



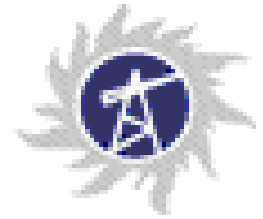
**Доклад**

**Эксперта - заместителя Руководителя Управления  
электрооборудования ПС и ЛЭП ОАО «ЦИУС ЕЭС»**

**М.К.Смирнова**

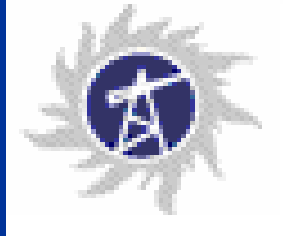
**на семинаре ГК «Бизнес Оптима Qualitrol» 04-  
05.06.2014 в г.Москва, посвященном вопросам  
мониторинга состояния силового оборудования, с  
темой:**

**«Опыт строительства и реконструкции, отказы и  
замечания по КРУЭ на объектах ЕНЭС»**



- 1. Внедрение КРУЭ на объектах ФСК ЕЭС**
- 2. Отказы и Замечания при КТПР ПС с КРУЭ по объектам ОАО «ФСК ЕЭС»**
- 3. Необходимость применения различных методов для контроля состояния ЭО**

# Внедрение КРУЭ на объектах ОАО «ФСК ЕЭС»



Курс на применение КРУЭ отражён в Технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Россети».

В ОАО «ФСК ЕЭС»:

1. **2007 год** - одна из первых ПС с КРУЭ - ПС 330кВ Машук МЭС Юга, где было установлено КРУЭ 330 кВ фирмы Арева (ныне Альстом);
2. В России (в СССР) первые ПС с КРУЭ – ПС 220 кВ Елоховская, г. Москва с КРУЭ ПО «Электроаппарат» («ЭМЗ»), ПС 220 кВ Свиблово, г. Москва с КРУЭ ВВС (АББ) – были построены и введены в эксплуатацию в 1979-1980г.г. накануне XXII летних Олимпийских игр в г. Москва.
3. Основное применение для КРУЭ - РУ 110 – 500кВ.
4. Всего с 2007 года:
  - Построено, запроектировано и запланировано применение КРУЭ 110, 220, 330, 500кВ – на более, чем 120 объектах по всем регионам;
  - Поставлено под напряжение КРУЭ – на 42-х объектах, из них – КРУЭ 500кВ - 5 шт., КРУЭ 330кВ - 5 шт., КРУЭ 220кВ - 26 шт., КРУЭ 110кВ - 24 шт., всего – около 600 ячеек;
  - Сейчас находятся в стадии монтажа и наладки КРУЭ на более, чем 20-ти объектах.



## 5. Наибольшее количество построенных и реконструированных ПС с КРУЭ:

- в МЭС Центра (в т.ч. важнейшие ПС 500кВ Московского кольца 500кВ),
- в МЭС Северо-Запада (в т.ч. . важнейшие ПС 330кВ создаваемого Петербургского кольца 330кВ),
- в МЭС Юга (в т.ч., Олимпийские объекты),
- в МЭС Сибири (в т.ч. на Богучанской ГЭС, в Красноярске, в Омске, Барнауле и т.д.).
- К саммиту стран АТЭС в г.Владивостоке построена в рекордные сроки и успешно работает с 2011 года первая в МЭС Востока с применением КРУЭ 110 и 220 кВ ПС 220кВ Зелёный Угол, также ПС 220 кВ Тында;
- Значительное количество объектов с КРУЭ строится и проектируется в зоне МЭС Западной Сибири (в т.ч. за полярным кругом), МЭС Волги, МЭС Урала.
- Введены в строй в 2013г. первые в России подземные ПС с КРУЭ (220кВ) в инновационном центре - ПС 220кВ Сколково, ПС 220кВ Смирново, при этом, кроме собственно подземных КРУЭ, применяются также впервые элегазовые силовые трансформаторы 63мВА.
- Сейчас уровень применения КРУЭ – приблизительно каждая 4-я ПС



