

УДК 621.391

Недашковский А.Л., к.т.н.

## СЦЕНАРИИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BPL В METRO ETHERNET СЕТЯХ ДОСТУПА

**Nedashkivsky O.L. Scenarios of use BPL technology in the Metro Ethernet access networks.**

The classification of telecommunications networks and equipment that support PLC technology are shown. The organization of communication scenarios using BPL technology in Metro Ethernet access networks are analyzed and proposed. The boundaries of the economic feasibility of the use of different scenarios are evaluate and define. It showed a positive effect from synergy of operators of communication efforts and utility distribution companies.

Obtained results show that the most economical is the scenario 3 «Replacing the dwelling distribution network». However, even in this case, the cost of a «standard service» a little above then standard solutions based on cables of fifth category.

When compared with non-standard connections should take into account the total cost of ownership including the expenses for the organization of interfloor low voltage risers or telephone conduit, the cost of which is high and not always possible. In such situations, BPL becomes economically viable solution, and sometimes only one possible solution.

The parallel deployment of BPL access networks and NPL-AMR networks provides a more cost-effective solution from a synergy of efforts of telecommunications operators and the utility companies.

**Keywords:** Metro Ethernet, NPL, BPL, access network, dwelling distribution networks, Internet AMR

**Недашківський О.Л. Сценарії організації зв'язку з використанням технології BPL в Metro Ethernet мережах доступу.**

Наведено класифікацію телекомунікаційних мереж і класів обладнання, яке підтримує технологію PLC. Проаналізовано та запропоновано сценарії організації зв'язку з використанням технології BPL в Metro Ethernet мережах доступу. Оцінені і визначені межі економічної доцільності застосування різних сценаріїв. Показаний позитивний ефект від синергії зусиль операторів зв'язку і енергорозподільючих компаній.

**Ключові слова:** Metro Ethernet, NPL, BPL, мережі доступу, будинкові розподільчі мережі, Інтернет, АСКОЕ.

**Недашковский А.Л. Сценарии организации связи с использованием технологии BPL в Metro Ethernet сетях доступа.**

Приведена классификация телекоммуникационных сетей и классов оборудования поддерживающих технологию PLC. Проанализированы и предложены сценарии организации связи с использованием технологии BPL в Metro Ethernet сетях доступа. Оценены и определены границы экономической целесообразности применения различных сценариев. Показан положительный эффект от синергии усилий операторов связи и энергораспределяющих компаний.

**Ключевые слова:** Metro Ethernet, NPL, BPL, сети доступа, домовые распределительные сети, Интернет, АСКУЭ.

### Вступлення

В общем случае PLC (Power Line Communications - передача информации по силовым линиям) это технология, позволяющая рассматривать силовые сети как альтернативную среду передачи данных [1, 2].

Потенциальные преимущества технологии PLC можно сформулировать следующим образом:

- не требуется дорогостоящих работ, связанных с прокладкой телекоммуникационных кабелей;
- не требуется радиочастотный ресурс;
- обеспечивается быстрое развертывание сети и возможность её поэтапного наращивания по мере необходимости;
- возможно предоставление всего спектра мультимедийных и телекоммуникационных услуг (Интернет, телефония, цифровое телевидение и др.);

© Недашківський О.Л., 2017

- идеально подходит для предоставления «энергетических услуг» и услуг по управлению «интеллектуальным домом» (автоматическое снятие показаний различных счетчиков, дистанционный мониторинг, сигнализация, биллинг и др.);

- возможность комплексного предоставления энергетических и телекоммуникационных услуг одним поставщиком, то есть является настоящей альтернативой существующим технологиям «последней мили», особенно для сельской местности.

