

Снижение эксплуатационных расходов ВЛ.

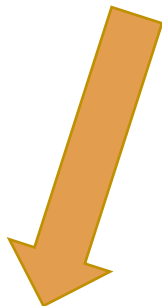
Он-лайн мониторинг состояния изоляторов.

Наблюдение за фактическим поведением  
изоляторов – это *стало видно!!!!!!*



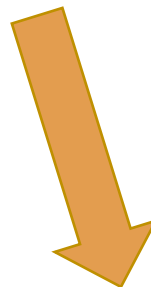
## Надежность электро-снабжения

Позволяет снизить затраты на устранение технологических нарушений



## Безошибочность

Исключает ошибки при проектировании и строительстве



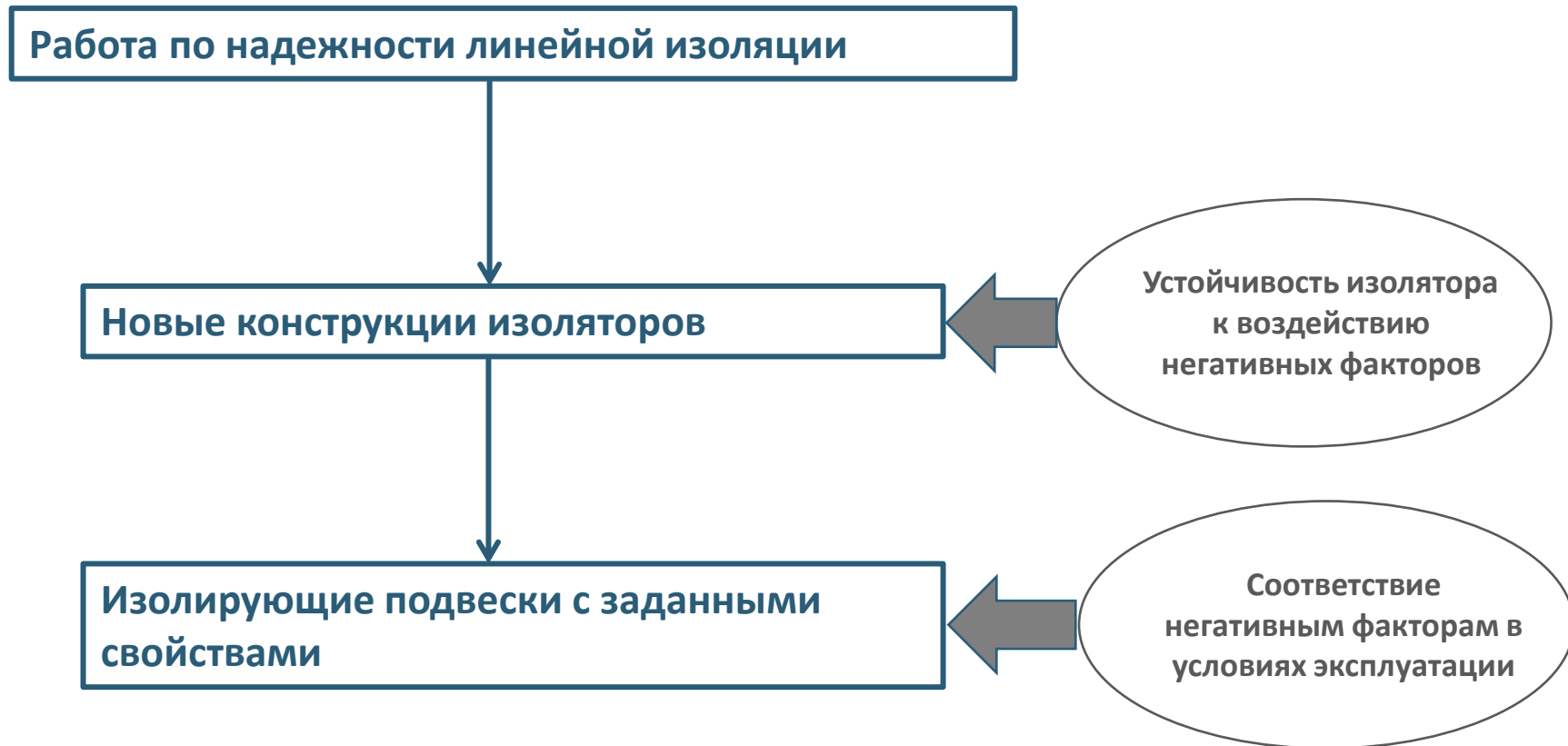
## Энергоэффективность и потери

Позволяет снизить затраты на потери э/э



## Мониторинг состояния ВЛ

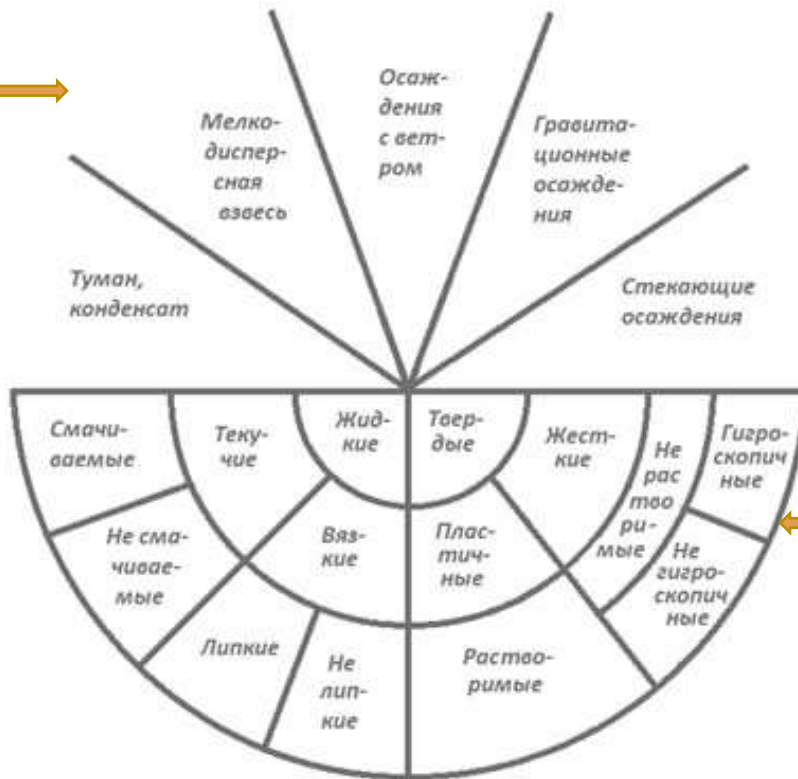
Позволяет контролировать состояние ВЛ и оценивать его для обоснованного ТОиР по «фактическому состоянию»



