13.4. Задержка	44
13.5. Потери пакетов	44
13.6. Формат тестового трафика	45
13.6.1. Тестовый поток «L2»	45
13.6.2. Тестовый поток «UDP»	45
13.7. Повышение точности измерений средствами FPGA	46
13.8. TWAMP Light рефлектор	46

14. Тестовые конфигурации	47
15. Транзитный режим	48
16. Обновление программного обеспечения	49
16.1. Подготовка к обновлению	49
16.2. Алгоритм обновления	49
17. Методика поверки	50
17.1. Операции поверки	50
17.2. Средства поверки	50
17.3. Требования к квалификации поверителей	50
17.4. Требования к безопасности	51
17.5. Условия поверки	51
17.6. Подготовка к поверке	51
17.7. Проведение поверки	51
17.7.1. Внешний осмотр	51
17.7.2. Определение частоты тестового сигнала	52
17.8. Оформление результатов поверки	53
18. Техническое обслуживание	54
19. Техническая поддержка	55
А. Спецификации	56
А.1. Общие характеристики	56
А.2. Тестирование	57
А.3. Дополнительные принадлежности	59
Литература	60

1. Введение

В настоящем руководстве представлены сведения об основных функциях, способах подключения и настройке универсального измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2.

Примечание. Информация по командам приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

1.1. Общие сведения

Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2 (далее по тексту также «прибор», «устройство») предназначен для мониторинга, тестирования и анализа сетей Gigabit Ethernet с возможностью дистанционного управления, а также выполнения автоматизированных сценариев.

МЕТРОТЕК М716-02-001/2 включается в сеть в разрыв соединения (транзитный режим) или в качестве оконечного устройства (см. раздел 3). Прибор поддерживает аппаратный механизм «bypass» — восстановление соединения при пропадании питания.

Прибор работает под управлением операционной системы Linux.

1.2. Основные возможности

1. Генерация и регистрация трафика с нагрузкой до 100% на уровне L1 (Physical), L2 (MAC), L3 (IP), L4 (UDP) стека TCP/IP.
2. Диапазон скоростей передачи данных в сетях: от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с.
3. Тесты RFC2544 out-of-service и in-service.
4. Измерение пропускной способности канала без влияния на сеть.
5. Измерения по рекомендации Y.1564 out-of-service и in-service: проверка на соответствие SLA.
6. Анализ односторонних и двусторонних показателей качества канала связи (задержки и джиттера) по протоколу TWAMP Light (RFC 5357 [12]).
7. Поддержка VLAN Q-in-Q и MPLS.
8. Измерение пакетного джиттера.

9. Режим интеллектуального шлейфа (Smart Loopback) с одновременным сбором статистики.
10. Тест TCP-подключения, тест доступности HTTP.
11. Режим MPT: непрерывная генерация до 300 независимых потоков (L2 или UDP) и измерение джиттера, задержки и потерь пакетов.
12. Возможность формирования syslog-сообщений.
13. Поддержка односторонних (One-Way) измерений.
14. Поддержка NTP.
15. Технология PoE (питание по Ethernet кабелю).
16. Часы реального времени (RTC) с отдельной батареей.
17. Режим «bypass» между портами.
18. Backup-питание: передача сообщения об аварии и корректное завершение работы.
19. Формирование «dying gasp» пакетов в виде SNMP traps (допускается пользовательский формат пакетов).
20. Вывод информации о состоянии портов и тестов.

1.3. Комплект поставки

Комплект поставки измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2 зависит от заказа и приведён в паспорте.

2. Меры безопасности

- До начала работы с прибором МЕТРОТЕК М716-02-001/2 внимательно изучите настоящее руководство по эксплуатации.
- Если прибор транспортировался или хранился при отрицательных температурах, то перед включением следует выдержать его в нормальных климатических условиях не менее 2 часов.
- Условия эксплуатации должны соответствовать условиям, приведённым в приложении А.
- При эксплуатации прибора должны выполняться общие требования правил пожарной безопасности.
- Питающая сеть не должна иметь резких скачков напряжения. Рядом с рабочим местом не должно быть источников сильных магнитных и электрических полей.
- Необходимо оберегать прибор от ударов, попадания влаги и пыли, продолжительного воздействия прямых солнечных лучей.
- При длительных перерывах в работе рекомендуется отключать блок питания прибора от сети.

3. Типовые схемы включения

Подключение прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 к тестируемым каналам производится одним из двух способов:

1. В разрыв соединения между сетевыми устройствами (транзитный режим). Передача сетевого трафика осуществляется с порта А (В) на порт В (А), имеется возможность одновременно выполнять тесты. В случае отключения электропитания целостность канала связи сохраняется за счёт аппаратного механизма «bypass» (см. раздел 15).
2. В качестве оконечного устройства, когда порты А и В обеспечивают необходимые измерительные функции.

Схемы подключения прибора описаны в разделах 3.1 – 3.7.

Примечание. Условные обозначения на схемах: NUT — тестируемые сети, Rx — принимающая часть порта А/В, Tx — передающая часть порта А/В.

3.1. Транзитный режим

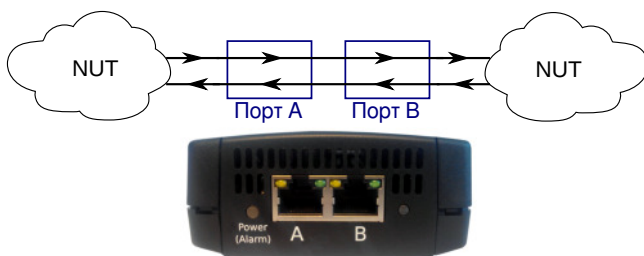


Рис. 3.1. Подключение прибора в транзитном режиме

В транзитном режиме прибор пропускает через себя все пакеты с порта А (В) на порт В (А) и собирает статистику по проходящему трафику. Одновременно с передачей сетевого трафика можно проводить тесты (см. раздел 3.2).

3.2. Транзитный режим с добавлением тестового трафика

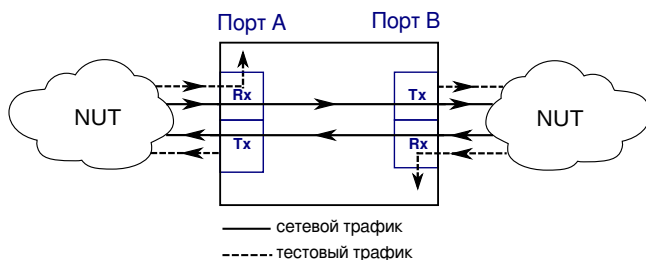


Рис. 3.2. Подключение прибора в транзитном режиме с добавлением тестового трафика

В транзитном режиме можно проводить тестирование без вывода канала связи из обслуживания. При этом на передаче (Tx) тестовый трафик добавляется к пользовательскому, а на приёме (Rx) отделяется от него и дальше не отправляется. Пользовательский трафик имеет наибольший приоритет и передаётся с минимальной задержкой.

Применение: RFC 2544, Y.1564, пакетный джиттер, МРТ.

3.3. Измерения в одном направлении

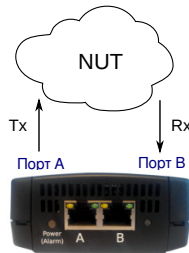


Рис. 3.3. Подключение прибора для проведения измерений в одном направлении. Вариант 1

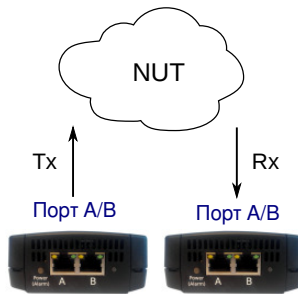


Рис. 3.4. Подключение прибора для проведения измерений в одном направлении. Вариант 2

Имеется два варианта подключения прибора для проведения измерений канала связи в одном направлении:

1. Оба порта прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 подключаются к сети и проводятся измерения с порта А (В) на порт В (А) (см. рис. 3.3). Порты могут подключаться как к одному и тому же коммутатору или маршрутизатору, так и к разным.
2. Для тестирования используются два прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 (см. рис. 3.4), синхронизированных по протоколу NTP.

Примечание. Первый вариант подключения обеспечивает микросекундную точность измерений, второй ограничен точностью синхронизации по протоколу NTP.

Применение: RFC 2544, Y.1564, пакетный джиттер, МРТ.

3.4. Измерения в двух направлениях

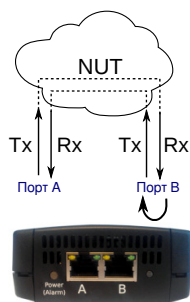


Рис. 3.5. Подключение прибора для проведения измерений в двух направлениях

Для проведения измерений канала связи в двух направлениях оба порта прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 подключаются к сети и проводятся измерения с порта А (В) на порт А (В), противоположный порт при этом используется в качестве шлейфа для перенаправления трафика на исходный порт. В зависимости от типа теста, на противоположном порту должен быть включён шлейф 2-го, 3-го, 4-го уровня или TWAMP Light рефлектор (см. раздел 13.8).

Примечание. На приборе МЕТРОТЕК М716-02-001/2 TWAMP Light рефлектор всегда включён.