При этом целесообразно обозначить, что перспективы технологии PLC во многом зависят от:

- теории и практики построения PLC сетей;

- динамики снижения цен на оборудование;

- наличия государственных программ по развертыванию систем широкополосного абонентского доступа на основе различных технологий, включая PLC;

- активности крупных региональных энергетических компаний по проектам, которые фокусировались бы на внедрении телекоммуникационных технологий двойного назначения, в т.ч. предназначенных для предоставления современных телекоммуникационных услуг населению самостоятельно или через аффилированные структуры;

- масштаба развертывания коммерческих проектов по предоставлению услуг широкополосного доступа на базе альтернативных технологий (xDSL, сетей КТВ, ВОЛС и др.);

- конкурентоспособности решений на основе PLC и их адаптированности к отечественным электрическим сетям;

- роста платежеспособного спроса населения на услуги широкополосного доступа в целом;

- накопления положительного опыта строительства коммерческих сетей PLC за рубежом.

Целью данной статьи является проведение классификации типов технологии PLC; разработка сценариев применения PLC для построения сетей доступа согласно концепции Metro Ethernet; оценка технической и экономической целесообразности применения различных сценариев.

### **1. Классификация PLC технологий**

Семейство технологий PLC можно классифицировать (рис. 1) по таким критериям как:

- максимальная скорость передачи данных;
- возможность поддержки многоуровневой архитектуры.

Тогда, согласно первого критерия, можно выделить:

- низкоскоростные технологии PLC с максимальной скоростью до 2 Мбит/с, которые будем называть NPL (Narrowband over PowerLine);

- высокоскоростные технологии PLC с максимальной скоростью более 2 Мбит/с, которые будем называть BPL (Broadband over PowerLine).

NPL как правило применяется для организации служебной связи, телеконтроля, телеуправления, телеметрии, АСКУЭ (автоматизированных систем комплексного учета электроэнергии).

BPL используется для построения локальных сетей (LAN- Local Area Network), сетей доступа (Accesses Network), а также интеллектуальных систем АСКУЭ, которые чаще называют системами AMR (Automatic Meter Reading).

Согласно второго критерия, среди технологий BPL можно и исключительно важно выделить две подгруппы:

- технологии индивидуального использования – SOHO BPL (SOHO – Small office / Home Office - «малый офис / домашний офис») [3, 4];

- технологии операторского класса – Carrier Class BPL [5].

Очевидно, что для построения Metro Ethernet сетей доступа приемлемы только высокоскоростные технологии PLC, т.е. BPL. Основные характеристики которых:

- использование существующих электрических сетей;
- скорость передачи данных выше 200 Мбит/с;