Мониторинг изоляции позволяет инструментально получать подтверждение эффективности разработанных решений



Виды →

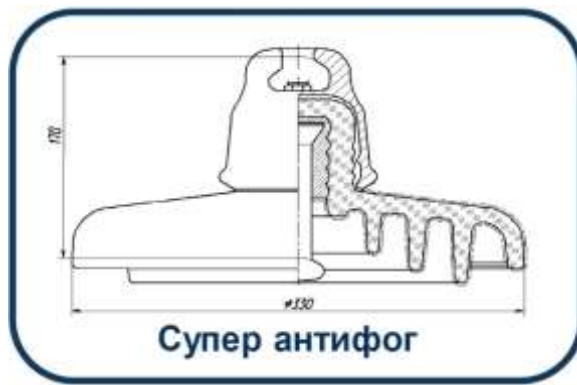
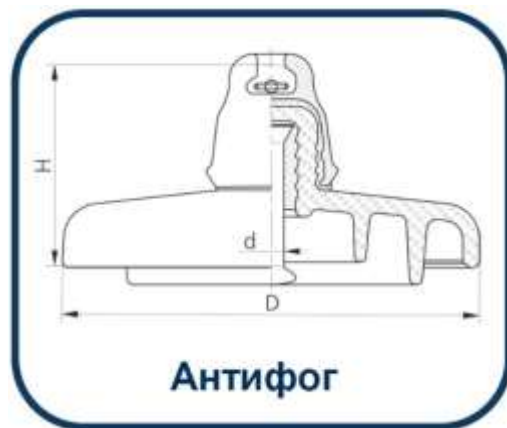


← Свойства

Только до 12-15% протяженности ВЛ находятся под негативным воздействием интенсивных загрязнений

Но эти участки занимают до 85% от потока отказов и трудозатрат линейных бригад !!!!!

**В данной многообразной агрессивной среде работает изоляция ВЛ!!!**

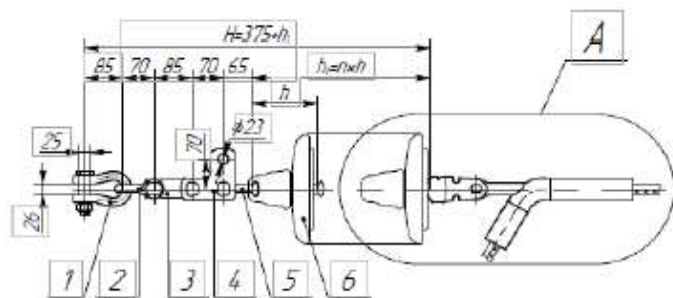


История развития изоляционной детали.

## Новые технические решения: альбомы подвесок, комплексные подвески

Опыт поставок комплексных изолирующих подвесок на ВЛ 330–500 кВ Ондская ГЭС, Россия и CASA-1000, Кыргызстан.

Альбомы готовых решений – новые разработки в изоляции и линейной арматуре, в том числе для проводов нового поколения и инновационная сцепная арматура.



Скачать альбомы  
готовых решений

# Примеры воздействия загрязнений (далеко не все!!!) Металлургические производства



ВЛ 110 кВ, Урал. 2017 г.



Натяжная  
гирлянда  
35 кВ.  
Урал. 2017 г.



Липецк. 2025 г.



ГОК, медь.  
Оренбургская обл.  
2020 г.

**Примеры воздействия загрязнений (далеко не все!!!)  
Добыча калийных солей (Березники, Пермский край),  
химпроизводства (Башкирия, Татарстан)**



Изоляторы с загрязнением в районе цементной заделки на ВЛ 110 кВ вблизи месторождения калийных солей Пермский край, 2019г.

Изолятор с деградирующим стержнем в условиях воздействия химпроизводств Башкирия, Татарстан, 2025

## Примеры подвесок в опытной эксплуатации Пылевые загрязнения керамзитового производства

«Оренбургэнерго», 2019 г.

**Проблема** – подвески заменяются или моются 1 раз в год иначе перекрываются.

**Успешно опробовано 2 решения:**

- Переменный профиль,
- Полная аэродинамика,

**Результат** – положительный, за 2,5 наблюдаемых года инцидентов не произошло.

**Не успешно** опробовано 1 решение:



Накопление загрязнений на изоляторе типа ПСВ за тот же период

Изолирующие подвески с заданными свойствами – ОПЭ без мониторинга.



## Новые изоляторы АО ЮАИЗ - ПСД70Л и ПСД120Л Развитие линейки грязестойких изоляторов



АО ЮАИЗ в 2025 г. освоил производство новых изоляторов типа ПСД70Л и ПСД120Л.

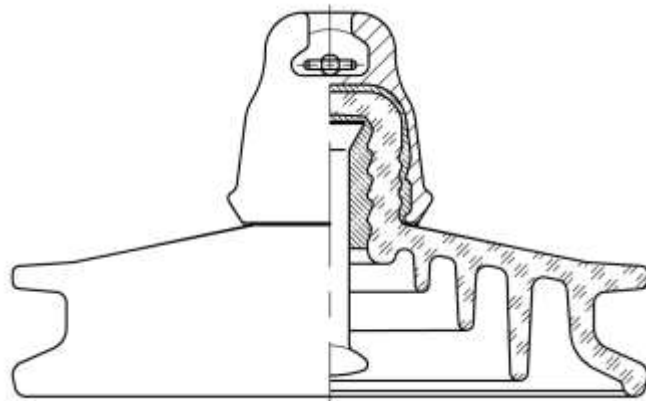
Это изоляторы развивающие серию **двухкрылого, известного и заслуженного** изолятора ПСД70Е.

Длина пути утечки – 510 мм.

Тонный ряд – 7 и 12 тонн  
(в разработке 16 и 21 тонна).

В опытной эксплуатации – с марта 2026 г.

Аттестация в ПАО «Россети» - в процессе.



## Выводы по ситуации с оценкой состояния изоляции до 2023 года.

1. Опираясь на свой опыт эксплуатирующие организации и заводы-изготовители ведут постоянную работу по повышению надежности самого слабого элемента ВЛ – линейной изоляции.
2. Проводимые разработки базируются на лабораторных испытаниях, которые все таки (!!!) отличаются от условий на реальных ВЛ.
3. Проводимые опытно-промышленные эксплуатации, в т.ч. сравнительные различных изолирующих конструкций, отличаются длительностью проведения, из-за чего теряется темп принятия решений об выборе наиболее эффективных конструкций.
4. Отсутствует наблюдаемость за поведением изоляции в постоянном режиме (ИК, УФ контроль – могут проводиться только периодически).
5. Требуется инструмент наблюдения за фактическим состоянием изоляции в районах с тяжелыми условиями эксплуатации.