Применение: RFC 2544, Y.1564, пакетный джиттер, МРТ.

3.5. Одновременные измерения

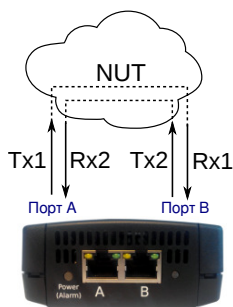


Рис. 3.6. Подключение прибора для проведения двух тестов. Вариант 1

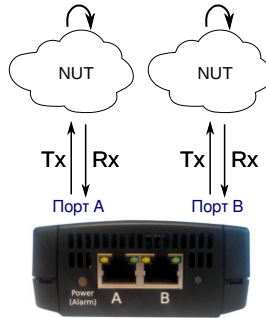


Рис. 3.7. Подключение прибора для проведения двух тестов. Вариант 2

Имеется два варианта подключения прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 для проведения одновременных тестов:

1. Оба порта прибора подключаются к сети и одновременно проводятся измерения с порта А на порт В и с порта В на порт А (см. рис. 3.6). При таком способе подключения можно в одно и то же время проводить два теста RFC 2544 или МРТ, что позволяет оценить потери пакетов или задержку в направлении $A(B) \Rightarrow B(A)$ при одновременной нагрузке направления $B(A) \Rightarrow A(B)$.
2. Оба порта прибора подключаются к сети и одновременно проводятся измерения с порта А на порт А и с порта В на порт В (см. рис. 3.7). Для перенаправления трафика используется другой прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 или аналогичное оборудование.

Примечание. Перед проведением МРТ-теста по схеме, представленной на рис. 3.7, необходимо убедиться, что на оборудовании, IP-адрес которого указан в качестве получателя потока, включён TWAMP Light рефлектор (см. раздел 13.8).

На приборе МЕТРОТЕК М716-02-001/2 рефлектор включён всегда.

Применение: RFC 2544, МРТ.

3.6. Удалённый шлейф

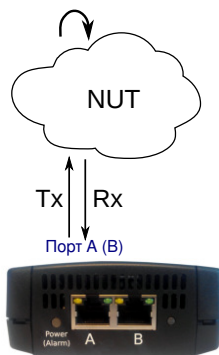


Рис. 3.8. Подключение прибора для тестирования с «А» на «А»

В этом режиме один порт прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 подключается к сети и проводятся измерения с порта А (В) на порт А (В). Для перенаправления трафика используется другой прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 или аналогичное оборудование.

Примечание. Перед проведением МРТ-теста необходимо убедиться, что на оборудовании, IP-адрес которого указан в качестве получателя потока, включён TWAMP Light рефлектор (см. раздел 13.8). На приборе МЕТРОТЕК М716-02-001/2 рефлектор включён всегда.

Применение: RFC 2544, Y.1564, пакетный джиттер, МРТ.

3.7. Тестирование асимметричных каналов

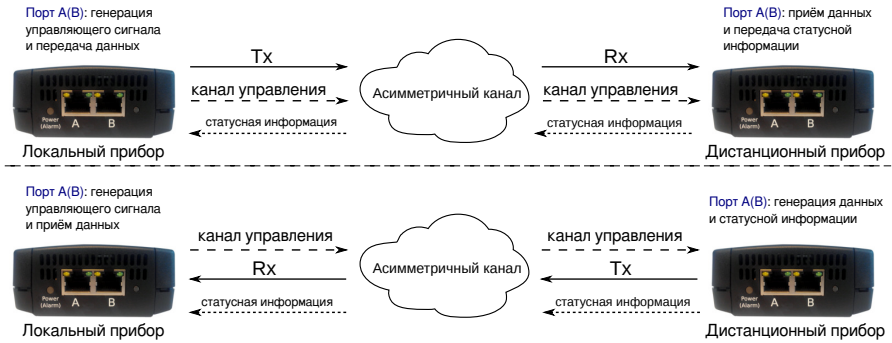


Рис. 3.9. Подключение прибора для тестирования асимметричных каналов

При проведении тестирования используется два универсальных зонда: локальный, на котором производится настройка параметров анализа, и дистанционный, находящийся на другом конце асимметричного канала. Такое подключение даёт возможность оценить работоспособность канала связи независимо для каждого направления. Результаты теста доступны на локальном приборе.

Применение: RFC 2544, Y.1564.

4. Внешний вид

4.1. Тестовые порты

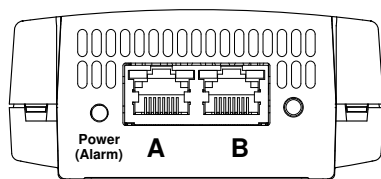


Рис. 4.1. Лицевая панель прибора МЕТПОТЕК М716-02-001/2

Лицевая панель прибора МЕТПОТЕК М716-02-001/2 имеет два порта (А и В) для подключения к тестируемому устройству или сети Ethernet/Gigabit Ethernet. Схемы подключения приведены в разделе 3.

4.2. Индикаторы состояния портов

Порты А, В и Management прибора МЕТПОТЕК М716-02-001/2 имеют два светодиодных индикатора для определения состояния и активности соединения.

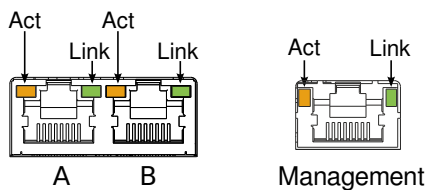


Рис. 4.2. Светодиодные индикаторы портов А, В и Management

Индикатор	Цвет	Описание
Act	оранжевый (мигает)	идёт приём/передача данных
	—	приём/передача данных не осуществляется
Link	зелёный	соединение установлено
	—	соединения нет

4.3. Разъёмы задней панели

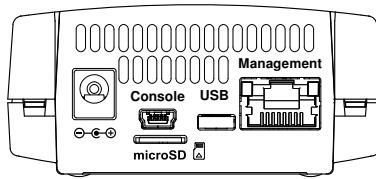


Рис. 4.3. Задняя панель прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2

Маркировка	Назначение
⊖ ⊕ ⊕	Подключение внешнего блока питания.
Console	Mini USB-порт для подключения к персональному компьютеру в режиме USB-serial.
micro SD	Разъём с картой памяти, содержащей программное обеспечение прибора. Примечание. Работа прибора без установленной карты невозможна. Недопустимо извлекать карту памяти из разъёма для использования в других устройствах.
USB	Micro USB-порт для подключения внешних устройств или соединения с другими устройствами, в зависимости от режима работы (см. раздел 4.4).
Management	Удалённое управление устройством.

4.4. Режимы работы USB-порта

Micro USB-порт прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 («USB», см. рис. 4.3) может работать в двух режимах:

1. «USB OTG Host». В этом режиме к прибору можно подключать внешние устройства, например, USB-накопители и Wi-Fi адаптеры.

Примечание. Допускается использовать только проверенные и рекомендованные производителем Wi-Fi адаптеры. Для получения актуального списка адаптеров следует обратиться в службу технической поддержки (см. раздел 19).

2. «USB OTG Device». В этом режиме прибор может быть подключен к другому устройству, работающему в качестве «USB OTG Host». При подключении к персональному компьютеру (ПК) МЕТРОТЕК М716-02-001/2 определяется в системе как три устройства:

- 1) «Диск». Такое подключение используется для обмена файлами между ПК и прибором.
- 2) «Сетевое устройство». В этом случае среди сетевых интерфейсов ПК появится новый интерфейс, например, «usb0». Настроив этот интерфейс, можно подключиться к прибору по протоколу SSH.
- 3) «Консоль /dev/USB<x>». Консоль используется для подключения к прибору посредством терминальных программ, например `minicom` или `HyperTerminal`.

4.5. Индикатор Power (Alarm)

Светодиодный индикатор «Power (Alarm)», расположенный слева от тестовых портов (см. рис. 4.1) загорается при подключении внешнего питания:

- красный — `micro SD` карта не установлена или на ней не обнаружено программного обеспечения прибора;
- зелёный — инициализация системы выполнена, идёт процесс загрузки и конфигурации прибора.

5. Начало работы

5.1. Подготовка к работе

1. После извлечения устройства из упаковки необходимо произвести внешний осмотр и проверить комплектность в соответствии с паспортом.
2. Если прибор транспортировался или хранился при отрицательных температурах, то перед включением следует выдержать его в нормальных климатических условиях не менее 2 часов.
3. Включить прибор (см. раздел 5.2).
4. Подключиться к прибору, следуя указаниям раздела 6.

Примечание. Информация по командам приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

5.2. Включение и выключение прибора

Для включения прибора следует подключить блок питания к разъёму питания (см. рис. 4.3), а затем к электрической розетке. После подключения загорается зелёным индикатор «Power/Alarm» (см. раздел 4.5).

Для выключения прибора следует отсоединить блок питания от разъёма питания. После отключения светодиодный индикатор «Power/Alarm» продолжает гореть зелёным в течение 3–10 с (см. раздел 5.3).

5.3. Резервные источники питания

Прибор имеет резервные источники питания (суперконденсаторы), которые при пропадании питания обеспечивают кратковременную работу прибора и вывод сообщения об аварии.

