

Защита систем PoE от грозовых перенапряжений и других опасных электрических разрядов

Публикуется с разрешения Goldstein Group Communications (www.ggcomm.com)

Филлип Хэйвенс, Чэд Марак (США)

Более широкое использование питания по сети Ethernet (PoE) расширяет круг приложений, в которых можно использовать Ethernet, например, в телефонии первой и последней мили. В этих случаях увеличивается вероятность скачков напряжения, вызванных молнией или электростатическими разрядами. Правильное проектирование защищает оборудование POE от этих опасностей.

ВВЕДЕНИЕ

Питание по сети Ethernet (PoE) быстро набирает популярность. Оно устраняет необходимость в отдельных источниках питания для подсоединённого оборудования, необходимость устанавливать оборудование вблизи розетки переменного тока и необходимость в отдельных кабелях питания. Недавнее увеличение мощности, которая может быть передана посредством PoE, с 15,4 Вт (PoE) до 30 Вт (PoE+) только расширило круг потенциальных применений. Теперь сеть Ethernet обеспечивает достаточную мощность для телефонии VoIP, для питания беспроводных точек доступа с расширенным радиусом действия и для управления камерами видеонаблюдения, оснащёнными функциями панорамирования и наклона.

Более активное использование PoE расширяет диапазон местоположений, где может быть использована сеть Ethernet, от отдельных помещений до кампусов (между зданиями) или даже первой/последней мили телефонных приложений. Окружающие условия вне помещений существенно увеличивают незащищённость от воздействия выбросов напряжения, вызванных раз-

рядами молний, и электростатического разряда (ESD), не говоря уже о неожиданных отказах питания из-за случайных коротких замыканий в линии электропередачи переменного тока. Эта статья предлагает рекомендации по защите оборудования PoE от этих электрических факторов риска, опираясь на методы проектирования, которые разработаны на основе фактических данных.

Основные положения PoE

Питание подаётся по кабелю посредством питающего оборудования (PSE) либо через коммутатор (также называемый концевым пролётом) или средний пролёт (если он установлен где угодно, кроме конца кабеля). Устройства на кабеле, которые потребляют мощность, называются питаемыми приборами (PD).

Уровни мощности PoE. Стандарт IEEE 802.af ограничивает потребление мощности питаемым прибором на уровне 12,95 Вт (360 мА), который соответствует ограничению выходной мощности питающего оборудования 15,4 Вт (400 мА) на порт после учёта потерь в кабеле. Стандарт IEEE 802.af PoE ограничивает максимальный ток

питающего оборудования на каждое соединение с устройством на уровне 400 мА и ток питаемого устройства на уровне 360 мА. Этот стандарт учитывает потери в петле линии питания с максимальной длиной 100 м, что позволяет получать до 57 В напряжения постоянного тока от питающего оборудования. Номинальным уровнем является 48 В постоянного тока.

Стандарт IEEE 802.at, или PoE+, позволяет передавать питающему оборудованию до 30 Вт и принимать до 25,5 Вт мощности для оборудования типа 2 (тип 1 для PoE+ соответствует PoE) при токе питающего оборудования до 600 мА. Стандарт PoE+ также требует использовать низкоомную проводку (не более 12,5 Ом на пару в петле по сравнению с 20 Ом для PoE), такую как CAT5e или CAT6.

Компании работают над тем, чтобы ещё больше увеличить мощность. Существуют питающие устройства, которые предлагают 60 Вт на порт, а одна фирма продаёт питающие устройства среднего пролёта, обещающие 95 Вт на порт с использованием запатентованного процесса обнаружения. Такая мощность может приближаться к физическим ограничениям кабеля CAT5, и это означает, что для большей мощности (ведутся разговоры о 200 Вт PoE) придётся найти какой-то способ решения проблемы. Один из подходов заключается в увеличении расстояния между кабелями в жгуте, чтобы обеспечить лучшее рассеяние тепла. Кроме того, может потребоваться кабель с увеличенным сечением проводников.

