

Ю.А. Крюков, Е.Ю. Тималина

(Международный университет природы, общества и человека "Дубна";
e-mail: kua@uni-dubna.ru)

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУБЛИЧНЫХ СЕТЕЙ ОПОВЕЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Дано описание новой технологии электропитания сетевого оборудования – поверх оптоволоконного кабеля связи. Интегрированный метод передачи электроэнергии и данных в рамках одной кабельной системы позволяет существенно повысить эффективность системы оповещения населения и решения других проблем техносферной безопасности.

Ключевые слова: система оповещения населения, сети связи, сети электроснабжения, надежность и отказоустойчивость, однопроводная интегрированная линия передачи электроэнергии и данных.

Y.A. Kryukov, E.Y. Timalina

ABOUT IMPROVING THE EFFICIENCY OF POPULATION WARNING NETWORKS IN SYSTEM OF PREVENTION AND LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS

New technology power supply network equipment – on top of the fiber optic cable connection are given. Integrated method for transmitting power and data within a single cable system will significantly improve the efficiency of the notification of the population and solve the others problems of technosphere safety.

Key words: emergency population warning, communication networks, electricity supply network, reliability and fault tolerance, single-wire integrated line of electricity transmission and data.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 3 июля 2013 г.

Оповещение населения о возникающих угрозах техногенного и природного характера является одним из важнейших мероприятий российской системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Система оповещения в населенных пунктах основана на технических средствах мобильной и проводной связи, включая местную проводную радиотрансляционную сеть, кабельное телевидение, радио, сети мобильной и стационарной телефонии.

Однако, повсеместное внедрение высокоскоростных технологий связи, рост требований населения к качеству услуг приводит к постепенному сокращению количества домохозяйств, оборудованных репродукторами радиотрансляционной сети и телефонами проводной телефонии. Население, являясь основным спонсором развития и текущего обслуживания этих сетей, постепенно теряет интерес к услугам аналоговых систем связи, переориентируясь на современные сервисы Интернета. Постепенное, но неуклонное снижение количества абонентов радиотрансляционной сети ведёт к деградации имеющихся надежных технических средств оповещения.

Сети с звездообразной топологией и централизованным электропитанием, характерные для аналоговых радиотрансляционных сетей и телефонии, являются наиболее надёжным способом доведения информации о чрезвычайных ситуациях. Техногенные и природные катастрофы могут охватывать большие территории и выводить из строя множество радиальных линий электроснабжения, вслед за которыми выходят из строя сегменты линий Интернета. Электропитание территориально-распределенного оборудования высокоскоростных сетей передачи данных является наиболее уязвимой частью системы обеспечения их надежной работы, а методы повышения надежности электропитания современного телекоммуникационного оборудования приобретают высокую значимость.

В последнее десятилетие развитие инфраструктуры публичных сетей связи проходило под девизом внедрения технологий широкополосного доступа. Чаще всего под этим термином понимается внедрение таких технологий, как ADSL – эксплуатация унаследованных медных линий аналоговой телефонии, FTTx – строительство высокоскоростных оптоволоконных коммуникаций и DOCSIS – развитие сервисов передачи данных на базе сетей кабельного телевидения. К началу 2013 г. количество таких подключений в России должно достигнуть 24,7 млн, что будет соответствовать достаточно существенному проникновению (43 %) подключений широкополосного доступа. При этом технологии на основе оптоволоконной кабельной системы FTTx, имея значительный запас производительности, в настоящее время получили наибольшую популярность, постепенно вытесняя конкурентные системы с медным кабелем. И это не удивительно, поскольку новые многочисленные сетевые сервисы становятся всё более требовательными к пропускной способности и надежности линий связи. Пользователи Интернета, используя, например, сервисы "видео по требованию", уже не хотят слышать о зависимости качества получаемых услуг от расстояния до телефонной станции. Унаследованные от аналоговой телефонии и телевидения кабельные системы с относительно узкой полосой пропускания, несмотря на принадлежность к категории систем широкополосного доступа, сегодня фактически работают на пределе собственных возможностей.

Оптоволоконные магистрали имеют существенный запас по наращиванию производительности, а широкое их внедрение обеспечивает устойчивую тенденцию снижения стоимости создаваемых оптических коммуникаций. В результате, наибольшую коммерческую привлекательность для нового строительства имеют технологии коммутируемого оптоволоконного Ethernet и *пассивных оптоволоконных сетей (PON)*. Большинство операторов связи определились с собственными приоритетами и приступили к строительству оптоволоконной сетевой инфраструктуры. При этом часто прослеживается логика принятия решения провайдером. Например, операторы, обслуживающие корпоративные локальные сети, останавливаются на хорошо известных им технологиях коммутируемого Ethernet, операторы же кабельного телевидения предпочитают модернизацию сетевых сегментов с применением технологии PON. Именно эти две технологии являются прямыми конкурентами за лояльность своих пользователей.

