

ПРОЕКТ

ПРОГНОЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

**X Международная научно-техническая конференция
«Развитие и повышение надежности распределительных электрических сетей»
г. Москва, 01-03 июля 2025 г.**

**Генеральный директор ООО НПП «Прорыв», д.т.н.,
Тухас Вячеслав Анатольевич
т. 8(800) 505 98 02
chief@proryvnpp.ru**

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Устройства защиты и автоматики должны **максимально быстро прервать** уже наступившие аварийные ситуации, в то же время ущерб несет само отключение оборудования и прерывание технологических процессов. Этот ущерб можно избежать, если прогнозировать наступление аварийной ситуации.

Для прогноза уязвимостей энергетической инфраструктуры предлагается технология с использованием средств измерения показателей качества электроэнергии с искусственной нейронной сетью (ИНС).

Основной принцип работы ИНС:

Отслеживание электроэнергетических параметров сети и выявление аномалий в потреблении электроэнергии.

ЭВОЛЮЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ТИПА «ПРОРЫВ»



Прорыв – Альфа

Измерение свыше 1250 параметров.
Обработка измерений искусственной нейронной сетью, web – сервер
Выпуск с 2022 – по наст. время

Прорыв-КЭ

Измерение 4-х параметров.
Выпуск 2003-2005 г.



Прорыв-КЭ

Измерение до 140 параметров.
Выпуск 2006-2014 г.



Прорыв-КЭ-А Прорыв-Т-А

Измерение до 1250 параметров.
Выпуск с 2014 – по наст. время



ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Интеллектуальное средство измерения (ИСИ) «Прорыв-Альфа» содержит встроенный алгоритм ИНС. Измерения и обработка данных производится в режиме реального времени в самом приборе. «Электроэнергетический портрет» энергосистемы формируется **автоматически в виде кластеров - групп текущих параметров, сформированных ИНС** по определенным признакам.

Предвестники событий изменяют этот «электроэнергетический портрет», что служит основанием для принятия превентивных мер до возникновения внештатных ситуаций.

ФУНКЦИОНАЛ ИСИ «Прорыв-Альфа»

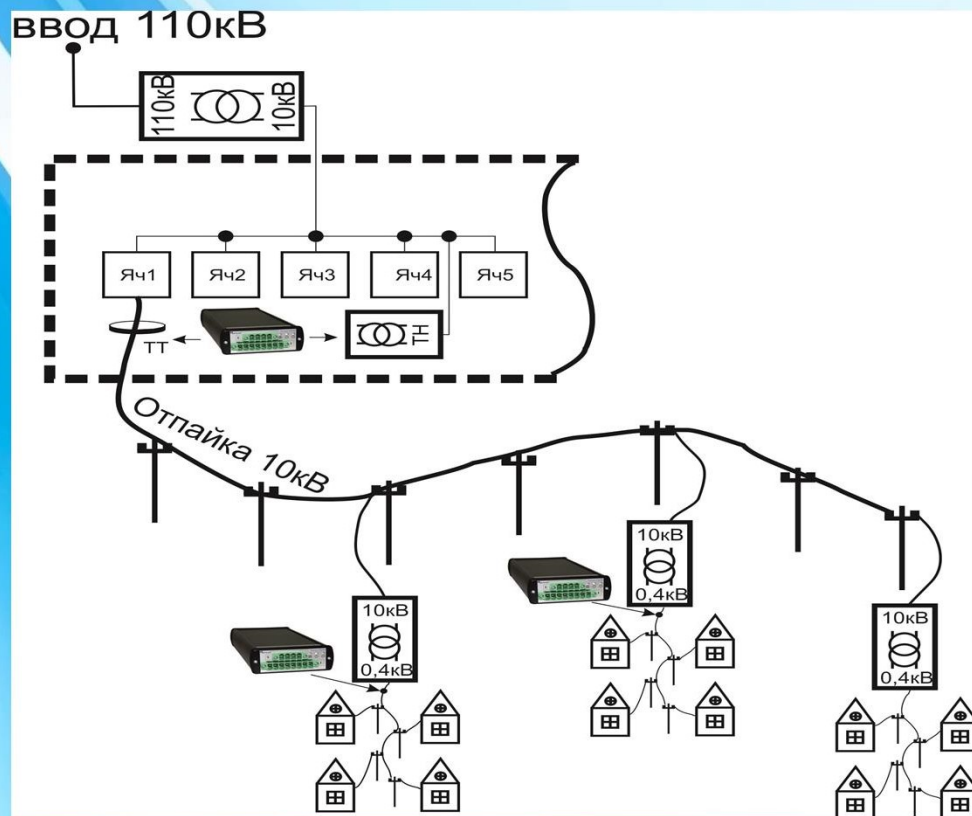
- Измерения показателей качества электроэнергии: ГОСТ IEC 61000.4.30-2017 класс А, ГОСТ 32144–2013, ГОСТ 33073–2014;
- фиксация случайных событий: провалы, пропадания, импульсные помехи, SAIDI/SAIFI;
- регистрация алгоритмом ИНС предвестников событий в режиме реального времени - «ЗДЕСЬ И СЕЙЧАС»
- нет потери данных при временном отсутствии соединения;
- перенастройка алгоритма ИНС на прогноз других уязвимостей;
- встроенный web-сервер позволяет получать данные по сети интернет, весь массив данных сохраняется и доступен, если нужен дальнейший анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЭ В КАРЕЛЬСКОМ ФИЛИАЛЕ ПАО «РОССЕТИ СЕВЕРО-ЗАПАД»

