ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ POWER OVER ETHERNET ДЛЯ ПИТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СВЯЗИ И ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Д.Е. Терентьев,
технический директор НПО «Инженеры электросвязи»

Сегодня различные типы коммуникаций используют единую сетевую инфраструктуру на базе IP-технологий. Самой распространенной и универсальной технологией для передачи данных, речи, видеосигнала и управления технологическими процессами сегодня является Ethernet. На предприятиях телекоммуникационной отрасли Ethernet используется:

– в локальных вычислительных сетях.

– для подключения передатчиков ШПД;

– в качестве интерфейса абонентского доступа;

В локальных вычислительных сетях все оборудование подключено к единой кабельной системе. В настоящее время происходит дальнейшая конвергенция кабельных систем – частичная конвергенция слаботочной и силовой проводок [1].

Объединение слаботочной и силовой проводки в ЛВС

Может дать значительный выигрыш, как по стоимости монтажа, так и по занимаемому кабельными сооружениями объемам.

При прокладке в одних коробах силовых и информационных кабелей необходимо решить проблему защиты от последних от электромагнитных помех, что достигается:

– разнесением их между собой в кабель-каналах;

– применением встроенных или устанавливаемых в кабель-канал экранов;

– использованием экранированных кабелей;

– оптимальным решением с точки зрения защищенности от помех силовых цепей является применение волоконно-оптического кабеля.

Существуют так же кабели, объединяющие четыре витых пары СКС и две жилы питания, по которым можно передавать как постоянное, так и переменное напряжение. Использование подобных кабелей в настоящее время не регламентируется никакими стандартами.

Технология PLC (Power Line Communication) позволяет передавать данные по силовой проводке. Невысокие скорости, малая дальность пе-

редачи и влияние на передачу данных импульсных помех ограничивают применение этой технологии в корпоративных сетях.

Многие типы сетевого оборудования потребляют небольшую мощность(см. таблицу 1), что делает возможным подачу питания по одному кабелю с данными. При этом питание передается постоянным током, что значительно снижает влияние на передачу данных.

Таблица 1.

Мощность, потребляемая некоторыми типами сетевого оборудования

Оборудование	Потребляемая мощность, Вт
IP – телефон	3-10
IP – камера	5-12
Коммутатор, 8 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 потреблением энергии, ноутбук	50-70
Маломощное МФУ (струйная печать)	50-100

Параметры кабелей

Нас интересует величина активного сопротивление медных жил кабеля, которое ограничивает допустимый ток, приводит к нагреванию и потерям мощности. В качестве изоляции проводников обычно используется полиэтилен. Для силовых кабелей с полиэтиленовой изоляций длительно допустимая температура нагрева жил составляет 70 °С. Группа разработчиков стандарта 802.3af ограничила допустимый ток из расчета допустимого нагрева проводов до 45 єС.

Большинство производителей кабеля «витая пара» используют американскую систему AWG(American Wire Gauge). В европейских и международных стандартах диаметр проводника указывается в миллиметрах. В таблице 2 приведено соответствие между категорией кабеля, калибром AWG, диаметром в миллиметрах и сопротивлением проводников.

Следует отметить, что эти цифры достаточно условны, и могут служить только ориентиром. Кабели различных фирм имеют отличия в конструкции (например в шаге скрутки витых пар), технологии и приме-

Таблица 2.

Сопротивление шлейфа цепи питания в кабеле «витая пара»

Категория кабеля	Параметры медного проводника				Сопротивление жилы в кабеле при 20 єС Ом/м	Сопротивление шлейфа цепи питания	
	Калибр AWG	диаметр мм	площадь ммI	Сопротив-ление 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 Cat3	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 патч-корд	26	0,404	0,163	0,110	0,137 – 0,154	0,137 – 0,154	0,69 – 0,77

няемых материалах, что неизбежно приводит к отличию электрических параметров, в том числе и активного сопротивления.

При расчете активного сопротивления проводника приняты следующие допущения:

- удельное сопротивление электротехнической меди $\rho = 0{,}018$ Ом*мм^2/м ;
- данные приведены для однопроволочной нелуженой жилы.

