

# **Высоковольтные испытания и диагностика силового электрооборудования 6-110 кВ.**

**Хренников А.Ю.- доктор технических наук,  
профессор**

**E-mail: [ak2390@inbox.ru](mailto:ak2390@inbox.ru)**

# Основные законы, постановления и НТД

- Об электроэнергетике (с изменениями на 27 декабря 2019 года), РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ,
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН
- Статья 1. Предмет регулирования настоящего Федерального закона
- Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы экономических отношений в сфере электроэнергетики, определяет полномочия органов государственной власти на регулирование этих отношений, основные права и обязанности субъектов электроэнергетики при осуществлении деятельности в сфере электроэнергетики (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии) и потребителей электрической энергии (статья в редакции, введенной в действие с 30 июля 2010 года Федеральным законом от 27 июля 2010 года N 191-ФЗ).

# Правила по охране труда при эксплуатации

ПРАВИЛА  
ПО ОХРАНЕ ТРУДА  
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**ПОТЭУ**  
**903н-2022**

## электроустановок

- **МИНИСТЕРСТВО ТРУДА И СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
- **ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 г. N 903н**
- **Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок**
- **(Настоящий приказ вступает в силу с 1 января 2021 года и действует до 31 декабря 2025 года.)**

# Нормативные документы

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

## ПРАВИЛА ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Приказ Министерства труда  
и социальной защиты  
Российской Федерации  
от 15 декабря 2020 г. № 903н  
«Об утверждении Правил по охране труда  
при эксплуатации электроустановок»

ОМЕГА-А

ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ

## МЕТОДИКА

ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ ОСНОВНОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИНИЙ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ  
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ



Утверждена Приказом Минэнерго России  
от 26.07.2017 № 676

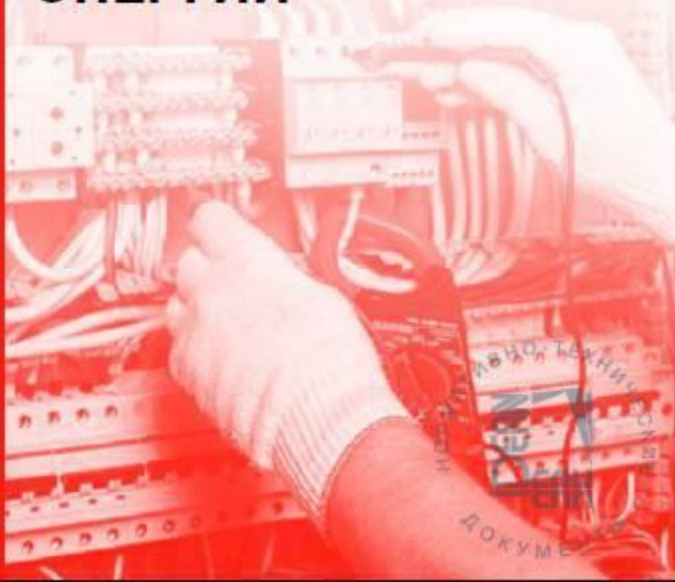
# Нормативные документы



# Правила

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ

## ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ



Некоммерческое партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ  
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО  
70238424.29.240.10.004-2011

ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 КВ И ВЫШЕ  
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО



# Наладка и испытания электрооборудования

- ПУЭ: правила устройства электроустановок



Раздел 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА. Глава 1.1. Общая часть. Глава 1.2. Электроснабжение. Глава 1.3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны

Глава 1.4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания

Глава 1.5. Учет эл.энергии. Глава 1.6. Измерения эл.величин

Глава 1.7. Заземление и защитные меры эл.безопасности

## Глава 1.8. Нормы приемо-сдаточных испытаний

## 1.9. Изоляция электроустановок

- Раздел 2. КАНАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
- Глава 2.1 Электропроводки. Глава 2.2. Токопроводы напряжением до 35 кВ
- Глава 2.3. Кабельные линии напряжением до 220 кВ
- Глава 2.4 -2.5. Воздушные линии эл.передачи напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ

# Наладка и испытания

## • ПУЭ: правила устройства электроустановок

### • Раздел 3. ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

Глава 3.1 Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ. Глава 3.2 Релейная защита

Глава 3.3 Автоматика и телемеханика. Глава 3.4 Вторичные цепи

### • Раздел 4. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ

Глава 4.1 Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока

Глава 4.2 Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ

Глава 4.3 Преобразовательные подстанции и установки. Глава 4.4 Аккумуляторные установки

### • Раздел 5. ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

Глава 5.1. Электромашинные помещения. Глава 5.2. Генераторы и синхронные компенсаторы

Глава 5.3. Эл. двиг. и их коммутационные аппараты. Глава 5.4. Электрооборудование кранов

Глава 5.5. Электрооборудование лифтов. Глава 5.6. Конденсаторные установки

### • Раздел 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### • Раздел 7. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Глава 7.1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий

Глава 7.2. Электроустановки зрелищных предприятий, и спортивных сооружений

# Наладка и испытания силовых трансформаторов

- ПУЭ» («Правила устройства электроустановок»), 7-е издание, глава 1.8, пункт 1.8.16, пункты 1-14;
- «ПТЭЭП» («Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»), Приложение 3 Раздел 2; приложение 3.1, таблица 5;
- Паспорт трансформатора от завода-изготовителя;
- ГОСТ 11677-75 – в стандарте, которого описаны программы и акты приемосдаточных, типовых и периодических тестов трансформирующего электрооборудования, проводимых на заводах производителей;
- ГОСТ 3484-77 / ГОСТ 22756-77 / ГОСТ 8008-75 – стандарты, включающие и регламентирующие всю методику текущих испытаний до и после монтажных работ на объектах.

# Наладка и испытания

## силовых трансформаторов

ПУЭ» («Правила устройства электроустановок»), 7-е

издание, глава 1.8, пункт 1.8.16, пункты 1-14;

1.8.1. Электрооборудование до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию, должно быть подвергнуто приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с требованиями настоящей главы. Приемо-сдаточные испытания рекомендуется проводить в нормальных условиях окружающей среды, указанных в государственных стандартах.

При проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного настоящими нормами, следует руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей.

# Наладка и испытания

## силовых трансформаторов

ПУЭ» («Правила устройства электроустановок»), 7-е издание, глава 1.8, пункт 1.8.16, пункты 1-14;

**1.8.2. Устройства релейной защиты и электроавтоматики на электростанциях и подстанциях проверяются по инструкциям, утвержденным в установленном порядке.**

**1.8.3. Помимо испытаний, предусмотренных настоящей главой, все электрооборудование должно пройти проверку работы механической части в соответствии с заводскими и монтажными инструкциями.**

**1.8.4. Заключение о пригодности оборудования к эксплуатации дается на основании результатов всех испытаний и измерений, относящихся к данной единице оборудования.**

**1.8.5. Все измерения, испытания и опробования в соответствии с действующими нормативно-техническими документами, инструкциями заводов-изготовителей и настоящими нормами, произведенные персоналом монтажных наладочных организаций непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию, должны быть оформлены соответствующими актами и/или протоколами.**

# Наладка и испытания силовых трансформаторов

- ПУЭ» («Правила устройства электроустановок»), 7-е издание, глава 1.8, пункт 1.8.16,
- 1.8.16. Нормы приемо-сдаточных испытаний. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)
  - 1. Определение условий включения трансформаторов.
  - 2. Измерение характеристик изоляции.
  - 3. Испытание повышенным напряжением пром. частоты
  - 4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
  - 5. Проверка коэффициента трансформации.
  - 6. Проверка группы соединения трехфазных тр-ров.
  - 7. Измерение потерь холостого хода. Измерение сопротивления короткого замыкания ( $Z_k$ ) трансформатора.
  - 8. Проверка работы переключающего устройства.
  - 9. Испытание бака с радиаторами.
  - 10. Проверка устройств охлаждения.
  - 11. Проверка средств защиты масла.
  - 12. Фазировка трансформаторов.
  - 13. Испытание трансформаторного масла.
  - 14. Испытание включением толчком на номинальное напряжение.
  - 15. Испытание вводов.
  - 16. Испытание встроенных трансформаторов тока.

# Наладка и испытания электрооборудования

Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (с изменениями на 13 сентября 2018 года), МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПРИКАЗ от 13 янв.2003 года N 6

## Глава 1.3. Приемка в эксплуатацию электроустановок

1.3.1. Новые или реконструированные электроустановки и пусковые комплексы должны быть приняты в эксплуатацию в порядке, изложенном в настоящих Правилах и других нормативных документах.

1.3.2. До начала монтажа или реконструкции электроустановок необходимо:

получить технические условия в энергоснабжающей организации;

выполнить проектную документацию;

согласовать проектную документацию с энергоснабжающей организацией, выдавшей технические условия, и органом государственного энергетического надзора.

# Наладка и испытания электрооборудования

## ПТЭ (с изм. 13 сент. 2018 г.), Глава 1.3. Приемка в эксплуатацию электроустановок

1.3.4. Приемосдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем должны проводиться по проектным схемам подрядчиком (генподрядчиком) с привлечением персонала заказчика после окончания всех строительных и монтажных работ по сдаваемой электроустановке, а комплексное опробование должно быть проведено заказчиком.

1.3.5. Перед приемосдаточными и пусконаладочными испытаниями и комплексным опробованием оборудования должно быть проверено выполнение настоящих Правил, правил устройства электроустановок, строительных норм и правил, государственных стандартов, правил безопасности труда, правил взрыво- и пожаробезопасности, указаний заводов-изготовителей, инструкций по монтажу оборудования.

1.3.6. Для проведения пусконаладочных работ и опробования электрооборудования допускается включение электроустановок по проектной схеме на основании временного разрешения, выданного органами госэнергонадзора.

1.3.7. При комплексном опробовании оборудования должна быть проверена работоспособность оборудования и технологических схем, безопасность их эксплуатации; проведены проверка и настройка всех систем контроля и управления, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов. Комплексное опробование считается проведенным при условии нормальной и непрерывной работы основного и вспомогательного оборудования в течение 72 ч, а линий электропередачи - в течение 24 ч.

1.3.8. Дефекты и недоделки, допущенные в ходе строительства и монтажа, а также дефекты оборудования, выявленные в процессе приемосдаточных и пусконаладочных испытаний, комплексного опробования электроустановок, должны быть устранены. Приемка в эксплуатацию электроустановок с дефектами и недоделками не допускается.

# ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

- ПАО «Россети»,
- Распоряжение от 26.05.2017г. № 280
- СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
- ПАО «РОССЕТИ»
- СТО 34.01-23.1-001-2017
- Утвердить стандарт организации «Объём и нормы испытаний электрооборудования» (новые)
- РАЗРАБОТАН ОАО «Фирма ОРГРЭС» , при участии ПАО «Россети и ДЗО, а также ООО НТЦ «ЭДС», АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

# Наладка и испытания силовых трансформаторов

Рабочий персонал должен в обязательном порядке руководствоваться определенными регламентами, предписаниями и нормативной документацией по проведению испытаний согласно правилам техники безопасности



# Наладка и испытания силовых трансформаторов

Зачем нужно испытывать трансформаторы

Силовой трансформатор – важный передающий элемент в составе мощной и сложной энергосистемы, обеспечивающей электропитанием значительное количество промышленных и бытовых энерго потребителей. Трансформатор должен обеспечивать надежную работу продолжительное время, чтобы не происходило перерывов в работе промышленных потребителей, не было недостачи в электроэнергии в быту.

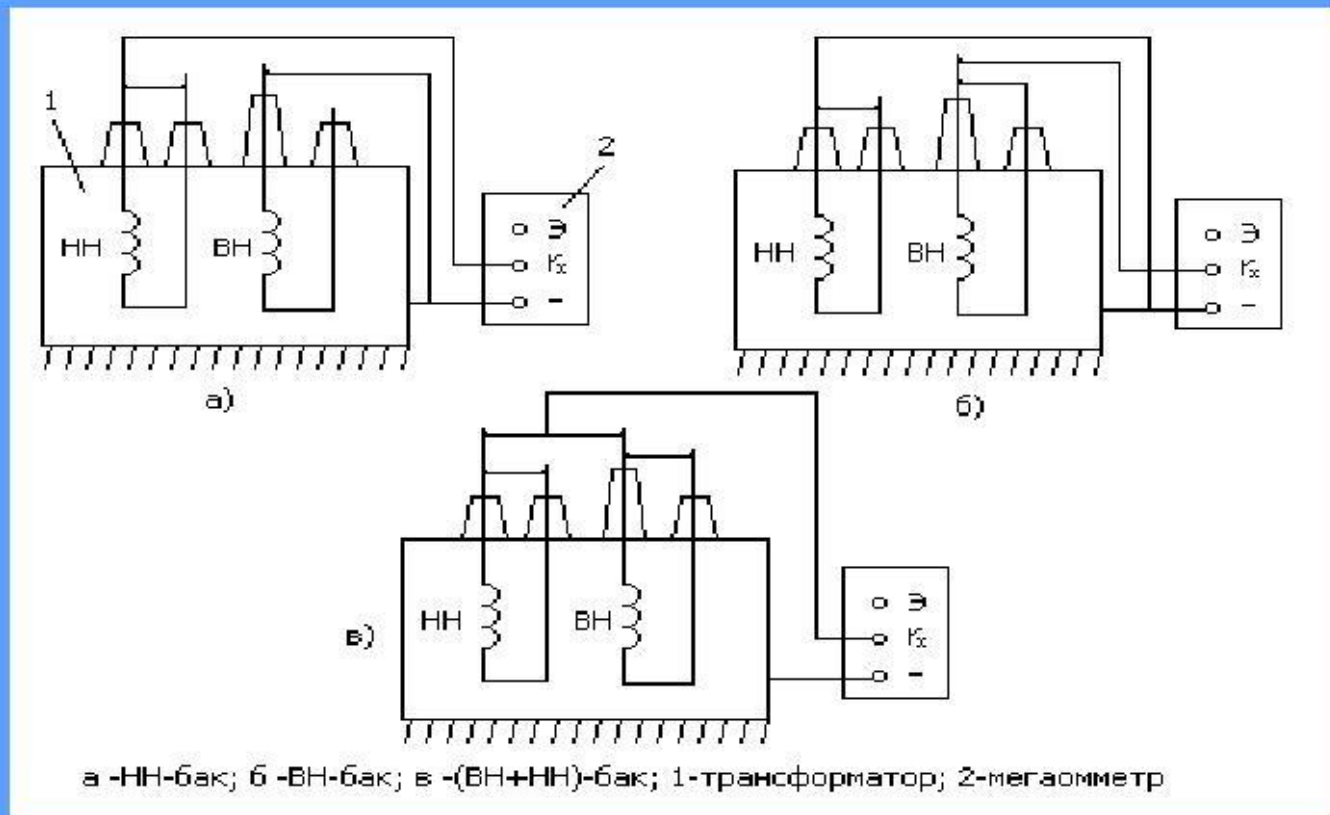
# Наладка и испытания силовых трансформаторов

- На заводах изготовителях испытаниями на работоспособность – с целью проверки исправности и готовности к дальнейшей работе на объекте;
- При монтаже, тестируя согласно специальной методике приемосдаточных испытаний – с целью понимания, что в момент транспортировки и последующей установки энергооборудования не произошло никаких дефектов или ошибок монтажа;
- Периодически в течении эксплуатации, в результате которых также могут возникнуть дефекты, для предотвращения предаварийных или аварийных режимов. Для выявления дефектов на ранних этапах и своевременного их устранения с наименьшими потерями для всех потребителей.

# Испытания силовых трансформаторов

Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора –при помощи мегаомметра 2500 вольт.

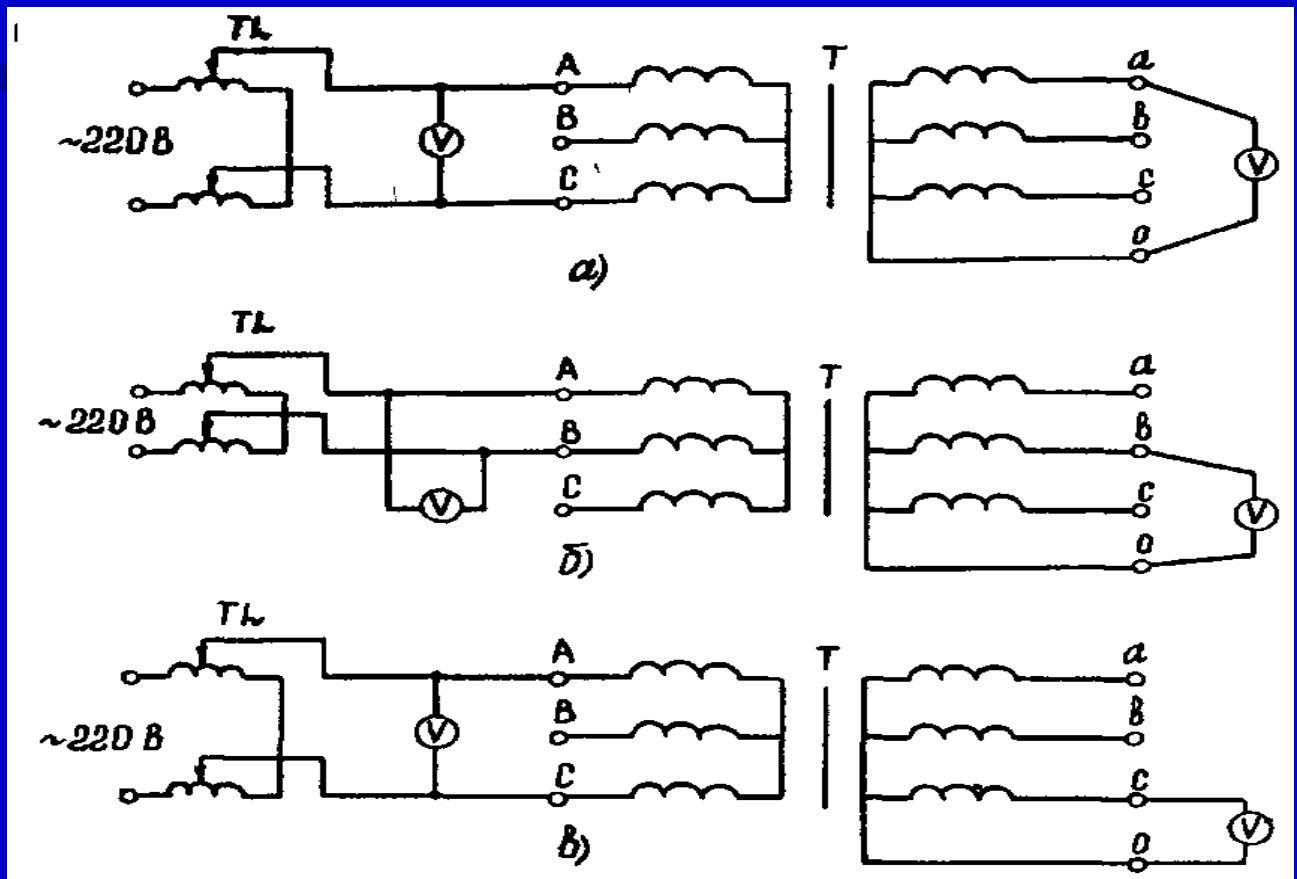
## Измерение сопротивления изоляции



Измерения производят мегаомметром на 2500 В

# Испытания силовых трансформаторов

## Определение коэффициента трансформации



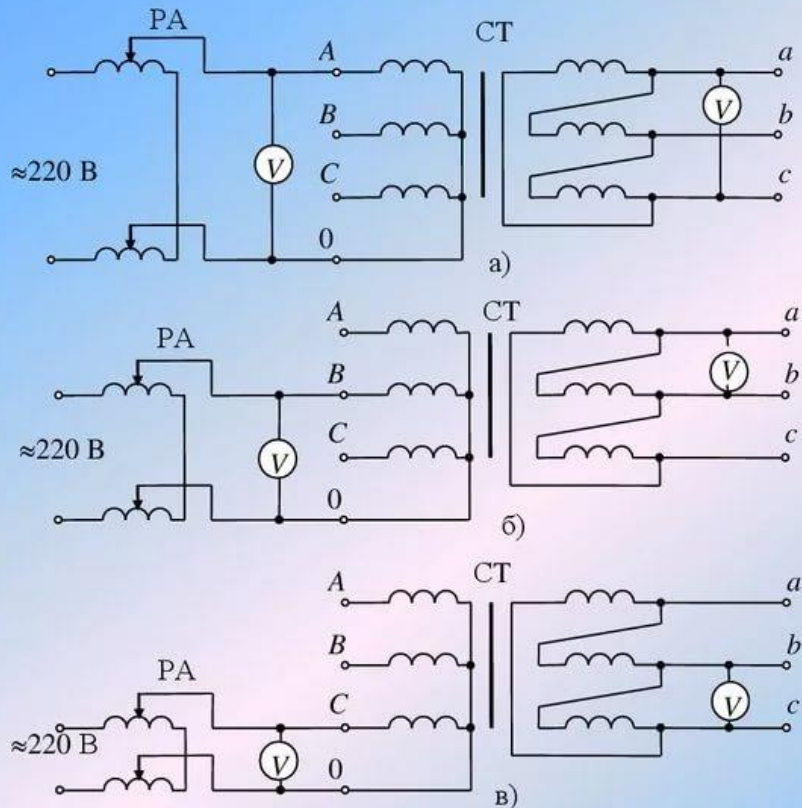
**Рис. 11. Схема измерения для определения коэффициента трансформации трехфазного двухобмоточного трансформатора (схема и группа соединения Y/Yn-0) при однофазном возбуждении:**

*a* — измерение на фазе А; *б* — измерение на фазе В;  
*в* — измерение на фазе С.  
 Обозначения те же, что и на рис. 1

# Испытания силовых трансформаторов

## Определение коэффициента трансформации

### Схема измерения $K_T$



Для определения коэффициента трансформации трехфазного двухобмоточного трансформатора (схема и группа соединения  $Y_n/\Delta-11$ ) при однофазном возбуждении:

- а – измерение на фазе  $A$ ,
- б – измерение на фазе  $B$ ;
- в – измерение на фазе  $C$ ;

РА – регулируемый автотрансформатор; СТ – испытуемый силовой трансформатор

# Испытания силовых трансформаторов

## Измерение сопротивления обмоток постоянному току

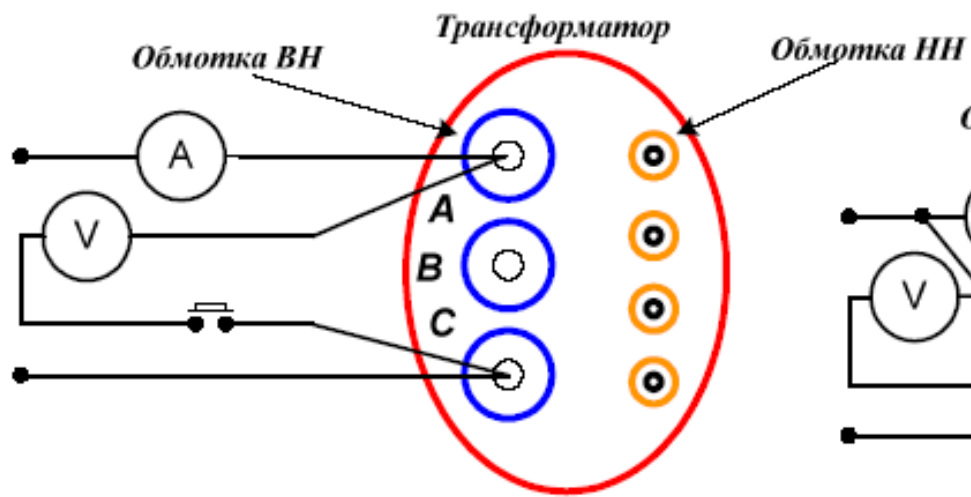


Схема для измерения малых сопротивлений

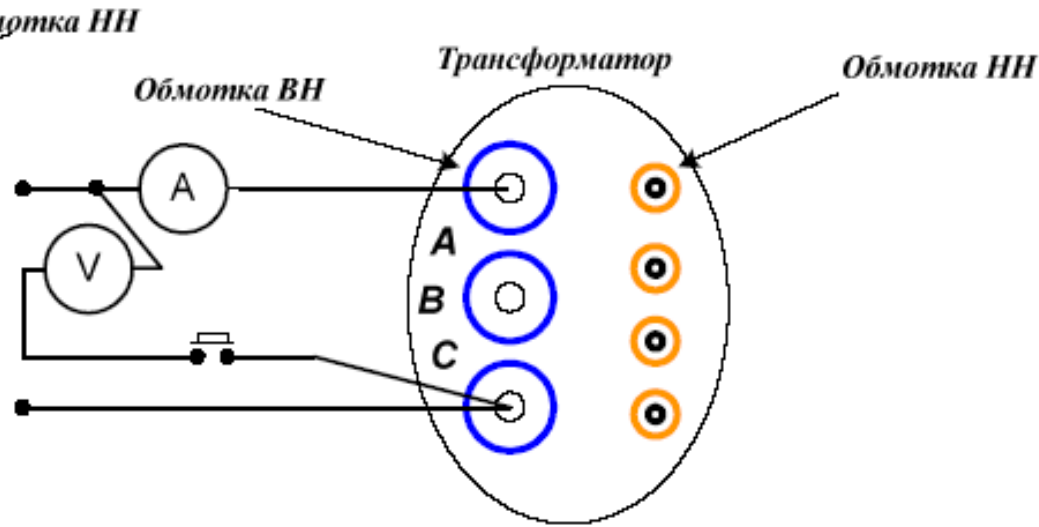
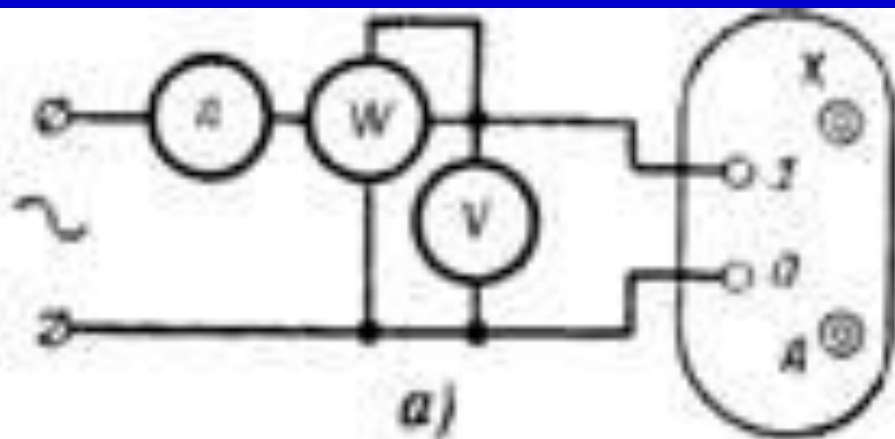


