

# Технология 10 Gigabit Ethernet

**Тестирование структурированных кабельных систем  
на основе медных кабелей категорий 6 и 6А  
на скоростях передачи данных 10 Гбит/с**

White Paper



## Введение

С утверждением стандарта IEEE 802.3an 10GBASE-T для медных кабелей конечные пользователи получили большой выбор сред передачи данных для развертывания в своих сетях решений на основе технологии 10 Gigabit Ethernet (10-GbE). Данный стандарт содержит описание схемы линейного кодирования и технологии цифровой обработки сигналов (DSP), необходимых на силиконовом уровне для достижения скорости передачи данных 10 гигабит в секунду (Гбит/с), а также в нем изложены электрические требования для достижения скорости передачи данных 10 Гбит/с по медному кабелю со сбалансированными витыми парами длиной 100 м на частотах до 500 МГц.

Сетевые администраторы и иные специалисты в области информационных технологий признают, что, с появлением этой новой среды, реализация скорости передачи данных 10 Гбит/с стала более реальной и привлекательной, чем когда-либо. Одним из ключевых вопросов, окружающих любую инновационную технологию, является способ проверки характеристик в полевых условиях. В случае технологий 10GBASE-T пользователей особенно интересует, как определить, позволяет ли их структурированная кабельная система надежно получить рекламируемую скорость передачи данных 10 Гбит/с.

Любое обсуждение тестирования характеристик, касающихся этого нового стандарта, должно быть связано с измерением посторонних перекрестных помех (alien crosstalk, АХТ), являющихся мерой наложения сигналов, передаваемых по соседним каналам. При передаче данных по витым медным парам этот эффект наблюдается только на очень больших скоростях передачи и находится в центре внимания стандарта 10GBASE-T института IEEE, определяющего характеристики передачи сигналов по системам на основе медных витых пар. Для разрешения проблем, связанных с другими электрическими помехами при передаче данных по сети, используются технологии DSP, включенные в приемопередатчики и коммутаторы физического уровня. К сожалению, эти технологии способны подавлять посторонние перекрестные помехи только в ограниченной степени, потому что данные шумы являются внешними для кабельного канала.

В настоящем техническом описании рассматриваются методы и стратегии, которые могут быть использованы для сертификации скорости передачи данных 10 Гбит/с по структурированным кабельным системам как категории 6, так и категории 6А. В нем описан двухэтапный процесс тестирования внутриканальных и межканальных (т. е. «посторонних перекрестных помех») параметров на переменных частотах до 500 МГц для обеих систем.

## Стандарты кабельных систем для технологии 10GBASE-T

В настоящее время, по просьбе института IEEE ассоциации TIA/EIA, разрабатываются два документа, в которых будут определены уровни технических характеристик технологии 10GBASE-T:

- TIA/EIA-568-B.2-10 (в стадии проекта), касающийся кабельных систем на основе неэкранированных (UTP) и экранированных (STP) кабелей «витая пара» категории 6А; и

- TSB-155 (только что завершен), являющийся развитием документа TIA/EIA-568-B.2-1 и предназначенный для оценки смонтированных систем на основе кабелей UTP и STP категории 6 на предмет поддержки технологии 10GBASE-T.

В проекте стандарта TIA/EIA-568-B.2-10 определяется совершенно новая категория кабелей «расширенная категория 6» (т. е. категория 6A) и устанавливаются требования к внутренним и внешним электрическим характеристикам для каналов, постоянных соединений и компонентов. Кабели и компоненты категории 6A специально рассчитаны на резкое сокращение посторонних перекрестных помех и на расширение пригодного для использования диапазона частот до 500 МГц. Тогда как в стандарте IEEE 802.3ap признается, что кабельные системы категории 6 могут поддерживать технологию 10 Gigabit Ethernet на ограниченных расстояниях, только кабельные системы на основе медных кабелей категории 6A способны обеспечить надежную поддержку скорости передачи данных 10 Гбит/с на расстояния до 100 м.

Документ TSB-155 ассоциаций TIA/EIA является руководством, расширяющим существующий стандарт TIA/EIA-568-B.2-1. В этом документе кратко описываются методы оценки способности канала и постоянных соединений категории 6 отвечать требованиям в отношении расширенной полосы частот (250-500 МГц) и дополнительным требованиям, касающимся помех АХТ, что необходимо для поддержки технологии 10GBASE-T. Максимальные поддерживаемые каналами расстояния для кабелей UTP и STP категории 6 находятся в диапазоне от 37 до 100 м и зависят от таких факторов, как количество и расположение каналов в системе, по которой передаются данные со скоростью 10 Гбит/с, типы кабелей и патч-кордов, а также используемые для каналов коннекторы.

Основное сходство этих документов заключается в том, что они оба определяют предельные электрические характеристики каналов и постоянных соединений и методы тестирования в отношении посторонних перекрестных помех.

### 1-й этап тестирования: внутренние характеристики каналов

Скорость передачи данных технологии 10GBASE-T достигается при использовании медных проводов за счет задействования полнодуплексной передачи по каждой из четырех витых пар. Следовательно, первым этапом проверки возможности достижения скорости передачи данных 10 Гбит/с по структурированным кабельным системам категории 6A и категории 6 является проверка внутренних параметров каналов всех соединений на переменных частотах до 500 МГц. Эти соединения должны соответствовать предъявляемым к каналам требованиям в отношении длины, конфигурации и характеристик, определенным в стандарте TIA/EIA-568B.2-1 и проекте стандарта TIA/EIA-568B.2-10, а также документе TSB-155.