Таблица 1. Разделение питаемых устройств PoE на классы

Класс	Диапазон мощности питаемого устройства, Вт
0 (по умолчанию)	0,44...12,95
1	0,44...3,84
2	3,84...6,49
3	6,49...12,95
4	Класс зарезервирован на будущее

Таблица 2. Классификация питаемых устройств по мощности и характеристикам для стандарта PoE+ (IEEE 802.3at)

Класс	Напряжение питания, В	Ток классификации, мА	Средняя мощность питаемого устройства, Вт	Тип питаемого устройства
0 (по умолчанию)	-14,5...-20,5	0...4	13,0	1
1		9...12	3,84	
2		17...20	6,49	
3		26...30	13,0	
4	-14,5...-20,5/-6,90...-10,1	36...44	25,5	2

Отметим, что эти повышенные напряжения не совместимы ни со стандартом IEEE 802.3af, ни со стандартом IEEE 802.3at.

Определение требований к мощности. Для питающего устройства важно передать величину требуемой питаемым устройством мощности, которая не приведёт к повреждению. Чтобы определить требуемый уровень мощности, питающее и питаемое устройства участвуют в процедуре возвратно-поступательной сигнализации при включении, которая содержит импульсы напряжения, посылаемые питающим устройством, для определения характеристики импеданса подсоединённых питаемых устройств. Этот процесс обнаружения устанавливает систему в один из пяти классов, как показано в таблице 1. Таблица 2, показывает классификацию питаемых устройств для стандарта PoE+.

Режимы PoE (технология ФАНТОМНОГО ПИТАНИЯ)

Питание по кабелю Ethernet может быть обеспечено одним из двух спосо-

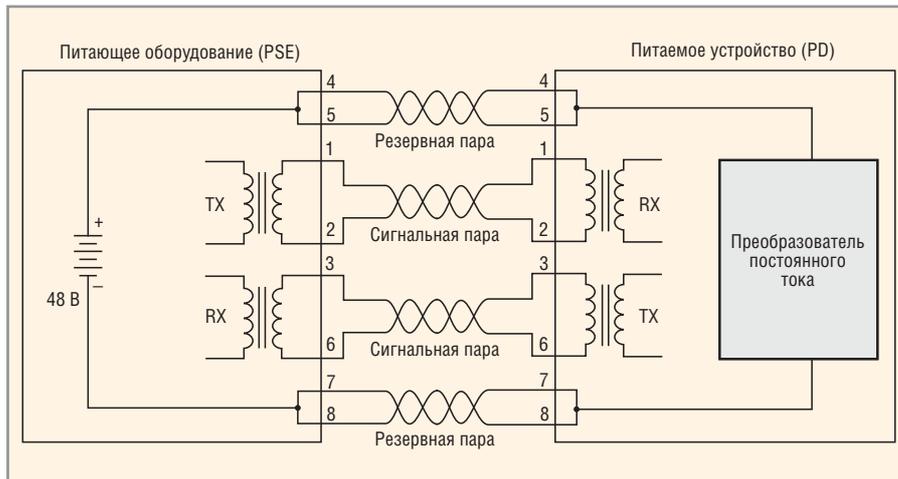


Рис. 1. Питание в режиме В подаётся по «резервным» парам для передачи данных, имеющихся в системах 10BaseT или 100BaseTX

PoE использует технологию фантомного питания таким образом, что одиночная пара передаёт нулевой потенциал между своими проводниками; напряжение источника питания является разностью между двумя различными парами проводов

бов. В режиме В питание подаётся по «резервной» информационной паре, имеющейся в системах 10BaseT или 100BaseTX, поскольку только две пары используются для передачи информации (задействованы выходы 1, 2 и 3, 6 разъёма RJ-45). Это оставляет выходы 4, 5 и 7, 8 разъёма RJ-45 свободными