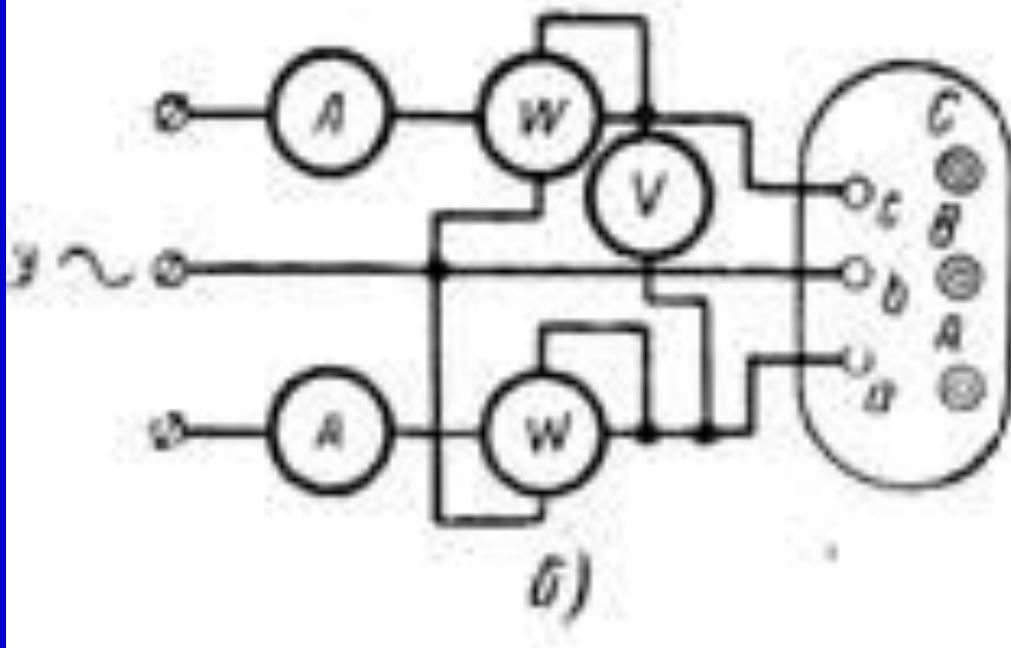
Схема для измерения больших сопротивлений

# Испытания силовых трансформаторов

## Схемы измерения потерь холостого хода трансформаторов

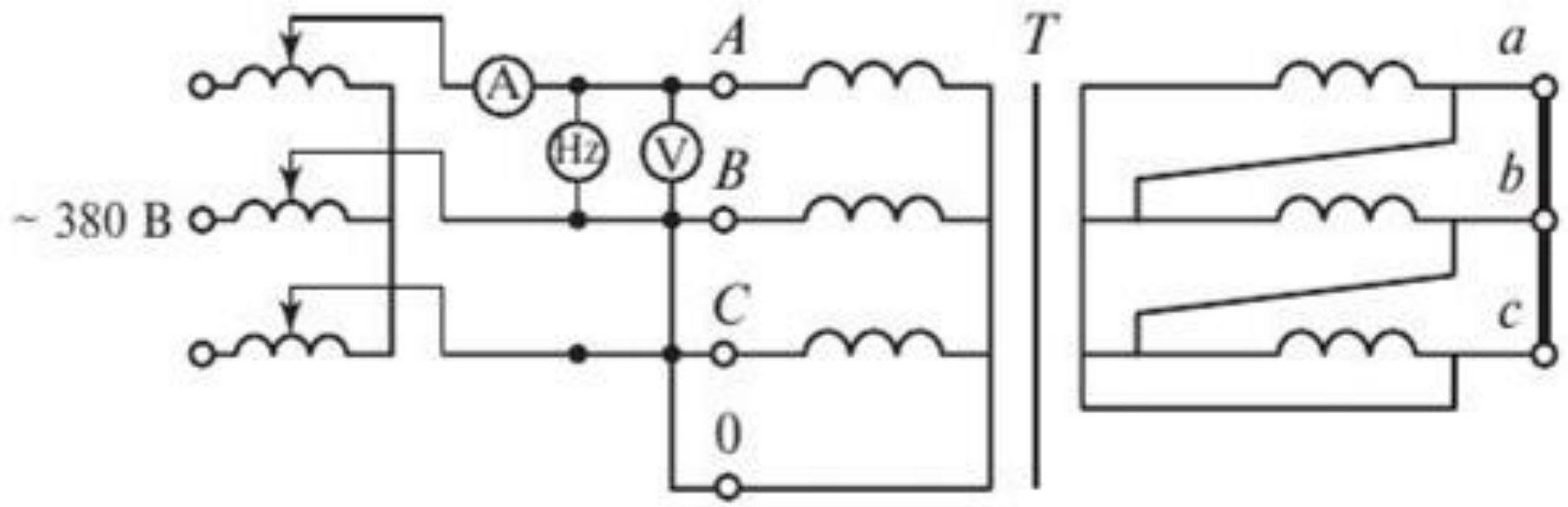


а — измерение потерь однофазных трансформаторов;  
б — измерение потерь трехфазных трансформаторов.



# Испытания силовых трансформаторов

## Схемы измерения сопротивления $K3 Z_k$ трансформатора (циркуляр Ц-02-88 (Э))



Обмотки ВН—НН (измерения на фазе A)

# Фазировка силовых трансформаторов

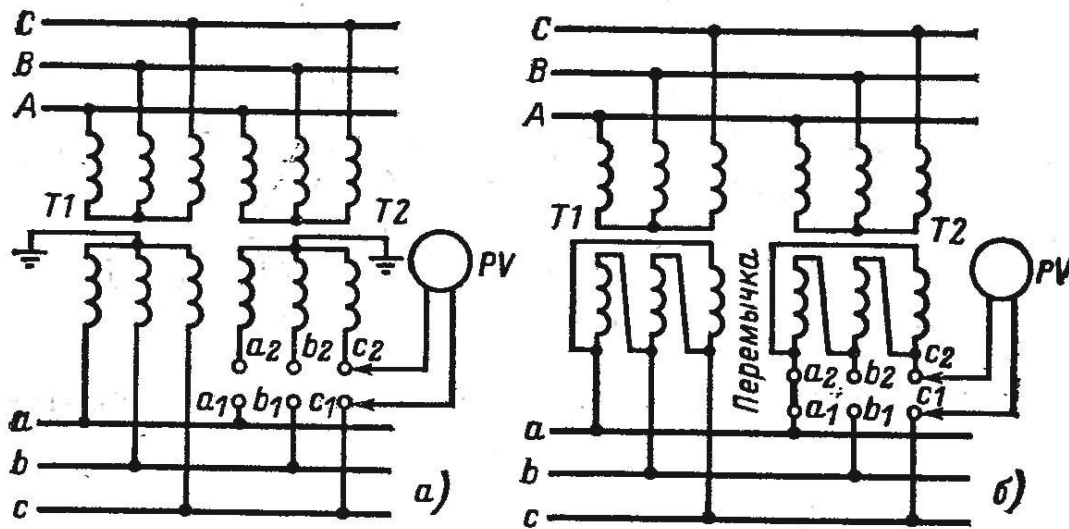


Рис. 5.20. Фазировка силовых трансформаторов на низком напряжении:  $T1$  — работающий трансформатор;  $T2$  — фазуемый трансформатор

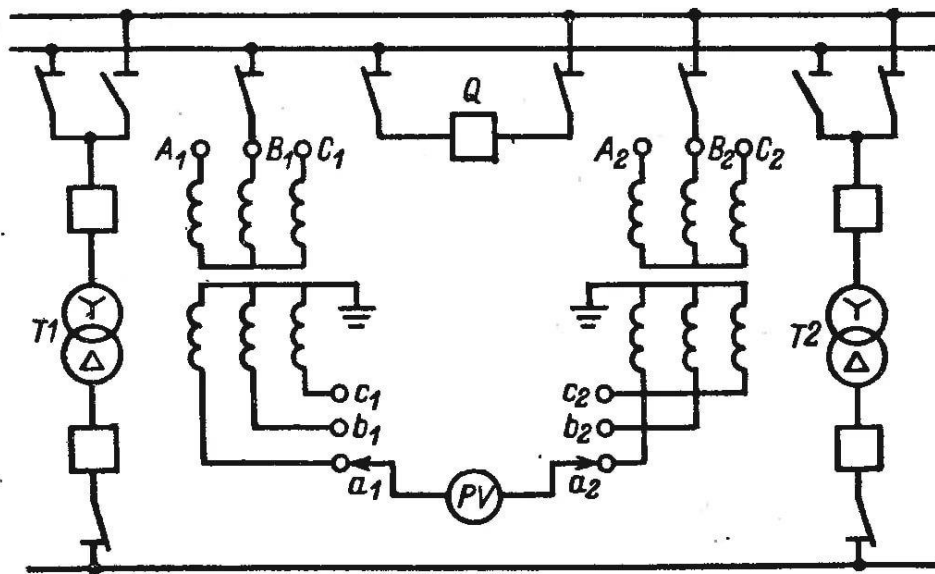


Рис. 5.21. Фазировка силовых трансформаторов на напряжении более 380 В при помощи трансформаторов напряжения. Штоссоединительный выключатель  $Q$  отключен

# Инфракрасная диагностика силовых трансформаторов

## РД 153-34.0-20.363-99 «Основные положения методики инфракрасной (ИК) диагностики электрооборудования

и ВЛ» . Дефекты, нарушения в работе и неисправности:

- появление магнитных полей рассеяния в трансформаторе из-за нарушения изоляции отдельных элементов магнитопровода (консоли, шпильки и т.п.);
- нарушение в работе охлаждающих систем, засорение шламом отдельных секций охладителей, а также дефекты маслонасосов, фильтров,;
- появление застойных зон в баке трансформатора из-за образования шлама, конструктивных ошибок и недоработок, старение и деструкция изоляции обмоток у трансформаторов со сроком эксплуатации свыше 25 лет;
- дефекты и нарушения контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора из-за нагрева вследствие больших значений нагрузочных токов в этих обмотках по сравнению с обмотками ВН;
- дефекты в обмотках встроенных трансформаторов тока в случае возникновения виткового замыкания;
- нарушение и подгорание контактов системы переключателей РПН из-за выработки ресурса или нерасчётных токов

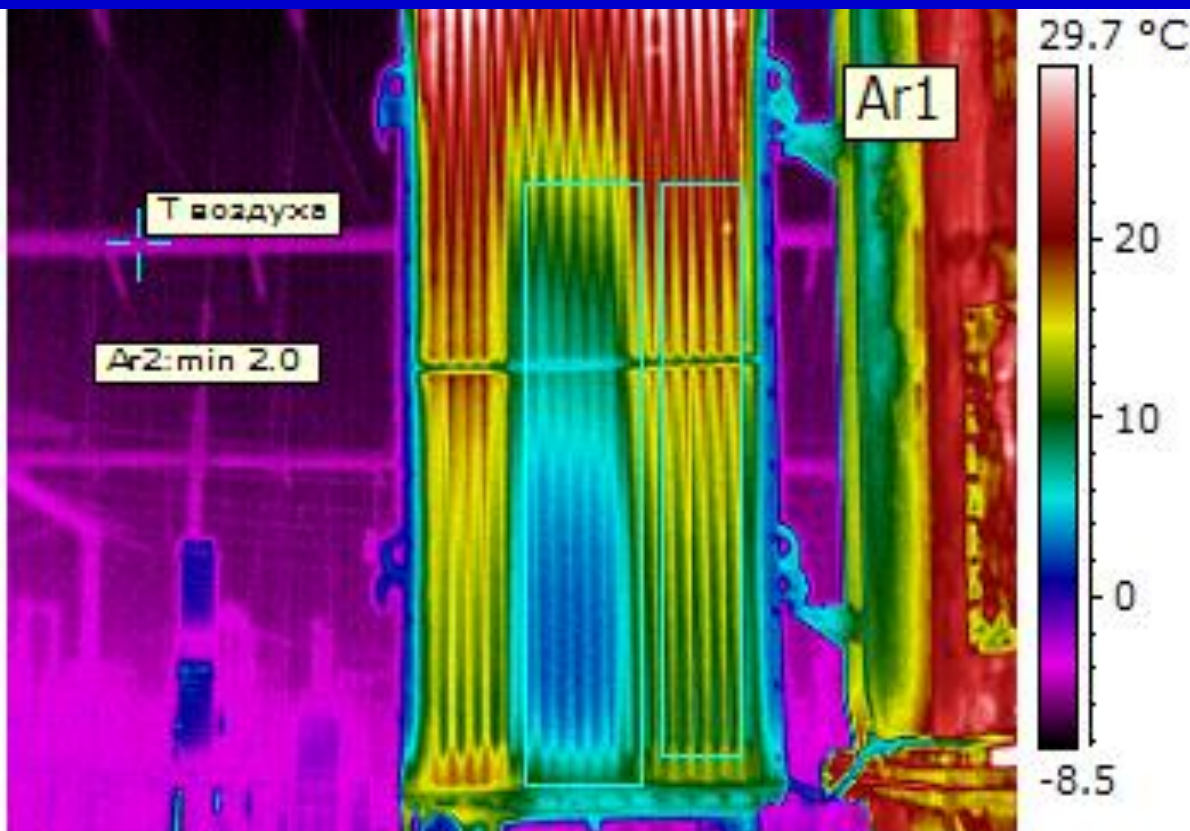
# Инфракрасная диагностика силовых трансформаторов

РД 153-34.0-20.363-99 «Основные положения методики инфракрасной (ИК) диагностики электрооборудования и ВЛ»

.Нарушение в работе охлаждающих систем, засорение шламом отдельных секций охладителей, а также дефекты маслонасосов, фильтров

Через часть трубок радиатора нет циркуляции масла.

Нарушение в работе охлаждающей системы — через часть трубок радиатора нет циркуляции масла, они холоднее других трубок на  $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

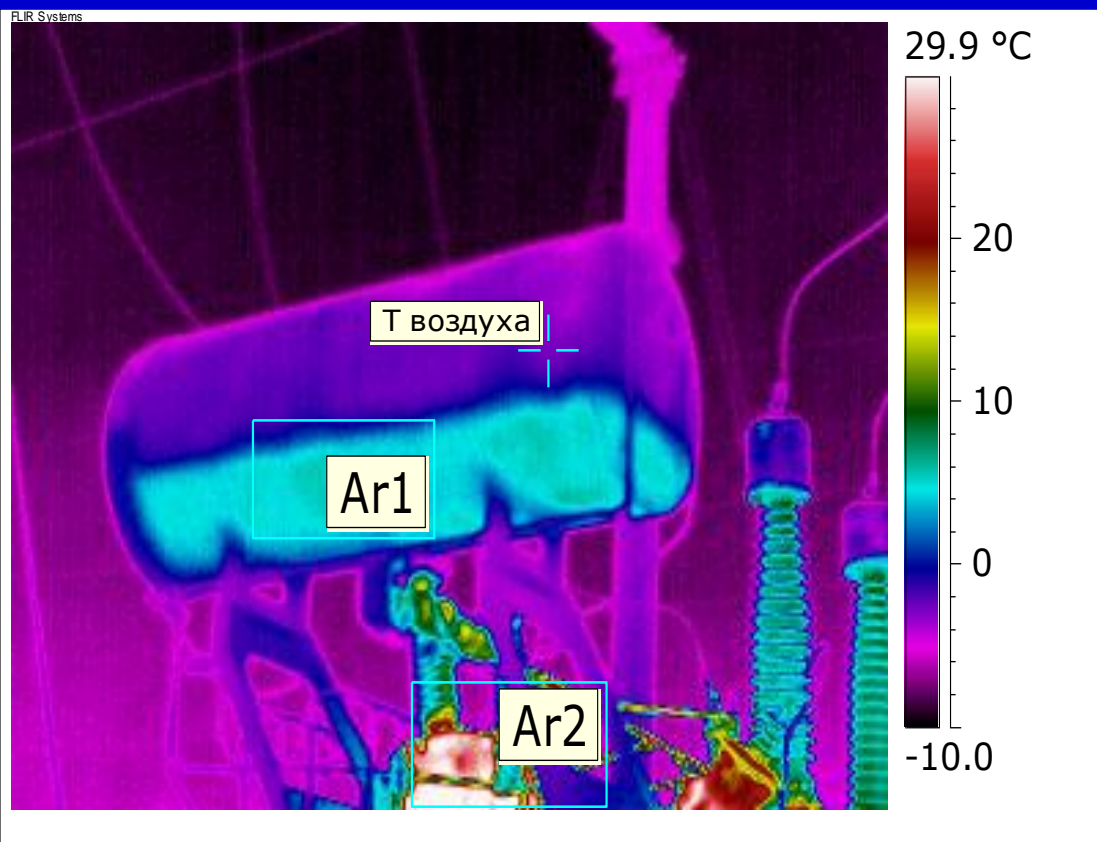


Обозначение	Значение
T воздуха	-4.9 °C
Ar1: Макс	24.1 °C
Ar2: Макс	20.8 °C

# Инфракрасная диагностика силовых трансформаторов

РД 153-34.0-20.363-99 «Основные положения методики инфракрасной (ИК) диагностики электрооборудования и ВЛ» .

С помощью тепловизора можно определить уровень масла в баке расширителя силового трансформатора (рис. 4.31), если это затруднительно с помощью стрелочного маслоуказателя.

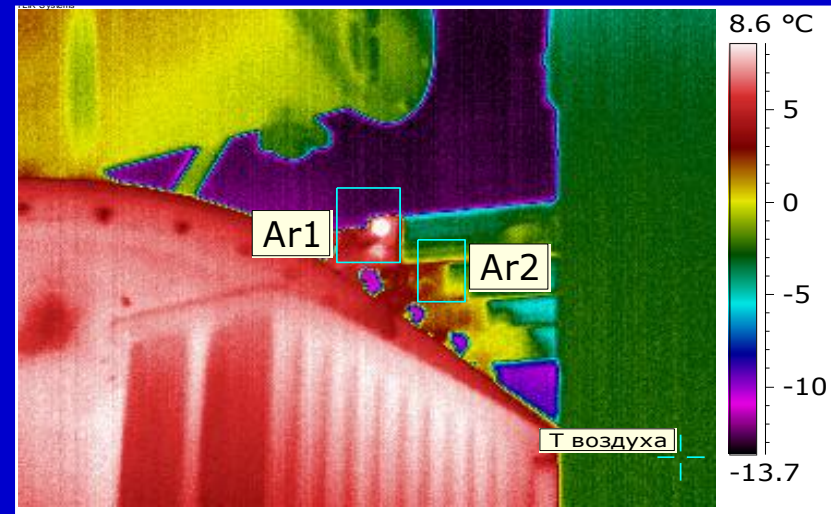


**Уровень  
масла в баке  
расширителя  
автотрансфор  
матора**

# Инфракрасная диагностика силовых трансформаторов

## Нагрев болтового соединения шины 0,4 кВ

трансформатора собственных нужд (ТСН). Необходимо произвести ревизию при плановом выводе в ремонт. Дефект затрагивает аппаратные выводы и болтовые контактные соединения. Температура окружающего воздуха  $-2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Избыточная температура нагретого болтового соединения шины ТСН  $5.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Нагрев болтового соединения шины 0,4 кВ трансформатора собственных нужд: а) в видимом диапазоне, б) в инфракрасном диапазоне.

# Испытание КРУ и КРУН в ЭУ

Элементы КРУ (КРУН): Масляные выключатели;  
Измерительные трансформаторы; Выключатели нагрузки;  
ОПН; Предохранители; Разъединители;  
Силовые трансформаторы; Трансформаторное масло.



# Испытание КРУ и КРУН в ЭУ

## **Основные испытания, проводимые для КРУ:**

### **Типовые испытания**

Определяется характеристика комплектного распределительного устройства и аппаратуры управления, проверка приводов и прочего оборудования. Испытания проводятся для соответствия единому стандарту нормативных параметров. Все основное и вспомогательное оборудование должно иметь сертификат соответствия.

### **Стандартные испытания**

Подобный процесс входит в неотъемлемую часть эксплуатации электроустановки данного типа и служит для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы. Стандартные испытания проводятся с целью выявления дефектов оборудования или для поиска неудовлетворительных характеристик работы.

### **Испытания после монтажа перед началом эксплуатации**

Испытания перед вводом эксплуатации проводятся с целью проверки целостности системы перед подачей напряжения, для выявления, неисправностей, которые могут появиться в результате транспортировки оборудования к месту установки. Особое внимание уделяется проверке изоляции на диэлектрическую прочность.

# Испытание КРУ и КРУН в ЭУ

## Непосредственные испытания

**Мегаомметром** на напряжении 2500 В измеряется сопротивление изоляции КРУ/КРУН. Сопротивление вторичных цепей (500-1000 В), включая все присоединения (вторичные обмотки трансформаторов, приборы, реле).

**Аппаратом испытания диэлектриков АИД-70М** испытывается изоляция вторичных цепей и полностью смонтированных ячеек КРУ/КРУН.

**Микроомметром Ф4104-М1** измеряются сопротивления разъемных и болтовых соединений постоянному току (если конструкция КРУ/КРУН предусматривает выполнение данных замеров).

**По инструкции производителя ЭУ механические испытания** – проверяется техническое состояние и работоспособность контактов заземляющего разъединителя, работа выдвигаемых элементов, блокировок, шторок, фиксаторов.

# Испытание КРУ и КРУН в ЭУ

**Измерение сопротивления изоляции проводится в следующем объеме:**

**Для первичных цепей** - мегаомметр с пределом напряжения – 2,5 кВ.

Производится исследование и замер сопротивления изоляции вспомогательного оборудования, включающее проверку всех рабочих первичных цепей КРУ с подключенными узлами и деталями, влияющими на результаты проведенных испытаний. Значение сопротивления, показываемое мегаомметром, должно равняться или быть больше 1000 МОм.

**Для вторичных цепей**, включающих оборудование для защиты, управления, диагностики и контроля производится измерение мегаомметром с выставленным пределом напряжения 0,5 – 1 кВ. Замер проводится с подключенными устройствами: защитными реле, измерительными приборами, вторичными обмотками трансформаторов измерения тока (ТТ) и напряжения (ТН). Удовлетворительным считается показание мегаомметра, сопротивление равное или больше 1 МОм.

**Производится исследование состояния изоляции первичных цепей контактных ячеек КРУ и КРУН. Проверяется заземление ячеек КРУ и вспомогательного оборудования.**

**Выполняется проверка оборудования КРУ на электромагнитную совместимость, испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц.**

# Испытание масляных выключателей в ЭУ

**Проверку** величины сопротивления изоляции контактной группы, вторичные цепи управления, электромагниты для включения и отключения, ввода и внутренняя изоляция баков и устройств для гашения дуги.

**Выполняется испытание повышенной величиной** напряжения относительно корпуса устройства или опорной изоляции. Изоляция цепей управления и катушек отключения и включения.

**Сопротивление постоянному току.** Выполняют контроль контактной системы масляных выключателей, проверяют шунтирующие реакторы.

**Проверка и замер длины входа подвижных ножей выключателя при включении.** Контроль одновременности при замыкании и размыкании контактной группы, хар-ки регулировки, параметры механизмов и приводов.

**Диагностика и контроль действия элементов свободного расцепления** и механического привода. При включении и отключ.

# Испытание масляных выключателей в ЭУ

**Диагностические испытания и измерение** сопротивления изоляции при помощи "мегаомметра" 2500 В. Измерение выполняют при включенном и отключенном состоянии оборудования.

**Баковая изоляция и дугогасительные устройства проверяют способом проверки тангенса угла диэлектрических потерь.** Существует два этапа проверки: на собранном выключателе и с опущенными баками, слитым маслом и закороченными дугогасящими камерами. Заключительный этап проверки выполняют после сушки и повторной заливки масла.

**Испытание повышенным напряжением выполняют специальным устройством.** Проводится контроль изоляция между фазами и относительно «земли» во включенном состоянии и при отключенном положении на изоляцию внутреннего разрыва. В заключение проводят тепловизионный контроль оборудования.

**Сопротивление постоянному току контактной системы** - измерением сопротивления токоведущих частей полностью и поэлементно.

**Переходное сопротивление контактов** - при изменении площади соприкосновения контактов, зависит от силы нажатия до определенной величины. Влияет чистота контактных поверхностей и способы обработки контактов.

