Свежий взгляд на PLC на примере решений компании Corinex

Автор: Директор по развитию и новым продуктам ЗАО "СЕТЬТЕЛЕКОМ", торговая марка Altegrosky

Статья публикуется в рамках конкурса "Формула связи"

Оглавление:

1. ВведениеМифы и факты о PLC
2. Немного теории
3. Характеристики PLC сетей
4. PLC и коаксиальные сети
5. Методы подключения к электросетям
6. Заключение
7. Приложение. Таблица расчета PLC сети

Введение

О технологии PLC (Power Line Communication) или «Связь по электросети» так или иначе слышали многие, однако о реальных возможностях технологии осведомлено лишь небольшое количество специалистов. Отчасти это связано с информационной политикой производителей и невнятным маркетингом, который не учитывал российские реалии, отчасти виноваты болезни роста, поскольку первая и вторая версия стандарта работали не так хорошо, как хотелось бы. В этом обзоре представлен свежий взгляд на возможности этой интересной технологии, которая базируется на стандарте, одобренном UPA в 2006 году. Этот стандарт обеспечивает физическую скорость передачи данных до 200 Мбит/сек в режиме полу-дуплекс, что соответствует максимальной скорости передачи реальных данных 80 мбит/сек в полнодуплексном режиме. Максимальная скорость ниже пропускной способности FastEthernet из-за издержек на служебный трафик и избыточность данных для протокола коррекции ошибок.
На отечественном рынке технология PLC известна прежде всего решениями типа «Домашняя сеть по электропроводке» которые представлены такими брендами как Zyxel, Dlink, Qlan. Одним из популяризаторов этих решений выступила компания ЭлектроКом (http://www.spark-com.ru/index.shtml) со слоганом «Интернет из розетки», доказавшая своим примером работоспособность технологии. В то же время, технология PLC не ограничивается только домашним применением, существует интересный класс решений, получивший название BPL (Broadband over power line), который предназначен для операторов связи и системных интеграторов, занимающихся развертыванием корпоративных сетей. На данный момент в нашей стране наиболее заметны на этом рынке два европейских поставщика решений BPL – французская компания DefiDev (http://www.defidev.com/?page=home&lang=en) и канадско-словацкая компания Corinex (http://www.corinex.com/). Мы будем рассматривать оборудование компании Corinex, дистрибьютором которой на данный момент в России выступает компания «СЕТЬТЕЛЕКОМ». (www.altegrosky.ru)

Мифы и факты о PLC

Технология PLC проделала непростой путь от непонятно работающих поделок до решений операторского класса. На этом пути в разное время у разных людей возникали различные впечатления, которые превратились в устойчивые мифы. Рассмотрим некоторые из них.

Миф 1. Технология PLC медленная и ненадежная.
Реальность 1. *Ранние версии стандартов работали недостаточно надежно. Версии UPA и HomePlug AV относятся к третьему поколению, а алгоритмы и протоколы непрерывно совершенствуются в регулярно выпускаемых обновлениях программного обеспечения.*

Миф 2. В рекламе говорится, что можно включить несколько адаптеров в розетки и получить максимальную скорость работы, а на деле результат непредсказуем.
Реальность 2. *PLC работает по электрическим проводам, которые могут быть присоединены к трем разным фазам. В некоторых случаях может оказаться, что разные группы розеток подключены к разным фазам и попросту не имеют электрического соединения друг с другом. В этой ситуации удивительно не то, что PLC не работает, а то, что она часто работает даже в такой сложной ситуации благодаря взаимному влиянию фаз. При наличии плана электросети и опыта работы с PLC можно построить сеть в любых условиях, но это, конечно, не получится сделать по принципу «включил и работает».*

Миф 3. Существуют устройства, которые при включении «блокируют» всю сеть и с этим ничего сделать нельзя.
Реальность 3. *Устройства, которые оказывают влияние на PLC, хорошо известны. Это мощные электродвигатели, используемые в кондиционерах, холодильниках, стиральных машинах с индуктивным характером нагрузки, а так же дешевые малогабаритные блоки питания китайского производства без цепей фильтрации. Способы борьбы тоже известны — использование специализированных недорогих фильтров и правильный дизайн PLC сети.*

