# ОБОРУДОВАНИЕ COMMENG ДЛЯ СЕТЕЙ ETHERNET*:

## передача питания и данных по одному кабелю, не соответствующая стандартам PoE

Д.Терентьев, А.Пашкевич, А.Сергеев, НПО "Инженеры электросвязи"

**Описанные в статье технические решения появились в ходе изучения технологии Power over Ethernet (PoE) и были опробованы в собственной локальной сети НПО "Инженеры электросвязи". В результате появились устройства, которые могут применяться для питания постоянным током сетевого оборудования, не поддерживающего PoE (IEEE 802.3at и IEEE 802.3af) и имеющего разъем для подключения блока питания. Очень скоро выяснилось, что область применения нестандартного PoE не ограничивается офисными ЛВС и IP-системами видеонаблюдения.**

### ПЕРЕДАЧА ПИТАНИЯ И ДАННЫХ ПО ОДНОМУ КАБЕЛЮ

Технология передачи напряжения дистанционного питания по одному кабелю с данными издавна применялась в системах связи. Была она реализована и в сетях Ethernet, в которых физической средой передачи служит витая пара.

В июне 2003 года институт IEEE выпустил стандарт IEEE 802.3af [1], в соответствии с которым по двум парам кабеля категорий 3–5 подается постоянное напряжение 48 В без внесения изменений в кабельную инфраструктуру. Максимально допустимый ток (350 мА) и потери в кабеле ограничивают максимальную мощность потребителя величиной 12,95 Вт. Этого достаточно для IP-камер, IP-телефонов, небольших коммутаторов, точек доступа WLAN (табл.1).

Преимущества PoE и появление новых типов оборудования поставили задачу обеспечить передачу электрической энергии для видеотелефонов, IP-камер с поворотными механизмами, ноутбуков, систем управления доступом и даже настольных компьютеров. В результате появился стандарт PoEP (PoE Plus) IEEE 802.3at, предусматривающий использование кабеля категории 5е и выше, имеющего по умолчанию восемь проводов и меньшее активное сопротивление жил (табл.2). Оборудование, соответствующее этому стандарту, обеспечивает передачу потребителю до 59 Вт по восьми проводам и 29,5 Вт – по четырем. Максимальный ток составит в этом случае порядка 1,4 (0,7) А.

Протокол PoE предусматривает измерение электрических характеристик линии

* Продолжение. Начало см. Первая миля, 2010, №1, с. 28.

Таблица 1. **Мощность, потребляемая некоторыми типами сетевого оборудования**

| Оборудование | Потребляемая мощность, Вт |
|---|---|
| IP-телефон | 3–10 |
| IP-камера | 5–12 |
| Коммутатор, восемь портов | 2–4 |
| Принт-сервер | 3–5 |
| Управляемый коммутатор, 24 порта | 10–12 |
| Точка беспроводного доступа | 10–20 |
| IP-видеотелефон | 50–70 |
| IP-камера с поворотными устройствами и переменным фокусным расстоянием | 30–50 |
| Компьютер (вместе с монитором) с низким энергопотреблением | 50–70 |
| Маломощное МФУ (струйная печать) | 50–100 |

путем передачи контрольных напряжений, обмен информацией между источником PSE (Power Sourcing Equipment) и потребителем энергии PD (Power Device), при необходимости автоматическое отключение питания. Все это реализуется с помощью специальных контроллеров. В качестве PD может выступать как оборудование, поддерживающее PoE, так и сплиттер, служащий для выделения и преобразования уровня напряжения.

Более подробно протокол PoE будет рассмотрен в следующей статье, посвященной оборудованию COMMENG, реализующему передачу Power over Ethernet в соответствии со стандартами IEEE 802.3at / IEEE 802.3af.

## ПАРАМЕТРЫ КАБЕЛЕЙ

С точки зрения передачи питающего напряжения нас интересует величина активного сопротивления медных жил кабеля, которое ограничивает допустимый ток, приводит к нагреванию и потерям мощности. В качестве изоляции проводников обычно используется полиэтилен [2]. Для силовых кабелей с полиэтиленовой изоляцией допустимая температура длительного нагрева жил – 70°С. Группа разработчиков 802.3af ограничила допустимый ток из расчета допустимого нагрева проводов до 45°С.

