



КОМПЛЕКСНАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Сокращение продолжительности и объема отключений:

- быстрое определение поврежденного участка (ИКЗ, особенно – с указанием направления);
- дистанционное отключение и включение фидеров (без выезда ОВБ);
- отключение поврежденного участка в цикле АПВ

Экономия на выездах:

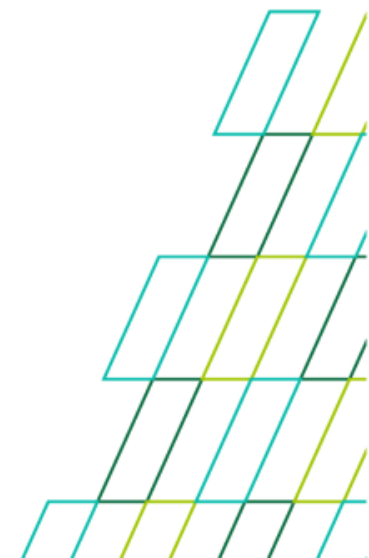
- предотвращение «холостых» выездов (ИКЗ на границе балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности);
- уменьшаем время на поиск места повреждения (ИКЗ с направлением);
- РИЦ с телеуправлением (отключение поврежденного участка в цикле АПВ + дистанционное отключение фидера диспетчером)

Предупреждение аварийных отключений:

- планирование осмотров (внеочередных?), техническое/регламентное обслуживание, ремонтов,
- обоснованное планирование замены и ремонта (РИЦ на частоповреждаемых участках, замена ОПН и т.д.)
- быстрое устранение ОЗЗ (сократить вероятность перехода к 2-фазному замыканию через землю)
- выявление негативных тенденций (увеличение угла наклона опор, вибрация проводов, ..)

Снижение технических и коммерческих потерь:

- учет электроэнергии 6(10) кВ на абонентских присоединениях – РиМ+РИЦ
- сезонное управления токоразделами на основе математической модели (реклоузеры, КОМОРСАН)



ИНДИКАТОР КРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ВЛ



- МФЗ
- ОЗЗ с **направлением**
- Синхронные измерения в 3-х фазах
- Выявление неполнофазного режима
- Связь с 2 сотовыми операторами (2 SIM-карты)
- Рабочая температура: -40 ... + 70°C
- Память по последним 50 авариям
- Автоматический возврат в режим ожидания
- Диаметр провода: 5-28/17-33/24-40 мм

ПРИМЕНЕНИЕ

- выделение кабельных участков;
- определение поврежденного участка;
- АПВ с блокировкой при КЗ на кабельном участке



БЛОК СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ (БСПИ)

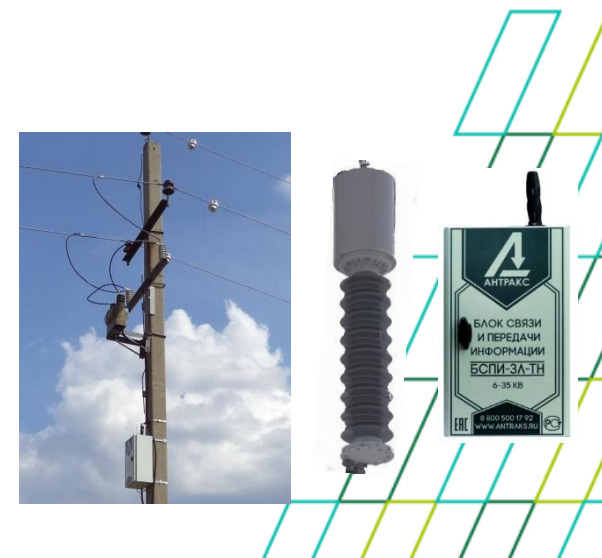
- Связь максимально с 6 комплектами ИКЗ (до 150 м)
- Акселерометр, датчик угла наклона
- Выносная антенна (опция): GSM или радиоантенна
- **Интегрирующий узел для датчиков ТП**

Автономное питание

- Интеграция в КОМОРСАН
- Питание – батарейка (5-7 лет)
- GSM-связь
- Низкая стоимость
- Связь с 2 сотовыми операторами

Питание от ВЛ

- Интеграция в SCADA
- Питание – отбор мощности от ВЛ (ОЛ или e-TOR)
- Радиосвязь до 30-50 км
- IEC 60870-5-104



РАЗВИТИЕ ИНДИКАТОРОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

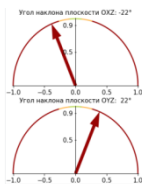
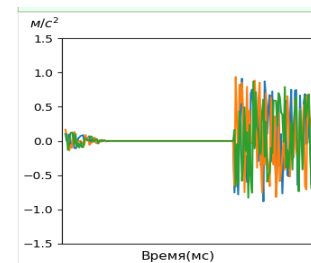


ИКЗ - ДАТЧИК ДВИЖЕНИЯ ПРОВОДА И ГЗТ

- Контроль вибрации (3-150 Гц, ± 25 мм) и пляски (0.2-1.2 Гц, ± 400 мм)
- Расчет интегральных характеристик (длительность, амплитуда и частота колебаний)
- Регистрация падения провода (обрыв, хищение)

ИКЗ - ДАТЧИК ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

- Датчик «быстрых» ОЗЗ (ВЛ-10 кВ с отключением при ОЗЗ)
- Селектор повреждений ВЛ-110 кВ (на границе зон обслуживания)
- Интеграция ИКЗ с РЗА в центре питания (блокировка АПВ при замыкании на кабельном участке КВЛ)



БСПИ - ДАТЧИК УГЛА НАКЛОНА И ВИБРАЦИИ ОПОРЫ

- Контроль угла наклона (1-2° – предупр., 2-3° – авар.)
- Контроль вибрации (от ветра, от вибрации проводов)
- Места установки: слабые грунты, деревянные опоры с большим сроком службы