Примечание. После отключения питания прибор продолжает работать за счёт резервных источников в течение 3–10 с. При этом индикатор «Power/Alarm» горит зелёным.

Для того, чтобы в случае отключения питания резервные источники обеспечили работу прибора в течение 3–10 с, после включения должно пройти время, необходимое для заряда суперконденсаторов — около 8 минут. Если прибор выключить раньше, время работы от резервных источников будет меньше.

5.4. Перезагрузка

В случае, когда прибор перестал отвечать на запросы пользователя, необходимо выполнить перезагрузку:

1. Отсоединить блок питания от разъёма питания прибора.

Примечание. При отключении питания настройки МРТ-тестов сохраняются автоматически. Настройки остальных тестов запоминаются, если были применены командой «settings save».

2. Дождаться отключения светодиодного индикатора «Power/Alarm», которое означает окончание работы резервных источников питания и выключение прибора. В зависимости от загруженности системы это время может составлять от 3 до 10 с.
3. Через 3 с после выключения прибора подключить блок питания к разъёму питания. Индикатор «Power/Alarm» загорится зелёным — перезагрузка выполнена.

6. Подключение к прибору

Для настройки и управления функциями прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 используется интерфейс USB (порт «Console», см. рис. 4.3) или Ethernet (порт «Management», см. рис. 4.3).

6.1. Параметры подключения

На приборе МЕТРОТЕК М716-02-001/2 установлена ОС Linux и созданы три учётные записи: root, admin и user.

Имя	Назначение	Интерфейс для подключения к прибору
root	Управление файлами и сетевыми интерфейсами, установка пакетов. <i>Примечание.</i> Под учётной записью root работать с прибором следует предельно внимательно.	USB (см. раздел 6.2) <i>Примечание.</i> При подключении к прибору по интерфейсу Ethernet для работы под учётной записью root необходимо ввести команду su.
admin	Управление функциями прибора.	USB, Ethernet (см. раздел 6.3)
user	Подключение к прибору.	USB, Ethernet

В таблице ниже приведены параметры для первого подключения к прибору. После соединения с прибором пароли и IP-адрес порта «Management» можно изменить, следуя указаниям разделов 7.2 и 7.1.

Параметр	Значение по умолчанию
IP-адрес порта «Management»	192.168.0.1
Пароль для учётной записи root	PleaseChangeTheRootPassword
Пароль для учётной записи admin	PleaseChangeTheAdminPassword
Пароль для учётной записи user	PleaseChangeTheUserPassword

Примечание. Настоятельно рекомендуется изменить пароль для учётной записи root при подключении прибора к сети общего пользования.

В случае успешного подключения к прибору в окно терминальной программы выводится приглашение командной строки (см. брошюру «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления»).

6.2. Подключение по интерфейсу USB

6.2.1. ОС Linux

Взаимодействие с прибором в ОС Linux осуществляется посредством стандартного драйвера USB serial и любой доступной терминальной программы (например, minicom).

Для установки соединения между персональным компьютером (ПК) и прибором с использованием программы minicom необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить порт «Console» прибора к USB-порту ПК.
2. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3).
3. На ПК запустить программу minicom:

```
minicom -D /dev/ttyUSB0 -b 115200
```

Примечание. В настройках программы minicom необходимо выключить аппаратное и программное управление потоком.

4. В случае успешного соединения в окно терминальной программы будет выведено приглашение для ввода имени пользователя и пароля.

После корректного ввода параметров подключения можно управлять прибором с помощью команд, представленных в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления».

6.2.2. ОС Windows

Взаимодействие с прибором в ОС Windows осуществляется посредством драйвера Virtual COM Port. Данный драйвер следует предварительно установить на ПК для инициализации прибора в системе. Файлы драйверов для различных операционных систем и указания по их установке представлены на сайте компании FTDI Chip: <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.

Примечание. Взаимодействие с прибором может обеспечиваться как стандартными средствами ОС Windows — программой HyperTerminal, так и терминальными программами сторонних производителей.

Для установки соединения между ПК и прибором с использованием программы HyperTerminal необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить порт «Console» прибора к USB-порту ПК.
2. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3).
3. На ПК запустить программу HyperTerminal.

4. Создать новое подключение: «Файл» ⇒ «Новое подключение».
5. Задать имя подключения.
6. Определить, каким СОМ-портом в системе является подключенный прибор, обратившись к стандартному приложению «Диспетчер устройств»: «Мой компьютер» ⇒ «Свойства» ⇒ «Оборудование» ⇒ «Диспетчер устройств».
7. Выбрать последовательный порт, к которому подключен прибор.
8. Установить параметры последовательного порта:
 - скорость (бит/с): 115200;
 - биты данных: 8;
 - чётность: нет;
 - стоповые биты: 1;
 - управление потоком: нет.
9. После нажатия на кнопку Enter HyperTerminal попытается установить соединение с МЕТРОТЕК М716-02-001/2. В случае успешного соединения в окне терминальной программы будет выведено приглашение для ввода имени пользователя и пароля.

После корректного ввода параметров подключения можно управлять прибором с помощью команд, представленных в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления».

6.3. Подключение по интерфейсу Ethernet

6.3.1. ОС Linux

Для установки соединения между ПК и прибором МЕТРОТЕК М716-02-001/2 следует:

1. Подключить порт «Management» прибора к ПК или сети.
2. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3).
3. На ПК открыть окно терминала и ввести команду:


```
ssh admin@IP-адрес_порта_Management
```

 (или

```
ssh user@IP-адрес_порта_Management
```

)
4. Ввести пароль для используемой учётной записи.

После успешного ввода пароля можно управлять прибором с помощью команд, представленных в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления».

6.3.2. ОС Windows

Для установки соединения между ПК и прибором МЕТРОТЕК М716-02-001/2 следует:

1. Подключить порт «Management» прибора к ПК или сети.
2. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3).
3. На ПК открыть терминальный клиент с поддержкой SSH, например PuTTY.
4. Задать IP-адрес порта «Management» и войти в систему.
5. Ввести имя пользователя: admin или user.
6. Ввести пароль для выбранной учётной записи.

После успешного ввода пароля можно управлять прибором с помощью команд, представленных в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления».

7. Конфигурация прибора

7.1. Настройка сетевого адреса порта «Management»

Для изменения сетевого адреса порта «Management» (см. рис. 4.3) следует:

1. Подключиться к прибору МЕТРОТЕК М716-02-001/2 (см. раздел 6), используя учётную запись root или admin.

2. Открыть файл сетевых настроек в редакторе vim:

```
vim /etc/network/interfaces.d/eth
```

3. В случае получения сетевых настроек по DHCP в файле должна присутствовать строка:

```
iface eth0 inet dhcp
```

4. При задании настроек вручную в файле должны присутствовать строки:

```
iface eth0 inet static
```

```
address <IP-адрес>
```

```
netmask <маска подсети>
```

При необходимости задать:

```
gateway <IP-адрес шлюза>
```

```
dns-nameservers <IP-адрес базы DNS>
```

5. Для подтверждения настроек ввести команды:

```
ifdown eth0
```

```
ifup eth0
```

6. Ввести команду:

```
ifconfig eth0
```

В случае успешного выполнения команды в терминальной программе отобразятся параметры сети, значения которых будут соответствовать заданным ранее настройкам.

7.2. Изменение пароля

Для изменения пароля по умолчанию (см. раздел 6.1) следует:

1. Подключиться к прибору МЕТРОТЕК М716-02-001/2 (см. раздел 6), используя учётную запись root.
2. Ввести команду `passwd` и следовать указаниям на экране ПК.

7.3. Добавление пользователей

Для добавления новых пользователей следует:

1. Подключиться к прибору МЕТРОТЕК М716-02-001/2 (см. раздел 6), используя учётную запись root.
2. Ввести команду `adduser` и следовать указаниям на экране ПК.

8. Методика RFC 2544

Примечание. Информация по командам, позволяющим выполнить и настроить тесты по методике RFC 2544, приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

Методика RFC 2544 [1] определяет набор тестов, которые используются при оценке важнейших параметров сетевых устройств. МЕТРОТЕК М716-02-001/2 позволяет проводить четыре стандартных теста согласно рекомендациям RFC 2544: анализ пропускной способности, задержки, уровня потерь кадров и предельной нагрузки.

8.1. Анализ пропускной способности

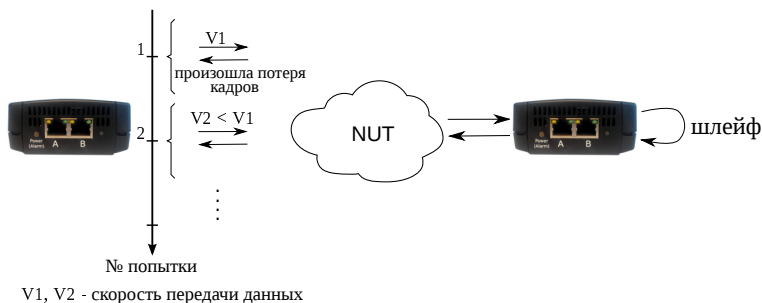


Рис. 8.1. Анализ пропускной способности

Примечание. Анализ пропускной способности проводится с целью определения максимально возможной скорости коммутации для сетевых элементов в транспортных сетях Ethernet.

