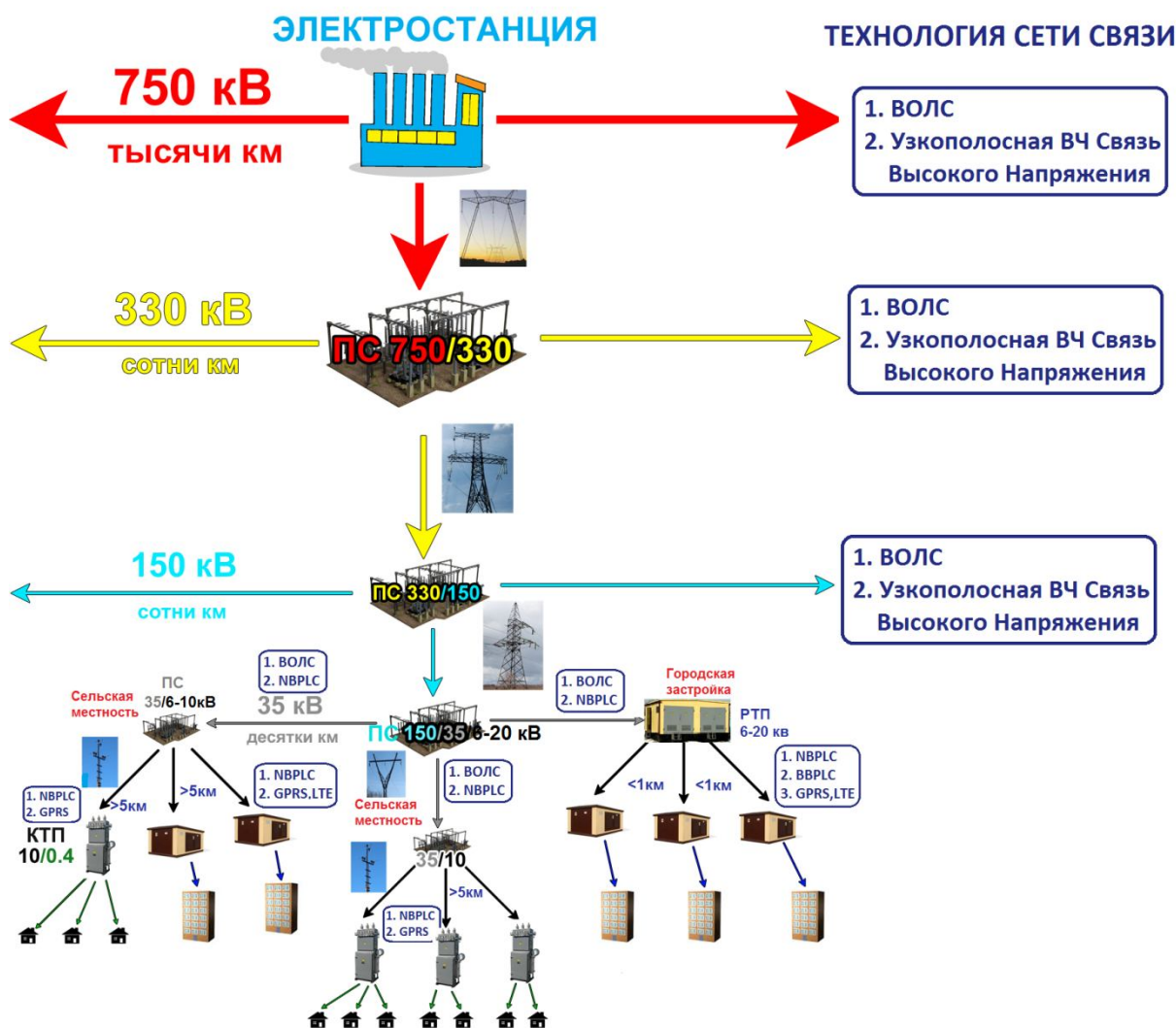


Отечественный и зарубежный опыт последних 20-ти лет дает представление о возможности применения в России различных телекоммуникационных технологий для создания технологической системы связи. Выбор технологии сети связи зависит от доступности той или иной существующей инфраструктуры или возможности финансирования создания новой. Естественно желание использовать существующую инфраструктуру, которой являются сами силовые линии и (или) различные технологии радиосвязи. Таким образом, затраты и время реализации телекоммуникационной сети определяются использованием существующей инфраструктуры или созданием новой, а также правильным выбором оборудования.