Выбор приоритетной задачи

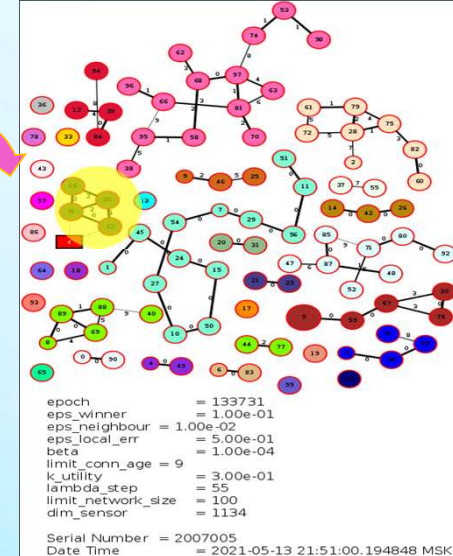
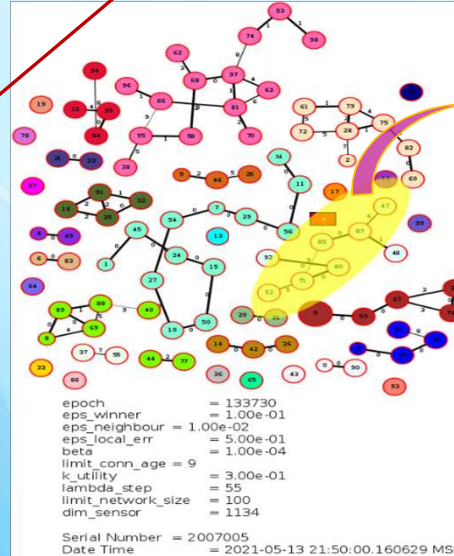
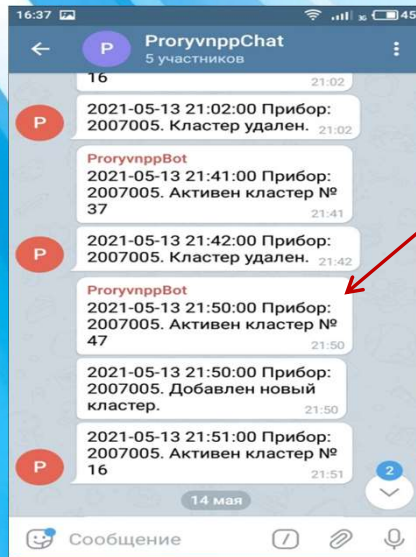
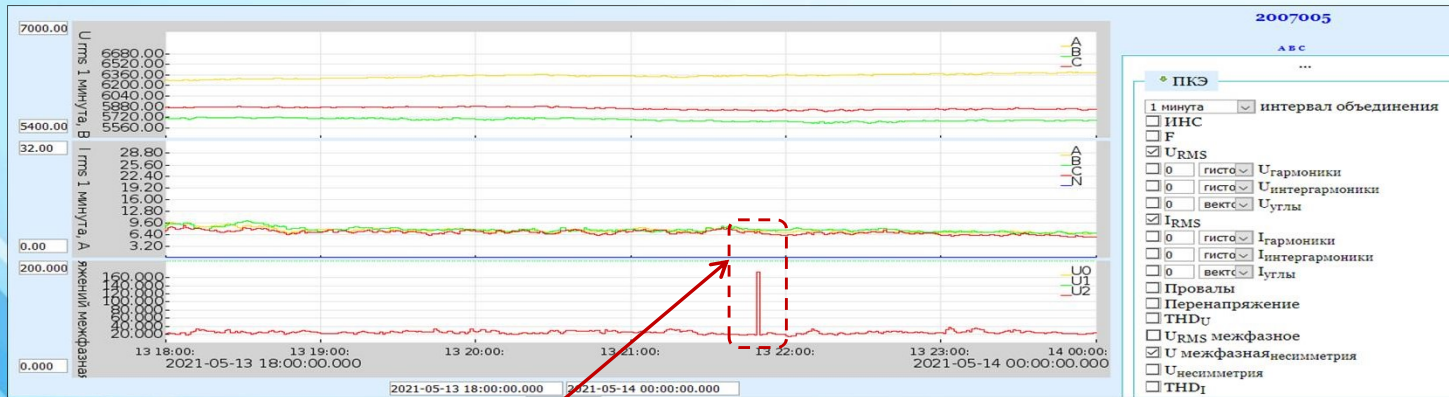
Основанием для выбора приоритетной задачи прогноза послужила статистика повреждений: 70 – 75 % от всех случаев повреждений в сетях 6 – 35 кВ это повреждения - замыкания «на землю».

Установка приборов и организация каналов передачи данных.