Пропускная способность — максимальная скорость передачи данных, на которой количество кадров¹, прошедших через DUT, равно количеству кадров, отправленных ему с тестирующего оборудования. При анализе пропускной способности используется метод бинарного поиска.

¹ Термины *кадр* и *пакет* в описаниях тестов являются синонимами.

Для определения пропускной способности некоторое количество пакетов с заданной скоростью передаётся на вход DUT (рис. 8.1). Затем подсчитывается количество пакетов, пришедших с выходного порта DUT. Если оно оказывается равным количеству отправленных пакетов, то тест завершается, так как окончился успешно на заданной пользователем скорости.

Если количество принятых пакетов оказывается меньше, чем количество переданных, то начинается поиск максимально возможной скорости, на которой отсутствуют потери: текущая скорость уменьшается вдвое, и тест повторяется. Если в ходе нового теста потерь нет, скорость увеличивается на половину, согласно алгоритму бинарного поиска. Если потери были — скорость уменьшается вдвое. После изменения скорости тест повторяется. Измерения выполняются до тех пор, пока не будет найдено значение, близкое к значению действительной пропускной способности с точностью, указанной в настройках теста.

8.2. Анализ задержки

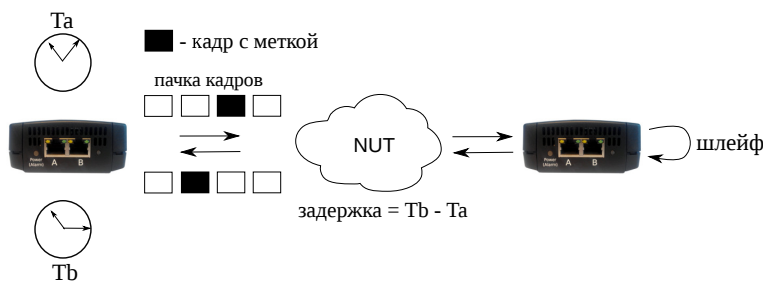


Рис. 8.2. Анализ задержки

Примечание. Анализ задержки позволяет оценить время, которое необходимо кадру для прохождения от источника к получателю и обратно. Изменение величины задержки может приводить к проблемам в работе сервисов реального времени.

При анализе задержки для каждого размера пакета на заданной (или полученной в результате теста «Пропускная способность») скорости отправляется поток кадров, адресованных получателю. В пакеты вставляются метки определенного формата. На передающей стороне записывается значение T_a — время, к которому пакет с меткой был полностью передан. На приёмной стороне определяется метка и записывается значение T_b — время приёма пакета с меткой. Задержка представляет собой разницу значений этих меток: $T_b - T_a$. По результатам анализа вычисляется средняя задержка.

8.3. Анализ уровня потерь кадров

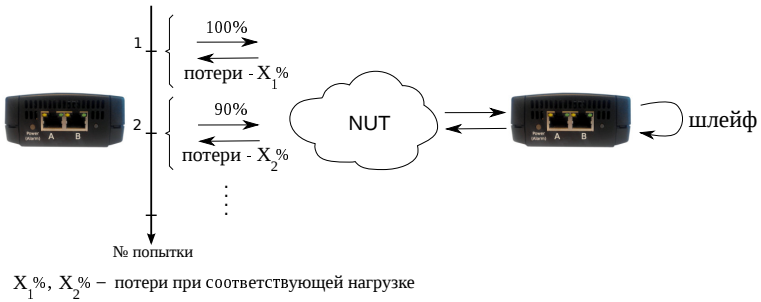


Рис. 8.3. Анализ уровня потерь кадров

Примечание. Анализ уровня потерь кадров необходим для проверки способности сети поддерживать приложения, которые работают в реальном времени (без возможности повторной передачи), так как большой процент потерь кадров приведёт к ухудшению качества сервиса. Данный тест позволяет рассчитать процент кадров, которые не были переданы сетевым элементом при постоянной нагрузке из-за недостатка аппаратных ресурсов.

При анализе уровня потерь кадров на вход DUT на заданной начальной скорости посылается некоторое количество кадров (*input count*) и подсчитывается количество пакетов, пришедших с выходного порта DUT (*output count*). Испытания повторяют, уменьшая скорость тестового потока до заданного конечного значения, пока в двух попытках подряд не будет потеряно ни одного кадра. Уровень потерь кадров рассчитывается по формуле:

$$\frac{100 \times (\textit{input count} - \textit{output count})}{(\textit{input count})}$$

8.4. Анализ предельной нагрузки

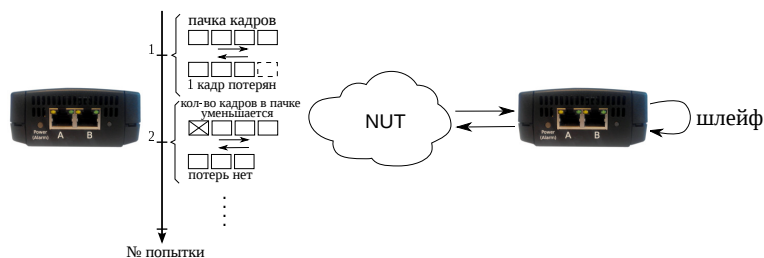


Рис. 8.4. Анализ предельной нагрузки

Примечание. Анализ предельной нагрузки позволяет оценить время, в течение которого устройство справляется с максимальной нагрузкой.

При анализе предельной нагрузки на вход DUT отсылаются кадры с заданной (или полученной в результате теста «Пропускная способность») скоростью и подсчитывается количество пакетов с выхода DUT. Если оно оказывается равным количеству отправленных кадров, то тест заканчивается. Если же количество пакетов на выходе DUT меньше числа отправленных, то время уменьшается и тест повторяется.

9. Y.1564

Примечание. Информация по командам, позволяющим выполнить и настроить тесты по рекомендации Y.1564, приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

Основной задачей при тестировании Ethernet-сетей является определение соответствия предоставляемых услуг (например, видео, телефонии, электронной почты, онлайн-игр и т.д.) характеристикам, которые оговариваются в соглашении об уровне обслуживания (SLA — Service Level Agreement) между операторами связи и клиентами. На первом месте стоят вопросы обеспечения гарантированного качества обслуживания (QoS — Quality of Service), которое характеризуется различными показателями (см. раздел 9.1). В настоящее время существует две основные методики для оценки этих параметров — RFC 2544 [1] и ITU-T Y.1564 [5] (сравнение методик приведено в разделе 9.2).

9.1. Показатели качества

Основные показатели качества предоставляемого сервиса¹ (SAC — Service Acceptance Criteria):

1. FTD (Frame Transfer Delay) — задержка распространения кадров.
2. FDV (Frame Delay Variation) — отклонение задержки распространения кадров.
3. FLR (Frame Loss Ratio) — уровень потерь кадров.
4. CIR (Committed Information Rate) — гарантированная полоса пропускания для сервиса.
5. EIR (Excess Information Rate) — максимально допустимое превышение CIR.
6. M-фактор — максимально допустимое превышение величины CIR+EIR.

¹ Термины *услуга*, *служба* и *сервис* в данном описании являются синонимами

9.2. Сравнение RFC 2544 и ITU-T Y.1564

Методика RFC 2544 была создана для тестирования максимальной производительности сетевого оборудования и подходит для оценки этого параметра в случае отдельного канала или устройства. Но с появлением в каналах различных служб, работающих одновременно, выявился ряд недостатков методики.

Рекомендация ITU-T Y.1564 учитывает эти недостатки и ориентирована на тестирование мультисервисных сетей, позволяя провести быструю оценку соответствия сети требованиям SLA.

	RFC 2544	ITU-T Y.1564
Измерение FTD	✓	✓
Измерение FDV ²	—	✓
Измерение FLR	✓	✓
Анализ одновременной работы нескольких служб	—	✓
Время тестирования	Для проверки соответствия SLA требуется провести последовательность повторяющихся тестов. В связи с этим тестирование может занять продолжительное время.	Для проведения теста конфигурации одной услуги требуется не более 6 минут. Длительность теста производительности может быть задана от нескольких секунд до нескольких суток.

Таким образом, тестирование по рекомендации Y.1564 позволяет однозначно определить соответствие канала параметрам, заявленным в SLA, а также существенно сократить временные затраты на анализ за счёт одновременной оценки нескольких служб.

9.3. Тесты конфигурации

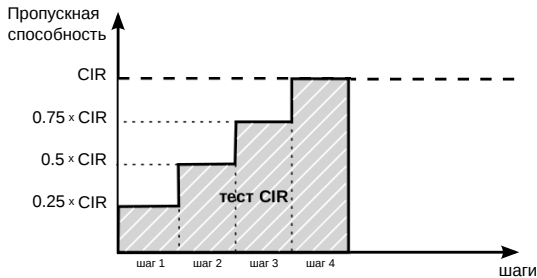
Тесты конфигурации состоят из трёх независимых тестов — CIR, EIR и Traffic Policing. С их помощью каждый сервис проверяется на соответствие заданным параметрам SAC, а также оценивается, остаётся ли пропускная способность в установленных пределах при увеличении нагрузки. Цель — убедиться в том, что настройки сети позволяют каждому сервису работать отдельно от других служб с заявленной производительностью. При проведении данных тестов сервисы проверяются по очереди, для оценки одновременной работы применяется тест производительности (см. раздел 9.4).