для подачи питания, как показано на рисунке 1. Отметим, что PoE использует фантомную технологию энерго-снабжения таким образом, что одиночная пара передаёт нулевое напряжение постоянного тока между своими проводниками. Напряжение источника питания получается как разность

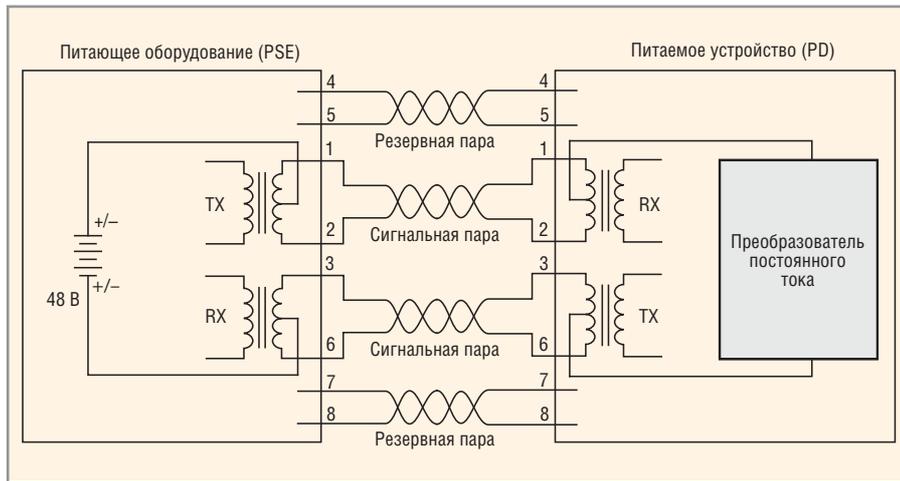


Рис. 2. Питание в режиме А для приложений 1000baseТ также использует фантомную технологию, но совмещает напряжение постоянного тока с сигналом, передаваемым по существующим парам на выводах 1, 2 и 3, 6

Один изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 1, 2, тогда как другой изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 3, 6

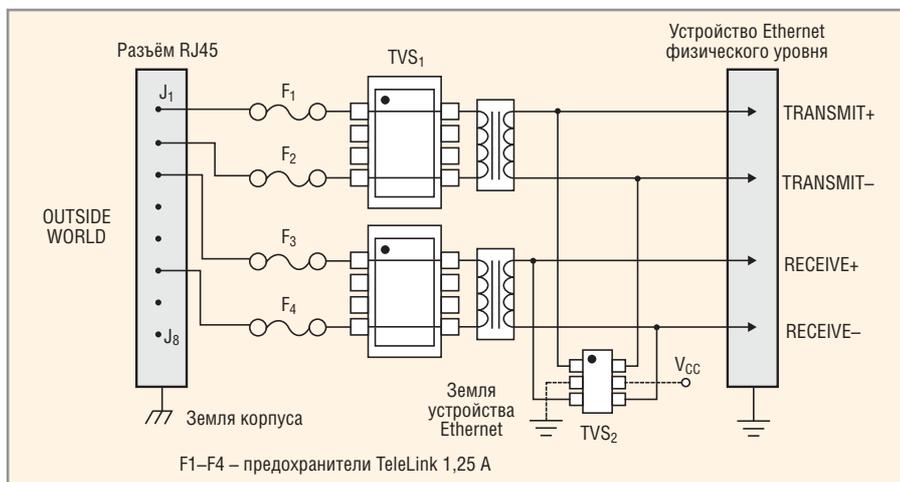


Рис. 3. Защита от грозовых разрядов для приложения 10/100baseТ использует набор ограничительных устройств

Выброс, вызванный разрядом молнии, активирует приборы TVS1 (в середине рисунка), обеспечивая срабатывание ограничения, которое отводит опасное перенапряжение от чувствительной цепи Ethernet. В свою очередь, третий прибор (TVS2) обеспечивает дополнительный уровень защиты со стороны линейного усилителя, возбуждающего трансформатор. Неисправности питания, характеризуемые установившимися колебаниями с частотой 50/60 Гц, активируют предохранители

между двумя различными парами проводов.