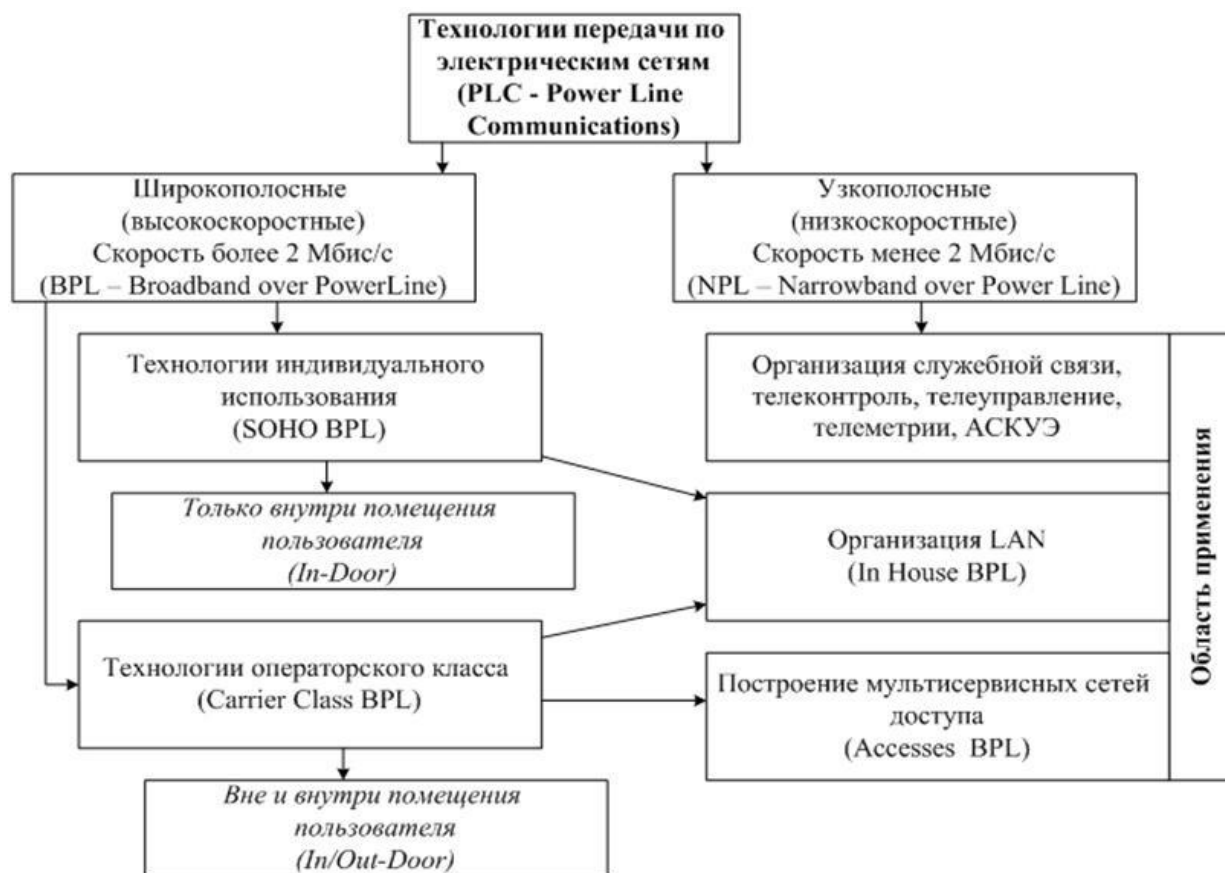


Рис. 1. Классификация телекоммуникационных технологий на базе электросетей

- полная поддержка протоколов IP и технологии Ethernet;
- дальность передачи данных до 200 м. без использования регенераторов, а при использовании и больше;
- оконечные абонентские устройства (далее CPE - Customer Premises Equipment для общего термина или BPL-CPE, если речь идет о BPL совместимом CPE) предоставляют все необходимые интерфейсы, а именно:

- базовые:

- Ethernet, BPL;

- дополнительные: WiFi, VoIP;

- BPL-CPE предоставляют все необходимые телекоммуникационные функциональные возможности, а именно:

- базовые: Ethernet Bridge (Ethernet-мост);

- дополнительные: Switch (Ethernet-мост), Router (IP маршрутизатор), WiFi AP (WiFi точка доступа), VoIP Gateway (шлюз IP-телефонии).

Результаты сравнения основных характеристик различных BPL технологий представлены в таблице 1.

## 2. Сценарии организации связи

На рисунке 2 приведена схема сценария 1 применения SOHO BPL. Данный сценарий можно назвать «Замена квартирной разводки» или «Виртуальный патчкорд». Сценарий предусматривает прокладку обычной витой пары категории 5 от точки присутствия (как правило Ethernet коммутатор доступа) оператора универсальной мультисервисной сети (УМСС) до помещения клиента. В помещении клиента устанавливается два BPL-адаптера

(на рис. 2 обозначены как «Home Plug PLC адаптер»). Один для связи Ethernet сети провайдера с BPL сетью клиента, а второй для подключения BPL сети клиента к абонентским Ethernet устройствам.