Большинство производителей кабеля "витая пара" используют американскую систему градаций площади сечения проводников AWG (American Wire Gauge). В европейских и международных стандартах диаметр проводника указывается в миллиметрах (см. табл.2). Следует отметить, что приведенные в табл.2 значения достаточно условны и могут служить только ориентиром. Кабели различных фирм имеют отличия в конструкции (например, в шаге скрутки витых пар), в технологии и применяемых материалах, что неизбежно приводит к отличию электрических параметров, в том числе и активного сопротивления. При перерасчете сопротивления для жилы кабеля применялись поправочные коэффициен-

Таблица 2. **Сопротивление шлейфа цепи питания в кабеле "витая пара". Данные приведены для однопроволочной нелуженой жилы. Удельное сопротивление электротехнической меди ρ = 0,018 Ом·мм²/м**

| Категория кабеля | Параметры медного проводника | | | | Сопротивление жилы в кабеле при 20°С, Ом/м | Сопротивление шлейфа цепи питания, Ом/м | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | калибр, AWG | диаметр, мм | площадь, мм² | сопротивление, Ом/м | | по 2 парам | по 4 парам |
| Cat7, Cat7A | 22 | 0,643 | 0,411 | 0,043 | 0,048–0,060 | 0,048–0,060 | 0,024–0,030 |
| Cat7, Cat7A Cat6, Cat6A | 23 | 0,574 | 0,326 | 0,055 | 0,069–0,077 | 0,069–0,077 | 0,035–0,039 |
| Cat5e Cat5 | 24 | 0,511 | 0,258 | 0,069 | 0,086–0,097 | 0,086–0,097 | 0,043–0,049 |
| Cat3 | 25 | 0,455 | 0,205 | 0,088 | 0,110–0,123 | 0,110–0,123 | – |
| Только патчкорд | 26 | 0,404 | 0,163 | 0,110 | 0,137–0,154 | 0,137–0,154 | 0,69–0,77 |

ты 1,25 для минимального значения и 1,4 для максимального значения, определенные на основании данных ряда производителей. Не будучи специалистами по кабелям, можем только предположить, что кроме укрутки жил в паре и пар в кабеле и возможного применения многопроволочных жил на такое увеличение влияют и другие факторы.

В некоторых случаях, когда устройство потребляет большую мощность или же когда для питания маломощного устройства в линию сразу подается низкое напряжение, несколько лишних ом могут сделать невозможным питание по информационному кабелю.

Большой ценовой диапазон предлагаемых различными фирмами кабелей обусловлен, в том числе, и экономией меди, которая достигается различными способами, например, уменьшением диаметра жил 0,48–0,50 мм (для кабеля категории 5) и применением биметаллических жил (алюминиевые или стальные проволоки покрываются слоем меди). Первый вариант увеличивает затухание, но без особых проблем может быть применен на участках в несколько десятков метров. Второй рассчитан на действие поверхностного эффекта, но при передаче широкополосного сигнала значительно ухудшает параметры передачи в нижней части спектра. Если предполагается по тем же кабелям передавать питание на сетевые устройства, экономия за счет снижения содержания меди тем более нежелательна.

## НЕСТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ

При изучении стандартов PoE и поддерживающего их оборудования мы пришли к выводу, что в некоторых случаях заложенные в нем возможности избыточны и накладывают ряд ограничений на передачу питания совместно с данными. Более того, оборудование некоторых производителей, заявленное как соответствующее стандартам PoE, на самом деле таким не является. Например, инжектор может работать только с конкретным сплиттером той же фирмы.

