

Технология 10 Gigabit Ethernet

**Сравнение экранированных и неэкранированных
структурированных кабельных систем
применительно к задачам
на основе технологии 10GBASE-T**

White Paper



LABORATORIES

www.panduit.com

Введение

Стандарт IEEE 802.3an-2006 для систем на основе технологии 10GBASE-T был утвержден в июне 2006 г. В нем определен прикладной стандарт передачи данных со скоростью 10 Гбит/с по медным кабелям «витая пара» на расстояния до 100 метров. Данный стандарт допускает использование кабельных систем на основе медного неэкранированного кабеля «витая пара» (UTP) и экранированного кабеля «витая пара» (STP). В данной статье приводится сравнение преимуществ использования кабельных систем UTP и STP для технологии 10GBASE-T, чтобы пользователи могли выбрать, в какую кабельную систему вкладывать средства для максимальной производительности сети в долгосрочной перспективе.

Стандарт IEEE 802.3an-2006 для технологии 10GBASE-T

Чтобы поддерживать решение задач на основе технологии 10GBASE-T, кабельные системы UTP и STP должны иметь одинаковые фундаментальные параметры, включая подавление посторонних перекрестных помех (наложение сигналов между кабелями) и спецификации каналов на частотах до 500 МГц. Стандарт IEEE 802.3an-2006 распространяется на кабельные системы расширенной категории 6 на основе кабелей UTP, категории 6 на основе кабелей STP и категории 6 на основе кабелей UTP. Хотя спецификация технологии 10GBASE-T касается, в первую очередь, кабельных систем расширенной категории 6, в ней также содержатся положения, касающиеся существующих систем категории 6. Традиционно кабельные системы категории 6 определяются и испытываются на частотах до 250 МГц и позволяют достичь соответствия технологии 10 Gigabit Ethernet (10 GbE) для каналов с длиной, указанной в Табл. 1 (55 метров или 55-100 метров), только при соответствии данных кабельных систем спецификациям внутренних параметров каналов, а также спецификациям посторонних перекрестных помех на частотах до 500 МГц, приведенным в Техническом бюллетене TSB-155 ассоциации TIA.

Таблица 1. Типы кабельных систем с использованием технологии 10GBASE-T и расстояния (из стандарта IEEE 802.3an-2006, табл. 55-12)

Кабельная система	Поддерживаемые длины сегментов соединений	Стандарты кабельной системы
Класс E/категория 6, неэкранированная	55 – 100 м	ISO/TEC TR-24750 / TIA/EIA TSB-155
Класс E/категория 6, неэкранированная	55 м	ISO/TEC TR-24750 / TIA/EIA TSB-155
Класс E/категория 6, экранированная	100 м	ISO/TEC TR-24750 / TIA/EIA TSB-155
Класс F, экранированная	100 м	ISO/TEC TR-24750
Класс E _A / расширенная категория 6, неэкранированная	100 м	ISO/IEC 11801 Ed 2.1 / TIA/EIA-568-B.2-AD10

