



**ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ
ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ 6-20 кВ
Сети связи для smart grids**

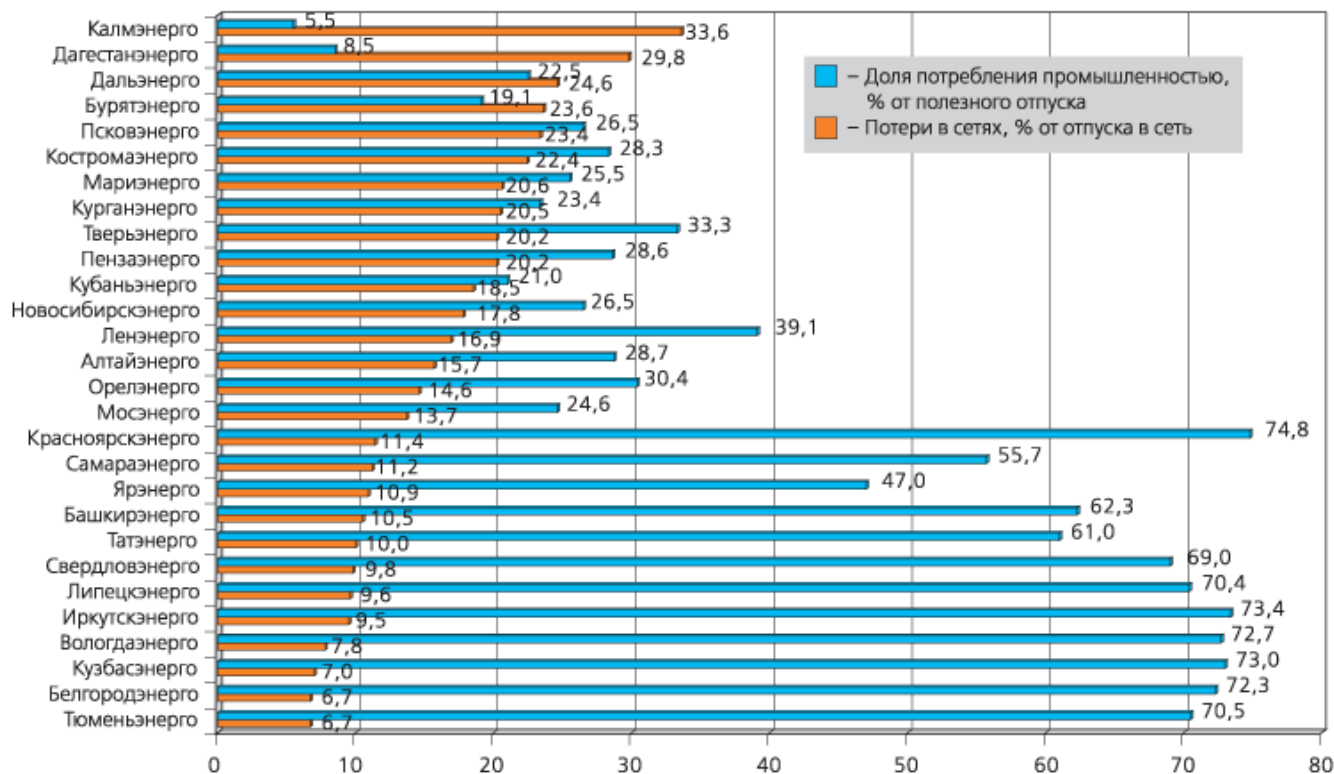


Содержание:

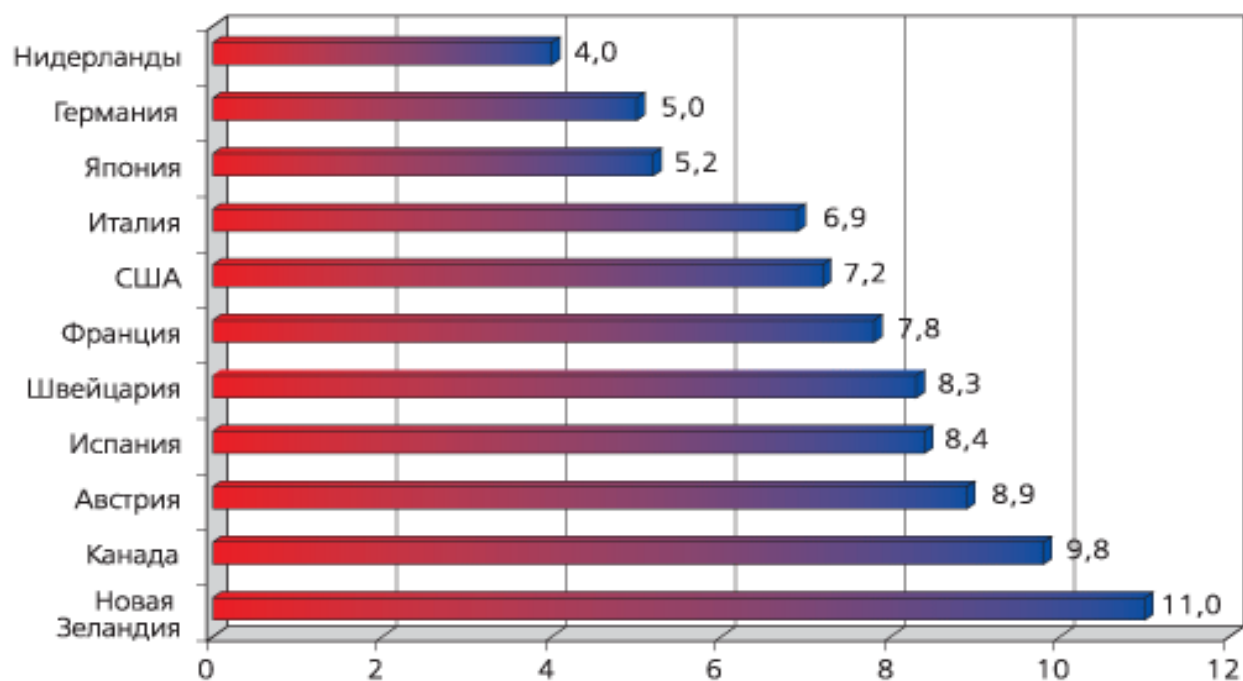
- I. Автоматизация электрических сетей для повышения технических и экономических характеристик в рамках создания ИЭС AAC и Smart Grid.
- II. Варианты создания телекоммуникационной инфраструктуры для электрических сетей Среднего Напряжения
- III. Технология ВЧ Связи (PLC). Современные стандарты
- IV. Действующие и проектируемые сети на основе технологии PLC
- V. Требования к оборудованию связи. Описание модульного оборудования производства ООО «НПЦ Приоритет»
- VI. Устройства присоединения к силовым высоковольтным линиям. Отличия методик и оборудования присоединения Высокого Напряжения и Среднего напряжения
- VII. Информационная безопасность технологических сетей
- VIII. Выводы и рекомендации

**I. Автоматизация электрических сетей
для повышения технических и
экономических характеристик в рамках
создания ИЭС ААС и Smart Grid.**

Потери электроэнергии в России по данным на 2003 год



Потери электроэнергии в Западной Европе и Северной Америке



Технологические и Коммерческие потери (ТПЭ и КПЭ)

- Анализ показал, что стоимость нормативных ТПЭ в общих затратах на передачу электроэнергии различных классов напряжений составляет 10–15% (в зависимости от уровня напряжения), а с учетом всех фактических потерь, включая КПЭ, приближается к 25–30%.
- **Оценка технологических потерь**
- Из общей величины технологических потерь около 78 % приходится на электрические сети 110 кВ и ниже, в том числе 33,5 % – на сети 0,4–10 кВ

Оценка коммерческих потерь

- Если принять во внимание, что коммерческие потери сосредоточены в основном в сетях 0,4–10 кВ, то общая доля потерь в них от суммарных по стране в целом составляет около 60 %. Учитывая, что по объективным причинам нагрузка электрических сетей 0,4 кВ будет увеличиваться в связи с опережающим ростом бытового потребления электроэнергии, доля потерь в распределительных сетях в ближайшие годы также будет расти. Соответственно должны будут увеличиваться и усилия персонала по снижению потерь в сетях именно этого класса напряжения.

Выполненные энергоэкономические обследования ряда энергоснабжающих организаций (ЭСО) показали следующую структуру КПЭ (в скобках средневзвешенные значения) [<http://www.news.elteh.ru/arh/2007/47/09.php>] :

- нормативно допустимая погрешность приборов системы учета электроэнергии (ПСУ) – 11...14% (0,3...0,9% от отпуска электроэнергии в сети) (12%);
- сверхнормативная погрешность ПСУ – 23...48% (36%);
- недоплата населением и др. потребителями за отпущенную электроэнергию – 16...50% (33%);
- безучетное потребление электроэнергии (отсутствие приборов учета, оплата по установленной мощности или нормативам муниципалитетов) – 0...31% (14%);
- хищения электроэнергии (несанкционированный доступ к сети, мошенничество с приборами учета и др.) – 1...10% (5%).

Технические мероприятия для снижения потерь

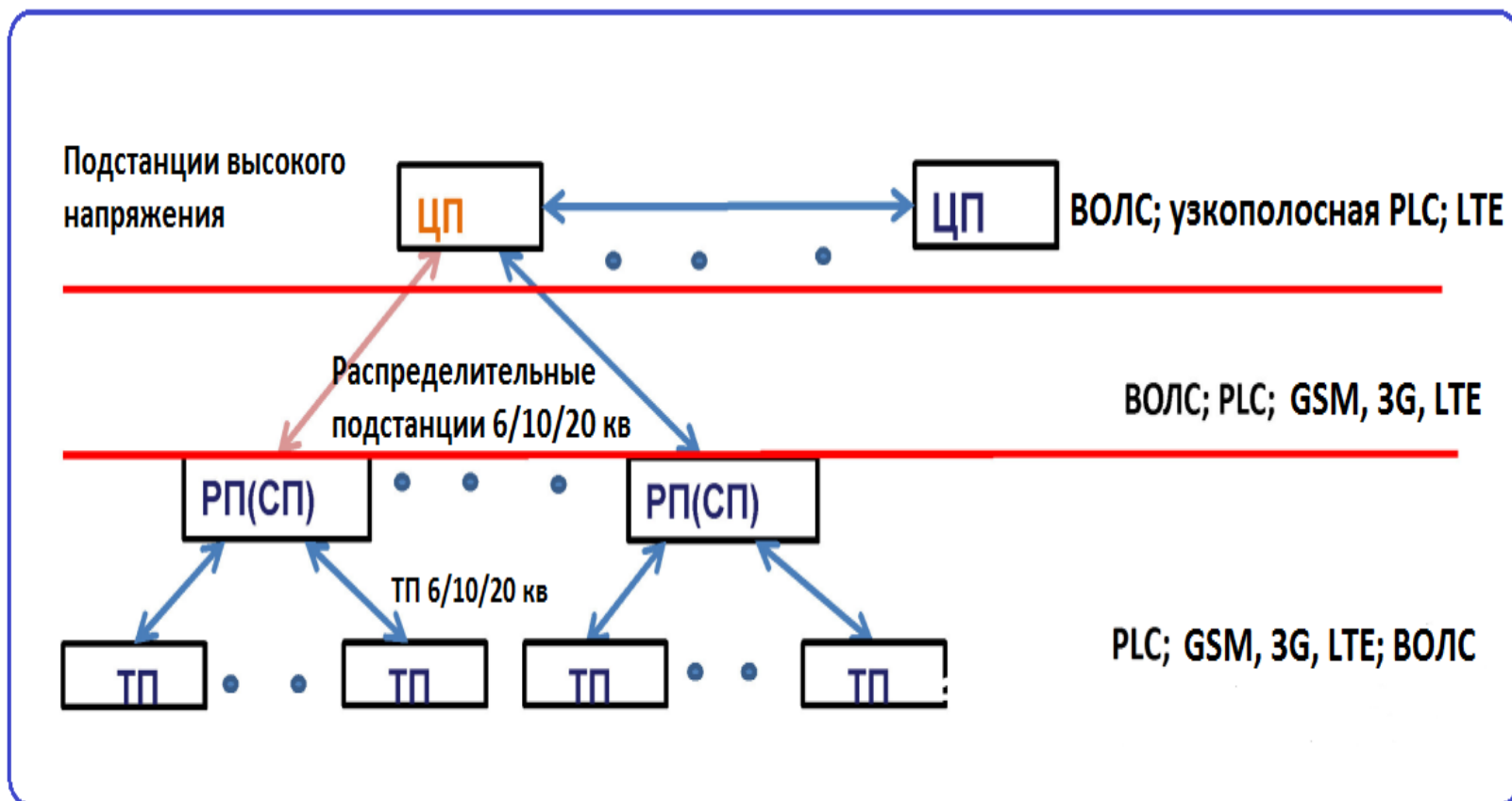
- - оптимизация схемных режимов;
- - перевод электрической сети (участков сети) на более высокий класс напряжения;
- - компенсация реактивной мощности;
- - регулирование напряжения в линиях электропередачи;
- - снижение расхода электроэнергии на "собственные нужды" электроустановок;
- - внедрение автоматизации и дистанционного управления электрическими распределительными сетями напряжением 6-20 кВ.
- Мероприятия по оптимизации режимов электрических сетей и совершенствованию их эксплуатации:
- - оптимизация мест размыкания линий 6-35 кВ с двусторонним питанием;
- - оптимизация установившихся режимов электрических сетей по активной и реактивной мощности;
- - оптимизация распределения нагрузки между подстанциями основной электрической сети 110 кВ и выше переключениями в ее схеме;
- - оптимизация мест размыкания контуров электрических сетей с различными номинальными напряжениями;
- - оптимизация рабочих напряжений в центрах питания радиальных электрических сетей;
- - отключение трансформаторов в режимах малых нагрузок на подстанциях с двумя или более трансформаторами;
- - отключение в режимах малых нагрузок линий электропередачи в замкнутых электрических сетях и на двухцепных линиях;
- - отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой;
- - выравнивание нагрузок фаз в электрических сетях 0,38 кВ;
- - ввод в работу неиспользуемых средств автоматического регулирования напряжения (АРН);
- - выполнение ремонтных и эксплуатационных работ под напряжением;
- - сокращение продолжительности технического обслуживания и ремонта основного оборудования сетей линий, трансформаторов, генераторов, синхронных компенсаторов;
- - снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций.