Миф 4. После развертывания PLC сети, за вами начнут гоняться таксисты с монтировками из-за помех в своих радиостанциях и мстить радиолюбители, включая свои усилители.
Реальность 4. *Это неправда, потому что:*

- *При передаче по коаксиальному кабелю мощность и спектр используемого сигнала в PLC близка по параметрам к кабельным модемам DOCSIS, а за операторами кабельных сетей никто не гоняется;*
- *При передаче даже по очень хорошему силовому кабелю сигнал быстро затухает, при передаче же по воздуху, например в коттеджной застройке, сигнал не оказывает ощутимого влияния на технику, работающую в поселке, поскольку линии электропередач и оборудование достаточно удалены друг от друга;*
- *Малая мощность PLC сигнала (100 мВт) небольшими порциями распределена по широкому спектру, в то время как большая мощность КВ радиостанций (1 … 50 Вт) сконцентрирована в узком спектре;*
- *И самое важное, существует гибкая возможность конфигурации Power mask, которая позволяет ослабить излучение произвольной частоты на заданный уровень мощности. На рынок поставляются модели с предустановленными масками полностью удовлетворяющими, например, правилам американского регулятора FCC. В России, к сожалению, такая работа до сих пор не проведена, хотя разработать эту маску легко может сообщество квалифицированных радиолюбителей.*

Миф 5. В России плохие электросети, поэтому у нас эта технология никогда хорошо работать не сможет.
Реальность 5. *Отчасти это правда, но существуют совершенно разные типы электросетей. Для технологии PLC важны материал, толщина проводов, их геометрия, качество соединений, количество разветвлений. В России была очень хорошая школа электроэнергетики. В некоторых местах электропроводка, проложенная 30-40 лет назад, и сейчас обслуживает потребителей, увеличивших свое потребление в несколько раз благодаря советскому запасу прочности. Нет особых оснований считать наши электросети хуже, чем во многих странах Азии или восточной Европы, которые успешно используют решения PLC.*

Миф 6. PLC это дорого, и даже по таким ценам купить негде.
Реальность 6. *Дорого потому что мало покупают, мало покупают, потому что дорого. Этот замкнутый круг компания «СЕТЬТЕЛЕКОМ» разорвала благодаря серьезному подходу к этому бизнесу, включая инвестиции в закупку оборудования на склад и получению партнерского статуса. В результате сейчас у российских потребителей появилась возможность приобретать оборудование Corinex по европейским ценам со склада в Москве.*

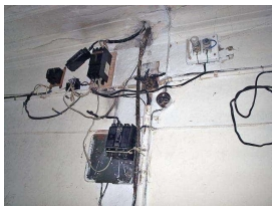
Кроме мифов существуют и вполне определенные факты, вызванные физическими особенностями распространения сигнала, которые существенно сужают сферу применения решений на базе PLC.

Факт 1. Некоторые электрические счетчики блокируют сигнал PLC. Существует три возможных варианта влияния счетчиков на работу PLC в зависимости от их конструкции:

- Счетчик не оказывает влияния на сигнал. Ослабление около 5 дБ;
- Счетчик ослабляет PLC сигнал. Ослабление 5-40 дБ. В этом случае можно подключать сигнал после счетчика и обеспечить нормально качество работы PLC сети;
- Счетчик шунтирует PLC сигнал. В этом случае большая часть сигнала ослабляется через встроенный ВЧ шунт, PLC подключение не работает ни до счетчика, ни после счетчика. Единственный вариант установить связь отступить от счетчика по кабелю направленному в сторону потребителей от 10 метров и выше.

Факт 2. В алюминиевой проводке затухание сигнала сильнее, чем в медной, что сокращает дальность связи примерно в 2 раза.
Факт 3. В подземных кабелях из-за свойств земли затухание сигнала в 2-3 раза больше. Однако на передачу сигнала в электросетях, в основном, влияет не ослабление, а уровень шума, который в подземных коммуникациях существенно ниже.
Факт 4. Чем больше разветвлений (автоматов) в электрощите, тем сильнее падает мощность сигнала прямо в точке подключения сигнала.