# Эксплуатация ВЛ. Мониторинг изоляции.

## Цели:

- Обеспечить снижение операционных затрат сетевых компаний в районах с тяжелыми условиям эксплуатации ВЛ за счет наблюдаемости фактического состояния их изоляции и организации прогнозирования её состояния.

## Задачи:

- Наблюдаемость состояния изоляции – задача реализована.
- Прогнозирование состояния изоляции – задача в разработке.

## Система мониторинга состояния изоляции – новое направление в эксплуатации ВЛ 110 кВ и выше.



*Система мониторинга состояния изоляции* – перспективное направление в развитии линейной изоляции и эксплуатации ВЛ.

*Первая в мире Система* серийно начавшая работать на ВЛ с 2023 года.

*Принцип Системы* – он-лайн контроль токов утечки по гирляндам изоляторов.



Знание динамики накопления природных и техногенных загрязнений, фиксация их фактического уровня на изоляции позволяет проводить замену и чистку изоляции ***только там, где это действительно необходимо.***

**Работа проводится совместно с Сколковским институтом науки и технологии и ООО «Волга» (МИГ).**

Сенсор (УИС) – измерительный элемент Системы индикации состояния изолятора

**Система мониторинга состояния изоляции – новое направление в эксплуатации ВЛ 110 кВ и выше.**



### **Применение Системы позволяет:**

- оценить степень загрязнения изоляторов по осциллограммам токов утечки в гирлянде изоляторов
- сократить время на организацию и проведение ремонтных работ
- обеспечить наблюдаемость фактического состояния изоляции ВЛ
- организовать ТОиР по фактическому состоянию

### **Дополнительно появляются возможности:**

- По показаниям одного комплекта Системы проводить оценку состояния изоляции в районе, который имеет одинаковые воздействия возмущающих факторов
- Проводить сравнение эффективности изолирующих подвесок разных конструкций для выбора оптимальной для конкретных условий эксплуатации.

### **Достижимый результат – сокращение издержек:**

- сокращение SAIDI и SAIFI
- обоснованный план выполнения ремонтов в части замены изоляции
- переход на обслуживание изоляции «по фактическому состоянию»

Система мониторинга состояния изоляции – новое направление в эксплуатации ВЛ 110 кВ и выше.

## Опыт применения системы

*Россети-Московский регион,*  
2024 г. – завершение ОПЭ на ВЛ  
110 кВ, продолжение работы по  
применению мониторинга для  
оценки состояния изоляции.

*МЭС Центра,* 2024 год –  
завершение ОПЭ, начало работы  
по сравнению гирлянд  
различных конструкций с  
разными типами изоляторов.

*Металлургический комбинат*  
– эксплуатация с 2023 г., в 2024 г.  
первая замена изоляции по  
данным системы, в 2025 г.  
расширение группировки систем  
до 6 единиц.



Система мониторинга состояния изоляции – новое направление в эксплуатации  
ВЛ 110 кВ и выше.



Объект – металлургический комбинат  
Напряжение ВЛ – 110 кВ.  
Место расположения системы мониторинга – на опоре вблизи градирен ТЭЦ комбината  
Год начала эксплуатации – ноябрь 2023 г.

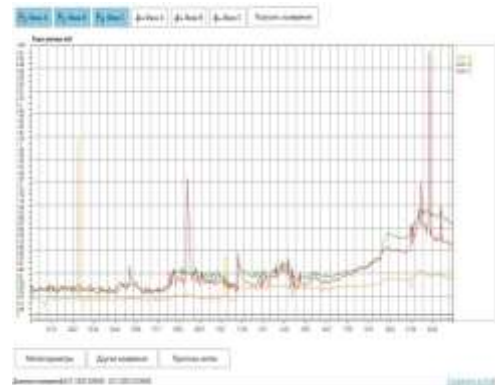
Первая замена изоляции по показаниям системы – май 2024 г.

***Падение токов утечки в 23 раза.***

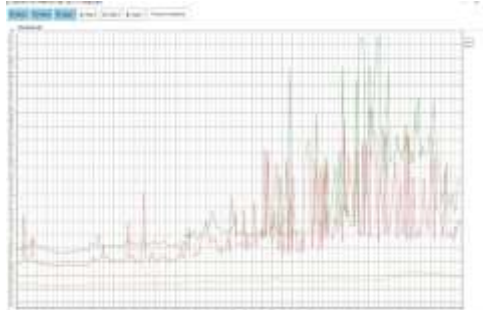
2025 г. – увеличение группировки станций до 6 единиц.