## В 2012 -2014 годах поставлены под напряжение КРУЭ:

- на ПП 220кВ РусВинил (Зелецино)	Волга	– 220кВ	Сименс
- на ПС Левобережная	Волга	– 110кВ	Хендэ
- в части АТ-4 на ПС Завод Ильич	СПб	– 220, 330кВ	Сименс
- на Богучанской ГЭС	Сибирь	- 220кВ	АББ
- ПС 220кВ Тында	Восток	– 110, 220кВ	Тайкай (Китай)
- ПС 220кВ Левобережная	Сибирь	– 220кВ	Хендэ
- РП 220 Черноморское	Юг	– 220кВ	Хендэ
- ПС 220кВ Полупроводники	СПб	– 220кВ	Хендэ
- ПС 220кВ Мангазея	Зап.Сибирь	– 220, 110кВ	Хендэ
- ПС 500кВ Каскадная	Мск	– 500, 220кВ	Альстом
- ПС 220кВ Вологда-Южная	Центр	– 220, 110кВ	Альстом
- ПС 220 кВ РПП1	Центр	- 220кВ	Альстом
- ПС 220кВ Заречная	Волга	– 220, 110кВ	Альстом
- ПС 220кВ Смирново	Мск	– 220кВ	Альстом
- ПС 220кВ Сколково	Мск	– 220кВ	Сименс
- ПС 110кВ Весёлое	Юг	– 110кВ	Хёсон,

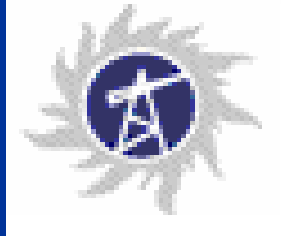


## В ближайшее время планируется постановка под напряжение КРУЭ):

- |                              |              |               |        |
|------------------------------|--------------|---------------|--------|
| - ПС 220кВ Р-4               | Юг           | - 220кВ       | Хёсон, |
| - ПС 330 кВ Василеостровская | Северо-Запад | - 110, 330 кВ | АББ    |
| - ПС 330 кВ Пулковская       | Северо-Запад | - 110, 330 кВ | Сименс |
| - ПС 330 кВ Кисловодск       | Юг           | - 110, 330 кВ | Хёндэ  |
| - ПС 220 кВ Койсуг           | Юг           | - 110, 220 кВ | Хёсон  |
| - ПС 220 кВ Северный Портал  | Юг           | - 110, 220 кВ | Хёндэ  |
| - и др.                      |              |               |        |

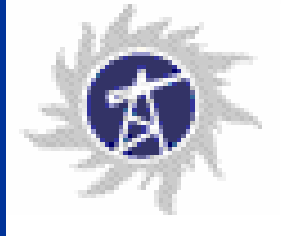
## На объектах ОАО «ФСК ЕЭС» применяются КРУЭ следующих фирм:

Hyundai	- Ю.Корея	43 КРУЭ
ABB	- Швейцария, Германия	20 КРУЭ
Alstom	- Франция, Германия	21 КРУЭ
Siemens	- Германия, Франция	12 КРУЭ
Hyusong	- Ю.Корея	11 КРУЭ
Taikai	- Китай	4 КРУЭ
ОАО «ЭМЗ»	- Россия	2 КРУЭ



**На территории РФ находятся три предприятия по выпуску КРУЭ 110, 220 кВ:**

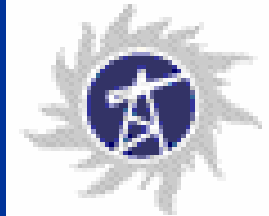
- ОАО «Энергомеханический завод», г.С.Петербург;**
- ОАО «ВО Электроаппарат», г.С.Петербург;**
- ООО «Хёндэ Электросистемы» в г. Артём, Приморский край (в т.ч., КРУЭ 110кВ на токи термической стойкости 63кА);**
- готовится к выпуску первой продукции завод по сборке КРУЭ (локализация производства) Siemens в г. Воронеж.**



## Приоритетное применение КРУЭ (Положение о техполитике ОАО «Россети»):

- В городах, в условиях плотной застройки;
- в областях мегаполисов (город и застроенный пригород),
- в районах с абсолютным минимумом температур ниже минус 45°C;
- при расположении ПС в районах с СЗА IV и более;
- при технико-экономической неэффективности варианта ОРУ;
- в национальных парках и заповедниках;
- в прибрежных районах.





# Отказы и замечания КРУЭ

## 1. ПС 500кВ Новокаширская МЭС Центра:

КРУЭ 500кВ АББ, декабрь 2008, сентябрь 2009\_ - КЗ (дважды) с повреждением разъединителей 500кВ из-за **дефектов изоляционных тяг – АББ** заменило поставщика тяг.