В системе 1000baseТ не существует «резервной пары», и, следовательно, питание должно быть приложено к активной информационной паре. Этот метод (режим А, см. рисунок 2) смешивает напряжение постоянного тока с сигналом по информационной паре 1, 2 и 3, 6. Один изолирующий трансформатор подсоединён параллельно паре 1, 2 при помощи центрального отвода, тогда как другой изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 3, 6. Эти два отвода обеспечивают доступ к питанию постоянного тока, и напряжение на лю-

бой единичной паре (т.е. 1, 2 или 3, 6) остаётся нулевым. Такая технология фантомного питания для режимов А и В помогает предотвращать потенциальные опасности удара электрическим током при работе с единичными парами. Отметим, что вы можете использовать либо режим А, либо режим В вместе с любым приложением Ethernet.

В конечном счёте питающее устройство не может обеспечить питание одновременно и по паре TX/RX, и по резервным парам, но питаемое устройство должно быть совместимо одновременно с технологиями энергоснабжения А и В, поскольку невозможно заранее определить, какой режим

PSE будет предложен питаемым устройствам.

КАК ЗАЩИТИТЬ СИСТЕМУ

Характеристики защитных устройств и способ их подсоединения определяются режимом питания и пропускной способностью системы Ethernet. И питающее, и питаемое устройства должны быть способны продолжить работу после грозового перенапряжения, а также безопасно переносить отказы питания (когда подсоединены к линии электропередачи переменного тока) в течение определённого времени, установленного стандартами UL 60950-1 или IEC 60950-1, хотя функционирование после такого испытания необязательно.

Чтобы удовлетворить этому требованию, должен быть установлен последовательный прибор ограничения тока. Это может быть предохранитель, который не разомкнётся во время грозового перенапряжения, но сработает соответствующим образом во время продолжительных отказов питания переменного тока, либо позистор (PTC), способный выдержать испытание на перенапряжение. Преимуществом позистора, безусловно, является то, что он может самовосстанавливаться после отказа питания. Однако позисторы не совместимы с высокопроизводительными системами 100/1000 BaseТ Ethernet из-за их сопротивления в замкнутом состоянии и характеристик восстановления с гистерезисом (позисторы не останутся точно согласованными после нескольких срабатываний).

ГДЕ ПРИМЕНЯТЬ ЗАЩИТУ

Защита от грозового перенапряжения. Выбор защиты от разряда молнии зависит от ожидаемого воздействия в данном приложении. Для менее ответственного применения внутри помещений рисунок 3 демонстрирует использование диодной матрицы TVS (подавителя переходного напряжения) во второй и третьей позиции между разъёмом RJ-45 и набором микросхем устройства Ethernet физического уровня. Выброс напряжения, вызванный разрядом молнии, активирует матрицу диодов TVS (TVS1) в пределах наносекунд, обеспечивая функцию ограничения, которая отводит опасное перенапряжение от чувствитель-

ной схемы линейного усилителя Ethernet. Любой остаточный выброс, который проходит через трансформатор, ограничивается TVS2. Для более помехоустойчивого решения матрица диодов TVS может быть использована в каждой паре проводов. В противном случае единичная матрица TVS может защищать две пары проводов, как демонстрирует TVS2 на рисунке 3. Неисправности питания, характеризующиеся установившимися колебаниями с частотой 50/60 Гц, активируют предохранители F1 – F4 (1,25 А) после того, как прибор TVS обеспечивает путь отвода тока.

Защита питаемого устройства. Поскольку не существует способа узнать, будет ли в инсталляции Ethernet использовано конкретное питающее устройство в режиме А или в режиме В, защита от 57 до 90 В должна быть обеспечена для всех пар проводов на интерфейсе питаемого устройства. Всё должно выдерживать более 100 В.