Задачи телекоммуникационной системы в информационном обеспечении эксплуатации сетей Среднего и Низкого напряжения

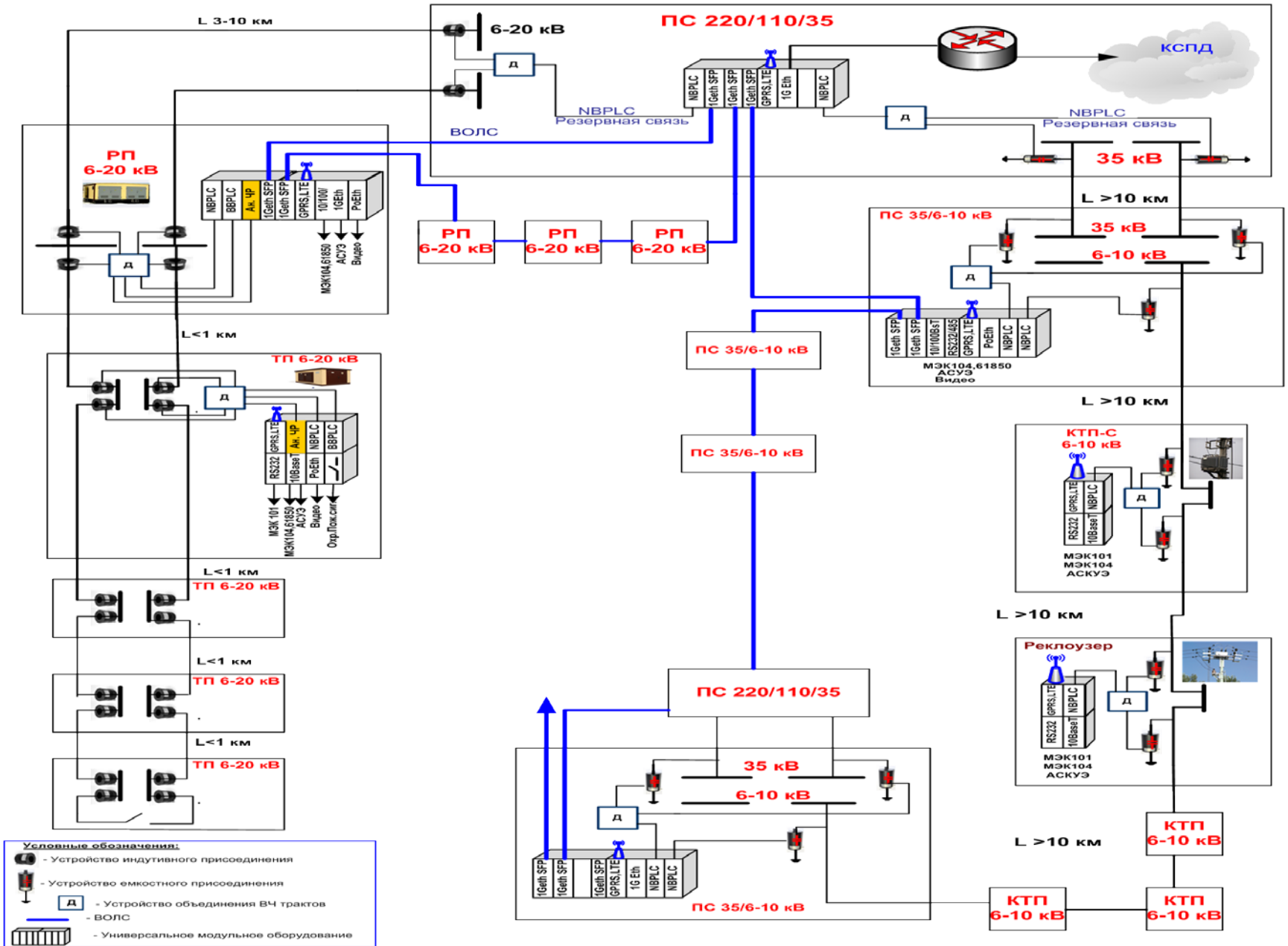
- Создание телекоммуникационной и информационной системы предусмотрено **Единой технической политикой в распределительном электросетевом комплексе (12.08.2009)**:
- Система сбора и передачи информации обеспечивает надежное функционирование системы АСДТУ РСК при качественной передаче первичной информации:
- - с объектов сетей 6-20 кВ на диспетчерские пункты РЭС
- Для оперативного контроля и управления объектами 6-20 кВ должно быть предусмотрено:
- - телеуправление выключателями 6-20 кВ;
- - телесигнализация положения выключателей 6-20 кВ, в том числе, об аварийном отключении выключателя;
- - телесигнализация «земли» в сети и других неисправностей (сигнал о неисправности во вторичных цепях и др.);
- - охранная сигнализация для РП 6-20 кВ и закрытых подстанций;
- - телеизмерения тока напряжения, интегральные телеизмерения для технического учета электроэнергии.
- Рост потребления электроэнергии в бытовом секторе при сложившейся системе эксплуатации сетей среднего и низкого напряжения приведет к росту потерь и повышению стоимости электроэнергии.

II. Варианты создания телекоммуникационной инфраструктуры для электрических сетей Среднего Напряжения

Использование различной физической среды для передачи информации от энергообъектов разного класса напряжения определяется требованиями к скорости передачи информации, надежностью связи, требованиями Информационной Безопасности и экономическими показателями. Создание собственных корпоративных телекоммуникационных сетей возможно с использованием ВОЛС и ВЧ Связи (PLC). Для энергообъектов 6-20 кВ в качестве варианта собственной сети рекомендуются NBPLC.



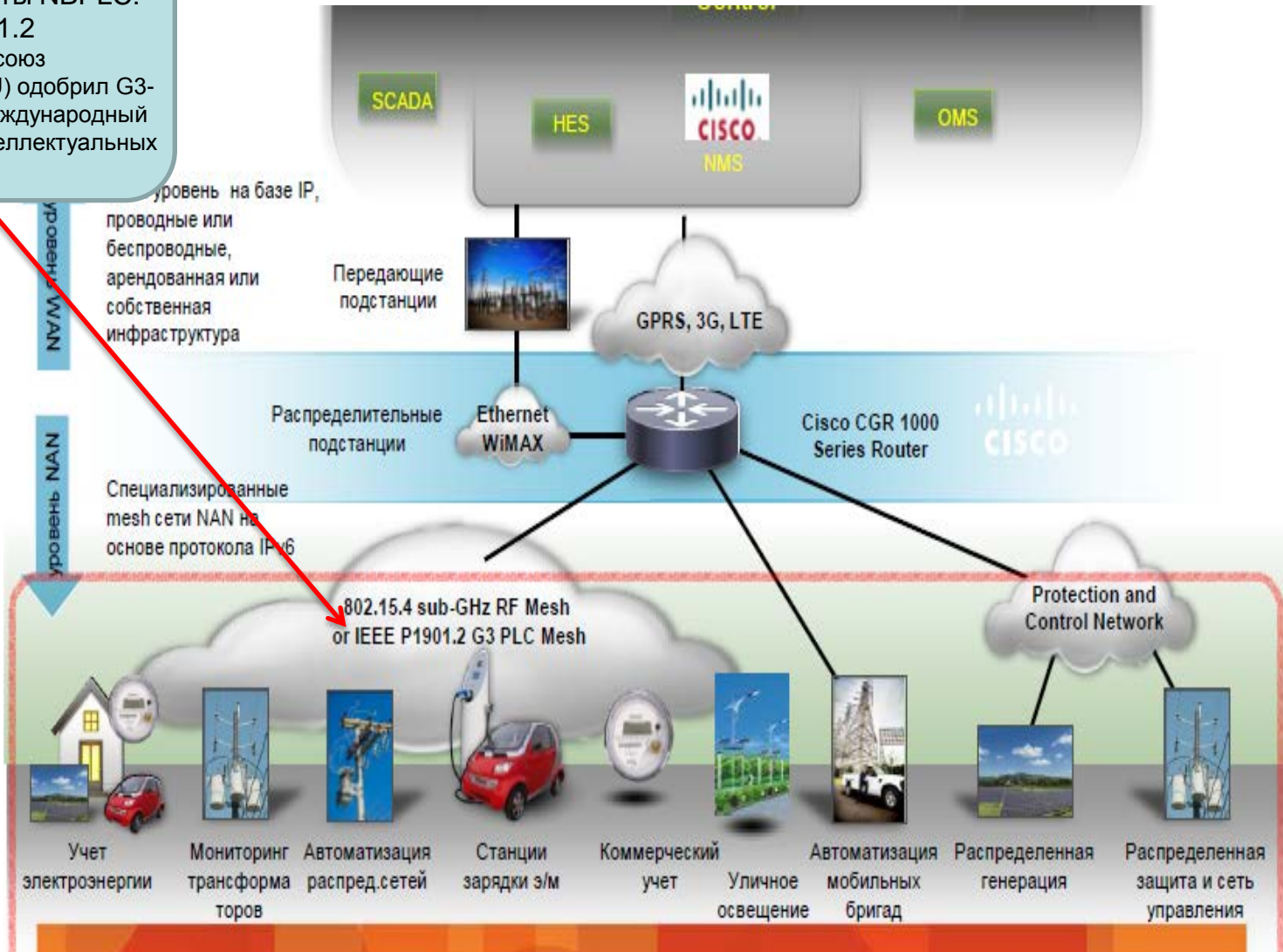
Вариант архитектуры сети передачи данных электросетевой компании



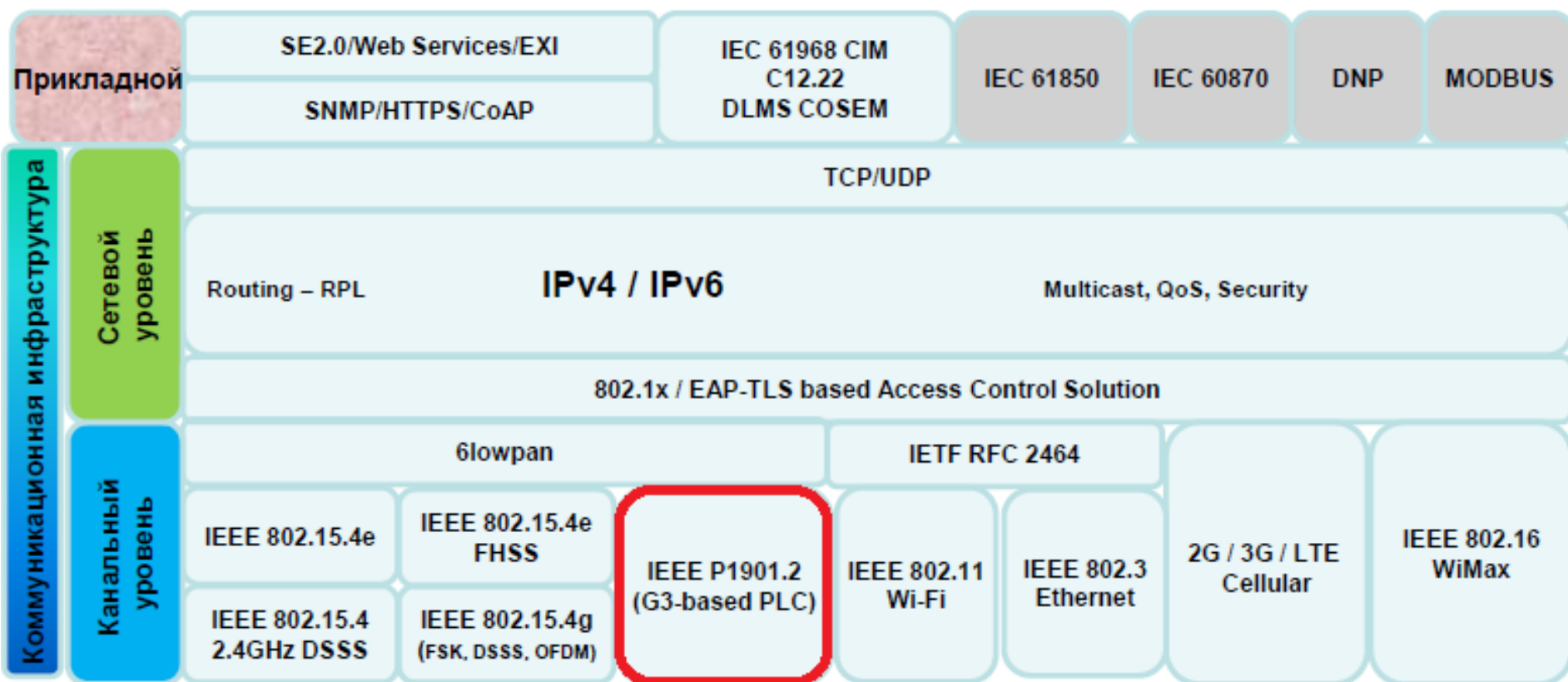
За рубежом технология PLC широко применяется для распределительных сетей Среднего Напряжения.

Компания **CISCO** для автоматизации распределительных сетей рекомендует технологию NBPLC

Рекомендованы для распределительных сетей новые стандарты NBPLC: G3, IEEE P1901.2
Международный союз электросвязи (ITU) одобрил G3-PLC как новый международный стандарт для интеллектуальных сетей

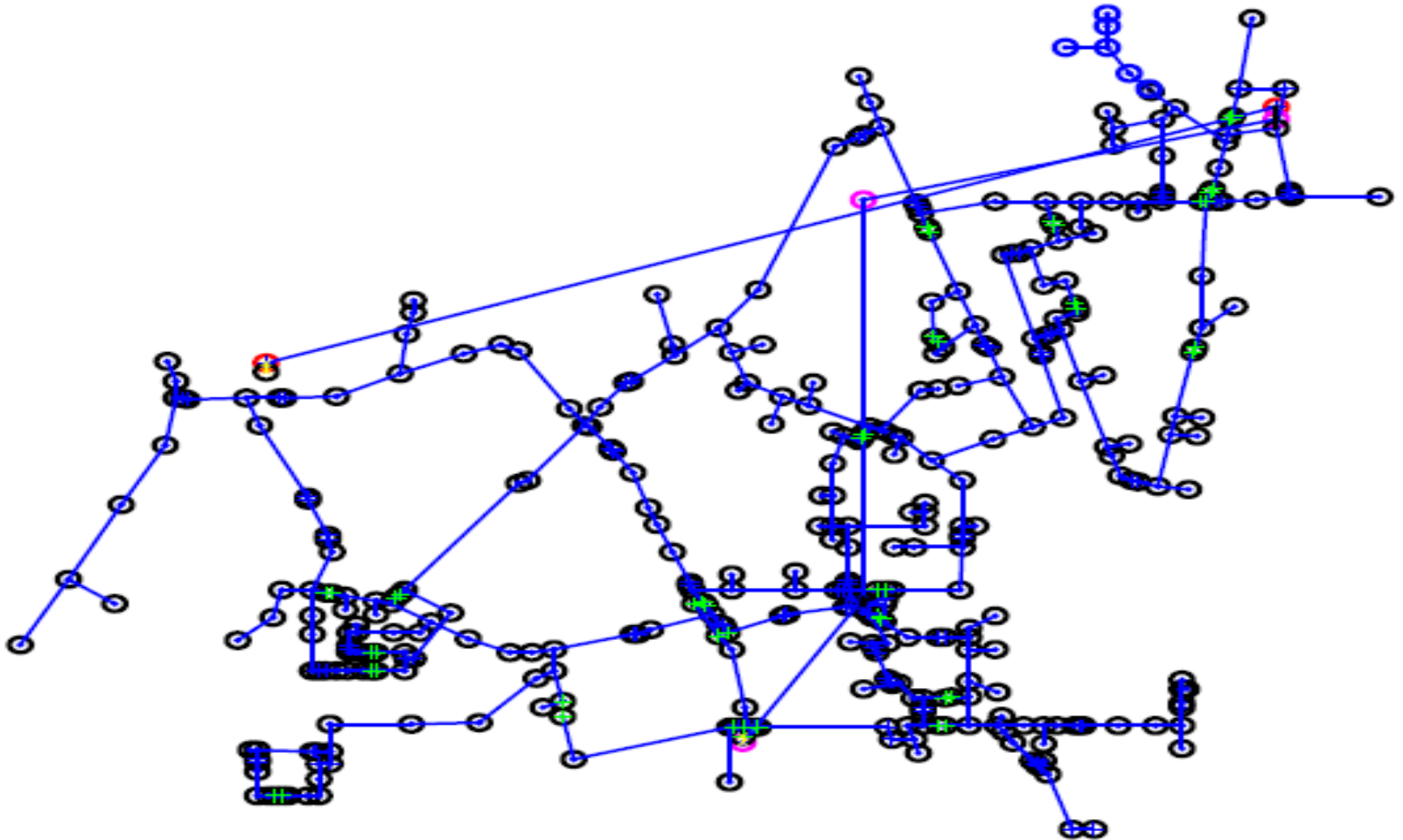


Стек протоколов распределительных сетей



- Отображает новые технологии на физическом уровне – PLC and RF Mesh
- Сопутствующие стандарты IEEE, IETF, IEC, W3C и др.

**Пример системы мониторинга 396 объектов распределительной сети среднего напряжения в сельской местности США с применением технологии NBPLC
(396-node MV distribution network in a rural area of the US)**



III. Технология ВЧ Связи (PLC)

Современные стандарты

Выбор технологии PLC на примере варианта типовой топологии фрагмента сети среднего напряжения

Связь по силовым высоковольтным линиям – **ВЧ связь** относится к началу 1900-х годов. Используя одиночные несущие частоты узкополосной связи (NB) в выделенных для энергетиков полосах низких частот (16-1000 кГц), можно было получить скорость передачи данных в пределах от нескольких бит/с, до нескольких Кбит/с. Использование частотного диапазона регламентируется «Руководящим Указаниями по выбору частот высокочастотных каналов связи по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ». Поскольку техника совершенствовалась и количество приложений расширялось, в последние несколько лет отраслевой интерес также вырос к так называемой "Высокоскоростной передаче данных" NB-PLC, основанной на многочастотном методе передачи сигнала и работающей в разрешенной полосе частот 3-500 кГц, а также к широкополосным системам связи (BB) PLC, работающим в высокочастотном диапазоне (2-30 МГц), с ограничением мощности передачи сигнала, предназначенным, главным образом, для сетей низкого напряжения, у которых скорость передачи данных на коротких расстояниях достигает 200 Мбит/с.