## 2. ПС 500кВ Бескудниково МЭС Центра:

- КРУЭ 500 кВ Сименс, январь 2010г.: **КЗ в токопроводе 500кВ** связи КРУЭ с АТ – **причина в монтажной ошибке** при подготовке исходных данных, допущенной персоналом фирмы ООО “Сименс”. Аналогичный дефект выявлен также на токопроводах остальных фаз АТ- 1 и токопроводах всех фаз АТ-3 и АТ-4.

- Повреждение **ОПН КРУЭ 220 кВ** – при сборке ОПН на заводе (мусор)

## 3. ПС 330кВ Машук МЭС Юга:

- КРУЭ 330кВ Арева (Альстом) – КЗ с повреждением выключателей 330кВ (дважды)

## 4. ПС 220кВ Дагомыс МЭС Юга:

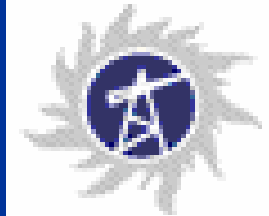
- КРУЭ 220кВ Арева (Альстом) – повреждение выключателя

## 5. ПС 500 кВ Западная МЭС Центра:

- КРУЭ 220кВ Арева (Альстом) – повреждение выключателя

## 6. ПС 220 кВ Зелёный Угол МЭС Востока

- КРУЭ 220 кВ Хёндэ, декабрь 2011г. – повреждение концевой муфты кабельного захода в КРУЭ.



# Отказы и замечания КРУЭ

## 7. ПС 500кВ Бескудниково, КРУЭ 220кВ Сименс

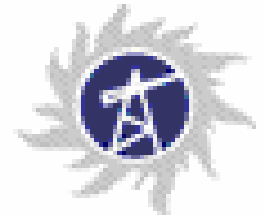
- КЗ с повреждением ТН КРУЭ 220 кВ (дважды) – 1-й раз: на ТН линии повреждение произошло из-за длительного протекания тока КЗ во вторичных цепях, а именно в обмотке ЗИю,
- 2-й раз: на ТН 2 секции - повреждение произошло из-за явления феррорезонанса (выключатели КРУЭ 220 кВ на этой ПС выполнены с двумя токоведущими разрывами и шунтирующими конденсаторами).

Выпущено информационное письмо, внесены изменения в порядок переключений и работы защит по филиалам МЭС с целью избежать явлений феррорезонанса с электромагнитными ТН.

## 8. ПС 330кВ Южная СПб, КРУЭ 330кВ АББ

- **КЗ** с повреждением ТН 330кВ КРУЭ АББ, ноябрь 2010 – ТН отправлен на сервисное предприятие АББ в Чебоксары..

## 9. ПС 330 кВ Завод Ильич СПб.; отключились 1 СШ КРУЭ 220 кВ Сименс и АТ-3 (без выключателей по стороне 220 кВ) от ДЗШ – перекрытие ОПНЭ.



# Отказы и замечания КРУЭ

## Причины повреждений:

- заводской брак;
- дефекты комплектующих деталей КРУЭ;
- некачественный монтаж, в т.ч., и из-за неудовлетворительных условий монтажа (пыль, низкие температуры, параллельные сварочные и строительные работы и т.д.).

Большая часть дефектов идентифицируется во время послемонтажных высоковольтных испытаний с обязательным контролем Ч.Р., но скрытые дефекты могут остаться.



# Отказы и замечания КРУЭ

## Последствия:

Отмеченные отказы в работе КРУЭ сопровождались короткими замыканиями:

- с повреждением дорогостоящих модулей в месте короткого замыкания и соседних с ними элементов КРУЭ;
- нарушением работы электросхемы,
- снижением надёжности энергоснабжения потребителей,
- а также не менее дорогостоящим ремонтом с заменой модулей.

Надо учитывать, что ремонтпригодность КРУЭ гораздо хуже, чем ОРУ, в связи с тем, что в комплектном распредустройстве зачастую для замены одного модуля требуется демонтировать и соседние с ним модули – поэтому временные затраты и схемно-режимные ограничения в таких случаях гораздо выше.