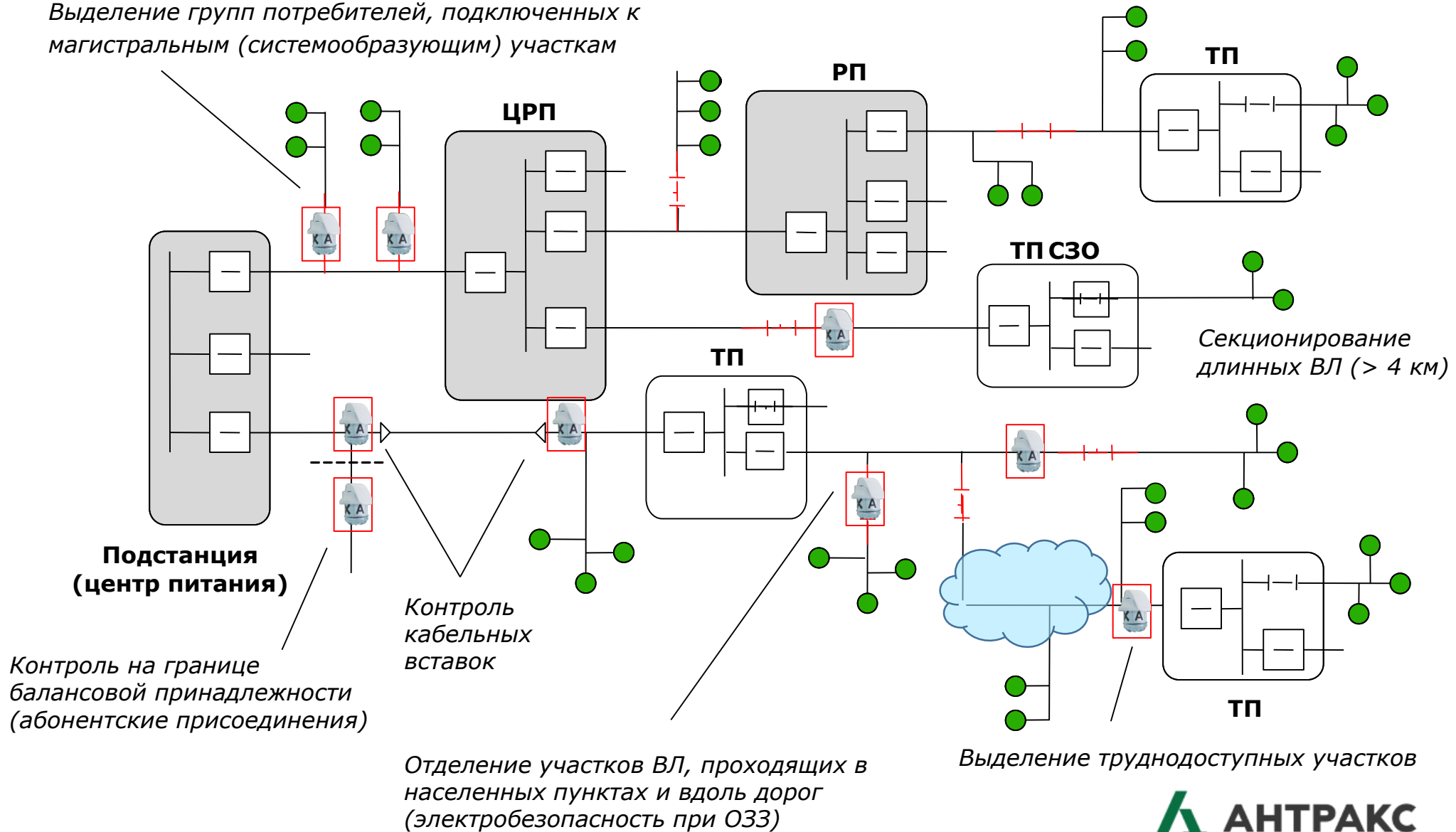


- **Расчет** износа проводов, поддерживающей арматуры, гасителей вибрации
- **Планирование** внеочередных осмотров, технического обслуживания и ремонтов, удаления растительности

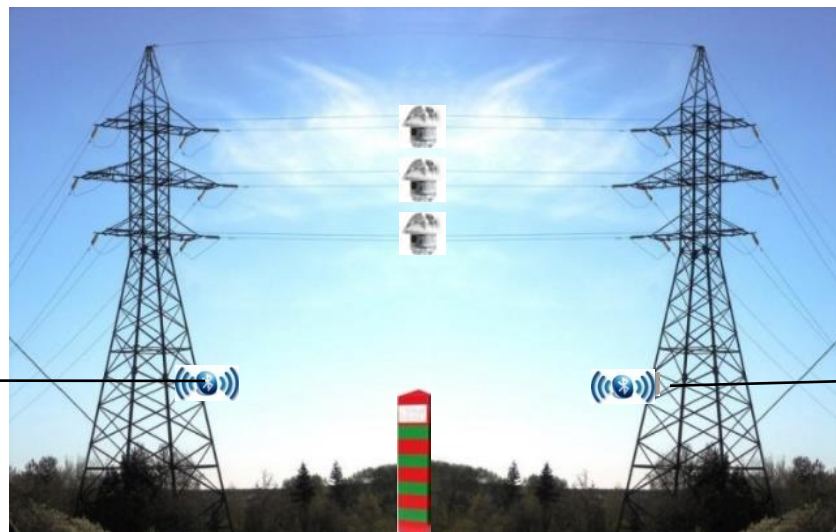


РАЗМЕЩЕНИЕ ИКЗ

Выделение групп потребителей, подключенных к магистральным (системообразующим) участкам



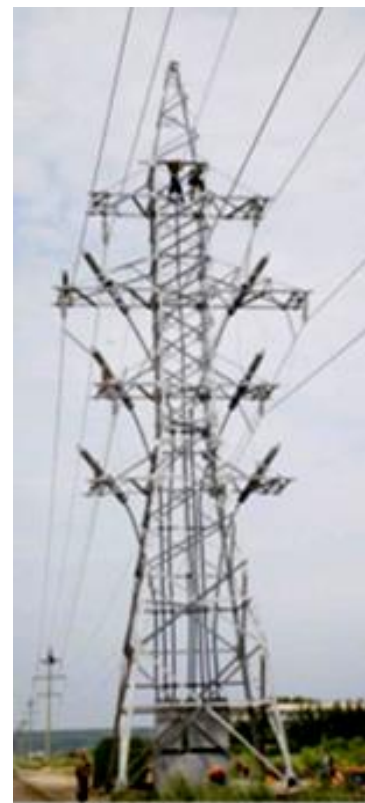
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОГО УЧАСТКА



1. Граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности

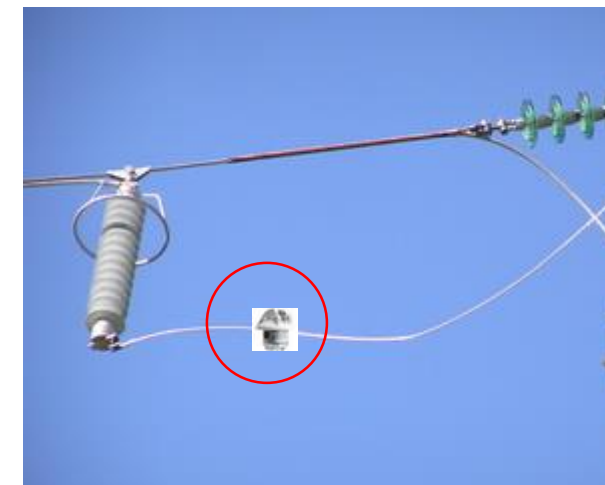
- граница между сетевыми организациями
- граница между сетевой организацией и электростанцией
- граница между сетевой организацией и потребителем
- граница между государствами (в т.ч. – ближнего зарубежья)

2. Указатель повреждения на отпайке ВЛ



3. Переходной пункт КВЛ

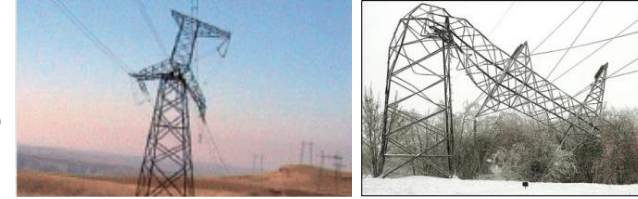
УКАЗАТЕЛЬ СРАБАТЫВАНИЯ ОПН



МОНИТОРИНГ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОПОРЕ

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ:

- ❑ По материалу опор: деревянные (10) → железобетонные (2) → металлические (1)
- ❑ По элементам ВЛ: опоры – 5...10% (тяжесть макс), провода – 50% , фундаменты – 35%
- ❑ Через 10-20 лет большая часть опор выработают по 2-3 нормативного срока службы, а массовой замены их пока не предвидится.



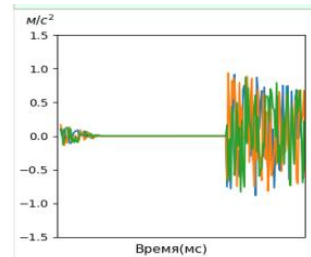
НАКЛОН:

- ❑ Причины: проблемы с опорами (умышленное или естественное повреждение), проводами (обрыв или кража), фундаментами и/или оттяжками.
- ❑ Датчик: 3-х осевой акселерометр
- ❑ Передача информации – при превышении уставки по углу:
 - предупредительная (править надо, но время есть): 1...2 град
 - аварийная (немедленная выправка): > 3 град



ВИБРАЦИЯ

- ❑ Причины: вибрация и пляска проводов, удар/наезд на опору (в основном – во время посевной), ветер (эолова вибрация)
- ❑ Места установки: опоры на слабых грунтах, ВЛ с большим сроком службы
- ❑ Передача информации – после завершения вибрации, по факту превышения уставки.