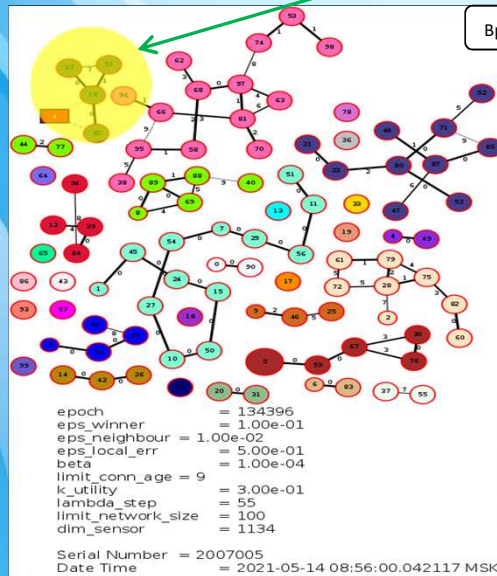
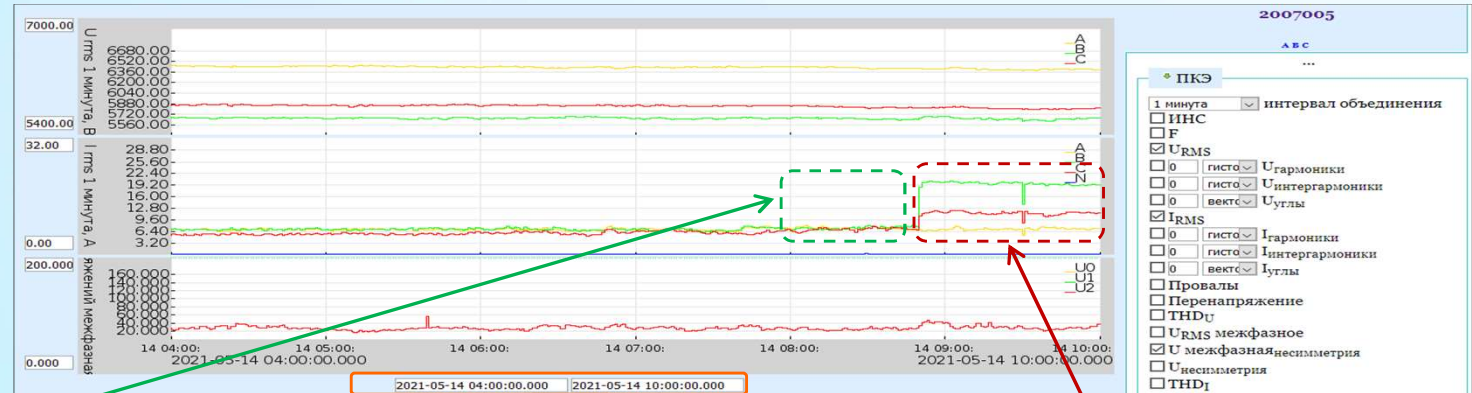
Пункт контроля 0,4 кВ (заземленная нейтраль)	Пункт контроля 10 кВ (изолированная нейтраль)
Ведлозеро ТП-49, 0,4кВ	Ведлозеро ПС-39, яч. 4, 6/10кВ
Кончезеро -Чула ТП-3422, 0,4кВ	Березовка ПС-63, яч. 3, 6/10кВ
Пертозеро ТП-188, 0,4кВ	
Санаторий Кивач ТП-197, 0,4кВ	

Сообщение о ПРЕДВЕСТНИКЕ события «земля в сети» за 11 часов до события

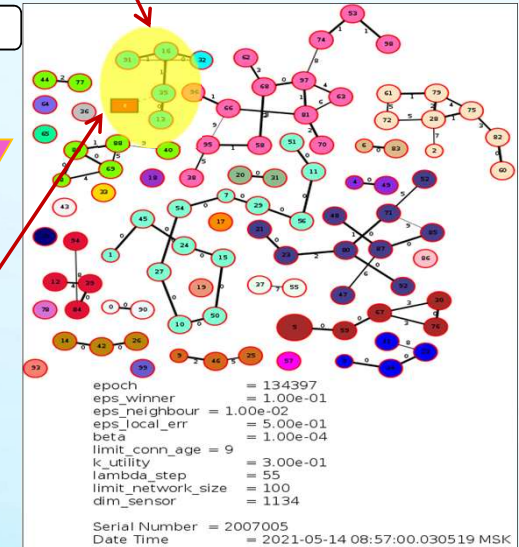
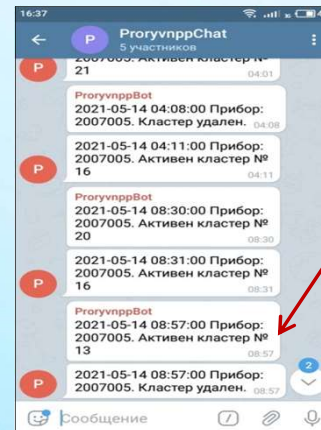


Пример оповещения диспетчера о самом событии «земля в сети»

Пункт контроля: подстанция ПС-63, измерение 10 кВ,
Прибор: «Прорыв-Альфа» зав. № 2007005
Событие : 14/05/2021 08:50 на ВЛ 10 кВ Л-63-3 Возможное событие «Земля в сети»
Даты и время событий: 14/05/2021 08:50