Кабель категории 5е, массово применяемый в ЛВС, имеет восемь жил, из которых очень часто используются только четыре (как, например, в сети нашего предприятия). Логично использовать четыре свободные жилы для подачи питания. Причем для коротких линий и маломощных потребителей можно просто перенести блок питания в помещение, где установлен сервер – потери в кабеле слишком малы и нет необходимости подавать в линию напряжение 48 В, как предусмотрено стандартом PoE, и затем преобразовывать его в более низкое. Подобные устройства, как правило, китайского производства, можно найти в интернет-магазинах. Они представляют собой кабельную сборку, их использование может привести к выходу из строя или сетевого устройства, или кабеля, или блока питания.

Устройство производства COMMENG типа PoET FW также предназначено для передачи питания по свободным жилам. Но оно имеет промышленное исполнение и ряд существенных отличий. Основное его назначение – питание сетевых устройств ЛВС (коммутаторов, IP-камер, устройств контроля доступа), не поддерживающих PoE. Неожиданно для нас устройство PoET FW (с дополнительно встроенной защитой) после проведения испытаний выбрал один из операторов для питания оборудования беспроводного широкополосного доступа.

Этот случай заставил нас посмотреть на проблему под другим углом. Действительно, существует множество типов оборудования, особенно уже находящегося в эксплуатации, которое не поддерживает PoE. Некоторые сетевые устройства с поддержкой PoE имеют дополнительно разъем для подключения блока питания. Существует оборудование, использующее инфраструктуру СКС, кабели "витая пара", разъемы RJ49 (см. врезку), которое работает по собственным, отличным от Ethernet, протоколам. Для всего этого оборудования технически возможно передавать питание по одному кабелю с данными. Вопрос – имеет ли технический и экономи-

Термин "RJ45" ошибочно употребляется для именования разъема "RJ49" (8P8C), используемого в компьютерных сетях. На самом деле настоящий RJ45 физически несовместим с 8P8C, так как использует схему 8P2C с ключом (физически присутствуют два контакта из восьми). Ошибочное употребление термина "RJ45" вызвано, вероятно, тем, что настоящий RJ45 не получил широкого применения, а также их внешним сходством. Применять в сетях Gigabit Eternet, а также в сетях Ethernet, использующих различные схемы подачи электропитания по технологии PoE, возможно только разъем "RJ49" (8P8C), где используются все восемь контактов.

ческий смысл использовать для передачи питания совместно с данными на это оборудование посредством нестандартных решений?

В результате в линейку оборудования COMMENG PoET (Pover over Ethernet Technology) кроме инжекторов и сплиттеров PoET St (соответствующих IEEE 802.3at) были включены инжектор/сплиттер PoET FW (передача питания по свободным жилам) и инжектор/сплиттер PoET IT (передача питания через средние точки трансформаторов). В отличие от PoET St, в PoET FW и PoET IT отсутствуют контроллеры, что делает их не только дешевле, но и гораздо надежнее. При этом одна из важнейших функций стандартного PoE – ограничение тока в кабеле и нагрузке реализуется с помощью полимерных позисторов.

Особенности PoET FW и PoET IT:

- отсутствует AC/DC- и DC/DC-преобразование;
- подаваемое в инжектор напряжение без преобразования подается в питаемое оборудование;
- одно и то же устройство может быть или инжектором, или сплиттером;
- встроенная защита от сверхтоков и короткого замыкания;
- возможность выбора тока ограничения (при заказе);
- индикация наличия напряжения питания;
- защита от импульсных помех (опционально);
- сплиттер/инжектор выпускается в трех вариантах (без креплений, с креплениями для установки на стену, с замками для установки на рейку DIN);
- выпускается также сплиттер в малогабаритном исполнении.