При перерасчете сопротивления для жилы кабеля применялся поправочный коэффициент 1,25 для минимального значения и 1,4 для максимального значения, определенные на основании данных ряда производителей. Эти коэффициенты учитывают укрутку жил в паре и пар в кабеле, а так же ряд других факторов

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:

– уменьшение диаметра жил 0,48 – 0,50 мм (для кабеля «пятой категории»);

– применение 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.

Передача питания и данных по одному кабелю

В июне 2003 года институт IEEE выпустил стандарт IEEE 802.3af, в соответствии с которым по двум парам кабеля Cat.3/Cat.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 В. Этого достаточно для IP-камер, IP-телефонов, небольших коммутаторов, точек доступа WLAN.

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.

(потребляемая некоторыми сетевыми устройствами мощность приведена в табл.1)

В результате появился стандарт PoEP (PoE Plus) IEEE 802.3at, предусматривающий использование кабеля Cat5e и выше, имеющего по умолчанию 8 проводов и меньшее активное сопротивление жил (см. табл.2). Оборудование, соответствующее этому стандарту, обеспечивает передачу потребителю до 59 Вт по 8 проводам и 29,5 Вт по 4 проводам. Максимальный ток составит в этом случае порядка 1,4 (0,7) А.

Протокол PoE предусматривает измерение электрических характеристик линии 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.

Передача питания и данных по одному кабелю, не соответсвующая стандартам PoE (IEEE 802.3at / IEEE 802.3af)

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 при-

вести 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 экономический 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/сплитер 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 так же сплиттер в малогабаритном исполнении.

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 так же две соединенные параллельно розетки для подачи/съёма электропитания, с разными диаметрами центральных контактов - 2,1 и 2,5 мм. При подключении блока питания к устройству напряжение подаётся 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 разъёме RJ49 на стороне PoE.

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

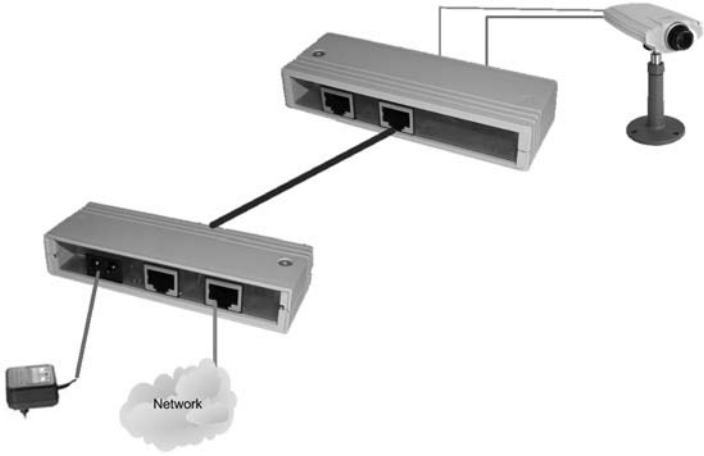

Рис. 1. Подача питания на сетевое устройство по свободным жилам. Ввод данных и питания через инжектор PoET FW; выделение питания с помощью сплиттера PoET FW

Следующий пример (рис.2) иллюстрирует очень важное свойство PoET FW - возможность передачи питания на следующее активное устройство, когда сплиттер является одновременно инжектором для следую-

щего сегмента. Именно такая схема реализована в ЛВС нашей компании, причем оба 8-портовых коммутатора питаются от одного штатного блока питания, купленного вместе с коммутатором.