² Величина FDV является ключевым параметром для VoIP/IPTV и используется при настройке буферизации трафика.

9.3.1. Тест CIR

Тест CIR используется для проверки того, что при передаче данных с нагрузкой на уровне CIR показатели качества находятся в пределах, установленных SLA. В ходе данного теста измеряются основные показатели качества каждого сервиса (FTD, FDV, FLR), после чего эти значения сравниваются с заданными параметрами SAC.

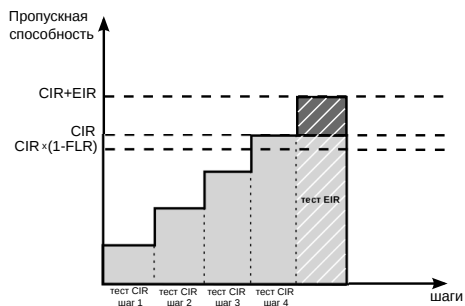
Прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 позволяет задавать количество шагов для проведения тестирования: 1 шаг — тест CIR будет проведён при 100 % нагрузке; 2 шага — тест будет проведён в два этапа: 50 и 100 % от заданной нагрузки; 3 шага — тест будет проведён в три этапа: 50, 75 и 100 % от заданной нагрузки; 4 шага — тест будет проведён в четыре этапа: 25, 50, 75 и 100 % от заданной нагрузки.



9.3.2. Тест EIR

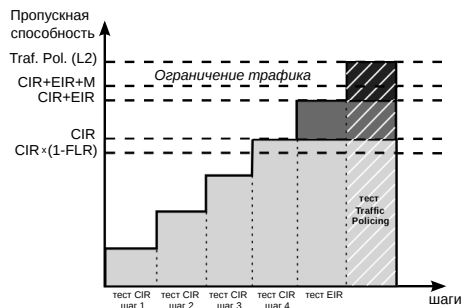
Тест EIR служит для проверки того, что при передаче данных с нагрузкой на уровне CIR+EIR результирующая пропускная способность для каждого сервиса не превышает допустимое значение и находится в пределах от CIR (с учётом заданного уровня потерь кадров) до CIR+EIR: $CIR \times (1 - FLR) \leq IR \leq CIR + EIR$. Величина потерь кадров (FLR) устанавливается пользователем.

Примечание. Режим «colour-aware» (возможность помечать цветом передаваемые кадры) не поддерживается.



9.3.3. Тест Traffic Policing

Тест Traffic Policing используется для проверки того, что при передаче данных с нагрузкой, превышающей разрешённую для сервиса, сеть будет ограничивать его полосу пропускания. Нагрузка для этого теста, устанавливаемая пользователем, должна превышать уровень CIR+EIR .



9.4. Тест производительности

Тест производительности используется для оценки одновременной работы всех сервисов. При проведении теста выполняется передача данных для всех служб одновременно с нагрузкой на уровне CIR и проверяются значения показателей качества для каждого сервиса. Единственной настройкой теста является его длительность, которая может составлять от нескольких минут до 4-х дней.

9.5. М-фактор

При проведении теста Traffic Policing в результате буферизации в некоторые моменты времени на приёме оказывается больше данных, чем отведено для сервиса. Это является особенностью, а не сбоем в работе сети. Чтобы учесть эту особенность, в ITU-T Y.1564 используется М-фактор — максимально допустимое превышение величины CIR+EIR (см. ITU-T Y.1564 п. С.2 разд. 8.1.2).

9.6. Алгоритм измерения FTD

Для измерения задержки распространения кадров (FTD) выполняются следующие действия:

1. На передающей стороне в каждый пакет вставляется временная метка (T_a).
2. На приёмной стороне записывается значение времени приёма пакета с меткой (T_b).
3. Вычисляется задержка прохождения пакета в сети: $T_b - T_a$.

Примечание. Приёмником и передатчиком должен быть один и тот же прибор или два прибора, синхронизированных по протоколу NTP.

4. Фиксируются три значения задержки — минимальное (FTD_{min}), среднее (FTD_{avg}) и максимальное (FTD_{max}). Среднее значение задержки вычисляется как сумма задержек для всех принятых пакетов, поделенная на количество принятых пакетов.

Эти значения отображаются в результатах теста производительности для каждого сервиса. Для сводного теста производительности и тестов конфигурации выводятся средние значения.

9.7. Алгоритм измерения FDV

Отклонение задержки распространения кадров (FDV) в соответствии с рекомендацией ITU-T Y.1563 [7] измеряется по формуле: $FDV = FTD - FTD_{min}$.

Например, если были измерены значения задержки распространения кадров: $FTD_{min} = 1.5$, $FTD_{avg} = 2.5$, $FTD_{max} = 5.5$, то значения FDV будут следующими: $FDV_{min} = 0$, $FDV_{avg} = 1.0$, $FDV_{max} = 4.0$.

Эти величины отображаются в результатах теста производительности для каждого сервиса. Для сводного теста производительности и тестов конфигурации выводятся средние значения.

10. Тестирование без влияния на пользовательский трафик

При подключении измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2 к каналу связи в транзитном режиме (см. раздел 3.1) может возникнуть необходимость протестировать данный канал. Для этого следует вывести его из обслуживания, что приведет к «разрыву» канала и прекращению обслуживания или необходимости использовать резервные каналы.

Прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 решает эту проблему и позволяет проводить анализ без влияния на пользовательский трафик, передавая тестовые данные параллельно с пользовательскими.

10.1. Описание

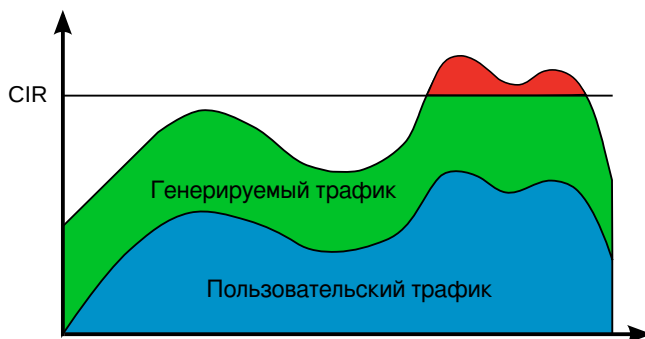


Рис. 10.1. «Тестовый поток» с постоянной нагрузкой

При тестировании с использованием функции «Тестовый поток» (см. раздел 12.1) или выполнении анализа по методике RFC 2544 (см. раздел 8) с постоянной нагрузкой, могут возникнуть следующие ситуации:

1. Суммарная скорость превышает гарантированную пропускную способность канала (CIR). Это может привести к ухудшению передачи пользовательских пакетов — потерям, увеличению задержки, джиттера. В результате в момент тестирования будет снижено качество обслуживания.

2. Создаваемая нагрузка недостаточна для анализа характеристик канала. Это приведёт к тому, что канал не будет протестирован полностью.

При настройке генератора для тестирования без влияния на пользовательский трафик можно задавать CIR. Рекомендуемая схема подключения описана в разделе 3.2. Для проведения теста необходимо два измерительных зонда: генератор и анализатор тестового трафика.

Генератор тестового трафика производит автоподстройку скорости генерации по скорости пользовательского трафика, формируя итоговую выходную скорость, равную CIR. В результате канал загружается полностью, а пользовательский трафик проходит без потерь и с минимальной задержкой.

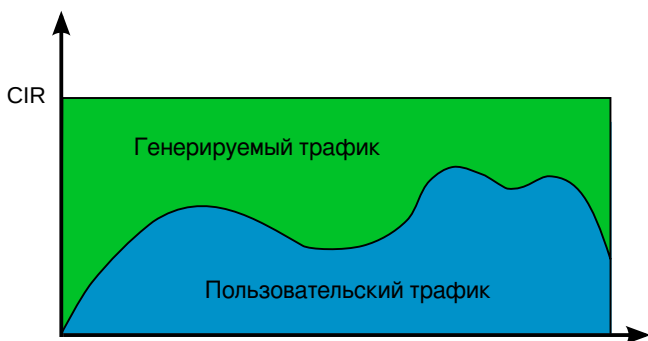


Рис. 10.2. «Тестовый поток» с ограничением по CIR

10.2. Предоставляемая информация/статистика

Анализатор тестового трафика принимает пакеты и подсчитывает статистику:

- скорость пользовательского трафика;
- скорость генерируемого тестового трафика;
- скорость принимаемого тестового трафика;
- количество принятых тестовых пакетов;
- количество пакетов, принятых по порядку;
- количество пакетов, принятых не по порядку.

10.3. Порядок проведения теста

Алгоритм тестирования описан в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», глава «Тестирование без влияния на пользовательский трафик».