#### Конфигурация при тестировании каналов

Ассоциации TIA/EIA определяют конфигурацию 100 м испытательного канала, которая должна использоваться для проверки характеристик канала с использованием технологий 1000BASE-T и 10GBASE-T. Канал может включать в себя до 90 м смонтированного горизонтального кабеля (Рис. 1, С + D), дополнительно до 10 м суммарной длины патч-корда в телекоммуникационной комнате и шнура оборудования до расположенной в рабочей зоне розетки (Рис. 1, А + В + Е), розетку/коннектор телекоммуникационного оборудования, дополнительный переходной/объединяющий коннектор и два соединения в телекоммуникационной комнате (см. Рис.1).

В документе TIA/EIA-568-B.2 рекомендуется (в документе ISO 11801 это условие является обязательным) располагать точку консолидации не менее чем в 5 м от телекоммуникационной комнаты, чтобы снизить потери за счет эффекта переходных наводок на ближнем конце (NEXT) и обратные потери, возникающие при близком расположении нескольких соединений.

В документе TSB-155 указано, что технология 10GBASE-T должна использоваться для передачи данных по каналам длиной до 37 м с использованием кабелей категории 6; длина каналов может быть увеличена до 55 м, в зависимости от среды возникновения посторонних перекрестных помех, и свыше 55 м при использовании методик снижения помех AXT (включая использование экранированных кабелей).

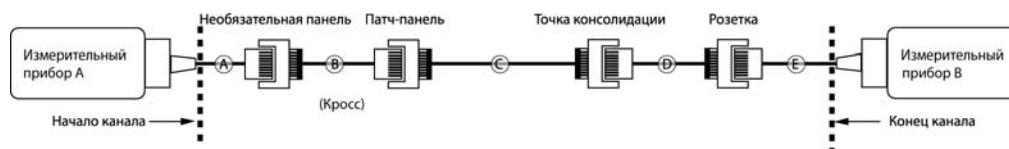


Рисунок 1. Конфигурация канала согласно стандартам TIA/EIA 568-B.2

#### Внутренние параметры канала

Тестирование внутренних параметров канала для кабельных систем категорий 6 и 6A включает в себя выполнение измерений на переменных частотах до 500 МГц привычных электрических параметров: задержка распространения, сдвиг задержки, вносимые потери, обратные потери, перекрестные помехи на ближнем конце (NEXT) и суммарные перекрестные помехи на ближнем конце (PSNEXT), а также отношение затухания к перекрестным помехам на дальнем конце (ACRF) и суммарное отношение затухания к перекрестным помехам на дальнем конце (PSACRF). Внутренние параметры канала для кабельных систем 1000BASE-T и 10GBASE-T приведены в Таблице 1.

Наибольшее отношение к обсуждению характеристик систем 10GBASE-T имеют обратные потери, помехи NEXT и отношение ACRF, которые показаны на Рис. 2. Скорости передачи данных 10 Гбит/с достигаются с помощью полнодуплексной передачи, и эти внутренние электрические параметры препятствуют получению необходимого соотношения сигнал/шум в условиях полнодуплексной передачи данных.

Обратные потери – это уровень сигнала, отражаемого обратно на передатчик из-за любых несоответствий сопротивления кабельного соединения или канала; при полнодуплексной передаче сигналы могут искажаться (и генерироваться отражение) как с передающей, так и с принимающей стороны. Характеристики NEXT и ACRF позволяют оценить взаимное влияние сигналов, передаваемых по различным витым парам одного кабеля, на ближнем и дальнем концах полнодуплексного соединения или канала соответственно. Характеристика ACRF отражает коэффициент затухания при передаче сигнала по каналу. В отличие от посторонних перекрестных помех, помехи NEXT, ACRF и обратные потери могут быть подавлены с помощью технологий DSP. Обратите внимание, что в документе TIA/EIA-568B.2-1 характеристики ACRF и PSACRF называются

**Тестирование характеристик при передаче данных со скоростью 10 Гбит/с по медным кабелям**

перекрестными помехами одинакового уровня на дальнем конце (ELFEXT) и суммарными перекрестными помехами одинакового уровня на дальнем конце (PS ELFEXT).

**Таблица 1. Установленные TIA/EIA предельные значения получаемых во время испытаний внутренних параметров канала при использовании кабелей категории 6 и 6А**