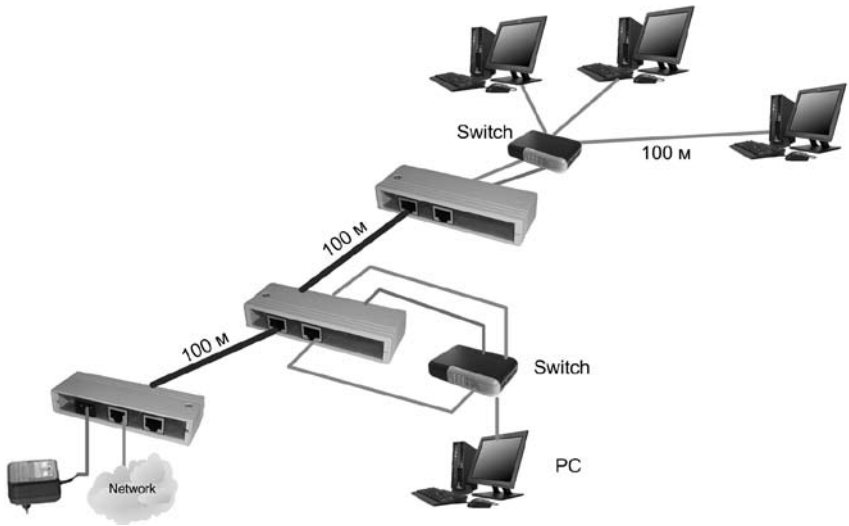

Рис. 2. Питание двух последовательно включенных сетевых устройств. Ввод данных и питания через инжектор PoET FW; выделение питания и ввод данных для передачи в следующий сегмент с помощью сплиттера/инжектора PoET FW; выделение питания с помощью сплиттера PoET FW

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.

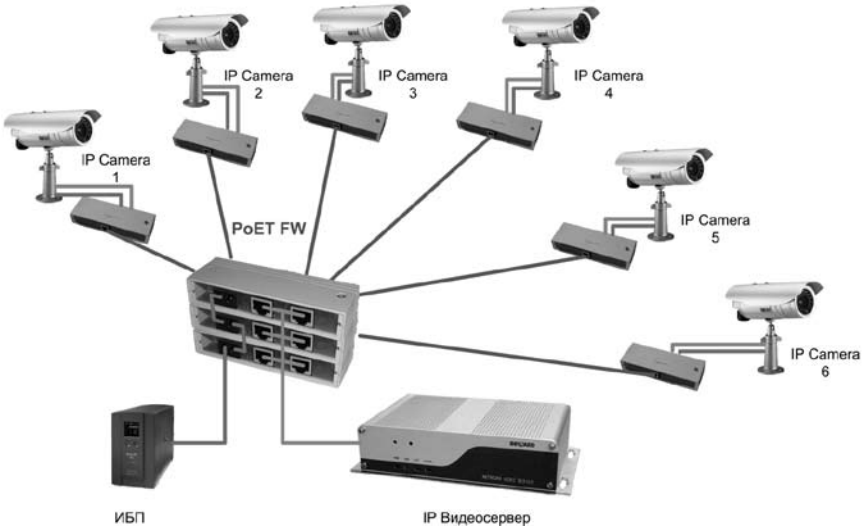

Рис. 3. Объединение нескольких инжекторов PoET FW для подключения к одному источнику питания

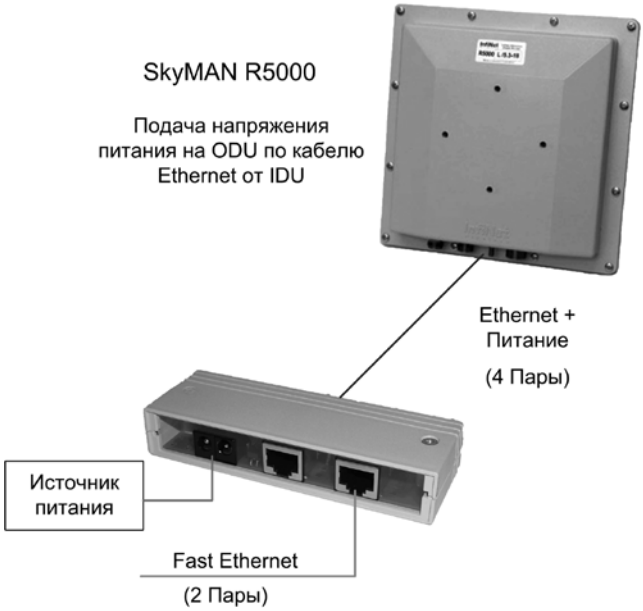

Рис. 4. Питание ODU системы ШПД по свободным жилам информационного кабеля с помощью PoET FW

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 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 подачи/снятии 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 рисунке 7.