## Вывод:

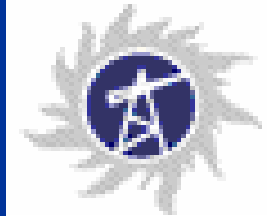
**Предупредительные меры по мониторингу состояния модулей КРУЭ с целью своевременного обнаружения дефектов наиболее актуальны для КРУЭ. Одним из профилактических способов выявления повреждений КРУЭ на ранней стадии может являться контроль уровней ЧР в соответствии с ГОСТ 1516.3 и в соответствии с Технической политикой ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Россети» – ремонт ЭО проводить по результатам диагностического обследования.**



## Требование к КРУЭ ОАО «Россети» в части мониторинга:

КРУЭ **должны быть** укомплектованы системой мониторинга и диагностики (измерение плотности элегаза с возможностью визуального контроля, для КРУЭ 110 кВ и выше рекомендуется установка встроенных датчиков ЧР с системой непрерывной сигнализации и/или возможностью подключения портативных устройств для регистрации уровней ЧР и расшифровки характера неисправности элементов КРУЭ);

- **Системы мониторинга КРУЭ.**
- Эксплуатируемые и вновь вводимые КРУЭ должны оборудоваться системами мониторинга технического состояния под рабочим напряжением.
- Система автоматической диагностики (мониторинга) КРУЭ применяется для сбора, обработки, отображения и хранения информации, характеризующее рабочее (текущее) состояние КРУЭ в процессе эксплуатации.
- СМ КРУЭ предназначена для непрерывного мониторинга состояния изоляции КРУЭ на наличие частичных и искровых разрядов (ЧР).



**Основными целями оснащения элегазовых комплектных распределительных устройств системами автоматической диагностики являются:**

- - выявление дефектов в изоляции КРУЭ на ранних стадиях их развития;
- - повышение надежности электроснабжения за счет своевременного предотвращения аварийных ситуаций;
- - повышение качества и эффективности ремонта КРУЭ на основании данных диагностической информации;
- - снижение затрат за счет исключения необоснованных ремонтов КРУЭ;
- - обеспечение достоверной оценки текущего технического состояния КРУЭ и возможности прогнозирования развития дефектов на основе базы данных по динамике развития разрядных процессов в изоляции.
- СМ КРУЭ должна обеспечивать контроль следующих модулей КРУЭ:
  - - коммутационных аппаратов: выключателей и разъединителей;
  - - измерительных трансформаторов тока и напряжения;
  - - ограничителей перенапряжений;
  - - соединительных элементов: сборных шин, кабельных вводов, проходных вводов, элегазовых токопроводов.

# Требования к КРУЭ в части мониторинга



## СМ КРУЭ должна соответствовать следующим требованиям:

- - измерять интенсивность частичных разрядов в изоляции (в том числе в элегазовой среде) с чувствительностью, обеспечивающей определение дефекта на ранней стадии;
- - обеспечивать локализацию места нахождения дефекта;
- - формировать и обеспечивать визуализацию заключения о техническом состоянии контролируемых модулей КРУЭ.
- СМ КРУЭ должна обеспечивать полную технологическую безопасность для оборудования и эксплуатационную безопасность для персонала.
- СМ КРУЭ должна обеспечивать безопасную для оборудования и персонала передачу диагностических данных от первичных датчиков.
- Для эффективной эксплуатации и поддержания работоспособного состояния систем мониторинга и контроля оборудования, необходимо организовать сервисное обслуживание систем.



# Связь КРУЭ с внешними присоединениями



Элегазовый токопровод КРУЭ-ВЛ 500 кВ ПС 500 кВ Новокаширская

# Связь КРУЭ с внешними присоединениями



КРУЭ- 220 кВ и вводы «элегаз-воздух» ПС 330 кВ Южная СПб.