Система мониторинга на опоре ВЛ 110 кВ

**Пример работы системы в особых условиях.**

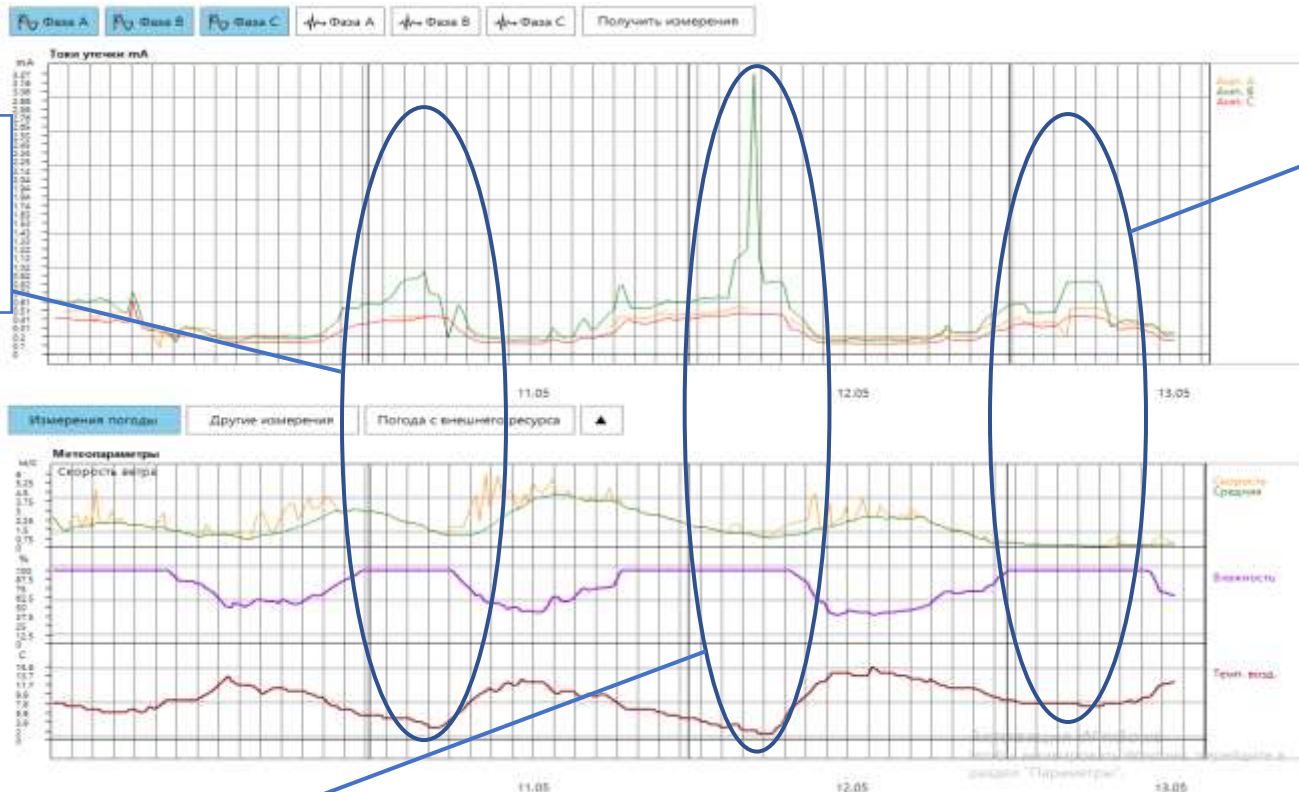


23.11.2023 г. График синусоидальной составляющей тока утечки. Максимальная величина 2,61 мА по фазе С



24.11.2023 г. График синусоидальной составляющей тока утечки. Максимальная величина 4,23 мА по фазе В

# Опыт применения системы – поведение изоляции, 12.05.25 г. Металлургический комбинат. Фаза В – ослаблена. Прогноз поведения



Влажность 100%  
 Ветер 3 м/с  
 Темпер. + 3.5С  
 I ут. макс 0,96 мА

Влажность 100%  
 Ветер 1,1 м/с  
 Темпер. 3.5С  
 I ут. макс 0,943 мА

Влажность 100%  
 Темпер. +1,4 С  
 Ветер 0.9 м/с  
 I ут. макс 3,27 мА

**Операционные выводы:**

1. Бросок тока утечки до 3,27 мА приурочен к температуре +1,4С, при выше + 3С не наблюдается.
2. Ослабленная ф.В подтвердила необходимость повышенного внимания за поведением.



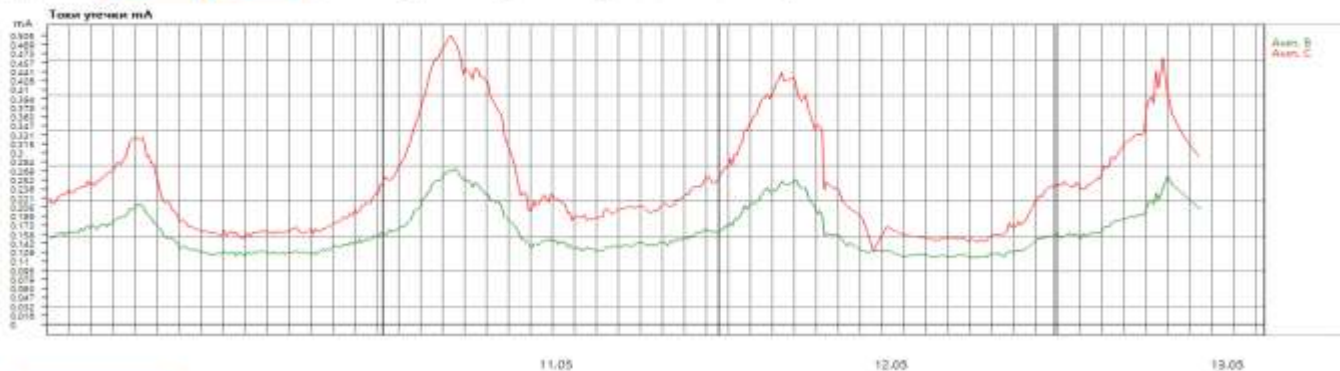
Период суток: от 00.30 до 08.40  
 Влажность 100%  
 Ветер 3 м/с  
 Темпер. от +1,9С до + 3.5С  
 I ут. макс 0,505 мА

### Операционные выводы:

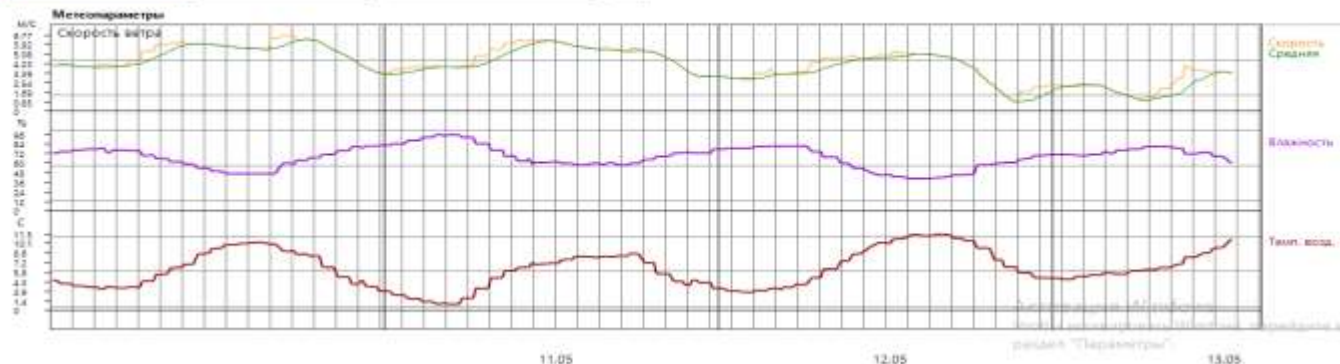
1. В мае наблюдается поведение тока утечки характерное для «росовых периодов».
2. Рост тока утечки по сравнению с дневным периодом – 4,2 раза.
3. Состояние изоляции – безопасное.
4. Внимание контроля уделять:
  - дождевым воздействиям;
  - во время «росового периода».