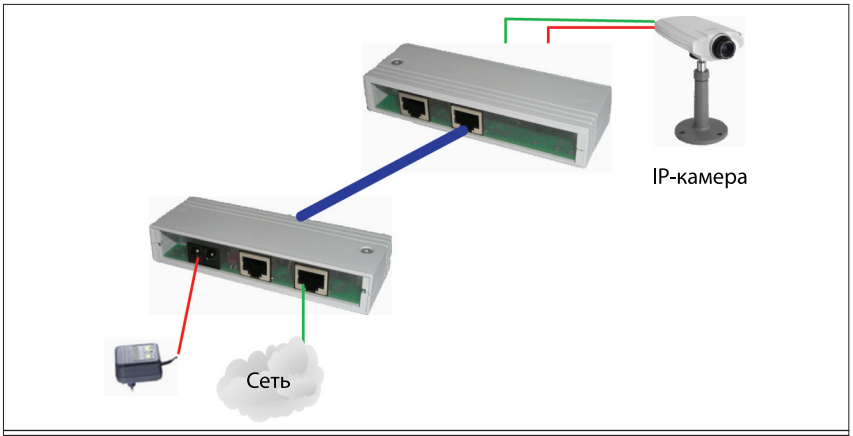


Рис.1. **Подача питания на сетевое устройство по свободным жилам. Ввод данных и питания через инжектор PoET FW; выделение питания с помощью сплиттера PoET FW**

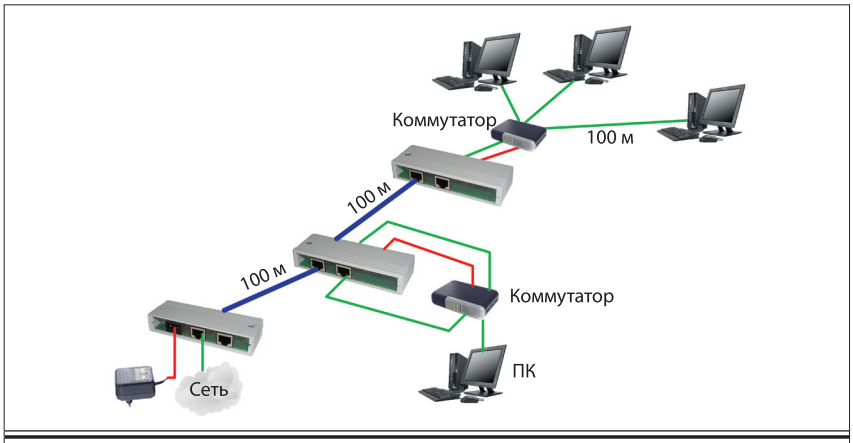


Рис.2. **Питание двух последовательно включенных сетевых устройств. Ввод данных и питания через инжектор PoET FW; выделение питания и ввод данных для передачи в следующий сегмент с помощью сплиттера/инжектора PoET FW; выделение питания с помощью сплиттера PoET FW**

### ПЕРЕДАЧА ПИТАНИЯ ПО СВОБОДНЫМ ЖИЛАМ КАБЕЛЯ

Сплиттер/инжектор PoET FW имеет два порта (RJ-49) для ввода данных и два порта, в которые одновременно с данными подается электропитание, а также две соединенные параллельно розетки для подачи/съема электропитания с разными диаметрами центральных контактов – 2,1 и 2,5 мм. При подключении блока питания к устройству напряжение подается на оба порта. PoET FW комплектуется дополнительным шнуром электропитания длиной 30 см, с разными вилками на концах, позволяющим подключаться к розеткам 2,1 или 2,5 мм. При подключении шнура от блока питания к устройству зажигается светодиодный индикатор красного цвета, сигнализирующий о наличии напряжения в разъеме RJ49* на стороне PoE.

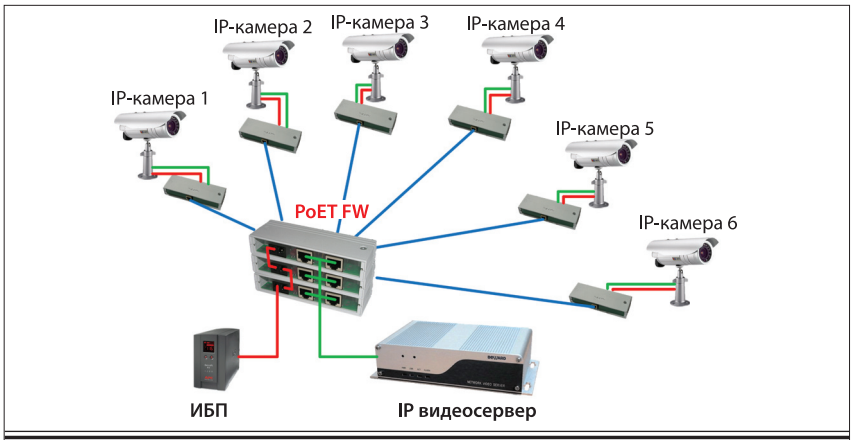


Рис.3. **Объединение нескольких инжекторов PoET FW для подключения к одному источнику питания**

