

Универсальный измерительный зонд
МЕТРОТЕК М716-02-001/2

Руководство по эксплуатации
Версия 1.0.2, 2015

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. Транзит	9
3.1.1. Транзит и «in-service» тесты	10
3.2. Измерения в одном направлении	11
3.3. Измерения в двух направлениях	12
3.4. Одновременные измерения	12
3.5. Удалённый шлейф	13
3.6. Тестирование асимметричных каналов	14
4. Внешний вид	15
4.1. Тестовые порты	15
4.2. Индикаторы состояния портов	15
4.3. Разъёмы задней панели	16
4.4. Режимы работы USB-порта	16
4.5. Индикатор Power (Alarm)	17
5. Подготовка к работе	18
6. Подключение к прибору	19
6.1. Параметры подключения	19
6.2. Подключение по интерфейсу USB	20
6.2.1. ОС Linux	20
6.2.2. ОС Windows	20
6.3. Подключение по интерфейсу Ethernet	21
6.3.1. ОС Linux	21
6.3.2. ОС Windows	22
7. Конфигурация прибора	23
7.1. Настройка сетевого адреса порта «Management»	23
7.2. Изменение пароля	24

7.3. Добавление пользователей	24
8. Методика RFC 2544	25
8.1. Анализ пропускной способности	25
8.2. Анализ задержки	26
8.3. Анализ уровня потерь кадров	27
8.4. Анализ предельной нагрузки	28
9. Y.1564	29
9.1. Показатели качества	29
9.2. Сравнение RFC 2544 и ITU-T Y.1564	30
9.3. Тесты конфигурации	30
9.3.1. Тест CIR	31
9.3.2. Тест EIR	31
9.3.3. Тест Traffic Policing	32
9.4. Тест производительности	32
9.5. M-фактор	33
9.6. Алгоритм измерения FTD	33
9.7. Алгоритм измерения FDV	33
10. Шлейф	34
11. Пакетный джиттер	35
11.1. Тестовый поток	35
12. МРТ	37
12.1. Джиттер	37
12.2. Задержка	38
12.2.1. Сигнатура МРТ-трафика	38
12.3. Потери пакетов	38
12.4. Потоки L2 и UDP	39
13. Транзитный режим	40
14. Обновление программного обеспечения	41
14.1. Подготовка к обновлению	41
14.2. Алгоритм обновления	41
15. Методика поверки	42
15.1. Операции поверки	42
15.2. Средства поверки	42
15.3. Требования к квалификации поверителей	42
15.4. Требования к безопасности	43
15.5. Условия поверки	43
15.6. Подготовка к поверке	43

15.7. Проведение поверки	43
15.7.1. Внешний осмотр	43
15.7.2. Определение частоты тестового сигнала	44
15.8. Оформление результатов поверки	45
16. Техническое обслуживание	46
17. Техническая поддержка	47
A. Спецификации	48
A.1. Общие характеристики	48
A.2. Тестирование	49
A.3. Опции поставки	50
Литература	51

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 (см. раздел 3) в разрыв соединения (транзитный режим) или как стандартное сетевое устройство (терминал). Прибор поддерживает аппаратный механизм «by-pass» — 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. BER тестирование.
6. Измерения по рекомендации Y.1564 out-of-service и in-service: проверка на соответствие SLA.
7. Поддержка VLAN Q-in-Q и MPLS.
8. Измерение пакетного джиттера.
9. Режим интеллектуального шлейфа (Smart Loopback) с одновременным сбором статистики.

10. Тест ТСП-подключения, тест доступности НТТР.
11. Режим МРТ: 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. Ваксир-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 Ethernet-каналам производится одним из двух способов:

1. В разрыв соединения между сетевыми устройствами (транзитный режим, см. раздел 13). 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 режима «bypass».
2. В качестве оконечного устройства, когда порты А и В обеспечивают необходимые измерительные функции.

Схемы подключения прибора описаны в разделах 3.1 – 3.6.