С точки зрения использования физической среды для передачи информации между энергообъектами, с учетом приоритетов, инфраструктура телекоммуникационной сети выглядит следующим образом:



На этом рисунке показано, что в сети среднего напряжения для передачи информации придется использовать в зависимости от конкретной ситуации технологии PLC, GPRS, LTE и ВОЛС все вместе или в любом сочетании. Это обуславливается сложностью топологии электросети, разной плотностью размещения энергообъектов на территории городов и в сельской местности. Использование одной технологии не позволит охватить сеть связи все энергообъекты. К примеру, даже сети сотовых операторов не обеспечивают 100% зону покрытия территории регионального сетевого предприятия. Кроме того, широкополосные технологии передачи информации по силовым линиям (BBPLC) работают на короткие расстояния и непригодны в сельской местности, узкополосные (NBPLC) - ограничены в скорости передачи данных, и удовлетворяют только технологическим приложениям. Применение на одном объекте распределительных сетей нескольких типов оборудования ведет к значительному удорожанию, увеличению сроков проектирования и строительства, проблемам последующей эксплуатации. Ряд

производителей пошли по пути создания универсального оборудования, ориентированного на задачи электроэнергетики, которое может использовать разную физическую среду для передачи информации.

Оборудование связи, которое объединяет в себе возможности использования для передачи информации разную физическую среду, компактность и невысокую стоимость, встречается достаточно редко. Ниже приведен ряд параметров и требований к оборудованию связи, которое ориентировано на решение технологических задачи энергетики и сделана попытка сравнить их реализацию тремя производителями.

II. Универсальное оборудование для сетей технологической связи энергообъектов среднего напряжения 6/10/20 кВ.

Требования к системам связи в распределительных сетях среднего напряжения определяются наличием задач по передаче информации в зависимости от состава оборудования трансформаторных и распределительных подстанций. До сих пор многие подстанции не оборудованы средствами автоматизации, однако при проектировании новых сетей и реконструкции старых, особенно напряжением 20кВ, предусматривается применение автоматических выключателей, релейной защиты, контроля качества электроэнергии и управление оборудованием компенсации реактивной мощности, контроля состояния изоляции силового кабеля и изоляторов воздушных линий (диагностика состояния изоляции путем регистрации ЧР). Кроме того, необходима передача информации АСКУЭ, сигналов охранной и пожарной сигнализации. Управление Пунктами Секционирования (Реклоузерами), применяемыми для решения различных задач автоматизации аварийных режимов и управления распределительными сетями, также требует каналов связи и, как правило, для этих целей используются сети сотовых операторов радиосвязи. Сотовые радиосети, помимо проблем с защитой технологической информации, не всегда устойчиво работают удаленных районах, что может привести к сбоям при локализации и устранении аварий.

Ряд производителей начали выпускать оборудование связи для объектов среднего напряжения с учетом особенностей этого сегмента электроэнергетики.

Телекоммуникационные сети, предназначенные для решения задач информационного обмена распределительных сетей, должны обеспечивать весь диапазон потребностей существующих электросетей и электросетей создаваемых по технологии Smart Grid и ИЭС ААС.

Основные задачи рассмотрены в приведенной ниже выдержке из **ПОЛОЖЕНИЯ О ЕДИНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ ОАО «ХОЛДИНГ МРСК» В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ СЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ:**

3.1.9. Принципы перехода к активно-адаптивным сетям

3.1.9.1. Основные принципы изменения топологии сетей 0,4-20 кВ для внедрения технологии Smart Grid.

На первых этапах внедрения технологии Smart Grid в распределительный сетевой комплекс, активно-адаптивные сети должны рассматриваться как локализованный объект с высокой степенью управления, включающий в себя обособленные распределенные источники электрической энергии и соединенные между собой локальными электрическими сетями с потребителями.)

Техническая структура сетей связи МРСК должна обеспечиваться на основе сертифицированных программно-аппаратных комплексов, поддерживающих функции самодиагностики, рассчитанных на круглосуточный непрерывный режим работы без профилактического обслуживания.