Классификация и характеристики систем PLC

	Низкоскоростные Узкополосные	Высокоскоростные Узкополосные NB PLC	Широкополосные BB PLC
Диапазон частот	9 – 148.5 kHz	9 – 500 kHz A-Band 9-95 kHz B-Band 95-125 kHz BCD-Band 95-148.5 kHz	1.5 – 50 MHz
Скорость передачи	< 10 kbps	50 kbps < ... < 1 Mbps	> 10 Mbps
Технология	FSK frequency shift keying BPSK binary phase shift keying FFH fast frequency hopping SFSK dual ch./ spread DCSK dif. chirp shift keying	OFDM orthogonal frequency division multiplex, MCM multi carrier modulation differential coding G.hnem; IEEE P1901.2 G.9955; G.9956	MCM / COFDM, Bit loading G.hn; IEEE P1901.1
Прямая коррекция Ошибок (FEC)	Нет или низкая	Высокая (разработана для повышенных требований)	Средняя
Назначение	Автоматические измерения	Управление оборудованием, АСКУЭ Управление освещением Smart Grids	Последняя миля, Интернет, Голос через Интернет (VoIP), Трансляция Телевидения (HDTV)
Перекрываемое Расстояние по КВЛ	< 15 km	< 15 km	< 0,5 km

Выбор технологии PLC систем Узкая полоса NBPLC или широкая полоса BBPLC

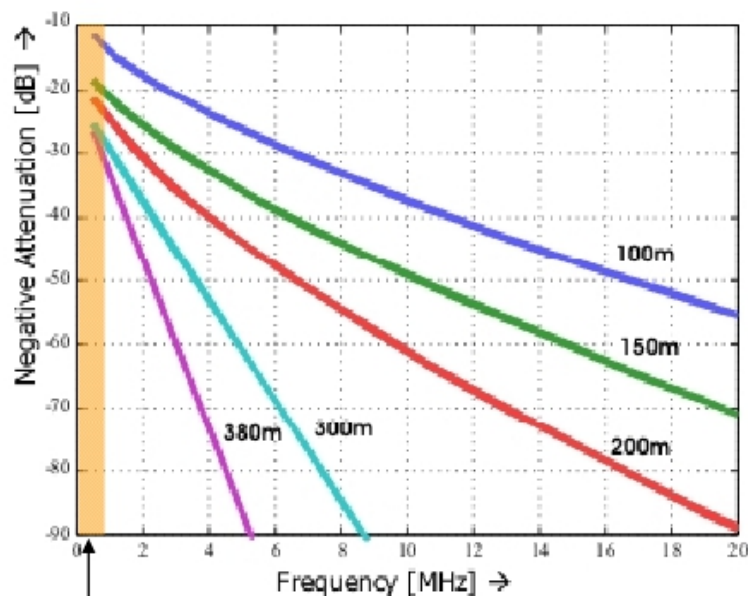
- Требование покрытия больших территорий с существующей инфраструктурой Сетей Среднего и Низкого напряжения

Частотный диапазон < 500 kHz

- Низкое затухание на больших расстояниях
- Снижение количества репитеров
снижение затрат
- Низкочастотный диапазон
скорость передачи данных
от 100 kbps до 1Mbps
- Стандарты: CENELEC / FCC 15 part B
- нет влияния на радиостанции

Возможность параллельной работы с широкополосной PLC (1.5-30MHz)

Зависимость затухания сигнала от частоты и длины кабеля



Используемый диапазон

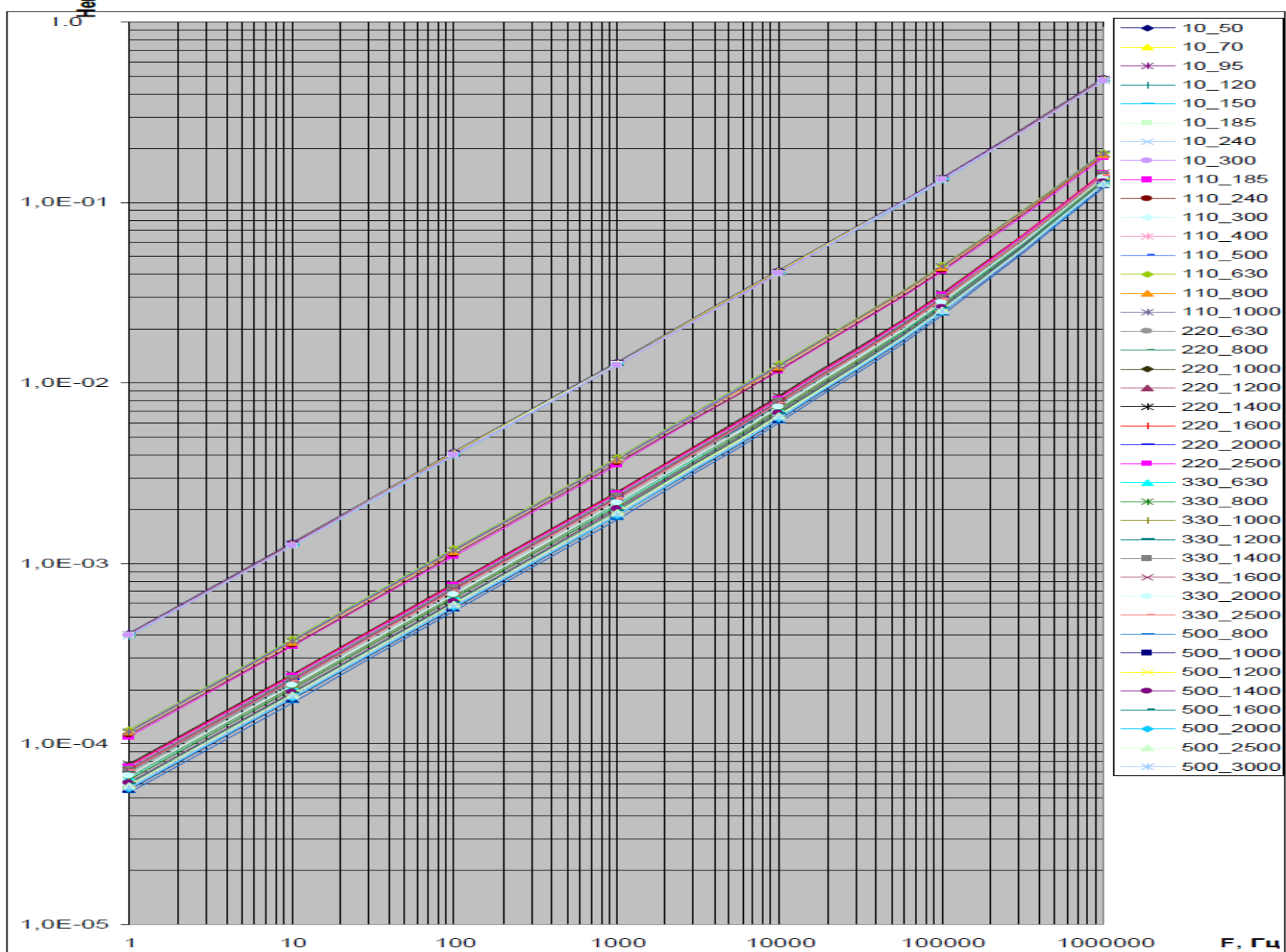
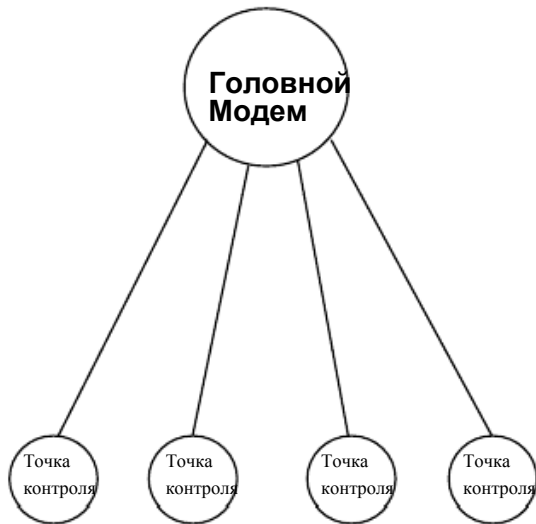


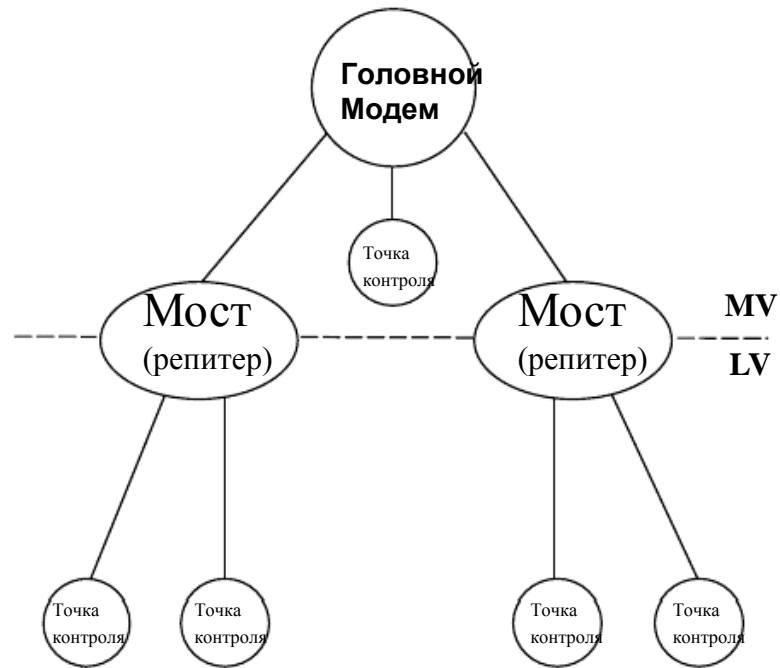
Рис. 3 Километрические затухания кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена компании АББ

PLC система для Среднего Напряжения и Низкого Напряжения

Простые компоновки сети PLC с одним или несколькими каскадами ретрансляции



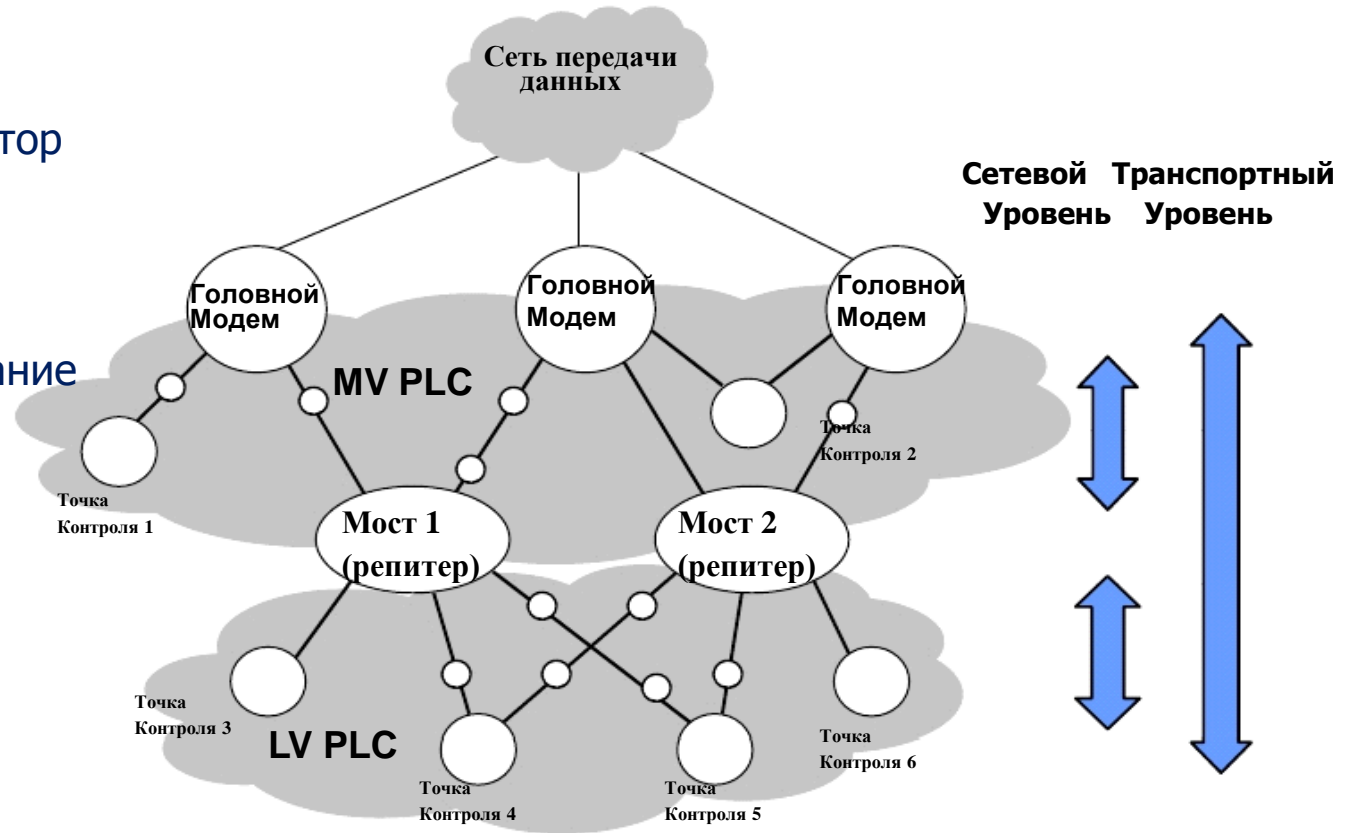
(a)



(b)

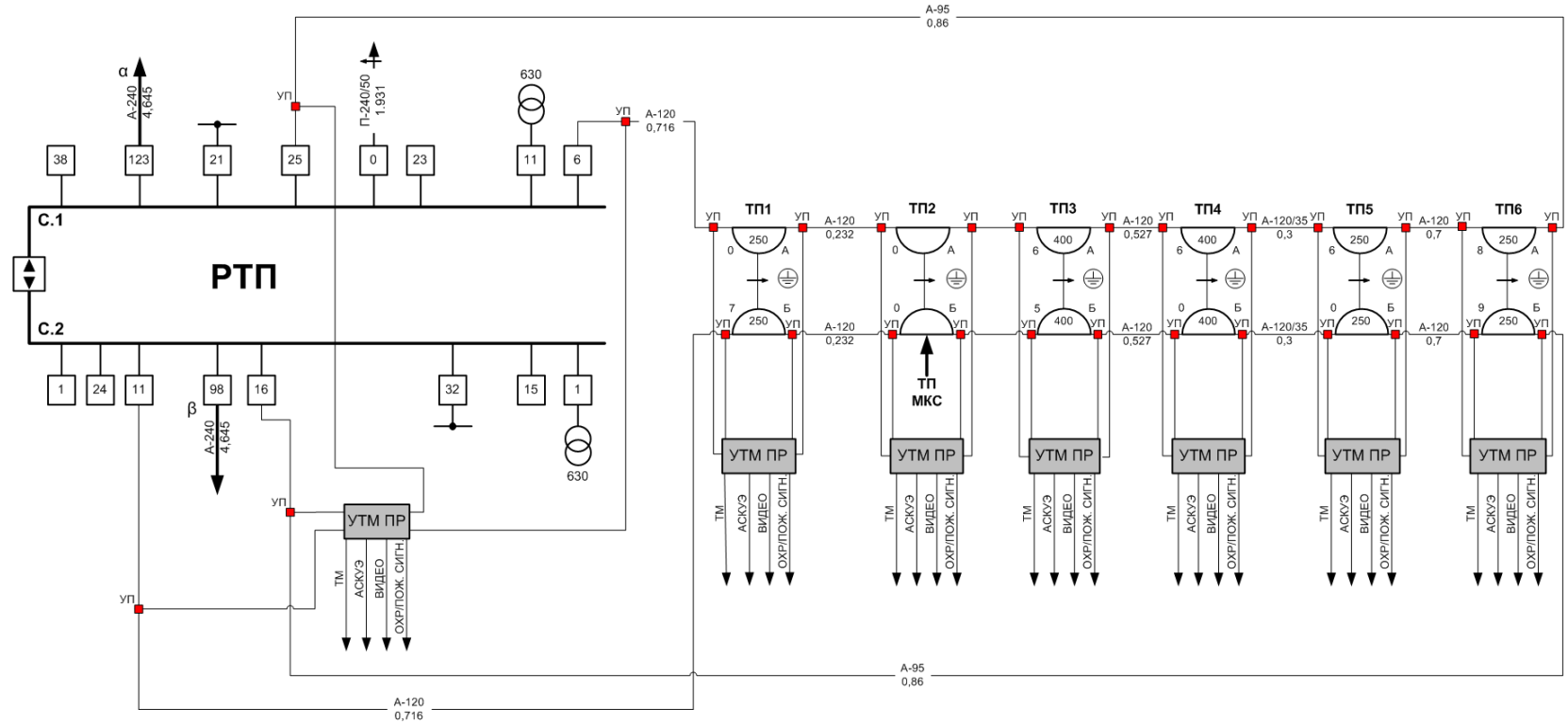
Ячеистая Структура PLC Сети

- Мост-маршрутизатор
- Маршрутизация точки доступа
- Гибкое резервирование
- QoS Management
- Сегментация/объединение