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

3.1. Транзит

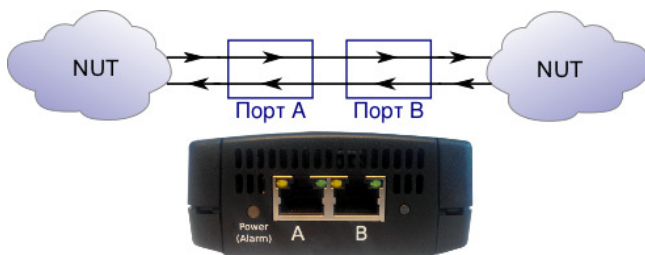


Рис. 3.1. Подключение прибора в транзитном режиме

В транзитном режиме МЕТРОТЕК М716-02-001/2 пропускает через себя все пакеты с порта А (В) на порт В (А) и собирает статистику по проходящему трафику. В этом режиме можно проводить «in-service» тесты (см. раздел 3.1.1).

3.1.1. Транзит и «in-service» тесты

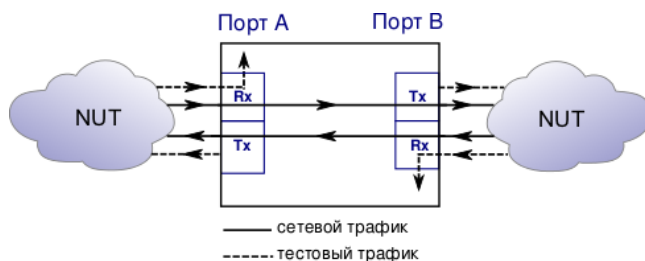


Рис. 3.2. Подключение прибора для проведения «in-service» тестов

В режиме транзит 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, BERT, пакетный джиттер, МРТ.

3.2. Измерения в одном направлении

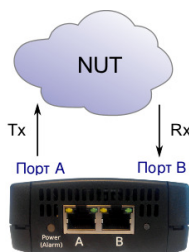


Рис. 3.3. Подключение прибора для проведения измерений в одном направлении. Вариант 1

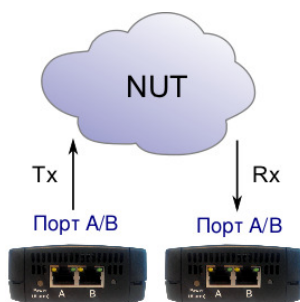


Рис. 3.4. Подключение прибора для проведения измерений в одном направлении. Вариант 2

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, BERT, пакетный джиттер, МРТ.

3.3. Измерения в двух направлениях

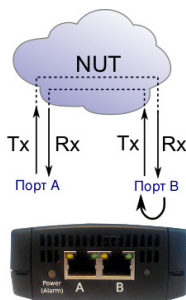


Рис. 3.5. Подключение прибора для проведения измерений в двух направлениях

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 или 4-го уровня.

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

3.4. Одновременные измерения

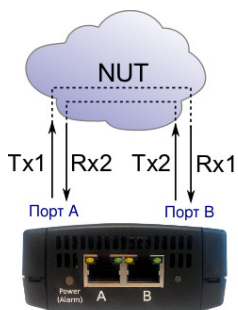


Рис. 3.6. Подключение прибора для проведения двух тестов

В этом режиме оба порта прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2 подключаются к сети и одновременно проводятся измерения с порта А на порт В и с порта В на порт А. Например, в одно и то же время можно проводить два теста RFC 2544 или BERT. Это даёт возможность оценить потери пакетов или задержку в направлении А (В)⇒В (А), при одновременной нагрузке направления В (А)⇒А (В).

Применение: RFC 2544, BERT.

3.5. Удалённый шлейф

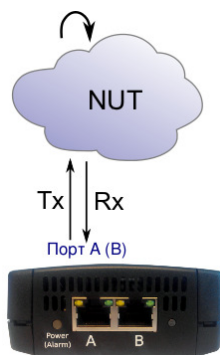


Рис. 3.7. Подключение прибора для тестирования с «А» на «А»

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.

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

3.6. Тестирование асимметричных каналов

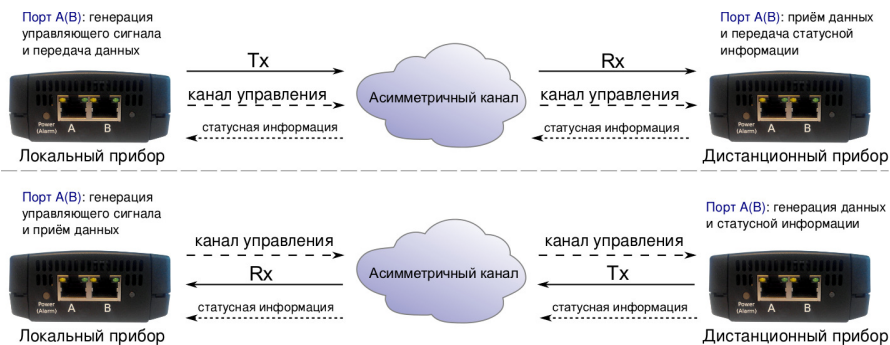


Рис. 3.8. Подключение прибора для тестирования асимметричных каналов

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, BERT.