# Масляные и электромагнитные выключатели

## Измерение сопротивления основной изоляции масляного выключателя на выкатном элементе

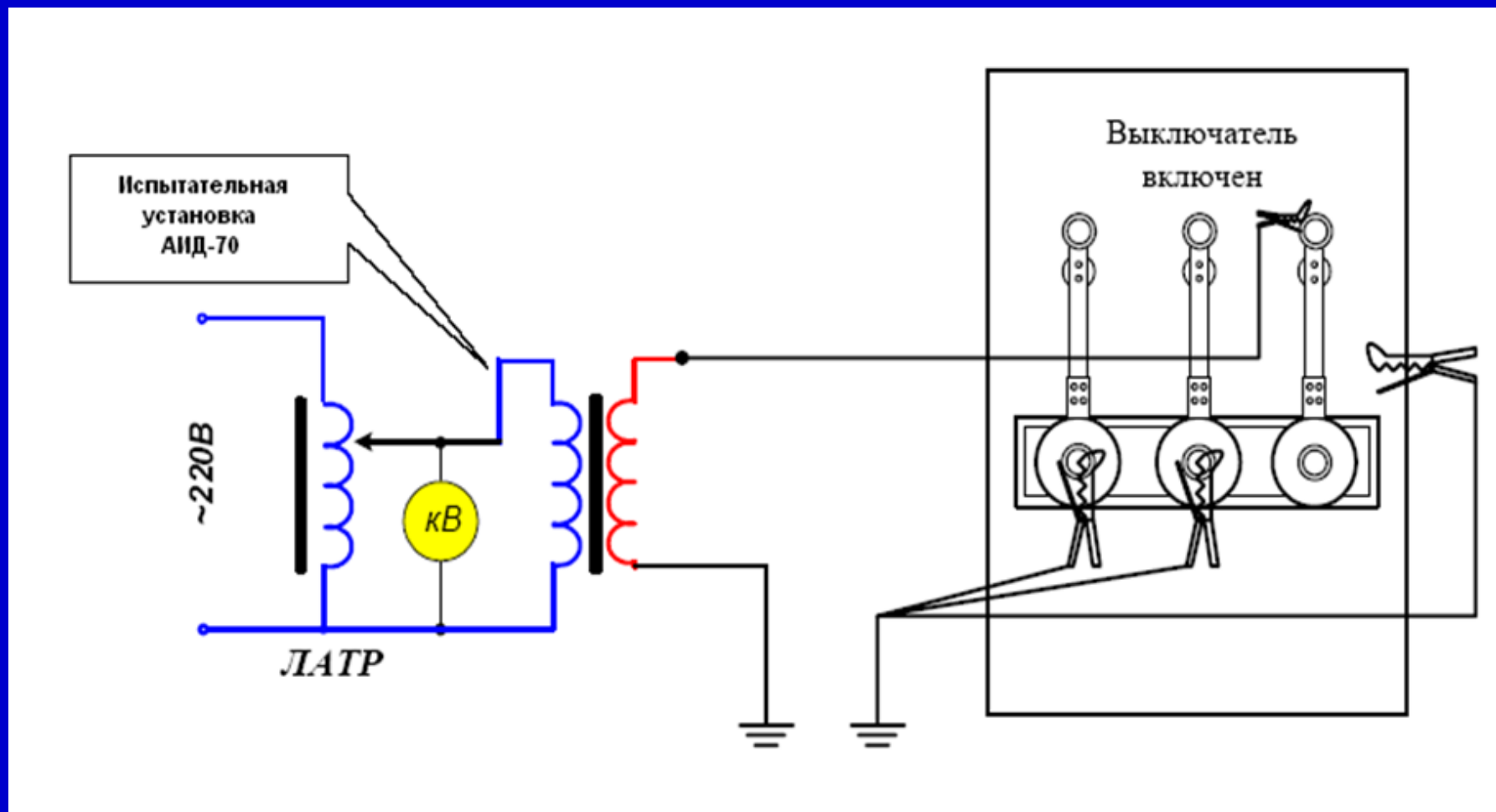


Вид испытания	Сопротивление изоляции, МОм, на номинальное напряжение, кВ		
	3-10	15-150	220 и выше
П	1000	3000	5000
С	300	1000	3000

Наименьшие допустимые значения  
сопротивления изоляции подвижных  
частей из органических материалов

# Масляные и электромагнитные выключатели

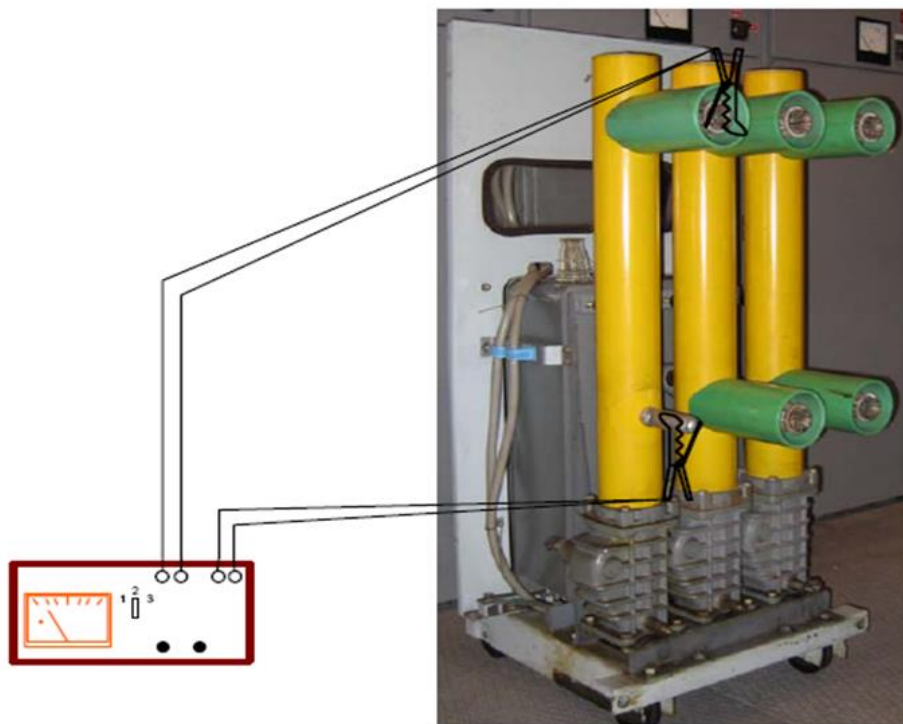
Испытание изоляции силовых частей выключателя на  
выкатном элементе повышенным напряжением



# Масляные и электромагнитные выключатели

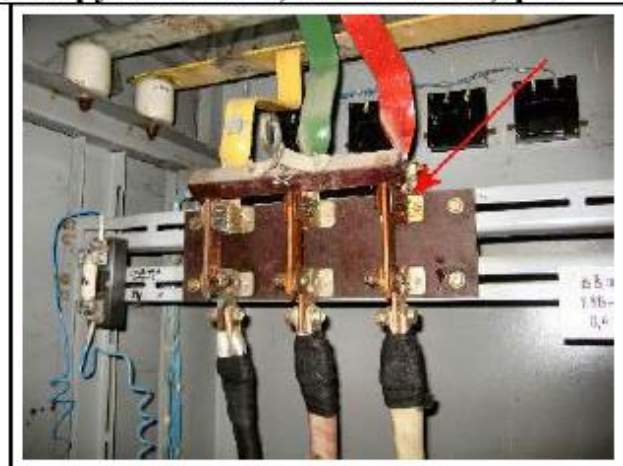
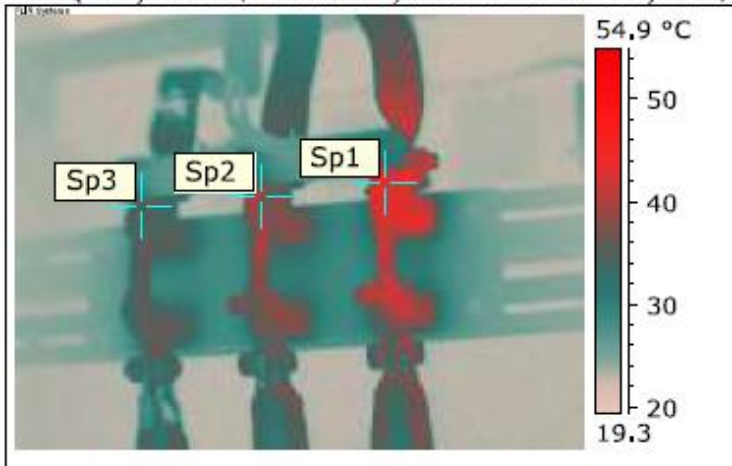
## Измерение сопротивления основных контактов выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ВГМ-10	630	78
	1000	72
МГ-10, МГ-20	5000	300*
	6000	Нет данных
	3150	18; 240*
МГТ-10	4000	14; 240*
	5000	12; 240*
	200	350
ВМ-14, ВМ-16	600	150
	1000, 1250	100
	600	150
ВМ-22, ВМ-23	1000, 1500	100
	600	100
ВМГ-133	1000	75
	630	75
ВМГ-10	1000	70
	630	78
ВГМП-10	1000	72
	630	50
ВМПЭ-10	1000	40
	1600	30
	630	55
ВМПШ-10	1000	45
	1600	32
	600	55
ВМП-10, ВМП-10П	1000	40
	1500	30
ВММ-10	630	85
	630	50/45**
ВК-10, ВКЭ-10	1000	45/40**
	1600	25
	1600	30
ВЭ-10, ВЭС-6	2000-2500	20
	3200-3600	15
С-35	630	310
	3200	60



# ТЕПЛОВИ- ЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

1. ЩСН, 1секция шин 0,4кВ. Панель 30, вводной рубильник 0,4кВ ТСН№2, ф.К

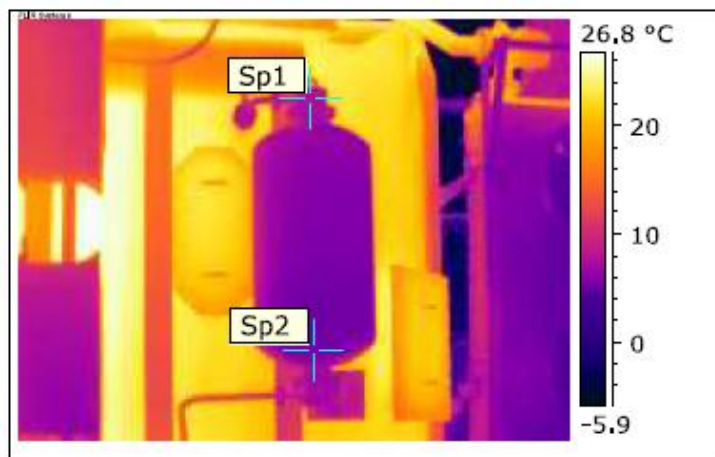


Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0.96
Расстояние до объекта	1.0 m
Температура воздуха	22.0 °C
Относительная влажность	85.0 %
Обозначение	Значение
Sp1	46.6 °C
Sp2	39.1 °C
Sp3	36.0 °C

**Описание:** Нагрев контакта между верхним неподвижным и подвижным ножами рубильника ф.К. Превышение по избыточной температуре в т.Sp1 на 10.6°C

**Заключение:** Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

## 6. АТ-2, термосифонный фильтр охладителя №2



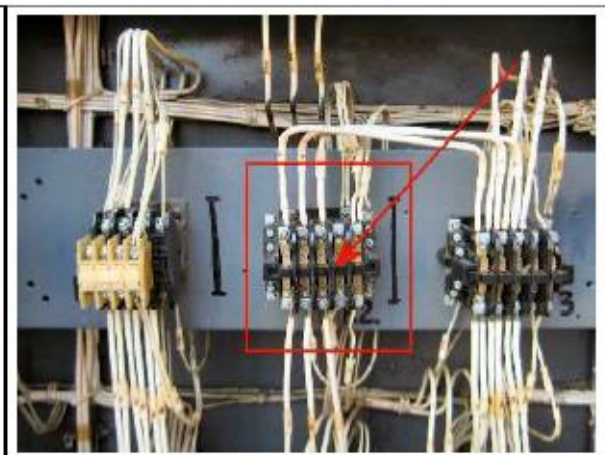
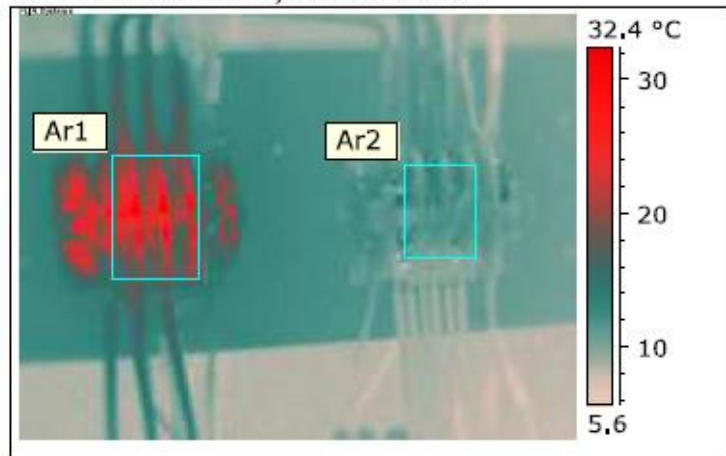
Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0.96
Расстояние до объекта	1.0 m
Температура воздуха	1.0 °C
Относительная влажность	85.0 %
Обозначение	Значение
Sp1	7.2 °C
Sp2	5.5 °C

**Описание:** затруднен проток масла сквозь термосифонный фильтр охладителя. Наиболее вероятная причина – засорение подводящих труб.

**Заключение:** провести ревизию фильтра при текущем ремонте автотрансформатора.

# ТЕПЛОВИ- ЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

## 6. ШАОТ-1 АТ2, клемник К2



Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0.96
Расстояние до объекта	1.0 m
Температура воздуха	-0.0 °C
Относительная влажность	85.0 %
Обозначение	Значение
Ar1: Макс	39.4 °C
Ar2: Макс	16.3 °C

**Описание:** нагрев всего клемного соединения. Превышение по избыточной температуре в области Ar1 на 23.1°C.

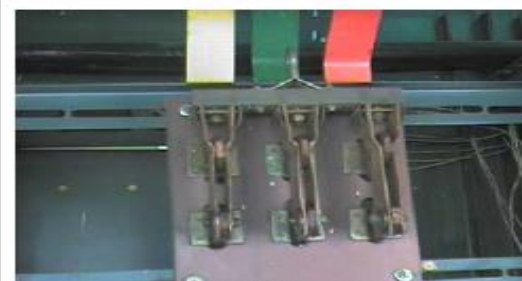
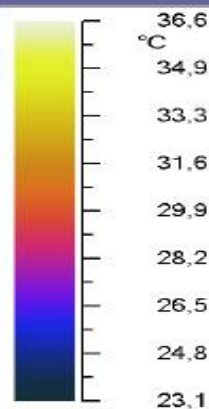
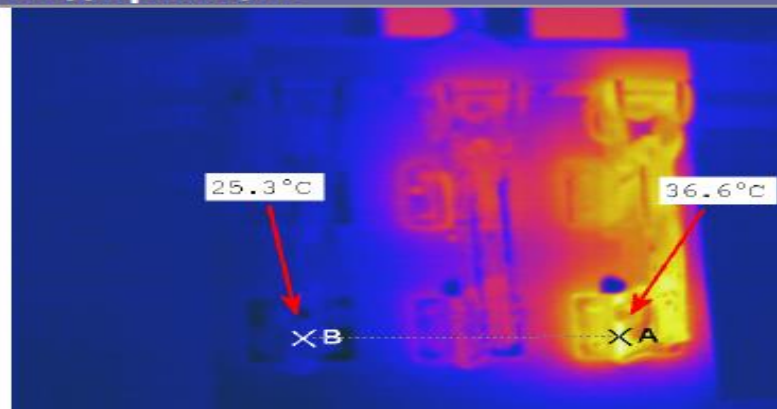
**Заключение:** Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

# ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ (ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ)

## Служебная информация

Имя термограммы **TH910003.gtsi**  
Тепловизор **NEC TH91XX**

## Индификация



Точка	T °C	E	Tс °C
A	36,6	0,93	
B	25,3	0,93	
A - B	11,3	0,00	

## Вид дефекта

Profile Diagram

### Время съемки

13:12:14 07.04.2009

### Объект исследования

Пан.6 ввод ТСН-102 фаза С

### Дополнительная информация

ЩСН-0,4кВ

## Причина дефекта

Дефект контактного соединения

## Степень опасности

**Развившийся дефект**

## Рекомендации

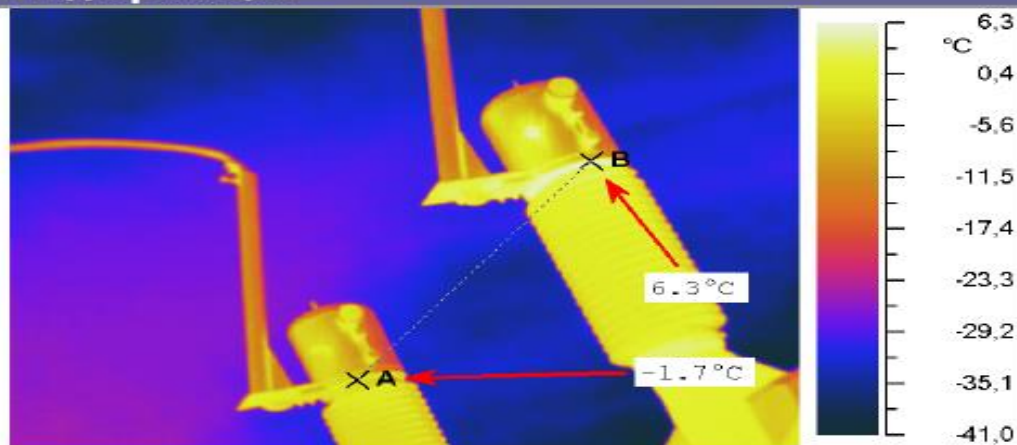
Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе оборудования из работы

# ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

## Служебная информация

Имя термограммы	TH910007.gtsi
Тепловизор	NEC TH91XX

## Индификация



Точка	T °C	E	Tc °C
A	-1,7	0,93	
B	6,3	0,93	
B - A	8,0	0,00	

## Вид дефекта

Profile Diagram

### Время съемки

08:21:40 23.04.2009

### Объект исследования

ВМ-Л-89 фаза В в сторону линии

### Дополнительная информация

Нагрузка 15 МВт

## Причина дефекта

Завышенное переходное сопротивление контакта выключателя

## Степень опасности

**Начальная степень  
неисправности**

## Рекомендации

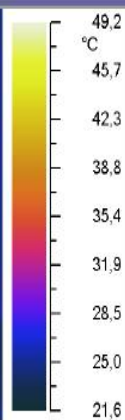
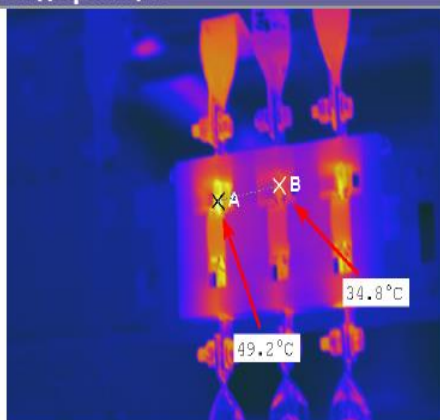
Следует держать на контроле, принять меры по устранению при проведении ремонта, запланированного по графику

# ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ (ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ)

## Служебная информация

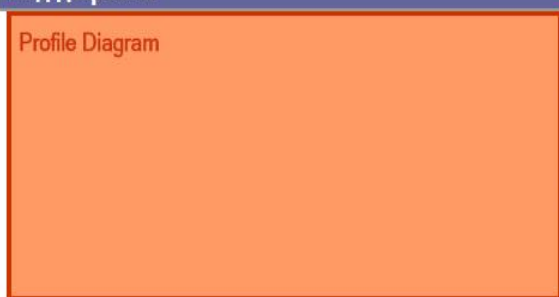
Имя термограммы **TH910011.gtsi**  
Тепловизор **NEC TH91XX**

## Индификация



Точка	T °C	E	Tс °C
A	49,2	0,93	
B	34,8	0,93	
A - B	14,4	0,00	

## Вид дефекта



**Время съемки**  
08:58:04 23.04.2009

**Объект исследования**  
Пан.10 рубильник Р-102 фаза А

**Дополнительная информация**  
ЩСН-0,4кВ

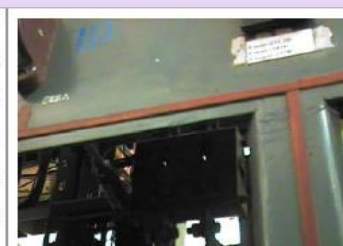
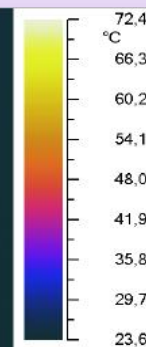
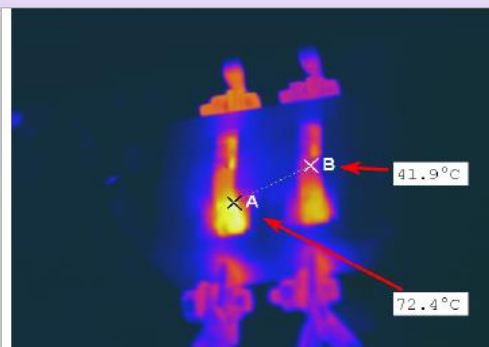
## Причина дефекта

Дефект контактного соединения

**Степень опасности**  
**Развившийся дефект**

## Рекомендации

Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе оборудования из работы



Точка	T °C	E	Tс °C
A	72,4	0,93	
B	41,9	0,93	
A - B	30,5	0,00	

## Вид дефекта



**Время съемки**  
09:14:49 23.04.2009

**Объект исследования**  
Ввод аккумуля. батареи 1P

**Дополнительная информация**  
Щит аккумуляторной батареи

## Причина дефекта

Дефект контактного соединения

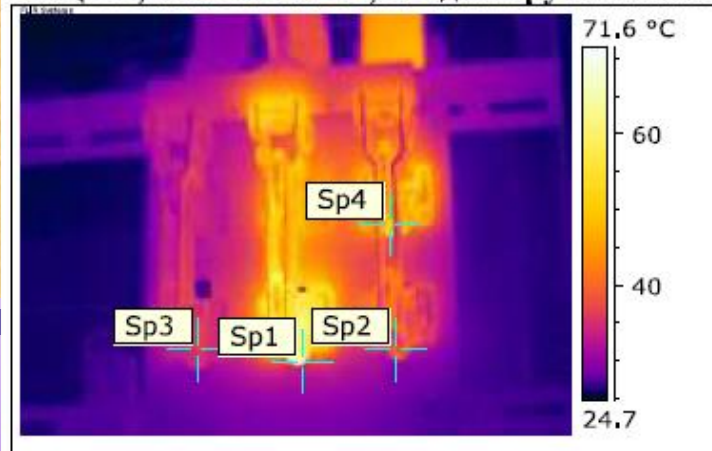
**Степень опасности**  
**Аварийный дефект**

## Рекомендации

Требует немедленного устранения

# ТЕПЛОВИ- ЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

1. ЩСН, панель №19У, вводной рубильник ТСН-2



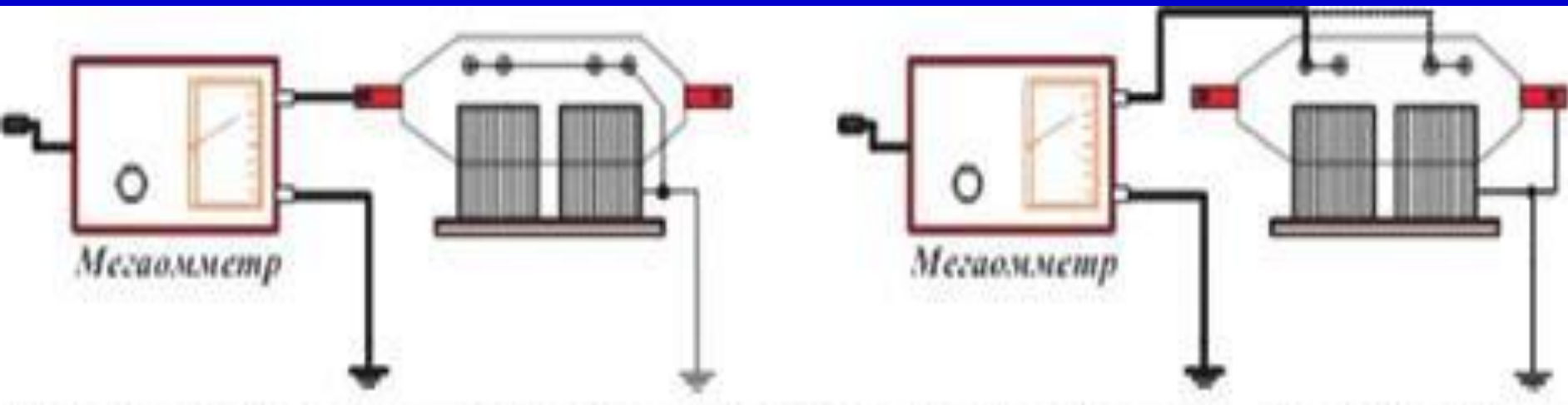
Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0.96
Расстояние до объекта	1.0 m
Температура воздуха	23.0 °C
Относительная влажность	85.0 %
Обозначение	Значение
Sp1	71.4 °C
Sp2	38.8 °C
Sp3	36.2 °C
Sp4	53.9 °C

**Описание:** нагрев контакта между нижним неподвижным и подвижным ножами рубильника ф.З и неподвижным верхним соединением ф.К. Превышение по избыточной температуре в т.Sp1 на 32.6°C, в т.Sp4 на 15.1°C

**Заключение:** Аварийный дефект. требует немедленного устранения.

# Испытания трансформаторов тока

Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН и НН



## Допустимые сопротивления изоляции маслонаполненных эл.магнитных ТТ

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее				
	Основная изоляция	Измерительный вывод	Наружные слои	Вторичные обмотки*	Промежуточные обмотки
3-35	1000/500	-	-	50 (1)/50 (1)	-
110-220	3000/1000	-	-	50 (1)/50 (1)	-
330-750	5000/3000	3000/1000	1000/500	50 (1)/50 (1)	1/1

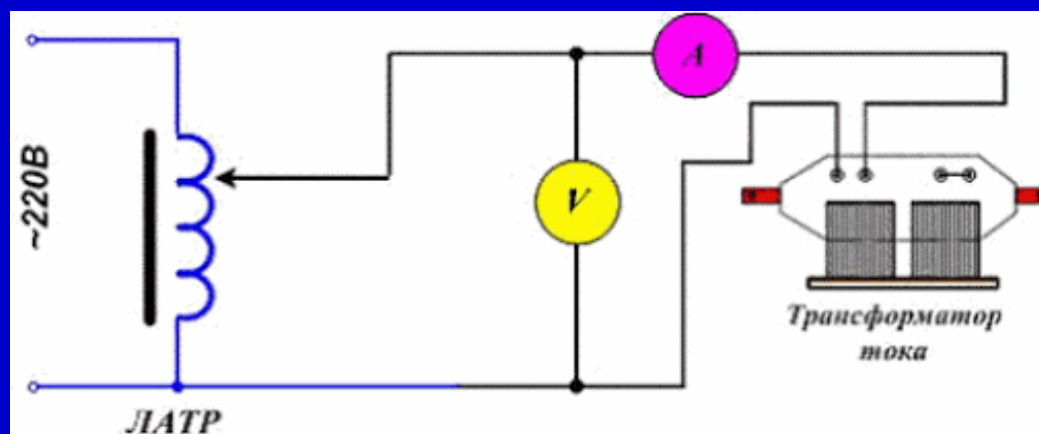
В числителе - при вводе в эксплуатацию, в знаменателе - в процессе эксплуатации.

\* Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок - при отключенных вторичных цепях, в скобках - с подключенными вторичными цепями.

# Испытания трансформаторов тока

## Трансформаторы тока

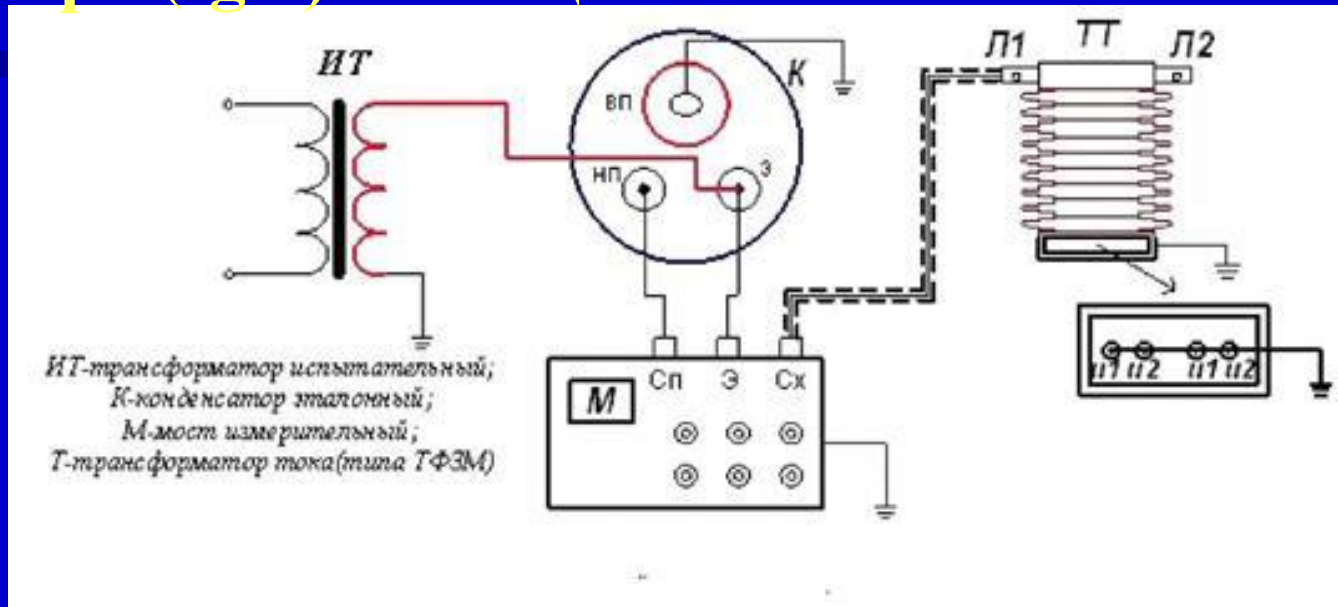
### Снятие характеристики намагничивания



- Характеристика намагничивания снимается на всех вторичных обмотках до начала насыщения, но не выше 1800 В только трех контрольных точек.
- Сопоставляется с типовой или с характеристиками намагничивания исправных ТТ,
- Отличия **не должны превышать 10 %**.