Параметр	Категория 6 (568-B.2-1)	Категория 6 (TSB-155)	Категория 6А (568-B.2-10)
Скорость передачи данных	1000BASE-T	10GBASE-T	10GBASE-T
Диапазон частот	(1-250 МГц)	(1-500 МГц)	(1-500 МГц)
Длина	100 м	37 м*	100 м
Задержка распространения	548 нс на 100 МГц 546 нс на 250 МГц	548 нс на 100 МГц 546 нс на 250 МГц Не определено для 500 МГц	538 нс на 100 МГц 536 нс на 250 МГц 536 нс на 500 МГц
Сдвиг задержки	50 нс	50 нс	50 нс
Вносимые потери	21,3 дБ на 100 МГц 35,9 дБ на 250 МГц	21,3 дБ на 100 МГц 35,9 дБ на 250 МГц 53,4 дБ на 500 МГц	20,9 дБ на 100 МГц 33,9 дБ на 250 МГц 49,3 дБ на 500 МГц
Обратные потери	18,6 дБ на 100 МГц 8,0 дБ на 250 МГц	12,0 дБ на 100 МГц 8,0 дБ на 250 МГц 6,0 дБ на 500 МГц	12,0 дБ на 100 МГц 8,0 дБ на 250 МГц 6,0 дБ на 500 МГц
NEXT	39,9 дБ на 100 МГц 33,1 дБ на 250 МГц	39,9 дБ на 100 МГц 33,1 дБ на 250 МГц 22,0 дБ на 500 МГц	39,9 дБ на 100 МГц 33,1 дБ на 250 МГц 26,1 дБ на 500 МГц
PSNEXT	37,1 дБ на 100 МГц 30,2 дБ на 250 МГц	37,1 дБ на 100 МГц 30,2 дБ на 250 МГц 20,4 дБ на 500 МГц	37,1 дБ на 100 МГц 30,2 дБ на 250 МГц 23,2 дБ на 500 МГц
ACRF (ELFEXT)	23,3 дБ на 100 МГц 15,3 дБ на 250 МГц	23,3 дБ на 100 МГц 15,3 дБ на 250 МГц 9,3 дБ на 500 МГц	23,3 дБ на 100 МГц 15,3 дБ на 250 МГц 9,3 дБ на 500 МГц
PSACRF (PSELFEXT)	20,2 дБ на 100 МГц 12,3 дБ на 250 МГц	20,2 дБ на 100 МГц 12,3 дБ на 250 МГц 6,3 дБ на 500 МГц	20,2 дБ на 100 МГц 12,3 дБ на 250 МГц 6,3 дБ на 500 МГц

\*В документе TSB-155 указано, что технология 10GBASE-T должна использоваться для передачи данных по каналам длиной до 37 м с использованием кабелей категории 6; длина каналов может быть увеличена до 55 м, в зависимости от среды возникновения посторонних перекрестных помех, и свыше 55 м при использовании методик снижения помех АХТ.

## Тестирование характеристик при передаче данных со скоростью 10 Гбит/с по медным кабелям

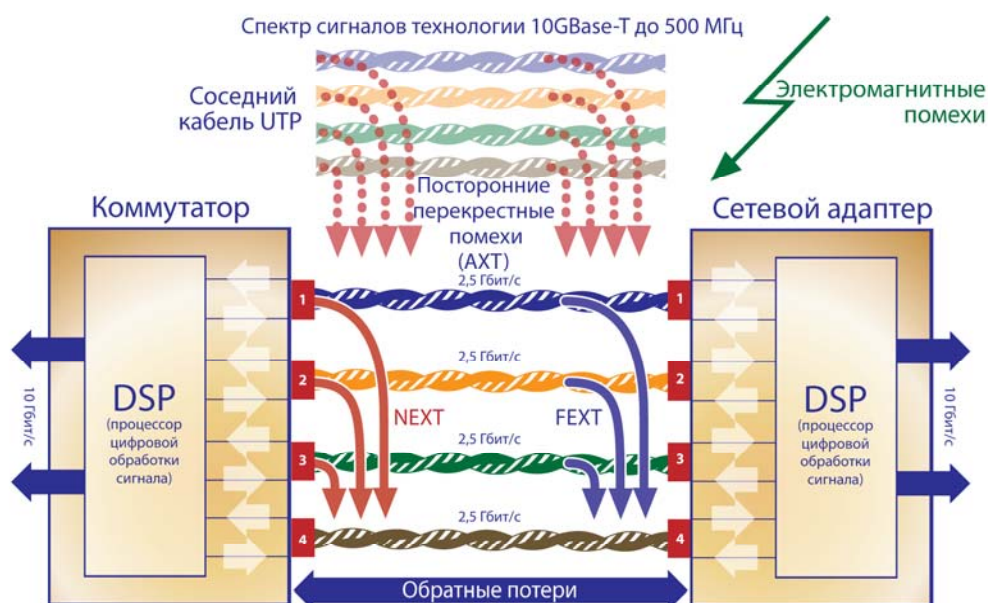


Рисунок 2. Основные электрические параметры, подлежащие тестированию при проверке передачи данных на скорости 10 Гбит/с

### 2-й этап тестирования: помехи PSANEXT и PSAACRF (PSELFEXT)

Второй (и намного менее знакомый) этап сертификации скорости передачи данных 10 Гбит/с по витым медным парам заключается в измерении параметров посторонних перекрестных помех (AXT) между каналами. Как и в случае измерения перекрестных помех внутри канала, помехи AXT измеряются и на ближнем конце (ANEXT), и на дальнем конце (AACRF).

В стандартах технологии 10GBASE-T отдельно определены процедуры тестирования в лабораторных и полевых условиях для систем категории 6 и 6A. Использование сетевого анализатора в лабораторных условиях является наиболее точным методом измерения помех AXT, так как лабораторные процедуры проведения испытаний позволяют моделировать наихудший случай посторонних перекрестных помех для любой заданной кабельной системы, а в реальных условиях кабели не должны стягиваться в жгуты сильнее, чем при лабораторных испытаниях.