На рис.1 показана подача питания на одно сетевое устройство (IP-камера). Питание в инжектор может подаваться от штатного блока питания устройства.

Следующий пример (рис.2) иллюстрирует очень важное свойство PoET FW – возможность передачи питания на следующее активное устройство, когда сплиттер является одновременно инжектором для следующего сегмента. Именно такая схема реализована в ЛВС нашей компании, причем оба 8-портовых коммутатора питаются от одного штатного блока питания, купленного вместе с коммутатором.

Не случайно на рисунках так много IP-камер – если другие сетевые устройства обычно находятся рядом с рабочими местами, где имеется электропитание, то установка розетки рядом с IP-камерой зачастую представляет проблему. Если же необходимо резервное питание, то его можно организовать, как это показано на рис.3.

Конструкция PoET FW предусматривает питание нескольких инжекторов от одного источника питания, например ИБП или выпрямителя с аккумуляторной батареей. Так как каждый инжектор имеет защиту от перегрузки по току, даже короткое замыкание в одной из линий не приведет к нарушению работы остального оборудования. Напряжение питания подается в розетку одного из инжекторов,

остальные соединяются с ним входящими в комплект поставки шнурами.

В качестве опции в PoET FW предусмотрена защита от перенапряжений (маркировка Pro), что необходимо, когда кабель выходит за пределы здания или прокладывается в кабельных коллекторах вблизи высоковольтных силовых кабелей. Применение PoET-Pro FW для подачи питания на внешний блок системы ШПД иллюстрирует рис.4.

## ПЕРЕДАЧА ПИТАНИЯ ЧЕРЕЗ СРЕДНИЕ ТОЧКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Сплиттер/инжектор PoET IT использует стандартную схему подачи питания по фантомным цепям, которая применялась, например, в системах ИКМ-15/30 для дистанционного питания регенераторов. Необходимо отметить, что PoET IT может использоваться не только для оборудования Fast Ethernet, но и для любого другого, где сигнал не содержит постоянной составляющей и передается по двум парам.

PoET IT подает питание только в один кабель и имеет два режима работы, переход из режима в режим производится переключателем (недоступен для случайного переключения) и индицируется при включенном питании светодиодами. Режимы отличаются способом пода-

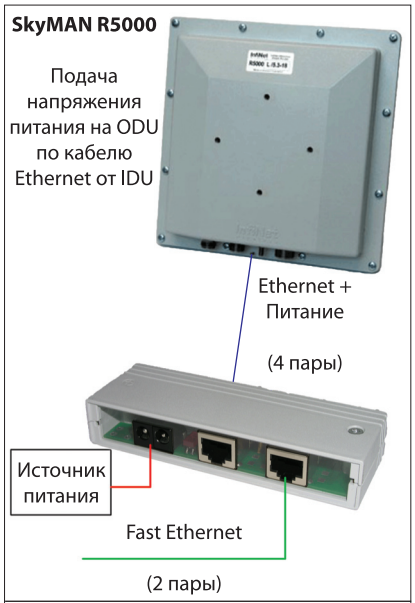


Рис.4. **Питание ODU системы ШПД по свободным жилам информационного кабеля с помощью PoET FW**

чи/снятия питания (розетка/контакты разъема) (рис.5).