# Трансформаторы тока

## Измерение тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) изоляции обмоток.



## Предельные значения $\text{tg } \delta$ основной изоляции трансформаторов тока

Тип изоляции	Предельные значения $\text{tg } \delta$ , %, основной изоляции трансформаторов тока на номинальное напряжение, кВ, приведенные к температуре 20 °С						
	3-15	20-35	110	220	330	500	750
Бумажно-бакелитовая	3,0/12,0	2,5/8,0	2,0/5,0	-	-	-	-
Основная бумажно-масляная и конденсаторная изоляция	-	2,5/4,5	2,0/3,0	1,0/1,5	Не более 150 % от измеренного изготовителем, но не выше 0,8. Не более 150 % от измеренного при вводе в эксплуатацию, но не выше 1,0.		

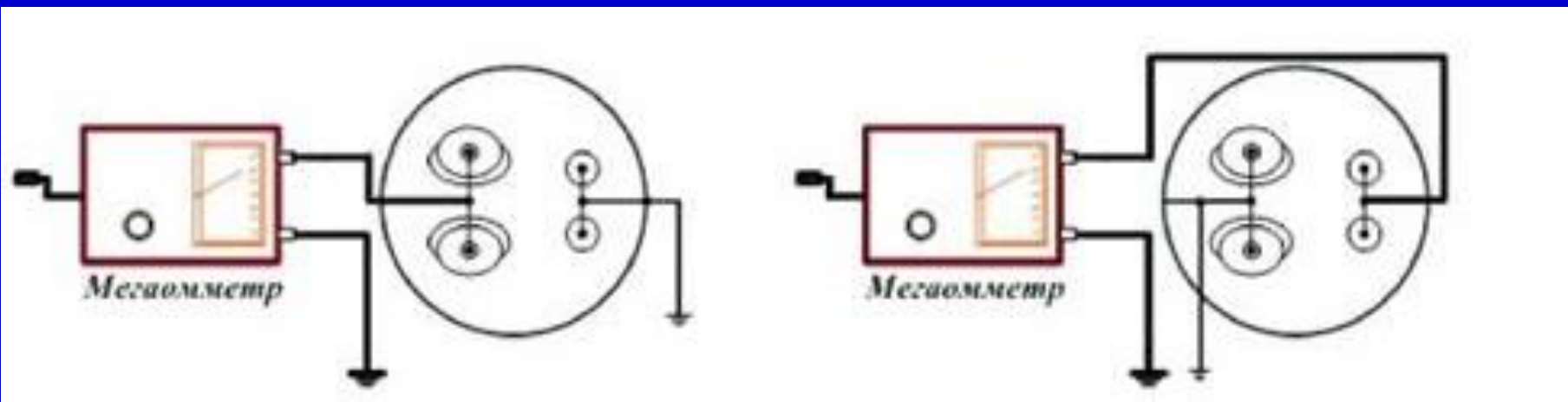
# Трансформаторы тока

**Повреждение трансформатора тока типа ТРН-750  
на ПС 750 кВ Опытная**



# Маслонаполненные трансформаторы напряжения

## Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения



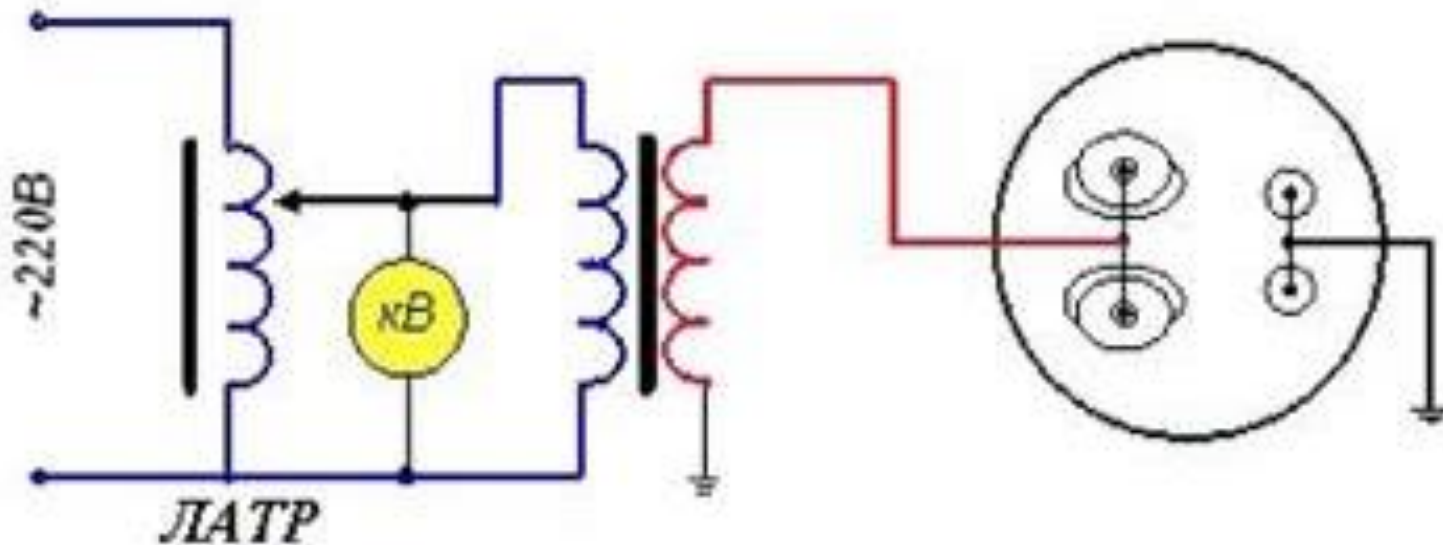
## Допустимые сопротивления изоляции трансформаторов напряжения

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее		
	Основная изоляция	Вторичные обмотки*	Связующие обмотки
3-35	100	50 (1)	1
110-500	300	50 (1)	1

\*Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок - при отключенных вторичных цепях; в скобках - совместно с подключенными вторичными цепями.

# Маслонаполненные трансформаторы напряжения

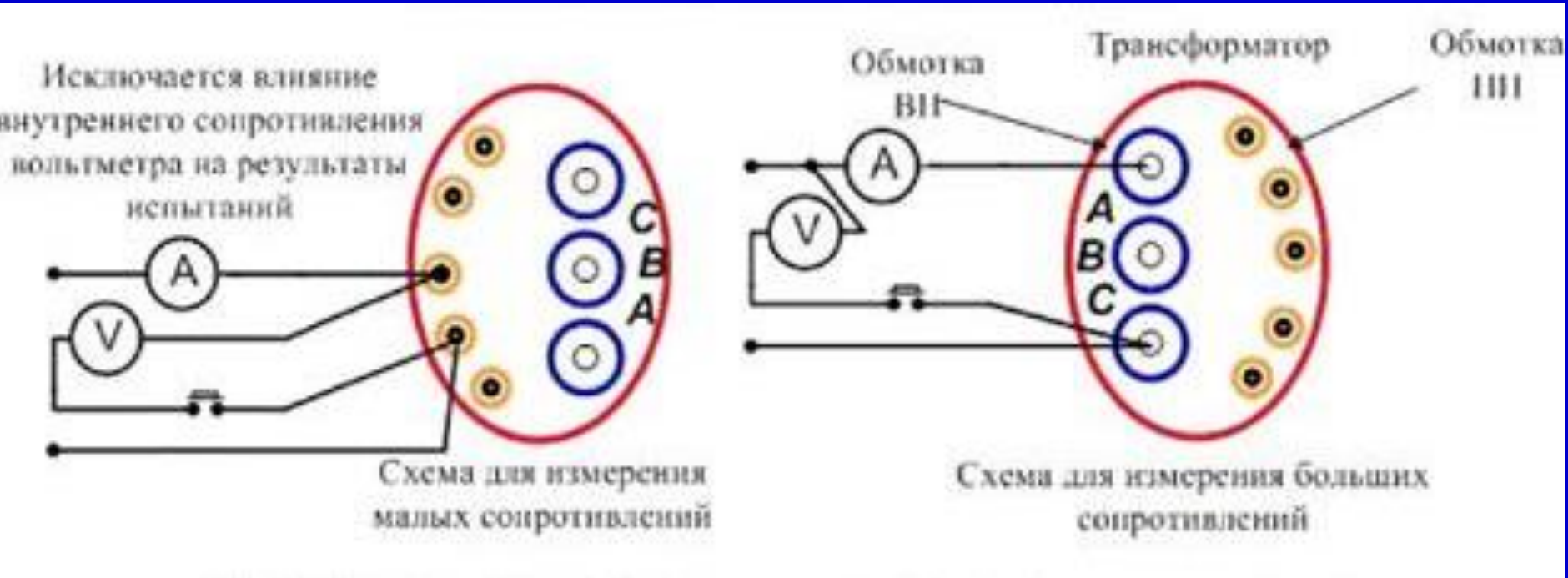
## Испытание изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения



- Испытания повышенным напряжением до 35 кВ включительно.
- Испытания изоляции обмотки ВН повышенным напряжением с изоляцией всех выводов обмотки ВН. Длительность испытания трансформаторов напряжения - 1 мин.
- Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принимается равным 1 кВ. Продолжительность - 1 мин.

# Маслонаполненные трансформаторы напряжения

## Измерение сопротивления обмоток постоянному току



- измерение сопротивления обмоток постоянному току производится у первичных, вторичных и связующих обмоток трансформаторов напряжения.
- Отклонение не должно превышать 2 %. При сравнении значение сопротивления должно приводиться к температуре испытаний изготовителя. При сравнении с другими фазами измерения на всех фазах должны проводиться при одной и той же температуре.

# Маслонаполненные трансформаторы напряжения

**ТН типа НКФ-110 на подстанции № 16 Волхов-Северная после замены (видны следы пожара).**



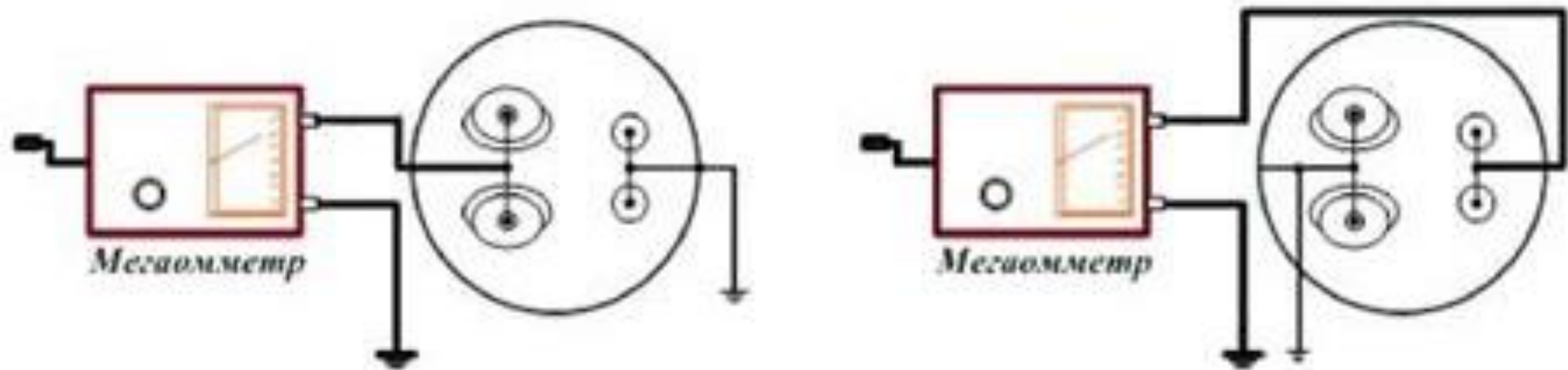
# Маслонаполненные трансформаторы напряжения

Разрушение **ТН типа НКФ-110** на подстанции № 16 Волхов-Северная при подаче на него рабочего напряжения после нахождения под воздействием процесса **феррорезонанса** при неполнофазном режиме питания



# Элегазовые трансформаторы напряжения

Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения



Допустимые сопротивления изоляции  
элегазовых трансформаторов напряжения

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее		
	основная изоляция	вторичные обмотки*	связующие обмотки
35-500	300	50(1)	1

# Элегазовые трансформаторы напряжения

## Измерение влагосодержания элегаза

Электронный прибор измерения  
влажности



- Измерение производится при атмосферном давлении. Сравнимые величины даже если измеряемый газ показывает различные значения давления. Точка росы отображается на цифровом табло в градусах Цельсия, может быть преобразовано в значение ppm с помощью диаграммы или таблиц.
- Измерительная камера в форме цилиндра. Другой цилиндр, заполненный осушителем, обеспечивает нахождение датчика в сухой среде. Когда цилиндр извлекается из прибора, датчик попадает в поток газа, предназначенного для измерения.

# Элегазовые трансформаторы напряжения

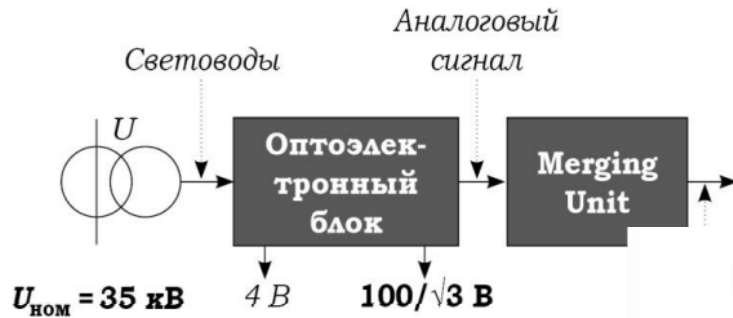
## Откачка и осушка элегаза

- Во время откачивания элегаза из выключателей газ автоматически протекает через осушающий фильтр и фильтр частиц, удерживаются продукты распада, влага и твёрдые частицы. Для сильнозагрязнённого элегаза, а также в случаях, когда качество элегаза неопределено, абсолютно необходима установка дополнительного предварительного фильтра, чтобы защитить от продуктов распада. Рекомендуется проверять качество очищаемого элегаза.



# Оптические трансформаторы напряжения

## Структурная схема преобразователя напряжения



Оптический датчик напряжения кл. 35 кВ



Оптоэлектронный блок



# Оптические трансформаторы напряжения



# Оптические трансформаторы напряжения

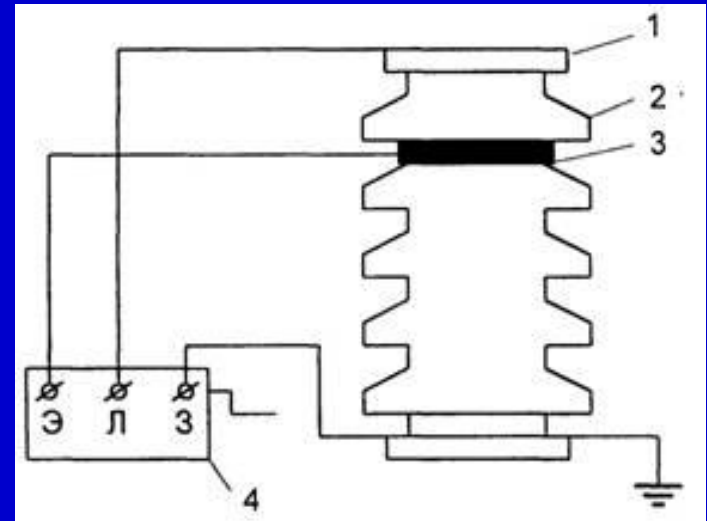
- 12.1. При П, К проверка высоковольтного блока производится в соответствии с инструкциями изготовителя ОТН изготовителем или специализированной наладочной организацией.
- 12.2. При П, К проверка электронного ТН производится в соответствии с инструкциями изготовителя ОТН самим изготовителем или специальной наладочной организацией.

# Воздушные выключатели

Схема измерения изоляции изоляторов с применением охранных колец:

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции подвижных частей, выполненных из органических материалов

Вид испытан	Сопротивление изоляции, МОм, на номинальное напряжение, кВ		
	3-10	15-150	220 и выше
П	1000	3000	5000
С	300	1000	3000

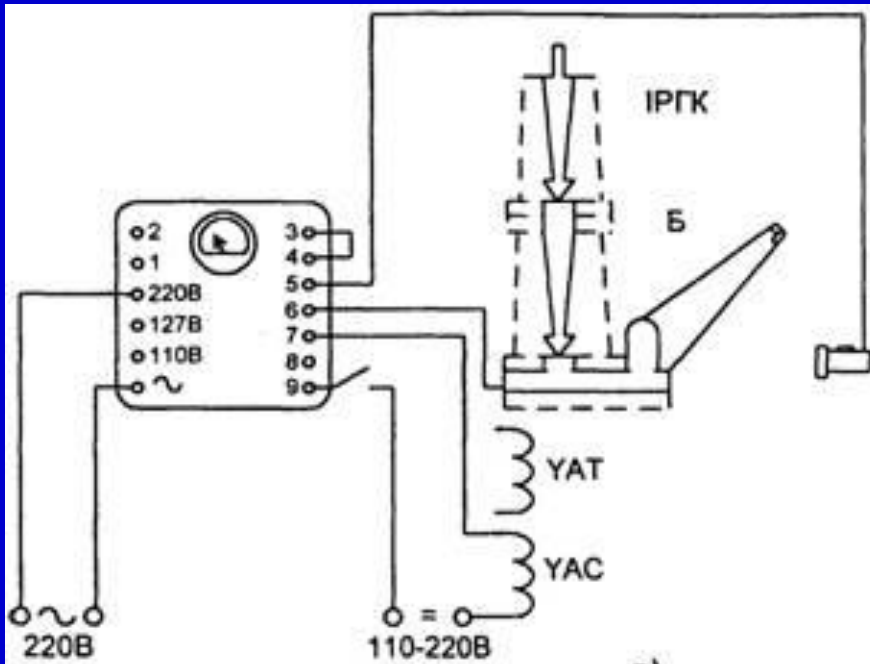


1 - металлический фланец; 2 - верхнее ребро изолятора; 3 - охранное кольцо; 4 - мегаомметр.

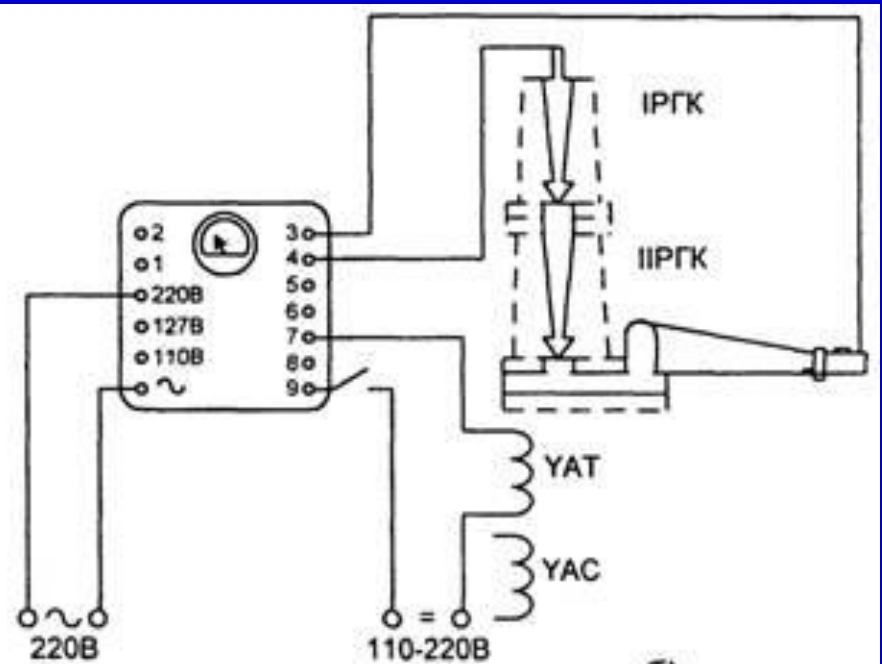
# Воздушные выключатели

## Измерение временных характеристик воздушного выключателя

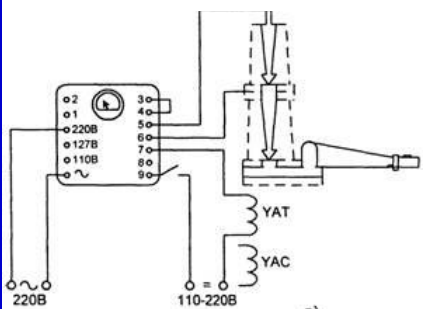
а - схема измерения собственного времени включения; б - схема измерения собственного времени отключения; в, г - схемы измерения разновременности размыкания контактов; д - схема измерения времени бесконтактной паузы дугогасительной камеры; е - схема измерения времени запаздывания ножа отделителя при отключении выключателя; YAC - включающая катушка; YAT - отключающая катушка; IPГК - контакт первого разрыва; ПРГК - контакт второго разрыва; SB - блокирующая кнопка



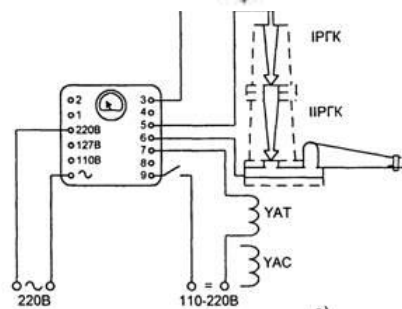
а)



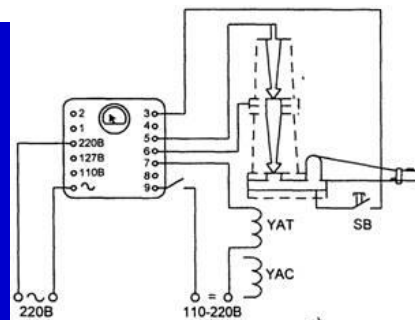
б)



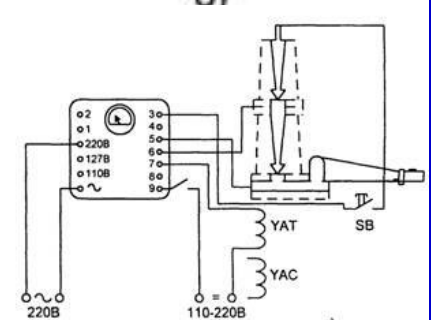
д)



е)



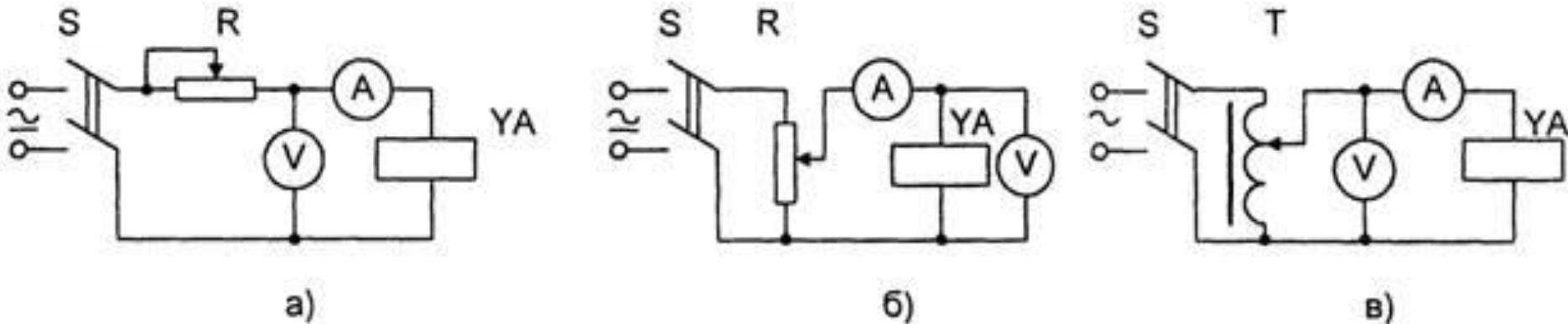
в)



г)

# Воздушные выключатели

## Схемы измерения напряжения и тока срабатывания электромагнитов управления привода выключателей



а - с реостатом; б - с потенциометром; в - с автотрансформатором.

Напряжение на электромагниты управления должны подаваться толчком. При необходимости напряжение поднимается на  $4 \div 6$  В (при отключенных электромагнитах) и вновь подается толчком и т.д. до срабатывания привода выключателя. Затем при неизменном положении движка реостата (ручки автотрансформатора) вместо электромагнита управления включается сопротивление, равное по значению сопротивлению обмотки электромагнита, и по вольтметру определяется напряжение срабатывания. Во избежание повреждения обмоток электромагнитов импульсы следует подавать кратковременно.

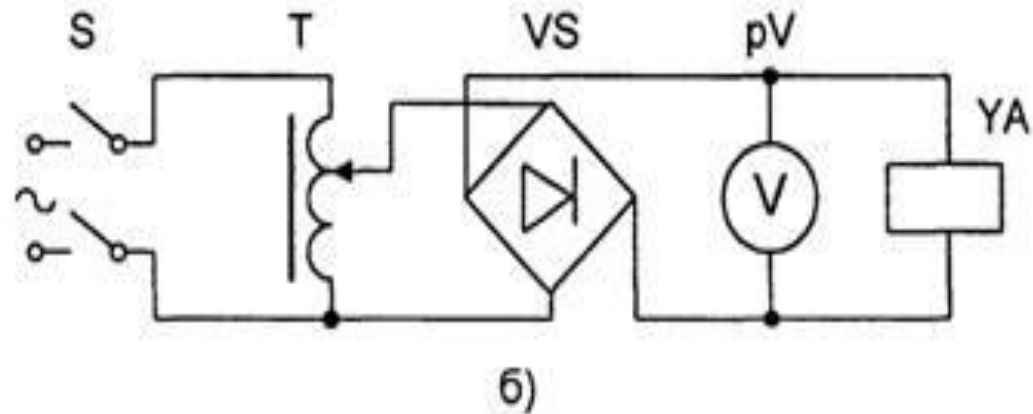
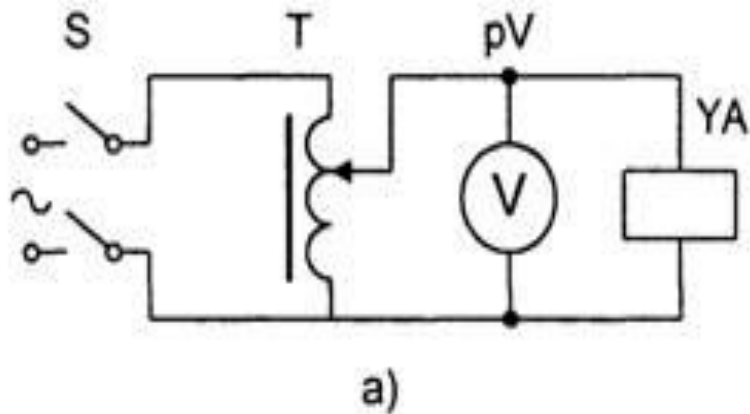
# Воздушные выключатели

**Разрушение фазы «В» В1 220 кВ АТГ1, тип ВВБ-220, ПС Магнитогорская, причина – пробой по стеклопластиковой трубе.**



# Выключатели нагрузки

Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении.