Устройство защиты от выбросов должно иметь напряжение срабатывания, превышающее любое устано-

вившееся напряжение, которое может появиться на кабеле. Поскольку напряжения могут достигать 57 В, устройство не должно срабатывать при этом или более низком напряжении. Это также предохраняет подавитель выбросов от срабатывания во время классификационного теста при включении питания или в процессе резистивного теста определения мощности. Поскольку некоторые системы питания подают +48 В, а другие –48 В, защитное устройство не должно быть чувствительно к полярности. Обычно используются двунаправленные тиристорные устройства защиты от выбросов. Они являются шунтирующими полупроводниковыми приборами, которые переустанавливаются, только когда протекающий ток падает ниже их тока удержания. Это не является проблемой, поскольку приведёт к дополнительному току, потребляемому от питающего устройства, который будет временно отключен в состоянии перегрузки по току и даст возможность переустановиться тиристорному подавителю выбросов.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ

Рисунок 4 демонстрирует совместимое со стандартом GR-1089 решение для событий перегрузки по напряжению и току в полевых приложениях 100/1000baseT, подверженных грозовому перенапряжению и отказам питания. Предохранители в обоих проводниках информационных пар обеспечивают необходимую защиту от перегрузки по току, которая не чувствительна к перенапряжению, вызванному разрядом молнии, для событий первого уровня. Двунаправленные тиристорные устройства защиты от выбросов (U1 – U4), также известные под названием SIDACtor, обеспечивают защиту шунтированием, совместимую и с первым, и со вторым уровнями грозового перенапряжения, регламентированными стандартом GR-1089, выпуск 6, для портов типов 3 и 5.

Два провода смещения для тиристорных U1 – U4 подсоединены к любым доступным шинам напряжений меньших, чем порог включения защитных приборов. Это стабилизирует ёмкость приборов в режиме от-