Таблица 1. Сравнительная характеристика SOHO BPL и Carrier Class BPL

SOHO BPL	Carrier Class BPL (Access BPL)
<p>Ключевые особенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сегмент: SOHO;</li> <li>- покрытие: In-Door (внутри помещения пользователя);</li> <li>- тип сети: одноранговая;</li> <li>- количество устройств: до 16;</li> <li>- элементы BPL-сети: BPL-адаптеры (BPL-модемы);</li> <li>- локальное управление;</li> <li>- технология виртуальных локальных сетей (VLAN - Virtual Local Area Network): не поддерживается.</li> </ul>	<p>Ключевые особенности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сегмент: Accesses Network;</li> <li>- покрытие: In/Out-Door (вне и внутри помещения пользователя);</li> <li>- тип сети: многогранговая;</li> <li>- количество устройств: до 64;</li> <li>- элементы BPL -сети: BPL-модемы (BPL -CPE), BPL-HeadEnd (центральный контроллер BPL сети), BPL-Repeater (BPL регенераторы);</li> <li>- централизованное управление;</li> <li>- полная поддержка VLAN;</li> <li>- возможность применения для построения АСКУЭ (AMR)</li> </ul>
<p>Классическое применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «Точка-точка» (режим моста), т.е. как «виртуальный патч-корд»;</li> <li>- «Домашняя ЛВС» (режим концентратора (хаба)), т.е. как «виртуальный Ethernet концентратор».</li> </ul>	<p>Классическое применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «Точка-многоточка» (т.е. построение сетей доступа).</li> </ul>



Рис. 2. Сценарий 1 применения SOHO BPL: «Замена квартирной разводки»

Отличительные особенности такого сценария:

- возможность предоставления только одного класса услуг доступа (One Play);
- невозможность поддержки параметров качества обслуживания (QoS);
- обеспечение свободы перемещения оборудования пользователя в пределах его помещения;
- дальность передачи Ethernet пакетов может быть больше 100 м.

При этом существуют такие ограничения:

- требуется «изоляция» PLC-сегментов (от квартиры к квартире: по необходимости);
- максимум 16 «Home Plug» PLC адаптеров в одном сегменте.

На рисунке 3 приведена схема такого же сценария но с применением Access BPL. Отличие состоит в том, что в помещении клиента устанавливается минимум один BPL-HeadEnd (на рис. 3 обозначены как «OPERA PLC Head End») и необходимое количество BPL-CPE (на рис.3 обозначены как «OPERA PLC CPE», «OPERA PLC/WiFi CPE», «OPERA

PLC/VoIP CPE») требуемой функциональности. BPL-HeadEnd связывает Ethernet сеть провайдера с BPL сетью клиента, а BPL-CPE для подключения BPL сети клиента к абонентским Ethernet устройствам.

Отличительные особенности такого сценарии:

- возможность предоставления всех классов услуг доступа (One Play, Double Play, Triple Play);
- поддержка параметров качества обслуживания (QoS);
- обеспечение свободы перемещения оборудования пользователя в пределах его помещения;
- дальность передачи Ethernet пакетов может быть больше 100 м.

При этом существуют такие ограничения:

- требуется «изоляция» PLC-сегментов (от квартиры к квартире: по необходимости);
- максимум 64 BPL-CPE на один BPL-HeadEnd.



Рис. 3. Сценарий 2 применения Access BPL: «Замена квартирной разводки»

Рассмотрим следующий сценарий - «Замена ДРС» (домовая распределительная сеть). В нем предусматривается соединение оборудования точки присутствия оператора, в которой устанавливается BPL-HeadEnd, с BPL-CPE различных клиентов (рис. 4) посредством кабельных силовых стояков, т.е. для организации «последнего шага». При этом в помещении пользователя BPL-CPE выполняет роль шлюза между BPL сетью и абонентской LAN. Реализация такого сценария осуществима только на базе Carrier Class BPL.

Отличительные особенности такого сценарии:

- возможность предоставления всех классов услуг доступа (One Play, Double Play, Triple Play);
- позволяет оператору сэкономить на строительстве домовых распределительных сетей;
- отличное решение в случае серьезных сложностей прокладки абонентских линий по существующим межэтажным слаботочным стоякам;
- дальность передачи Ethernet пакетов может быть больше 100 м.

При этом существуют такие ограничения:

- скорость PLC-кластера делится на все CPE;
- BPL сегмент должен поддерживать прозрачную передачу маркировки VLAN;
- максимум 64 BPL-CPE на один BPL-HeadEnd.