Передача питания через средние точки трансформаторов может использоваться в тех случаях, когда в кабеле имеется не восемь, а всего четыре пары (рис.6). Кроме того, гальваническая развязка обеспечивает дополнительную защиту от перенапряжений, что совместно с установкой высокочастотных тиристоров (PoET-Pro IT) повышает надежность эксплуатации оборудования в условиях возможного воздействия мощных электромагнитных помех. PoET IT, как и PoET FW, позволяет передавать питание в следующий сегмент сети (см. рис.2) и запитывать несколько инжекторов от одного источника (см. рис.3).

При необходимости передавать большую мощность можно использовать, как и в стандарте PoE Plus IEEE 802.3at, все восемь проводов. Это позволит передавать мощность по кабелю категории 5е до 59 Вт (напряжением 48 В). Разработанный для этой цели сплиттер/инжектор получил название PoETP IT. Схема подачи питающего напряжения в линию и его выделения показана на рис.7.

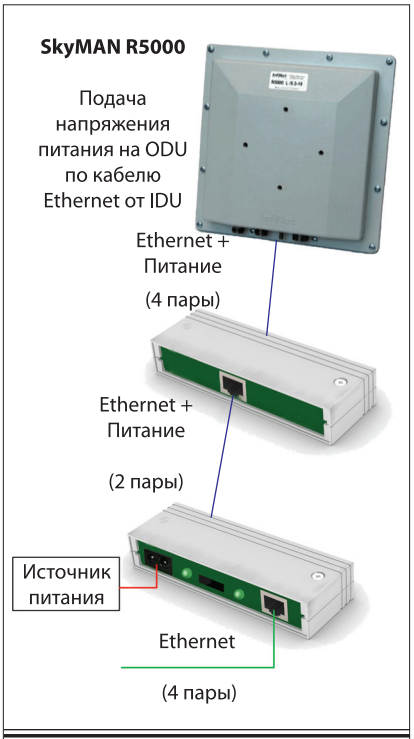


Рис.6. **Питание ODU системы ШПД по фантомной цепи через средние точки трансформаторов с помощью PoET IT**

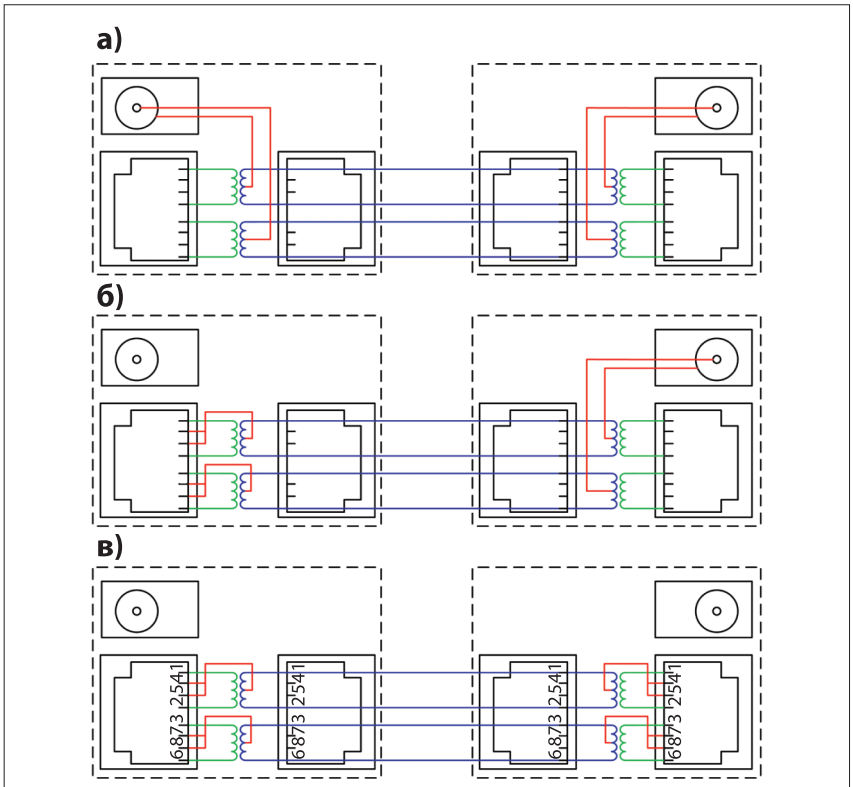


Рис.5. **Передача питания совместно с данными с помощью PoET IT: а) ввод питания в инжектор и снятие питания со сплиттера производятся через разъем питания, б) для ввода и снятия питания используются, с одной стороны, – контакты RJ-49, с другой, – разъем питания, с) ввод питания в инжектор и снятие питания со сплиттера производятся через контакты разъема RJ-49**