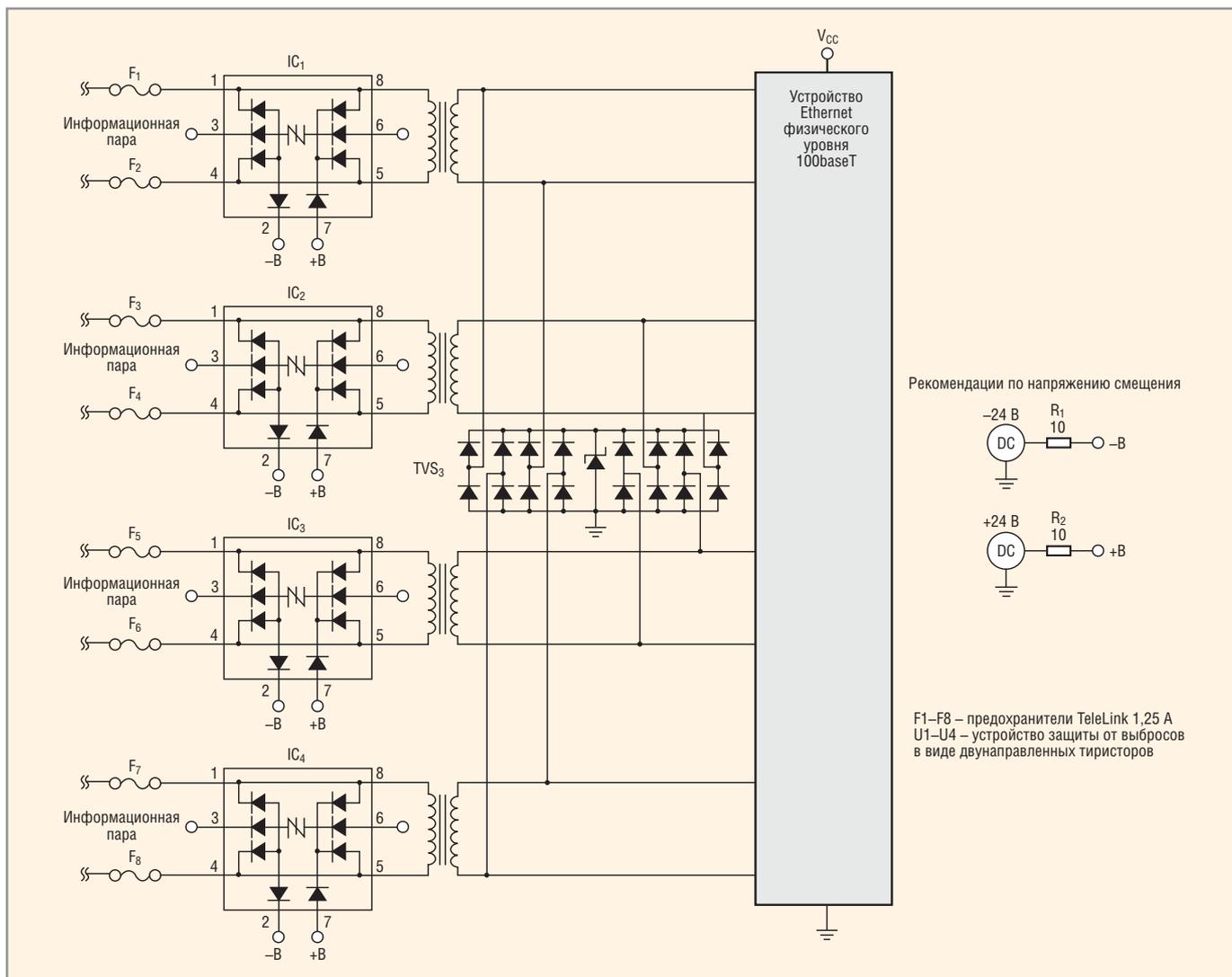


Рис. 4. Совместимое со стандартом GR-1089 решение для перегрузок по напряжению и току в полевой аппаратуре 100/1000baseT, подверженной и грозовым перенапряжениям, и неисправностям питания

ключения и помогает сохранить целостность сигнала. В качестве U1 – U4 выбран двунаправленный тиристорный прибор защиты от выбросов, который может быть рассчитан на минимальный порог 58 В в случае 48-вольтовой PoE. Система PoE с более высоким напряжением может потребовать прибор с минимальным порогом 65 или 75 В.

Третичное решение (на стороне ИС) представляет собой матрицу диодов TVS для ограничения напряжения на шине. Этот прибор (TVS3 на рисунке 4) обеспечивает дополнительную защиту после трансформатора связи.

Если для уменьшения электромагнитных излучений применяются согласованные нагрузки Боба Смита (Robert W. Smith), они должны быть изолированы разделительной ёмкостью так, чтобы не нагружать источник питания PoE. Эта смешанная междуфазная/дифференциальная и парафазно-синфазная схема защиты

требует предохранителя на обоих проводниках пары TX и RX, но схема без парафазного режима может обойтись одним предохранителем на пару для менее скоростной сети 10 BaseT Ethernet. В системах 100/1000 BaseT с более высокой скоростью передачи данных целесообразно установить одинаковые плавкие вставки в оба «плеча» пары, чтобы поддерживать баланс петли, как показано на рисунке 4.

Решение с одним предохранителем допустимо, если выводы 3 и 6 защитного тиристорного прибора не подсоединены к земле, но вместо этого оставлены разомкнутыми в системе 10BaseT Ethernet с низкой скоростью передачи данных. Поскольку стандарт IEEE 802.3 строго не позволяет использовать синфазный режим на первичной стороне трансформатора связи по соображениям защиты от электростатического разряда через кабель (CDE), тиристорные приборы защи-

ты от выбросов (U1 – U4) обычно не подсоединяют к земле. Следовательно, большинство систем Ethernet будут зависеть от паспортного напряжения изоляции трансформатора связи для парафазно-синфазной схемы защиты на стороне линии, тогда как третичная схема защиты (вторичная обмотка трансформатора связи) может быть подсоединена к земле линейного усилителя Ethernet, как показано на рисунке 4.