Временной интервал с 04:00:00 14/05/2021 по 10:00:00 14/05/2021



ПРОЦЕДУРА РАНЖИРОВАНИЯ ПУНКТОВ КОНТРОЛЯ

- Фиксация предвестников событий сбоя энергосистемы
- Ранжирование пунктов контроля по числу предвестников
- Упреждающее обслуживание пунктов контроля с высоким риском аварий

Пункты контроля (ПК)	Число событий	Ранжирование ПК	
		риск аварии	на контроле
Пертозеро ТП-188, 0,4кВ	26	1	
Санаторий Кивач ТП-197, 0,4кВ	8	2	
Кончезеро -Чупа ТП-3422, 0,4кВ	7	3	
Ведлозеро ТП-49, 0,4кВ	5	4	
Березовка ПС-63, яч. 3, 6/10кВ	2	5	
Ведлозеро ПС-39, яч. 4, 6/10кВ	0	6	

ВАЛИДАЦИЯ (ПРОВЕРКА РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИИ)

ИНС предсказывала события, подтверждаемые диспетчерами, а также те события, которые не попадали в журналы оперативно-диспетчерской службы, но отражались временными графиками.

Валидация технологии обеспечивается возможностью в режиме реального времени **сравнить/сопоставить три независимых канала обработки данных:**

- текущие измеренные ПКЭ, представленные в виде временных графиков и
- результатов независимой обработки этих же данных алгоритмом ИНС, а также
- случайные события (провалы, перенапряжения, быстрые изменения напряжения (RVC), импульсные помехи).

НАСТРОЙКА НА ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ



ИСИ «Прорыв-Альфа» поставляется заказчику с уже предустановленным типовым решением «земля в сети».

Корректировка заводских настроек для выявления других аномалий выполняется по следующему алгоритму:

1. Выгрузка архивов на эмулятор ПК

2. Обработка архивов на эмуляторе ПК



4. Загрузка настроек в ИСИ «Прорыв-Альфа»

3. Настройка на типовое решение

ДРУГИЕ ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ИСИ «ПРОРЫВ-АЛЬФА»

ИСИ «Прорыв-Альфа» является интеллектуальной платформой – есть возможность добавления для обработки ИНС измерений с других средств измерений и датчиков внешних условий.

Выявление и локализация незаконного присоединения и хищения электрической энергии (майнинг)