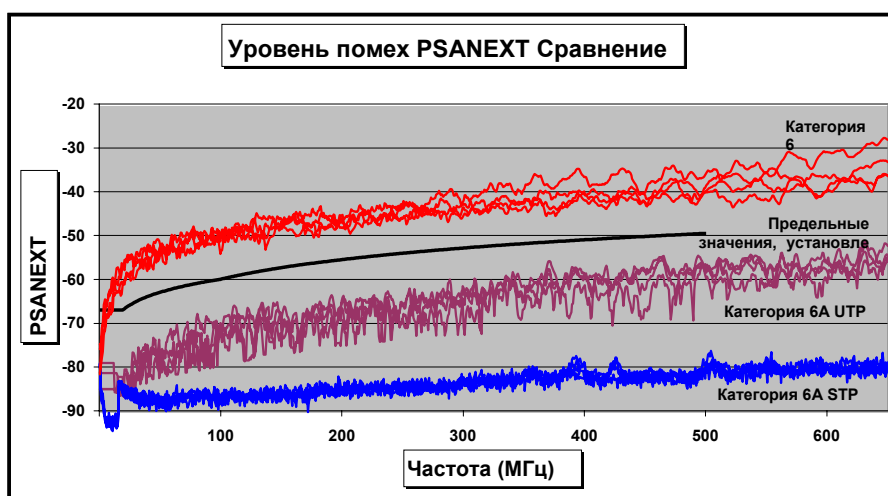
Посторонние перекрестные помехи

В системах на основе технологии 10GBASE-T источником помех, который более всего ограничивает возможность передачи данных с использованием технологии 10 GbE по медным кабельным системам, являются посторонние перекрестные помехи. Так как приемник технологии 10GBASE-T не может выявлять и компенсировать помехи от расположенных рядом каналов, чтобы обеспечить

надежную передачу данных, этот эффект должен подавляться в пределах кабельной системы. Данные помехи измеряются как суммарные посторонние перекрестные помехи на ближнем конце (Power Sum Alien Near-End Crosstalk, PSANEXT) и как суммарное отношение затухания к посторонним перекрестным помехам на дальнем конце (Power Sum Alien Attenuation to Crosstalk Ratio at the Far-End, PSAACRF). В документах TIA-EIA-568-B.2-10 и TSB-155 содержится требование измерения перекрестных помех в конфигурации кабелей «6 вокруг 1», которая позволяет оценить воздействие на центральный кабель в наихудшем случае, когда шесть кабелей туго стянуты в жгут вокруг этого кабеля.

В случае кабельной системы расширенной категории 6 с использованием неэкранированных кабелей «витая пара» (UTP) лаборатории компании *PANDUIT* разработали инновационные методы, позволяющие снизить посторонние перекрестные помехи как в кабеле (например, увеличенное разделение кабелей и более высокий коэффициент скручивания), так и в коннекторах (например, подавление перекрестных помех на печатных платах). Эти усовершенствования способствуют тому, чтобы система соответствовала определенным ассоциациями TIA/EIA спецификациям в отношении суммарных помех PSANEXT и PSAACRF для достижения расстояния передачи данных 100 метров. Система категории 6 на основе кабелей UTP, в которой не реализованы усовершенствования расширенной категории 6, не будет отвечать установленным требованиям в отношении перекрестных помех, соблюдение которых необходимо для передачи данных с использованием технологии 10GBASE-T на расстояние 100 м (см. Рис. 1).

Рисунок 1. Характеристики 100-метрового канала в плане уровня перекрестных помех PSANEXT



При правильно смонтированной и связанной системе на основе кабелей STP экраны из фольги внутри кабеля предотвращают наложение сигналов, благодаря чему снижается уровень посторонних перекрестных помех до значительно более низких значений, чем необходимо. 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. Проведенные лабораториями компании *PANDUIT* испытания показывают, что кабельные системы на основе экранированным кабелей «витая пара» (STP) имеют большой запас по сравнению с требованиями спецификаций IEEE 802.3ap-2006 для технологии 10GBASE-T в отношении помех PSANEXT (см. Рис. 1) и PSAACRF, благодаря чему обеспечиваются улучшенные характеристики уровня посторонних перекрестных помех. Из-за повышенного подавления кабелями

STP помех ANEXT и AACRF отпадает необходимость выполнения сложного и трудоемкого тестирования уровня посторонних перекрестных помех в полевых условиях.

Экранированный кабель

При выборе типа экранированного кабеля существует несколько различных вариантов, которые следует рассмотреть. На приведенных ниже схемах показаны три основные категории экранированных кабелей.

- Экранированный кабель из неэкранированных витых пар, имеющий общую фольгу вокруг всех пар
- Кабель из экранированных витых пар, в котором каждая отдельная пара имеет свой экран
- Экранированный кабель из экранированных витых пар, имеющий общий экран (или оплетку) вокруг всех пар, которые имеют дополнительные отдельные экраны из фольги

Каждый из этих кабелей имеет свои преимущества и недостатки. Конструкция кабеля с одной фольгой вокруг всех пар (например, тип F/UTP) достаточно сильно снижает уровень посторонних перекрестных помех между кабелями в канале, хотя в лабораториях компании *PANDUIT* установлено, что влияние общего экрана усложняет соблюдение требований в отношении внутренних характеристик по мере роста частот в результате повышения требований к пропускной способности.