Технология PON ставит задачу доведения оптического сигнала от центральной станции до абонента без применения промежуточных усилителей и мультиплексоров. Она разрабатывалась для решения проблемы зависимости промежуточного оборудования от местного электропитания, а также снижения стоимости создания и обслуживания сетевой инфраструктуры для провайдера. Действительно, уменьшение количества активных узлов в сети существенно увеличивает вероятность доставки пакетов данных до адресата. Однако, непременным условием получения и обработки потока данных на стороне пользователя является наличие активного оборудования и необходимость его электропитания.

Таким образом, исключение активного оборудования в десятках опорных точек традиционной локальной сети (например, Ethernet) приводит к необходимости поддержки электропитания в сотнях и тысячах мест установки оконечного оборудования пользователей. Такой подход фактически перекладывает ответственность провайдера за временные перерывы в работе сети, связанные с отсутствием электропитания, на пользователя, у которого при отсутствии электричества в квартире все равно нет никакой возможности воспользоваться своей бытовой техникой.

Однако, опыт эксплуатации сетей масштаба города показывает, что наименее надежным является именно местное электропитание, а оснащение квартир источниками бесперебойного электропитания не представляется экономически целесообразным ввиду их большого количества. С другой стороны, пользователь не будет требовать от провайдера исполнения обязательств по бесперебойной работе сети, ведь взаимосвязь отказов в работе сети и отсутствием "света" в квартире для него очевидна.

При этом в сетях PON интеграция всех возможных сервисов в одном устройстве пользователя приводит к фатальным последствиям. В случае неисправности местных сетей электроснабжения не работает сразу всё: телефон, телевизор, Интернет, домофон, сигнализация, диспетчеризация... Надёжность местного электропитания становится жизненно важным фактором, неразрывно связанным с возможностью вызвать скорую и пожарную, диспетчерскую из "застрявшего" лифта, получить срочное сообщение от системы предупреждения и ликвидации ЧС посредством радио или телевизионного канала.

Существующая альтернатива – создание городской магистральной сети на основе традиционного оборудования Ethernet также имеет отрицательные стороны. Например, строительство распределенной сети на основе сегментов оптоволоконного кабеля, соединенных коммутаторами и маршрутизаторами, может быть чревато выходом из строя целого сегмента с сотнями пользователей, подключенных "шлейфом" к устройству, оказавшемуся без электропитания. Даже в случае организации полностью звездообразной топологии сети ненадежным остается электропитание подъездных коммутаторов.

Таким образом, наиболее перспективные оптоволоконные технологии связи, работающие как в технологии Ethernet, так и на основе PON, имея существенные преимущества по производительности, дальности связи, невосприимчивости к внешним электромагнитным помехам, все-таки имеют один существенный недостаток – невозможность централизованного электропитания территориально-распределенного промежуточного и окончного оборудования связи.

Новые подходы к передаче электрической энергии, разработанные в Университете "Дубна", применение новых конструктивных решений при создании кабельных оптоволоконных сетей связи позволяют дать положительный ответ на вопрос о возможности обеспечения централизованного электропитания. Причем внедрение системы централизованного питания возможно не только путем строительства новых коммуникаций, но и путем *модернизации линий передачи данных* на основе уже проложенных *оптических кабелей* в существующих сетях.

В работах Н.Тесла (Tesla N. Apparatus for transmission of electrical energy. US Pat № 349621, 15.05.1900) был предложен метод передачи активной мощности с помощью реактивного ёмкостного тока с использованием *резонансных свойств однопроводной линии, изготовленной из металлического проводника*. Этот метод был незаслуженно забыт по причине сложной организации управления резонансными характеристиками линии на основе доступной на тот момент элементной базы. Значительный прогресс по снижению стоимости и одновременному росту производительности однокристалльных микропроцессорных систем позволяет строить резонансные системы электропередачи с учётом экономической эффективности. Подходы к конструктивным решениям, используемым при строительстве интеллектуальных систем передачи электроэнергии разработаны в малом инновационном предприятии ООО "Мезон", созданном на основе закона № 217-ФЗ при Международном университете природы, общества и человека "Дубна", и защищены соответствующими патентами.

Организация распределённых *сетей связи, объединяющих* в одной кабельной системе передачу электроэнергии и данных, показана на рис. 1.