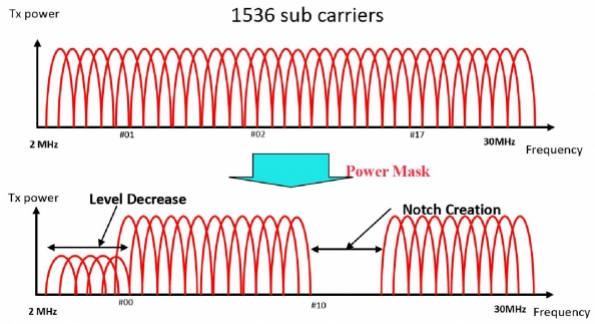
На реальных объектах сочетание нескольких неблагоприятных факторов может сделать развертывание PLC невыгодным или принципиально невозможным, поэтому перед развертыванием сети всегда необходимо собирать максимальное количеств информации, включая план электросети, тип кабельной проводки, схемы щитов и автоматов, и что особенно важно, сверить полученную информацию с реальностью.
Типичный пример организации электросети в российской глубинке:



Немного теории

BPL решения компании Corinex и DefiDev построены на базе чипсетов серии 90xx испанской компании DS2. (http://www.ds2.es/) которые отвечают стандартам UPA (http://www.upaplc.org/). Основная масса решений для домашнего использования поставляемого с Тайваня использует чипсеты фирмы Inellon (http://www.intellon.com/), которые базируются на стандартах HomePlug 1.0, Intellon Turbo, Home Plug AV. Указанные стандарты между собой несовместимы. Ведется работа по стандартизации в рамках рабочей группы IEEE P1901 (http://grouper.ieee.org/groups/1901/), но на физическом уровне все равно ожидается принятие несколько несовместимых протоколов.
Рассмотрим принцип работы устройств на чипсетах DS2. Для передачи данных используется OFDM модуляция на 1536 поднесущих в диапазоне от 2 до 34 МГц. Спектральная маска программным способом может нарезаться на различные диапазоны, так называемые режимы или просто моды (Mode). Так же, на спектральную маску может накладываться ограничение в виде вырезов в спектре, так называемых «notches», которые позволяют уменьшить излучения в частях спектра, которые используют различные службы коротких волн радиолюбителей, связистов и т. д.

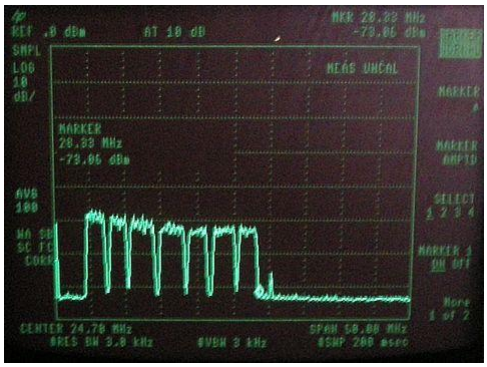
Рис 1. Спектр PLC сигнала



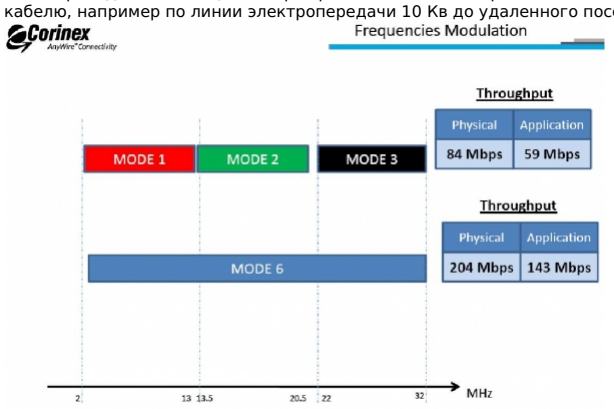
Замечательным свойством технологии является умение подстраивать степень модуляции по каждой несущей под затухание, т. е. адаптация к амплитудно-частотной характеристики линии. Таким образом «заваленные» частоты продолжают использоваться для передачи полезного сигнала, пусть и с меньшим количеством символов на несущую.