В случае конструкции кабеля U/FTP каждая отдельная пара имеет свой экран. Эта конструкция обеспечивает отличные характеристики в отношении посторонних помех NEXT, внутренних помех NEXT, ELFEXT и обратных потерь, так как источник перекрестных помех между парами отсутствует, потому что пары экранированы индивидуально. Обычно кабель типа U/FTP является более дорогостоящим, чем кабель типа F/UTP, из-за отдельного экранирования пар.

В конструкции кабеля S/FTP используется один экран/оплетка вокруг всех пар и дополнительные экраны из фольги вокруг каждой пары. Эта конструкция также обеспечивает отличные характеристики в отношении посторонних помех NEXT и создает преимущество исключительной структурной целостности; сниженные внешние низкочастотные помехи для обеспечения исключительных показателей кабеля на всех уровнях переменных частот. Такой кабель обычно имеет более крупное сечение из-за двойного экранирования, и заделка такого кабеля является трудоемкой, что усложняет организацию таких кабелей.

Экранированный кабель из неэкранированных витых пар (S/UTP, F/UTP или SF/UTP) (также называется FTP)



Кабель из экранированных витых пар (U/STP, U/UTP)



Экранированный кабель из экранированных витых пар (S/FTP, F/FTP, SF/FTP или S/STP) (также называется STP)



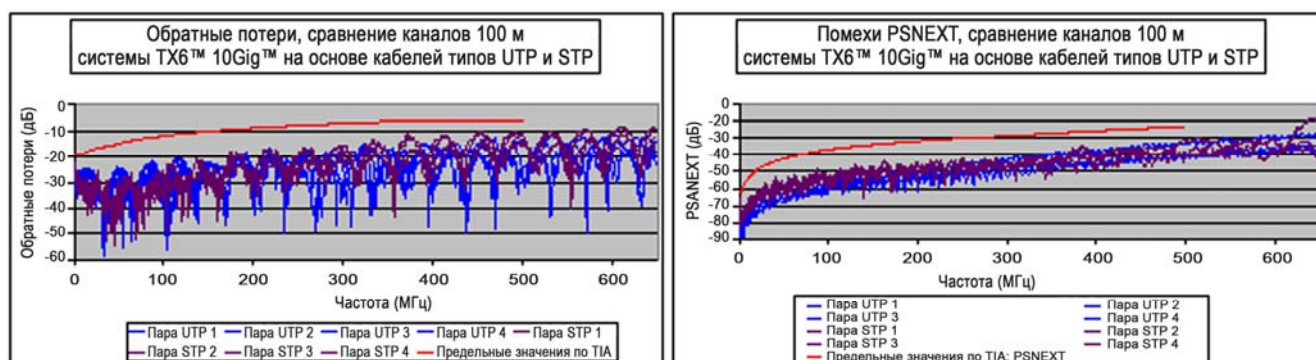
Характеристики в отношении электромагнитных помех (EMI) и радиочастотных помех (RFI)

Кроме обеспечения исключительных характеристик в отношении посторонних перекрестных помех, кабельная система на основе экранированных медных кабелей *PANDUIT™ TX6™ 10Gig™* обладает отличными характеристиками подавления электромагнитных помех (EMI) и радиочастотных помех (RFI). Помехи EMI/RFI могут снижать пропускную способность сети и исходить от таких распространенных устройств, как элементы беспроводной ЛВС, сотовые телефоны, телевидение и радио. Надлежащим образом заземленная кабельная система STP обеспечивает высокий уровень устойчивости к помехам EMI/RFI и должна использоваться в среде с высоким уровнем шумов или в местах установки оборудования, особо чувствительного к электромагнитным помехам.