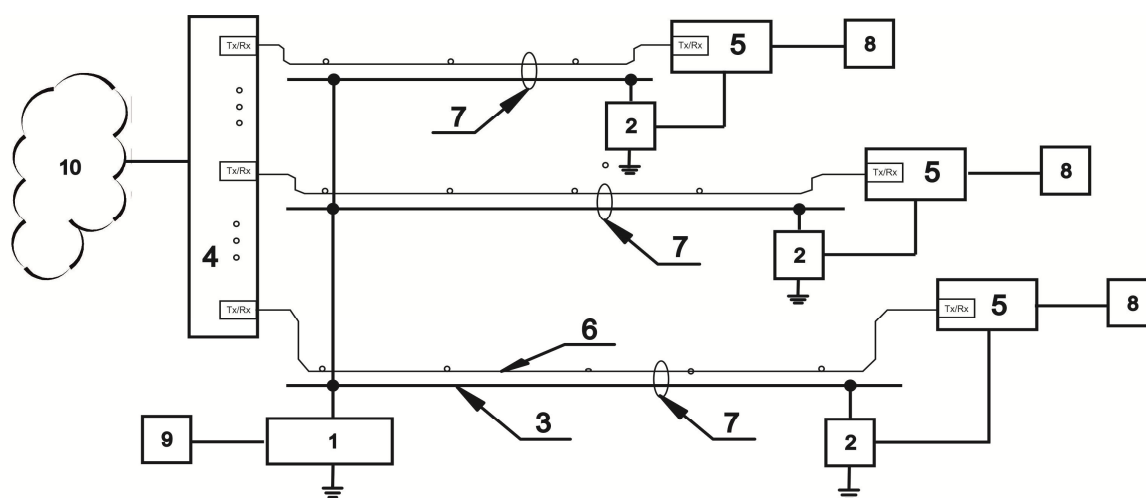


Рис. 1. Блок-схема кабельной системы передачи электроэнергии и данных

Система предназначена для передачи данных, а также однопроводного электропитания оконечного оборудования (8). Средой для передачи электроэнергии является *стальной* компонент стандартного *оптоволоконного кабеля*. Передача данных осуществляется с использованием оптического волокна (6), коммутатора (10) и оптоэлектронных преобразователей (5). Источник электропитания (9) посредством высокочастотного генератора переменного потенциала (1) подключен к металлическому компоненту (3) (силовой трос воздушной подвески, броня механической защиты, металлизированное напыление на изоляции и т.д.) оптоволоконного кабеля (7). Устройства-потребители электрической энергии (8) подключены в необходимых местах установки оборудования посредством *приёмников-преобразователей* (2). Второй вывод трансформатора генератора (1) заземляется, а трансформатора приемников-преобразователей (2) подключается к металлизированному каркасу корпуса устройства, либо заземляется. Коммутатор связи с оптическими портами (4) подключен к сети передачи данных (10).

Электропитание телекоммуникационного и оконечного сетевого оборудования может осуществляться *поверх* любого *оптоволоконного кабеля связи*, имеющего в своем составе *металлические компоненты*, – *трос* или *проволок* для повышения механической прочности кабеля при воздушной подвеске на опорах и прокладке кабеля механизированным способом в кабельной канализации, *металлическую ленточную оболочку защиты кабеля* от порывов в процессе эксплуатации при проведении различных земляных, строительных или ремонтных работ, а также *специализированное напыление* на защитной изоляции кабеля.

Генератор электромагнитной волны формирует *высокочастотный* синусоидальный сигнал и обеспечивает *электропитание* потребителей, подключенных ко всем сегментам оптоволоконного кабеля. Приёмники-преобразователи формируют требуемое напряжение постоянного тока и обеспечивают необходимую мощность для электропитания нагрузки. Для повышения потребительских характеристик системы генератор (1) может быть автономным устройством, а также смонтирован в едином корпусе с коммутирующим оборудованием связи (4), которое обеспечивает связь сети передачи данных с удаленным оборудованием (8) посредством оптопреобразователей (5) и оптического волокна (6). Приёмники-преобразователи (2) также могут быть автономными устройствами либо смонтированными в едином корпусе с питаемым удалённым оборудованием (8) и оптопреобразователем (5).