Фрагмент сети для анализа применения PLC технологии

Схема организации каналов связи на основе PLC-Технологии

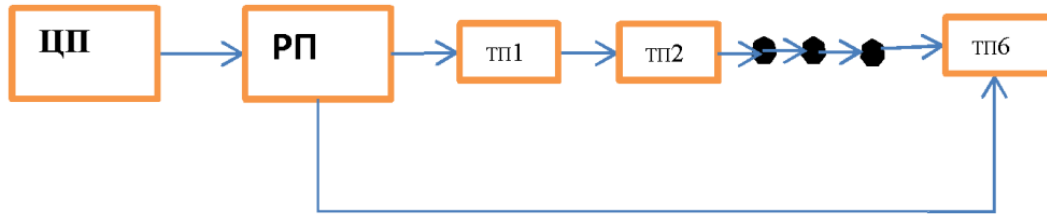


Условные обозначения:

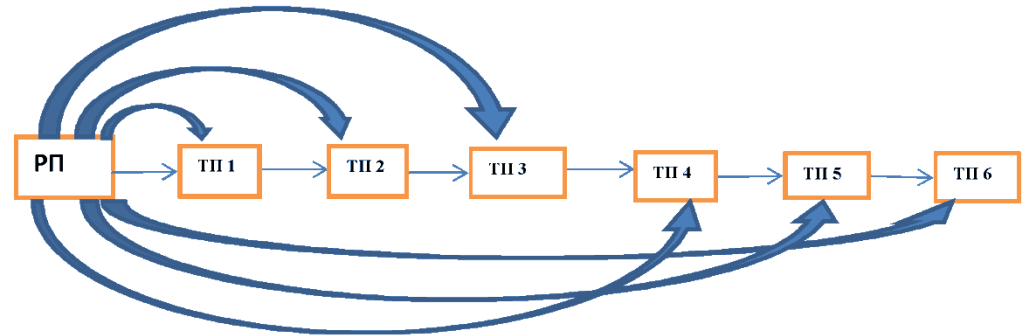
УТМ ПР Универсальный телекоммуникационный модуль производства ООО «НПЦ Приоритет»

уп Устройство присоединения

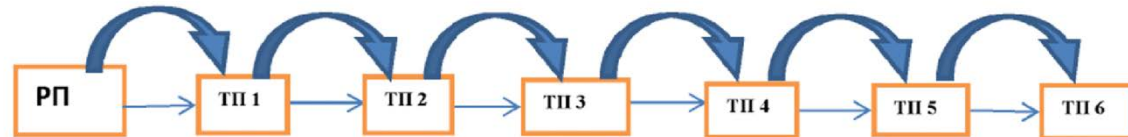
Упрощенная схема фрагмента сети



Вариант использования технологии NBPLC
Максимальное расстояние – до 15 км
Ретрансляция сигнала на промежуточных ТП рассматриваемой сети не требуется. Выход из строя одного узла не приводит к разрыву связи с другими.

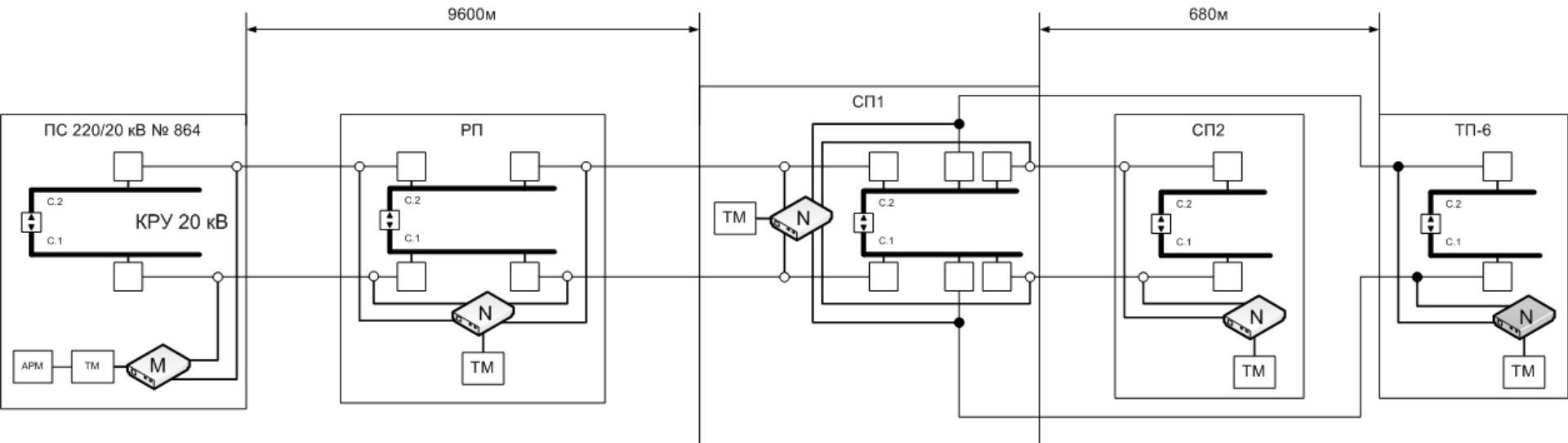


Вариант использования технологии BBPLC
Максимальное расстояние - до 500 м
Необходима ретрансляция сигнала на всех ТП. Выход из строя одного узла приводит к разрыву связи с другими.



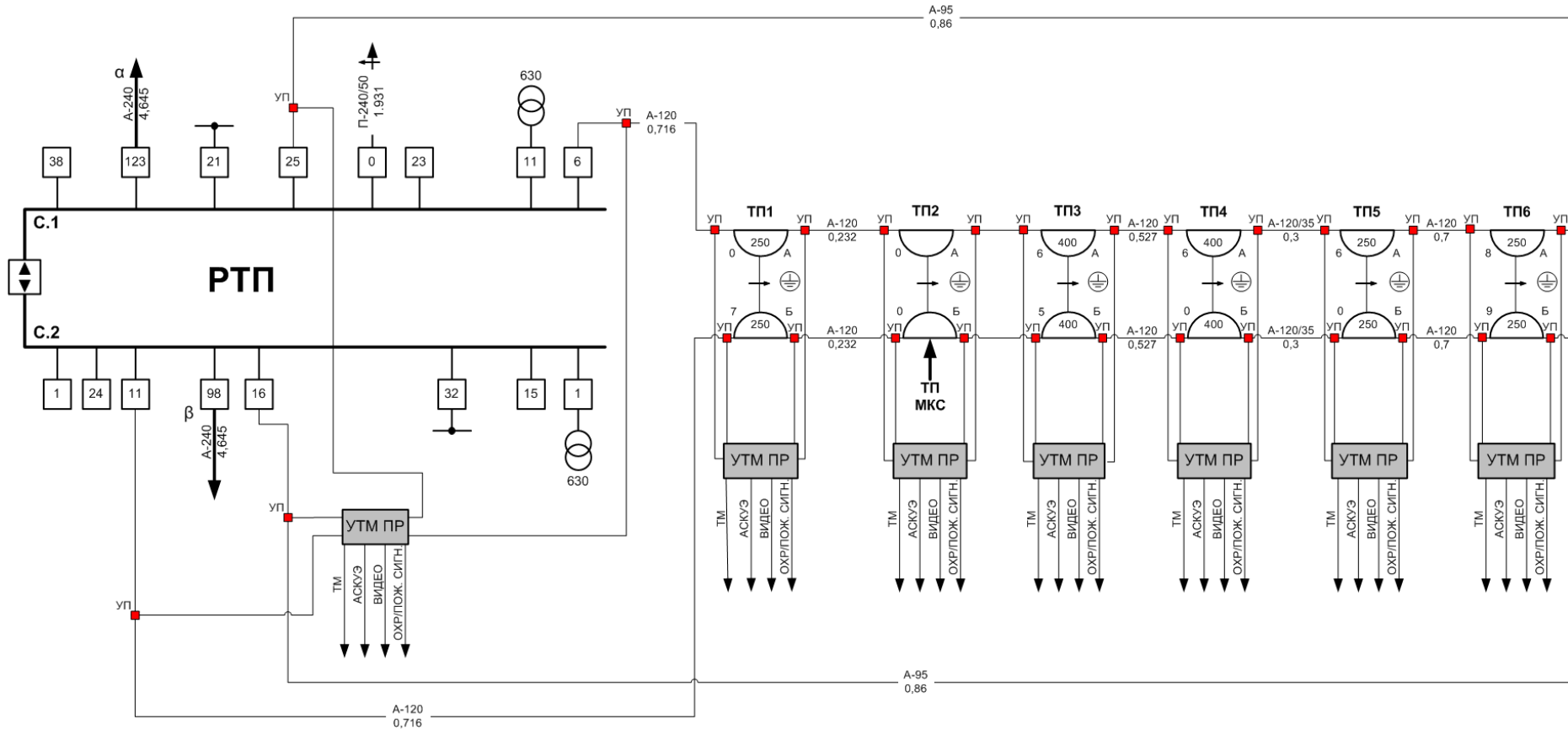
IV. Действующие и проектируемые сети на основе технологии PLC

Сеть связи ОАО «ЭНЕРГОКОМПЛЕКС» СП, ТП, РТП - ПС 220 кВ с использованием технологии NB PLC



Сеть NB PLC на КЛ 10 кВ ОАО ОЭК

Схема организации каналов связи на основе PLC-Технологии



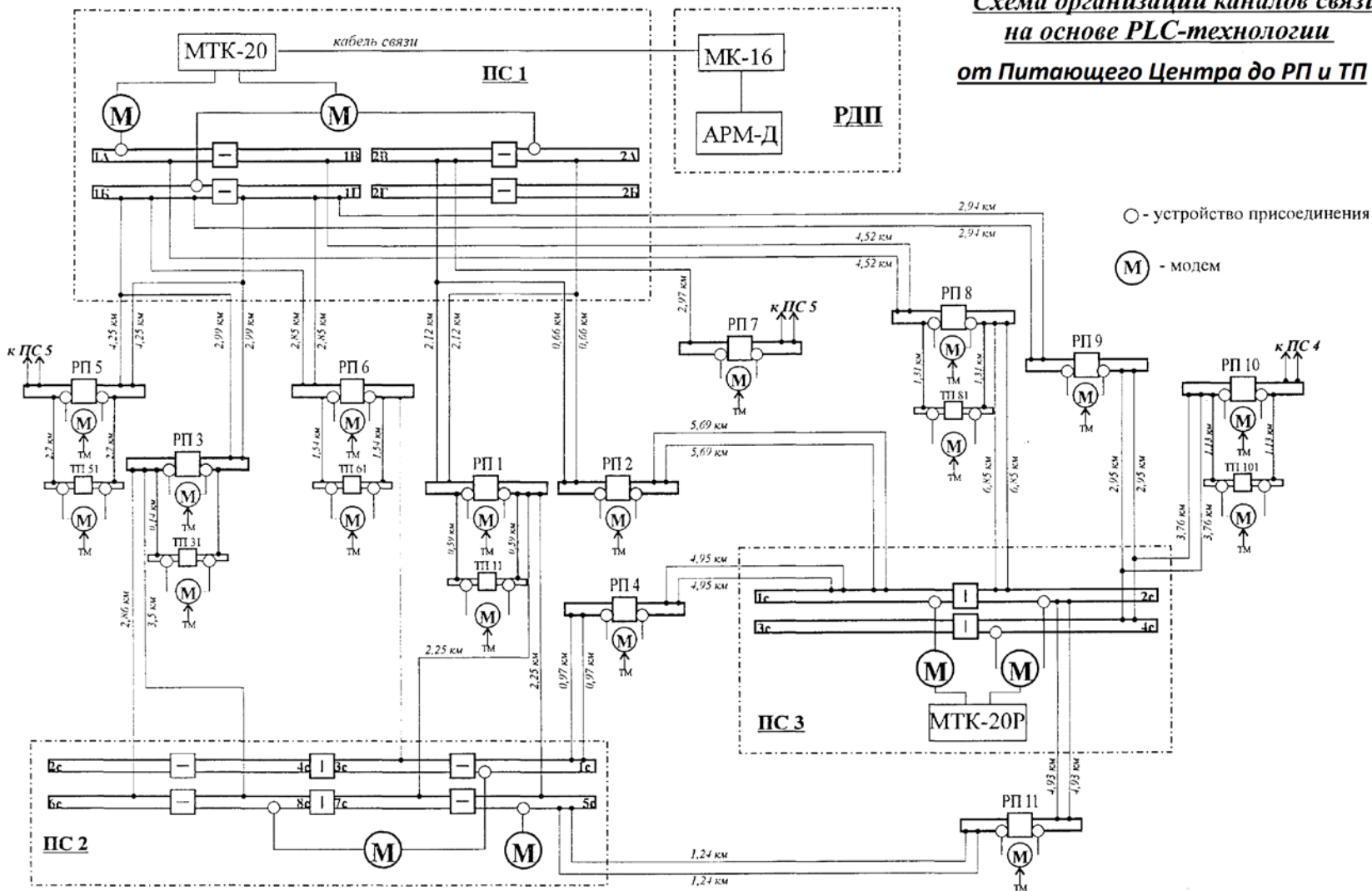
Условные обозначения:

УТМ ПР Универсальный телекоммуникационный модуль производства ООО «НПЦ Приоритет»

УП Устройство присоединения

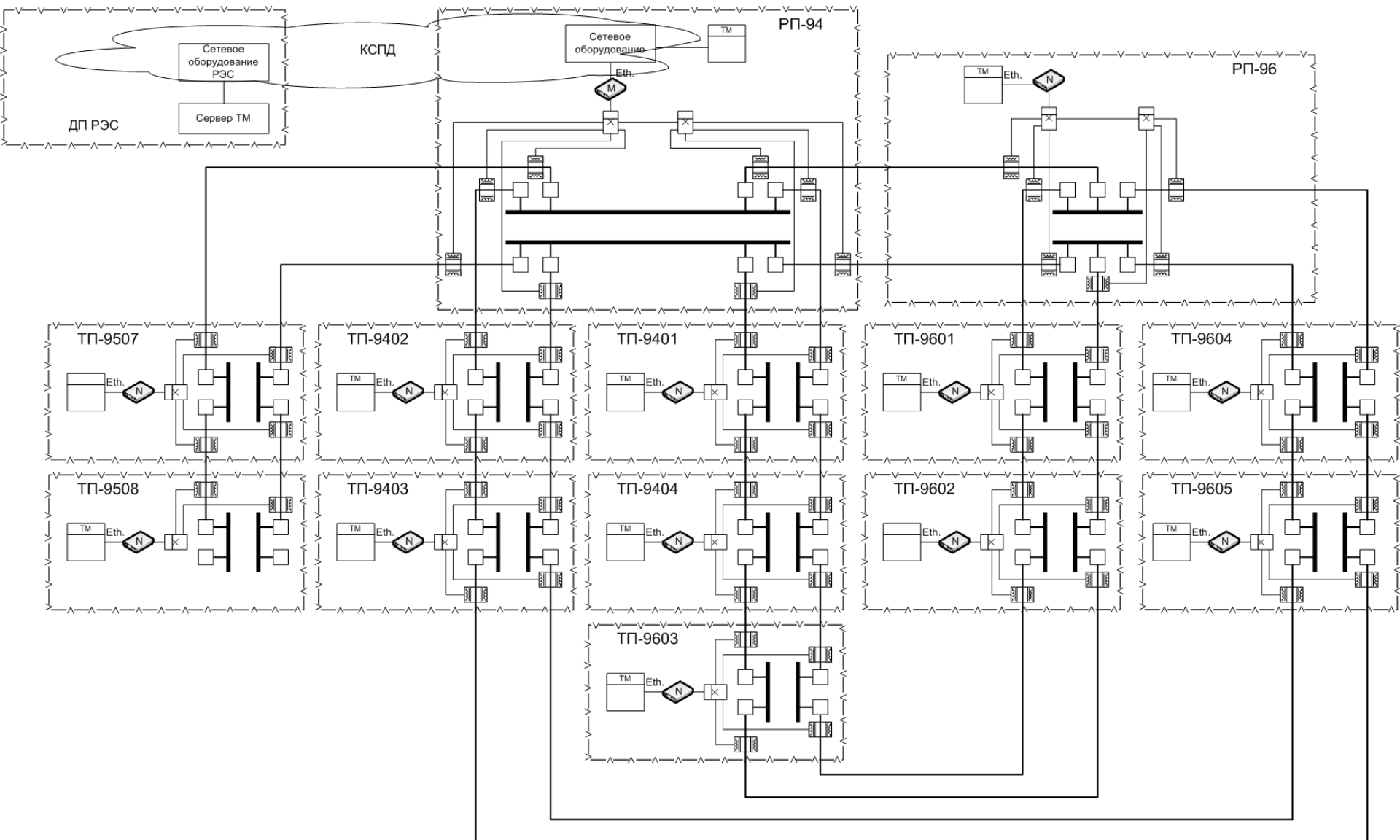
Первый проект создания сети передачи данных в распределительной сети среднего напряжения в конце 90-х годов в ОАО Мосэнерго.
(Проект не был реализован).