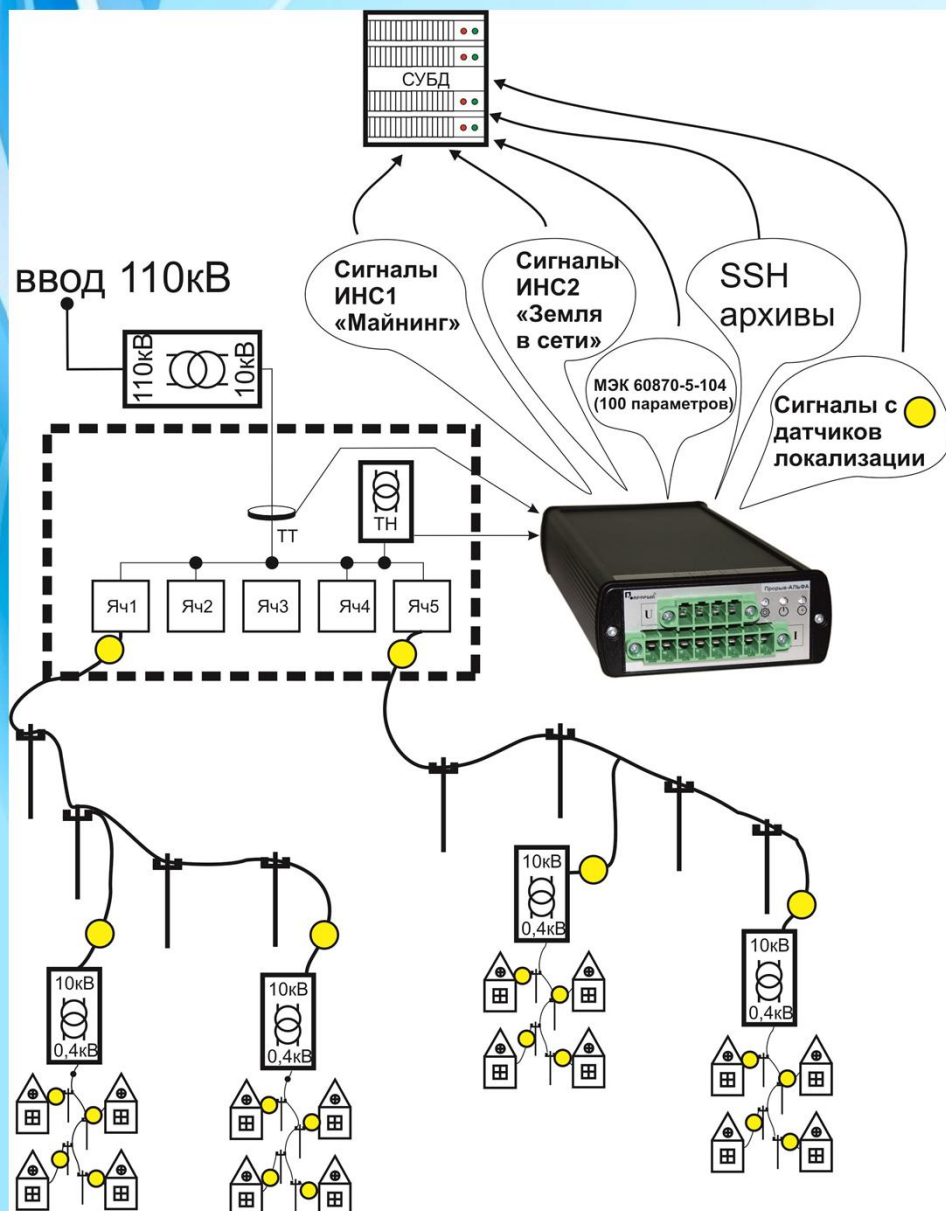


Локализация событий:
- обрывы линий
- замыкание на землю

АЛГОРИТМ ЛОКАЛИЗАЦИИ СОБЫТИЙ

Для локализации места аварии используется сеть датчиков

Датчик локализации - индикатор изменения электроэнергетических параметров



В ИСИ «Прорыв-Альфа» данные от датчиков локализации поступают по средствам:

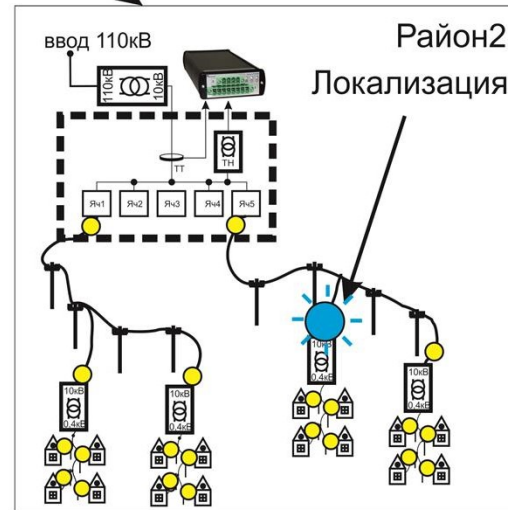
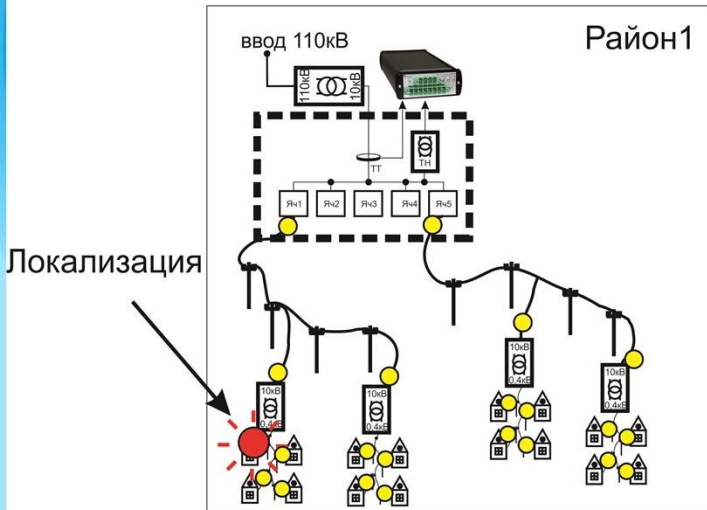
- 1) Проводной **Ethernet** (при наличии кабельного присоединения)
- 2) **GSM** связь (при наличии зоны покрытия)
- 3) По технологии **LoRa** (радиус до 10 км), согласно **ГОСТ Р 71168-2023**