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 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.

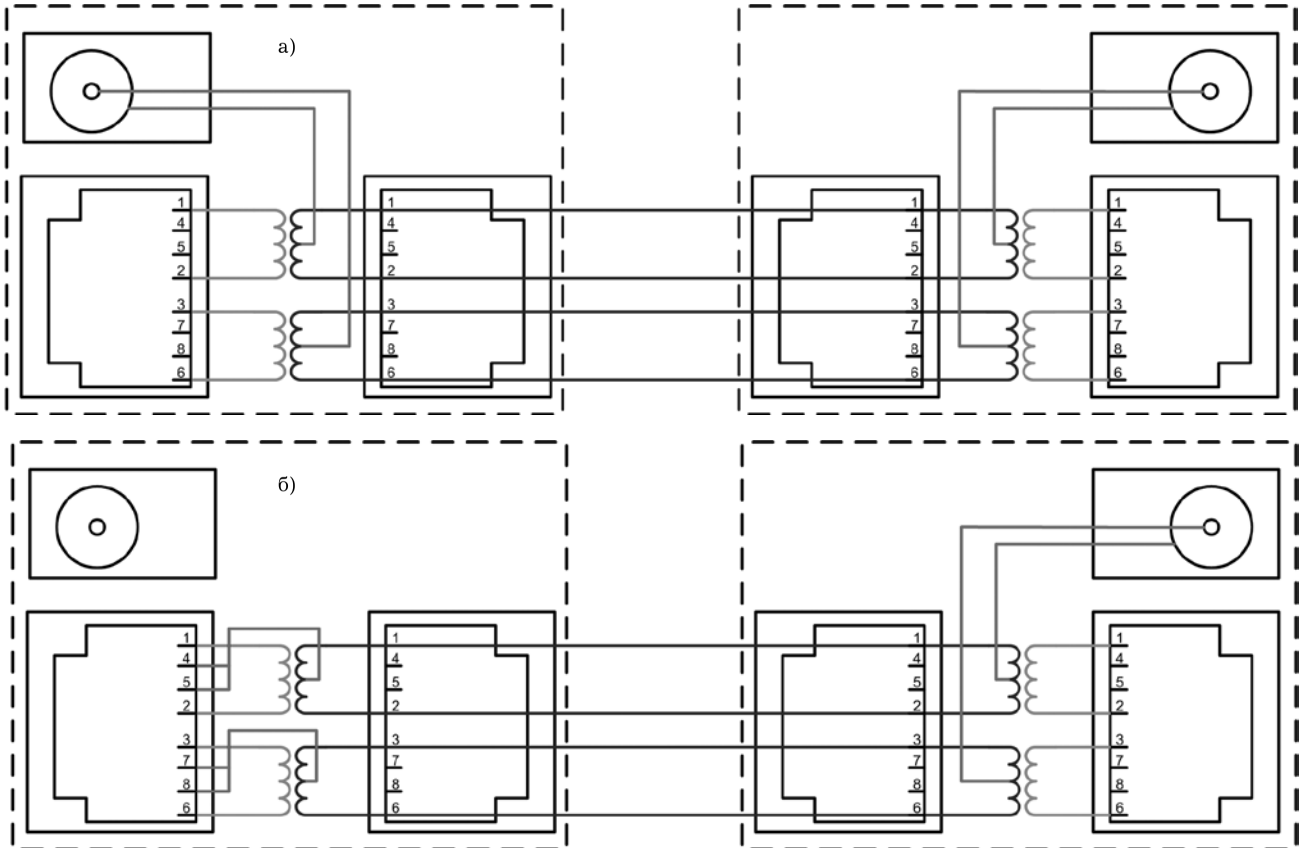

Рис. 5.Передача питания совместно с данными с помощью PoET IT: а) ввод питания в инжектор и снятие питания со сплиттера производятся через разъем питания, б) для ввода и снятия питания используется с одной стороны – контакты RJ-49, с другой – разъем питания, в) ввод питания в инжектор и снятие питания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