В состав сетей связи МРСК могут входить **арендованные каналы связи, существующие и строящиеся линии связи**, такие как:

- кабельные линии связи;
- высокочастотные системы передачи по линиям электропередачи;
- волоконно-оптические линии связи;
- радиорелейные линии связи;
- сети радиосвязи (цифровая широкополосная система радиосвязи).

На отдельных направлениях, критериями использования арендованных каналов (систем спутниковой связи) является:

- срочная необходимость организации передачи диспетчерско-технологической информации.

На первый план при принятии технических решений, включая топологию сети, применяемое оборудование, использование различных способов передачи информации, выходят капитальные затраты и возможность работы через доступную в конкретном месте среду передачи. Так как количество объектов среднего напряжения на два порядка больше, чем объектов высокого напряжения, соответственно стоимость сооружений связи в расчете на одну подстанцию 6/10/20 кв должны быть значительно ниже аналогичных затрат на объект высокого напряжения.

Основные характеристики технологических сетей связи можно сформулировать исходя из следующих **Технических Требований:**

- возможность гибкого и динамического изменения скорости передачи информации в зависимости от текущих требований и используемой среды передачи;
- обеспечение сетевой информационной безопасности;
- резервирование оборудования и трактов передачи информации;
- организация полного набора служб связи, обслуживания новых приложений;
- возможность организации доступа к службам сетей связи независимо от используемой технологии с целью обеспечения требуемого качества обслуживания;
- возможность управления службой, вызовом и соединением со стороны пользователя;
- возможность создания новых сервисов с использованием стандартизированных средств;
- экономическая целесообразность использования создаваемой сети;
- живучесть сети, в том числе, в случаях чрезвычайных ситуаций;
- соответствие базовым принципам Генеральной схемы создания и развития Единой технологической сети связи электроэнергетики.

Технические решения, применяемые для создания сетей связи на объектах электросетей среднего напряжения, при ограниченных капиталовложениях, должны соответствовать всем требованиям, перечисленным в «**Положении о единой технической политике ОАО «ХОЛДИНГ МРСК» в распределительном сетевом комплексе**».

Выбор производителя и оборудования должен быть основан на сочетании соответствия техническим требованиям при минимальных затратах.

Приведенный ниже перечень технических требований к оборудованию связи, учитывает особенности информатизации рассматриваемого сегмента электросетевого комплекса:

- 1. Использование пакетной технологии (PSN) в качестве основы сети связи.**
- 2. Требуемая скорость передачи информации** должна обеспечиваться используемой технологией и физической средой – оборудование должно иметь соответствующие модули для передачи информации через любую физическую среду:
 - ВОЛС,
 - медные кабели связи - xDSL;
 - корпоративные радиосети или сети сотовых операторов - GPRS, 3G, LTE, WiMAX;
 - кабельные и воздушные линии электропередачи - NBPLC (P1901.2) и BBPLC (P1901.1).
- 3. Резервирование трактов передачи информации:** должно обеспечиваться автоматическое резервирование с использованием механизмов определения неисправности оборудования, повреждения линий связи или превышения предела ошибок.
- 4. Поддержка различных сетевых топологий:**
 - точка - точка;
 - точка - многоточка;
 - Оптические кольца Ethernet с защитой (G.8032); кольцо с защитой на базе RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) и MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol) на базе IEEE 802.1D;
 - конверторы E1 по Ethernet.
- 5. Защита информации и сети** (Проникновение в центре управления, Удаленные атаки через сети общего пользования):
 - **802.1X** - стандарт IEEE для защиты доступа к портам, аутентификация и защита от DoS-атак
 - Список контроля доступа (Access Control List);
 - фильтрация трафика по различным критериям на уровнях L 2/3/4;
 - Аутентификация и авторизация пользователей на основе протоколов RADIUS и TACACS +;
 - Шифрование в туннелях L2/L3 VPN;
 - Определяемое пользователем шифрование трафика с использованием алгоритмов IKE, AES или 3DES;
 - Безопасный доступ через Telnet, с использованием SSH;
 - SCADA – ориентированные брандмауэры на портах (с поддержкой протоколов Modbus, МЭК-104, DNP3.0, МЭК-61850)
 - Защищенный удаленный доступ: использование защищенных SSH-туннелей, организуемых на защищаемой стороне; установка прав доступа для каждого пользователя с использованием RADIUS; журнал событий с фиксацией сессий доступа для проверки и расследований; Прохушлюз, скрывающий сессии доступа внутри локальной сети.
- 6. Наличие интерфейсов для передачи данных всех видов действующего и проектируемого оборудования:** синхронные и асинхронные последовательные интерфейсы, Ethernet,

телефонные окончания FXO и FXS, «сухие» контакты, конверторы интерфейсов МЭК 101 в МЭК 104 и др.