В решениях класса Home нет никакой возможности управления спектром передаваемого сигнала, поэтому качество работы на существующих сетях может оказаться неоптимальным. В операторских решениях существует возможность выбора режима работы (Mode), всего этих режимов 13 и они серьезно отличаются по характеру применения. Home решения используют только режим 13, средневольтовые решения Access используют режимы 1-3, низковольтовые решения Access по умолчанию используют режим 6. Вот так выглядит спектр живого сигнала полученного с коаксиального выхода PLC шлюза доступа компании Corinex:

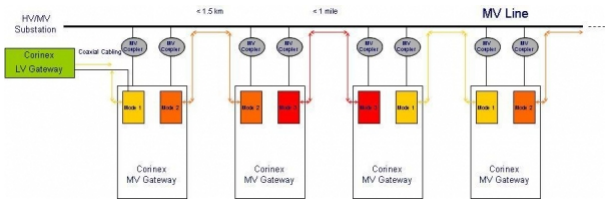
Рис. 2 Спектр Mode6



Ниже приводится таблица спектров режимов 1-2-3, которые позволяют организовать BPL сеть на частотных репитерах, работающих на разной частоте по одному кабелю, например по линии электропередачи 10 Кв до удаленного поселка.

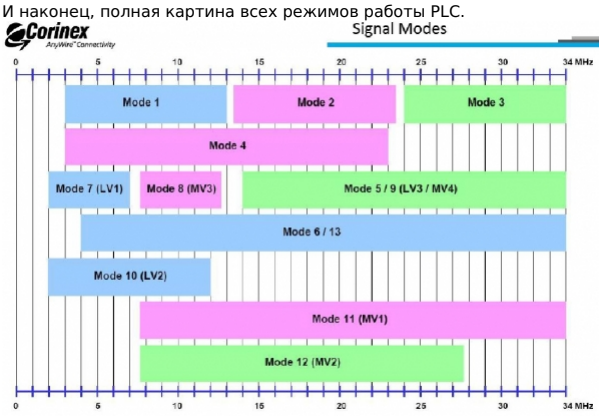


Пример организации связи с использованием частотных репитеров:



Об использовании схемы с FDD репитерами более подробно можно почитать в документации производителя:
http://mm.corinex.com/Products/Access%20Products/Corinex%20Medium%20Voltage%20Access%20Gateway/manual/manual%20Corinex%20Medium%20Voltage%20Access%2(

И наконец, полная картина всех режимов работы PLC.



В реальных применениях на сетях 220 Вольт (LV) при необходимости увеличить дистанцию, на которой устанавливается связь рекомендуется использовать последовательность режимов 6 — 1 — 7

Линейка оборудования Corinex

Согласно классификации UPA все виды BPL оборудования делятся на два типа Access и In-Home. По своему определению первый тип оборудования применяется для организации связи до здания, второй тип используется для организации связи внутри здания или квартиры. Домашние решения используют версию ПО, которое позволяет организовать одноранговую связь «каждый с каждым», корпоративные решения используют схему «шлюз доступа — абоненты». Решения In-Home от Corinex выпускаются как на чипсетах DS2, так и на чипсетах Intellon. Фактически правильнее было бы проводить границу по производителю чипсета, потому что решения In-Home на чипсетах DS2 имеют функциональность, которая полностью удовлетворит оператора связи. Фактически In-Home на чипсетах DS2 может все то же самое, что и Access, за исключением:

- Не поддерживается выбор режимов (Mode);
- Топология и иерархия сети назначается автоматически по принципу peer-to-peer плюс автоматический выбор репитеров, при этом остается возможность назначить корневой узел;
- Не поддерживается радиус сервер и конфигурация через TFTP;
- Разные версии фирменного ПО — Alma для Access и Spirit для In-Home.

В In-home и Access используются одинаковое железо, за исключением головных станций, которые имеют более мощный уровень сигнала и по определению отсутствуют в линейке In-Home.

Прилагаемая таблица поможет разобраться с тонкостями нумерации продуктов Corinex

	DSS 9010/9101	DSS 9001	DSS 9002	Intellon INT6300
PLC PHY Layer	200 Mbps	200 Mbps	200 Mbps	85, 200 Mbps
PLC устройств	16	32	64	н.д.
MAC Table size	32	64	1024	н.д.
VLAN + OVLAN	4	16	256	нет
QoS Priorities	1	8	8	4
Interface	PLC & FE	PLC/COAX/FE	PLC/COAX/FE	PLC/COAX/FE
Использование	In-Home PLC Low cost CPE	MV Access GW LV Access GW MV/LV Repiter LV HE LV CPE InHome PLC	MV HiCap Access GW LV HiCap Access GW MV/LV Repiter LV HE	In-Home PLC
Устройства	CXP-AV200-WME CXP-AV200-WME-F CXC-AV200-WME	CXP-AV200-ETH CXC-AV200-ETH CXP-MVA-GWY CXP-LVA-GWY CXP-LVA-GEPON	CXP-HDA-GWYC CXP-HDA-GPON	