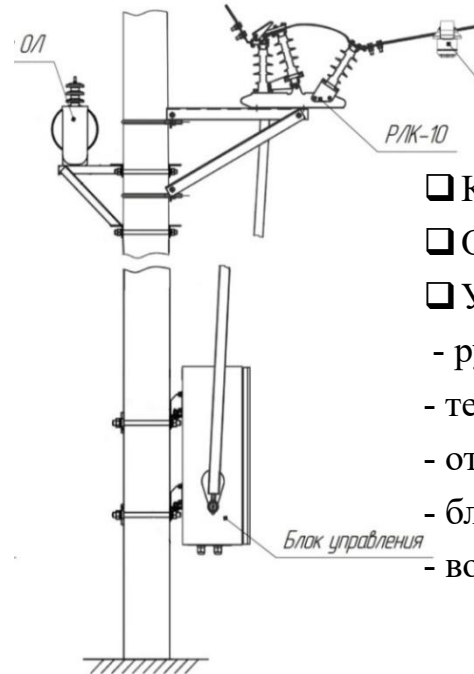
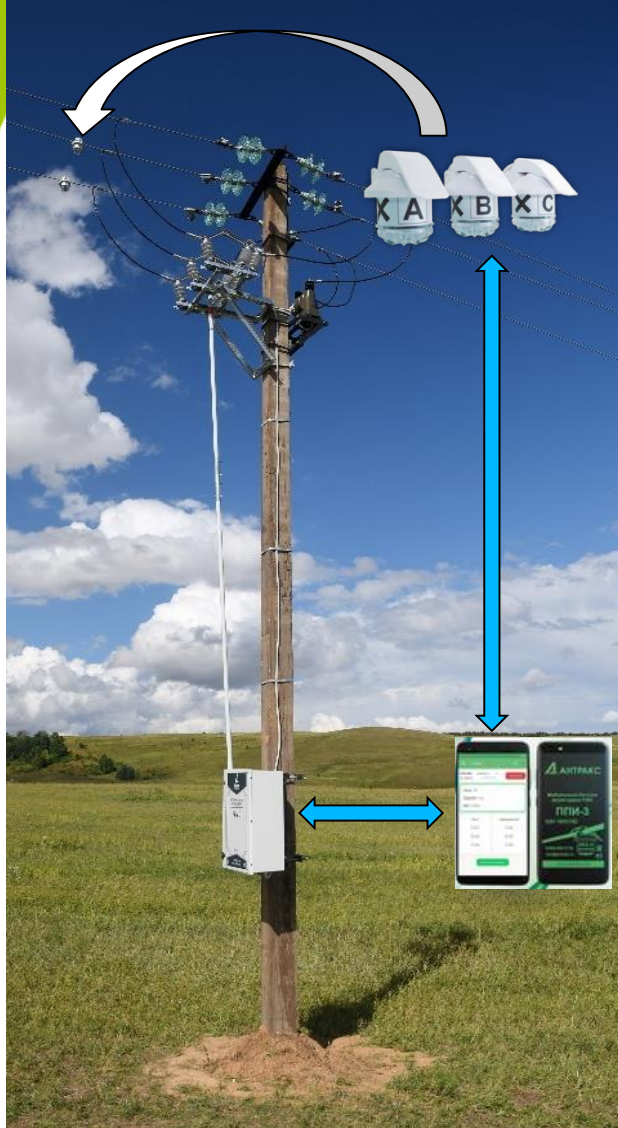


РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ:

- ❑ Заблаговременное принятие мер по предотвращению аварий (наклон и вибрация – интегральные показатели предиктивного характера)
- ❑ Уменьшение вероятности каскадного разрушения опор.



РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ

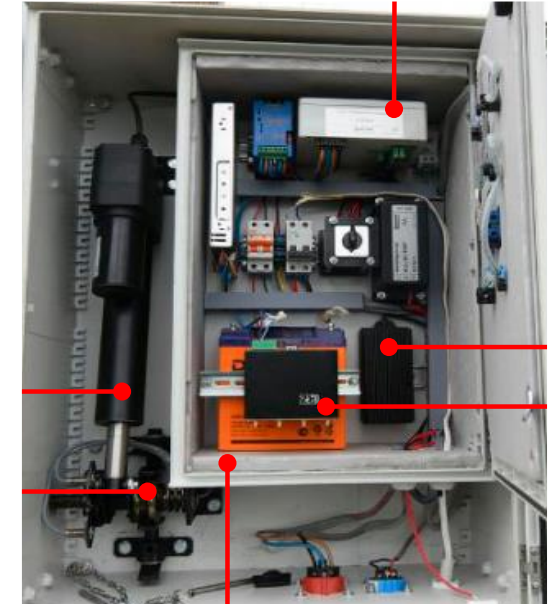


ФУНКЦИИ

- ☐ Контроль положения разъединителя и режима
- ☐ Определение МФЗ и ОЗЗ
- ☐ Управление:
 - ручное по месту (от кнопок и **вручную**)
 - телеуправление (из диспетчерского центра)
 - отключение в бестоковую паузу АПВ (FLISR)
 - блокировки по току (откл) и напряжению (вкл.)
 - возможность механической блокировки с ЗН

ПРИМЕНЕНИЕ

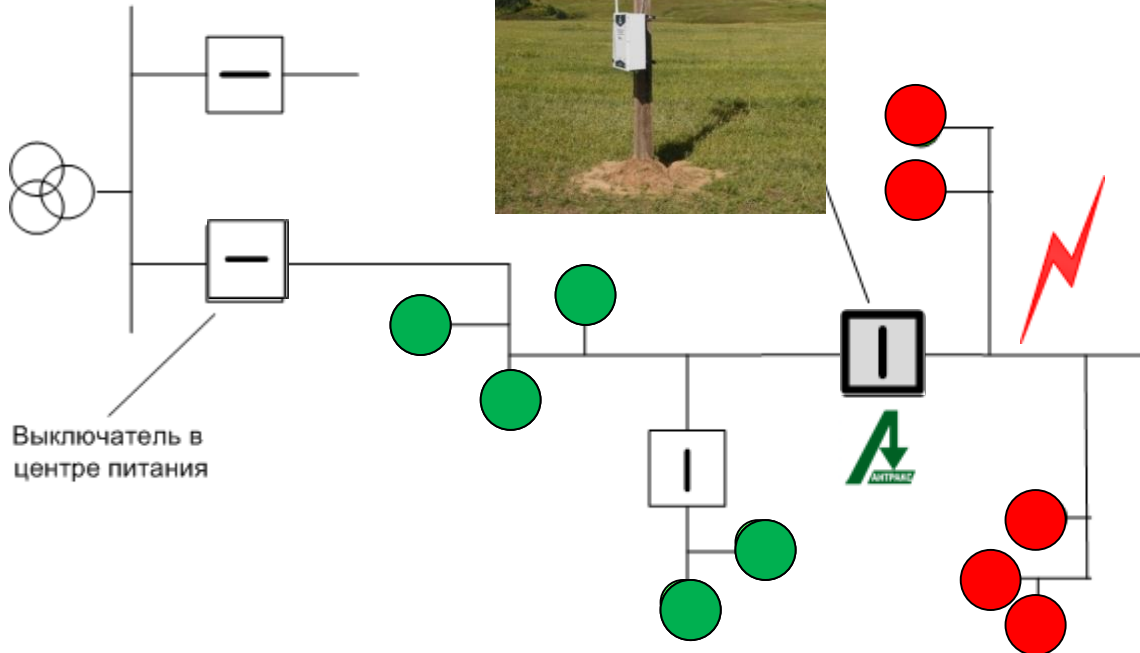
- ☐ Повышение надежности магистральных участков ВЛ:
 - секционирование магистралей с односторонним питанием;
 - отключение и секционирование длинных отпайк;
 - отключение абонентов и частоповреждаемых отпайк в цикле АПВ
- ☐ Отключение абонентских присоединений (особенно – частоповреждаемых и с длительным временем устранения повреждений).
- ☐ Селективное отключение 2 присоединений под 1 выключателем



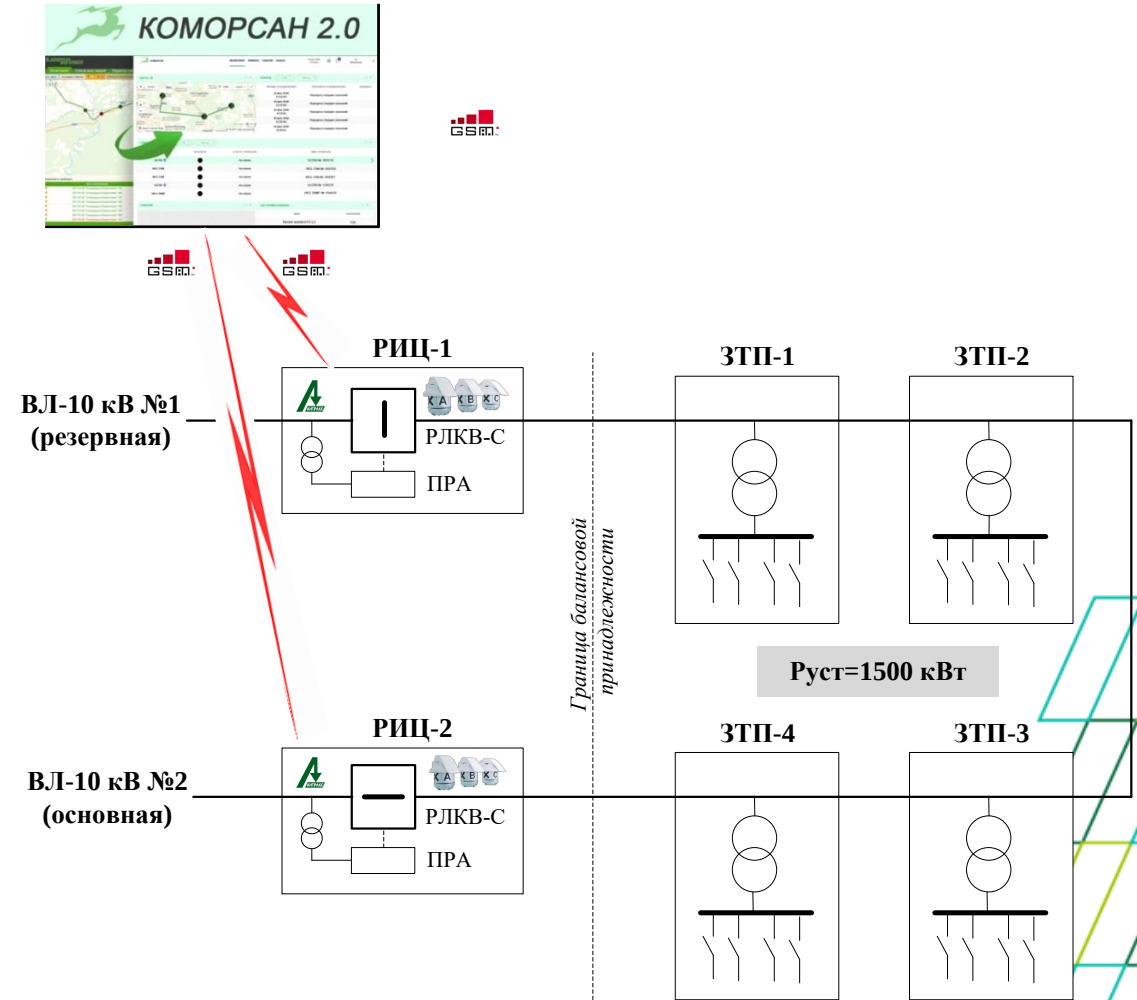
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РИЦ