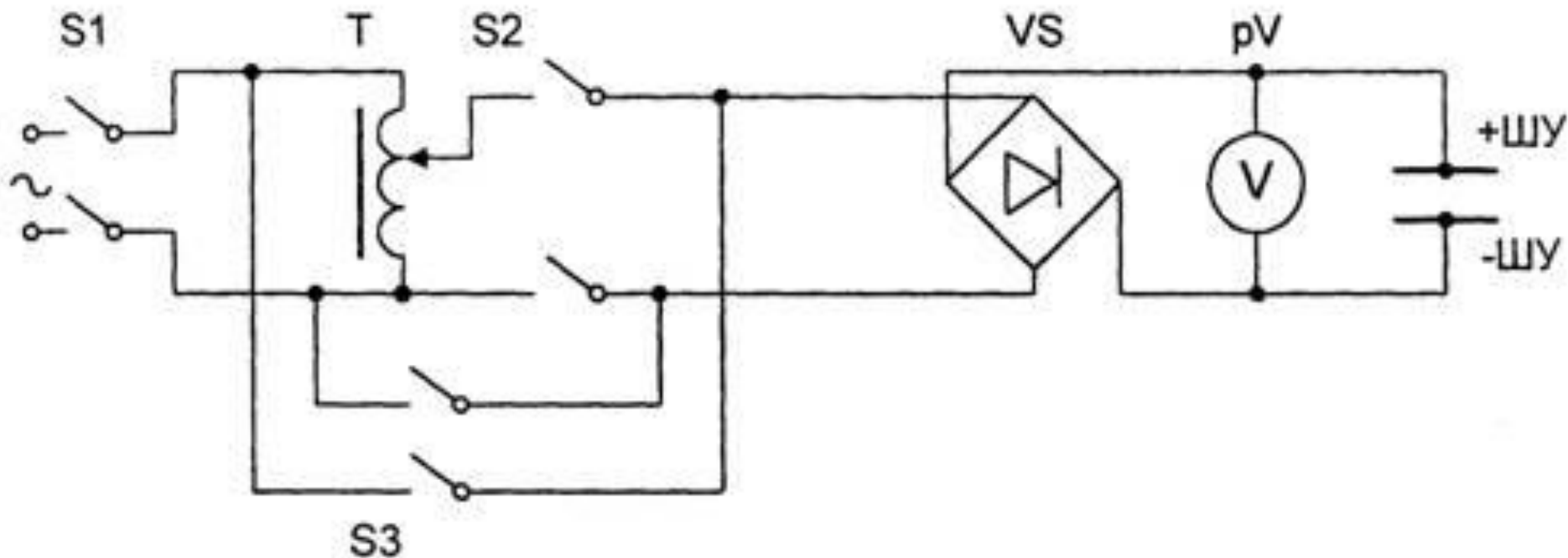


а - на переменном оперативном токе; б - на постоянном оперативном токе.

- Измерение производится без тока в первичной цепи выключателя нагрузки для определения значений напряжения на зажимах электромагнитов привода, при которых выключатели сохраняют работоспособность, т. е. выполняют операции включения и отключения от начала до конца.
- Надежная работа выключателей нагрузки должна обеспечиваться при подаче  $80 \div 110\%$  номинального напряжения на зажимы электромагнита включения электропривода и при подаче  $65 \div 120\%$  номинального напряжения на зажимы электромагнита отключения электропривода.

# Выключатели нагрузки

Испытание выключателя нагрузки многократным опробованием.

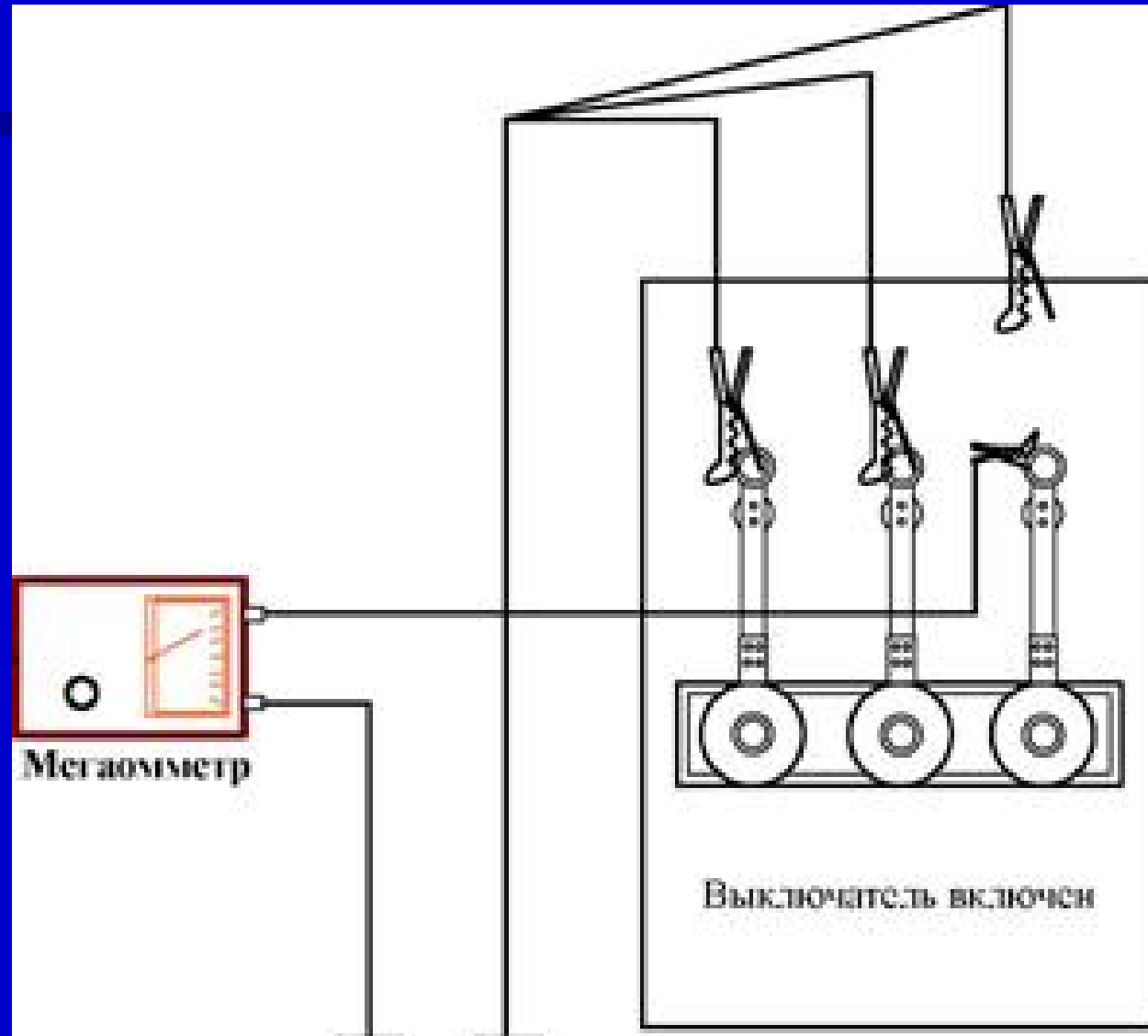


- Многократное опробование выключателей нагрузки производится при напряжении на зажимах электромагнитов: 1. Выключения - 110, 100, 80(85)% номинального и минимального напряжения срабатывания. 2. Отключения - 120, 100, 65% номинального и минимального напряжения срабатывания. Количество операций при повышенном и пониженном напряжении должно быть  $3 \div 5$ , а при номинальном напряжении - 10. Кроме того, выключатели следует подвергнуть  $3 \div 5$  кратному опробованию в цикле В-О (без выдержки времени), а выключатели, предназначенные для работы в режиме АПВ, также 2-3 кратному опробованию в циклах О-В и О-В-О. Работа выключателя в сложных циклах должна проверяться при номинальном и пониженном до 80(85%) номинального напряжения на зажимах электромагнитов приводов.

# Элегазовые выключатели

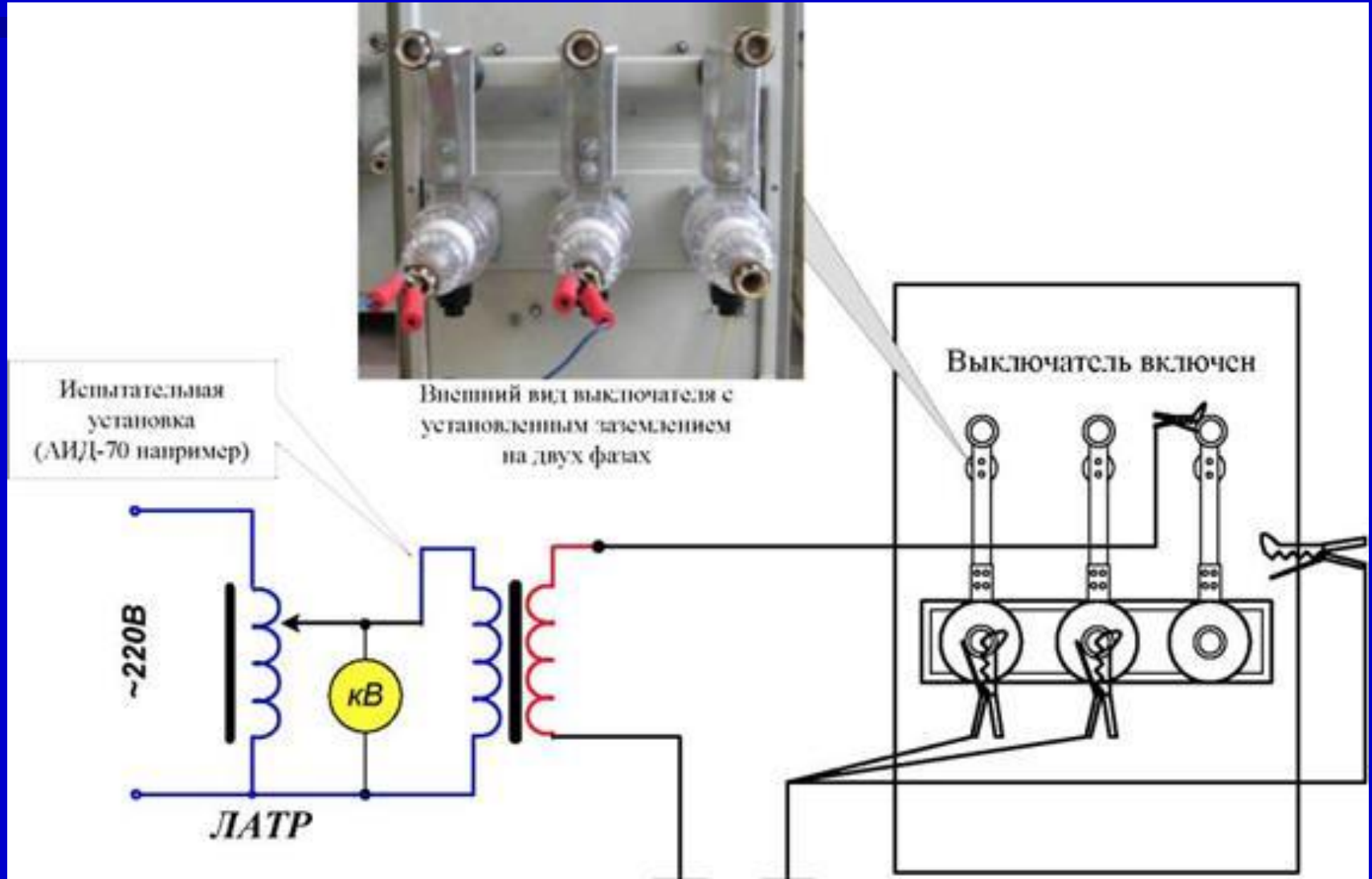
## Измерение сопротивления изоляции

Выключатель включается, все фазы заземляются, к одной фазе подключается мегаомметр. Заземление с этой фазы снимается, производится измерение сопротивления изоляции. Затем заземление восстанавливается, мегаомметр переключается на другую фазу выключателя. Всё время проведения измерений выключатель остаётся



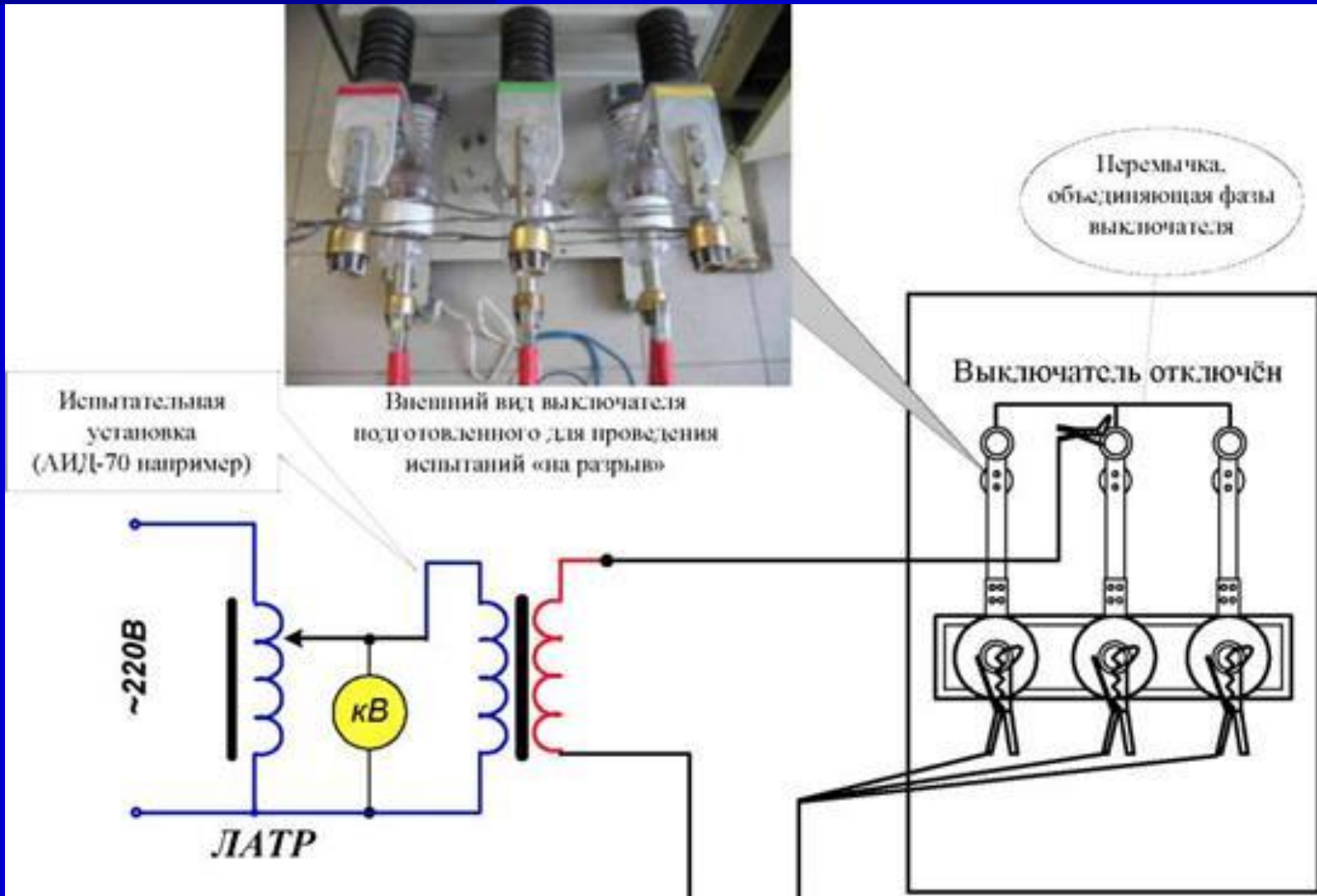
# Элегазовые выключатели

Испытание изоляции силовых частей выключателя на выкатном элементе повышенным напряжением пром. частоты.



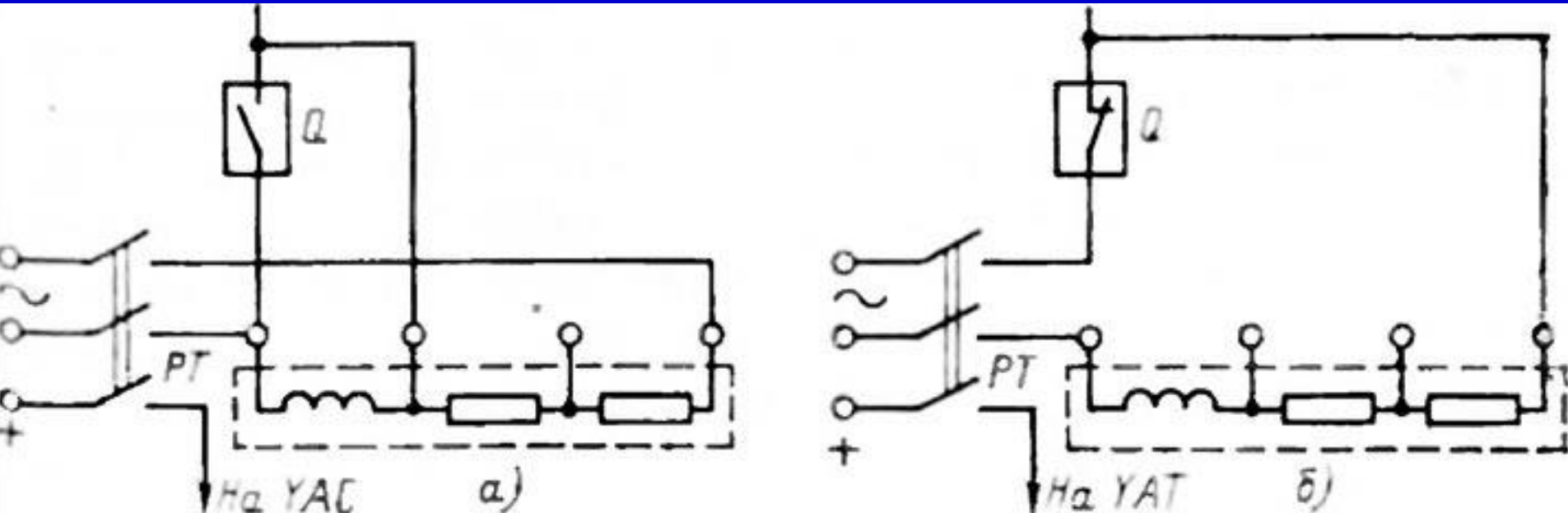
# Элегазовые выключатели

Испытание изоляции выключателя на выкатном элементе повышенным напряжением пром. частоты «на разрыв».



# Разъединители, отделители и короткозамыкатели

Измерения времени включения (а) и отключения (б) коммутационного аппарата

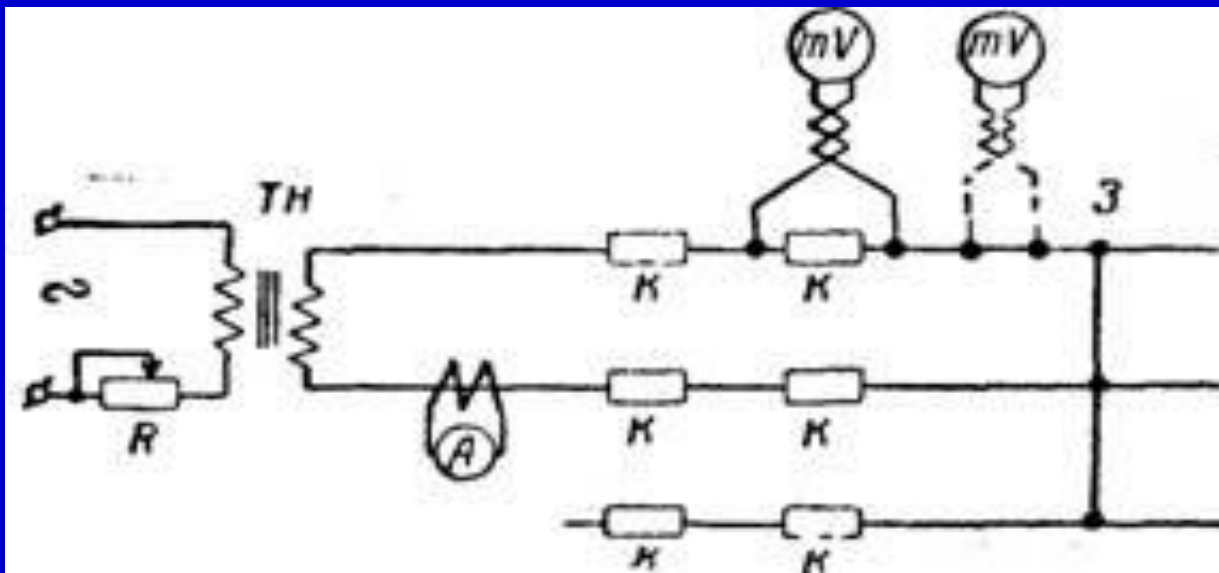


где РТ — электросекундомер; YAT — электромагнит отключения; Q — коммутационный аппарат; YAC — электромагнит включения

- Многократные включения и отключения (не менее 3—5 раз) проводятся при номинальном напряжении оперативного тока, а также при 80, 90, 110 % его значения.

# Разъединители, отделители и короткозамыкатели

## Измерения переходного сопротивления контактов сборных шин с применением нагрузочного трансформатора

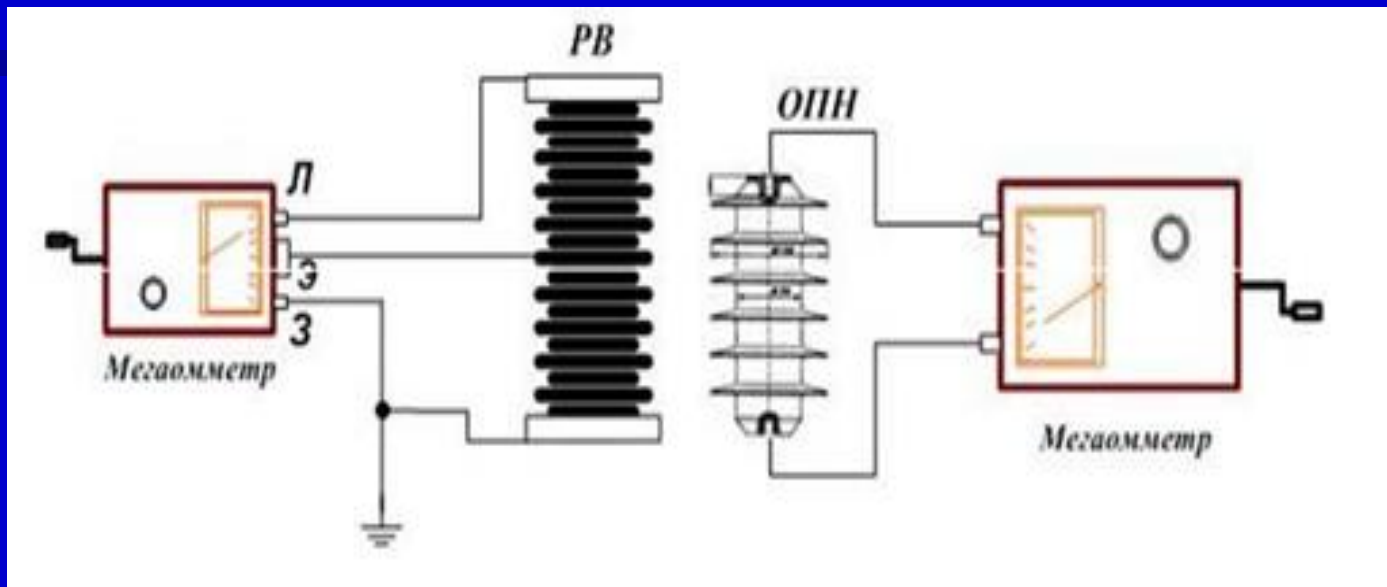


R — реостат; ТН — нагрузочный трансформатор; mV — милливольтметр; д — контакты; З — коротка

- Измеренные величины не зависят от величины тока, которая выбирается в зависимости от имеющихся источников и чувствительности измерительных приборов.
- Измерения могут производиться как на постоянном, так и на переменном токе.
- Переходное сопротивление измеряют также для контактов разъединителей наружной установки напряжением 35 кВ и выше.
- Допустимая величина переходного сопротивления контактов не нормируется, но для разъединителей РЛН и РЛНЗ эта величина для всей цепи между зажимами не должна превышать 220 мком.