#### Тестирование витых пар в лабораторных условиях

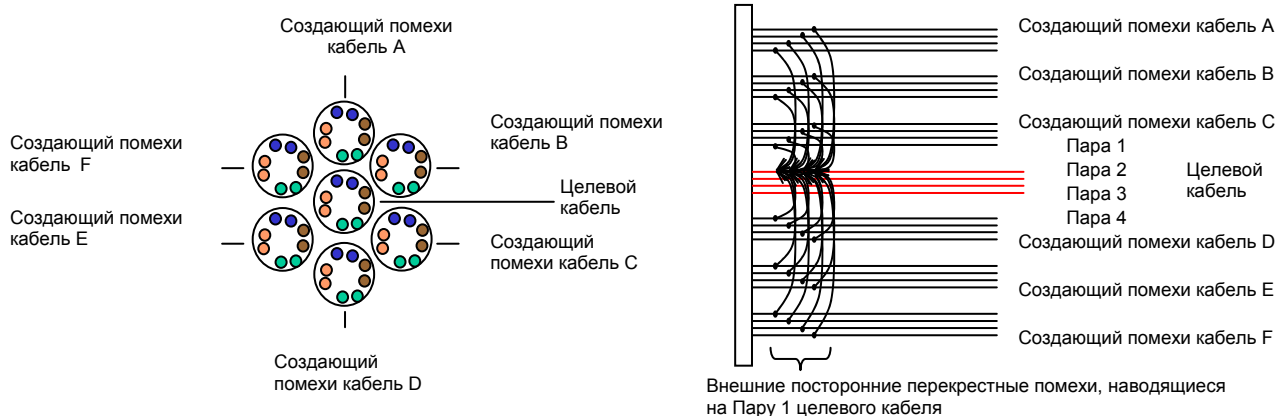
В случае лабораторных испытаний документами TIA-EIA-568-B.2-10 и TSB-155 предписывается осуществлять измерение посторонних перекрестных помех в конфигурации кабелей «6 вокруг 1», чтобы учесть наихудшее влияние на центральный «целевой» кабель со стороны шести создающих помехи кабелей, которые плотно стянуты в жгут вокруг него (см. Рис.3). Такая конфигурация предполагает, что при отсутствии непосредственного контакта между кабелями и центральным кабелем создаются намного более низкие уровни посторонних перекрестных помех и, следовательно, доля перекрестных помех от таких кабелей является незначительной.

Кроме того, кабели должны быть связаны в жгуты (с помощью кабельных стяжек или многоразовых стяжек типа «липучки») с шагом 8 дюймов (20 см) за исключением последних 3,3 фута (1 м) от каждого конца. Для определения худшего случая для различных параметров перекрестных помех должны быть испытаны наихудшие конфигурации при максимальной или минимальной длине каналов:

- длинные каналы (90 м постоянного соединения, 10 м патч-кордов, 5 м между точкой консолидации и розеткой);
- короткие каналы (15 м постоянного соединения, 4 м патч-кордов, 5 м между точкой консолидации и розеткой).

При этой конфигурации для каждого испытываемого «целевого» кабеля выполняется в общей сложности 96 измерений: каждый создающий помехи кабель содержит четыре витые пары, каждая из которых создает перекрестные помехи в четырех витых парах целевого кабеля, и эти 16 измеряемых значений перекрестных помех должны быть получены для всех шести кабелей, создающих помехи.

Для наилучшей оценки совокупного влияния каждого тестируемого канала конфигурации «шесть вокруг одного» в документах TIA/EIA-568-B.2-10 и TSB-155 указывается, что совокупные посторонние перекрестные помехи определяются как вычисляемые степенные суммы значений помех от всех пар внешних кабелей, наводящихся на целевую пару на переменных частотах до 500 МГц. Точнее, этими параметрами являются суммарные посторонние перекрестные помехи одинакового уровня на ближнем конце (Power Sum Alien Near-End Crosstalk, PSANEXT) и суммарное отношение затухания к посторонним перекрестным помехам на дальнем конце (Power Sum Alien Attenuation to Crosstalk Ratio at the Far-End, PSAACRF). Последнее название параметра используется в обоих стандартах для обозначения суммарных посторонних перекрестных помех на дальнем конце.



**Рисунок 3. Пример конфигурации «6 вокруг 1» для проведения испытаний.**

На левой схеме показано поперечное сечение конфигурации «6 вокруг 1», а на рисунке справа показано, как посторонние перекрестные помехи измеряются в этой плотно связанной группе.

### Тестирование витых пар в полевых условиях

Тогда как проведение испытаний на посторонние перекрестные помехи в лабораторной среде является достаточно простым, сертификация скорости передачи данных по кабелям «витая пара» 10 Гбит/с в полевых условиях является непростой задачей как в плане сложности осуществления, так и в отношении необходимого для этого времени. Прежде всего, конфигурация «6 вокруг 1» не имеет практического применения при проведении испытаний в полевых условиях, потому что положение жгутов кабелей в реальных условиях может меняться, а процент проложенных кабелей, которые геометрически расположены по схеме «6 вокруг 1», очень мал.

При выполнении тестирования в полевых условиях для каждой тестируемой пары целевого и создающего помехи кабеля оператор должен подключить оба конца расположенных рядом кабелей к портативному полевому измерительному прибору, выполнить тест для измерения характеристик ANEXT и AACRF, загрузить результаты в компьютер для расчета параметров PSANEXT и PSAACRF и затем повторить данную процедуру для всех кабелей, которые тестируются в данном жгуте. Используемое для сертификации кабельных систем категорий 6A и 6 оборудование для проведения испытаний в полевых условиях должно соответствовать классу точности, установленному для полевых измерительных приборов уровня IIIe (т. е. кабельный анализатор серии DTX-1800 производства компании Fluke Networks или аналогичный).