На пульт диспетчера в СУБД ИСИ «Прорыв-Альфа» передает:

- 1) 100 параметров по МЭК 60870-5-104
- 2) Архивы данных по протоколу SSH
- 3) Сигналы от ИНС, настроенной на поиск событий «Майнинг» и «Земля в сети»
- 4) Данные с датчиков локализации



Пульт диспетчера



-  - датчики локализации
-  - сработавшие датчики локализации
-  - сработавшие датчики локализации

При получении сигнала от ИНС на пульт СУБД диспетчер открывает карту расположения датчиков и по сигналам с датчиков локализует место аварии

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В СЕТЕВЫХ КОМПАНИЯХ

- 1. Системы входного контроля ПКЭ**, фиксации, анализа и прогноза случайных событий на границах филиала ДЗО, ПО ДЗО;
- 2. Пункты контроля:**
 - с электроснабжением социально-значимых объектов;
 - электроснабжения энергоемких потребителей;
 - с риском превышения нормированных значений SAIDI / SAIFI.

С учетом целевых ориентиров стратегии цифровой трансформации - снизить SAIDI на 50%, оценка экономической эффективности при расчетной цене прибора 500 т. р. дает период окупаемости менее 5 лет, если время отключений на линию превышает 40 часов.

ВЫВОДЫ:

1. Доказана эффективность технологии - спрогнозированы события «земля в сети» **от нескольких часов до нескольких дней до их возникновения.**
2. Создана **процедура упреждающего оповещения диспетчера** как о **предвестниках** так и о **самих** уязвимостях энергосети.
3. Технология демонстрирует **возможности достоверного прогноза** нарушений в работе оборудования **для событий с кумулятивным эффектом** – постепенным накоплением негативных факторов с последующим «взрывным эффектом», таких как **электрический пробой** (воздушный, диэлектрика, поверхностный, в жидкости и т.д.) .
4. Универсальность технологии позволяет включать в рассмотрение новые факторы и масштабировать технологию.

Научная новизна

На программном уровне создано программное обеспечение, **автоматически без участия человека** формирующее «электроэнергетический портрет» энергосистемы в пункте контроля с **прогнозом нарушений в работе энергосистемы.**

На аппаратном уровне создано новое поколение СИ ПКЭ со встроенной ИНС с тремя независимыми каналами обработки электроэнергетических данных с пунктов контроля:

- измерение/регистрация/представление в виде временных графиков,
- фиксация случайных событий, в том числе, импульсных помехи и
- **обработка электроэнергетических величин алгоритмом ИНС с прогнозом событий.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

185035, Республика Карелия,
г. Петрозаводск, ул. Андропова,
10

Основной: 8 (8142) 55-93-80,
8 (800) 505-98-02

Тех. отдел: 8 (8142) 55-93-90

E-mail: info@proryvnpp.ru

web: proryvnpp.ru