Схема организации каналов связи на основе PLC-технологии от Питающего Центра до РП и ТП



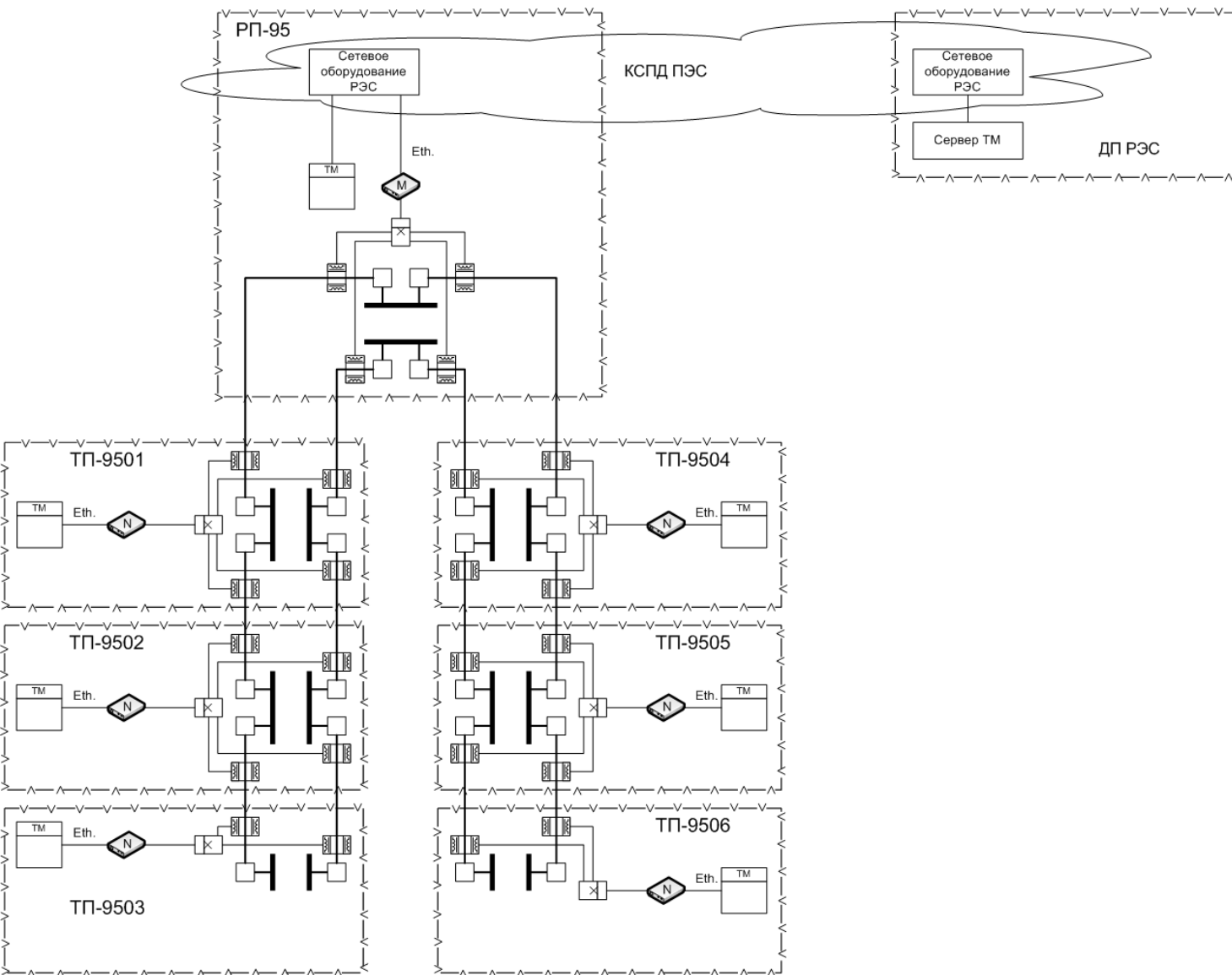
Проект фрагмента сети NB PLC МОЭСК

Реализация – 2015 год



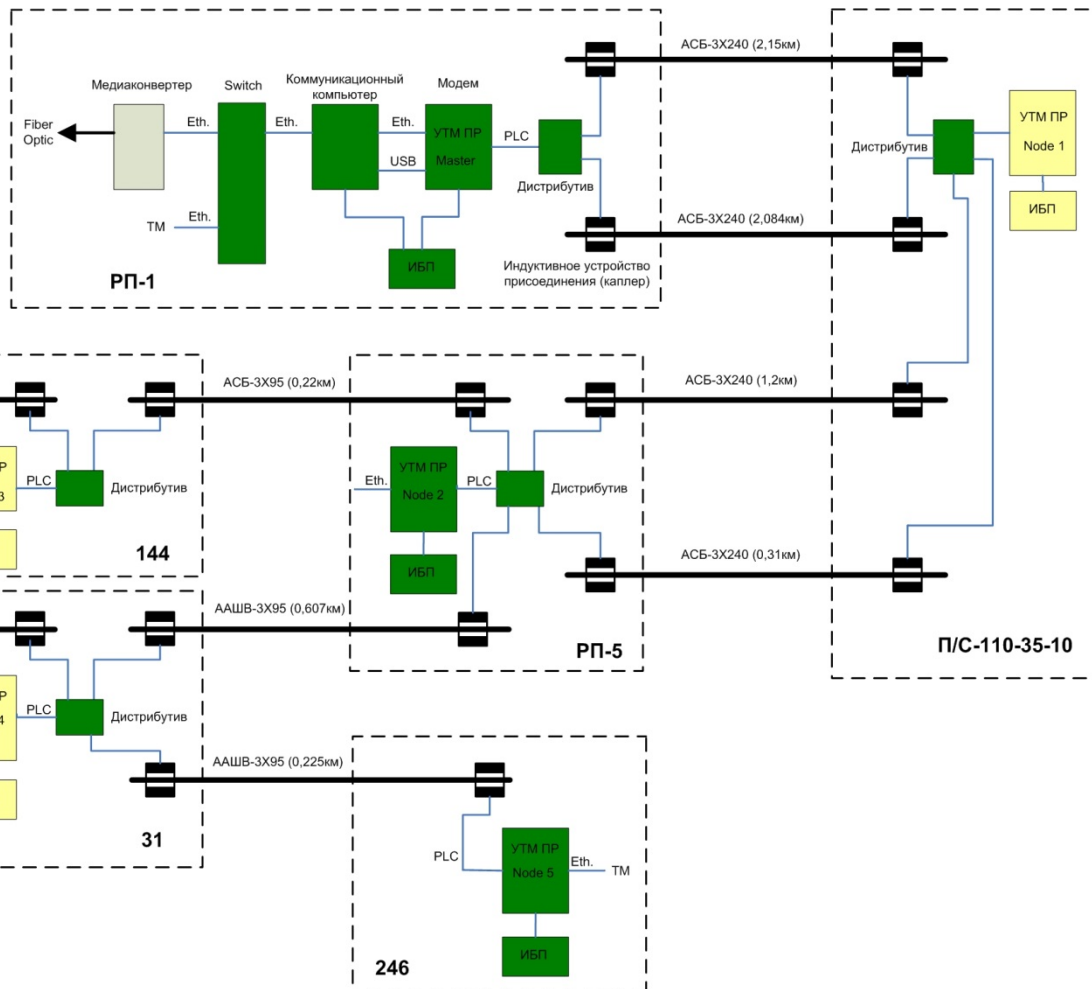
Проект фрагмента сети NB PLC МОЭСК

Реализация – 2015 год



Сеть NB PLC 10 кВ "Башкирэнерго"

Схема организации связи с использованием оборудования УТМ ПР (Схема 1)

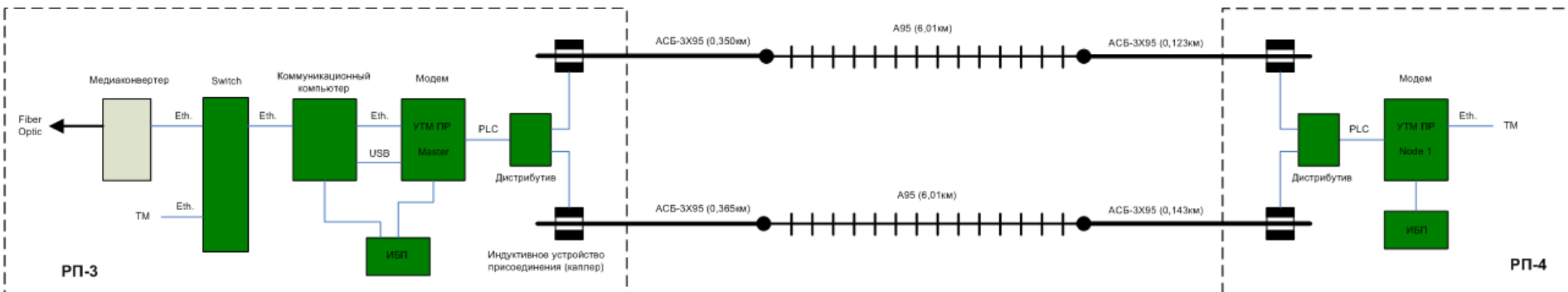


■ - Оборудование, устанавливаемое на 1 этапе.

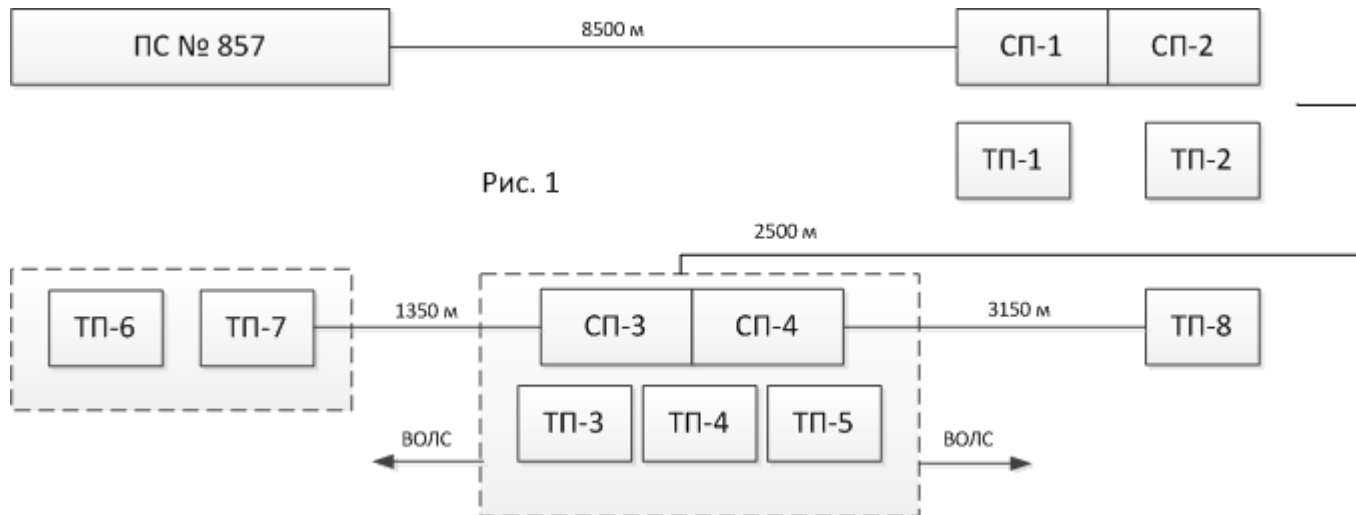
■ - Оборудование, устанавливаемое на 2 этапе при расширении сети, либо в случае превышения максимально допустимого затухания сигнала.

Сеть NB PLC 10 кВ "Башкирэнерго"

Схема организации связи с использованием оборудования УТМ ПР (Схема 2)



Сеть NBPLC на кабелях 20 кВ в Москве Реализация – 2015 г.

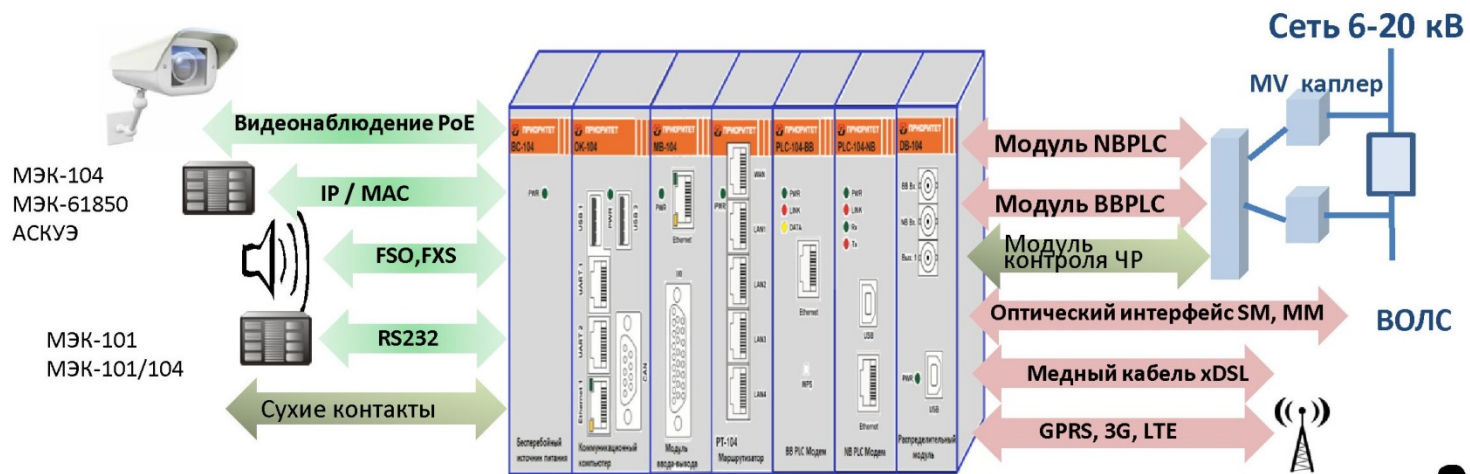


V. Требования к оборудованию связи.

Требования к телекоммуникационному оборудованию

Телекоммуникационное оборудование, предназначенное для установки на объектах распределительных сетей 35/6-20 кВ, должно позволять быстро и с минимальными затратами создавать телекоммуникационную инфраструктуру. Сеть должна строиться следуя принципу «От простого к сложному», используя любую доступную на данный момент среду передачи: силовые линии, ВОЛС, медные кабели связи или сети сотовых операторов. Оборудование должно иметь соответствующие модули внешней связи для ВОЛС, GPRS, LTE, Xdsl, PLC. Для подключения технологического оборудования: телемеханики, АСКУЭ и т.д., оборудование должно комплектоваться интерфейсными модулями, сервисным ПО, и, в случае использования PLC модемов, модулем для мониторинга Частичных Разрядов в изоляции силовых кабелей.

Ниже, на рисунке в таблице, приведены основные характеристики оборудования, которое может применяться для создания сети связи.



Перечень модулей, ПО и функциональных возможностей

Модули внешней связи:

GSM/GPRS/EDGE/3G/4G – модули сетей операторов сотовой связи

Fast Ethernet / Gigabit Ethernet – модуль передачи по оптическому кабелю

Модуль SHDSL - модуль передачи по медному кабелю

Модуль BBPLC P1901.1 (до 1 км.) – модуль широкополосного PLC модема

Модуль NBPLC P1901.2 (до 15 км) – модуль узкополосного PLC модема

Модуль NBPLC P1901.2 (с ограничением спектра: до 30 км) модуль узкополосного модема для работы по воздушным линиям с ограничением влияния на действующие системы ВЧ связи.