4. Внешний вид

4.1. Тестовые порты

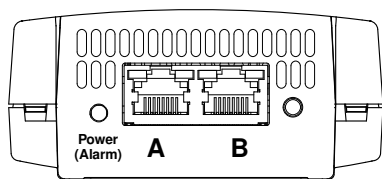


Рис. 4.1. Лицевая панель прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2

Лицевая панель прибора МЕТРОТЕК 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 МЕТРОТЕК М716-02-001/2 имеют два светодиодных индикатора для определения состояния и активности соединения.

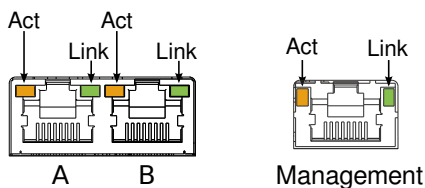


Рис. 4.2. Светодиодные индикаторы портов А, В и Management

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

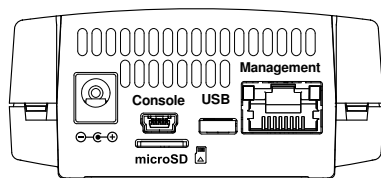


Рис. 4.3. Задняя панель прибора МЕТРОТЕК М716-02-001/2

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 устройствам, 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 17).

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 — microSD карта не установлена или на ней не обнаружено программного обеспечения прибора;
- зелёный — загрузка прибора успешно выполнена.

5. Подготовка к работе

До начала работы с прибором МЕТРОТЕК М716-02-001/2 необходимо выполнить следующие действия:

1. После извлечения устройства из упаковки 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. Подключить блок питания к разъёму питания прибора (см. рис. 4.3), а затем к электрической розетке. После подключения загорается зелёным индикатор «PWR/ALM» (см. раздел 4.5).
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.

6. Подключение к прибору

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

6.1. Параметры подключения

На приборе МЕТРОТЕК М716-02-001/2 установлена ОС Linux и созданы две учётные записи:

- root (пользователь с неограниченными правами): управление файлами, сетевыми интерфейсами, установка пакетов;
- admin (пользователь): управление функциями прибора.

Примечание. Под учётной записью root работать с прибором следует предельно внимательно.

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	root
Пароль для учётной записи admin	admin

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
```
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 COM-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 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».

6.3. 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 root@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 root.
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.

2. Открыть файл сетевых настроек в редакторе vim:

```
vim /etc/network/interfaces
```

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

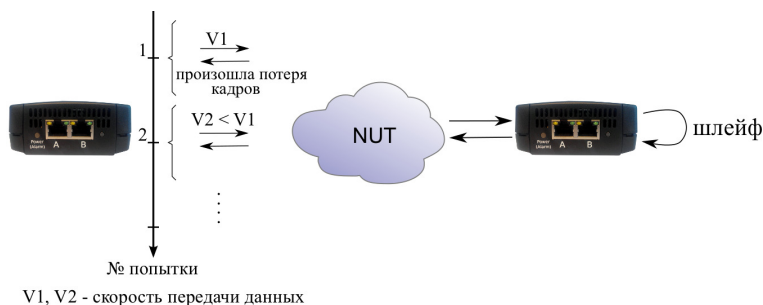


Рис. 8.1. Анализ пропускной способности

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

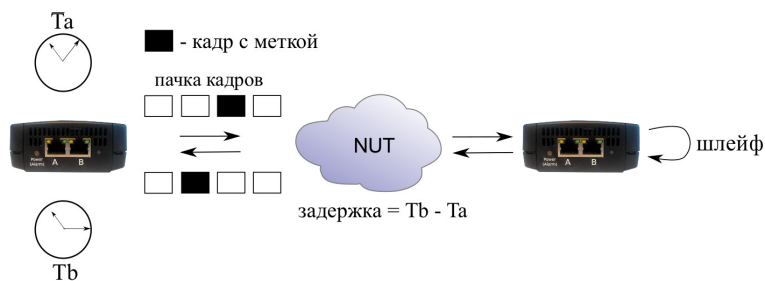


Рис. 8.2. Анализ задержки

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

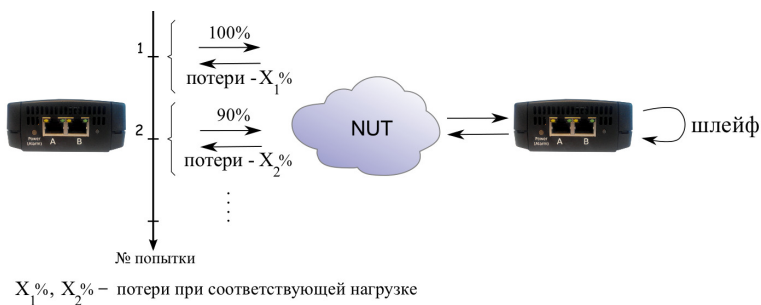


Рис. 8.3. Анализ уровня потерь кадров

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

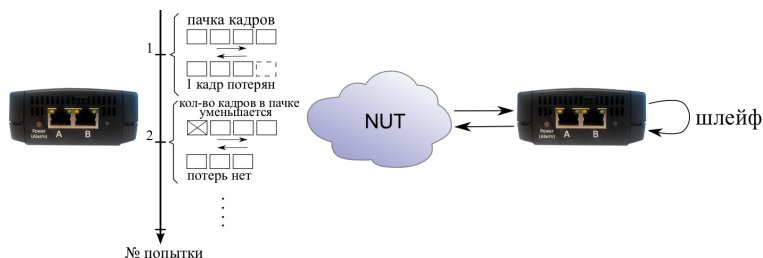


Рис. 8.4. Анализ предельной нагрузки

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

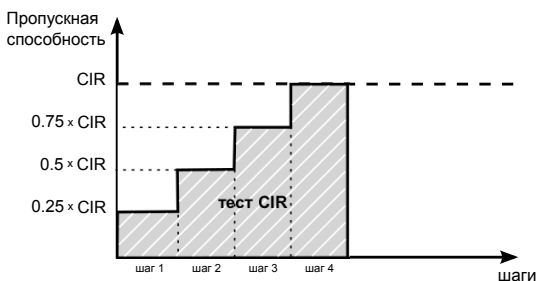
Тесты конфигурации состоят из трёх независимых тестов — CIR, EIR и Traffic Policing. С их помощью каждый сервис проверяется на соответствие заданным параметрам SAC, а также оценивается, остаётся ли пропускная способность в установленных пределах при увеличении нагрузки. Цель — убедиться в том, что настройки 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.

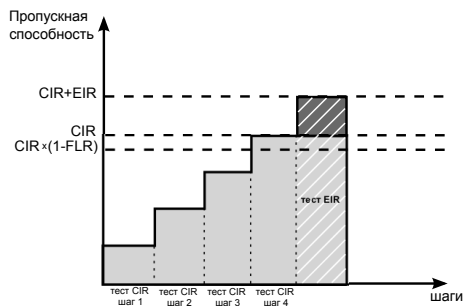
Прибор МЕТРОТЕК М716-02-001/2 позволяет задавать количество шагов для проведения тестирования: 1 шаг — тест CIR будет проведён при 100 % нагрузке; 2 шага — тест будет проведён в два этапа: 50 и 100 % от заданной нагрузки; 3 шага — тест будет проведён в три этапа: 50, 75 и 100 % от заданной нагрузки;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



9.3.2. Тест EIR

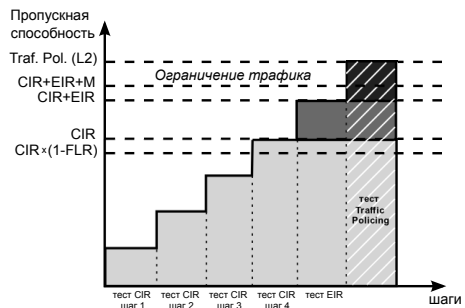
Тест EIR служит для проверки того, что при передаче данных с нагрузкой на уровне CIR+EIR результирующая пропускная способность для каждого сервиса не превышает допустимое значение и находится в пределах от CIR (с учётом заданного уровня потерь кадров) до CIR+EIR: $CIR \times (1 - FLR) \leq IR \leq CIR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

11. 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.

11.1. Тестовый поток

Функция генерации тестового потока применяется при измерении пакетного джиттера. Существует возможность генерации тестового потока и измерения пакетного джиттера на одном порту (рис. 11.1), а также генерации тестового потока на одном порту и измерения пакетного джиттера на другом (рис. 11.2), причём порт приёма может располагаться на удалённом приборе (рис. 11.3).

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

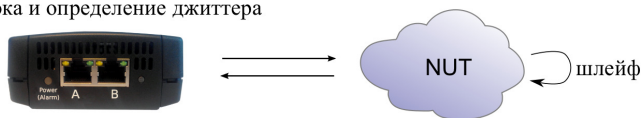


Рис. 11.1. Измерение джиттера. Схема 1

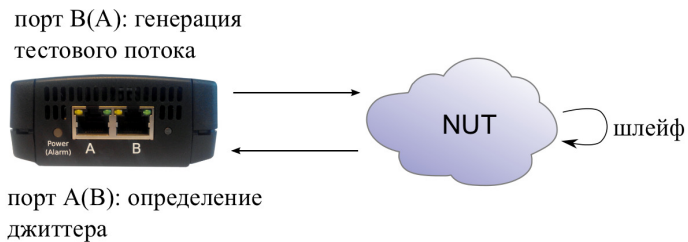


Рис. 11.2. Измерение джиттера. Схема 2

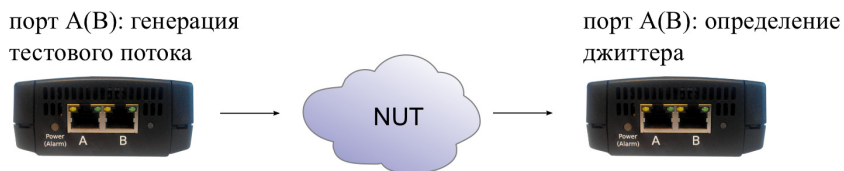


Рис. 11.3. Измерение джиттера. Схема 3