# Испытание разрядников и ОПН

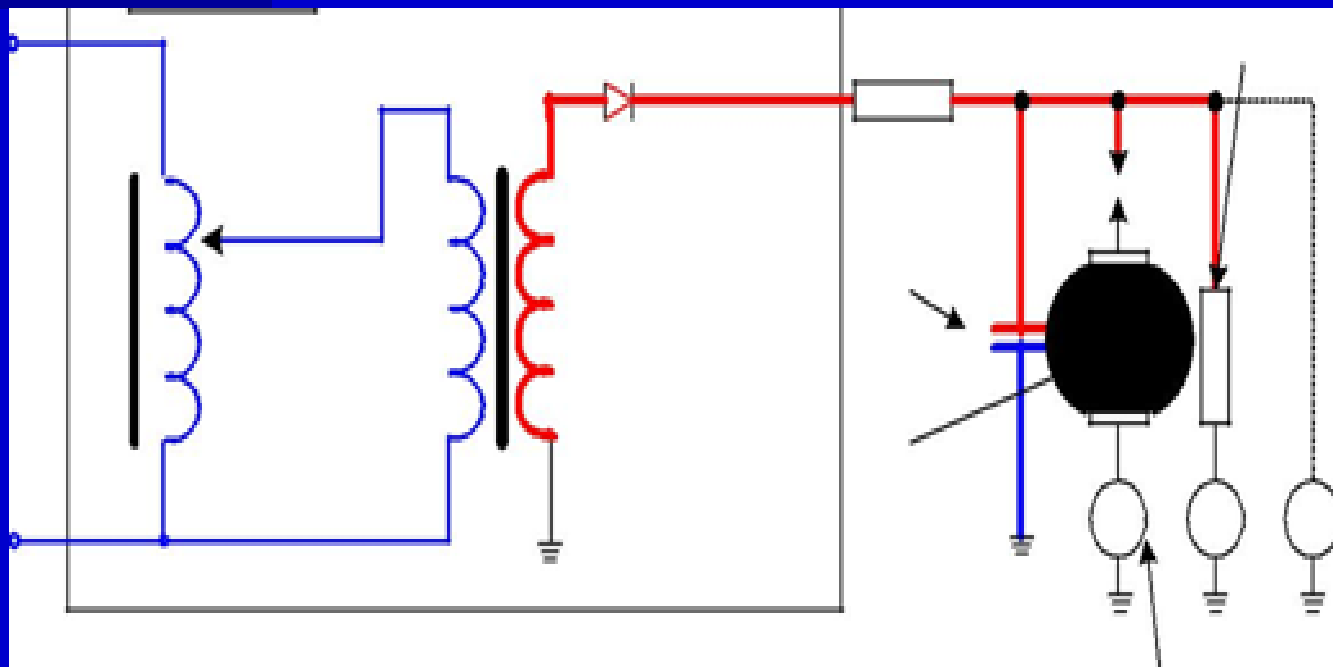
## Измерение сопротивления изоляции разрядников и ОПН



менее 3 кВ — мегаомметром 1000 В; 3 кВ и выше — мегаомметром на напряжение 2500 В. Разрядников типов РВП, РВО, GZ не менее 1000 МОм, РВН должно соответствовать требованиям изготовителя. Сопротивление ОПН до 3 кВ - не менее 1000 МОм. ОПН 0,38 – 0,66 кВ норма сопротивления от 0,8 до 30 МОм. ОПН 3—35 кВ требованиям инструкций изготовителей. ОПН 110 кВ и выше должно быть не менее 3000 МОм

# Испытание разрядников и ОПН

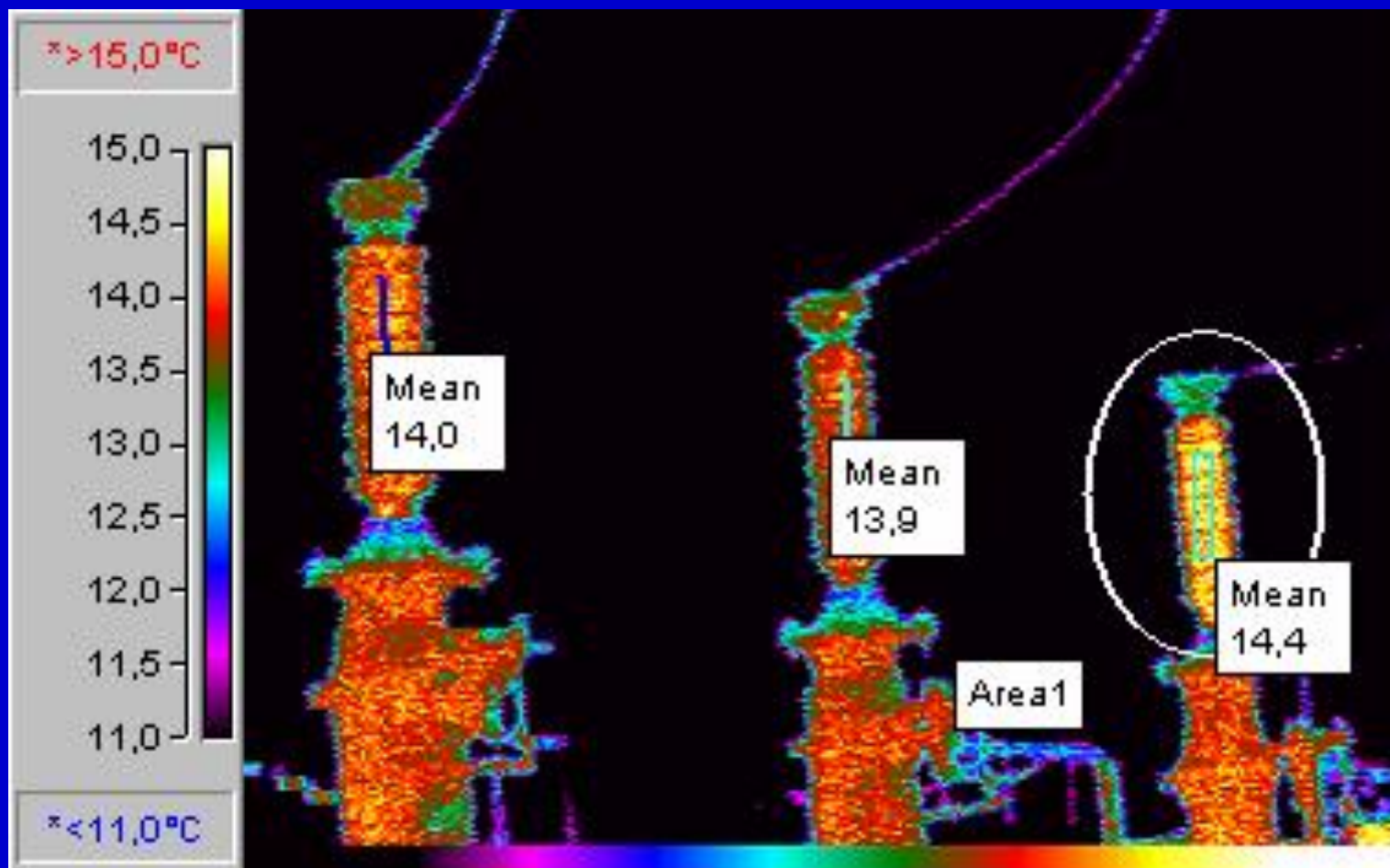
## Измерения токов проводимости ОПН 110кВ



Перед вводом в эксплуатацию: а) для ОПН 3—110 кВ при приложении наибольшего длительно допустимого фазного напряжения; б) для ОПН 220, 330, 500 кВ при 100 кВ. В процессе эксплуатации: а) для ОПН 35 кВ 1 раз в 4 года; для ОПН 110 кВ и выше без отключения от сети 1 раз в год перед грозовым сезоном; б) для ОПН в нейтрали трансформатора 110 кВ, при выводе его из работы, но не реже 1 раза в 6 лет; в) для ОПН 110 кВ и выше при выводе из работы на срок более 1 мес.

# Тепловизионный контроль вентилярных разрядников и ограничителей перенапряжений

## Уменьшение сопротивления изоляции ОПН-110 до 300 МОм, увлажнение и попадание влаги внутрь ОПН, перегрев $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$ .



# Испытание вводов и проходных изоляторов

- ▣ 1. Измерение сопротивления изоляции.
- ▣ 2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь.
- ▣ 3. Испытание повышенным напряжением.
- ▣ 4. Проверка качества уплотнения вводов.
- ▣ 5. Испытание трансформаторного масла.

# Испытание вводов и проходных

## ИЗОЛЯТОРОВ

### **Измерение сопротивления изоляции**

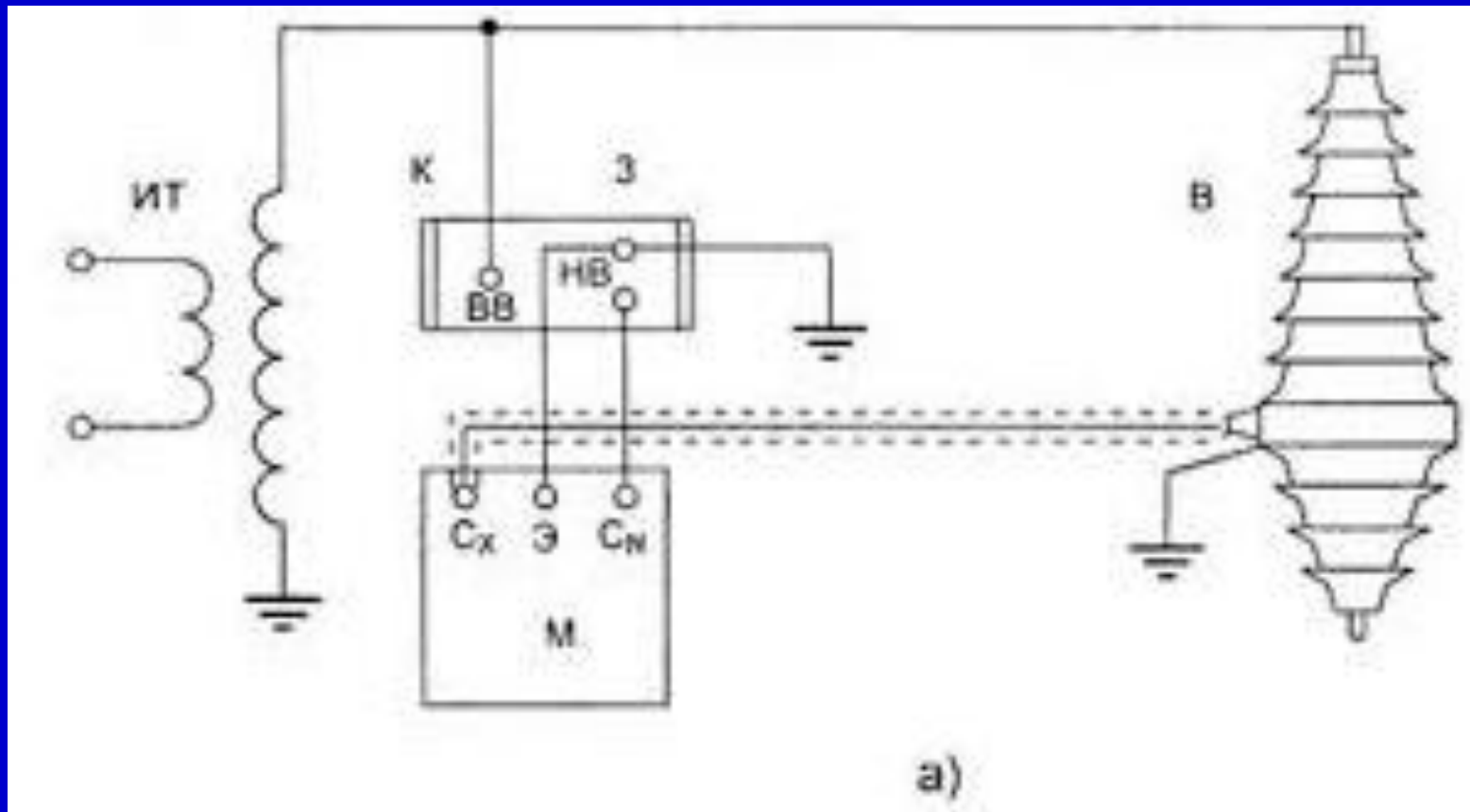
- Измерительного конденсатора ПИН (С2) мегаомметром на 2500 В.
- Значения сопротивления изоляции при вводе в эксплуатацию должны быть не менее 1000 МОм, в процессе эксплуатации - не менее 500 МОм.
- Для вводов с твердой изоляцией, измерения сопротивления изоляции производится по рекомендациям инструкции изготовителя.

# Испытание вводов и проходных изоляторов

## Измерение измерения $\text{tg}\delta$ изоляции

- а) основной изоляции вводов при напряжении 10 кВ;
- б) изоляции измерительного конденсатора ПИН (С2) или (и) последних слоев изоляции (С3) при напряжении 5 кВ (3 кВ для вводов, изготовленных по ГОСТ 10693-81), если изготовителем не запрещается измерение С3.
- в) измерение С3 и  $\text{tg}\delta_3$  **для RIP** изоляции во избежание повреждения ввода не производится.

# Испытание вводов и проходных ИЗОЛЯТОРОВ Измерение тангенса угла диэлектрических потерь



# Испытание вводов и проходных изоляторов

## **Испытание повышенным напряжением**

- Испытание повышенным напряжением частоты 50 Гц проводится на оборудовании напряжением до 35 кВ включительно.
- Значение испытательного напряжения для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно или после установки на оборудование, принимается в соответствии с нормами.
- Испытание вводов, установленных на силовых трансформаторах, производится совместно с испытанием обмоток этих трансформаторов.
- Продолжительность приложения испытательного напряжения - 1 мин.

# Испытание вводов и проходных изоляторов

## Проверка качества уплотнения вводов

- Испытание избыточным давлением производится на негерметичных маслонаполненных вводах напряжением 110 кВ и выше избыточным давлением масла 0,1 МПа с целью проверки уплотнений.
- Продолжительность испытания 30 мин.
- Допускается снижение давления за время испытаний не более 5 кПа.

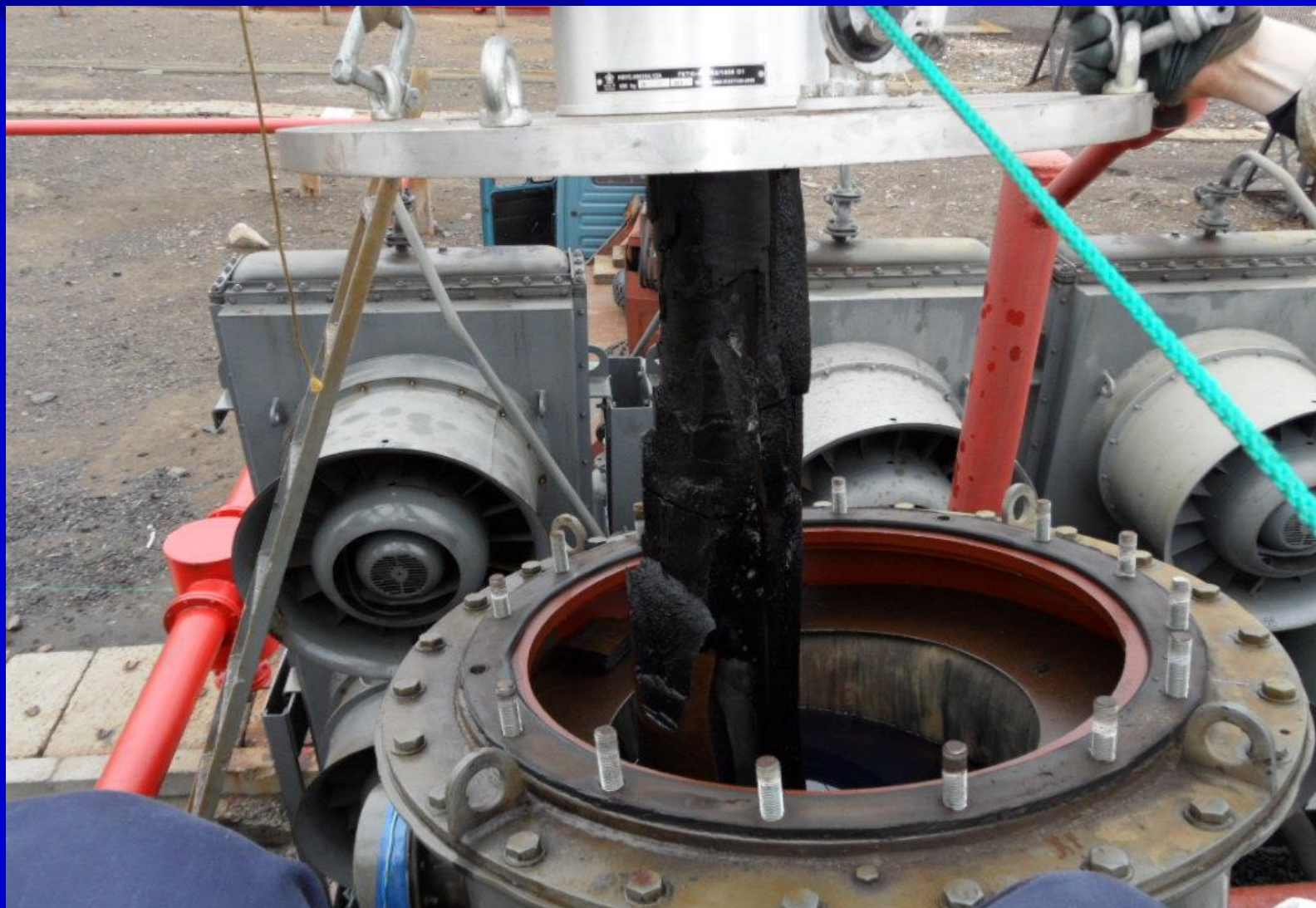
# Испытание вводов и проходных изоляторов

## Испытание трансформаторного масла вводов

- ▣ Масло вводов должно быть испытано в соответствии с требованиями ОНИЭ.
- ▣ Перед заливкой во вводы изоляционное масло должно отвечать специальным требованиям.
- ▣ Доливаемое во вводы масло должно отвечать требованиям ОНИЭ.
- ▣ Определение физико-химических характеристик масла из негерметичных вводов производится по требованиям ОНИЭ:
  - ▣ а) для вводов 110-220 кВ - 1 раз в 4 года;
  - ▣ б) для вводов 330-500 кВ - 1 раз в 2 года.
- ▣ Определение физико-химических характеристик масла из негерметичных вводов производится при получении неудовлетворительных результатов испытаний.
- ▣ Необходимость проведения хроматографического анализа растворенных в масле газов определяется техническим руководителем субъекта электроэнергетики по совокупности результатов испытаний ввода. Оценка результатов - в соответствии с рекомендациями изготовителя,

# Вводы с **RIIP** изоляцией

## Поврежденный остов ввода 330 кВ ф. «С»



# Испытание трансформаторного масла

- Поступающая на предприятие партия трансформаторного масла должна сопровождаться паспортом качества в соответствии с требованиями ОНИЭ и подвергнута лабораторным испытаниям в соответствии с требованиями настоящего стандарта.
- Нормативные значения показателей качества для свежего масла в зависимости от его марки, которые производятся, приводятся в ОНИЭ.
- На основании полученных результатов лабораторных испытаний масла определяют области его эксплуатации:
  - а) область «нормального состояния масла» - интервал от предельно допустимых значений после заливки масла в электрооборудование, и до значений, ограничивающих область нормального состояния масла в эксплуатации,
  - б) область «риска» (интервал от значений, ограничивающих область нормального состояния масла, до предельно допустимых значений показателей качества масла в эксплуатации,

# Требования к качеству свежих масел, подготовленных к заливке в новое электрооборудование

- РД 34.46.303-98 (СО 34.46.303-98)  
Методические указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов.
- РД 153-34.0-46.302-00 (СО 34.46.302-00)  
Методические указания по диагностике развивающихся дефектов по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле.

# **ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЗОВ, РАСТВОРЕННЫХ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ (ХАРГ).**

**Наиболее наглядный пример выявления дефектного оборудования с помощью ХАРГ автотрансформатор типа ТДЦТГА-240000/220/110 ТЭЦ ВАЗа. Во время очередного анализа трансформаторного масла на ХАРГ было выявлено превышение концентраций по всем углеводородам и двуокиси углерода .**

**Автотрансформатор был остановлен для перевода ПБВ с 3-й ступени на 4-ю ступень; рост концентрации углеводородов остановился, но превышал допустимые нормы. В дальнейшем во время капитального ремонта была выполнена замена устройства ПБВ на фазе “В”. После этого концентрация углеводородов находится в пределах нормы.**

**Ремонт устройства ПБВ на фазе “В”  
автотрансформатора 240 МВА/220/110 кВ  
№ 5ГТ ТЭЦ ВАЗа (по результатам ХАРГ)**

Дата	Концентрация растворенных в масле газов, % об.					
	Водород H <sub>2</sub>	Метан CH <sub>4</sub>	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Окись углерода CO
	0.01(норма)	0.01(норма)	0.005(норма)	0.01(норма)	0.001(норма)	0.06(норма)
11.03.86.	Отс.	0.5	0.14	0.87	0.0011	0.0298
13.03.86	Отс.	0.383	0.161	0.898	0.0014	0.0469
17.03.86	0.0154	0.488	0.155	0.858	0.00101	0.065
26.03.86	Отс.	0.336	0.159	0.933	0.00158	0.0658
03.04.86	Отс.	0.329	0.157	0.846	0.00063	0.0454
08.04.86	0.027	0.293	0.154	0.78	0.00049	0.041
26.05.86	0.027	0.206	0.113	0.741	0.00029	0.032
27.06.86	Отс.	0.161	0.107	0.593	Отс.	0.08
09.04.02	Отс.	0.0011	0.0004	0.0016	Отс.	0.034

# Дефект ПБВ трансформатора ТД-80000/110 зав. №1894 ТЭЦ ВАЗа (данные ХАРГ)

Дата	Концентрация растворенных в масле газов, % об.					
	Водород H <sub>2</sub>	Метан CH <sub>4</sub>	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Окись углерода CO
	Норма-0.01	Норма-0.01	Норма-0.005	Норма-0.01	Норма-0.001	Норма-0.06
03.11.82	0.000913	0.0245	-	0.108	-	0.01
11.05.83	0.00186	0.0203	0.0234	0.212	0.000128	0.0275
07.12.83	0.00275	0.00389	0.0086	0.036	0.000065	0.0253
02.10.84	0.00173	0.00536	0.00712	0.0356	0.00008	0.0522
11.12.85	0.00263	0.00891	0.0134	0.0599	-	-
27.06.86	0.00183	0.00178	0.0044	0.0226	-	0.034
29.01.87	0.00203	0.00365	0.00349	0.0173	0.00005	0.0198
15.02.88	-	0.0331	0.00513	0.0108	-	0.19
10.08.88	0.0023	0.00436	0.008	0.045	-	-
22.05.89	0.0004	0.00068	0.000318	0.00124	-	0.005
9.04.02	Отс.	0.001	0.001	0.006	Отс.	0.045

# Бак автотрансформатор 1АТ фаза "А" (данные ХАРГ) ПС 500 кВ Красноярская

Дата анализа	Концентрация газов, % об							Примечание
	H <sub>2</sub> водород	CH <sub>4</sub> метан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> этилен	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> этан	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ацетелен	CO <sub>2</sub> диоксид	CO оксид	
Гранич. конц.	0,01	0,01	0,01	0,005	0,001	0,2	0,05	
23.08.01.	0.0016731	0.0001359	0.00007513 1	0	0	0.039456	0.007129 3	До пуска
03.09.01.	0.0013289	0.00013743	8.3072e-05	0.00020657	-	0.028515	0.006301 9	После пуска
11.10.01.	0.0040254	0.0011566	0.0020018	0.00019919	0.00048936	0.0020018	0.009523 6	
05.12.01.	0.01207	0.00017705	9.7451e-05	8.2759e-05	-	0.050217	0.002106 4	
30.07.02.	0.0071025	0.0062308	0.011955	0.0012838	0.00071189	0.10949	0.04831	
20.02.03.	-	0.0049663	0.0087269	0.00099774	0.00076626	0.11619	0.024245	
16.09.03.	0.0031155	0.0087763	0.015309	0.0019312	0.00068204	0.1279	0.03294	
18.09.03.	0.0030099	0.0082169	0.015263	0.0018665	0.00070937	0.1232	0.030721	
25.09.03.	0.0031517	0.0079339	0.014736	0.0020472	0.00062918	0.12063	0.029783	
03.10.03.	0.0032364	0.0079497	0.015033	0.0017515	0.00060882	0.11967	0.029847	
10.10.03.	0.0029064	0.0082091	0.01485	0.0019657	0.00065679	0.11531	0.030753	
17.10.03.	0.0028284	0.0077449	0.014733	0.0018601	0.00050756	0.11551	0.031288	
17.11.03.	0.0027413	0.0081653	0.014576	0.0019361	0.00055504	0.11559	0.030717	
28.01.04.	0.002299	0.0085394	0.014313	0.001629	0.00039982	0.11025	0.027527	
04.03.04	0.0022642	0.0085432	0.014157	0.001615	0.00029534	0.1095	0.02804	
13.07.04.	0.0050712	0.010095	0.016484	0.0023555	0.0010231	0.15477	0.037653	

# Бак автотрансформатор 1АТ фаза "А" (данные ХАРГ) ПС 500 кВ Красноярская

Дата анализа	Концентрация газов, % об							Примечание
	H <sub>2</sub> водород	CH <sub>4</sub> метан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> этилен	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> этан	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ацетелен	CO <sub>2</sub> диоксид	CO оксид	
Гранич. конц.	0,01	0,01	0,01	0,005	0,001	0,2	0,05	
19.07.04	0.0052783	0.010951	0.017217	0.00204	0.0010158	0.15563	0.03865	
24.08.04.	0.0042442	0.010324	0.016671	0.0020604	0.00078414	0.16123	0.041836	
16.02.05.	0.0026001	0.0091412	0.014898	0.0016722	0.00036497	0.13526	0.045815	
30.08.05.	0.0018699	0.0078375	0.014206	0.002055	0.00014074	0.15946	0.036374	
15.02.06.	0.041679	0.057607	0.10322	0.0080245	0.005678	0.18175	0.066502	
16.02.06.	0.041786	0.055015	0.099347	0.007763	0.005596	0.1841	0.06274	
18.02.06.	0.039354	0.054082	0.10224	0.0081364	0.0056121	0.17799	0.061653	
18.02.06	0.035421	0.0481	0.0925	0.0084	0.00445	0.126	0.055426	красэнерго
20.02.06.	0.038072	0.047662	0.091634	0.0073302	0.0049601	0.1782	0.053633	
21.02.06.	0.042906	0.059569	0.10673	0.0084106	0.0058577	0.19089	0.069437	
22.02.06.	0.037094	0.051028	0.099747	0.0081658	0.0052944	0.18243	0.057373	
26.02.06.	0.038212	0.058347	0.10653	0.0085644	0.0054893	0.18317	0.067666	
06.03.06.	0.03697	0.057396	0.10615	0.0084982	0.0054116	0.18366	0.065844	