III Опора А/4 Хим/Каш МЭС Центра ВЛ 220 кВ Новомосковская ГРЭС-Химическая (участок)

Фаза А 
  Фаза В 
  Фаза С 
  Фаза А 
  Фаза В 
  Фаза С



▲





Зона стабильной работы изоляции, включая **росовый** период



Принятие решения о замене изоляции

26.05.24г. Замена изоляции

Поведение ф.А На 2 изолятора меньше **ВНИМАНИЕ!!!**

Начался период набора загрязнений



«Светофор» состояния изоляции – на границе «красного» (на «правую дату»)



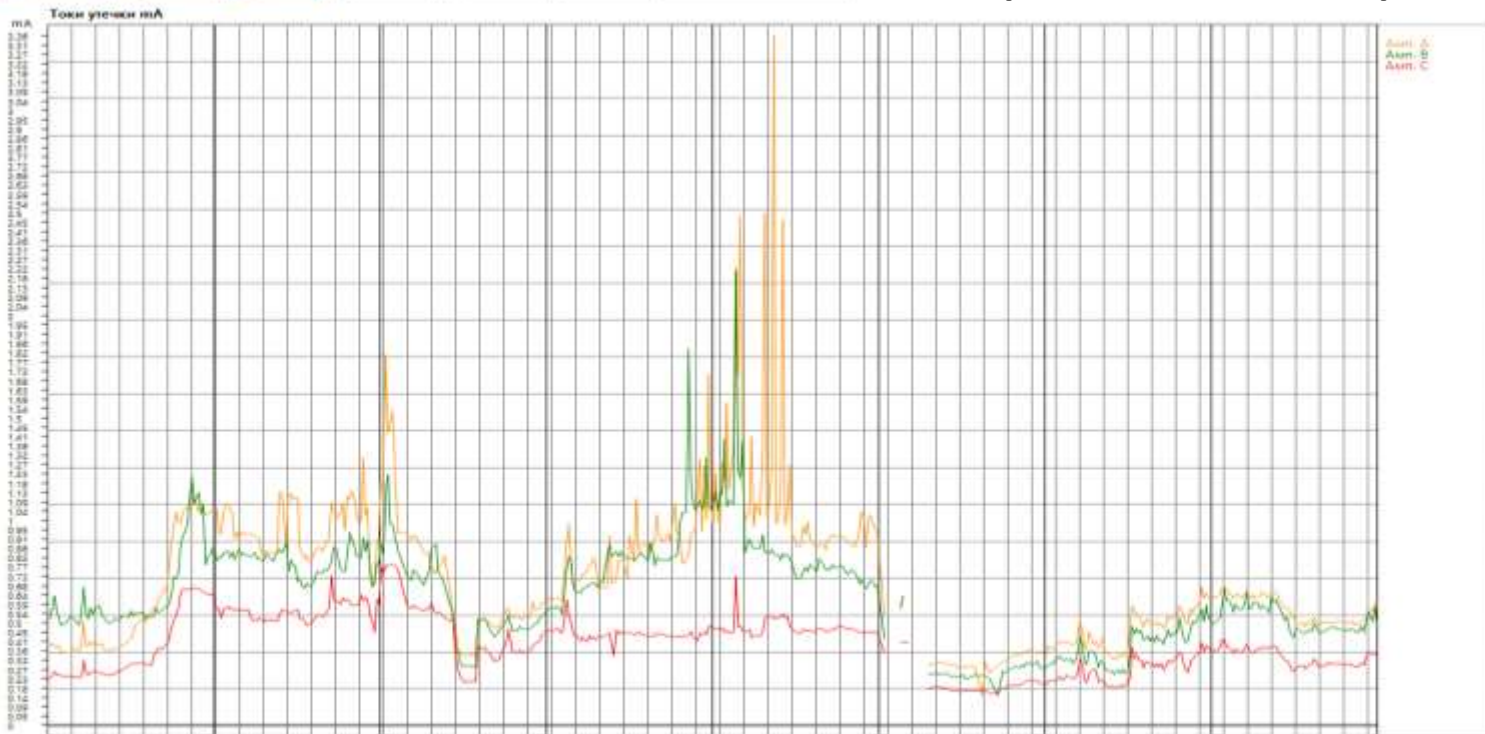
Год ввода в эксплуатацию – 2020  
 Расчет выполнен для даты: 14.01.2025  
 Уровень потерь энергии в подвеске - 142,4 кВт\*час/год  
 Высокий риск перекрытия загрязненной изоляцией границы требует замены

Январь 2025 г. Расчетное выдерживаемое напряжение на ф.А. подошло к уставке 85,8 кВ **ВНИМАНИЕ!!!**