12. 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 Tests) — набор тестов для анализа параметров IP- и Ethernet-сетей. Позволяет непрерывно генерировать до 300 независимых потоков (L2 или UDP) и измерять основные характеристики каждого потока: джиттер, задержку и потери пакетов. Важной особенностью является возможность добавлять тестовый трафик к сетевому, проходящему через прибор в транзитном режиме. Схемы подключения прибора для проведения МРТ-тестов приведены в разделах 3.1.1, 3.2, 3.3, 3.5.

12.1. Джиттер

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

Вычисление джиттера выполняется по следующим формулам:

$$\mathit{delta} = \mathit{abs}(\mathit{transit_time} - \mathit{prev_transit_time}) \quad (12.1)$$

$$\mathit{jitter} = \mathit{jitter} + 1/16 \times (\mathit{delta} - \mathit{jitter}), \quad (12.2)$$

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.

12.2. Задержка

Для измерения задержки распространения кадров выполняются следующие действия:

1. При передаче пакета FPGA добавляет в МРТ-сигнатуру (см. раздел 12.2.1) время отправки — T_a .
2. При приёме пакета FPGA добавляет в МРТ-сигнатуру 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 за период измерений значение величины задержки.

12.2.1. Сигнатура МРТ-трафика

При измерении задержки необходимо знать точное время передачи и приёма пакета. Для этого используется 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 МРТ-поток;
- pkt_num — порядковый номер пакета в потоке;
- timestamp — время отправки пакета;
- x_timestamp — время приёма пакета.

12.3. Потери пакетов

Количество потерянных пакетов вычисляется по формуле:

$$max_num - min_num + 1 - (rcv_cnt - dup_cnt), \quad (12.3)$$

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 MPT-теста отображается среднее за период измерений значение величины потерь пакетов.

12.4. Потоки L2 и UDP

Команды `mpt-tx` и `mpt-rx` позволяют выбирать тип генерируемого потока: «L2» или «UDP». Поток «L2» содержит Ethernet-пакеты, состоящие из заголовка 2-го уровня и MPT-сигнатуры (см. раздел [12.2.1](#)):

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

Поток «UDP» содержит Ethernet-пакеты, состоящие из заголовков 2, 3 и 4-го уровней и MPT-сигнатуры:

Ethernet-заголовок	IP-заголовок	TCP/UDP-заголовок	Данные	MPT-сигнатура
--------------------	--------------	-------------------	--------	---------------

13. 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.
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 сетевого 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).

14. 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.

14.1. 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.

14.2. 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.

15. Методика поверки

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

15.1. Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 15.1.

Таблица 15.1. Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Выполнение при первичной поверке	Выполнение при периодической поверке