В результате проведенных лабораториями компании *PANDUIT* работ по испытанию систем на основе технологии 10GBASE-T с использованием портативного оборудования, приблизительное время, необходимое для измерения, в оптимальных полевых условиях, 96 сочетаний наводимых одними парами на другие перекрестных помех ANEXT и AACRF между одним целевым кабелем и шестью создающими помехи кабелями и вычисление параметров PSANEXT и PSAACRF, было оценено, с некоторым запасом, в 15 минут. Следовательно, для жгута из 24 кабелей время на тестирование одного целевого соединения относительно всех 23 создающих помехи кабелей в оптимальных условиях будет составлять около 60 минут.

Трудозатраты могут возрастать в связи с необходимостью затрат дополнительного времени на правильное определение подлежащих тестированию кабелей. Даже если кабельная система хорошо промаркирована, у работающих в полевых условиях техников уходит некоторое время на выявление в жгутах из 12–24 кабелей соответствующих кабелей, подлежащих испытанию, а если кабельные системы промаркированы плохо, необходимо будет затрачивать дополнительное время в связи с возможными ошибками людей.

Ясно, что для систем из сотен или тысяч соединений тестирование каждого кабеля в каждом жгуте приведет к недопустимым затратам времени и средств. В общем, предполагается, что существенные посторонние перекрестные помехи создают только соединения, расположенные в одном жгуте кабелей, поэтому тестирование соединений, расположенных в соседних жгутах, не требуется при сертификации системы на скорость передачи данных 10 Гбит/с. При практическом осуществлении сертификации в полевых условиях главным моментом является разработка стратегии проведения испытаний, которая (1) позволит ограничить количество подлежащих тестированию соединений в жгуте и (2) даст возможность уделить основное внимание испытанию соединений, которые наиболее вероятно будут иметь самые плохие показатели.

- (1) Ограничение количества подлежащих тестированию каналов приводит к сокращению затрачиваемого на тестирования времени за счет оценки только соединений, находящихся



в самых плохих условиях. Например, компания Fluke Networks рекомендует использовать выборку в виде либо 1% от общего количества соединений кабельной системы, либо пяти соединений, в зависимости от того, что больше. В Таблице 2 приведены оценки времени, необходимого на тестирование кабельных систем различного размера с использованием этой стратегии.

- (2) Отношение сигнал/шум ввиду посторонних перекрестных помех имеет наиболее неблагоприятное значение для самых длинных соединений; сигнал испытывает наибольшую степень затухания и, следовательно, является наиболее слабым на конце соединения. Кроме того, потери в связи с посторонними перекрестными помехами на ближнем конце происходят на протяжении первых 20–40 м кабельного соединения. Следовательно, для проведения испытаний выберите самые длинные соединения системы, а также более короткие соединения, имеющие самое короткое расстояние между коннекторами. Считается, что в этих соединениях, вероятнее всего, будет самый высокий уровень помех АХТ при измерении по параметрам PSANEXT и PSACCRF. Если соединения, находящиеся в самых худших условиях, успешно пройдут тестирование, то с высоким уровнем достоверности можно заключить, что другие соединения, находящиеся в более благоприятных условиях, также успешно пройдут испытания и, скорее всего, с более хорошими результатами. Вспомните, что все соединения прошли испытания на соответствие требованиям к внутренним характеристикам каналов на частотах от 1 до 500 МГц. Тестирование внутренних параметров каналов позволяют убедиться в высоких характеристиках компонентов и надлежащем качестве выполнения монтажных работ.

**Таблица 2. Оценка времени, необходимого для сертификации кабельных систем категории 6 или 6А**

Количество соединений в системе	Этап 1: время тестирования внутренних характеристик канала, ч	Этап 2: между каналами			Суммарное время на сертификацию, ч
		Целевые соединения	Размер жгута	Время тестирования, ч	
100	1	5	12	2,5	3,5
		5	24	5	6
750	5,5	8	12	4	9,5
		8	24	8	13,5
1000	11	10	12	5	16
		10	24	10	21

В документах TIA/EIA-568-B.2-10 и TSB-155 приведены конфигурации каналов и постоянных соединений, рекомендуемые для полевых испытаний на посторонние перекрестные помехи (см. Рис. 4 и 5), но при этом допускается, что другие конфигурации выполнения испытаний также могут дать приемлемые результаты. Производители структурированных кабельных систем также могут определять рабочие конфигурации и методы проведения полевых испытаний в своих гарантийных документах.