Первые сегменты централизованной системы электропитания сетевого оборудования *поверх* оптоволоконного кабеля развернуты на территории кампуса университета "Дубна" в июле 2011 года и с момента запуска эксплуатируется в непрерывном режиме. Электропитание коммутационного оборудования сети осуществляется централизованно с использованием оборудования резонансного генератора мощностью 2,5 *KVm*. Реализована звездообразная топология подключения сетевых устройств как к источнику электропитания, так и к корневому маршрутизатору сети передачи данных. Система прошла тес-

тирование в условиях аномально высоких температур летнего периода, дождей, множественных переходов нулевой отметки температур при высокой влажности воздуха осенью, а также низких температур, наледи в зимний период и показала высокую эффективность и надежность электроснабжения. Система построена на основе оптоволоконного кабеля со стальным несущим тросом, подвешенным на столбах освещения территории, конструкциях зданий кампуса университета с вводом кабеля в вертикальные стояки зданий. Электроэнергия транслируется по металлическому компоненту оптоволоконного кабеля в однопроводном режиме – тросу подвески.

В результате использования схемы питания поверх оптоволоконного кабеля в современных оптоволоконных высокоскоростных сетях связи достигается высокая отказоустойчивость, присущая, например, старым аналоговым городским телефонным станциям. Бесперебойное питание обеспечивается в единственном центре, а устройства пользователей работают даже в случае потери электропитания во всем городе. Резонансный генератор расположен в центральной серверной Университета и снабжает электроэнергией десятки единиц коммутационного оборудования. Питаемое оборудование расположено на этажах трех учебных корпусов, двух общежитий, различных хозяйственных построек. Одновременно обеспечивается работа видеокамер, точек беспроводного доступа Wi-Fi. Обратные преобразователи однопроводной линии, необходимые для питания устройств, рассчитанных на стандартные сети электроснабжения (220 В, 50 Гц), подключены к металлическому компоненту кабеля, используя конструктив стандартного 19-дюймового оптического кросса. Обратные преобразователи установлены в непосредственной близости от питаемого оборудования. Оптические же волокна кабеля формируют информационную инфраструктуру Университета на основе топологии "звезда" и используются для объединения сетей зданий в единую сеть передачи данных, телефонии, видеонаблюдения, системы контроля и управления доступом.

Возможности разработанной технологии *электропитания поверх оптоволоконного кабеля связи* достаточно широки и заключаются в следующем:

- в повышении надежности работы периферийного оборудования территориально-распределенной сети с использованием схемы с централизованным электропитанием;
- в электропитании удаленного оборудования – IP-телефонии, точек доступа беспроводных сетей, IP-камер, сетевых коммутаторов, маршрутизаторов и других устройств, к которым нежелательно или невозможно провести отдельный от сети передачи данных кабель электропитания;
- в повышении максимального расстояния между источником электропитания и потребителем – например, между местами установки коммутационного и оконечного сетевого оборудования;
- в повышении максимально допустимой мощности электропотребления удаленного сетевого и оконечного оборудования;

- возможности совмещения в едином корпусе сетевого оборудования (коммутатора, маршрутизатора) функции передачи данных с функцией электропитания оконечных устройств, подключенных к этому сетевому оборудованию посредством оптоволоконного кабеля.

Оконечное оборудование сети может быть подключено как непосредственно к оптоволоконному магистральному кабелю, так и централизованно питаемому коммутатору посредством кабеля "витая пара" с поддержкой системы электропитания на основе **Power over Ethernet (PoE)**. Система PoE позволяет передавать удалённому устройству вместе с данными электрическую энергию через стандартную витую пару в сети Ethernet. Система PoE имеет широкое распространение и описана стандартами IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009.

Применение известных стандартов PoE непосредственно для организации территориально-распределенных сетей масштаба города невозможно по следующим соображениям:

- ограниченное максимальное расстояние до потребляющих устройств до 100 м;
- существенное ограничение максимальной мощности не позволяет производить электропитание всего спектра оборудования, требующего удаленного или централизованного электропитания;
- передача электроэнергии возможна исключительно на основе медного кабеля "витая пара", не обеспечивающего передачу данных на скоростях выше 1000 мегабит в секунду.

Внедрение системы **электропитания поверх оптоволоконного кабеля** направлено на устранение указанных недостатков существующих технологий PoE и существенно расширяет возможности при выборе места установки оборудования и типа используемого кабеля.

Использование модели централизованного электропитания обеспечивает упрощение конструкции при электропитании удаленного телекоммуникационного и оконечного оборудования, позволяет организовывать регулярные звездообразные и древовидные топологии кабельной инфраструктуры системы электропитания и передачи данных, существенно увеличивает строительные длины сегментов сетей с поддержкой электропитания, позволяет обеспечить устойчивый режим питания сетевого оборудования любой потребляемой мощности.

Положительные результаты эксплуатации тестового полигона на территории Университета "Дубна" дают основания предполагать, что дальнейшее развитие технологий централизованного электропитания сетевого оборудования позволит открыть новую страницу в формировании эффективной и широко востребованной инфраструктуры сетей передачи данных современной России.