Отделение поврежденного участка в цикле АПВ

Разъединитель
интеллектуальный
цифровой (РИЦ)



Сетевой АВР с погашением нагрузки



ПРИМЕНЕНИЕ РИЦ



СОКРАЩЕНИЕ КОЛ-ВА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБЕСТОЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

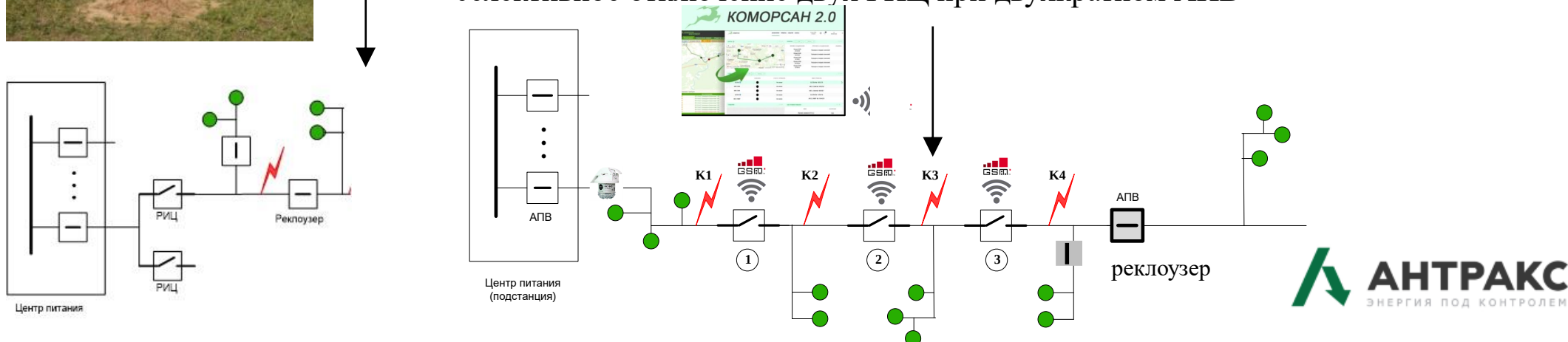
- участки с большим временем устранения повреждения (абоненты, труднодоступные участки)
- отделение частоповреждаемых участков (отпаяк) с целью повышения надежности электроснабжения магистральных участков, социально-значимых объектов

СОКРАЩЕНИЕ НЕДООТПУСКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ:

- высоконагруженные участки
- магистральные участки ли ближе к магистрали или на длинных отпайках (большое потребление, много потребителей)

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ:

- РИЦ с дополнительными комплектами ИКЗ (до 6 комп.)
- 2 ВЛ под одним выключателем
- включение с контролем синхронизма (при наличии собственной генерации)
- селективное отключение двух РИЦ при двухкратном АПВ



УСТРОЙСТВО «А-СИГНАЛ»



- ☐ Контроль текущего режима (U, I, P, Q)
- ☐ Распознавание 2-х и 3-х фазных КЗ с определением направления
- ☐ Распознавание 2-х фазных КЗ через землю с определением направления
- ☐ Распознавание ОЗЗ с определением направления
- ☐ Встроенный аварийный осциллограф и регистратор аварийных событий.
- ☐ Дистанционное управление коммутационными аппаратами
- ☐ Передача данных с использованием IEC 60870-5-104
- ☐ Регистрация амплитуды токов КЗ*
- ☐ Регистрация перенапряжений (косвенный контроль разрядников и ОПН)*
- ☐ IEC 61850*

ПЕРВИЧНЫЕ ДАТЧИКИ



Штатные ТТ и ТН (в ячейке)



Емкостные делители катушки Роговского

ИСПЫТАНИЯ (2017-2018-2019: Уфа, Казань)

- 1) Вид линии: ВЛ, КЛ, КВЛ
- 2) Направление замыкания: от шин (на линии), к шинам (на шинах)
- 3) ОЗЗ на линии под напряжением, включение линии с ОЗЗ.
- 4) Вид замыкания: 2-х и 3-х фазное КЗ (в т.ч. – через «землю»), ОЗЗ.
- 5) Режим нейтрали: изолированная, компенсированная
- 6) Режим ДГР: перекомпенсация, недокомпенсация, резонанс, отключено.



КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

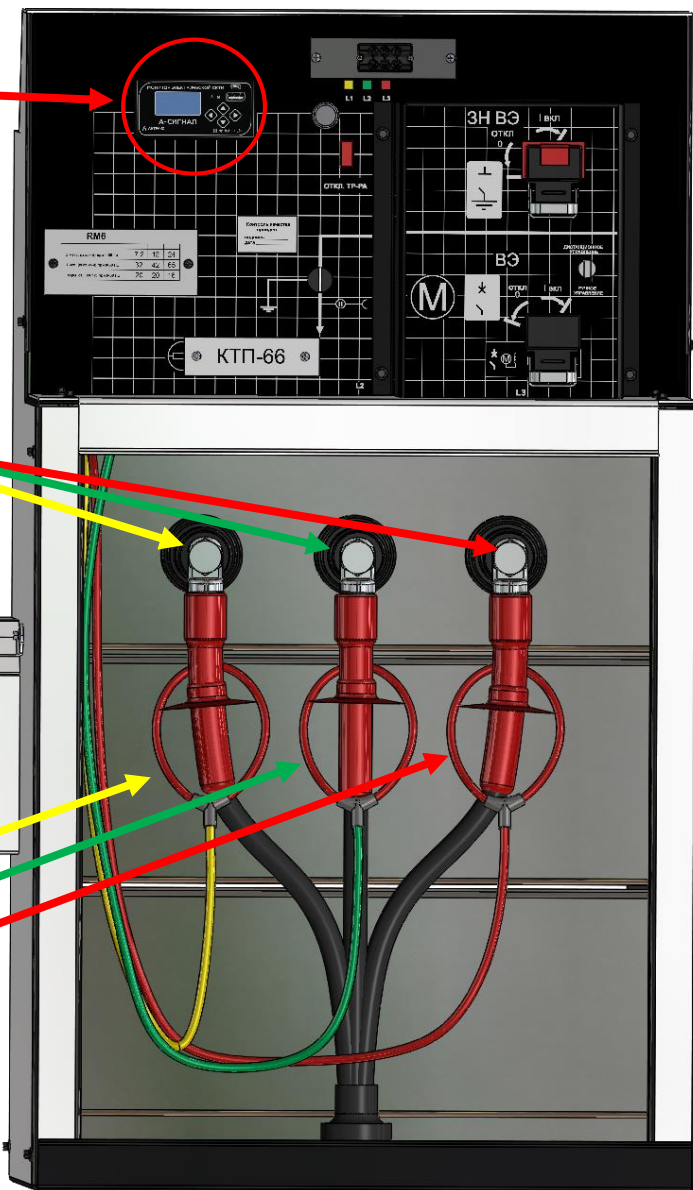
**А-сигнал**

Емкостные делители
(датчики напряжения)