Внешний осмотр	15.7.1	Да	Да
Определение частоты тестового сигнала интерфейса 1G Ethernet	15.7.2	Да	Да

15.2. 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.

15.3. 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.

15.4. 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.

15.5. 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.

15.6. 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.

15.7. Проведение поверки

15.7.1. 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.

15.7.2. Определение частоты тестового сигнала

Проверку частоты тестового сигнала интерфейса 1G Ethernet проводят в соответствии со схемой, представленной на рис. 15.1.

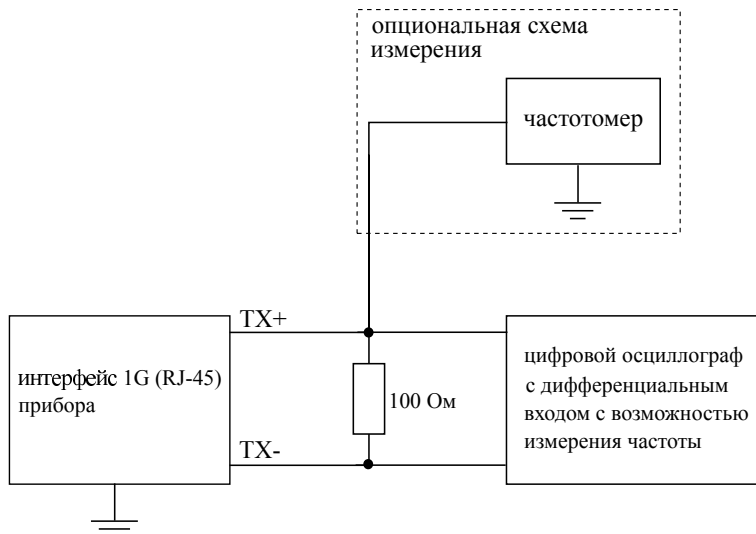


Рис. 15.1. Схема подключения

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 3), 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. 15.1.
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 $62,5 \text{ МГц} \pm 6250 \text{ Гц}$ ($\pm 100 \text{ ppm}$).

15.8. 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.

16. 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.

17. 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. Возможность подмены MAC-адресов, VLAN-меток, IP-адресов, UDP/TCP-портов.
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).
BERT	Физический, канальный, сетевой, транспортный уровни тестирования. Результаты анализа: BITs, EBITs, BER, LSS, %LSS, LOS, %LOS. Тестовые последовательности: CRTP, 2e11-1, 2e15-1, 2e20-1, 2e23-1, 2e29-1, 2e31-1, задаваемая пользователем (4 байта). Режим случайного и постоянного размера кадра.
Y.1564	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.
Транзит	Включение в разрыв соединения между сетевыми устройствами, сбор статистических данных о проходящем трафике.

Iperf	Тестирование сетей при помощи TCP и UDP трафика в формате, совместимом с программой Iperf.
Пользовательские конфигурации	Сохранение и загрузка тестовых конфигураций.
Отчёты	Генерация текстовых отчётов.

А.3. Опции поставки

Поддержка сетевых программ и протоколов	Ping, Traceroute, DNS lookup, DHCP, SSH, Telnet.
Y.1564	Тесты конфигурации и служб: возможность настройки до 10 сервисов с индивидуальными параметрами: MAC/VLAN/MPLS/IP/ToS/нагрузка.
Пакетный джиттер	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	До 3 MPLS меток. Конфигурация MPLS Label, MPLS CoS и MPLS TTL.
NTP-синхронизация	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	Измерение односторонней задержки, пропускной способности канала, потерь пакетов и джиттера. Диагностика каналов, характеристики которых различны для передающего и приемного направлений.
Поддержка двух передатчиков	Проведение измерений на двух интерфейсах.

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.