Сценарий 4 «PLC сеть доступа» (рис.5) предусматривает использование технологии PLC для построения сетей доступа, т.е. организации «последней мили». Реализация осуществима только на базе CarrierClassBPL и востребована, в основном, при низкой плотности клиентов. Сценарий предусматривает установку точки присутствия оператора либо в трансформаторной подстанции, которая обслуживает группу зданий либо в каждом здании, как в сценарии 3 «Замена ДРС». Кроме того в нем предусматривается отсутствие абонентской Ethernet-LAN, которая заменяется полностью на BPL-LAN. Соединение

оборудования точки присутствия оператора, в которой устанавливается BPL-HeadEnd или их группа, с BPL-CPE различных клиентов (рис. 5) в различных зданиях осуществляется посредством электрических питающих кабелей и кабелей силовых стояков, т.е. для организации «последней мили». При этом в помещении пользователя BPL-CPE выполняет не роль шлюза между BPL сетью и абонентской LAN, а роль BPL-Ethernet адаптера. Реализация такого сценария осуществима только на базе Carrier Class BPL.

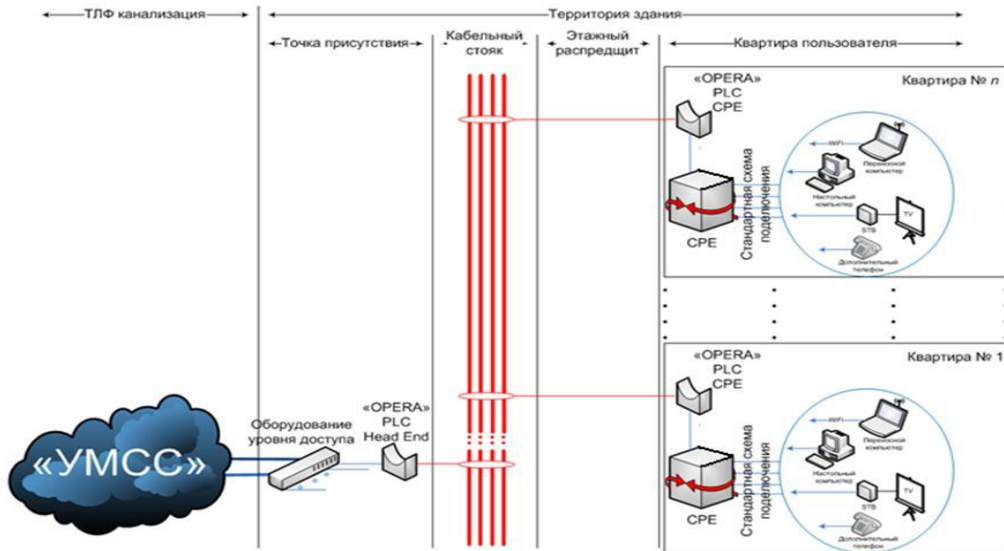


Рис. 4. Сценарий 3 применения Access BPL: «Замена ДРС»

Отличительные особенности такого сценарии:

- возможность предоставления всех классов услуг доступа (One Play, Double Play, Triple Play);
- позволяет оператору сэкономить на строительстве домовых распределительных сетей;
- позволяет оператору сэкономить на строительстве или аренде телефонной канализации;
- отличное решение в случае серьезных сложностей прокладки абонентских линий по существующим межэтажным слаботочным стоякам и каналам телефонной канализации;

При этом существуют такие ограничения:

- скорость PLC-кластера делится на все CPE;
- BPL сегмент должен поддерживать прозрачную передачу маркировки VLAN;
- максимум 64 BPL-CPE на один BPL-HeadEnd.

### 3. Сценарии применения BPL для задач АСКУЭ (AMR)

Типовое решение для задач АСКУЭ на базе PLC должно предусматривать построение BPL-сети доступа и замену всех электрических счетчиков на цифровые с встроенным PLC-адаптерами, что на сегодняшний день в Украине высокой актуальности проблемы внедрения энергоэффективных технологий в масштабах всей страны.

