

# Некоторые разъяснения по применению и монтажу КРУЭ в проектах и при КТПР ПС.

## 1. Подтверждение высокой эксплуатационной надёжности оборудования.

Статистические (эксплуатационные) показатели надёжности:

- время между отказами для КРУЭ типа ELK (на примере АББ) (по всем данным для типоразмеров от 170 кВ до 800 кВ - около 16 000 ячейко-лет в эксплуатации)

среднее время между отказами

- для полностью комплектной ячейки (только первичное оборудование)- более 150 лет;
- в т.ч. для выключателей КРУЭ - более 370 лет (частота потока отказов - 0.0027 в год);
- для разъединителей - более 380 лет;
- для заземлителей - более 2000 лет;
- для шинопроводов и соединительных элементов - более 400 лет;
- для вводов элегаз-воздух с композитной изоляцией - не менее 6250 лет (частота потока отказов - 0.00016 в год).

При рассмотрении КРУЭ совместно с вторичным оборудованием и РЗА и с теоретически возможными (с учётом минимально необходимых блокировок и защит) неверными действиями оперативного персонала Заказчика и последствиями от них для КРУЭ, частота потока отказов не превышает 0.018 отказов в год, что соответствует среднему времени наработки на отказ не менее 56 лет на ячейку. Это относится только к случаю размещения оборудования контроля, управления и РЗА в шкафу местного управления ячейкой. При размещении РЗА отдельно см. данные предыдущего абзаца.

См. также публикацию 1НС0007021.

Публикации СИГРЭ содержат усреднённые по всем производителям статистические данные, публикуемые с задержкой 6-7 лет, однако современные показатели КРУЭ компании АББ превосходят эти средние значения в лучшую сторону.

## 2. Здание для КРУЭ и согласование деталей

На первой стадии рабочего проектирования КРУЭ производитель КРУЭ направляет заказчику чертежи компоновок с указанием габаритов, массы, статических и динамических нагрузок, точек фиксации опорных конструкций КРУЭ и точек пересечения элементами КРУЭ строительных конструкций здания. Данные чертежи взаимно согласовываются и утверждаются, после чего возможно завершения проектирования КРУЭ и начало комплектации и сборки. Последующие изменения конструкции КРУЭ невозможны без значительных затрат.

**Заказчик должен неукоснительно следовать взаимно согласованным чертежам КРУЭ и строительной части здания (помещения КРУЭ). К сожалению, это требование крайне редко на практике соблюдается, что приводит к удорожанию проекта и сдвигу сроков поставки оборудования, соответственно к сдвигу пуска КРУЭ в эксплуатацию.**

Обычно предъявляются только требования к полу помещения КРУЭ: монолитный бетон определённой толщины (обычно 250 мм, согласовывается для каждого проекта) и плотности. Закладные элементы часто не требуются. Чертежи с указанием точек фиксации опорных конструкций КРУЭ со статическими и динамическими нагрузками, точками заземляющих спусков, чертежи согласования интерфейсов КРУЭ-стены / пол / крыша здания изготовители должны предоставлять на начальной стадии рабочего проектирования для согласования строительной части. Также сообщается информация о нагрузках (вторичные цепи) для расчёта аккумуляторных батарей, информация о шкафах местного управления КРУЭ, иная необходимая информация.

Стены, крыша здания КРУЭ обычно не несут нагрузку от КРУЭ (она воспринимается собственной опорной конструкцией и передаётся на пол / фундамент), соответственно здание КРУЭ может быть выполнено недорогим, из сборных металлоконструкций и панелей с утеплителем. Нет необходимости делать здание из железобетона или кирпича. Нет необходимости разделять помещение с КРУЭ противопожарными перегородками, т.к. оборудование не пожароопасно.

В случае, если заказчик предусматривает выполнение расширительного шва в фундаменте здания КРУЭ, такая информация должна быть заранее предоставлена поставщику для предусмотрения в конструкции КРУЭ компенсаторов перемещений.

Требования со стороны производителя КРУЭ к вспомогательным помещениям, как правило, **ОТСУТСТВУЮТ**. ЦИУС ЕЭС требует в своих документах обязательно иметь при залах КРУЭ помещения для ЗИП, для хранения баллонов с элегазом, санузел для возможности проведения обязательной влажной уборки зала во время монтажа.

### **3. Элегаз, продукты его разложения, безопасность для персонала**

Сам элегаз не токсичен и не опасен для персонала.

Продукты разложения (как токсичные, так и нетоксичные) появляются в результате взаимодействия элегаза с влагой и при воздействии электрической дуги (особенно при аварийном пробое).