7. Наличие встроенных модулей и ПО для диагностики КЛ и оборудования под напряжением посредством мониторинга уровня ЧР.
8. **Модульность** - возможность на базе одной платформы набирать функции в зависимости от существующей потребности и добавлять новые функции без значительных затрат. Интерфейсы внешней связи, внутренние интерфейсы для подключения оборудования, включая конвертор МЭК 101/104, должны представлять собой встраиваемые аппаратные или программные модули, устанавливаемые или активизируемые по мере необходимости. Такая архитектура позволит с минимальными затратами развивать сеть по мере появления приложений, требующих повышение скорости передачи информации, повышать скорость передачи информации при возможности использования ВОЛС или LTE.
9. **Минимальная начальная стоимость при ограниченных функциях** – минимальное количество модулей.

На **Рисунке 1.** приведен пример оборудования, в котором реализован весь набор необходимых аппаратных и программных функций, описанных выше.

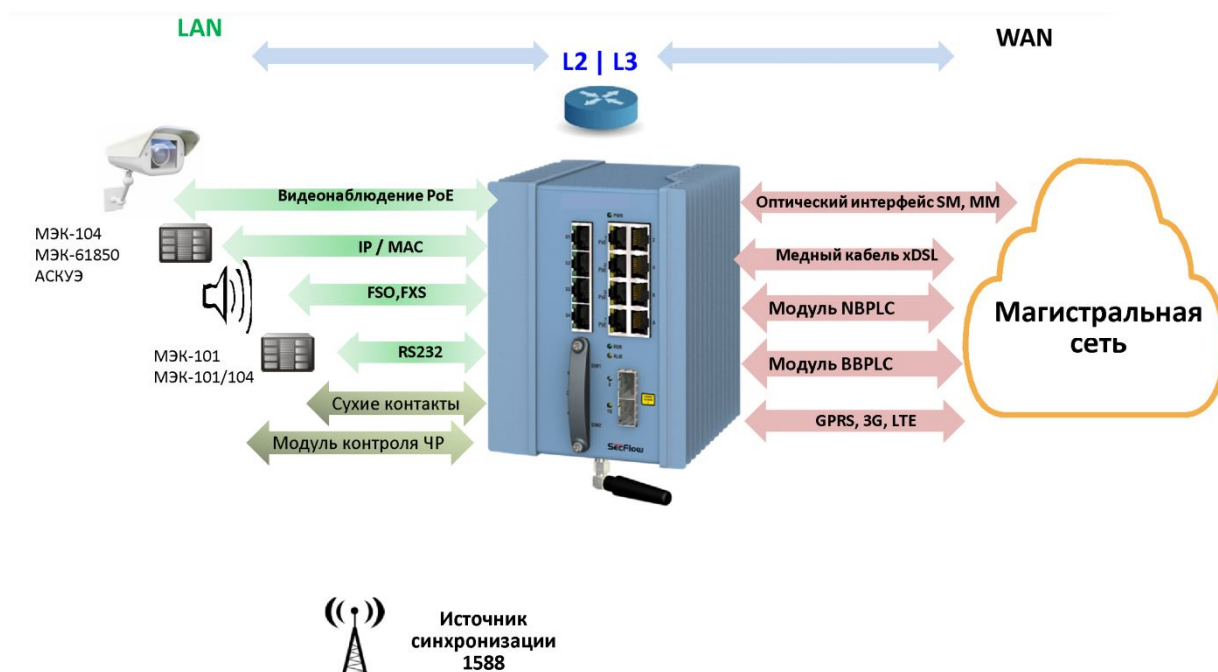


Рисунок 1.

С учетом определенного бюджета на строительство и реконструкцию распределительных сетей среднего напряжения, затраты на создание телекоммуникационной сети могут составить значительную его часть. Применение оборудования, имеющего весь требуемый набор модулей и программных средств, позволит снизить стоимость начальных капиталовложений и обеспечить наращивание возможностей сети связи для решения задач Smart Grid и ИЭС ААС.