Матрица диодов TVS на 2,5 В (TVS3) используется в качестве третичной защиты на стороне ИС трансформатора связи. Это решение обеспечит соответствие требованиям перенапряжений и отказа питания стандарта GR 1089-CORE, выпуск 6, для помещений и между зданиями. Позистор на ток 0,3 А может быть установлен вместо предохранителей для соответствия требованиям стандарта ITU K.20/21 (расширенным и основным), которые содержат положения согласования

для низкоскоростного 10BaseT Ethernet. Однако для более скоростного 100/1000BaseT пара прецизионных (1%) резисторов соответствующего размера должна быть использована для принудительного согласования вторичного и третичного защитных устройств.

Рисунок 5 демонстрирует и защиту информационной пары, и защиту соединения питаемого устройства с центральным отводом, которое соответствует режимам питания А и В для интерфейса питаемого устройства системы. Оба режима питания PoE защищены диодным мостом и прибором TVS на 1000 Вт. Могут быть использованы и более мощные приборы на 1500 и 3000 Вт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как только возросла мощность, доставляемая по системам PoE, это вызвало установку оборудования Ethernet в местах, где оно подвергается повышенной опасности от перенапряжений, вызванных разрядом молнии, и от неисправностей в питающей сети 50/60 Гц. Правильное применение дву-

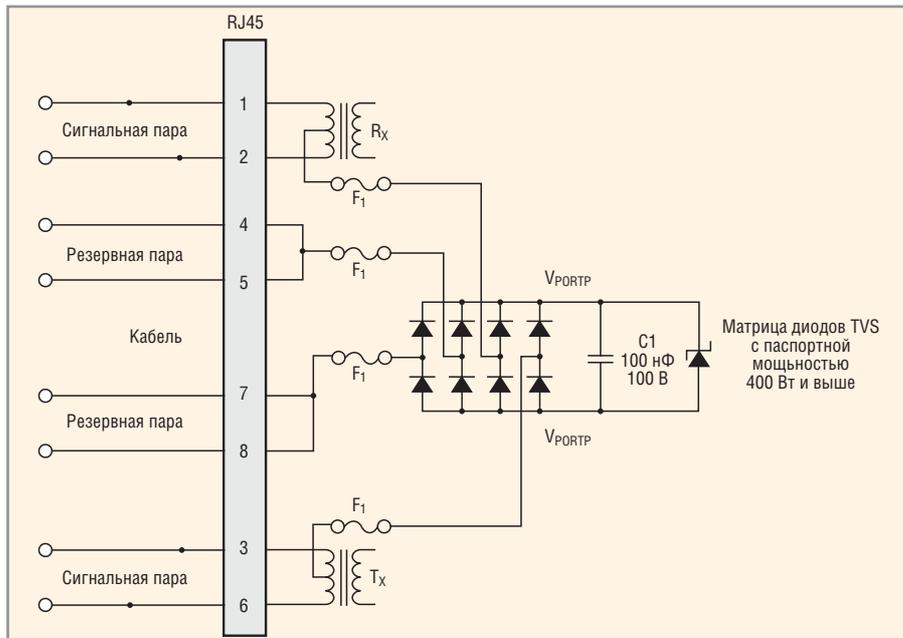


Рис. 5. Схема защиты питания оконечного устройства (PD) системы PoE при помощи TVS, совместимая с режимами питания А и В

Типичные приборы TVS, доступные для схемы такого типа, имеют паспортную мощность 400, 600, 1500 и 3000 Вт. Предохранители обеспечивают защиту от перегрузки по току, совместимую со стандартами GR-1089, выпуск 6, и UL 60950-1

направленных устройств защиты от выбросов, диодов для подавления переходных напряжений, плавких пре-

дохранителей и позисторов может помочь в обеспечении надёжной работы, несмотря на эти опасности. ©