11. Шлейф

Примечание. Информация по командам, позволяющим настроить функцию перенаправления тестового трафика, приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

Для тестирования сетей по методике RFC 2544 (см. раздел 8) и решения ряда других задач используется функция «Шлейф», позволяющая перенаправлять обратно входящий на прибор трафик на четырёх уровнях модели OSI:

1. На физическом уровне (L1) весь входящий трафик перенаправляется обратно без изменений, при этом ведётся статистика по принимаемому трафику.
2. На канальном уровне (L2) все входящие кадры перенаправляются обратно, при этом меняются местами MAC-адреса отправителя и получателя. Ведётся статистика по принимаемому и передаваемому трафику.
3. На сетевом уровне (L3) все входящие пакеты перенаправляются обратно, при этом меняются местами MAC-адреса отправителя и получателя. Если поле «EtherType» имеет значение 0x8000, также меняются местами IP-адреса отправителя и получателя. Ведётся статистика по принимаемому и передаваемому трафику.
4. На транспортном уровне (L4) весь входящий трафик перенаправляется обратно, при этом меняются местами MAC-адреса отправителя и получателя. Если поле EtherType имеет значение 0x8000, также меняются местами IP-адреса отправителя и получателя. Номера TCP/UDP-портов отправителя и получателя меняются местами, если поле «Protocol» имеет значение 6 (TCP) или 17 (UDP).

Примечание. Для шлейфа канального (L2), сетевого (L3) и транспортного (L4) уровней пакеты с неправильной контрольной суммой (FCS) не перенаправляются.

Примечание. Для шлейфа канального (L2), сетевого (L3) и транспортного (L4) уровней пакеты с одинаковыми MAC Dst и MAC Src, а так же блоки данных протокола OAM (OAMPDU) и ARP-запросы, содержащиеся во входящем трафике, не перенаправляются.

Примечание. Если входящий пакет содержит MPLS метку, он будет перенаправлен без изменения её значения.

12. Пакетный джиттер

Примечание. Информация по командам, позволяющим настроить анализ пакетного джиттера и функцию генерации тестового потока, приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

Важной задачей при тестировании Ethernet-сетей является определение пакетного джиттера. В соответствии с методикой RFC 4689 [9], пакетный джиттер — это абсолютная разность задержек распространения двух последовательно принятых пакетов, принадлежащих одному потоку данных. Этот параметр используется для оценки возможности сети передавать чувствительный к вариации задержки трафик, такой, как видео или речь.

12.1. Тестовый поток

Функция генерации тестового потока применяется при измерении пакетного джиттера. Существует возможность генерации тестового потока и измерения пакетного джиттера на одном порту (рис. 12.1), а также генерации тестового потока на одном порту и измерения пакетного джиттера на другом (рис. 12.2), причём порт приёма может располагаться на удалённом приборе (рис. 12.3).

порт A(B): генерация тестового
потока и определение джиттера

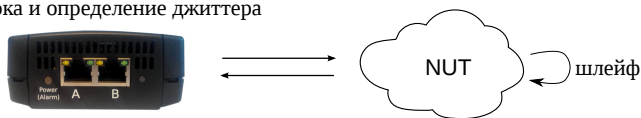


Рис. 12.1. Измерение джиттера. Схема 1

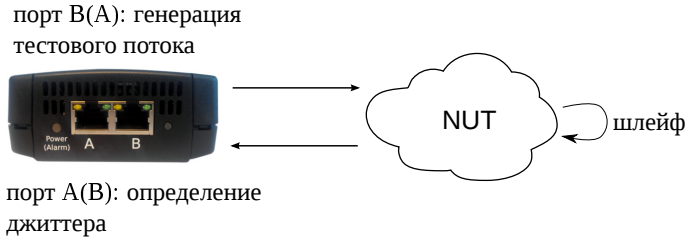


Рис. 12.2. Измерение джиттера. Схема 2

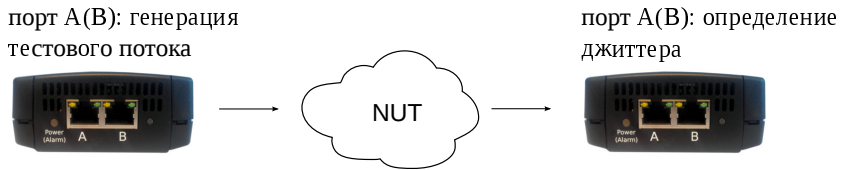


Рис. 12.3. Измерение джиттера. Схема 3

13. МРТ

Примечание. Информация по командам, позволяющим настроить и выполнить МРТ-тесты, приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

МРТ (Metrotek Performance Test) — набор тестов для анализа параметров IP- и Ethernet-сетей. Позволяет непрерывно генерировать до 300 независимых потоков «L2» (см. раздел 13.6.1) или «UDP» (см. раздел 13.6.2) и измерять основные характеристики каждого потока: джиттер (см. раздел 13.3), задержку (см. раздел 13.4) и потери пакетов (см. раздел 13.5).

Важные особенности МРТ-тестов:

- добавление тестового трафика к сетевому, проходящему через прибор в транзитном режиме;
- использование в UDP-потоках трафика, генерируемого согласно протоколу TWAMP Light (RFC 5357 [12], Appendix I).

13.1. Топология

При проведении МРТ-тестов можно использовать одностороннюю или двустороннюю топологию измерений.

Для выполнения односторонних измерений прибор включается в сеть в соответствии со схемами, приведёнными на рис. 3.3, 3.4, 3.6. Движение трафика происходит по следующему принципу: генератор ⇒ NUT ⇒ анализатор.

Двусторонние измерения выполняются в соответствии со схемам, представленным на рис. 3.5, 3.7, 3.8. Движение трафика происходит по следующему принципу: генератор ⇒ NUT ⇒ L2-шлейф/рефлектор ⇒ NUT ⇒ анализатор. Топология тестирования с участием рефлектора соответствует топологии тестов TWAMP (RFC 5357 [12]).

Примечание. В зависимости от типа потока («L2» или «UDP») устройством, отправляющим трафик обратно на прибор-источник, является L2-шлейф (L2) или рефлектор (UDP).

Примечание. В качестве генератора или рефлектора потока «UDP» можно использовать измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2 или другие приборы, на которых реализована генерация или отражение трафика согласно протоколу TWAMP (см. раздел 13.6.2).

13.2. Группы показателей

В зависимости от топологии (см. раздел 13.1) и типа потока (см. раздел 13.6), при измерении задержки и джиттера можно получить следующие группы показателей:

- двусторонние показатели («two-way measurements»);
- односторонние показатели на дальнем конце («one-way far end measurements»);
- односторонние показатели на ближнем конце («one-way near end measurements»).

Тип потока	Топология измерений	Two-way measurements	One-way far end measurements	One-way near end measurements
L2	односторонняя	–	–	+
	двусторонняя	+	–	–
UDP	односторонняя	–	–	+
	двусторонняя	+	+	+

Примечание. Для потока «L2» принадлежность к группе показателей в пользовательском интерфейсе не отображается.

При вычислении потерь пакетов (см. раздел 13.5) и связанных с ними показателей используются лишь порядковые номера тестовых пакетов, которые не зависят от топологии и типа потока.

13.3. Джиттер

Измерение джиттера происходит в соответствии с алгоритмом, описанным в приложении А.8 методики RFC 3550 [10].

Вычисление джиттера выполняется по следующим формулам:

$$\mathit{delta} = \mathit{abs}(\mathit{transit_time} - \mathit{prev_transit_time}) \quad (13.1)$$

$$\mathit{jitter} = \mathit{jitter} + 1/16 \times (\mathit{delta} - \mathit{jitter}), \quad (13.2)$$

где:

- *transit_time* — время прохождения пакета;
- *prev_transit_time* — время прохождения предыдущего пакета;
- *abs* — функция вычисления модуля (абсолютной величины);
- *delta* — разница между временем прохождения двух последовательно принятых пакетов;

– *jitter* — значение джиттера.

Примечание. Для измерения джиттера синхронизация времени не требуется.

Примечание. В результатах МРТ-теста отображается среднее за период измерений значение величины джиттера.

13.4. Задержка

Для измерения задержки распространения кадров выполняются следующие действия:

1. При передаче прибор добавляет в пакет тестового трафика время отправки — T_a (см. раздел 13.6).
2. При приёме прибор добавляет в пакет время приёма — T_b .

Примечание. Генератором и анализатором трафика должен быть один и тот же прибор или два прибора, синхронизированных по протоколу NTP.

Задержка прохождения пакета в сети вычисляется по формуле: $T_b - T_a$.

Примечание. В результатах МРТ-теста отображается среднее, максимальное и минимальное за период измерений значение величины задержки.

13.5. Потери пакетов

Количество потерянных пакетов вычисляется по формуле:

$$max_num - min_num + 1 - (rcv_cnt - dup_cnt), \quad (13.3)$$

где:

- *max_num* — максимальный номер пакета за период;
- *min_num* — минимальный номер пакета за период;
- *rcv_cnt* — количество полученных за период пакетов;
- *dup_cnt* — количество дублирующих пакетов за период (количество пакетов с тем же порядковым номером, что и предшествующий пакет).