Интерфейсы внешних устройств:

UTP– Fast Ethernet / Gigabit Ethernet – подключение оборудования МЭК 104 или МЭК 61850

RS-232/RS-485 – подключение оборудования МЭК 101

Конвертор МЭК 101/104 – конвертация интерфейса МЭК 101 в протокол МЭК 104

«Сухие контакты»: Съёмные клеммы под винт – подключение охранной и пожарной сигнализации

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 +

SCADA – ориентированные брандмауэры на портах (Детальная проверка с распознаванием сервисов для основных протоколов SCADA: ModBus, IEC 101/104, DNP-3)

Мониторинг:

ПО мониторинг сети

ПО сервера M2M

Модуль мониторинга ЧР (датчик ЧР – индуктивный, емкостной)

ПО сервера ЧР

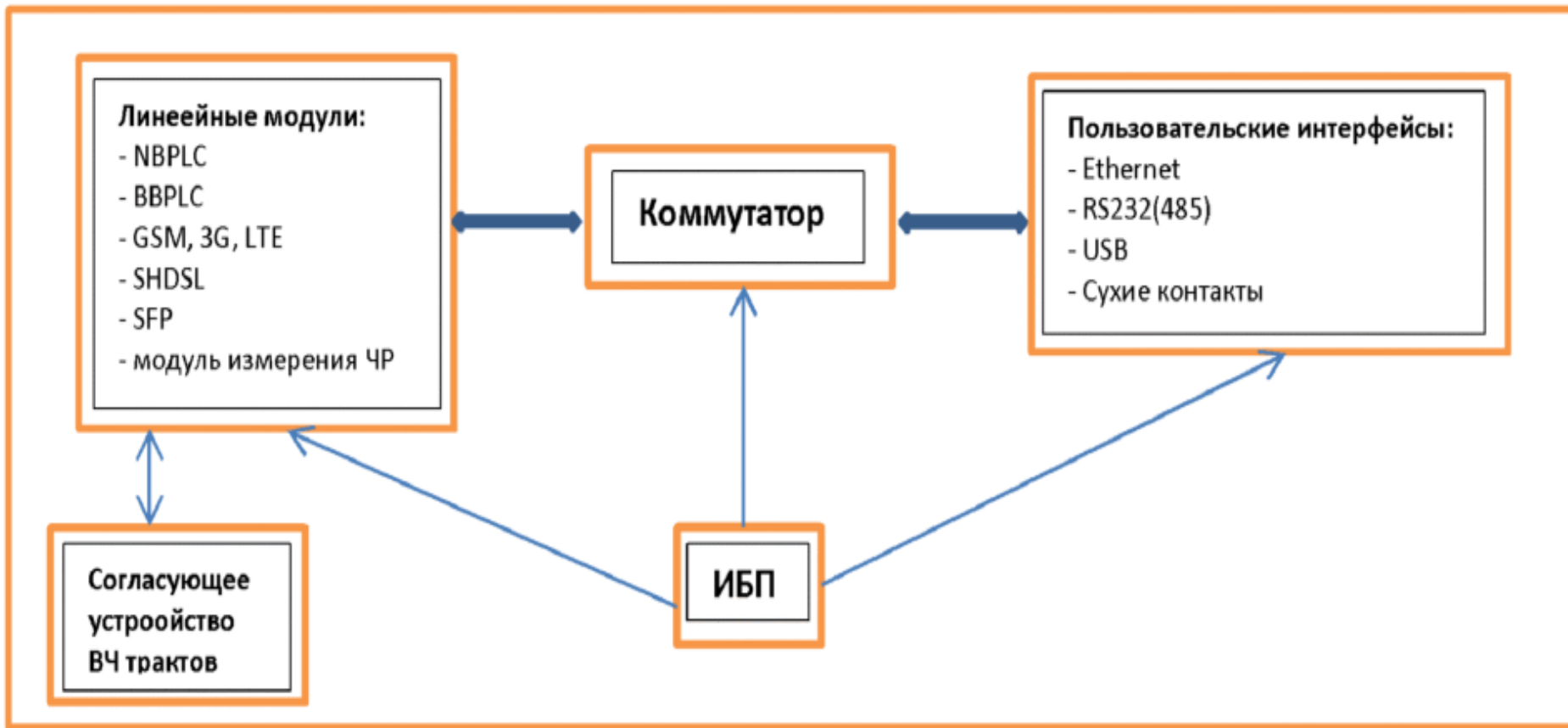
Встроенная система гарантированного электропитания

Телекоммуникационный шкаф

Внешний вид оборудования, состоящего из модулей, которые могут устанавливаться в зависимости от технических требований.



Блок-схема оборудования



Модуль распределения сигнала предназначен для объединения точек инъекции (индуктивных и емкостных каплеров) на на одном объекте. Имеет встроенный датчик Частичных Разрядов

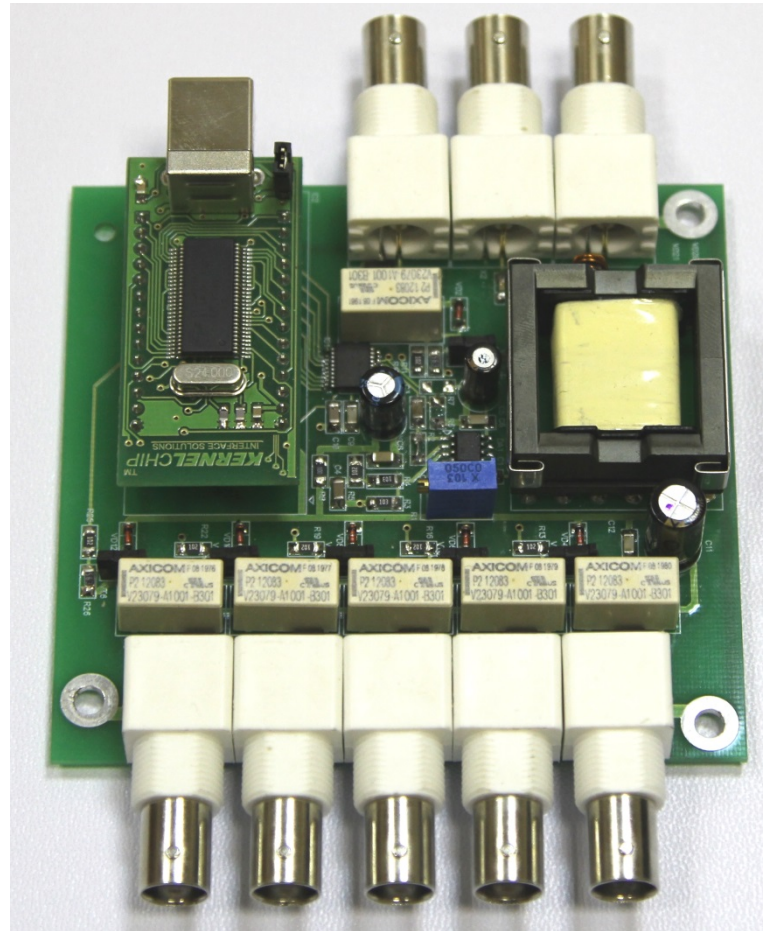


Схема подключения оборудования к силовым кабелям среднего напряжения с использованием Модуля Распределения Сигнала

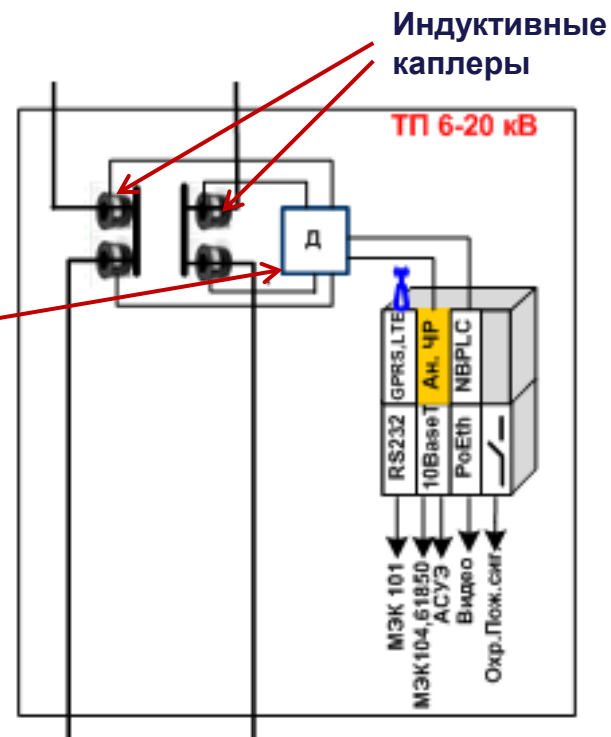
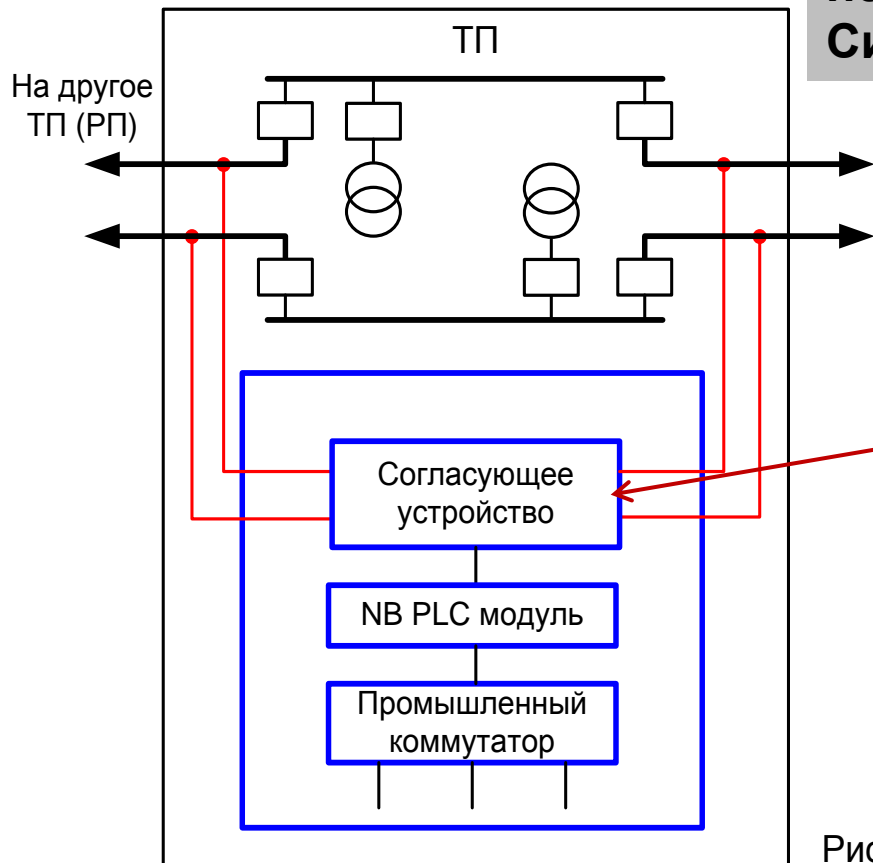
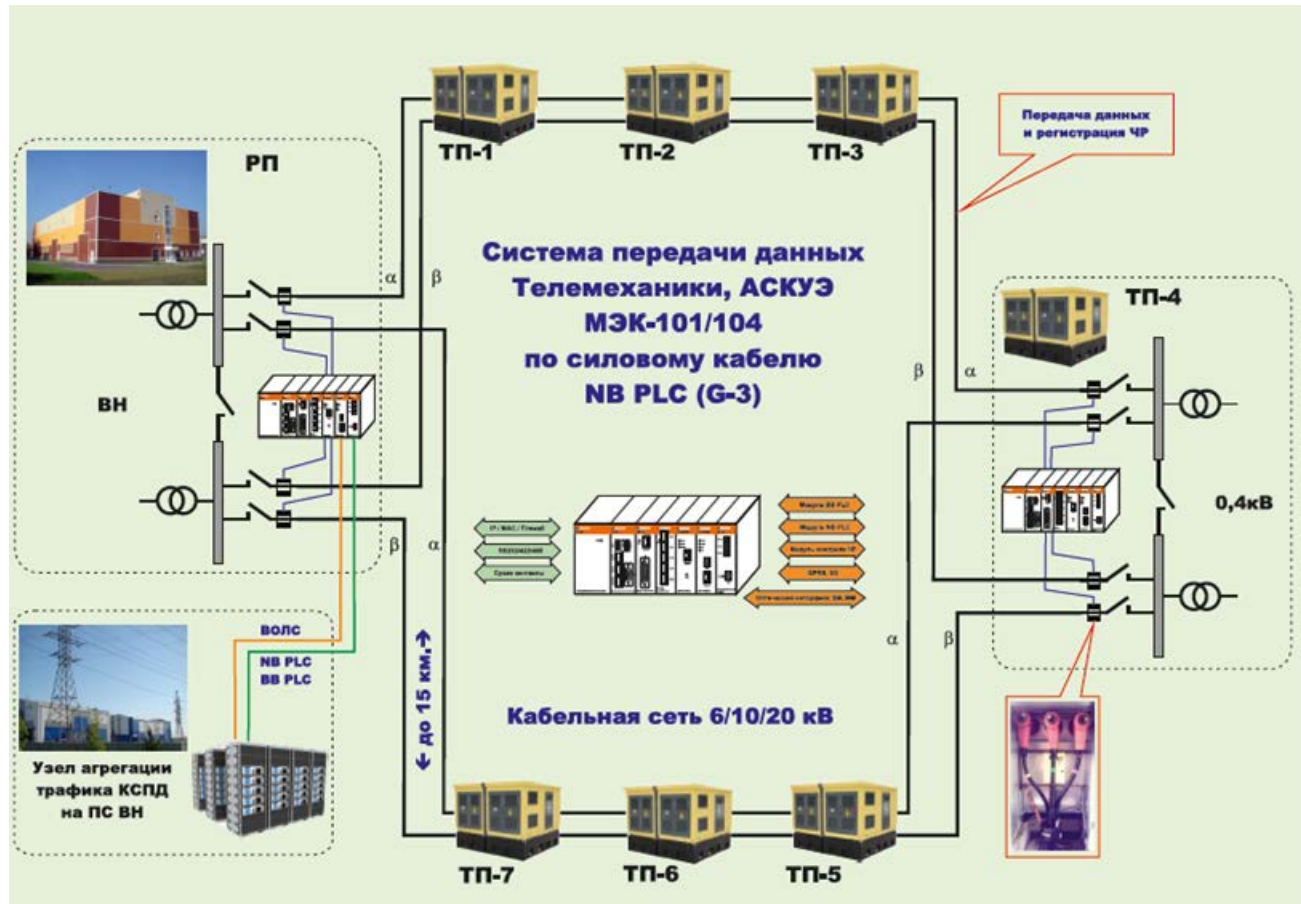


Рисунок 3

 - точка инъекции сигнала

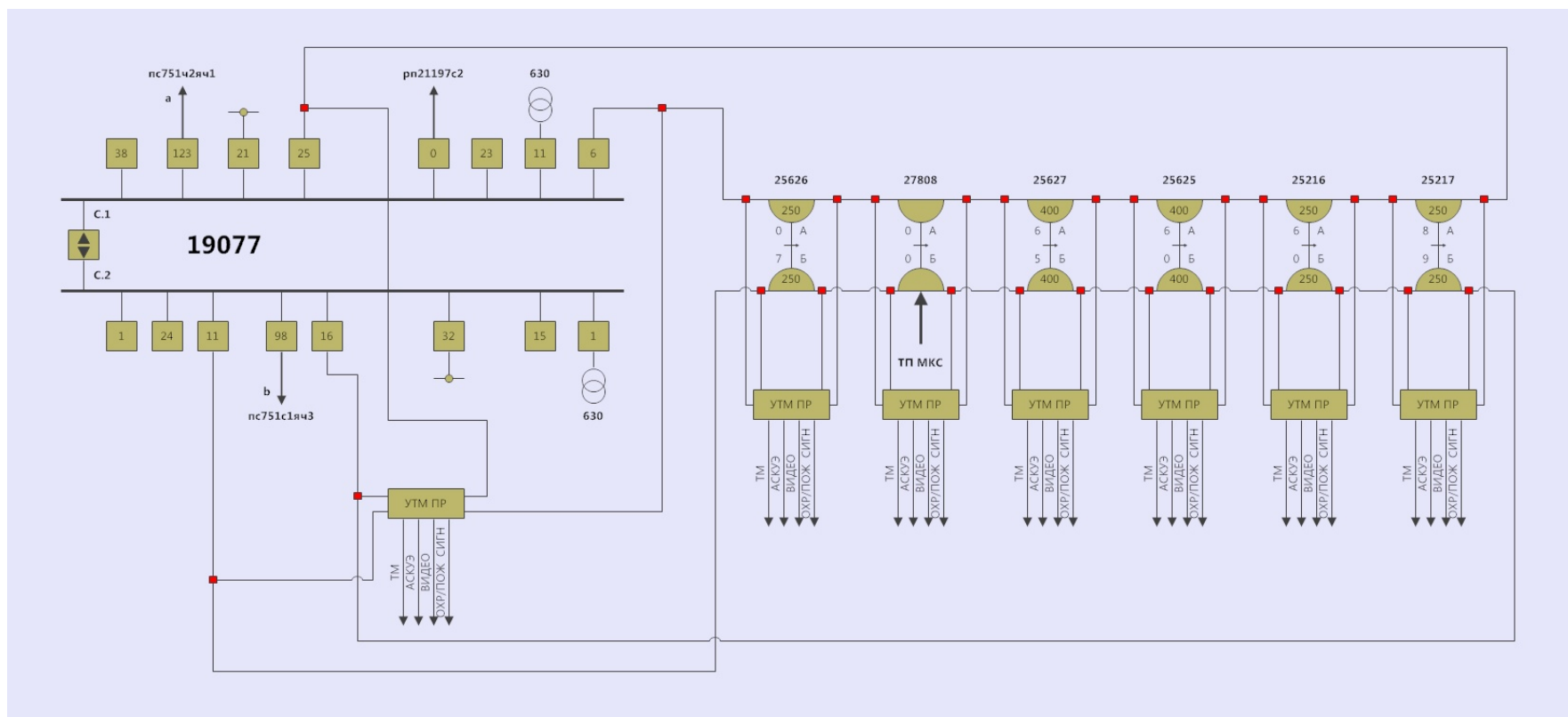
Схема инъекции ВЧ сигнала.