# Бак автотрансформатор 1АТ фаза "А" (данные ХАРГ) ПС 500 кВ Красноярская

Дата	H <sub>2</sub> водород	CH <sub>4</sub> метан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> этилен	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> этан	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ацетелен	CO <sub>2</sub> диоксид	CO оксид	Примечание
граница	0,01	0,01	0,01	0,005	0,001	0,2	0,05	
13.03.06.	0.039632	0.065367	0.11153	0.0092105	0.0056202	0.19616	0.078586	
14.03.06.	0.035579	0.058069	0.10701	0.0085287	0.0053531	0.1819	0.065772	
20.03.06.	0.033541	0.053584	0.10084	0.008221	0.0048861	0.17428	0.061068	
22.03.06.	0.035524	0.058598	0.10549	0.008444	0.0053465	0.19582	0.068185	21.03.нагрев t-62 <sup>0</sup> C
24.03.06.	0.035559	0.061686	0.11242	0.0090351	0.0057343	0.21148	0.071633	23.03.нагрев t-52 <sup>0</sup> C
27.03.06.	0.032195	0.058044	0.10507	0.0084278	0.005231	0.19243	0.067989	
03.04.06.	0.027451	0.051423	0.098629	0.0080567	0.0046696	0.18497	0.058536	
10.04.06.		0.04796	0.09037	0.00732	0.00423	0.1696	0.05507	
18.04.06.	0.02524	0.0495	0.09653	0.00789	0.00449	0.1798	0.0556	анализ до дегазации
18.04.06.	0.000101	0.00179	0.01071	0.00099	0.00032	0.01207	0.00074	Проба из УВМ 17.04.06
19.04.06.	0.00121	0.00345	0.01051	0.0011	0.0004	0.017	0.00341	Проба из АТ
20.04.06.	0.001	0.00302	0.00941	0.001	0.00045	0.0225	0.00329	Верх бака АТ
20.04.06.	0.00105	0.002905	0.00916	0.00097	0.00039	0.0185	0.00305	Низ бака АТ
29.04.06.	0.0017149	0.0025797	0.0076831	0.00077778	0.00049513	0.029358	0.0037387	Введен в работу Отбор 1
30.04.06.	0.0011941	0.0024473	0.0074007	0.00071913	0.00048932	0.021008	0.0029969	Отбор 2
01.05.06.	0.0010714	0.0023811	0.0075578	0.00075915	0.00046647	0.026149	0.0027191	Отбор 3
02.05.06.	0.0015082	0.0033008	0.0086378	0.00079866	0.00064396	0.027311	0.0045721	Отбор 4
03.05.06.	0.0014479	0.0030678	0.0084479	0.00079055	0.00059764	0.027293	0.004044	Отбор 5
04.05.06.	0.001587	0.0029438	0.0085054	0.00076606	0.00045225	0.027671	0.0036705	Отбор 6
05.05.06.	0.0015706	0.0029313	0.0083429	0.00082508	0.00060852	0.028439	0.0035957	Отбор 7
06.05.06.	0.0019635	0.0037978	0.010074	0.00097016	0.00069993	0.032878	0.0043656	Отбор 8 прот. 55-06
07.05.06.	0.002	0.00384	0.0103	0.00106	0.00081	0.0346	0.0045	Прот 56-06 ???
17.05.06.	0.0020737	0.0040995	0.011199	0.0010289	0.0010494	0.05312	0.005641	Прот 59-06
19.05.06.	0.0020725	0.0041806	0.011186	0.0010385	0.0010953	0.055113	0.0058263	Прот 60-06 бак низ
19.05.06.	0.0015289	8.1646 e <sup>-06</sup>	7.3292 e <sup>-05</sup>	--	--	0.0011248	0.0001414	Прот 61-06 газ реле
24.05.06.	0.0022262	0.0052097	0.012873	0.0011542	0.0012851	0.066563	0.0078786	Прот 63-06
31.05.06.	0.0044039	0.0077912	0.018087	0.0016828	0.0014065	0.071879	0.0075196	Прот 68-06
08.06.06.	0.0049607	0.0089833	0.019128	0.0017805	0.0015199	0.083537	0.010071	Прот 84-06
16.06.06								
19.06.06.	0.003894	0.0081982	0.01928	0.0018628	0.0014409	0.086808	0.0090475	Прот 86-06
26.06.06.	0.0033944	0.0081921	0.019881	0.0019611	0.0015091	0.090486	0.0083048	Прот 90-06

# Бак автотрансформатор 1АТ фаза "А" (данные ХАРГ) ПС 500 кВ Красноярская

Дата	H <sub>2</sub> водород	CH <sub>4</sub> метан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> этилен	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> этан	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ацетилен	CO <sub>2</sub> диоксид	CO оксид	Примечание
граница	0,01	0,01	0,01	0,005	0,001	0,2	0,05	
26.06.06.	0.0033944	0.0081921	0.019881	0.0019611	0.0015091	0.090486	0.0083048	Прот 90-06
05.07.06.	0.0031642	0.0080198	0.018904	0.0017955	0.0014806	0.10189	0.0096881	Прот 106-06
12.07.06.	0.003653	0.0089888	0.020036	0.0018834	0.0015617	0.10362	0.011552	Прот 107-06
19.07.06.	0.0022975	0.0067272	0.017634	0.0016899	0.0012412	0.096034	0.0076529	Прот 125-06
02.08.06.	0.0031231	0.0092789	0.022612	0.0019838	0.0014819	0.12101	0.016074	Прот 146-06
08.08.06.	0.0032334	0.0095949	0.022177	0.0020672	0.0015991	0.20866	0.013447	Прот 150-06
.								
25.08.06.	0.0028594	0.0088023	0.020394	0.0019262	0.0014519	0.1231	0.011961	Прот 167-06
31.08.06.	0.0025479	0.0077856	0.018878	0.0018189	0.0012228	0.10632	0.011813	Прот 169-06
13.09.06.	0.0027357	0.0096135	0.021129	0.0020971	0.0015253	0.12989	0.015514	Прот 174-06
28.09.06	0.0029036	0.0091365	0.019639	0.0019556	0.0014518	0.12155	0.015233	Прот 183-06
19.10.06	0.0022404	0.0080789	0.017754	0.0018314	0.0012058	0.12648	0.015371	
25.10.06	0.0022598	0.0075073	0.017808	0.00183	0.001172	0.12957	0.012606	Прот 199-06
01.11.06	0.00064666	0.0018554	0.005025	0.00062196	0.00022625	0.028665	0.0025159	Прот. 201-06, После диагазаци
13.11.06	0.00083098	0.0018859	0.0052875	0.00066059	0.00039633	0.040311	0.0028275	Прот. 032-06
15.11.06	0.00094143	0.0021273	0.005597	0.00061858	0.00039422	0.039951	0.0034604	Прот. 204-06
21.11.06	0.0015271	0.0029645	0.0069653	0.00065272	0.00044544	0.055673	0.0040652	Прот. 207-06
01.12. 06	0.0011911	0.002363	0.0061373	0.0006396	0.00038756	0.039452	0,0032531	Прот. 207-06
11.01. 07	0.001325	0.002747	0.0064128	0.00062842	0.00037363	0.058897	0,004479	Прот. 1-07
12.02.07	0.0012959	0.00229	0.005134	0.0004711	0.0003062	0.04811	0.004226	Прот. 12-07
13.03.07	0.0013008	0.003233	0.0074392	0.00074246	0.00022734	0.053741	0.0064432	Прот. 20-07
24.01.08	0.0015467	0.0044933	0.0090487	0.0013106	0.00030173	0.096421	0.015058	Прот .8-08

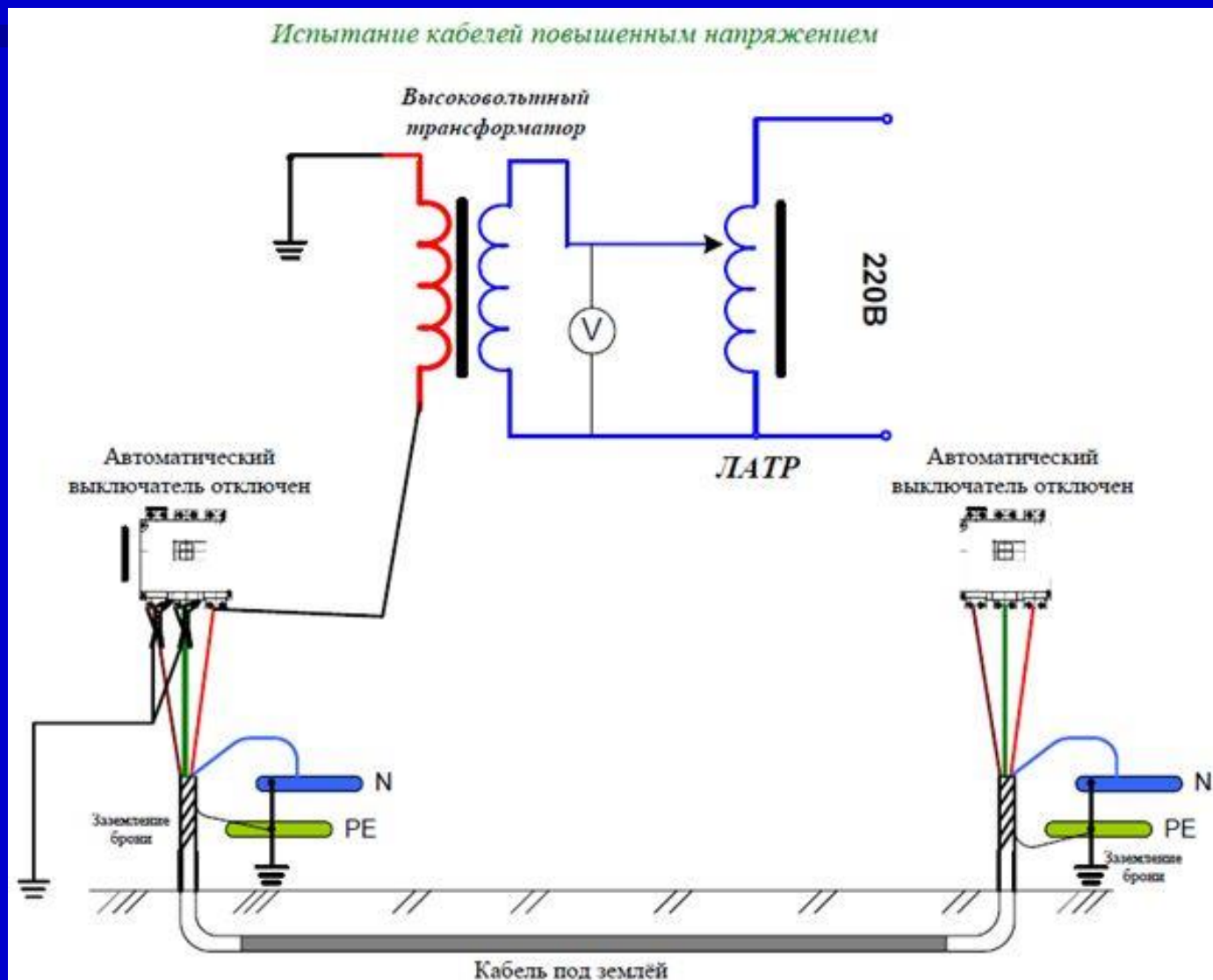
# Испытания конденсаторов

Конденсаторы связи, конденсаторы отбора мощности, конденсаторы для делителей напряжения, конденсаторы для повышения коэффициента мощности, конденсаторы продольной компенсации и конденсаторы для защиты от перенапряжений.

1. При обнаружении течи (капельной или иной) жидкого диэлектрика конденсатор бракуется независимо от результатов испытаний.
2. Сопротивление разрядного резистора не превышать 100 МОм.
3. Ёмкость измеряется у каждого отдельно стоящего конденсатора с выводом его из работы или под рабочим напряжением (измерения емкостного тока или распределения напряжения).
4. Измерение тангенса  $\operatorname{tg} \delta$  на конденсаторах связи, конденсаторах отбора мощности и конденсаторах делителей напряжения.
5. Повышенным напряжением испытывается изоляция относительно корпуса при закороченных выводах конденсатора.

# Испытания силовых кабелей

## Испытание кабелей повышенным напряжением



# Испытания силовых кабелей

## Измерение сопротивления изоляции КЛ

Мегаомметром 2500 В. У КЛ 1 кВ и ниже - не ниже 0,5 МОм. У КЛ с БПИ 2÷500 кВ - сопротивление изоляции не нормируется. У кабелей с изоляцией СПЭ не требуется.

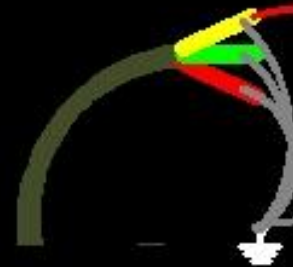
1. Заземлили жилы кабеля  
(оболочку, экран, броню)



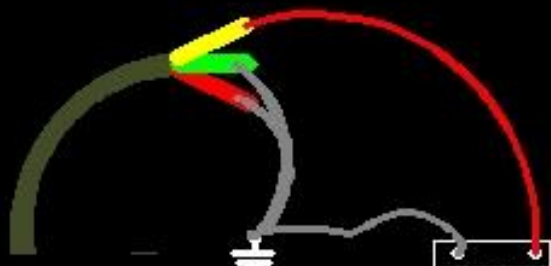
2. Посадили один конец  
мегаомметра на землю



3. Второй на испытываемую жилу



4. С испытываемой жилы сняли землю



5. После измерения посадили  
землю на испытанную жилу



6. Перешли к следующей жиле



# Техническое обслуживание трансформаторной подстанции

При обслуживании ТП проводятся работы:

- Очередные осмотры – 2 раза в год
- Внеочередные осмотры ТП – после стихийных явлений, после каждого случая срабатывания выключателей, перегорания предохранителей
- Измерения токовой нагрузки на вводах 0,4 кВ силового трансформатора и отходящих линий – раза в год
- Измерение напряжения на шинах 0,4 кВ – совмещается с замерами нагрузок
- Очистка изоляции оборудования ТП, аппаратов, баков и арматуры от пыли и грязи – по мере необходимости
- Зачистка, смывка и затяжка контактных соединений – по мере необходимости
- Обновление и замена диспетчерских надписей, мнемонических схем, предупредительных плакатов и знаков безопасности в РУ 0,4-10 кВ – по мере необходимости
- Устранение регулировки механизмов приводов и контактной части выключателей – по мере необходимости
- Вырубка кустарников, обрезка сучьев в охранной зоне ТП,
- Измерение уровня тока КЗ или сопротивления цепи "фаза-нуль" отходящих линий 0,4 кВ – по мере необходимости, но не реже 1 раза в 6 лет
- Измерение сопротивления заземления или напряжения прикосновения к оболочкам и заземленным элементам – в сроки проведения ремонта ТП, один раз в 6 лет

# Основные неисправности ТП

Основные признаки неисправности	Наиболее вероятная причина	Способы устранения неисправности
1. Сильный и неравномерный шум в трансформаторе, сопровождающийся потрескиванием разрядов	1. Ослабление прессовки стальных листов магнитопровода 2. Перекрытие с обмотки или отводов на корпус 3. Обрыв заземления	1. Подтянуть стяжные болты, прессирующие магнитопровод 2. Улучшить изоляцию отводов 3. Восстановить заземление
2. Повышенный нагрев, небольшое увеличение тока на стороне питания, разница омических сопротивлений постоянному току отдельных фаз обмоток трансформатора	Витковое замыкание, явившееся следствием естественного старения изоляции, систематических перегрузок или динамических усилий при коротких замыканиях	1. Устранить витковое замыкание 2. Частично или полностью заменить обмотку поврежденной фазы
3. Выброс масла с разрушением стеклянной мембраны выхлопной трубы	Междофазное короткое замыкание, вызванное: а) старением изоляции; б) понижением уровня масла и его увлажнением; в) внутренними или внешними перенапряжениями; г) протеканием сверхтоков при сквозных коротких замыканиях	Трансформатор подвергнуть ревизии, а при выявившейся необходимости – капитальному ремонту с заменой или без замены масла

# Основные неисправности ТП

<p>4. Появление трещин на изоляторах, скользящих разрядов или следов перекрытия изоляторов</p>	<p>Не обнаруженные ранее трещины заводского происхождения или появившиеся при монтаже и эксплуатации. Набросы посторонних предметов. Перекрытие между вводами различных фаз</p>	<p>Заменить поврежденный изолятор. Устранить наброс. Увеличить изоляционное расстояние между фазами</p>
<p>5. Появление течи масла из кранов или швов бака из под прокладок</p>	<p>Плохо притертые пробки кранов. Недоброкачественный сварной шов. Недостаточное уплотнение в месте установки прокладки. Низкое качество или отсутствие прокладки</p>	<p>Притереть пробку крана. Вырубить шов в месте течи и сварить вновь. Улучшить уплотнение путем затяжки болтов. Заменить прокладку, а в случае ее отсутствия – установить прокладку</p>
<p>6. Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на сигнал</p>	<p>Начавшийся процесс разложения масла вследствие: а) виткового замыкания в обмотке; б) замыкания на корпус (пробой); в) обрыва цепи в обмотке; г) выгорания контактной поверхности переключателя</p>	<p>а) устранить замыкание в обмотке; б) устранить замыкание на корпусе; в) восстановить электрическую цепь обмотки; г) заменить выгоревший контакт переключателя</p>

# Основные неисправности ТП

<p>7. Срабатывание реле газовой защиты трансформатора на отключение</p>	<p>Развившийся бурный процесс разложения масла в трансформаторе вследствие:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) «пожара стали», возникшего в результате циркуляции больших токов, вызванных образовавшимся замкнутым контуром;</li><li>б) междуфазного короткого замыкания;</li><li>в) внутренних или внешних перенапряжений</li></ul>	<p>Трансформатор подвергнуть испытанию, а в случае необходимости – ревизии и капитальному ремонту с выемкой сердечника</p>
<p>8. Срабатывание максимальной (токовой) или дифференциальной защиты</p>	<p>Пробой на корпус вводов трансформатора, перекрытие между фазами вследствие наброса или других причин</p>	<p>Заменить поврежденный изолятор. Устранить наброс или причины, вызвавшие действие защиты</p>

# Подстанции 35-220 кВ. Конструктивное исполнение ТП и РУ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ



**Распределительное устройство (РУ)** —  
электроустановка, служащая для  
приёма и распределения  
электрической энергии одного класса  
напряжения.

Распределительное устройство  
содержит набор коммутационных  
аппаратов, вспомогательные  
устройства РЗиА и средства учёта и  
измерения.

# По конструктивному выполнению РУ делят на открытые и закрытые.

- Открытое распределительное устройство (ОРУ) — такое устройство, у которого все или основное оборудование расположено на открытом воздухе;
- Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) — устройство, оборудование которого расположено в здании. Обычно такие распределительные устройства применяют на напряжения до 35 кВ. В ряде случаев необходимо применение ЗРУ и на более высоких напряжениях (серийно выпускается оборудование на напряжение до 750 кВ). Применение ЗРУ высоких напряжений обосновано: в местности с агрессивной средой (морской воздух, повышенное запыление), холодным климатом, при строительстве в стеснённых условиях, в городских условиях для снижения уровня шума и для архитектурной эстетичности.

**РУ могут быть:**

**комплектными КРУ (сборка на предприятии-изготовителе);**

**сборными КСО (сборка частично или полностью на месте**

**применения. Наиболее**

**перспективными и удобными в монтаже и эксплуатации являются**

**комплектные распределительные устройства (КРУ).**

**Комплектное распределительное устройство (КРУ)**— распределительное устройство, состоящее из шкафов, закрытых полностью или частично, или блоков с встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, измерительными приборами и вспомогательными устройствами, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде и предназначенное для внутренней установки. Комплектное распределительное устройство наружной установки (КРУН)—это КРУ, предназначенное для наружной установки. До недавнего времени существовали только КРУ на напряжение 6 – 10 кВ, поскольку не было малогабаритной коммутационной аппаратуры, а выключатели были только масляные. С появлением вакуумных и элегазовых выключателей промышленность стала выпускать КРУ для напряжения 35, 110 220 кВ и более. Главным элементом КРУ является силовой выключатель, поэтому технические данные КРУ в основном соответствуют данным силового выключателя.

**Комплектные сборные распределительные устройства одностороннего обслуживания (КСО)** - предназначено для приема и распределения электрической энергии переменного тока напряжением 6-10 кВ. Применяются в качестве распределительных пунктов городских и промышленных подстанций, электрических сельских сетей, а также могут применяться в качестве устройства высшего напряжения (УВН) для модернизированной КТП 10/0,4 мощностью от 100 до 2500 кВА.

# Комплектное распределительное устройство КРУ -66



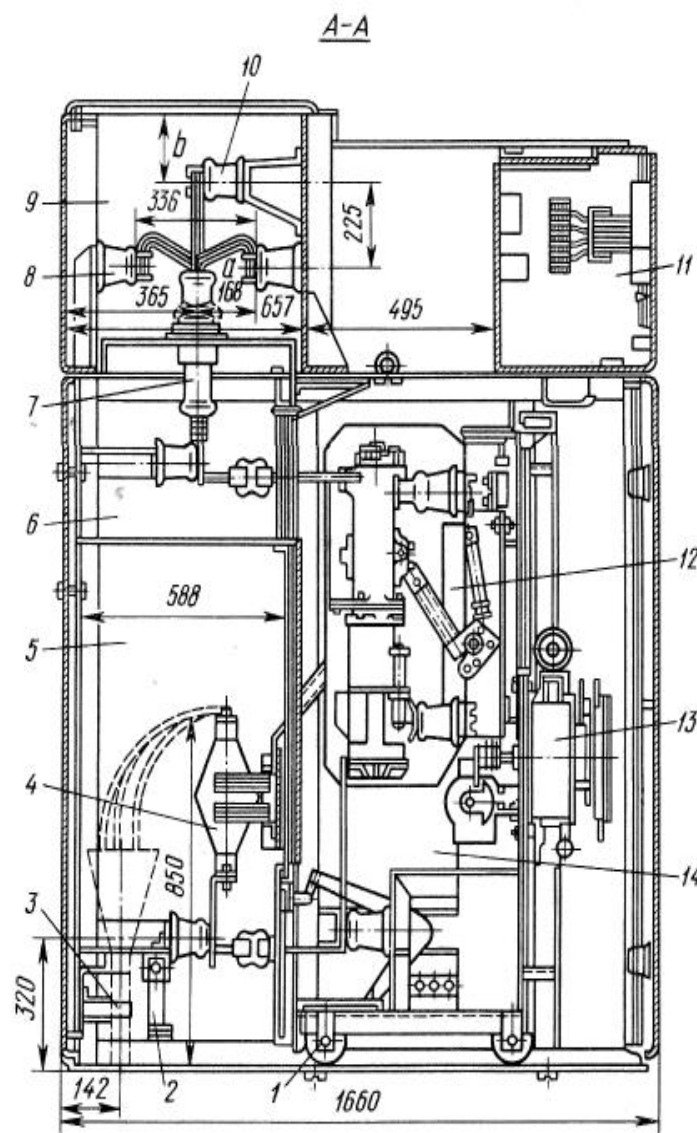
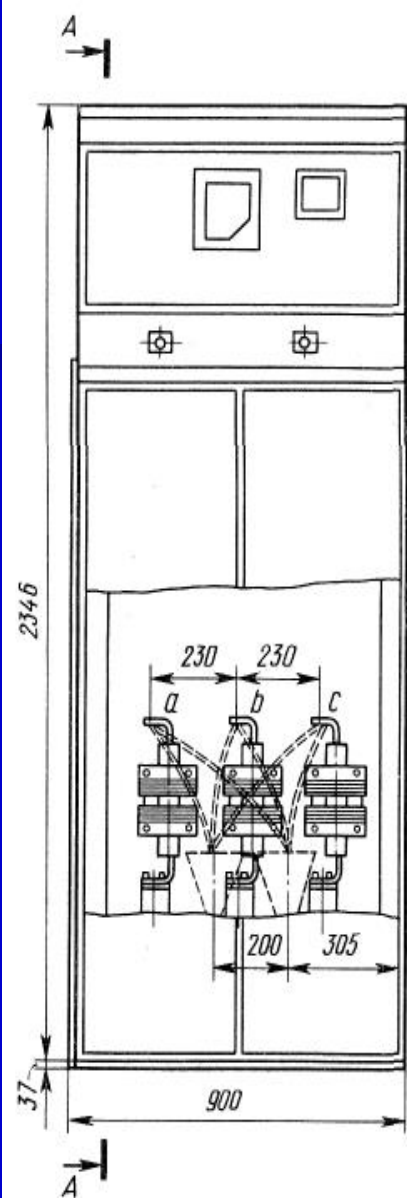
# Комплектное распределительное устройство



**КРУ СЭЩ-63**



Компания «Протон-Энерджи», г. Белгород



**1 — выкатная тележка; 2— заземляющий разъединитель; 3— трансформатор земляной защиты; 4— трансформатор тока; 5 — отсек трансформаторов тока и кабельной разделки; 6—отсек шиноразъединяющег о контакта; 7— проходной изолятор; 8—сборные шины; 9—отсек сборных шин; 10—проходной изолятор; 11 — отсек аппаратуры РЗ и А; 12—выключатель ВМП-10; 13 — привод выключателя; 14 — отсек выкаткой тележки**

Современные серии КСО и КРУ могут выпускаться для комплектации масляными выключателями, или вакуумными, или элегазовыми, в связи с чем могут иметь различные габаритные размеры. В связи с необходимостью обновления оборудования можно использовать старые ячейки, а заменять в них только коммутационные аппараты — масляные на элегазовые или вакуумные.