Ряд производителей, в том числе и российских, предлагают аналогичные или похожие решения, в которых частично реализована интеграция функций на аппаратном и программном уровне.

Ниже приведены характеристики оборудования разных производителей, предназначенного для создания сетей связи на энергообъектах среднего напряжения.

Наименование оборудования	DRA-2	CGR 1000 Series	УТМ-ПР
Производитель	ZIV (DIMAT) Испания	Cisco США	«НПЦ Приоритет», RAD Россия
	1	2	3
Перечень модулей, ПО и функциональных возможностей			
Модули внешней связи:			
GSM/GPRS/EDGE/3G/4G	+	+	+
Gigabit Ethernet 10/100/1000 оптический	+	+	+
UTP– Fast Ethernet / Gigabit Ethernet	+	+	+
Модуль SHDSL	+	+	+
Модуль BBPLC P1901.1 (до 1 км.)	+		+
Модуль NBPLC P1901.2 (до 15 км)		+	+
Модуль NBPLC P1901.2 (с ограничением спектра: до 30 км)			+
Модуль SSPLC (64 кб/с; до 5 км.)	+		
Интерфейсы внешних устройств:			
UTP– Fast Ethernet / Gigabit Ethernet	+	+	+
RS-232/RS-485	+	+	+
РоЕ : RJ45		+	+
Конвертор МЭК 101/104			+
«Сухие контакты»: Съёмные клеммы под винт	+	+	+
Сетевые функции:			
Switching function (L2)	+	+	+
IPv4 routing (L3)	+	+	+
Кольца Ethernet согласно ITU-T G.8032			+
конверторы E1 по Ethernet			+
Алгоритмы защиты:			
IEEE 802.1X, RADIUS, TACACS +	+	+	+
Безопасный доступ через Telnet, с использованием SSH		+	+
SCADA – ориентированные брандмауэры на портах (Детальная проверка с распознаванием сервисов для основных протоколов SCADA: ModBus, IEC 101/104, DNP-3, IEC 61850)			+
Мониторинг:			
Мониторинг SNMP	+	+	+
ПО сервера M2M			+
Модуль мониторинга ЧР (датчик ЧР – индуктивный, емкостной)			+
Встроенная система гарантированного электропитания		+	+
Цена минимальной – максимальной комплектации (\$)	4 – 7*	5*	2 - 5
Цена оборудования при доукомплектации отсутствующими в его составе, но перечисленными в таблице модулями и функциями	10*	8*	5 (Все есть в базовой комплектации)