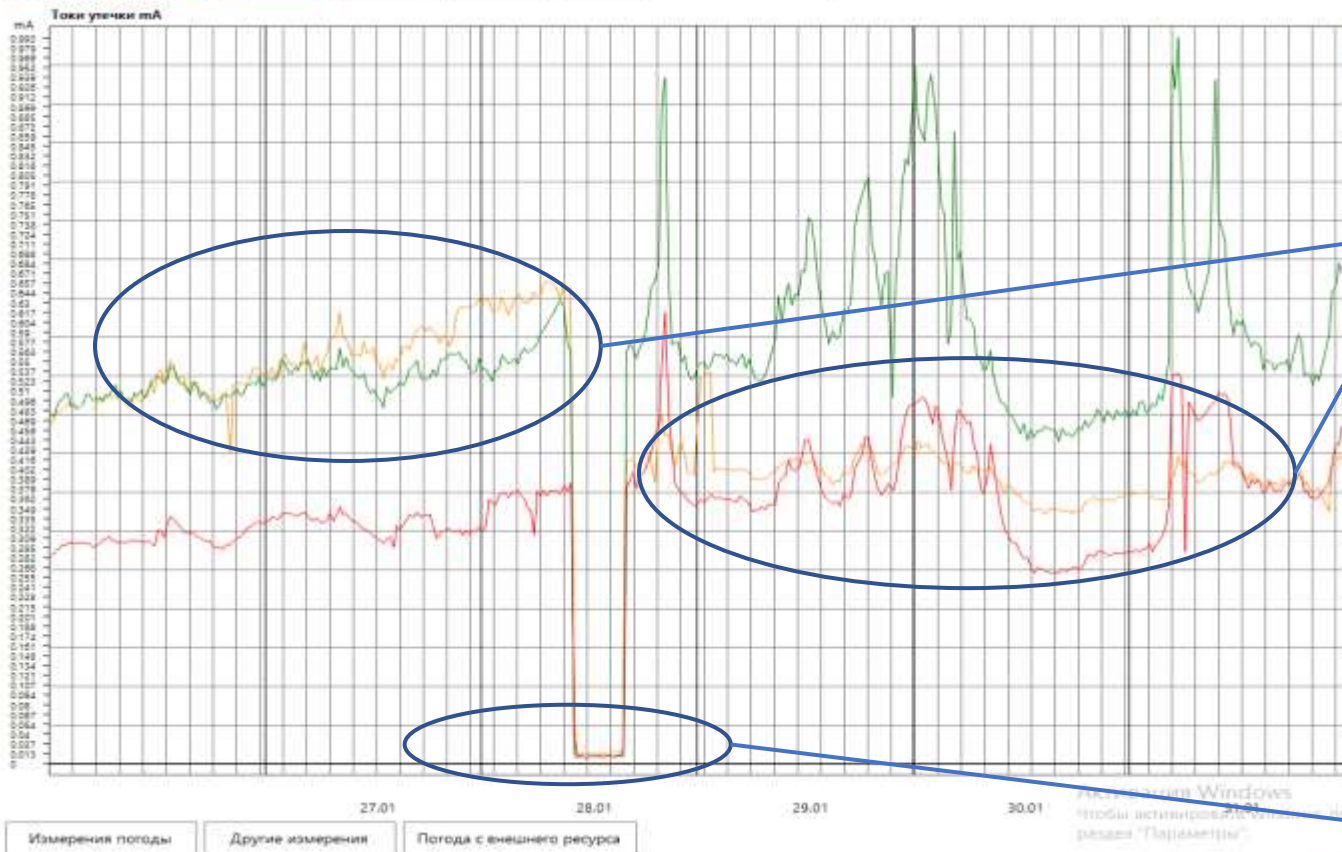


Фаза А Фаза В Фаза С ф.м. Фаза А ф.м. Фаза В ф.м. Фаза С Получить измерения

## Январь 2025 г. Фаза А – броски тока утечки



На фазе А (желтый цвет) количество изоляторов на 2 шт. меньше чем на ф.В и ф.С. (ограничение по габариту)



На фазе А количество изоляторов на 2 шт. меньше чем на ф.В и ф.С.  
(ограничение по габариту)

Ток утечки ф.А до обмыва изоляторов – от 0,469 до 0,650 мА

Ток утечки ф.А после обмыва изоляторов – от 0,35 до 0,40 мА

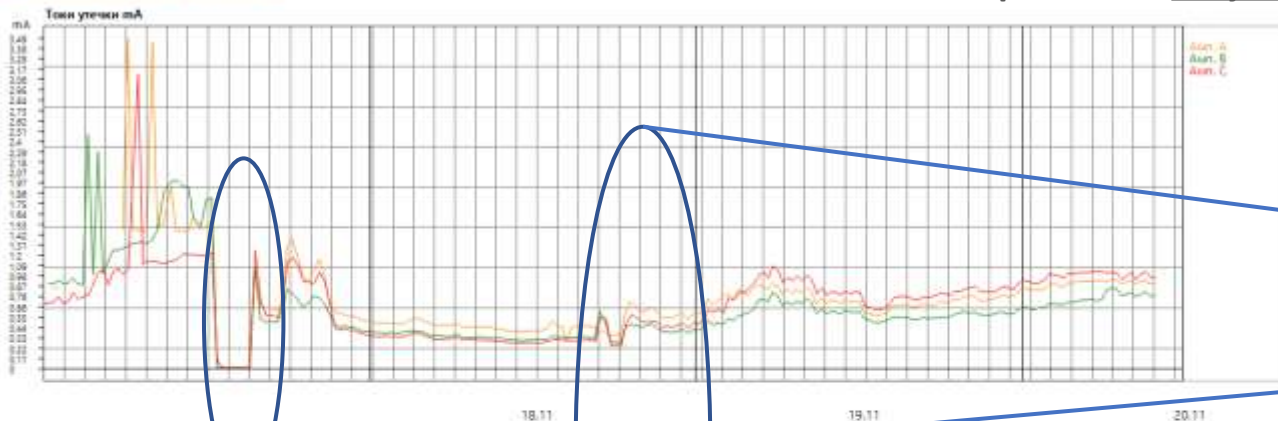
### Операционные выводы:

1. Мероприятие эффективно - снижение среднего тока утечки на 30%. Не реагирование на изменение погоды, как ф.В.
2. Повышенное внимание – возможно ускоренное загрязнение изоляторов.

Отключение ВЛ  
(плановое, не по изоляции)  
Обмыв ф.А 28.01.25



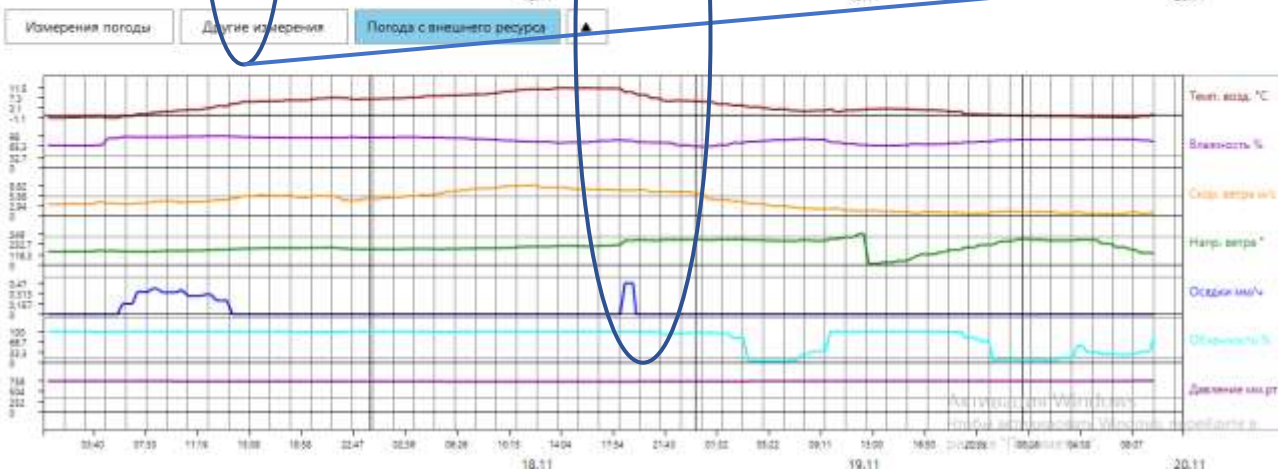
17 ноября 2025 г. Результат обмыва 3-х гирлянд



Пики тока утечки в слабый дождь достигали 3,8 мА (14.11.2025)

Не реагирование на осадки.