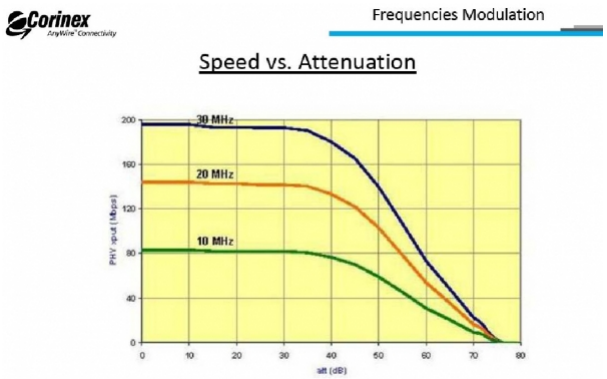
Мощность	-57dbm/Hz	-57dbm/Hz (-53dbm/Hz GW)	-50dbm/Hz	-56 dbm/Hz

Внешний вид шлюза **Low Voltage Access Gateway**:

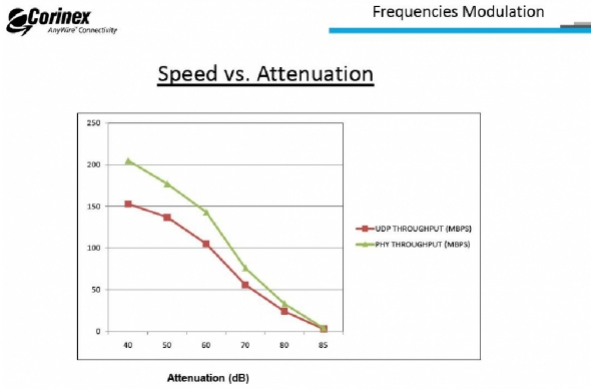
Внешний вид CPE **CXP-AV200-ETH**

Характеристики PLC сетей

Два первых вопроса, которые задает любой потенциальный пользователь оборудования PLC это: «Какая максимальная скорость?» и «Какое максимальное расстояние?» Мгновенная физическая скорость линии может достигать 220 Мбит. Скорость, которую выдает «эстиматор», чуть ниже. При установлении соединения может пройти несколько минут, прежде чем модем определит оптимальную скорость передачи данных. Взаимосвязь между физической скоростью затуханием и полосой можно увидеть на графике.



В свою очередь между физической скоростью и реальной скоростью передачи данных существует определенная зависимость. Не стоит забывать, что в физической среде PLC протокол работает в режиме half-duplex, поэтому указанное значение делится на два направления, как правило, с небольшой асимметрией.



Производители говорят о типовой дальности работы PLC сетей в 300 метров, но из-за большого количества факторов, влияющих на распространение сигнала невозможно, в общем случае, гарантировать ту или иную скорость или расстояние. В реальности, определяющую роль на скорость и дистанцию оказывает не затухание, а отношение сигнал/шум. Стоить отметить, что в разветвленных и некачественных электросетях уровень шума оказывается весьма значительным. В таблице приведены примеры расстояний и скоростей при разных параметрах линии.