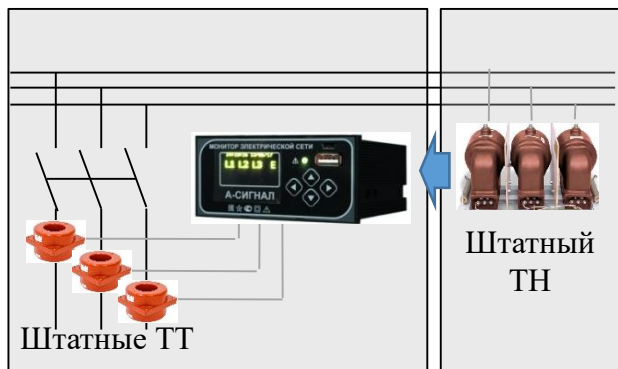
Катушки Роговского
(датчики тока):

- традиционные
(для кабелей СПЭ)
- высоковольтные
(для бумажных кабелей);
- с изолирующими вставкам
(для КРУН и РУ-35 кВ)

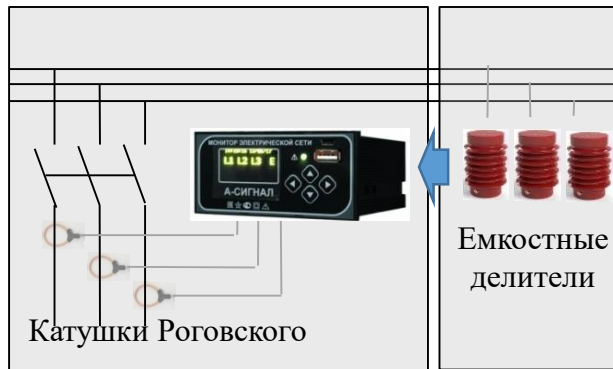
**Ячейка
RM-6****Ячейка
КРУ (КСО)****Шкаф
(настенное исполнение)**