Отключение ВЛ (по заявке на обслуживание) Обмыв 17.11.25

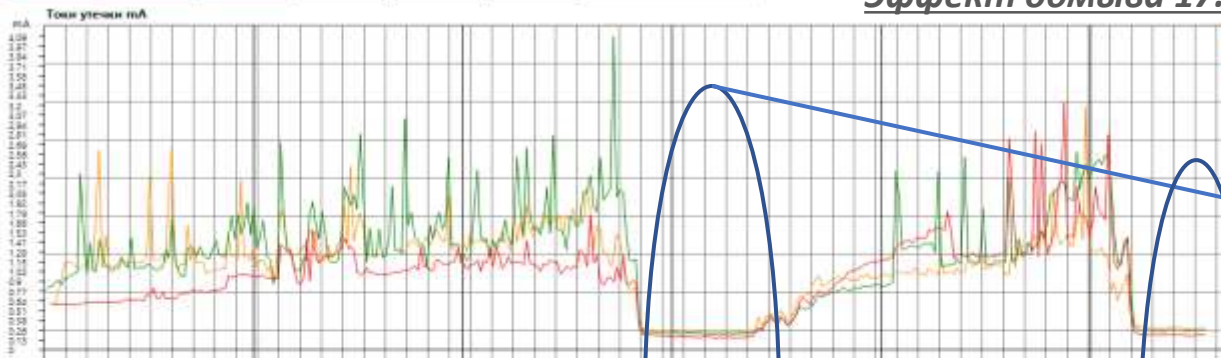


**Операционные выводы:**  
**А) Обмыв изоляции – результативный.**  
**Б) Повышенное внимание за состоянием в осенне-зимний период.**  
**В) Угроза – ускоренное загрязнение поверхности изоляторов.**



## Поведение загрязненных изоляторов зимой – при 0°C

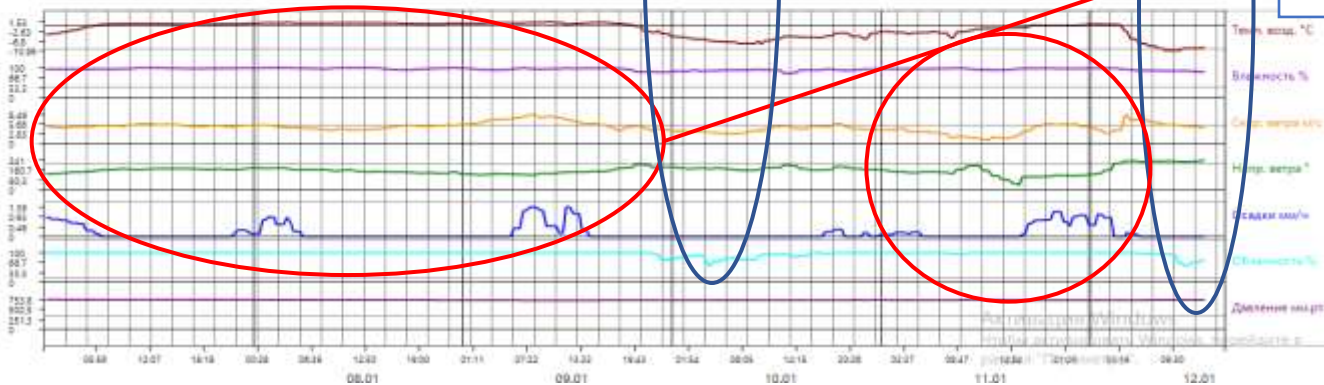
Эффект обмыва 17.11.2025 г. - завершен



Период с 07.01.26 по 12.01.26

Ток утечки минимальный, при этом:

- Температура ниже -2,5С со снижением;
- Осадки отсутствуют;
- Влажность выше 92%.



Броски тока утечки до 4,2 мА, при этом:

- Температура от -2,21С до +1,5С;
- Осадки в виде мокрого снега;
- Влажность выше 92%.

**Операционные выводы:**

- А) Обмыв изоляции – исчерпан эффект мероприятия 17.11.25.**
- Б) Угрожающий температурный диапазон – от -2.2С до +2С.**
- В) Требуется разработка мероприятия по обслуживанию.**



## Обслуживание изоляции

### *Организационное решение по проведению обслуживания загрязненной изоляции основанное на данных системы мониторинга в 2023-2026 гг.*

Основываясь на данных Системы мониторинга принято следующее организационное решение:

1. Обслуживание загрязненной изоляции проводить по формуле «два раза обмываем– один раз меняем».
2. Система мониторинга позволяет планировать отключение ВЛ для проведения обслуживания минимум за 3-4 недели, что позволяет подготовиться к выполнению мероприятия в плановом режиме.

Некоторые пояснения к решению:

- В год производится от 2 до 3 мероприятий по обслуживанию изоляции.
- Обмыв изоляции не позволяет очистить микрозагрязнения, которые остаются в неровностях стеклянной поверхности изоляторов.
- Микрозагрязнения «притягивают» к себе более крупные частицы загрязнения, чем ускоряют загрязнение обмытых изоляторов по сравнению с новыми, только что установленными изоляторами.
- Обмыв изоляторов преследует цель сократить расходы на поддержание изоляции в нормативном состоянии.
- Начиная с момента установки системы мониторинга в 2023 году не допущено ни одного отключения ВЛ по причине изоляции. До 2023 г. на участке ВЛ ежегодно наблюдалось 2-3 отключения с ущербом для основных технологических процессов Комбината.



## ПРИМЕР ПОВЕДЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Период с 28.02.25 по 04.03.25

### Сравнение подвесок стеклянных изоляторов и изоляторов с защитным полимерным покрытием на ВЛ 220 кВ

Период осадков, мокрый снег  
(втор.пол 02.03.25-04.03.25)

Ток утечки:

- Гирлянда стеклянных изоляторов: до **3,2** мА
- Гирлянда изоляторов с защитным полимерным покрытием: броски до **0,57** мА

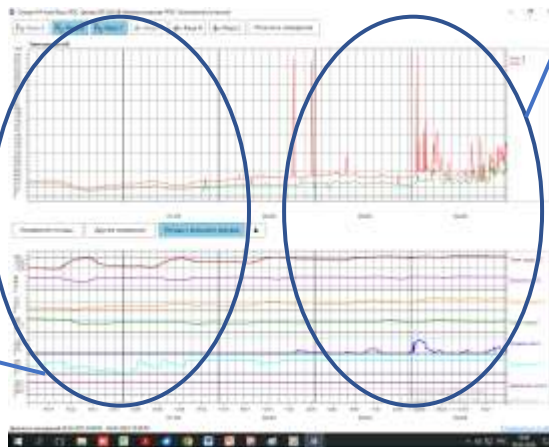
**Исходные данные:**

- Регион – Подмоскowie.
- В подвесках по 22 изолятора
- Условия эксплуатации:
  - загрязнения ГРЭС;
  - водоем;
  - загрязнения автомагистрали.

Период без осадков (29.02-пер.пол 02.03.25)

Ток утечки:

- Гирлянда стеклянных изоляторов: до 0,25 мА
- Гирлянда изоляторов с защитным полимерным покрытием: до 0,27 мА



**Операционный вывод:**

При осадках в виде мокрого снега и  $t=0^{\circ}\text{C}$  гирлянда изоляторов с защитным полимерным покрытием имеет лучшие свойства стойкости изоляции



## Самоочистка изоляторов весной после зимы

Период с 24.04.26 по 30.04.26 г.