Так как соединение РП–ТП и ТП-ТП, как правило, осуществляется двумя силовыми кабелями, инъекция сигнала в оба кабеля дает возможность резервировать ВЧ тракт на случай отключения одного из них. Объединение ВЧ трактов происходит в модуле согласующего устройства



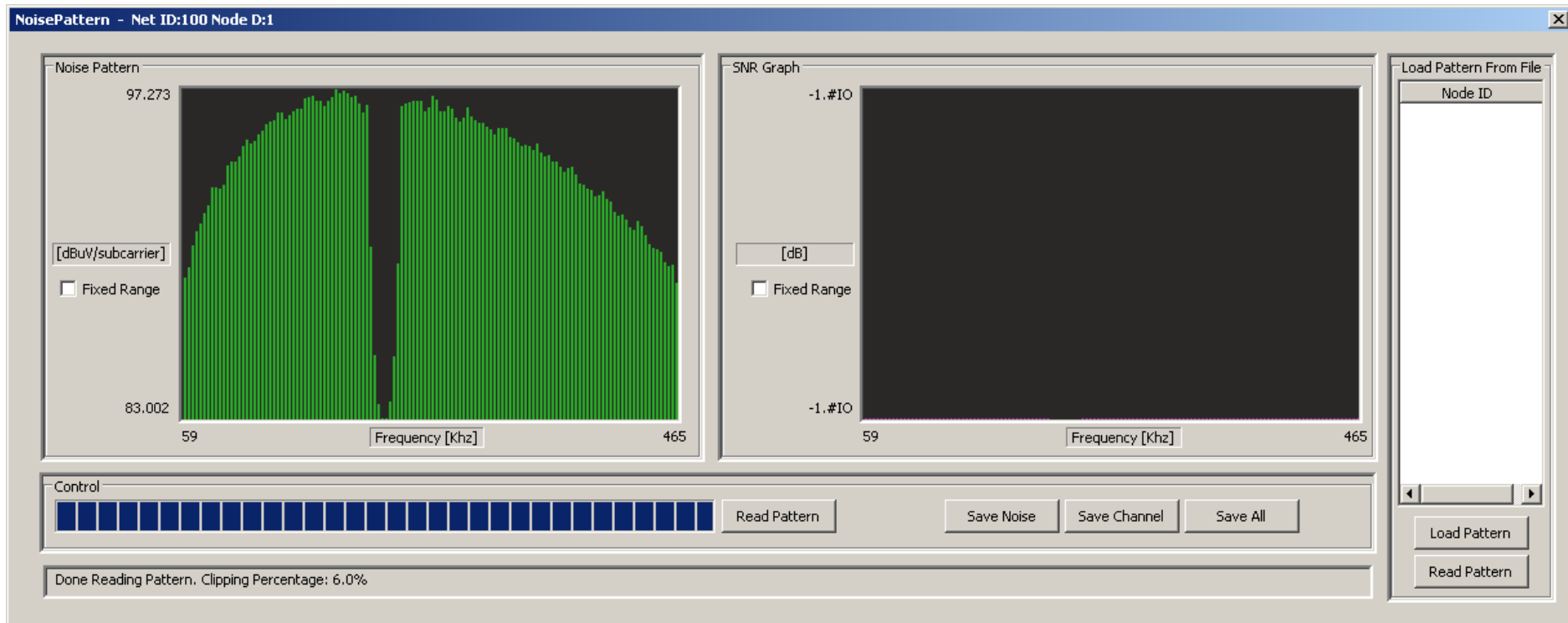
Мониторинг сети. Графический интерфейс.

Мониторинг сети, осуществляется через сеть передачи данных. Полученная информация отображается графическим интерфейсом и хранится в базе данных. При пропадании связи с магистральной сетью, возможен мониторинг посредством GSM модема. Количество контролируемых объектов не ограничено.



При использовании NBPLC модемов на воздушных линиях 6/10/20 кВ из спектра линейного сигнала программно можно удалить любые частоты, влияющие на действующие радиостанции, каналы ВЧ связи и ВЧ защиты

Спектр линейного сигнала после удаления влияющей частоты



VI. Устройства присоединения к силовым высоковольтным линиям. Отличия в методиках и оборудовании присоединения Высокого Напряжения и Среднего напряжения

Проблемы ВЧ Трактов на силовых линиях Среднего Напряжения

1. Нестабильные параметры ВЧ Тракта:

Отсутствует возможность получить стабильные параметры ВЧ тракта, так как подключение к силовым линиям и кабелям осуществляется без традиционных для ВЧ связи заградителей и конденсаторов связи с фильтром присоединения. Таким образом, волновое сопротивление нагрузки ВЧ тракта зависит от схемы электрических соединений подстанции, которая может меняться. При этом волновое сопротивление может колебаться от нуля (при заземлении кабеля) до бесконечного (при отключении кабеля).

2. Изменение топологии распределительной сети:

Изменения топологии происходят при аварийных отключениях кабелей, их ремонте и т.д. Это приводит к нарушению связи на отдельных участках сети.

3. Наличие смешанных – кабельных и воздушных линий электропередач:

При выходе на воздушные линии, необходимо соблюдать требования по ЭМС, которые применяются для линий высокого напряжения.

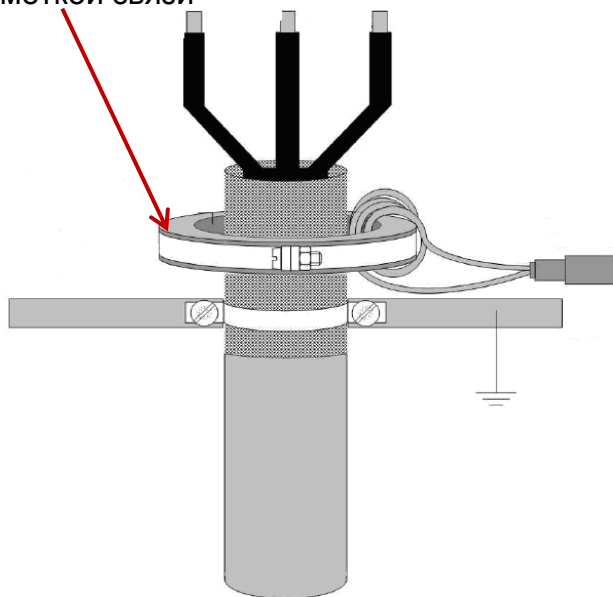
Решение проблем ВЧ трактов на линиях среднего напряжения

- Проблема нестабильности параметров ВЧ тракта решена посредством разработки оригинальных методик подключения к силовым линиям без ВЧ заградителей, но дающих похожий эффект для всех вариантов подключений заземленных кабельных и воздушных ВЛ, при отключении ВЛ от шин подстанций, при разрыве линий секционными выключателями – Реклоузерами и т.д.;
- Нарушения связи при изменениях топологии распределительной сети вследствие отключения отдельных силовых линий, устраняются механизмами протоколов сетевого взаимодействия PLC модемов, в которых реализованы функции проверки и автоматической настройки маршрута, в результате чего информация передается по альтернативному или резервному пути;
- Третья проблема (ЭМС при передаче информации по воздушным силовым линиям) решена благодаря заложенной в PLC модем возможности программно менять используемый частотный спектр, занимая только ту часть частотного диапазона, в котором нет действующих систем ВЧ связи и других источников радиосигналов. Эта процедура может выполняться до установки оборудования, по результатам проектирования использования частотного диапазона, аналогично традиционным системам ВЧ связи, или дистанционно при возникновении проблем с ЭМС.

Основные способы инъекции ВЧ сигнала в силовые линии среднего напряжения

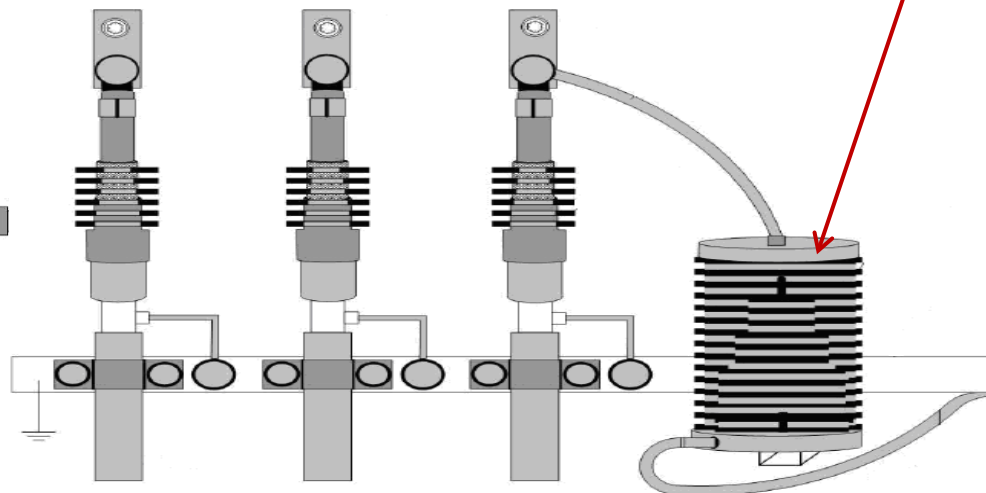
Индуктивная инъекция

Кольцевой магнитопровод с обмоткой связи



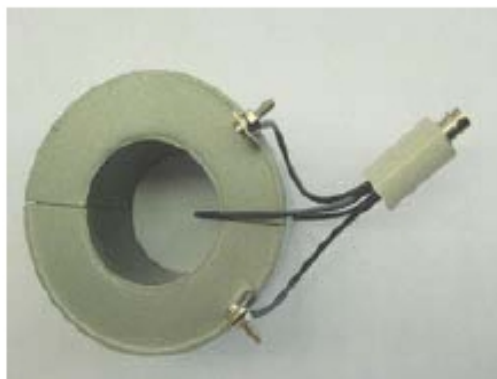
Емкостная инъекция

Конденсатор связи с согласующим устройством

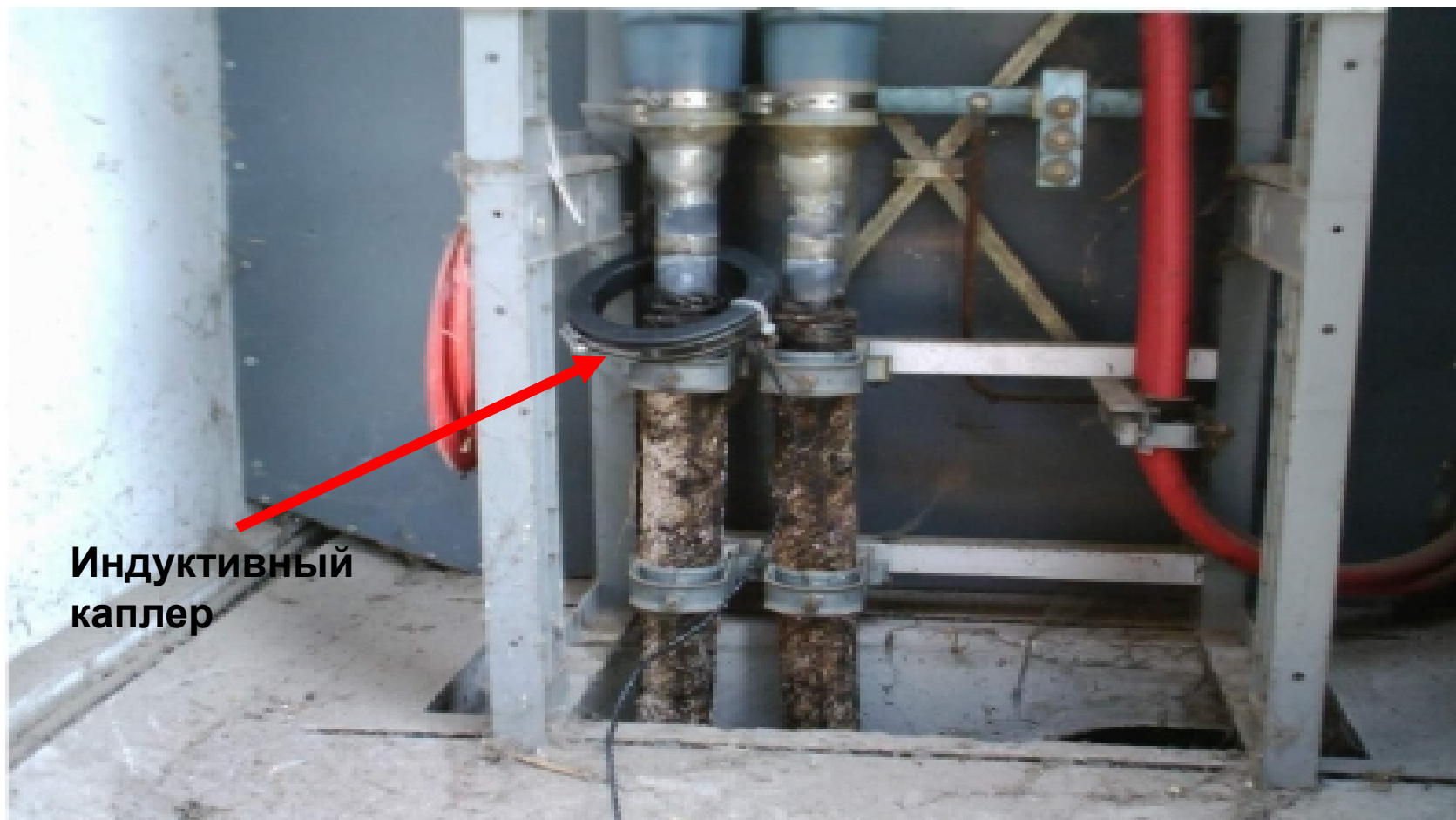


В «НПЦ Приоритет» разработан ряд оригинальных методов инъекции сигнала, позволяющих получить эффект схожий с применением ВЧ заградителей