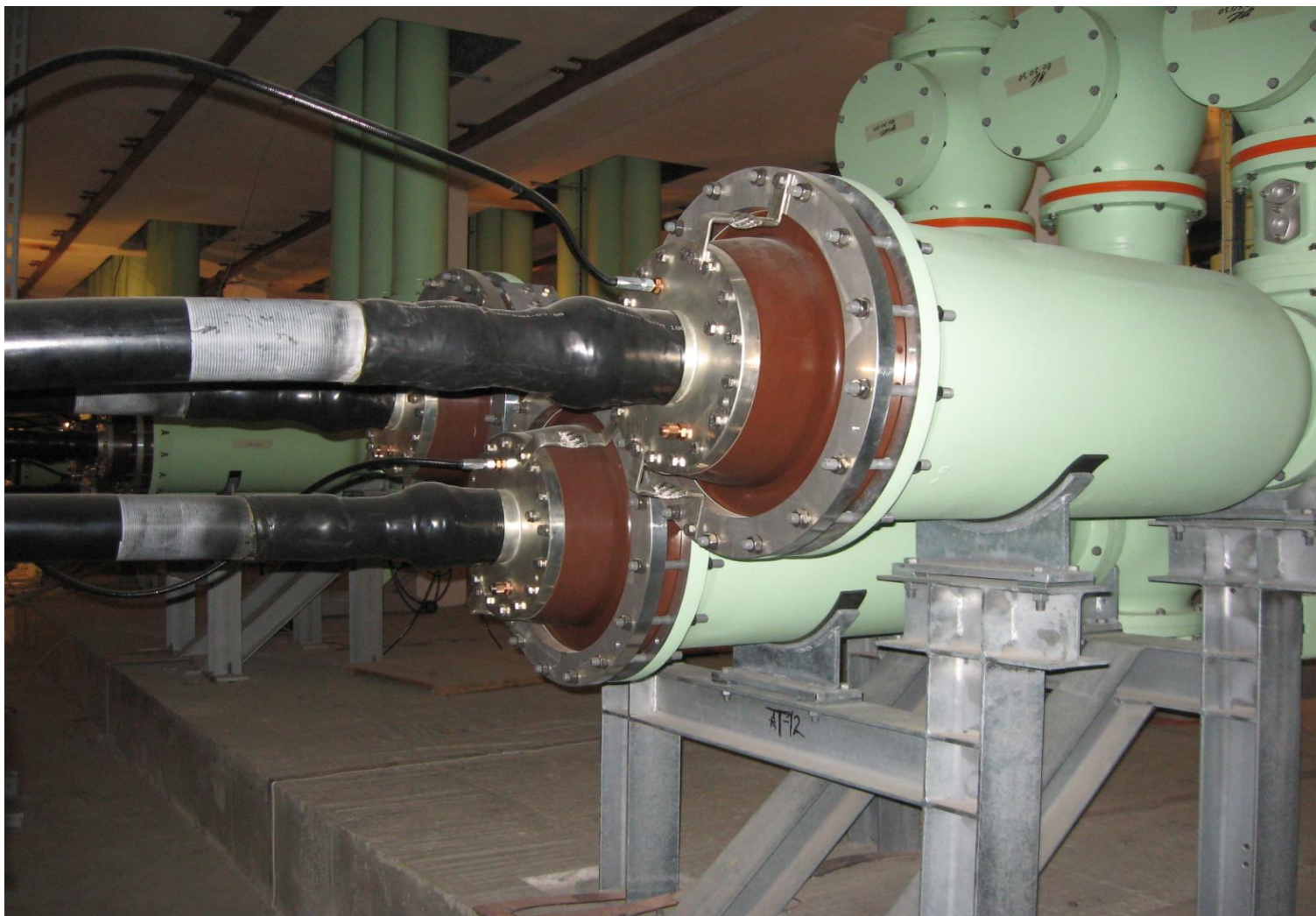


# Связь КРУЭ с внешними присоединениями



Элегазовый токопровод КРУЭ-ВЛ 500 кВ ПС 500 кВ Западная

# Связь КРУЭ с внешними присоединениями через кабельный подвал.



Кабельный заход в КРУЭ 220 кВ ПС 500 кВ Очаково в  
кабельном подвале.