Примечание. В результатах МРТ-теста отображается среднее за период измерений значение величины потерь пакетов.

13.6. Формат тестового трафика

Команды настройки MPT-тестов позволяют выбрать тип генерируемого потока: «L2» или «UDP». Для каждого из потоков используется свой формат пакета.

13.6.1. Тестовый поток «L2»

Поток «L2» содержит Ethernet-пакеты, состоящие из заголовка 2-го уровня и MPT-сигнатуры:

Ethernet-заголовок	Данные	MPT-сигнатура
--------------------	--------	---------------

При измерении задержки необходимо знать точное время передачи и приёма пакета. Для этого используется MPT-сигнатура — последовательность бит, которая добавляется в конец полезной нагрузки Ethernet-пакета и выглядит следующим образом:

flow_id (16 бит)	pkt_num (32 бита)	timestamp (32 бита)	x_timestamp (32 бита)
------------------	-------------------	---------------------	-----------------------

где:

- flow_id — уникальный номер, позволяющий идентифицировать MPT-поток;
- pkt_num — порядковый номер пакета в потоке;
- timestamp — время отправки пакета;
- x_timestamp — время приёма пакета.

13.6.2. Тестовый поток «UDP»

Поток «UDP» содержит Ethernet-пакеты, состоящие из заголовков 2, 3 и 4-го уровней и полей, описанных в методике RFC 5357 [12] (unauthenticated mode).

Согласно указаниям методики, при генерации трафика в пакет вставляется заголовок, формат которого описан в п. 4.1.2 RFC 4656 [11]. При отражении пакета TWAMP Light рефлектор (см. раздел 13.8) создаёт заголовок, формат которого описан в п. 4.2.1 методики RFC 5357 [12] и заменяет им заголовок, добавленный генератором.

Структура пакетов потока «UDP» позволяет собирать временные метки «промежуточного звена» — рефлектора, что даёт возможность получить в результате измерений все три группы показателей (см. раздел 13.2).

13.7. Повышение точности измерений средствами FPGA

Важной особенностью МРТ-тестов является использование специальных средств FPGA для перехвата трафика любого типа и обновления временных меток. Это исключает из результатов измерений погрешность, связанную с прохождением пакетом сетевого стека на приборе.

13.8. TWAMP Light рефлексор

Рефлексор — программа, которая входит в набор МРТ-тестов и работает автоматически с момента запуска прибора. Она принимает трафик на UDP-порту с номером 20 000, преобразует его согласно протоколу TWAMP Light (RFC 5357 [12], Appendix I) и отправляет анализатору.

Рефлексор необходим для проведения двусторонних измерений (см. раздел 13.1). В качестве этой составляющей топологии могут быть использованы также и другие приборы, на которых реализован TWAMP Light рефлексор.

14. Тестовые конфигурации

Прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 позволяет проводить два независимых теста по методике RFC 2544 (см. раздел 8) или МРТ-теста (см. раздел 13) одновременно. Тесты можно выполнять в любых комбинациях: на рисунке 14.1 представлен вариант анализа, когда с порта А на порт В проводится тест RFC-2544, а с порта В на порт А — МРТ. Схемы подключения приведены в разделе 3.5.

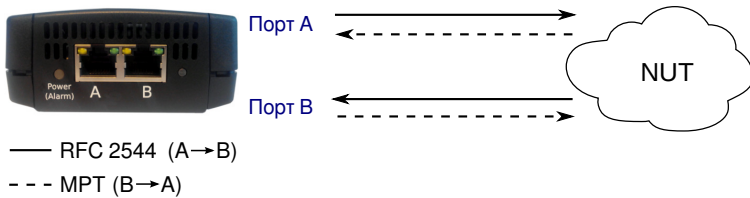


Рис. 14.1. Два независимых теста

Для выполнения одновременных тестов необходимо:

1. Подключить прибор по схеме, представленной на рис. 3.6 или рис. 3.7.
2. Подключиться к прибору (см. раздел 6).
3. Перейти в режим ET-тестов командой «et» (или в режим настройки ET-тестов, последовательно введя команды «et» и «configure»).

Примечание. Информация по командам приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

4. Включить первую тестовую конфигурацию, выполнив команду «testconf 1».

Примечание. Номер текущей тестовой конфигурации выводится с помощью команды «testconf show».

5. Выполнить настройку и запустить тесты по методике RFC 2544 (или МРТ).
6. Включить вторую тестовую конфигурацию, выполнив команду «testconf 2».
7. Выполнить настройку и запустить тесты по методике RFC 2544 (или МРТ).

15. Транзитный режим

При подключении к тестируемым каналам в разрыв существующего соединения МЕТРОТЕК М716-02-001/2 может работать в одном из трёх режимов:

1. Аппаратный транзит («bypass») — порты прибора замыкаются так, чтобы подключённые к ним кабели оставались соединёнными даже после отключения питания прибора. Данный режим позволяет сохранить целостность канала связи.

Примечание. При пропадании питания аппаратный транзит включается автоматически.

2. Программный транзит без добавления тестового трафика — прибор пропускает через себя пакеты с порта А (В) на порт В (А) (см. рис. 3.1).
3. Программный транзит с добавлением тестового трафика — передача тестового трафика осуществляется с порта А (В) на порт В (А) с одновременным выполнением тестов (см. рис. 3.2).

Режим работы прибора настраивается командой «passthrough» (подробное описание приведено в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки).

16. Обновление программного обеспечения

Обновление программного обеспечения (ПО) прибора выполняется через интерфейс USB с использованием внешнего накопителя. Обновлённое ПО может включать как исправление ошибок, так и новые функциональные возможности. Сохранённые на приборе данные и настройки тестов в процессе обновления не затрагиваются.

16.1. Подготовка к обновлению

Файлы с обновлениями ПО доступны на сайте <http://metrotek.spb.ru> в разделе «Приборы»⇒«Обновления». Перед обновлением необходимо загрузить с сайта zip-архив, распаковать его в корневой каталог USB-накопителя и ознакомиться с содержимым файла `readme.txt`, в котором хранится важная информация о релизе ПО.

Примечание. Поддерживаются USB-носители только с файловой системой FAT и объёмом не менее 256 Мбайт.

16.2. Алгоритм обновления

Примечание. Не следует отключать USB-накопитель от прибора до окончания процесса обновления.

1. Подключить к прибору внешний источник питания.
2. Подключить к прибору USB-накопитель, содержащий файлы обновлений.
3. В течение первых 35—40 секунд будет выполнено копирование файлов обновлений с USB-накопителя.
4. После считывания необходимых файлов обновление ПО начнётся автоматически. Процедура занимает не более 5 минут.
5. Отключить USB-накопитель. Прибор готов к работе.

17. Методика поверки

Настоящий раздел устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки универсального измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2.

17.1. Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 17.1.

Таблица 17.1. Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Выполнение при первичной поверке	Выполнение при периодической поверке
Внешний осмотр	17.7.1	Да	Да
Определение частоты тестового сигнала интерфейса 1G Ethernet	17.7.2	Да	Да

17.2. Средства поверки

При проведении поверки применяется одно из следующих средств измерений:

- цифровой осциллограф с дифференциальным входом с возможностью измерения частоты Tektronix TDS 2022;
- частотомер Pendulum CNT-69.

Допускается замена средств измерений другими, обеспечивающими необходимую точность измерений.

17.3. Требования к квалификации поверителей

К проведению испытаний допускается персонал, ознакомленный с руководством по эксплуатации прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2, прошедший инструктаж по ПТБ и ПБЭЭП, имеющий группу электробезопасности не ниже третьей.

17.4. Требования к безопасности

При проведении испытаний необходимо соблюдать требования безопасности по ГОСТ 12.3.019, а также общие меры безопасности, приведённые в разд. 2 настоящего руководства по эксплуатации.

17.5. Условия поверки

Испытания и поверку прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 проводят в нормальных климатических условиях и при номинальном напряжении питания:

- температура окружающего воздуха 0-35 °С;
- относительная влажность воздуха 40-90 %, без конденсата;
- напряжение внешнего источника питания — 12 В.

17.6. Подготовка к поверке

Перед проведением поверки следует проверить наличие эксплуатационной документации и срок действия свидетельств о поверке на средства поверки.

Включить средства поверки и прогреть их в течение времени, указанного в инструкции по эксплуатации.

17.7. Проведение поверки

17.7.1. Внешний осмотр

Визуальным осмотром проверяют соответствие универсального измерительного зонда МЕТРОТЕК М716-02-001/2 технической документации в части комплектности, а также отсутствие видимых повреждений, целостность кабелей и разъёмов.

17.7.2. Определение частоты тестового сигнала

Проверку частоты тестового сигнала интерфейса 1G Ethernet проводят в соответствии со схемой, представленной на рис. 17.1.