МОДИФИКАЦИИ А-СИГНАЛ

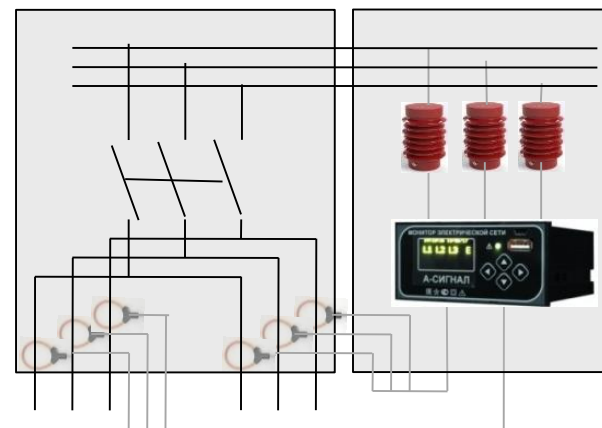
А-Сигнал



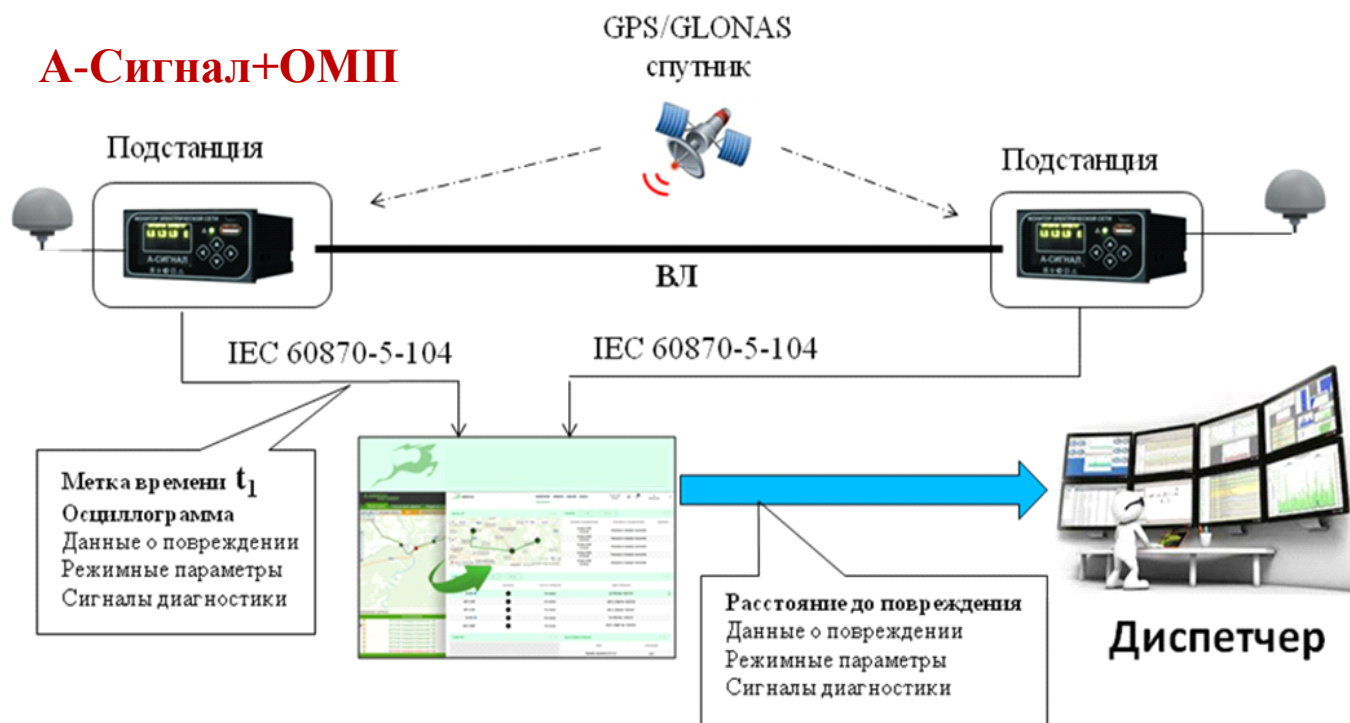
А-Сигнал+



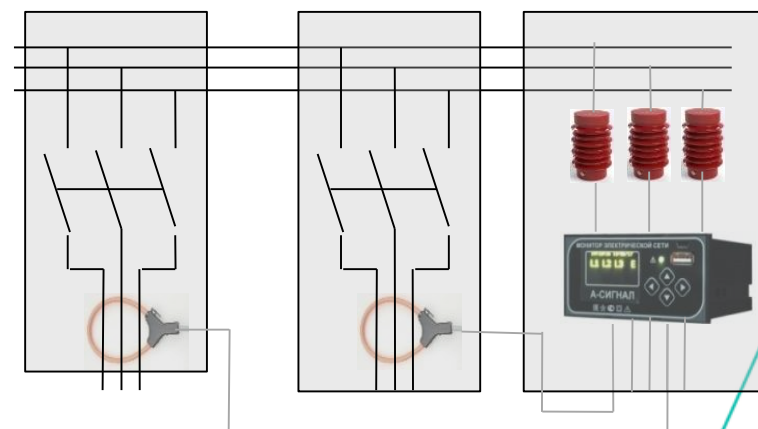
А-Сигнал+2



А-Сигнал+ОМП



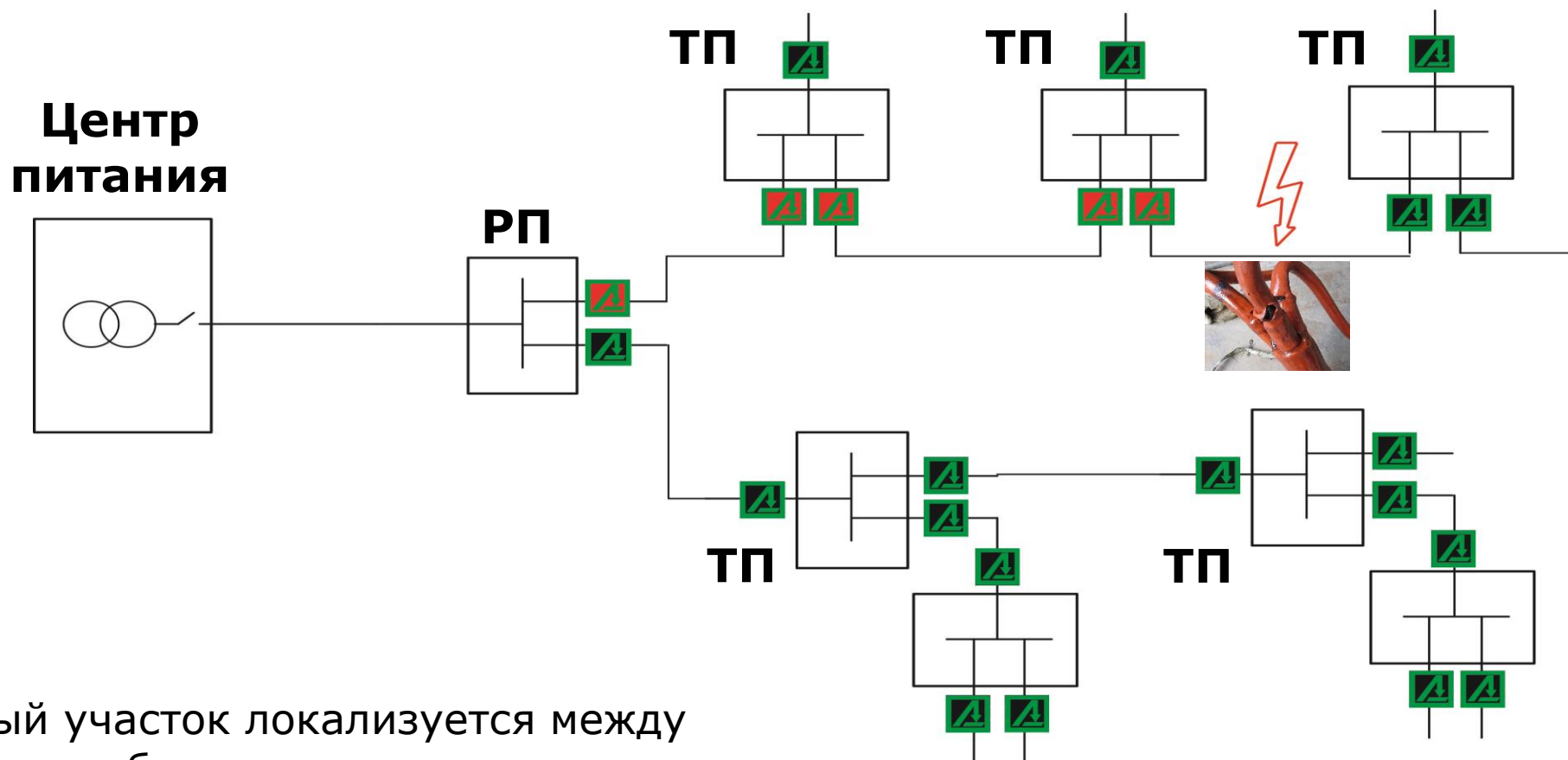
А-Сигнал+N



ИКЗ-К₃

- Назначение: определение МФЗ и ОЗЗ (без направления) в сетях с высоко и низко-омным резистивным заземлением нейтрали и глухозаземленной нейтралью.
- Индикация аварийных событий: блинкер + светодиод с разделением типа аварии.
- Ток срабатывания: ОЗЗ – 10...160 А, МФЗ – 200...2000 А (микропереключатели)
- Время срабатывания: 60...300 мс.
- Внутренняя память: 10 аварий
- Передача данных по RS-485 (протокол MODBUS) в КОМОРСАН.
- Диапазон рабочих температур: -40 ... +50 град С (неотапливаемые подстанции)

ФИКСИРОВАНИЕ АВАРИЙНОГО ПРОЦЕССА ИНДИКАТОРАМИ ИКЗ-К



Аварийный участок локализуется между последним сработавшим и первым несработавшим индикатором ИКЗ-К

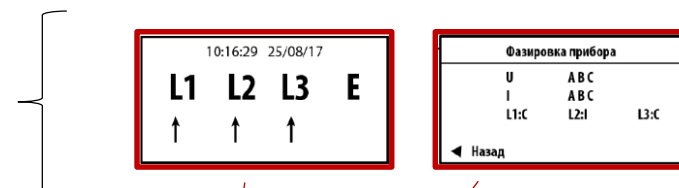
«УМНЫМ» УСТРОЙСТВАМ – «УМНОЕ» ПРИМЕНЕНИЕ

Фазировка:

- правильное размещение катушек Роговского (по фазам, на фазе);
- правильное подключение цепей напряжения (по фазам, на фазе).

Калибровка:

по щитовому вольтметру (при работе с емкостными делителями)



Выставление уставок:

Условное обозначение	Название уставки Единица измерения		Диапазон/дискретность	Значение по умолчанию
Уставки	Уставка тока срабатывания при КЗ $I_{>>}, A$		10-2000 A	500
	Уставка срабатывания на бросок тока при КЗ, $I_{диф}>>, A$		10-2000 A	500
	Уставка по $3U_0, U_{e>}, V$		0-30	30
	Время фиксации КЗ, $t_{>>}, сек$		0,1-10	0,1
	Время фиксации ОЗЗ, $t_{e>}, сек$		0,1-10	5
Связь	RS-485	USB Modbus		
	Чётность	Чётность	нет/чёт/нечёт	Нет
	Режим	Режим	ASCII/RTU	RTU
	Стоп-бит	Стоп-бит	1/2	1
	адрес	адрес	0-254	7
	скорость	скорость	2400-115200	9600
Дата и время	Время по GPS		Вкл/Выкл	Выкл
	Часовой пояс		Текущее значение	+03
	Дата		Текущее значение	Текущее значение
	Время		00:00:00 - 23:59:59	Текущее значение
Язык	Язык		Русский/English	Русский



СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА

SCADA/ADMS



КОМОРСАН



- + отображение информации от ИКЗ
- + удаленное параметрирование (обновление ПО)
- + автоопределение поврежденного участка
- + мониторинг токов КЗ и перенапряжений
- + предотвращение отключений (предиктивная диагностика для внеочередных осмотров и планирования ТОиР)

IEC 60870-5-104
(IEC 61850)



Modbus



RS-485, Modbus RTU

Питающие центры, ЦРП, РП, ТП

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

РЕКЛОУЗЕРЫ + РИЦ:



РЕКЛОУЗЕР:

- перенос точки нормального токораздела;
- «вынесенный» АПВ (при отсутствии АПВ в центре питания);

FLISR - Fault Location, Isolation and Supply Restoration



Минимальная продолжительность отключений:

- ✓ Для потребителей, расположенных на неповрежденных участках, время обесточения < 30 сек (время АПВ или время работы FLISR)



Минимальное число потребителей, отключаемых на время ремонта:

- ✓ Отключаются только потребители на поврежденном участке



Радикальное улучшение SAIDI (средняя продолжительность обесточения):

- ✓ Величина SAIDI уменьшается в несколько раз.



Сокращение недоотпуска электроэнергии:

- ✓ Недоотпуск уменьшается в несколько раз



Повышение надежности электроснабжения:

- ✓ Все операции выполняются автоматически, исключается влияние «человеческого» фактора

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Простая реализация:

- ✓ Простота настройки
- ✓ Не требуется переналадка при переходе на ремонтные схемы
- ✓ Работают с любыми РЗА в центрах питания (электромеханика, микроэлектроника)
- ✓ Не требуется установка объектового контроллера
- ✓ Не требуются новые каналы связи (используется имеющаяся GSM-связь)

Удобная эксплуатации:

- ✓ Простота настройки
- ✓ Не требуется переналадка при переходе на ремонтные схемы
- ✓ Переключения выполняются автоматически (в т.ч. – в цикле АПВ), выбор коммутируемых аппаратов и порядка их переключения выполняет «искусственный интеллект» (теория графов)
- ✓ Режимы функционирования: «Автоматический», «Советчик диспетчера», «тренажер»

Исключение аварийных ситуаций:

- ✓ Блокировки между коммутационными аппаратами на соседних ТП
- ✓ Блокировки при неисправности приборов и каналов связи
- ✓ Контроль за ходом переключений (время выполнения операций, результат операций, отсутствие перегрузок, величина напряжения)

FLISR (Fault Location, Isolation and Supply Restoration)