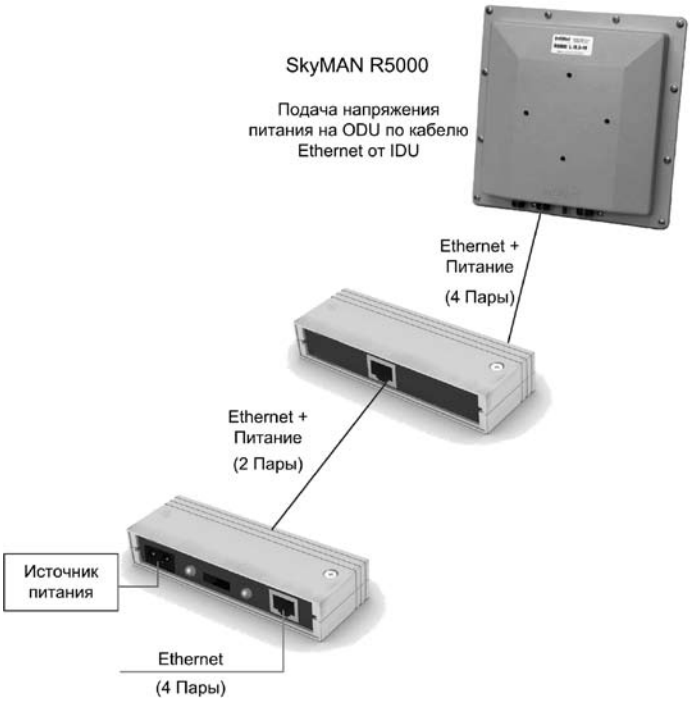

Рис. 6. Питание ODU системы ШПД по фантомной цепи
через средние точки трансформаторов с помощью PoET IT