Общий анализ предложений и тестовых полигонов по созданию АСКУЭ показывает, что главной проблемой является транспортирование к вычислительным центрам энергокомпаний готовых данных о потреблении электроэнергии, тепла и т.д. непосредственно со счетчиков или с групповых контроллеров. На рис. 6 приведена обобщенная схема наиболее распространенных систем АСКУЭ.

Исходя из и изложенного, акцент в применении BPL для предоставления услуг под задачи АСКУЭ следует делать на способах транспортировки учетных данных. При этом следует исходить из следующих исходных данных:

- интерфейсы счетчиков: RS-232 или RS-485;
- интерфейсы контроллеров: Ethernet, RS-232 или RS-485;

- интерфейсы ЦОД: Ethernet;
- контроллер может обслуживать одно или группу зданий.

Тогда задача может быть сведена к следующему: требуется обеспечить транспорт для системы сбора данных.

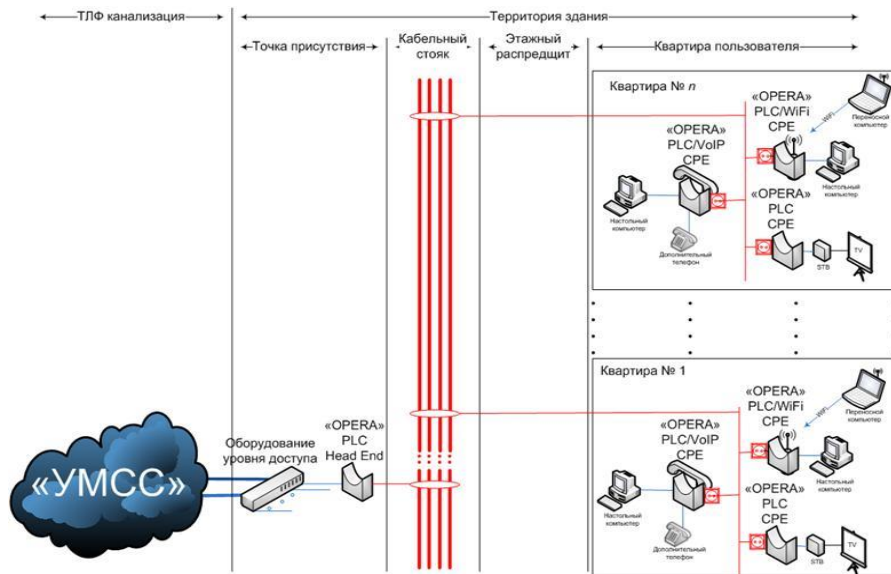


Рис. 5. Сценарий 4 применения Access BPL: «PLC сеть доступа»