В КРУЭ используются специальные поглотительные молекулярные сита и фильтры, которые остаются в элегазовых отсеках на весь период эксплуатации и меняются только при вскрытии отсеков.

Кроме того, подбор материалов корпуса, активных элементов, сопел и изоляторов позволяет свести к минимуму продукты взаимодействия элегаза с этими материалами при возникновении дуги.

При нормальных условиях эксплуатации воздействие элегаза и продуктов его разложения на персонал практически исключён.

При соблюдении предписанных мероприятий обеспечивается также полная безопасность персонала в случае работ со вскрытием элегазовых отсеков, а также в аварийных ситуациях. Изготовитель должен предоставить подробные инструкции по эксплуатации КРУЭ, по обращению с элегазом и с газотехнологическим оборудованием, дополнительную информацию, производит обучение персонала заказчика.

### **4. Температура эксплуатации КРУЭ**

Подробнее указано в технических данных производителя.

Диапазон рабочих температур активных элементов (аппаратов) КРУЭ - от -30 С до +40 С (за исключением ШМУ).

Для пассивных элементов (соединительные токопроводы) - от -40 С до +40 С.

В случае расположения ШМУ вместе с КРУЭ в одном помещении (стандартное решение) диапазон рабочих температур составит от +5С до +40 С.

При температурах выше +40 С, а также при наружной установке в жарком климате требуется выполнить расчёт допустимого повышения температуры токопроводов и корпусов КРУЭ для требуемых величин номинального тока.

Обычно заказчик определяет, в допустимых диапазонах, желаемую температуру эксплуатации по соображениям затрат на обогрев здания (могут быть определённые нормы заказчика).

Стандартные вводы элегаз-воздух и соединительные элегазовые токопроводы работоспособны до температур -40 С (расчёты допускают и -45 С) без дополнительных мероприятий (обогрев; специальная конструкция вводов и пр.).

Низкотемпературные вводы элегаз-воздух рассчитаны на температуру эксплуатации в диапазоне от -60 С до +40 С.

При проведении монтажа и пусконаладки КРУЭ необходимо исключить условия запылённости, влажности и перепадов температур, приводящих к конденсации влаги. На практике это означает выполнение работ внутри помещения при температурах от +15С до +40 С. В случае невозможности обеспечить указанные условия необходимо проконсультироваться с поставщиком оборудования.

Влажность воздуха – не более 70%. При более высокой влажности необходимо предусмотреть специальное исполнение КРУЭ.

## 5. Критерии выбора КРУЭ по сравнению с ОРУ

Как правило, при выборе типа РУ руководствуются комплексом критериев (см. рекомендации СИГРЭ в частности, однако они явно неполные), перечисленных без учёта степени их релевантности:

- Повышенная надёжность (узлы энергосистем; подстанции у ответственных потребителей; распредустройства крупных электростанций)
- Повышенная оперативная готовность (см. выше)
- Необслуживаемая подстанция
- Недостаток места для ОРУ
- Сложный рельеф местности (горы, берега рек)
- Городская застройка
- Подстанция глубокого ввода
- Общая оптимизация компоновки объекта (например, ГЭС)
- Реконструкция старого ОРУ с минимальным перерывом в электроснабжении потребителей
- Реконструкция ЗРУ
- Расширение ОРУ при недостатке места
- Размещение подстанции на верхних этажах здания
- Подземное размещение
- Минимизация воздействия на окружающую среду (ЭМС)
- Минимизация негативного эстетического эффекта (архитектура, ландшафт)
- Повышенная защищённость от актов вандализма и терроризма (компактность, скрытое размещение в сочетании с кабельными присоединениями)
- Часто применение КРУЭ позволяет решить проблемы с оптимизацией РЗА и молниезащиты (на АЭС, ГЭС – расположение КРУЭ как можно ближе к тр-рам; исключение длинных воздушных переходов)
- Полная безопасность для персонала
- Максимальная автоматизация
- Сокращение суммарных затрат при строительстве (обычно за счёт оптимизации компоновок и применении более простых схем соединений)
- Сокращение эксплуатационных издержек
- КРУЭ по определению является законченной системой, готовой к пуску в эксплуатацию
- Минимизация проектных работ со стороны заказчика
- Стандартизированные интерфейсы
- Большое количество присоединений
- Возможность упростить главную схему (исключаются обходные шины, ремонтные переемы, многие разъединители и заземлители)
- Номинальные токи до 4000 А (присоединения элегазовым токопроводом на такой ток)
- .....иные специфические для каждого проекта преимущества

**Эксперт УЭО ПС и ВЛ ОАО «ЦИУС ЕЭС» Смирнов М.К.**