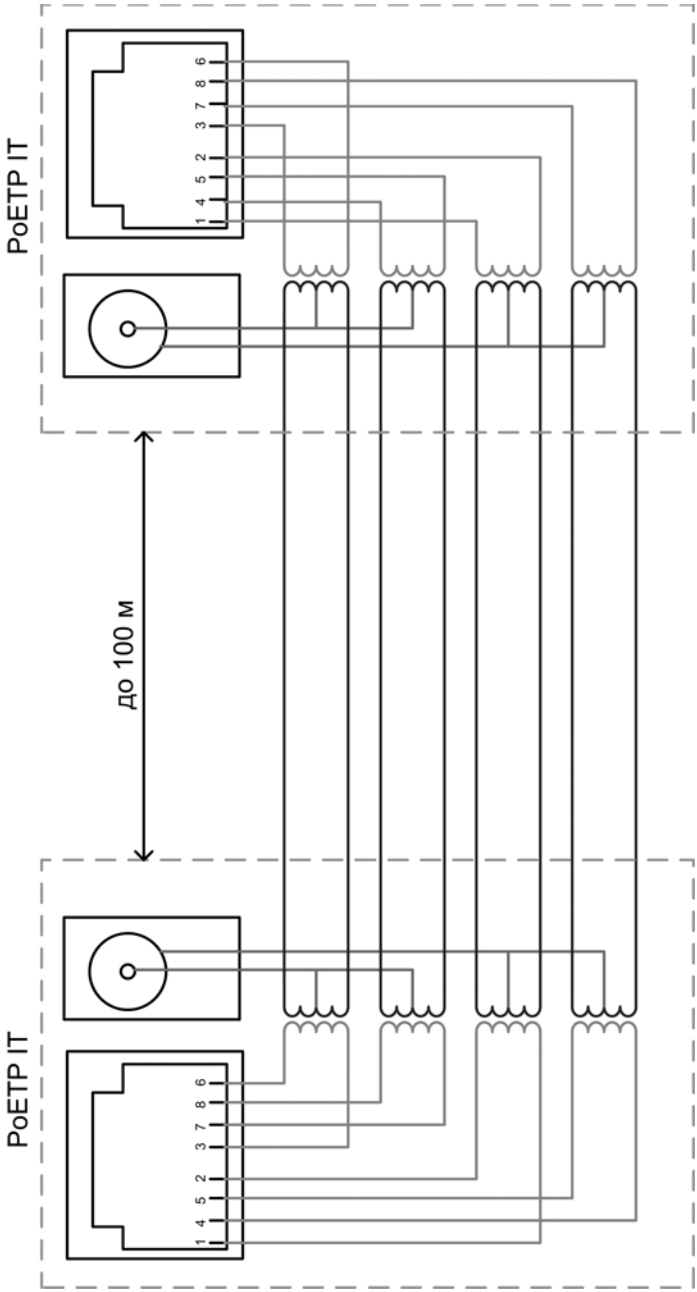

Рис. 7. Передача питания совместно с данными по восьми проводам с помощью сплиттера-инжектора PoETP IT

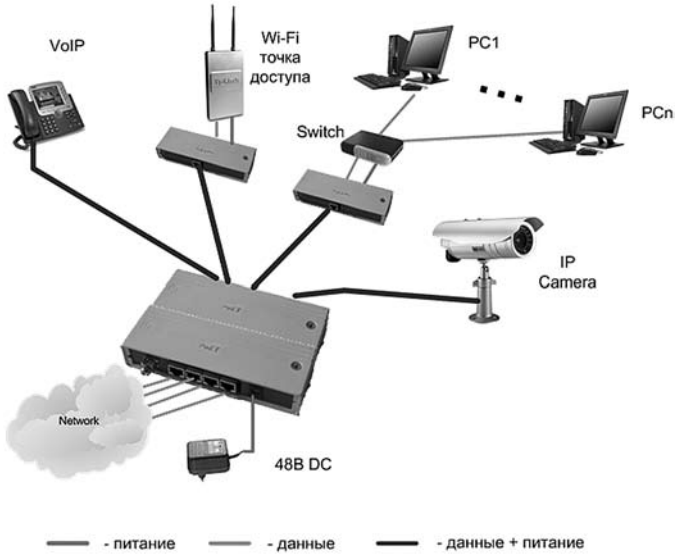

Рис. 8. Питание в соответствии со стандартом PoE. Инжектор–PoET 4-Ing St, сплиттеры PoET Sp St

Технология PoE и репитеры расширяют возможности применения Ethernet на «последней миле»

Проекты по строительству сетей доступа на базе GPON (Gigabit Passive Optical Network) запущены в Петербурге, Якутске, Владивостоке. Для подключения многих коттеджных поселков, расположенных в пригородах мегаполисов, для подключения к сетям связи выбрана эта технология. Однако многие операторы связи считают, что базовым интерфейсом абонентского доступа может стать Ethernet со скоростью 100 Мбит/с. Это требует значительно меньших капитальных затрат и в то же время обеспечивает возможность предоставления массовому потребителю всех базовых услуг связи на перспективу не менее 10 лет. [6]

При строительстве мультисервисных сетей городского масштаба с использованием транспортной технологии IP/ Ethernet в России стала приоритетной технология «оптика до дома» (FTTB) и «витая пара» до абонента. Многократно уступая PON в пропускной способности, сеть, построенная по такому принципу, имеет ряд преимуществ по стоимости строительства и эксплуатации.

В частности, технология PoE позволяет организовать бесперебойное питание оборудования абонента от выпрямителя и аккумуляторной ба-

тареи, расположенных в точке перехода с оптической среды передачи на медный кабель.

Альтернативным способом обеспечения работы абонентского оборудования при пропадании электроэнергии является установка у абонента ИБП.

Применение PoE позволяет запитывать не только IP-телефоны, камеры и роутеры, но и репитеры, что дает возможность увеличить дальность подключения по витой паре до нескольких сотен метров.

Инверторы 48/220 В, подача питания в которые производится по кабелям передачи данных.

С учетом потерь в кабеле и на преобразование постоянного тока в переменный могут быть разработаны и изготовлены инверторы с допустимой мощностью нагрузки по переменному току. Нашей фирмой был проведен анализ рынка, который, с одной стороны, выявил потенциальный спрос на такие инверторы, а с другой отсутствие предложения и даже информации о подобных устройствах.