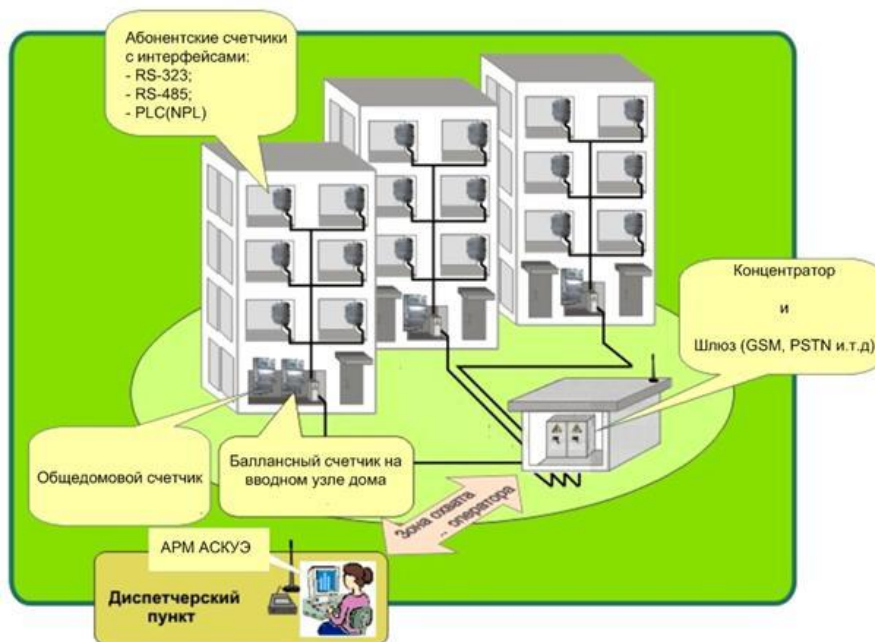


Рис. 6. Обобщенная схема наиболее распространенных систем АСКУЭ

Сценарий 1 предусматривает следующую схему организации связи (рис. 7). Счетчик подключается к конвертеру, который преобразует интерфейс счетчика в Ethernet. Выход конвертера подключается к CPE клиента (либо BPL-CPE). Далее CPE клиента (либо BPL-CPE) соединяется с базовой Metro Ethernet сетью, которая транспортирует данные до ЦОД (центра обработки данных) энергокомпании.

При этом:

- счетчики клиентов подключаются в сеть Metro Ethernet используя конвертеры RS-to-Ethernet через свободный порт абонентского CPE. Счетчики не клиентов подключаются в сеть Metro Ethernet используя конвертеры RS-to-Ethernet через свободный порт оборудования

уровня доступа;

- ЦОД энергокомпании подключается в сеть Metro Ethernet любым стандартным способом;

- все счетчики и ЦОД объединены в одну VLAN и вопросы безопасности обеспечиваются на стороне энергокомпании и производителями счетчиков/конверторов.

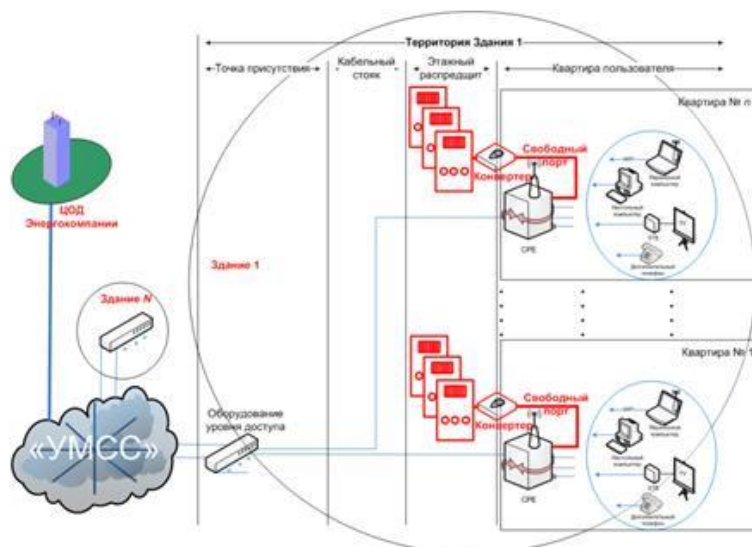


Рис. 7. Сценарий 1 АСКУЭ: Счетчик <math>\diamond</math> Конвертор <math>\diamond</math> СРМ (BPL-CPE) <math>\diamond</math> Сеть Metro Ethernet <math>\diamond</math> ЦОД

Сценарий 2 предусматривает следующую схему организации связи (рис.8). Контроллер счетчиков (как правило персональный компьютер) подключается к коммутатору доступа напрямую либо с использованием BPL-CPE, а базовая Metro Ethernet сеть транспортирует данные до ЦОД.