Внутренние характеристики каналов

Тогда как кабельные системы STP обеспечивают отличные характеристики в плане посторонних перекрестных помех, кабельные системы на основе кабелей STP и UTP имеют сравнимые электрические характеристики в отношении внутренних помех и перекрестных помех внутри канала. Поскольку на внутренние электрические характеристики на высоких частотах основное влияние оказывают характеристики разъемов, кабельные системы на основе медных кабелей STP и UTP имеют почти одинаковые показатели по этим параметрам, потому что в них используются аналогичные конструкции соединения. На Рис. 2 показаны очень схожие характеристики кабелей STP и UTP в отношении обратных потерь и перекрестных помех на ближнем конце.

Рисунок 2. Сравнение характеристик системы *TX6™ 10Gig™* в отношении обратных потерь и суммарных перекрестных помех на ближнем конце внутри канала



Как диаметр кабеля влияет на длину канала

Исторически в кабельных системах на основе кабелей «витая пара» диаметр кабелей типа STP был больше, чем диаметр кабелей типа UTP, чтобы вместить фольгу экрана. Чтобы обеспечить необходимые характеристики в отношении посторонних перекрестных помех кабельных систем категории 6А на основе кабелей UTP, для управления геометрией между парами внутри кабеля и между кабелями необходим больший диаметр кабеля. Эти конструктивные изменения кабеля типа UTP привели к тому, что диаметр кабеля был увеличен и превысил типовой диаметр кабелей категории 6А типа STP.

Разница с диаметре кабелей между соответствующими стандарту 10GBASE-T кабелями типов UTP и STP еще более существенна для патч-кордов. Так как патч-корды типа STP полностью экранированы от помех ANEXT, то в патч-кордах STP используются многожильные проводники меньшего сечения, что упрощает организацию кабелей. Как в случае горизонтальных кабелей, разрешение проблемы посторонних перекрестных помех и контроль геометрии расположения пар привели к использованию для патч-кордов UTP проводников и кабелей большего диаметра.

Большой диаметр проводников в патч-кордах UTP обеспечивает более мощный сигнал при падении уровня на 20%, тогда как в патч-кордах STP падение уровня составляет 50%. Эту разницу в падении уровня сигнала следует учитывать при проектировании каналов, в которых необходимы патч-корды длиной свыше 8 метров.

Согласно стандарту TIA/EIA 568-B, максимальная длина горизонтального кабеля определяется по формуле: $H = 102 - C(1+D)$,

где: H = максимальная длина горизонтального кабеля
C = суммарная длина кабелей оборудования, шнуров рабочей зоны и патч-кордов
D = коэффициент падения уровня для коммутационных шнуров (UTP - 20%, STP – 50%)

Например, при использовании приведенной выше формулы максимальная длина горизонтального кабеля канала с общей длиной коммутационных кабелей 15 метров равна 84 метрам для кабельной системы типа UTP и 79,5 метров для кабельной системы типа STP.

Пример канала UTP

$H = 102 - C(1+D)$
H = 100
C = 15
D = 20%

$H = 102 - 15(1+0,20)$
H = 84

Пример канала STP

$H = 102 - C(1+D)$
H = 100
C = 15
D = 50%

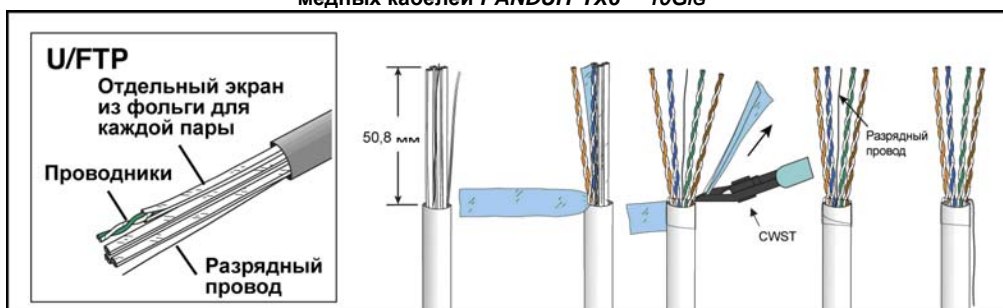
$H = 102 - 15(1+0,50)$
H = 79,5

Заделка и монтаж

Хотя кабельные системы STP обладают лучшим подавлением посторонних перекрестных помех и электромагнитных/радиочастотных помех, установщики, подрядчики и руководители по информационным технологиям на многих рынках не знают, как правильно заделывать и монтировать кабельные системы STP. Время монтажа для кабельных систем STP может быть более продолжительным, чем для кабельных систем UTP.