Дальность	RX, Мбит/с.	Потери	SNR
60	55	68	10
90	13	61	8
90	29	60	10

90	44	60	11
120	51	60	4

PLC и коаксиальные сети

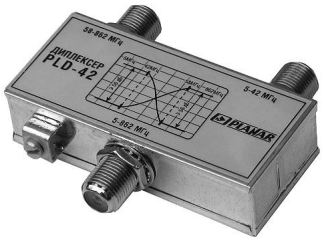
Несмотря на то, что оборудование PLC предназначено для работы по силовой электропроводке, в силу физических причин, коаксиальные подключения играют очень важную роль. Коаксиальный кабель является наилучшей средой передачи данных для PLC сигнала. Именно поэтому все головные станции линейки Access оснащаются коаксиальными выходами. При подключении к средневольтовым электрическим сетям напряжением до 10 кВ вольт используются только каплеры с коаксиальными разъемами. Другой особенностью PLC модемов с коаксиальными выходами является их полная совместимость с современными сетями кабельного телевидения. Полевые испытания показали, что на отечественных сетях КТВ с использованием полосы обратного канала 5-34 МГц (ГОСТ Р 52023) практически полученные результаты хорошо совпадают с расчетом. Количество проделанной работы тянет на отдельный интересный обзор, и я надеюсь, что мы сможем подготовить и опубликовать результаты в скором времени. Пока можно сказать, что PLC over Coaxial является привлекательным решением для предоставления услуг по небольшим сетям кабельного телевидения в многоэтажной застройке, в условиях когда на развертывание DOCSIS либо нет средств либо оно экономически неоправданно. Другим интересным вариантом применения PLC является строительство небольших коаксиальных сетей для услуг телевидения и доступа в Интернет в сельской местности, там, где недостаточный объем платежеспособного спроса не позволяет внедрить оптику.

Методы подключения к электросетям

Одним из самых важных моментов при организации PLC сети является выбор метода подключения модема к силовой линии. Устройство, которое осуществляет ввод/вывод сигнала называется Каплер (Coupler), в переводе с английского — делитель, ответвитель. Существует два основных физически различных варианта подключения в силовую электросеть:

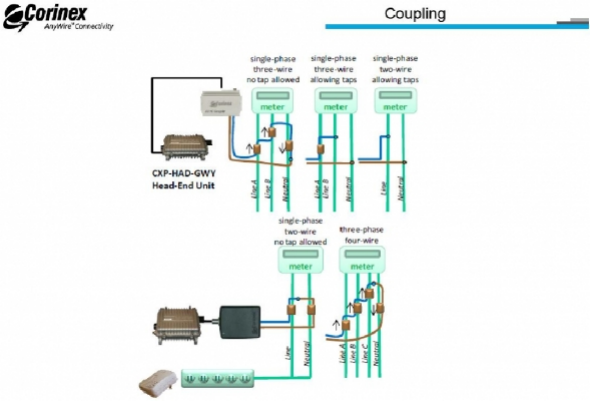
- Емкостный — сигнал подается контактным методом через высокочастотный высоковольтный конденсатор;
- Индуктивный — сигнал подается бесконтактным методом через цепь образованную витками петли инжектора и силовыми кабелями.

В коаксиальную сеть сигнал подключается либо через обычный ТВ-сплиттер, либо через частотный ответвитель, называемый диплексером. Для подключения к головной станции использование диплексера обязательно, поскольку он обеспечивает подавление сигнала в сторону ГС более чем на 50 дБ (у сплиттера развязка 22 дБ), а потери инжекции составляют 0,5 дБ (у сплиттера – 3,5) Внешне диплексер не отличается от обычного делителя КТВ.



Для подключения к LV сетям (110-240 Вольт) обычно не составляет труда организовать гальваническое соединение, хотя в некоторых случаях без индуктивного соединения не обойтись, например, если гальванический контакт организовать невозможно. В таком случае применяются защелкивающиеся ферритовые клипсы как показано на картинке:

Основное правило при индуктивном подключении состоит в том, что сигнальная петля должна образовывать замкнутую цепь с направлением движения в одну сторону по фазе и в другую по нейтрали. Варианты подключения с использованием стандартного однофазного или каплера 1+11 приводятся в презентации Corinex.



Для подключения к средневольтовым сетям (MV) применяются специальные каплеры, состоящие из высоковольтных конденсаторов и ферритов рассчитанные на большой ток. Существуют специализированные компании, производящие такое оборудование, например, Arteche (http://www.arteche.com/web/frontoffice/verCategoriaPLC.aspx?idioma=2&id_cat=82).

Заключение

На сегодняшний день технология PLC является интересным и полезным продуктом, находящимся в особой нише, применение которого в отдельных случаях может дать хороший экономический результат. Наиболее перспективные области применения решений компании Corinex:

- Организация связи в коттедже или квартире с использованием линейки In-home (чипсеты Intellon) аналог Zyxel PLA 400;
- Организация связи в небольших коаксиальных сетях в сельской местности и поселках с использованием линейки Access или In-home (чипсеты DS2);
- Организация связи до территориально удаленных населенных пунктов по средневольтовым линиям на дальности от 1 км с использованием линейки Access MV.