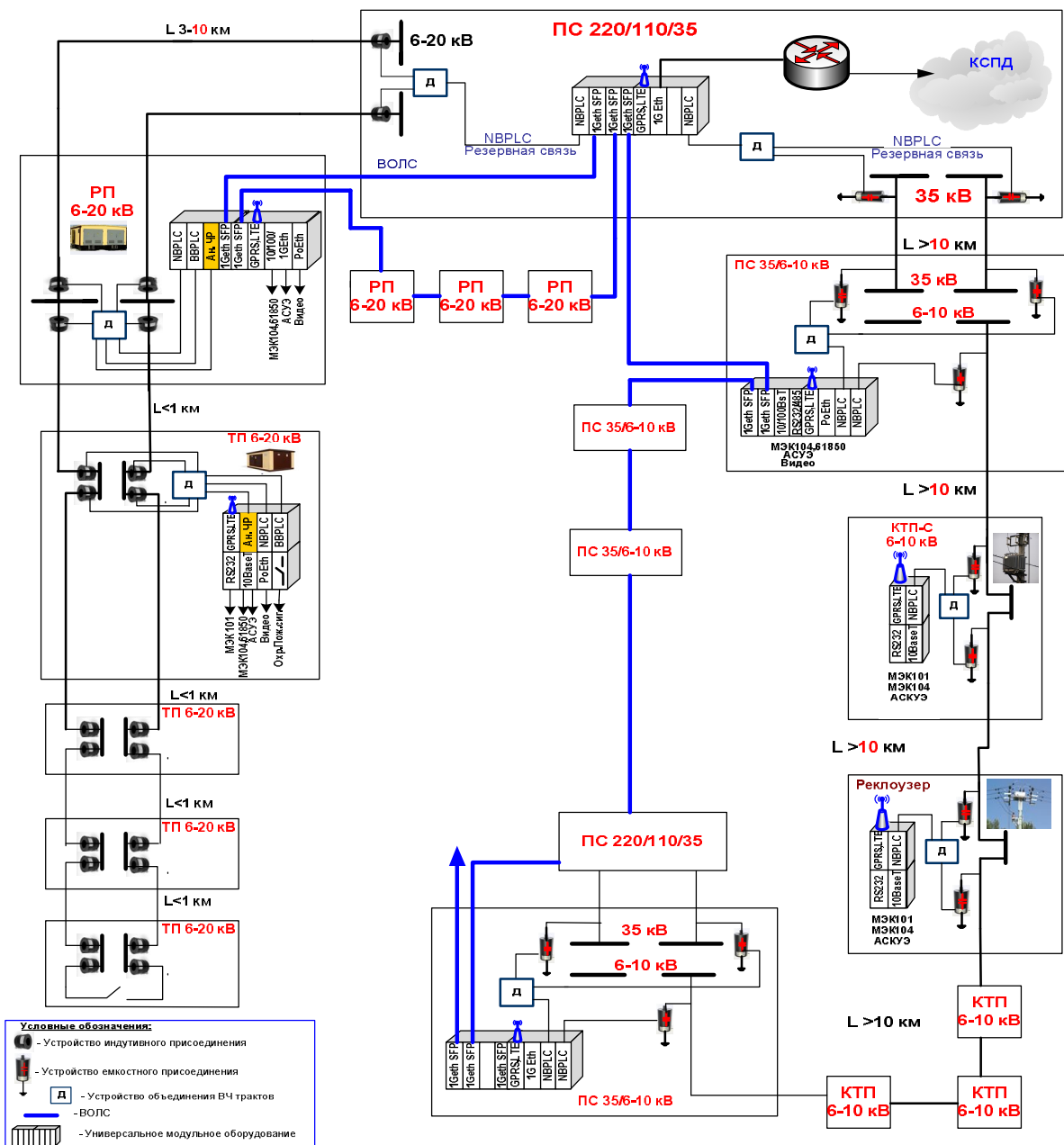
*Стоимость оборудования ориентировочная и требует уточнения

В распределительных сетях среднего напряжения, как правило, в первую очередь создают каналы связи на подстанциях, которые оборудованы современными вводными ячейками с элементами управления и автоматики. За редким исключением, связь на этих подстанциях можно организовать, только используя услуги операторов сотовой связи или технологию передачи информации силовым линиям. Реконструкция всех подстанций среднего напряжения, в результате которой появится необходимость в передаче больших объемов информации, займет многие годы, но есть информация, которую нужно передавать уже сейчас. Это данные АСКУЭ, охранно-пожарной сигнализации и об обесточивание ТП.

Использование варианта оборудования, оснащенного как NBPLC и BBPLC модемами, так и модемами сотовой связи, позволяет в короткие сроки обеспечить средствами передачи резервированной информации 100% объектов распределительной сети. Возможность технологии NBPLC передавать информацию на расстояния более 10 км позволит на первом этапе создания сети связи минимизировать затраты на приобретение и монтаж оборудования, а так же на его последующую эксплуатацию. В дальнейшем, при возникновении другой среды передачи информации (оптические линии связи, высокоскоростная радиосеть LTE и др.), будет достаточно установить соответствующий среде передачи модуль в имеющееся оборудование.

Рассматриваемый выше подход к созданию сетей связи в **распределительном сетевом комплексе** и, в частности, в распределительных сетях среднего напряжения, необходимо реализовать в виде рекомендаций и эталонных схем организации связи.

В качестве примера ниже приведена схема, которая иллюстрирует применение универсального оборудования и методик при создании сети связи и передачи данных в распределительном электросетевом комплексе. Если конечной целью является прокладка оптических кабелей на все объекты высокого напряжения и узловые объекты среднего напряжения, то сочетание разных методов передачи информации обеспечивают быструю реализацию сети, возможность резервирования ее сегментов на всех этапах.



Список литературы:

1. **CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group/ «Smart Grid Reference Architecture» - 2012 г.**
2. А. Лифшиц - «Роль PLC Smart Grid или проблемы информационного обеспечения распределительных сетей среднего напряжения»/ Автоматизация и IT в энергетике, №6, 2013 г.