Описанная серия устройств обладает потенциалом для дальнейшего совершенствования, если это будет востребовано потребителями. Например, можно добавить в сплиттер DC/DC-преобразователь.

PoET FW и PoET IT, которые первоначально задумывались нами прежде всего как макеты для разработки инжекторов и сплиттеров стандартного PoE (PoET St), уже запущены в серийное производство. Из примера применения PoET St (рис.8) видно, что на те устройства, которые подключены

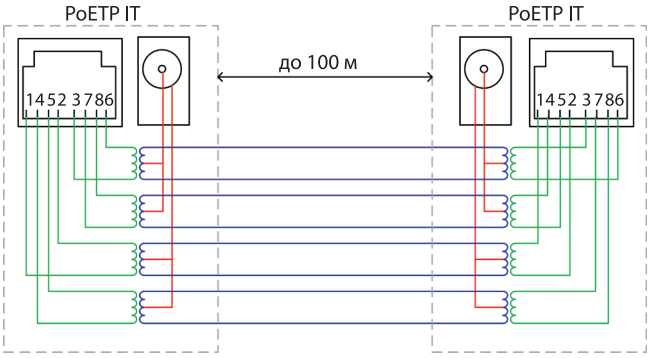


Рис.7. **Передача питания совместно с данными по восьми проводам с помощью сплиттера-инжектора PoETP IT**

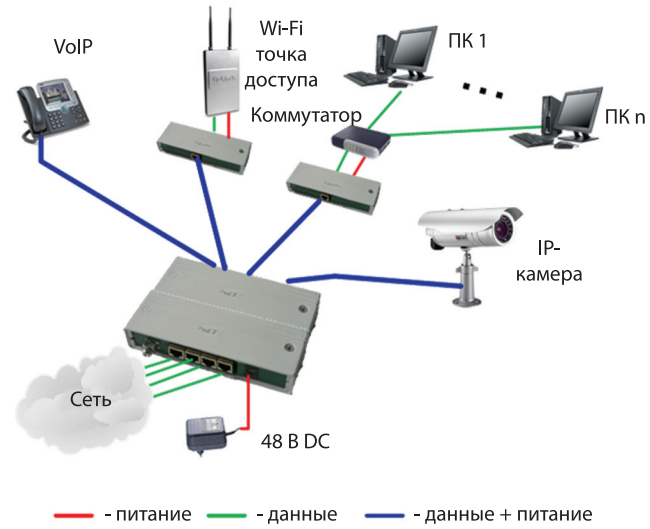


Рис.8. **Питание в соответствии со стандартом PoE. Инжектор PoET 4-Ing St, сплиттеры PoET Sp St**

через сплиттеры PoE, можно подать питание с помощью PoET FW или PoET IT.

Мы рассматриваем описанное оборудование как нишевый продукт, применение которого в ряде случаев может иметь преимущества перед стандартным PoE – не только из-за более низкой стоимости, но и с технической точки зрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. www.ieee802.org
2. **Власов В.Е., Парфенов Ю.А., Рысин Л.Г., Кайзер Л.И.** Кабели СКС на сетях электросвязи: теория, конструирование, применение. – М.: Эко-Трендз, 2006.
3. **Терентьев Д., Пашкевич А., Сергеев А.** Оборудование COMMENG для сетей ETHERNET: средства защиты и измерения. – Первая миля, 2010, №1, с. 28.

Авторы приносят извинения за допущенную в предыдущей статье ошибку [3]: в предложении, где говорится о подключении оборудования беспроводного ШПД, следует читать вместо "по коаксиальному кабелю" – "по оптическому кабелю".