А вот столь популярное на западе использование PLC решений для организации связи в различных административных зданиях может наталкиваться на проблемы, вызванные спецификой построения и обслуживания отечественных электросетей. Компания «СЕТЬТЕЛЕКОМ» планирует в будущем продолжать публикацию обзоров, посвященных реальным проектам внедрения PLC сетей. Информация для комментариев и запросов: corinex@altegrosky.ru
Читателям, которых заинтересовала технология PLC хотелось бы еще раз напомнить о необходимости строгого соблюдения правил безопасности. Работы на электросетях должны проводить люди прошедшие инструктаж и получившие соответствующий допуск. Понятнее всего о мерах предосторожности написано вот на этой картинке:

Приложение. Таблица расчета PLC сети

Поскольку PLC технология является разновидностью передачи радиосигналов, то метод расчета сетей PLC подчиняется законам радиотехники. При этом для коаксиальных сетей расчет совпадает с практикой очень хорошо, а для электросетей оказывается весьма приблизительным, прежде всего, из-за отсутствия точной информации о структуре электросети.

Для начала приведем данные производителя, которые дают понятие о запасе бюджета линии.

Описание	Значение в дБ
Шум в коаксиальном кабеле	-125
Шум в электропроводке	-110
Мощность передачи HD и GPON шлюзов	-50
Мощность передачи стандартных шлюзов	-53
Мощность передачи CPE	-57
Бюджет линии в коаксиальной	58 ... 65 (при SNR =10)
Бюджет линии в силовой сети	43 ... 50 (при SNR = 10)

Теперь посмотрим на потери, которые имеют место в реальной сети:

Описание	Потери, значение в дБ
Однофазный емкостный каплер	1,25
Однофазный индуктивный каплер	4 ... 8
Трехфазный емкостный каплер	5
11 + 1 каплер	11,5
Потери в коаксиальном проводе на 30 МГц	2,5 на 100 метров
Потери в силовом медном проводе	6 ...12 на 100 метров
Потери в подземном медном проводе	10 ... 20 на 100 метров
Коаксиальный сплиттер на 2 выхода	3,5
Коаксиальный сплиттер на 3 выхода	5
Коаксиальный сплиттер на 4 выхода	7
Разветвление на 2 электропровода	3
На 3	5

На 5	7
На 9	10
На 17	12
Защитный автомат	2 ... 5
Электросчетчик	5 ... 40

В реальных условиях совсем нетрудно представить такую конфигурацию электропроводки, при которой бюджета линии не хватает для покрытия всего объекта. К счастью, использование репитеров позволяет увеличить максимальное расстояние до 5 раз, хотя это происходит за счет уменьшение максимальной доступной полосы. Мы обнаружили и сформулировали правило «двух щитков», которое гласит, что PLC сигнал может преодолеть не более двух электрощитов. При подключении шлюза в ГРЩ здания, обычно все абоненты сидящие на этажных распределительных щитах могут установить связь с головной станцией.

Приведем таблицу физических скоростей соединения PLC в зависимости от соотношения сигнал/шум (SNR):

SNR дБ	**TX, Мбит/с.**	**RX, Мбит/с.**
14,33	39	23
20,9	78	43
25,52	101	76
30,57	156	86

Пример расчета сети на основании табличных данных.

Объект	Потери, дБ
Каплер 3 фазный:	5
Главный Электрощит 3 фазы на 3 группы автоматов каждая, 5 разветвлений	7
Проход автомата ГЭ	3
Этажный провод толстым медным проводом до щитка на 3 этаже, 30 метров.	2
Этажнное УЗО	3
Этажный электрощит на 6 автоматов на фазу (всего 12 на сеть и 3 на свет)	10
Провод до комнаты по этажу 50 метров, тонкий медный кабель	5
4 ответвления на розетки в комнате 4 x 4	16
Всего	**35 … 51**

Ожидаем, что соединение установится нормально во всех точках комнаты со скоростью около 50 Мбит при использовании шлюза доступа LW. Область покрытия 3 этажа по 12 комнат без использования репитеров.