Для методики заделки компании *PANDUIT* модульные разъемы для кабелей типов UTP и STP являются одинаковыми, за исключением процедуры подготовки кабеля. Как показано на Рис. 3, перед осуществлением заделки фольга и провод заземления кабеля типа STP должны быть оттянуты назад и закручены вокруг конца кабеля, чтобы обеспечить неразрывное соединение и эффективное заземление. Так как фольгу необходимо зачистить назад и обрезать лишнюю фольгу, на выполнение каждой заделки уходит дополнительное время. В среднем, на заделку модульного разъема STP компании *PANDUIT* уходит на 30 секунд больше, чем на заделку модульного разъема UTP.

Рисунок 3. Подготовка кабеля к заделке для кабельной системы на основе экранированных медных кабелей *PANDUIT TX6™ 10Gig™*



Требования в отношении связывания и заземления

Сегодня, когда большая часть кабельных систем на основе технологии 10GBASE-T монтируются в информационных центрах, очень важно внедрить надлежащую процедуру организации заземления, чтобы защитить людей и дорогостоящее оборудование. Чтобы реализовать преимущества полной производительности системы, следует обеспечить общую целостность системы связывания и заземления на объекте. Компания *PANDUIT* может оказать помощь для обеспечения надлежащего связывания и заземления для систем на основе кабелей STP и UTP.

Для систем на основе кабелей UTP соединение кабелей не требует связывания всей системы, но необходимо уделить внимание целостности заземления патч-панелей и стоек на общую точку заземления, чтобы защитить инфраструктуру. Для систем на основе кабелей STP, в целях обеспечения надлежащих характеристик, обязательно необходимо выполнить дополнительный этап связывания кабелей с соединительными элементами. Кабельная система на основе экранированных медных кабелей *PANDUIT TX6™ 10Gig™* разработана для обеспечения постоянного непрерывного связывания при использовании решений для заземления систем *PANDUIT STRUCTUREDGROUND™*. Эти компоненты, в основном, обеспечивают заземление самостоятельно с минимальными дополнительными расходами.

Важность надлежащего заземления кабельных система на основе кабелей STP

Для передачи данных с использованием технологии 10GBASE-T кабельные системы STP обладают определенными основными электрическими характеристиками, которые необходимо учитывать при планировании создания новой системы, по которой будет передаваться трафик с использованием технологии 10 GbE. При использовании кабельной системы STP необходимо уделять внимание реализации системы электропитания и заземления, на основе которой будет работать система передачи данных на базе медных кабелей. Если система электропитания или кабельная система не будет надлежащим образом спроектирована и/или смонтирована, переходы или разница электрических потенциалов могут привести к импульсным выбросам или образованию паразитного контура с замыканием через землю, что, скорее всего, приведет к ошибкам при передаче данных. Так как приложения с использованием технологии 10GBASE-T очень чувствительны к помехам, потенциальные различия в электрическом заземлении могут привести к такой частоте битовых ошибок, которая будет влиять на трафик, передаваемый с использованием технологии 10 GbE. Следовательно, для обеспечения полной скорости передачи данных очень важно заранее спроектировать и смонтировать систему питания и заземления. При возникновении проблем со скоростью передачи данных в сети передачи данных на основе кабелей STP необходимо выполнить

проверку, включающую в себя контроль связывания и заземления, а также конструкции системы электропитания и заземления в целом.