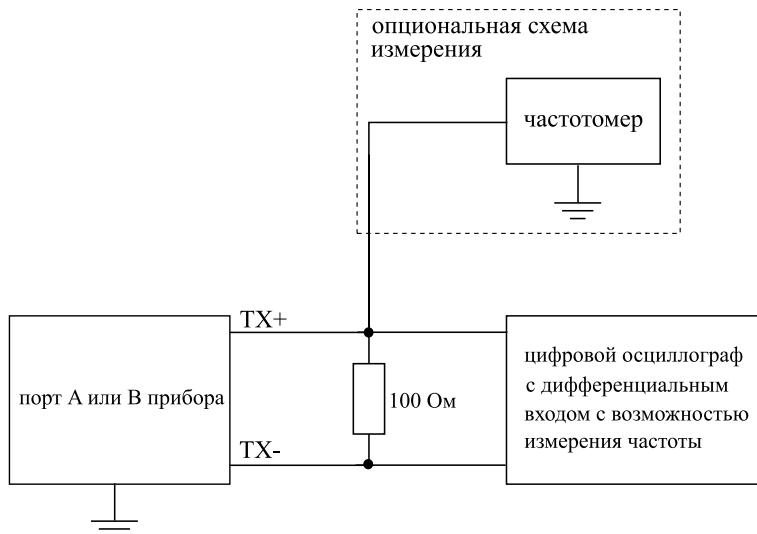


Рис. 17.1. Схема подключения

Для проверки частоты тестового сигнала прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 следует:

1. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3).
2. Подключиться к прибору (см. раздел 6), используя учётную запись admin.
3. Перейти в режим ET-тестов командой «et».

Примечание. Информация по командам приведена в брошюре «Универсальный измерительный зонд МЕТРОТЕК М716-02-001/2. Руководство по командам удалённого управления», входящей в комплект поставки.

4. Включить тестовый режим, выполнив команду «test-pattern on».
5. Подключить прибор по схеме, представленной на рис. 17.1.
6. Выполнить измерения, используя цифровой осциллограф или частотомер.
7. Выключить тестовый режим командой «test-pattern off».

Для прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 согласно IEEE 802.3 п. 40.6.1.1.1 при включении в трансивере тестового режима («тестовый режим 2») на парях ка-

беля должен наблюдаться периодический сигнал с частотой $62,5 \text{ МГц} \pm 6250 \text{ Гц}$ ($\pm 100 \text{ ppm}$).

17.8. Оформление результатов поверки

В случае соответствия прибора требованиям, указанным в технической документации, результаты поверки оформляют путем записи в рабочем журнале и выдачи свидетельства установленной формы. В случае отрицательных результатов поверки на прибор выдают извещение о непригодности с указанием причин бракования.

18. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 заключается в периодическом внешнем осмотре устройства, блока питания и кабелей с целью содержания в исправном и чистом состоянии.

19. Техническая поддержка

Заявки по всем техническим вопросам принимаются службой поддержки по рабочим дням с 10:00 до 18:00. Обратиться в службу можно:

- по телефону: +7 (812) 340-0118, +7 (812) 340-0119;
- по e-mail: support@metrotek.spb.ru.

А. Спецификации

А.1. Общие характеристики

Измерительные интерфейсы (А и В)	<ul style="list-style-type: none">– 2×RJ-45 (10/100/1000 BASE-T);– поддержка технологии PoE¹;– автоматический режим «bypass» между портами при пропадании питания или программно.
Интерфейсы управления	<ul style="list-style-type: none">– 1×RJ-45 (10/100/1000 BASE-T);– 1×micro USB AB OTG (host, device);– 1×mini USB B консоль.
Дополнительные функции	<ul style="list-style-type: none">– кнопка сброса к заводским настройкам;– RTC с отдельной батареей;– backup-питание;– датчик для мониторинга температуры FPGA.
Габариты (Д×Ш×В)	154×84×38 мм
Напряжение питания	12 В внешний блок питания (48 В PoE ¹)
Потребляемая мощность	~ 7,5 Вт
Диапазон рабочих температур	0–35 °С
Диапазон температур транспортировки и хранения	-10...+45 °С
Относительная влажность воздуха	80 % при температуре 25 °С

¹ Модуль PoE является опциональным и работает от порта А (по умолчанию) или порта В. Перенастройка модуля PoE для работы от порта В выполняется по предварительному заказу.

А.2. Тестирование

Настройка параметров кадров	MAC- и IP-адрес отправителя/получателя, номер порта отправителя/получателя. Поля VLAN, MPLS, EtherType, ToS, Precedence, DSCP. Размеры кадров 64 – 9600 байт.
Генерация тестового потока	Возможность задавать размер кадра, длительность генерации, величину нагрузки, параметры заголовков кадра. Определение количества переданных тестовых кадров.
Анализ тестового потока	Определение количества принятых тестовых пакетов. Результаты анализа: текущая, минимальная, средняя и максимальная задержка.
Шлейф (Loopback)	Интеллектуальный шлейф на физическом, канальном, сетевом и транспортном уровнях.
VLAN	До 3 VLAN меток. Конфигурация VLAN Priority и VLAN ID.
Статистика (RFC 2819)	По типам кадров, по размерам кадров, по уровням, по ошибочным кадрам. Количество принятых и переданных пакетов, отображение нагрузки на порту в реальном времени. Типы кадров: broadcast, multicast, unicast. Распределение по размерам. Количество кадров, переданных на канальном и сетевом уровнях. Пакеты сверхмалой (runt), сверхбольшой (jabber) длины и пакеты с ошибочной CRC.
RFC 2544	Throughput (пропускная способность), Frame Loss (уровень потерь кадров), Back-to-Back (предельная нагрузка), Latency (задержка распространения кадров).
MPT	Генерация до 300 независимых потоков и измерение основных характеристик каждого потока: джиттер, задержка, потери пакетов.
Транзит	Включение в разрыв соединения между сетевыми устройствами, сбор статистических данных о проходящем трафике.
Пользовательские конфигурации	Сохранение и загрузка тестовых конфигураций.
Отчёты	Генерация текстовых отчётов.

Поддержка сетевых программ и протоколов ²	Ping, Traceroute, DNS lookup, DHCP, SSH, Telnet.
Y.1564 ²	До 10 потоков данных с независимой конфигурацией нагрузки и заголовков кадра. Потери кадров для каждого потока; ширина полосы пропускания, рассчитанная по результатам тестирования. Текущая, минимальная, средняя и максимальная задержка передачи данных. Количество переданных и принятых пакетов для каждого потока.
Пакетный джиттер ²	Измерения в соответствии с методикой RFC 4689. Результаты анализа: общее количество пакетов; количество пакетов, пришедших по порядку/не по порядку; распределение джиттера; количество пакетов, джиттер которых был меньше/больше заданного порога. Режим случайного и постоянного размера кадра.
MPLS ²	До 3 MPLS меток. Конфигурация MPLS Label, MPLS CoS и MPLS TTL.
NTP-синхронизация ²	Синхронизация по протоколу NTP позволяет выполнять измерение задержки по методике RFC 2544, а также анализ по рекомендации Y.1564 при тестировании асимметричных каналов.
Односторонние измерения ²	Измерение односторонней задержки, пропускной способности канала, потерь пакетов и джиттера. Диагностика каналов, характеристики которых различны для передающего и приемного направлений.
Поддержка двух передатчиков ²	Проведение измерений на двух интерфейсах.

² Опция, поставляемая по предварительному заказу.

А.3. Дополнительные принадлежности

Модуль POE	Модуль POE устанавливается по предварительному заказу.
Кронштейн для крепления на DIN-рейку	Прибор может крепиться на стандартную DIN-рейку с помощью кронштейна, который прикручивается саморезами через подготовленные отверстия в корпусе прибора. Комплект, состоящий из кронштейна и саморезов, поставляется по предварительному заказу.
Рамка-фиксатор для крепления на стену	Прибор может крепиться на стену или другую ровную поверхность с помощью рамки-фиксатора. Рамка-фиксатор прикручивается винтами или саморезами к поверхности, после чего прибор вставляется в пазы рамки и защёлкивается в ней. Рамка-фиксатор поставляется по предварительному заказу.

Литература

- [1] RFC 2544, «Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices», S. Bradner and J. McQuaid, March 1999.
- [2] IEEE Std 802.1Q, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Virtual Bridged Local Area Networks.
- [3] RFC 791, Postel, J., «Internet Protocol», DARPA, September 1981.
- [4] RFC 1349, Almquist, P., «Type of Service in the Internet Protocol Suite», July 1992.
- [5] ITU-T Y.1564 (03/2011), «Ethernet service activation test methodology».
- [6] IEEE 802.3ah, «Ethernet in the First Mile Task Force».
- [7] ITU-T Y.1563 (01/2009), «Ethernet frame transfer and availability performance».
- [8] ITU-T O.150 (05/96), «General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment».
- [9] RFC 4689, «Terminology for Benchmarking Network-layer Traffic Control Mechanisms», S. Poretsky, October 2006.
- [10] RFC 3550, «RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications», H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, July 2003.
- [11] RFC 4656, «A One-way Active Measurement Protocol (OWAMP)», S. Shalunov, B. Teitelbaum, A. Karp, J. Boote, M. Zekauskas, September 2006.
- [12] RFC 5357, «A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)», K. Hedayat, R. Krzanowski, A. Morton, October 2008.