Осадки – интенсивный мокрый снег. T=0°C

Ток утечки – 1,35 мА

Осадки – слабый мокрый снег. T= -0,5°C

Ток утечки – 1,7 мА

### Выводы:

- 2-й год подряд подтвержден эффект самоочистки изоляторов ПС70Л и ПС120Л от накопленных зимних загрязнений.
- Изоляторы ПС70Л и ПС120Л обеспечивают достаточный уровень надежности в не благоприятных погодных условиях.

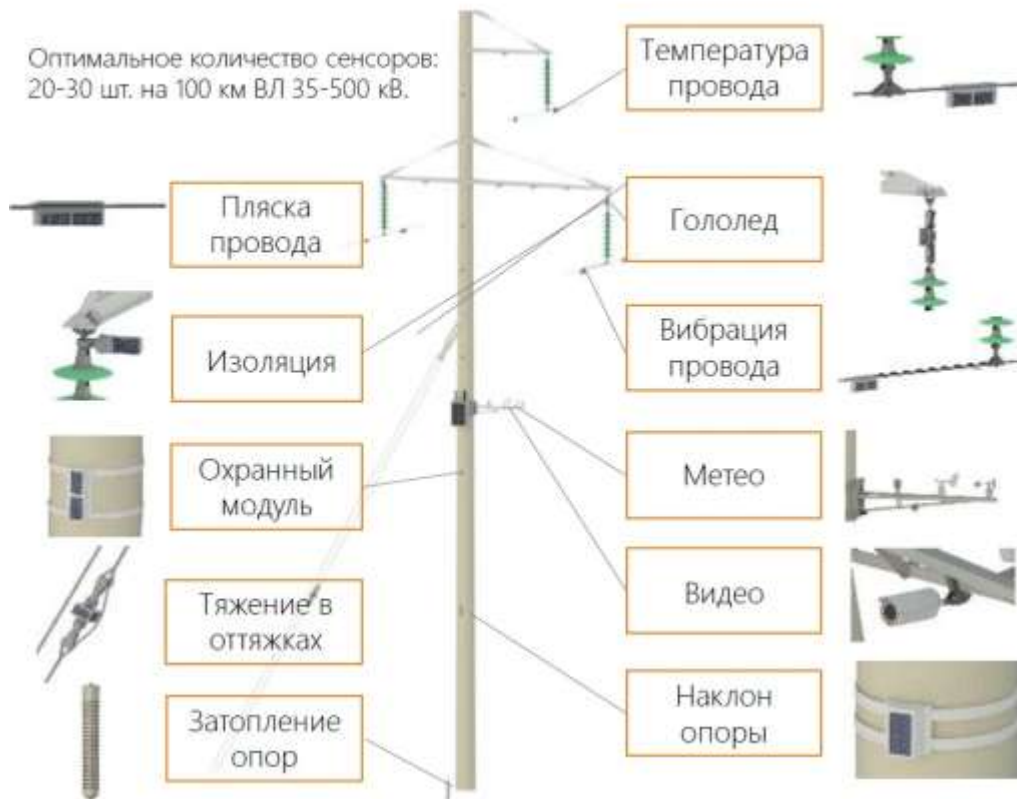


*В настоящий момент системы работают над следующими задачами:*

1. Он-лайн контроль состояния изоляции ВЛ 110 кВ металлургического комбината для своевременной замены (срок жизни изоляции 4 года!!!).
2. Сравнительные испытания с инструментальным контролем 3-х конструкций гирлянд изоляторов на ВЛ 220 кВ в МЭС Центра (+ он-лайн контроль фактического состояния изоляции у «автомагистраль+ГРЭС+водоем»).
3. Разработка методики оценки прогнозирования состояния изоляции в районе источника загрязнения на ВЛ 110 кВ Россети-Московский регион (на базе 3-х станций, + он-лайн контроль фактического состояния изоляции).



Оптимальное количество сенсоров:  
20-30 шт. на 100 км ВЛ 35-500 кВ.



Тип сенсора	Частота установки на 100 км ВЛ	Доля ВЛ требующих установки сенсора
Грозопеленгация	0,1	0,5
Модуль контроля тяжения провода в анкерном пролете	1	0,15
Модуль контроля тяжения в подвеске изоляторов	1	0,15
Модуль контроля тяжения в оттяжках и внутренних связях опоры	1	0,15
Модуль контроля наклона опоры	20	0,01
Модуль контроля температуры провода	2	0,05
Модуль контроля пространственного положения провода	2	0,1
Модуль контроля метеопараметров	2	0,5
Видеокамера	20	0,02
Модуль контроля вибрации провода	2	0,1
Модуль контроля пляски провода	0,5	0,05
Модуль контроля тока утечки через изоляцию	5	0,3
Модуль контроля затопления опоры	2	0,2
Модуль контроля наклона и вибрации металлической опоры	20	0,02
Станции сбора и передачи данных	4	0,6

*Система мониторинга состояния изоляции*

*включена в*

*«Технический реестр основных направлений  
инновационного развития ПАО «Россети»*

*(Утвержден распоряжением ПАО «Россети» от 12.07.2024г. № 380р)*

*п. 9.2.2.*

**Система мониторинга состояния изоляции (УИС) заняла 1-е место в Конкурсе перспективных разработок для воздушных линий электропередачи на Международном форуме «Электрические сети» (МФЭС) в 2025 г.**





### **Выводы:**

1. Начал работу **первый в мире инструмент онлайн контроля состояния изоляции** – новый шаг в эксплуатации изоляции ВЛ.
2. Появилась возможность наблюдения за фактическим состоянием изоляции = **своевременное реагирование на её ухудшение.**
3. Появляется возможность организовывать **ТОиР по «фактическому состоянию»** используя инструментальное подтверждение состояния.
4. Появилась возможность **инструментального** подтверждения эффективности работы разных конструкций гирлянд изоляторов для загрязненных условий эксплуатации – **организация ОПЭ изоляторов на новом уровне.**
5. **Мониторинг состояния ВЛ – будущее эксплуатации.**



Инженерная компания  
«Экспертный центр технологических решений»

- технологический партнер АО ЮАИЗ

**Служба сопровождения эксплуатации ВЛ:**

**Кудрявцев Андрей Александрович (главный инженер «Экспертный центр», советник генерального директора АО ЮАИЗ)**

**Тел.: +7 912 283 85 49**

**E-mail: [chief\\_engineer@exctr.ru](mailto:chief_engineer@exctr.ru)**

**АО "Южноуральский арматурно-изоляторный завод" (АО "ЮАИЗ")**

Россия, 457040, Челябинская область, г. Южноуральск, ул. Заводская, 1Е, оф. 214

Тел: +7 (35134) 9-85-64, факс: +7 (35134) 4-27-92

e-mail: [aiz@aiz.ru](mailto:aiz@aiz.ru)

[www.aiz.ru](http://www.aiz.ru)