## Тестирование характеристик при передаче данных со скоростью 10 Гбит/с по медным кабелям

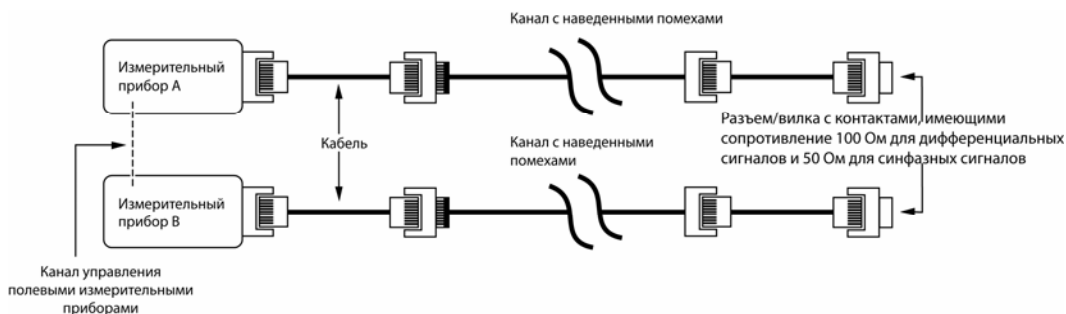


Рисунок 4. Рекомендованная ассоциациями TIA/EIA конфигурация для выполнения полевых испытаний в отношении помех ANEXT

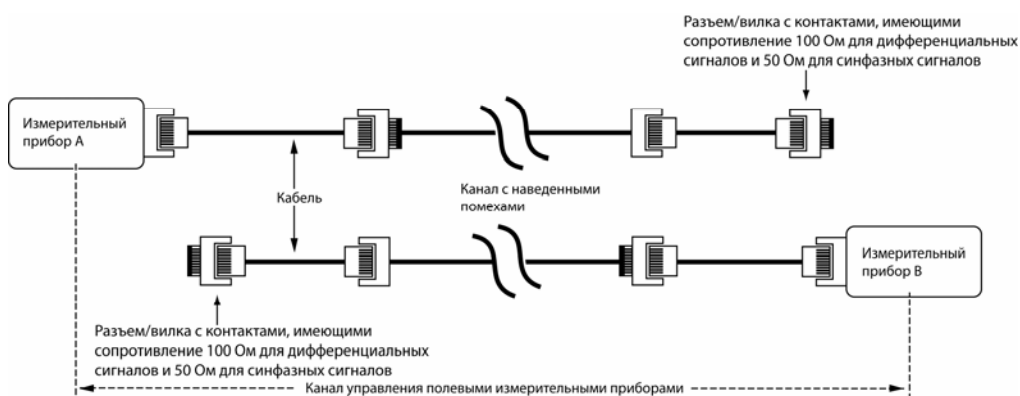


Рисунок 5. Рекомендованная ассоциациями TIA/EIA конфигурация для выполнения полевых испытаний в отношении помех AACRF

### Технологии снижения помех АХТ для систем категории 6

Традиционно кабельные системы категории 6 были предназначены и тестировались на частотах до 250 МГц. Эти системы достигают соответствия требованиям технологии 10GBASE-T по всей длине каналов только в том случае, если соответствуют спецификациям в отношении внутренних и посторонних перекрестных помех на частотах до 500 МГц, как это определено в руководстве TSB-155.

С точки зрения стратегии проведения испытаний, в документе TSB-155 приведены следующие специальные соображения относительно проверки характеристик технологии 10GBASE-T при использовании категории 6 в кабельных системах:

- тестируются только соединения, которые должны поддерживать технологию 10GBASE-T;
- в испытаниях участвуют создающие помехи соединения, которые оканчиваются около целевых соединений на патч-панелях или иных аппаратных средствах, предназначенных для выполнения соединений;
- рассматривается тестирование нескольких каналов или постоянных соединений кабельной системы, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга;
- Вычисляйте и отслеживайте уровни помех PSANEXT и PSAACRF до тех пор, пока не будут измерены параметры всех кабелей данной кабельной системы, которые, вероятнее всего, создают помехи.

Если на основании полученных, в результате полевых испытаний, измерений кабельная система категории 6 не соответствует требованиям в отношении электрических характеристик для поддержки технологии 10GBASE-T, то в документе TSB-155 приводятся указания, предназначенные для снижения

посторонних перекрестных помех между целевой парой и создающими помехи парами каналов и постоянных соединений категории 6. В приложении В документа TSB-155 кратко изложены следующие меры по снижению помех, являющиеся наиболее пригодными для отдельных ситуаций:

- использование экранированных патч-кодов категории 6 или патч-кордов категории 6A;
- замена коннекторов категории 6 на коннекторы категории 6A;
- использование не прилегающих друг к другу гнезд патч-панелей;
- разделение шнуров оборудования и патч-кордов;
- отказ от связывания в жгуты или более слабое стягивание жгутов горизонтальных кабелей; и
- изменение конфигурации в виде замены кроссов на соединения типа interconnect.

### Изделия компании *PANDUIT* помогают снизить помехи АХТ

Еще одним способом снижения влияния посторонних перекрестных помех является использование элементов кабельных систем, стойких к их воздействию. Так как приемопередатчики технологии 10GBASE-T не могут определять и компенсировать шумы, создаваемые соседними каналами, кабели и соединительные элементы категории 6A специально рассчитаны на подавление этого воздействия в рамках структурированной кабельной системы для обеспечения надежной скорости передачи данных 10 Гбит/с. Все неэкранированные и экранированные медные кабели «витая пара», разъемы и патч-корды *PANDUIT TX6™ 10GIG™* испытываются в заводских условиях в отношении основных внутренних параметров на частотах до 500 МГц, чтобы каждый компонент обеспечивал оптимальные характеристики канала со скоростью передачи данных 10 Гбит/с (кабели *TX6000™* и *TX6500™* категории 6 испытываются в заводских условиях на частотах до 250 МГц).