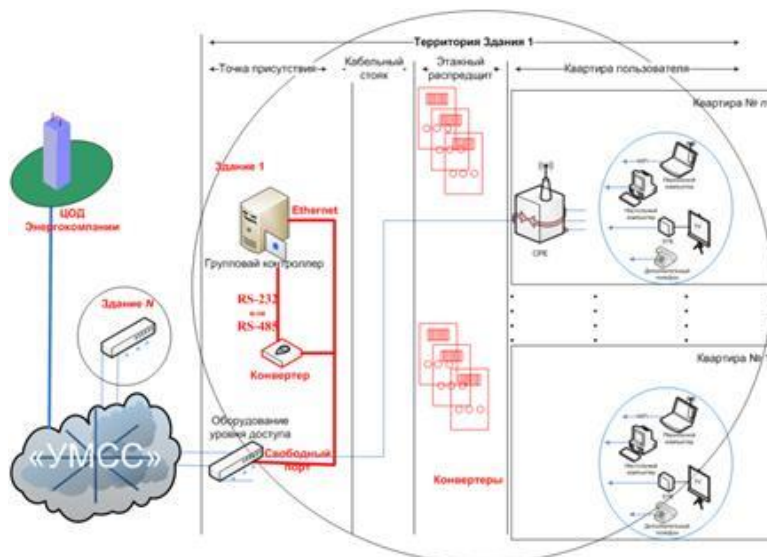


Рис. 8. Сценарий 2 АСКУЭ: Контроллер <math>\diamond</math> Сеть Metro Ethernet <math>\diamond</math> ЦОД

При этом:

- групповые контроллеры систем АСКУЭ подключаются в сеть Metro Ethernet используя либо конверторы RS-to-Ethernet, либо напрямую через свободный порт оборудования уровня доступа<sup>4</sup>

- ЦОД энергокомпании подключается в сеть Metro Ethernet любым стандартным способом;



- все контроллеры объединены в одну VLAN и вопросы безопасности обеспечиваются на стороне энергокомпании и производителями счетчиков/конверторов.

В случае необходимости подключения счетчиков или групповых контроллеров, которые находятся на трансформаторных подстанциях 10/0,4кВ, логика подключения не меняется. В таких случаях должна использоваться только сеть на пазе VPL.

### **Выводы**

1. Расчеты показывают, что наиболее экономичным является сценарий 3 «Замена ДРС». Однако даже в этом случае, стоимость одного «стандартного сервис включения» немного выше стандартного решения с прокладкой кабелей пятой категории.

2. При сравнении стандартных подключений с нестандартными следует учитывать полные затраты владения в том числе затраты на организацию межэтажных слаботочных стояков и телефонной канализации, стоимость которых высока и не всегда возможна. В таких ситуациях VPL становится экономически обоснованным решением, а иногда и единственным.

3. Параллельное развертывание VPL сетей доступа и NPL-AMR сетей [7] позволяет получить еще более экономически выгодное решение от синергии усилий операторов телекоммуникаций и энергораспределяющих компаний.

### **Список использованной литературы**

1. Недашківський О.Л. Аналіз нормативно-правової бази, що визначає системні вимоги до побудови мереж на основі технології PLC // Системи управління, навігації та зв'язку.- 2014, випуск 1(29) –С. 115-119.

2. Недашківський О.Л., Дослідження місця мереж на основі PLC в структурі існуючих і перспективних хрещень для «останньої милі» // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку.-2014.-№2(30). –С. 61-66.

3. ITU-T Recommendation G.9960 [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.9960/en> (08.11.2016 р.).

4. HomePlugAlliance \_ Home.htm [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.homeplug.org/> (08.11.2016 р.).

5. IEEE 1901-2010 [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1901-2010.html> (08.11.2016р.).

6. MEF 33: Ethernet Access Services Definition [Електронний ресурс] // - Режим доступу: [https://www.mef.net/Assets/Technical\\_Specifications/PDF/MEF\\_4.pdf](https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_4.pdf) (08.11.2016 р.).

7. Недашківський О.Л. Особливості використання технології VPL в якості технології мереж доступу // 6-а Міжнародна науково-практична конференція «Інфокомунікації – сучасність і майбутнє», ОНАС, Одеса 27-28 жовтня 2016 г.

### *Автори статті*

**Недашківський Олександр Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Інформаційно-комунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 67 506 20 00. E-mail: [al\\_1@ua.fm](mailto:al_1@ua.fm).

### *Authors of the article*

**Nedashkivskyy Oleksiy Leonidovych** - candidate of science (technic), assistant professor, assistant professor of Information and communication technologies chair, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 67 506 20 00. E-mail: [al\\_1@ua.fm](mailto:al_1@ua.fm).

Дата надходження в редакцію: 12.01.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. А.І. Семенко