Рекомендации лабораторий компании *PANDUIT* в плане связывания решения кабельной системы приведено на Рис. 4 ниже. В обобщенном виде рекомендации следующие:

Этап 1. Подготовка кабелей и заделка с использованием модульных разъемов

- Снимите верхнюю оболочку кабеля и подготовьте фольгу, оплетку или разрядный провод к связыванию с модульным разъемом
- Обеспечьте связывание металла с металлом между экранированным кабелем и экранированным модульным разъемом (электропроводное покрытие на 360 градусов обеспечивает лучшую защиту)

Этап 2. Связывание модульного разъема с патч-панелью

- Обеспечьте точки контакта металла с металлом между модульным разъемом и патч-панелью
- В качестве альтернативы можно обеспечить связывание металла с металлом между модульным разъемом и стойкой/шкафом с помощью проволочных перемычек

Этап 3. Связывание патч панели со стойкой/шкафом

- Обеспечьте точки контакта металла с металлом между патч-панелью и стойкой
- Так как большинство патч-панелей и/или стоек автоматически окрашиваются, для снятия краски в резьбовых отверстиях направляющих для монтажа оборудования при сборке следует использовать самонарезающие винты. Головки винтов или шайбы должны также иметь зубцы для снятия краски с патч-панелей при монтаже

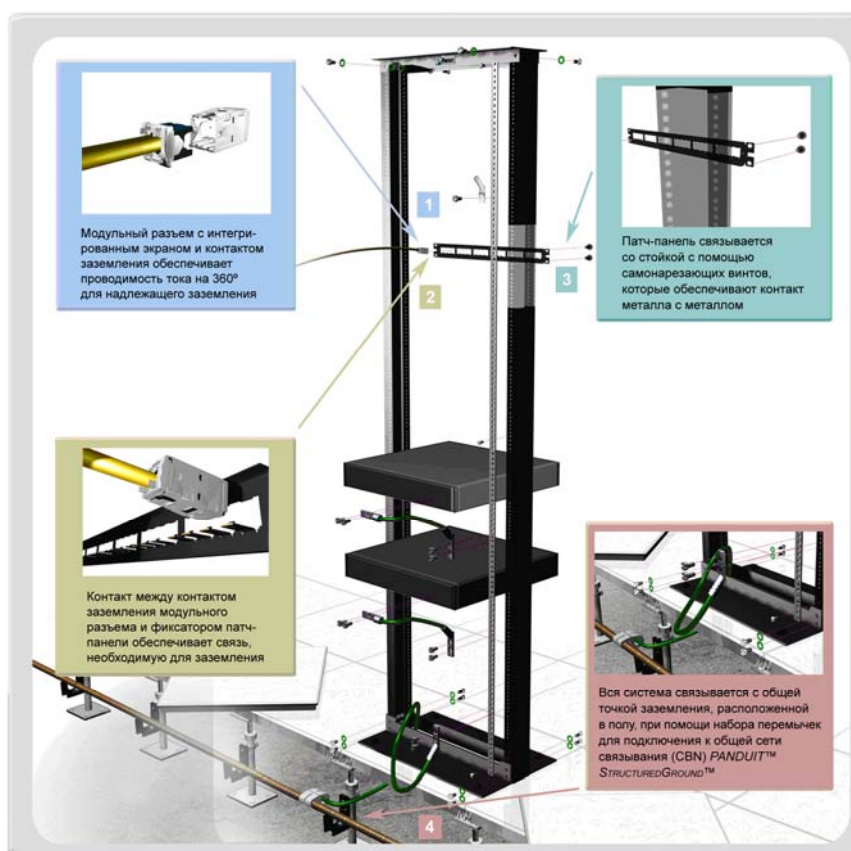
Этап 4. Связывание стойки/шкафа с общей сетью связывания

- Направляющие стойки или шкафа должны быть связаны с заземляющей конструкцией этажа через главный заземляющий стержень или через контур общей сети связывания (MCBN)
- Не рекомендуется использовать последовательное соединение стоек с помощью шин заземления, так как в этом случае создается элемент, отказ которого приводит к отказу всей системы и прохождению тока через стойки