# Связь КРУЭ с внешними присоединениями



Элегазовый токопровод 500 кВ АТ-КРУЭ с муфтами «элегаз-масло» ПС 500 кВ Очаково

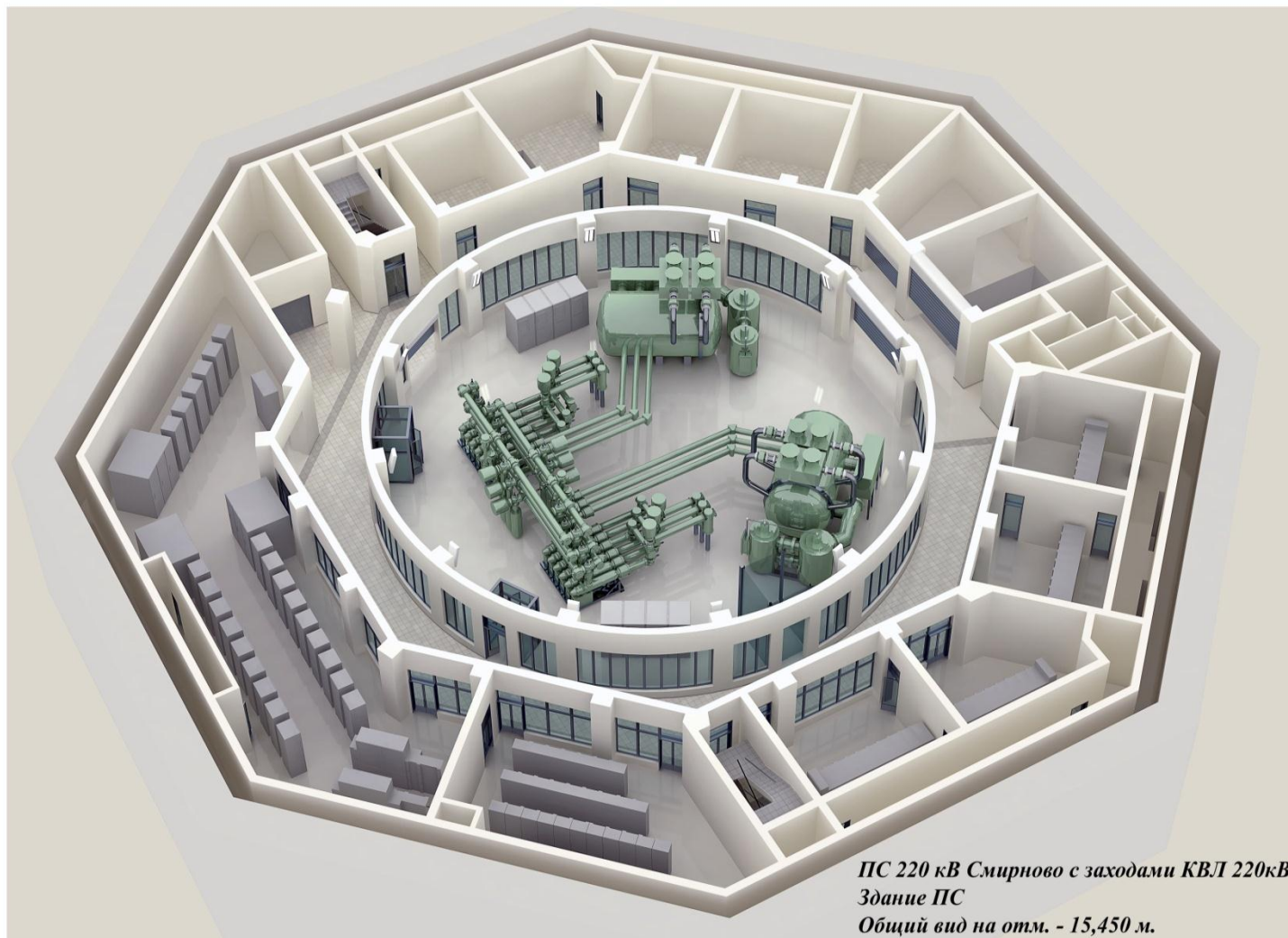
# Связь КРУЭ с внешними присоединениями



Элегазовые токопроводы 330 кВ и 220 кВ в КРУЭ 220 кВ  
ПС 330 кВ Завод Ильич СПб.

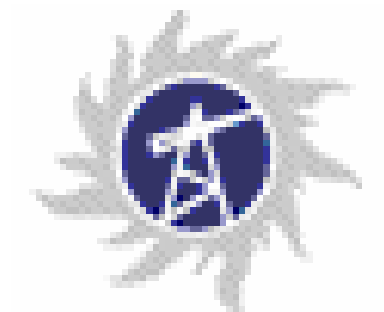


# Размещение ПС с КРУЭ



*ПС 220 кВ Смирново с заходами КВЛ 220кВ  
Здание ПС  
Общий вид на отм. - 15,450 м.*

- **Подземное размещение КРУЭ 220кВ ПС 220кВ Смирново**



**Спасибо за  
внимание!**