Макет инвертора был впервые представлен на выставке «Связь-Экспокомм-2010»

Инверторы PoE могут быть использованы для питания компьютеров с малым потреблением, модемов, любого другого оборудования с мощностью потребления до 50 Вт. Для обеспечения такой мощности необходимо использовать все 4 пары кабеля. Примеры применения инверторов показаны на рисунках 9 и 10.

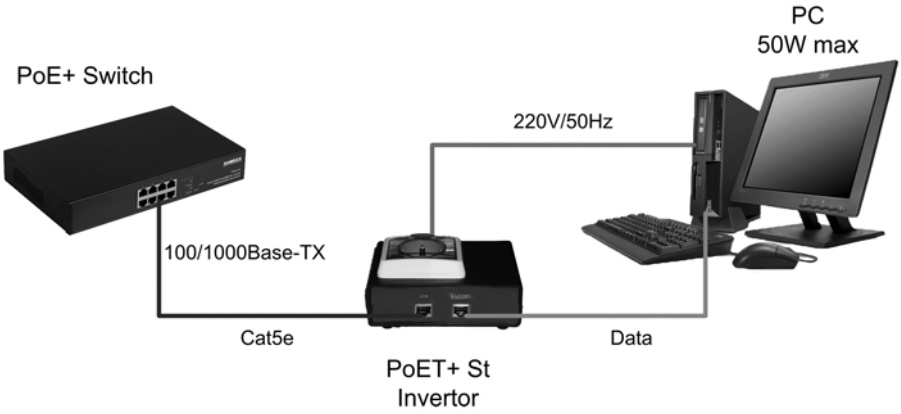

Рис. 9. Инвертор 48/220 В PoET+ St Invertor , подача питания производится от коммутатора через средние точки трансформаторов по стандарту PoE Plus

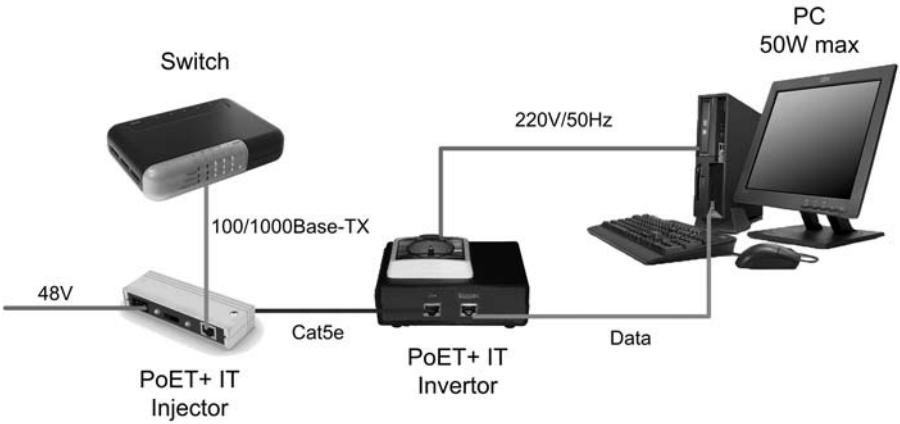

Рис. 10. Инвертор 48/220 В PoET+ IT Invertor, подача питания производится от инжектора PoETP IT через средние точки трансформаторов.

Применение технологии PoE не только даст новые возможности для обеспечения электропитания оборудования и объектов связи, но и поставит перед энергетиками-связистами новые задачи. Например, применение коммутаторов и инжекторов PoE приведет к увеличению энергопотребления стоек с активным оборудованием и повышению выделения тепла, что, в свою очередь может потребовать дополнительного охлаждения.

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, №1, 2010.
4. Терентьев Д., Пашкевич А., Сергеев А. Оборудование COMMENG для сетей ETHERNET: Передача данных и питания по одному кабелю, не соответствующая стандартам PoE - Первая миля, №2, 2010.
5. Терентьев Д. Технология PoE и репитеры расширяют возможности применения Ethernet на «последней миле». / Сборник докладов конференции «Современные технологии линейно-кабельных сооружений. СТЛКС-2010», СПб, 2010
6. Оборудование абонентского доступа. Теория и практика, рекомендации коллег./ «Технологии и средства связи» №1, 2009