Кроме надлежащего связывания и заземления структурированной кабельной системы, также важно создать сеть связывания оборудования, чтобы свести к минимуму разницу электрических потенциалов. Для этого рекомендуется следующее:

- Связывание оборудования со стойками/шкафами
- Связывание каждой стойки/шкафа с главной шиной заземления телекоммуникационной комнаты (TMGB), что может быть выполнено через контур общей сети связывания (MCBN)
- Связывание шины TMGB с используемым электрическим щитом комнаты

Рисунок 4. Нерезывный 4-этапный процесс связывания компании PANDUIT



Наконец, при монтаже часто возникает вопрос, должен ли монтажник связывать кабельные каналы с одного конца или с обоих концов. При связывании кабельного канала только с одного конца исключается опасность возникновения токового контура через заземление. При связывании обоих концов канала возникает вероятность образования токового контура через заземление, если существует разница электрических потенциалов между заземлениями на двух концах канала (т. е. экран данного кабеля окажется единственным металлическим соединением между различными системами энергоснабжения переменного тока). Преимущество связывания с обоих концов канала заключается в повышенном уровне защиты от внешних посторонних помех NEXT, электромагнитных и радиочастотных помех. Следовательно, для обеспечения максимальных электрических характеристик информационного центра и телекоммуникационной комнаты лаборатории компании PANDUIT рекомендуют связывать оба конца кабельных каналов в следующих случаях:

- При наличии нескольких систем энергоснабжения переменного тока они связаны между собой для снижения разницы напряжения земли (согласно требованиям Национального электротехнического кодекса – NEC)
- Канал из экранированных кабелей расположен в одном здании

В случае рабочих станций рекомендуется связывать кабельный канал обычным образом только в телекоммуникационной комнате, а со стороны рабочей станции связывание следует осуществлять через патч-корд, который обеспечит надлежащий путь к заземлению через вилку питания сети переменного тока компьютера.

Экономические соображения

Для обеспечения совместимости компонентов кабельной системы на основе кабелей UTP с технологией 10GBASE-T в данное решение были включены несколько повышающих надежность конструктивных решений, например, материал заполнителя, больший диаметр кабеля, усложненные схемы свития пар и жил. Эти конструктивные особенности усовершенствованного кабеля свели разницу в цене между кабельными системами на основе неэкранированных (UTP) и экранированных (STP) кабелей с использованием технологии 10GBASE-T почти к нулю (разница в цене зависит от класса воспламенения кабеля и конфигурации конкретного сетевого канала).

При монтаже решение на основе кабеля STP потребует больше времени на заделку модульных разъемов и надлежащее связывание структурированной кабельной системы. Следовательно, можно предположить, что стоимость монтажа приведет к небольшим дополнительным расходам в общей сумме расходов на смонтированную систему. С другой стороны, общая экономия на создании кабельной системы на основе кабелей UTP будет зависеть от затребованного конечным пользователем процента каналов, испытываемых на уровень посторонних перекрестных помех в полевых условиях, что может занимать от 20 до 40 минут на канал.

Заключение

За исключением некоторых стран, например, Франции или Германии, во всем мире для монтируемых структурированных медных кабельных систем чаще всего выбирается кабель UTP. Спецификация IEEE 10GBASE-T, в которой определена передача данных с использованием технологии 10 GbE по медным витым парам, позволяет использовать медные кабельные системы как на основе кабелей UTP, так и кабелей STP. Каждый из типов кабелей имеет свои преимущества и недостатки (см. Табл. 2).

Главным преимуществом использования кабельных систем на основе кабелей STP является гораздо более сильное подавление посторонних перекрестных помех. Защита от этих помех обеспечивает лучшую целостность сигнала, чем при использовании кабельных систем на основе UTP. Основным преимуществом кабельных систем на основе UTP является простота монтажа и быстрота выполнения заделки. Кроме того, в большинстве регионов монтажники и подрядчики больше знакомы с кабельными системами на основе кабелей UTP, включая процедуру монтажа. Для многих рынков продолжает сохраняться кривая обучения монтажу кабельных систем STP.