Кабельные линии

А-Сигнал



Воздушные линии

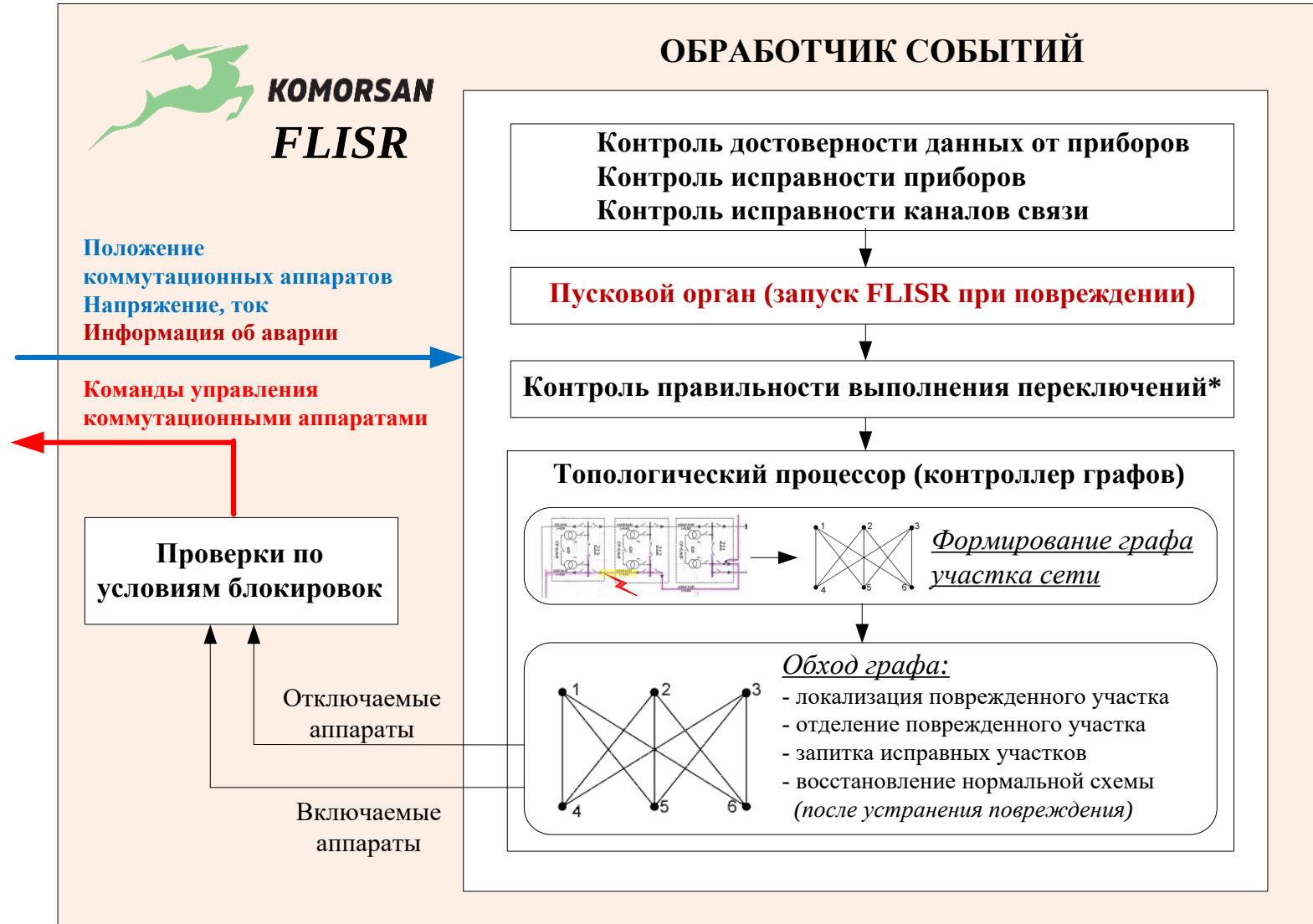
ИКЗ-В



РИЦ

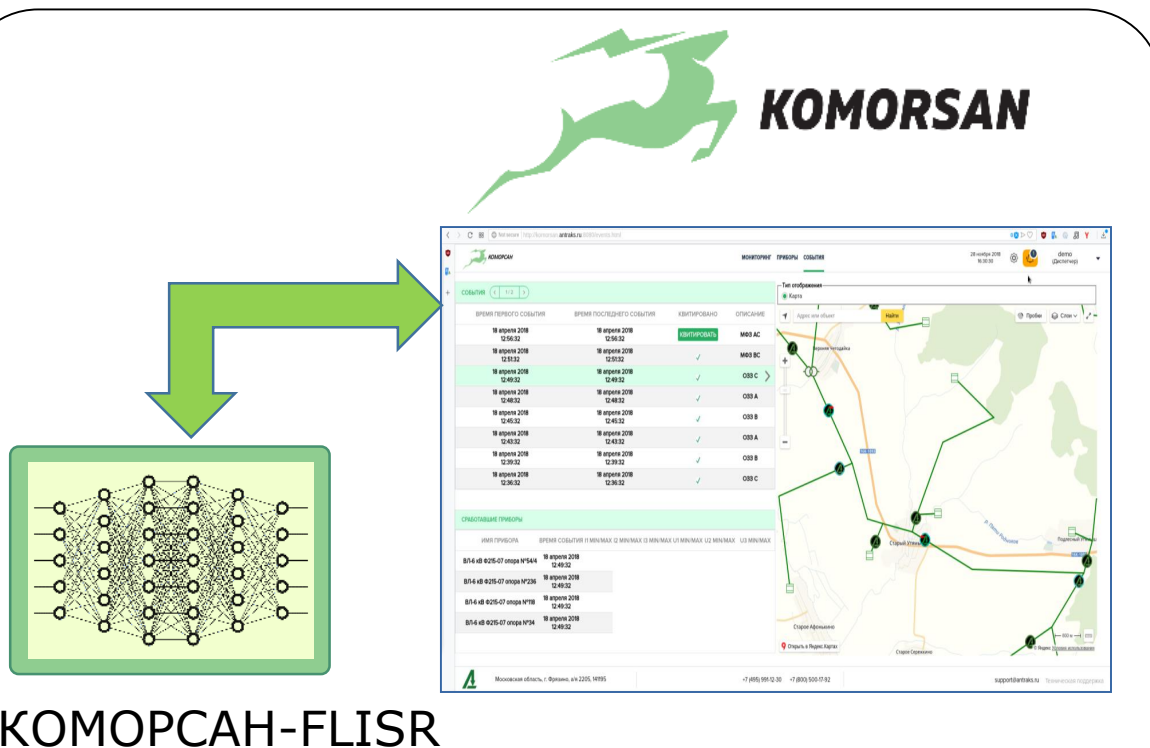


Реклоузер

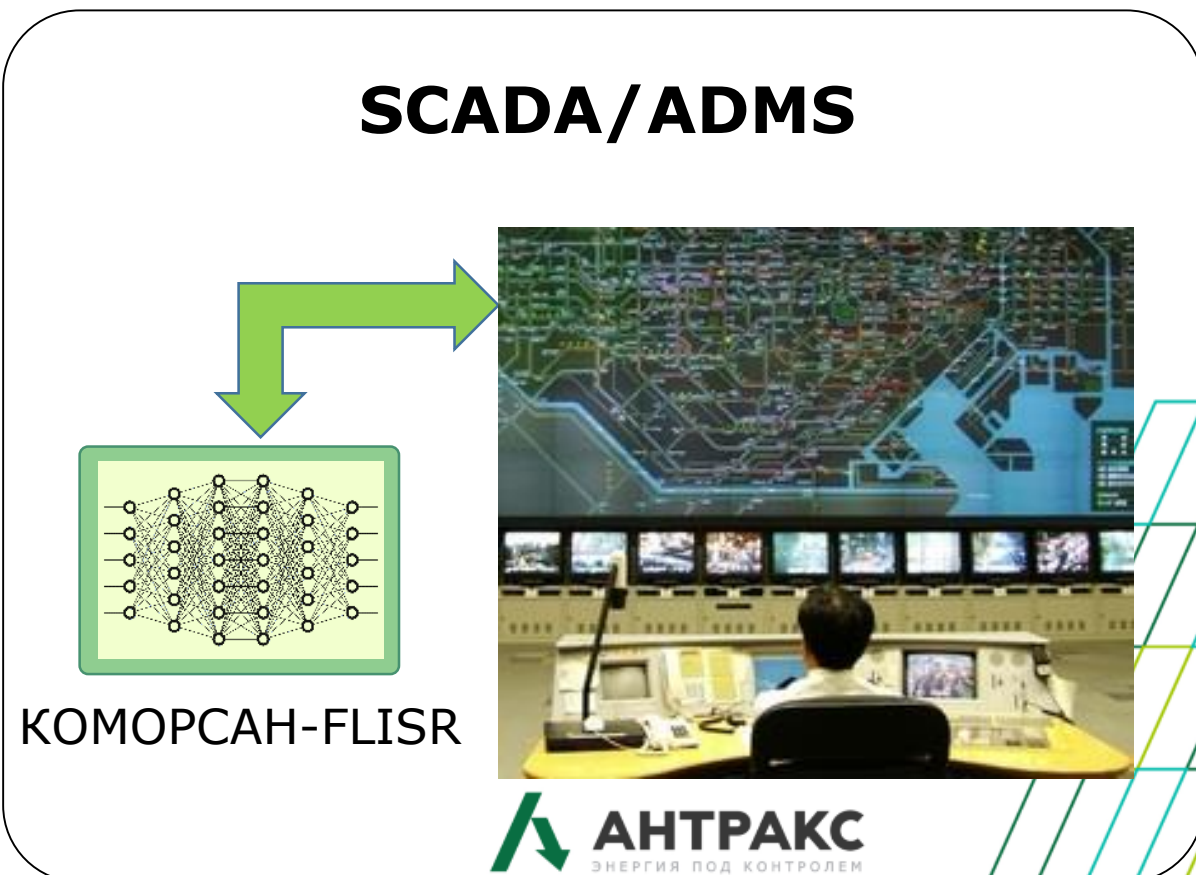


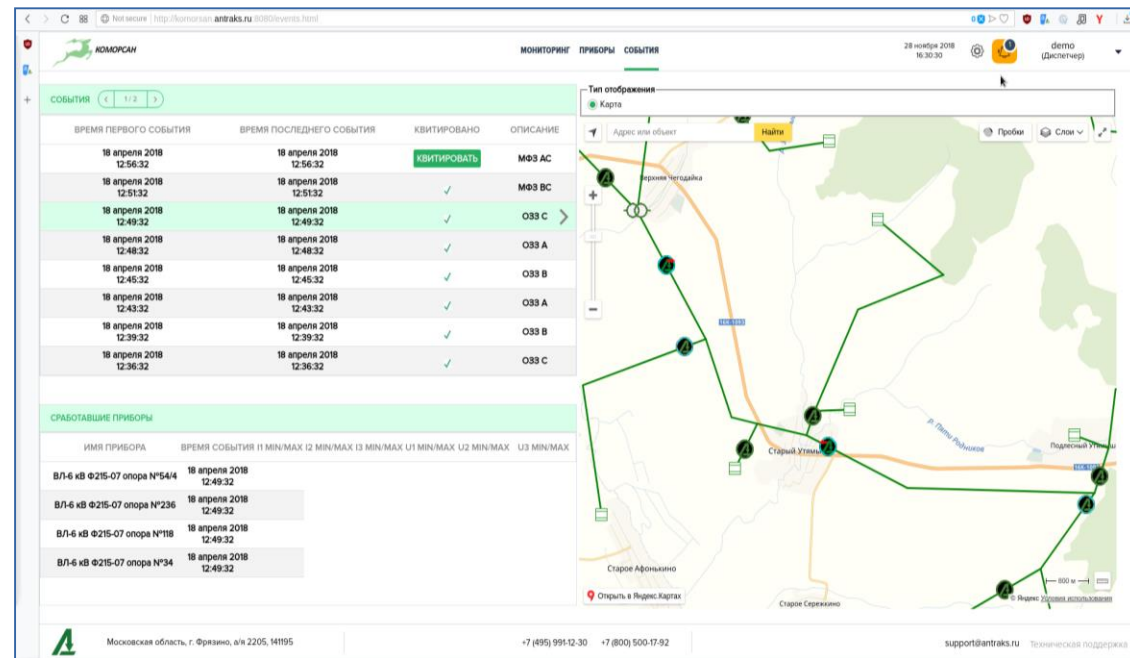
ВАРИАНТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ FLISR-МОДУЛЯ

Модуль КОМОРСАН-FLISR в составе ПО «КОМОРСАН»



Модуль КОМОРСАН-FLISR в составе SCADA/ADMS





1) Автоопределение поврежденного участка (может быть реализована как модуль в составе ADMS Заказчика).

- сезонная оптимизация положения РПН (КОМОРСАН + УП-200 + контроль напряжения А-Сигнал)