#### **Кабельные системы на основе неэкранированных кабелей «витая пара» (UTP)**

В системах на основе неэкранированных кабелей «витая пара» категории 6A, например, кабельной системе на основе неэкранированных медных проводов *PANDUIT TX6™ 10GIG™*, лаборатории компании *PANDUIT* задействовали инновационные методы снижения посторонних перекрестных помех как в кабеле, например, дополнительное разделение кабелей и более высокий коэффициент скручивания, так и в коннекторах, например, подавление перекрестных помех на печатных платах. Эти усовершенствования помогают добиться соответствия систем требованиям стандарта 10GBASE-T в отношении характеристик PSANEXT и PSAACRF для достижения расстояния в 100 м.

#### **Экранированные кабельные системы**

Кабельные системы на основе экранированных и неэкранированных кабелей «витая пара» категории 6A имеют сравнимые значения электрических характеристик, касающихся внутренних шумов и перекрестных помех внутри канала (см. Рис. 6). Однако более важно то, что экраны из фольги (правильно установленные и связанные) экранированных кабелей категории 6A предотвращают наложение сигналов между кабелями, что позволяет снизить посторонние перекрестные помехи до значительно более низкого уровня, чем установлено спецификацией IEEE 802.3ap для помех PSANEXT (см. Рис. 7) и PSAACRF. Это влияние является аналогичным, независимо от того, имеет ли кабель отдельные экраны вокруг каждой пары, как в кабелях типа U/FTP и S/STP, или один слой фольги вокруг всех пар, как в кабелях типа F/UTP. Характеристики таких систем обычно, как минимум, на 20 дБ лучше, чем систем на основе неэкранированных кабелей «витая пара» (UTP) категории 6A, что создает дополнительный запас для обеспечения передачи данных со скоростью 10 Гбит/с и устраняет потребность в трудоемком и занимающем много времени процессе полевых испытаний на

уровень помех АХТ. Экраны из фольги также служат препятствием наведению электромагнитных/радиочастотных помех из окружающей среды (т. е. помех, создаваемых сотовыми телефонами, радио, точками беспроводного доступа) на жгуты кабелей типа «витая пара».

Шаги по связыванию экранированных кабелей с соединительными компонентами и надлежащему проектированию и монтажу кабельной системы энергоснабжения являются важным элементом обеспечения необходимых характеристик. Задачи с использованием технологии 10GBASE-T очень чувствительны к шумам, поэтому разница потенциалов между электрическими заземлениями может привести к возникновению паразитного контура с замыканием через землю и стать причиной того, что частота передачи ошибочных битов будет достаточно высокой, чтобы повлиять на трафик, передаваемый с помощью технологии 10-GbE. Кабельная система на основе экранированных медных кабелей *PANDUIT TX6™ 10GiG™* была разработана для обеспечения неразрывного сплошного связывания при условии использования систем заземления компании *PANDUIT STRUCTUREDGROUND™*. Эти компоненты, в основном, обеспечивают заземление самостоятельно с минимальными дополнительными расходами. (Кабельные системы на основе неэкранированных кабелей «витая пара» (UTP) не связаны в единое целое и не образуют электрического контура, поэтому отсутствует вероятность возникновения паразитного контура с замыканием через землю.)

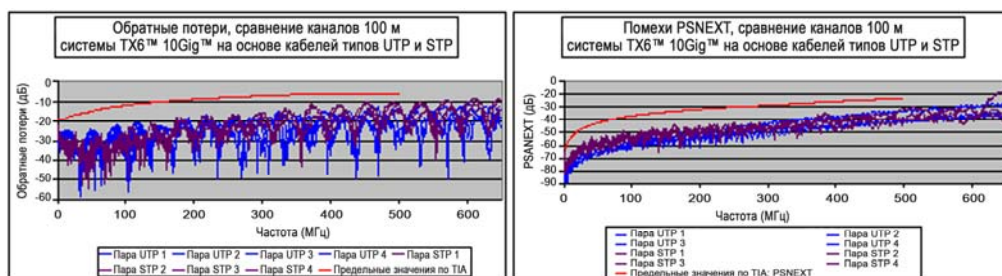


Рисунок 6. Обеспечиваемые кабельными системами категории 6A *TX6™ 10GiG™* внутренние параметры: обратные потери канала и суммарные перекрестные потери на ближнем конце

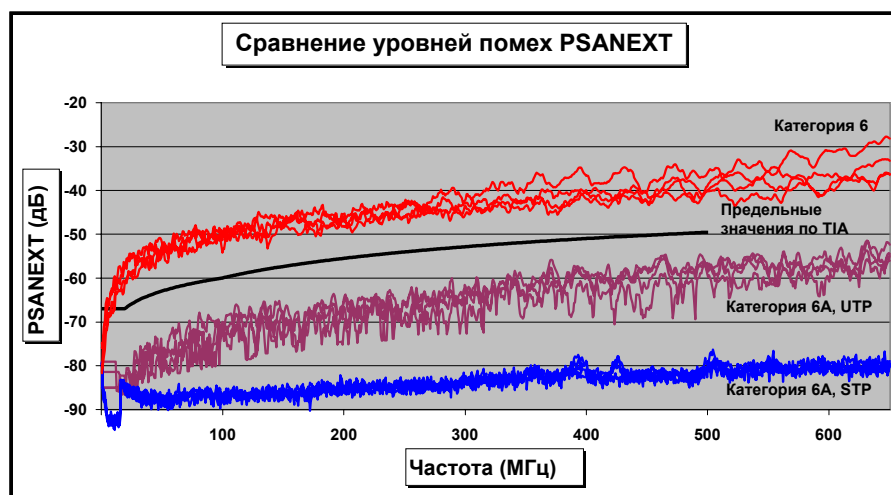


Рисунок 7. Сравнение обеспечиваемых кабельными системами различного типа категорий 6 и 6A характеристик по параметру PSANEXT на расстоянии 100 м