Размещение устройств индуктивной инжекции в силовых ячейках

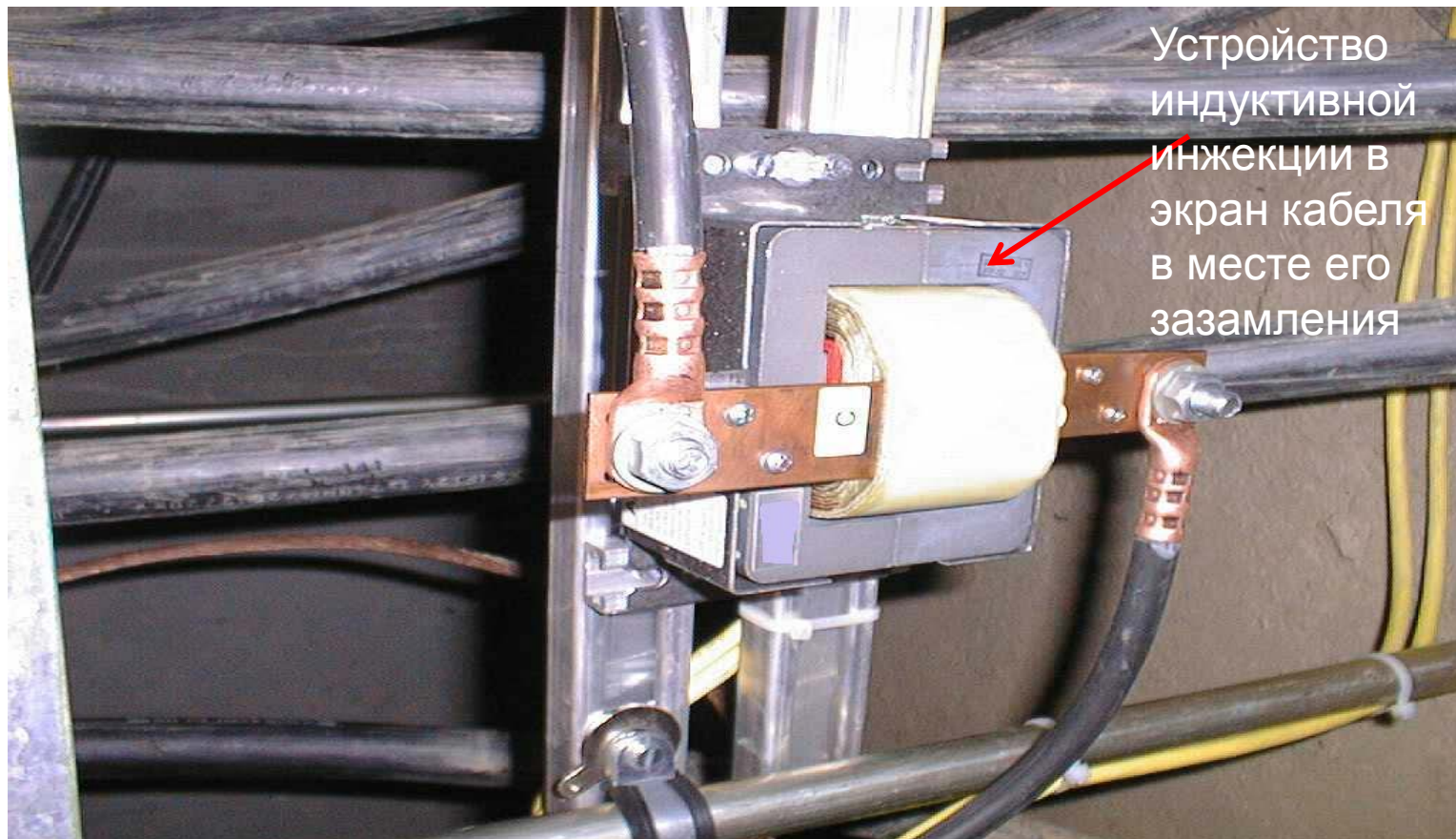


Индуктивная инъекция сигнала



**Индуктивный
каплер**

Индуктивная инъекция сигнала в экран силового кабеля



Устройство
индуктивной
инъекции в
экран кабеля
в месте его
заземления

Размещение индуктивного устройства присоединения (каплера) на силовом кабеле 20 кВ в кабельном полуэтаже РП



Размещение индуктивного устройства присоединения (каплера) на силовом кабеле 20 кВ в кабельном полуэтаже РП

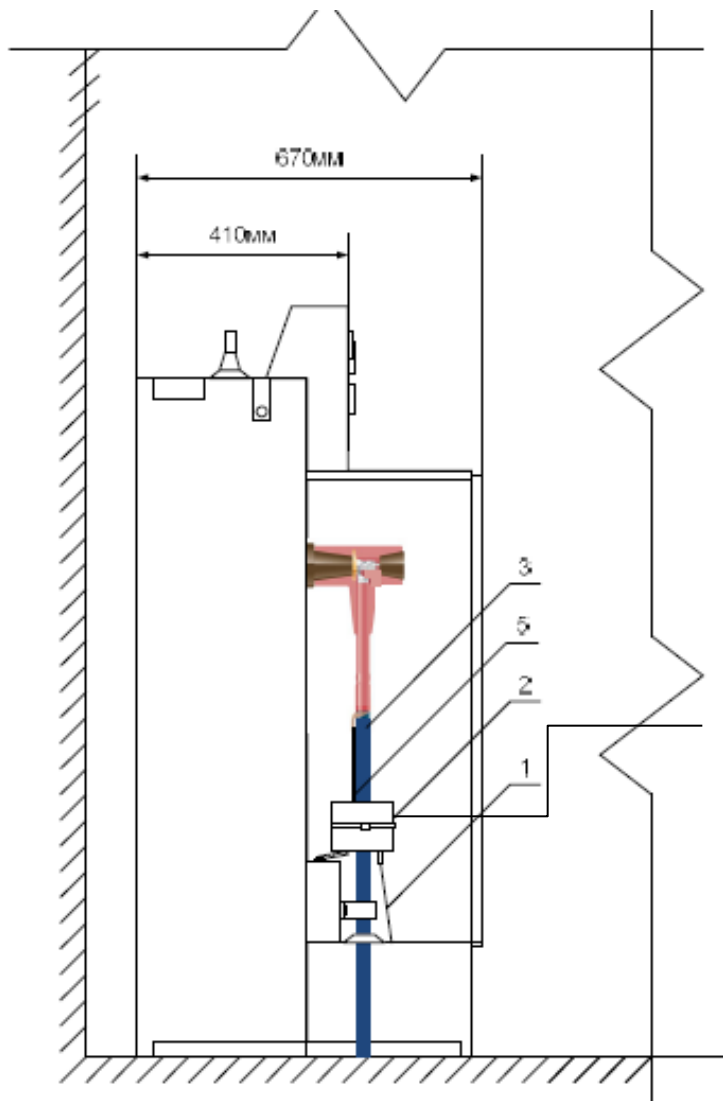
Индуктивный
каплер



Индуктивный каплер в ячейке старого типа

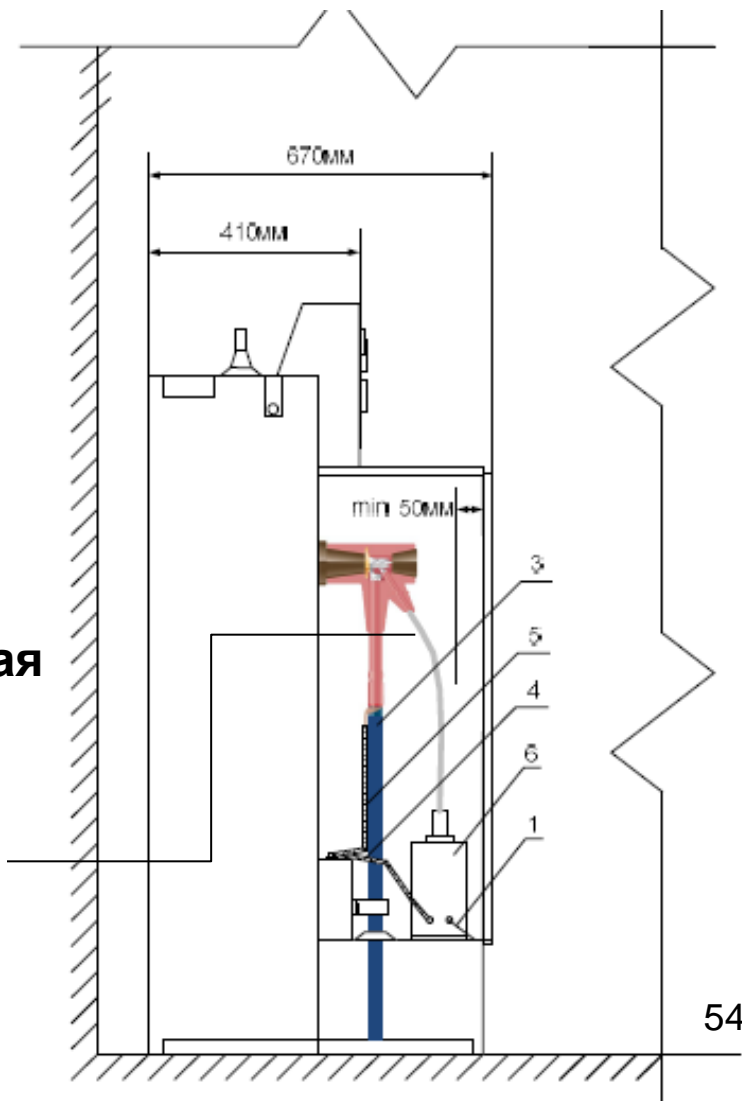


Проект установки индуктивного и емкостного устройства присоединения в ячейках RM6

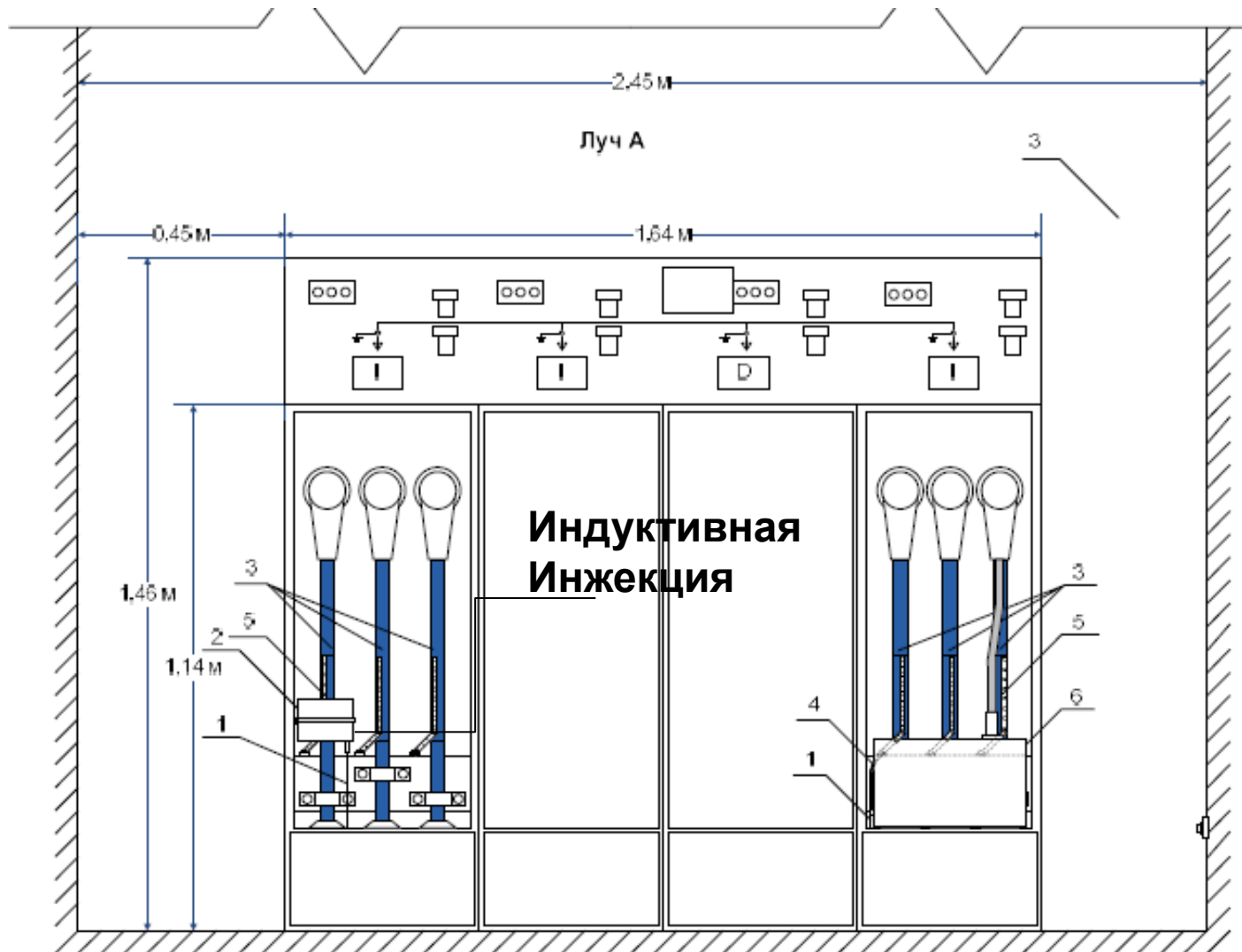


**Индуктивная
Инжекция**

**Емкостная
инжекция**



Проект установки индуктивного устройства присоединения в ячейках RM6



Индуктивный каплер в ячейке 10 кв Schneider Electric RM6



Пример размещения конденсатора связи при емкостной инжекция сигнала



Устройство индуктивной инъекции сигнала (индуктивный каплер)



Устройство инъекции сигнала в экран силового кабеля



NB PLC
Inductive Ground Coupler
Model: GN-50
Freq: 40..1200kHz
Pwr: 15W / 50 Ohm
Loss (S21): - 6dB
Nominal current: 50A

Ёмкостное устройство присоединения 6-20 кВ



**VII. Информационная безопасность
технологических сетей – одна из причин
создания собственной телекоммуникационной
инфраструктуры для электрических сетей
Среднего Напряжения и использующей в
качестве основной технологию NBPLC**

Во многом решение о создании собственной корпоративной телекоммуникационной сети определяется требованиями информационной безопасности (ИБ). Одним из способов защиты информации является разделение среды передачи трафика управления технологическими системами, которые в энергетике относятся критически важным и трафика приложений не оказывающих влияние на безопасность. Разделение сред передачи информации возможно при создании собственных ВОЛС и использовании силовых линий для передачи информации. Соответственно, с точки зрения ИБ, **для сети Среднего Напряжения наиболее предпочтительно использование современной технологии ВЧ связи (PLC).**

Имеющее место распространение использования различных технологий сотовой связи для этих целей, объясняется доступностью этой услуги, но не все понимают возможные последствия для ИБ всей корпоративной сети.

По мнению специалистов компании ООО «Диджитал Секьюрители», недавние кибератаки Stuxnet, Duqu, Flame, Gauss и другие им аналогичные показали, насколько уязвимы ИТ-инфраструктуры топливно-энергетических, производственных, транспортных, инфотелекоммуникационных, коммунальных, финансовых и других систем жизнеобеспечения людей и насколько катастрофичными могут быть последствия вызванных подобными атаками сбоев и отказов в их работе. **Если говорить о 3G/4G-модемах, ситуация выглядит критичной.** Разнообразные уязвимости позволяют читать трафик без авторизации, например с помощью атаки «Человек посередине». Возможно массовое заражение компьютеров вирусом, распространяющимся с помощью USB-модема. Такой зараженный 3G/4G-модем позволяет попасть даже в закрытую корпоративную сеть и осуществить таргетированную атаку на компанию.

Информационная безопасность

Публикации:

1. Подрядчик разведслужб США разработает рекомендации по применению средств IT в умных сетях:

<http://www.smartgrid.ru/analitika/izdaniya/podryadchik-razvedsluzhb-ssha-razrabotaet-rekomendacii-po-primeneniyu-sredstv-it/>

2. Информационная безопасность критически важных объектов: PC Week Review: ИТ-безопасность, сентябрь 2013

<http://www.pcweek.ru/security/article/detail.php?ID=155219>

3. «Дочка» Росатома разрабатывает ПО для замены Windows и СУБД Oracle

http://open.cnews.ru/top/2014/05/28/dochka_rosatoma_razrabatyvaet_po_dlya_zameny_windows_i_subd_oracle_573660

4. Российские исследователи: Безопасность роутеров и модемов находится на критическом уровне: <http://forum.smart-grid.ru/index.php?topic=1551.msg1581#msg1581>

Выводы

- **Узкополосные системы ВЧ связи (NBPLC)**, способные передавать информацию со скоростью до 1 Мб/с, могут обеспечить информационные потребности распределительных сетей среднего напряжения, используя для передачи сигнала как кабельные, так и воздушные линии электропередачи.
- **Разрешенные уровни сигнала** позволяют обеспечить устойчивую связь на кабельных линиях до 15 км, на воздушных линиях - более 30 км, при условии соблюдения ограничений на занятые участки частотного диапазона.
- **Технология самовосстановления**, при изменении топологии и выходе из строя отдельных узлов сети, позволяет сократить расходы на дополнительное оборудование для резервных каналов связи.
- **Защищенность сети NBPLC от вторжений извне** значительно выше, чем при использовании услуг операторов мобильной связи и интернет-провайдеров.
- **Время и затраты на создание сети NBPLC** соизмеримы с вариантом использования технологии передачи данных 2G,3G,4G операторов мобильной связи.

ИТОГИ

Методики и оборудование связи, предназначенные для электрических распределительных сетей 6-20 кВ, позволяют создавать сети передачи данных любой сложности, в сжатые сроки, с минимальными затратами и соответствующие требованиям защиты информации .