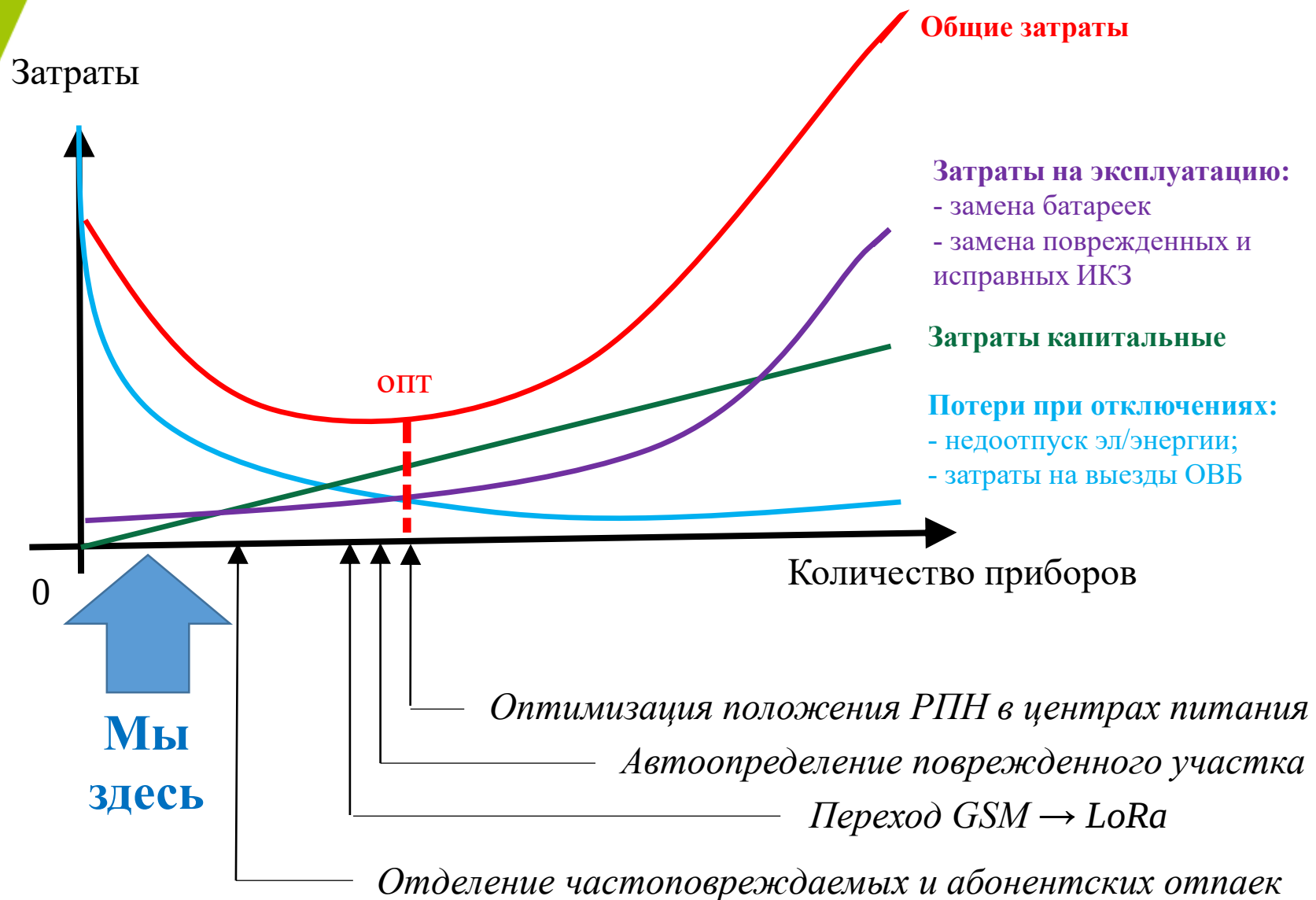
- техническое обслуживание электрооборудования;

- статистика повреждений по участкам ВЛ:

- выделение частоповреждаемых участков (частота с ранжированием по частоте, доступности и длительности отключений (рекомендации по установке ИКЗ и РИЦ)

- повышение обоснованности при составлении программ модернизации сетей

«ЛИНИЯ ЖИЗНИ» ПРОЦЕССА ЦИФРОВИЗАЦИИ



Только комплексный подход к выбору, расстановке и применению цифровых решений обеспечивает высокую эффективность при минимуме затрат

Спасибо за внимание!