При том что во всех случаях следует применять правильные методы связывания и заземления, на практике часто возникает больше недопонимания с тем, как выполнить это для кабельной системы на основе кабелей STP, и какие дополнительные расходы потребуются для удовлетворения этих требований. Кроме того, для устранения возможных паразитных контуров с замыканием через землю необходимо обратить внимание на правильность заземления за пределами кабельной системы, подключаемого к электрическим системам. Если система кабелей электропитания не запроектирована и/или не смонтирована надлежащим образом, то между двумя концами канала на основе кабелей STP может возникнуть разница электрических потенциалов. Разница электрических потенциалов может привести к образованию паразитного контура с замыканием через землю, что с большой долей вероятности приведет к ошибкам скорости передачи данных. Таким образом, общая целостность систем электропитания и заземления является очень важным фактором для обеспечения производительности технологии 10GBASE-T. Этот вопрос имеет меньшее значение в случае кабелей UTP, потому что системы на основе кабелей UTP не образуют замкнутых контуров с землей.

Экранированный кабель «витая пара» (STP) в сравнении с неэкранированным кабелем «витая пара» (UTP)

В заключение отметим, что если производительность для данного объекта является ключевым фактором, то рекомендуется монтировать систему на основе кабелей STP по причине более хороших характеристик кабелей STP в плане подавления посторонних перекрестных помех для технологии 10GBASE-T и/или в связи с устранением необходимости выполнять трудоемкую процедуру тестирования уровня посторонних перекрестных помех в полевых условиях. Если пользователя волнует вопрос методики связывания и заземления в пределах сети, сохранение целостности и непрерывности кабельной системы STP и системы заземления на протяжении всего срока службы кабельной системы, и/или он хочет добиться минимальной стоимости системы на основе технологии 10GBASE-T, рекомендуется использовать систему на основе кабелей UTP.

Таблица 2. Сравнение кабельных систем на основе кабелей STP и UTP, соответствующих технологии 10 GbE

Преимущества кабелей STP	Преимущества кабелей UTP
<ul style="list-style-type: none">Отличное подавление посторонних перекрестных помех (> 20 дБ запас для помех ANEXT по сравнению со стандартом)Ввиду большого запаса по сравнению со стандартом 10GBASE-T, проведение испытаний в отношении посторонних перекрестных помех в полевых условиях не требуется (экономия времени оценивается в 20-40 минут на один канал)Отличная защищенность от воздействия устройств, которые создают электромагнитные и радиочастотные помехи, например, оборудования беспроводных ЛВС, сотовых телефонов, телевидительного оборудования и радиоУпрощает организацию коммутационных кабелей ввиду меньшего диаметра кабелей (диаметр кабеля STP равен 0,58 сантиметра в сравнении с диаметром кабеля UTP, равным 0,74 сантиметра)	<ul style="list-style-type: none">Монтажникам и подрядчикам удобнее монтировать системы на основе кабелей UTP, а не кабелей STP, что может приводить к более низкой стоимости монтажаНе требуется дополнительный этап связывания кабелей с компонентами, обеспечивающими связь, отсутствует опасность образования паразитных контуров с замыканием через землюПри заделке разъемов не требуется подготовка кабеля, время монтажа сокращается (заделка экранированных разъемов занимает на 50% больше времени, чем заделка разъемов UTP)Коммутационные кабели UTP и STP приводят к падению уровня сигнала в канале на 20% и 50% соответственно, что позволяет использовать каналы большей длины в случае применения кабеля UTP при использовании патч-кордов длиной более 8 метров

О компании PANDUIT

Компания PANDUIT является мировым лидером по проектированию и поставке передовых решений в области электротехники и сетевых технологий. Уже более 50 лет компания PANDUIT проектирует и производит законченные решения, которые помогают нашим клиентам применять передовые технологии. Наш мировой опыт и прочные отраслевые связи делают компанию PANDUIT ценным и надежным партнером, который предлагает технологические решения и безупречный сервис. Наше стремление к инновациям, качеству и сервису создает конкурентные преимущества, благодаря которым компания PANDUIT завоевывает предпочтения клиентов.