## Заключение

Технология 10GBASE-T является замечательной новой технологией, обеспечивающей конечным пользователям экономичную среду, позволяющую достигать скорости передачи данных 10 Гбит/с. Эта технология дает преимущества в виде более высокой пропускной способности и масштабируемости при меньшей стоимости, по сравнению с существующими решениями, обеспечивающими соединение со скоростью передачи данных 10 Гбит/с, но она также создает новые сложности в плане проведения полевых испытаний.

Методы проверки характеристик смонтированных систем с использованием технологии 10GBASE-T осложнены потребностью учитывать перекрестные помехи между близко расположенными кабелями, что отличается от учета помех в одном кабеле. В результате методы полевых испытаний становятся более сложными и требующими больше времени. Наличие оборудования для проведения полевых испытаний ограничено, так как методика тестирования должна не отставать от возрастающих скорости и пропускной способности. Кроме того, на проведение в полевых условиях проверки уровней помех АХТ требуется так много времени, что практически выполнимым является тестирование только определенного процента соединений в отношении этого параметра (т. е. тестирование части или всех соединений, предположительно находящихся в самых худших условиях, в зависимости от имеющихся в распоряжении времени и ресурсов).

Одним из возможных вариантов для клиентов является использование решения в виде экранированных кабельных систем, которые препятствуют наложению передаваемых по соседним кабелям сигналов и устраняют потребность в полевых испытаниях на уровень помех АХТ. Другим вариантом является использование решения на основе неэкранированных кабелей, которое связано с меньшими затратами на монтаж и более низкими требованиями в плане связывания и заземления.

Для решений на основе неэкранированных кабелей лабораторные испытания на уровень помех АХТ являются точным способом измерения характеристик системы передачи данных со скоростью 10 Гбит/с, потому что при этих испытаниях соединения тестируются в худших условиях (т. е. по схеме «6 вокруг 1»). Если неэкранированные соединения успешно проходят лабораторные испытания, то можно предположить, что данные соединения будут работать в полевых условиях на скоростях передачи данных 10 Гбит/с. Все кабельные системы передачи данных со скоростью 10 Гбит/с на основе медных проводов категории 6А производства компании *PANDUIT* соответствуют стандартам характеристик технологии 10GBASE-T для каналов с 4 коннекторами длиной до 100 м. Кабельные системы на основе медных проводов категории 6 производства компании *PANDUIT* могут работать на скоростях 10 Гбит/с при длине канала до 37 м.

Так как лаборатории компании *PANDUIT* тестируют кабельные системы на основе медных проводов для передачи данных со скоростью 10 Гбит/с на соответствие требованиям в отношении посторонних перекрестных помех в наихудших условиях и в связи с тем, что выполнение полевых испытаний на уровень помех АХТ представляет сложность, компания *PANDUIT* не требует проведения полевых испытаний на посторонние перекрестные помехи (ANEXT и AACRF) для своих решений, предназначенных для передачи данных со скоростью 10 Гбит/с, чтобы на систему распространялась гарантия в отношении ее характеристик. Для соответствия требованиям каждая

кабельная система должна быть смонтирована и проверена независимым, сертифицированным компанией *PANDUIT*, монтажником (PCI) на соответствие следующей спецификации:

- для кабельных системы на основе неэкранированных (UTP) и экранированных медных кабелей *PANDUIT TX6™ 10GIG™* каждый канал должен быть испытан на переменных частотах до 500 МГц в отношении значений внутренних характеристик канала в соответствии с документами IEEE 802.3ap и TIA/EIA-568B.2-10;
- для кабельных систем категории 6 *PANDUIT TX6000™* и *TX6500™* каждый канал должен быть испытан (а существующие каналы повторно испытаны) на переменных частотах до 500 МГц в отношении значений внутренних характеристик канала в соответствии с документами IEEE 802.3ap и TSB-155.

Клиентам, которые считают необходимым провести полевые испытания для проверки характеристик своей структурированной кабельной системы при скорости передачи данных 10 Гбит/с, рекомендуется выполнить данные испытания, так как методы тестирования на уровень помех АХТ в полевых условиях являются точными и эффективными.

## О КОМПАНИИ *PANDUIT*

Компания *PANDUIT* является мировым лидером в области производства проводных систем и средств связи, предоставляющим законченные решения, которые отвечают высоким требованиям в отношении электрических и сетевых характеристик. Данное решение компании *PANDUIT* создано на основе качества и долговечности для обеспечения максимальной надежности и производительности. Исследования и разработки, постоянно сосредоточенные на потребностях рынка, позволяют компании *PANDUIT* предлагать инновационные продукты, соответствующие современным задачам и средам. Это позволяет получить самые передовые решения, дающие возможность предприятиям продвигаться вперед к достижению своих стратегических целей.