# **Выкатная тележка ячейки КРУ может занимать три положения:**

**рабочее (тележка находится в корпусе шкафа, первичные и вторичные цепи замкнуты);**

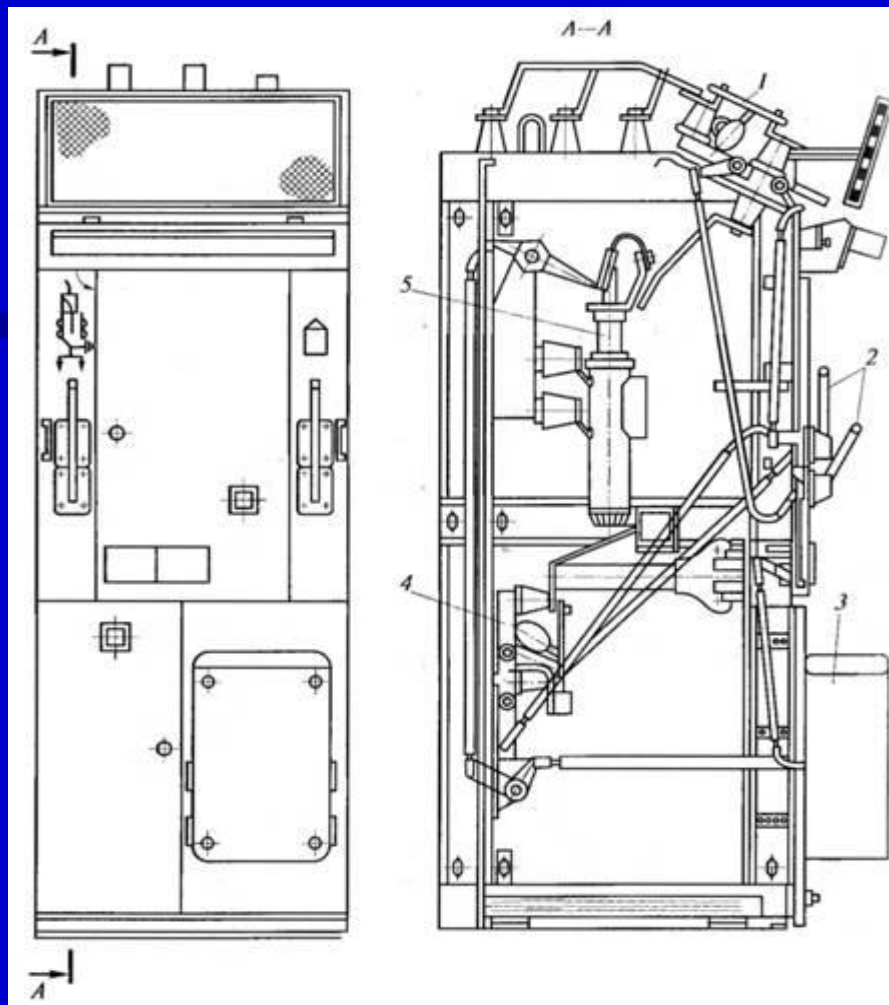
**контрольное (испытательное) (тележка в корпусе шкафа, выкачена из шкафа не полностью, контакты первичной цепи разомкнуты, а вторичные остаются замкнутыми (в этом положении возможно опробование выключателя на включение и;**

**ремонтное (тележка с выключателем полностью выкачена из шкафа, первичные и вторичные цепи разомкнуты).**

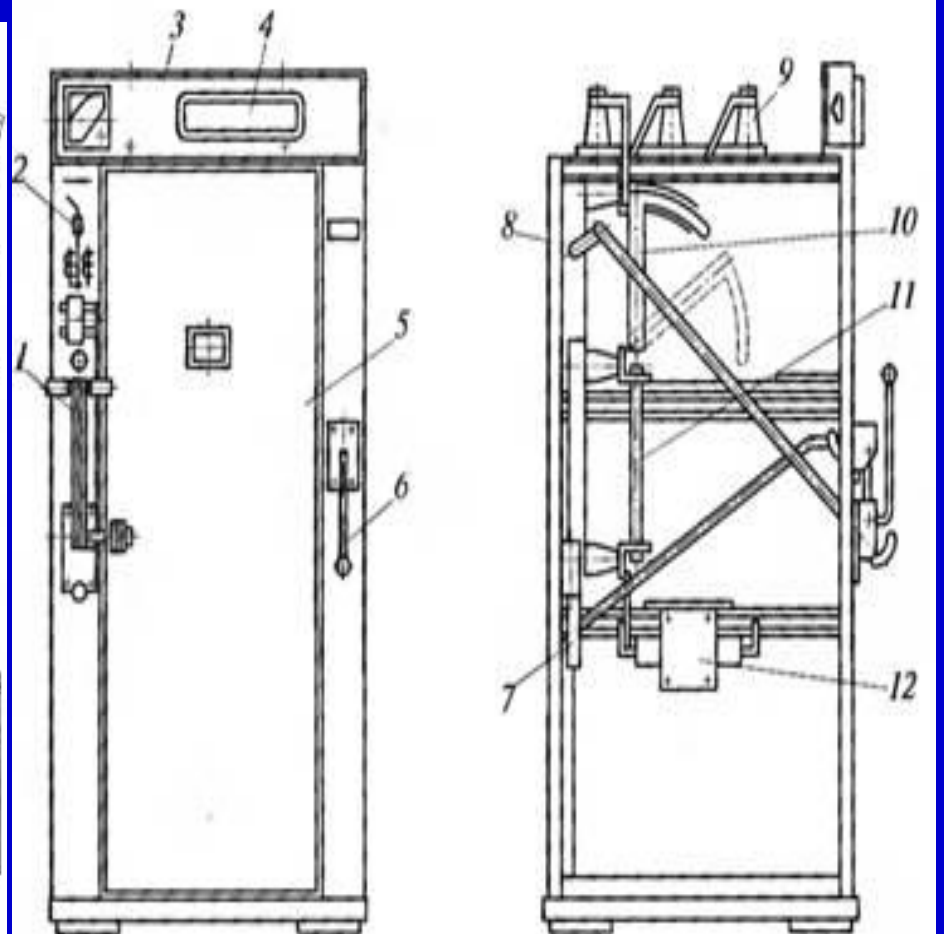
**В рабочем и контрольном положениях тележка фиксируется специальным устройством. Для облегчения перемещения тележки в рабочее положение имеется рычажный механизм, управляемый съемной рукояткой. При выкатывании тележки из шкафа автоматически металлическими шторками закрываются отсеки шинного и линейного разъединяющих контактов. Таким образом, исключается случайное прикосновение к токоведущим частям, оставшимся под напряжением.**

**КРУ с вакуумными выключателями, рассчитанные на номинальный ток шкафа до 1600 А и ток сборных шин до 3200 А, имеют значительно меньшие габариты, чем другие типы КРУ, и являются наиболее перспективными.**





Камера типа КСО-292 с выключателем  
 1 — шинный разъединитель; 2 — приводы  
 разъединителей; 3 — привод выключателя; 4  
 — линейный разъединитель; 5 — масляный  
 выключатель



Камера типа КСО-366 с выключателем нагрузки  
 1, 6 — приводы выключателя нагрузки и  
 заземляющего разъединителя; 2 — мнемосхема; 3 —  
 кожух; 4 — надпись с назначением камеры; 5 —  
 дверь; 7 — заземляющий разъединитель; 8 —  
 каркас; 9 — изолятор; 10 — выключатель нагрузки;  
 11 — предохранитель; 12 — трансформатор тока

**Выключатель нагрузки (автогазовый) - это простейший высоковольтный выключатель. Он используется для отключения и включения цепей, находящихся под нагрузкой. Дугогасительные устройства выключателей рассчитаны на гашение маломощной дуги, возникающей при отключении тока нагрузки. Их нельзя применять для отключения токов короткого замыкания. Чтобы разорвать цепь в случае возникновения короткого замыкания, последовательно с выключением нагрузки устанавливаются высоковольтные предохранители соответствующей способности.**



- **Вид камер КСО, КРУ в зависимости от устанавливаемой аппаратуры:**
- Камеры КСО, КРУ с высоковольтными выключателями ВВ/TEL-10, ВБЭ-10 на 630, 1000 А;
- Камеры КСО, КРУ с силовыми предохранителями ПКТ-6, ПКТ-10, ПКН-6, ПКН-10;
- Камеры КСО с выключателями нагрузки;
- Камеры КСО, КРУ с трансформаторами напряжения НОМ, НАМИ, ЗНОЛ;
- Камеры КСО, КРУ с разъединителями РВ, РВЗ, РВФЗ на 630, 1000 А с приводами ПР-10;
- Камеры КСО, КРУ с кабельными сборками;
- Камеры КСО, КРУ с силовыми трансформаторами ТСКС-10/ 0,4кВ 25кВА;
- Камеры КСО, КРУ с аппаратурой собственных нужд;
- Камеры КСО, КРУ с разрядниками РВРД-6У1, РВРД-10У1, РВО-6, РВО-10 и конденсаторами;
- КСО, КРУ с разрядниками или ограничителями перенапряжений ОПН-6, ОПН-10.

# СХЕМЫ ПЕРВИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАМЕР КСО

Схема главных цепей								
Номер схемы	1	2	3	4	5	6	7	8
Схема главных цепей								
Номер схемы	9	10	11	12	13	14	15	16

# Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией серии 8DJH 6(10)кВ



Преимущества:

Модульная конструкция

Безопасность персонала

Безопасность в работе

Экономичность

КРУЭ применяются для распределения энергии во вторичных распределительных сетях, в том числе в сложных условиях окружающей среды: различные распределительные и трансформаторные подстанции предприятий электроснабжения и городских электростанций, промышленные электроустановки, например:

- ▣ Добывающая промышленность, разработка полезных ископаемых;
- ▣ Высотные здания, аэропорты;
- ▣ Очистительные установки, портовые сооружения;
- ▣ Ж/д электроснабжение, метрополитен;
- ▣ Нефтедобывающая промышленность;
- ▣ Химическая, цементная промышленность.

# Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией выше 35 кВ

Комплектные элегазовые ячейки на рабочее напряжение 110 кВ предназначены для закрытых распределительных устройств и имеют обозначение серии ЯЭ-110.

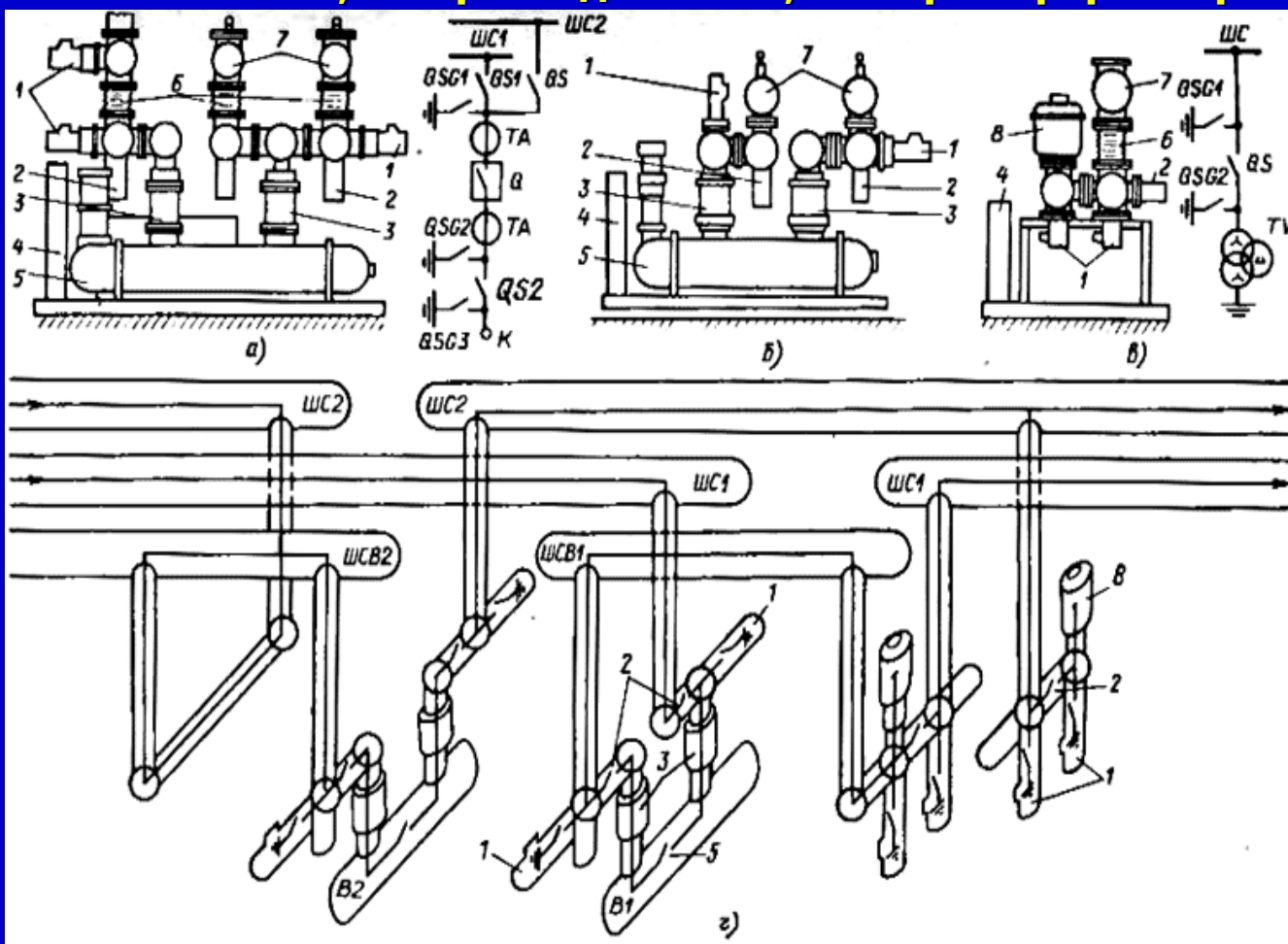
Компоновка элегазовых ячеек:

а - линейной; б - шиносоединительной; в - трансформаторов напряжения; г - секционной ячейки; 1 — заземлитель; 2 — разъединитель; 3 — трансформатор тока; 4 — шкаф; 5 — выключатель;

6 — сильфон;

7—шина соединительная

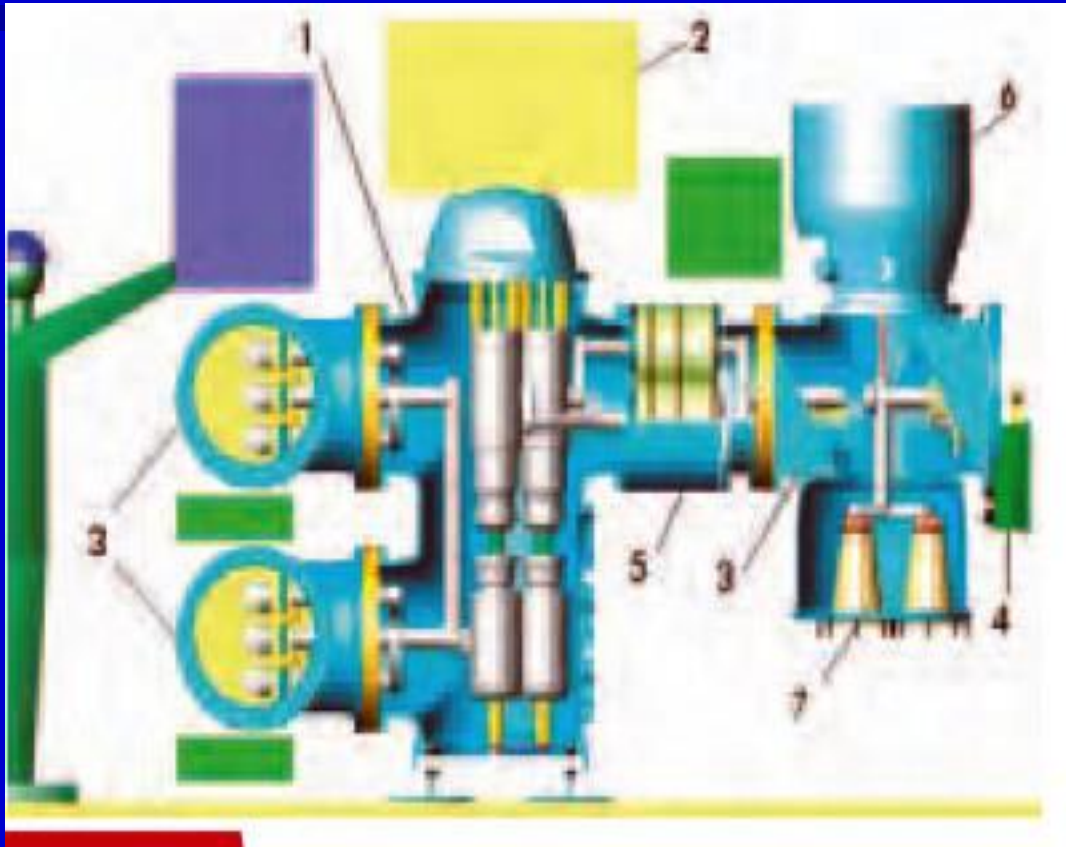
; 8 - трансформатор напряжения





Комплектное распределительное устройство с газовой изоляцией на напряжение до 52 кВ предназначено для эксплуатации на электростанциях, трансформаторных подстанциях и в промышленных сетях. Распределительное устройство с вакуумными силовыми выключателями является производственным электрооборудованием с высокой степенью готовности, оптимальной защитой обслуживающего персонала и потребителей и простой конструкцией. В качестве изоляционной среды применяется элегаз. Распределительные устройства нечувствительны к таким воздействиям окружающей среды, как пыль и агрессивные газы и располагают совершенной защитой обслуживающего персонала.

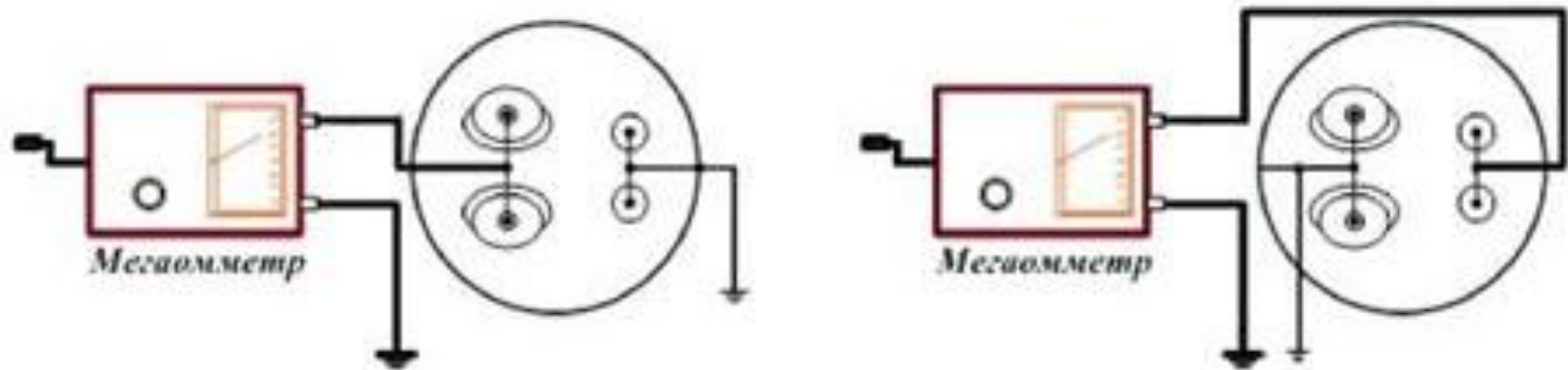
# **F35 подстанция с элегазовой изоляцией (КРУЭ) Alstom до 145 кВ с номинальным током до 5000А**



- 1 - выключатель
- 2 - пружинный механизм
- 3 - объединенный разъединитель/заземлитель
- 4 - быстродействующий заземлитель
- 5 - трансформатор тока
- 6 - трансформатор напряжения
- 7 - кабельная связь

# Элегазовые трансформаторы напряжения

## Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН трансформатора напряжения



## Допустимые сопротивления изоляции элегазовых трансформаторов напряжения

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее		
	основная изоляция	вторичные обмотки*	связующие обмотки
35-500	300	50(1)	1

# Трансформаторы тока (измерительные) элегазовые

**Назначение.** Трансформаторы тока серии ТОГФ предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборами и устройствам защиты и управления в открытых и закрытых распределительных устройствах переменного тока частоты 50 Гц на Номинальное напряжение 110, 220 кВ.



## Трансформаторы тока элегазовые ТОГФ 110, 220

### Назначение

Трансформаторы тока серии ТОГФ-110 предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления в открытых и закрытых распределительных устройствах переменного тока частоты 50 Гц на номинальное напряжение 110 кВ

# Трансформаторы тока (измерительные) элегазовые

## ТТ 420 кВ с элегаз.изоляцией

### Особенности ТТ с элегазовой изоляцией

- Взрывобезопасное исполнение благодаря применению элегаза и разрывной мембраны
- Отличная сейсмическая устойчивость благодаря свойствам композитных изоляторов
- Имеются ТТ с номинальными напряжениями от 72.5 до 800 кВ и токов от 100 до 4800 А
- Стойкая к КЗ первичная обмотка в виде короткой шины с малым реактивным сопротивлением
- Оптимальное распределение поля достигается благодаря вводам, специально разработанным для этих ТТ
- Многовитковые первичные обмотки для низких первичных токов и равномерно распределенные вторичные обмотки обеспечивают точную трансформацию, как при номинальном, так и при высоком токе
- Сохранение точности на всем сроке службы
- Прекрасные характеристики в переходных режимах
- Использование коррозионно-стойких материалов
- Замена магнитопровода возможна без нарушения целостности изоляции.



# Элегазовые трансформаторы напряжения

## Измерение влагосодержания элегаза

Электронный прибор измерения  
влажности



- Измерение производится при атмосферном давлении. Сравнимые величины даже если измеряемый газ показывает различные значения давления. Точка росы отображается на цифровом табло в градусах Цельсия, может быть преобразовано в значение ppm с помощью диаграммы или таблиц.
- Измерительная камера в форме цилиндра. Другой цилиндр, заполненный осушителем, обеспечивает нахождение датчика в сухой среде. Когда цилиндр извлекается из прибора, датчик попадает в поток газа, предназначенного для измерения.

# Элегазовые трансформаторы напряжения

## Откачка и осушка элегаза

- Во время откачивания элегаза из выключателей газ автоматически протекает через осушающий фильтр и фильтр частиц, удерживаются продукты распада, влага и твёрдые частицы. Для сильнозагрязнённого элегаза, а также в случаях, когда качество элегаза неопределено, абсолютно необходима установка дополнительного предварительного фильтра, чтобы защитить от продуктов распада. Рекомендуется проверять качество очищаемого элегаза.



# Недостатки традиционного электрооборудования (воздушного и маслонаполненного)

- высокая степень износа, зачастую связанная с необратимыми физическими и химическими изменениями параметров материалов;
- сравнительно большие габаритные размеры и масса;
- сравнительно большие требуемые площади под его компоновку;
- сравнительно низкая устойчивость к токам короткого замыкания, особенно в условиях повсеместного развития энергетической сети;
- затратность и большие объемы обслуживания,
- сложности при ремонтно-наладочных работах, требующие наличие опытного, квалифицированного персонала и специалистов узкого профиля;
- высокая взрыво- и пожароопасность, экологическая опасность;
- сложности, связанные с приобретением запасных частей;
- более сложное оперативное обслуживание;
- применение воздушного хозяйства, требующего наличия и содержания компрессоров, трубопроводов и сосудов, работающих под давлением, а также персонала, аттестованного в области промышленной безопасности;
- относительная затратность изготовления.

# Преимущества использования элегаза

- По электрической прочности элегаз выигрывает у воздуха в 2,5 раза. Выигрышно высокие значения диэлектрической и электрической прочностей позволяет уменьшить размеры электрооборудования без уменьшения эксплуатационных характеристик. Например, уменьшая размеры выключателей автоматически уменьшаются и габариты распред. устройства.
- Элегаз обладает способностью захватывать свободные электроны, образуя малоподвижные ионы, повышая этим электрическую прочность.

Элегаз не стареет и не требует частой замены. Даже, если произошел дуговой разряд, то газ распадается, однако, потом заново рекомбинирует и вновь находится в рабочем состоянии.

# Повреждение элегазового ТТ типа CTS-362

- Известны случаи повреждения высоковольтного измерительного оборудования при его транспортировке по причине недостаточной механической прочности его элементов.
- В частности, имело место повреждение элегазового трансформатора тока CTS - 362 при транспортировке (произошло разрушение изоляционных опор, поддерживающих экран). Повреждение было выявлено в процессе монтажа
- Конструктивные недостатки данного типа трансформаторов тока явились причинами, исключающими их применение.



**Было отозвано экспертное заключение на трансформаторы тока типа CTS – 362 и CTS - 550 и введен полный запрет на их закупку и использование.**

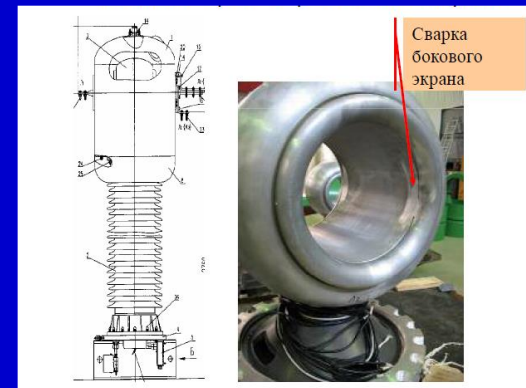
# Повреждение элегазового ТТ типа ТГФ-220

Имели место случаи повреждений оборудования, явившиеся предпосылками для их дальнейшей модернизации заводом – изготовителем. В частности, речь идет о трансформаторе тока типа ТГФ-220 отечественного производства (ОАО ВО «Электроаппарат»). Дефект выразился в самопроизвольном разрыве мембраны (вследствие ненадежного крепления защитного колпака) и откручивании бокового экрана на активной части ТТ при транспортировке

По данному случаю были приняты следующие меры:

1. Временно была приостановлена закупка трансформаторов тока типа ТГФ – 110 и ТГФ - 220 кВ;
2. Заводом – изготовителем были внесены соответствующие конструктивные изменения (была изменена конструкция мембранного устройства и способ закрепления бокового экрана (при помощи сварки));
3. На установленных трансформаторах тока проводится замена мембранных устройств на модернизированные;

В настоящий момент ОАО ВО «Электроаппарат» поставляет модернизированные трансформаторы тока серии ТГФМ.



# Основные методы комплексной диагностики



# ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КРУЭ. Мониторинг изоляции КРУЭ (40 лет в работе) акустическими ЧР



Figure 6c: Insulation monitoring on a 40 year old GIS by acoustic PD measurement

# ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРО- ОБОРУДОВАНИЯ КРУЭ. акустическиЕ сигналы ЧР методом УВЧ. Проводники при 60 кВ и 80 кВ

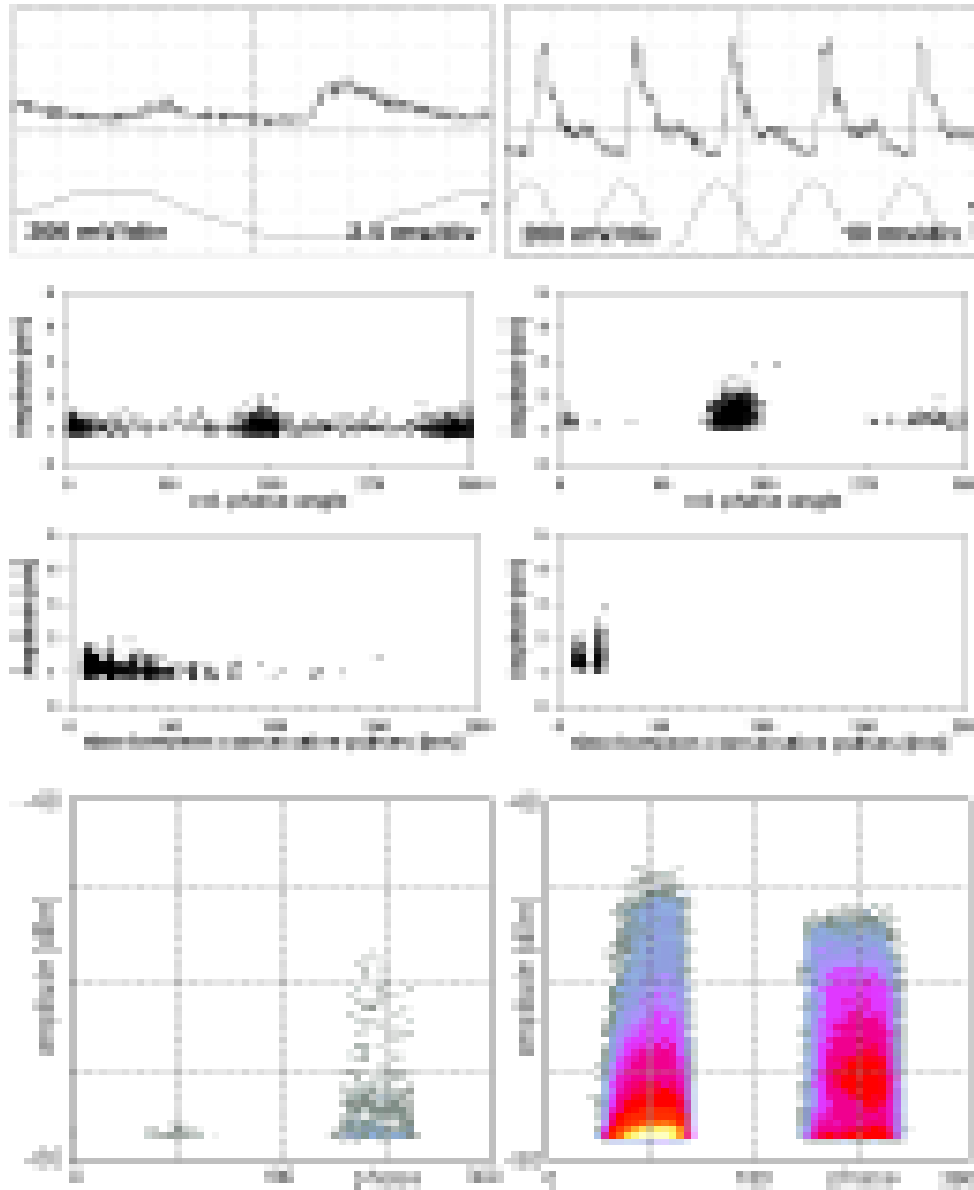
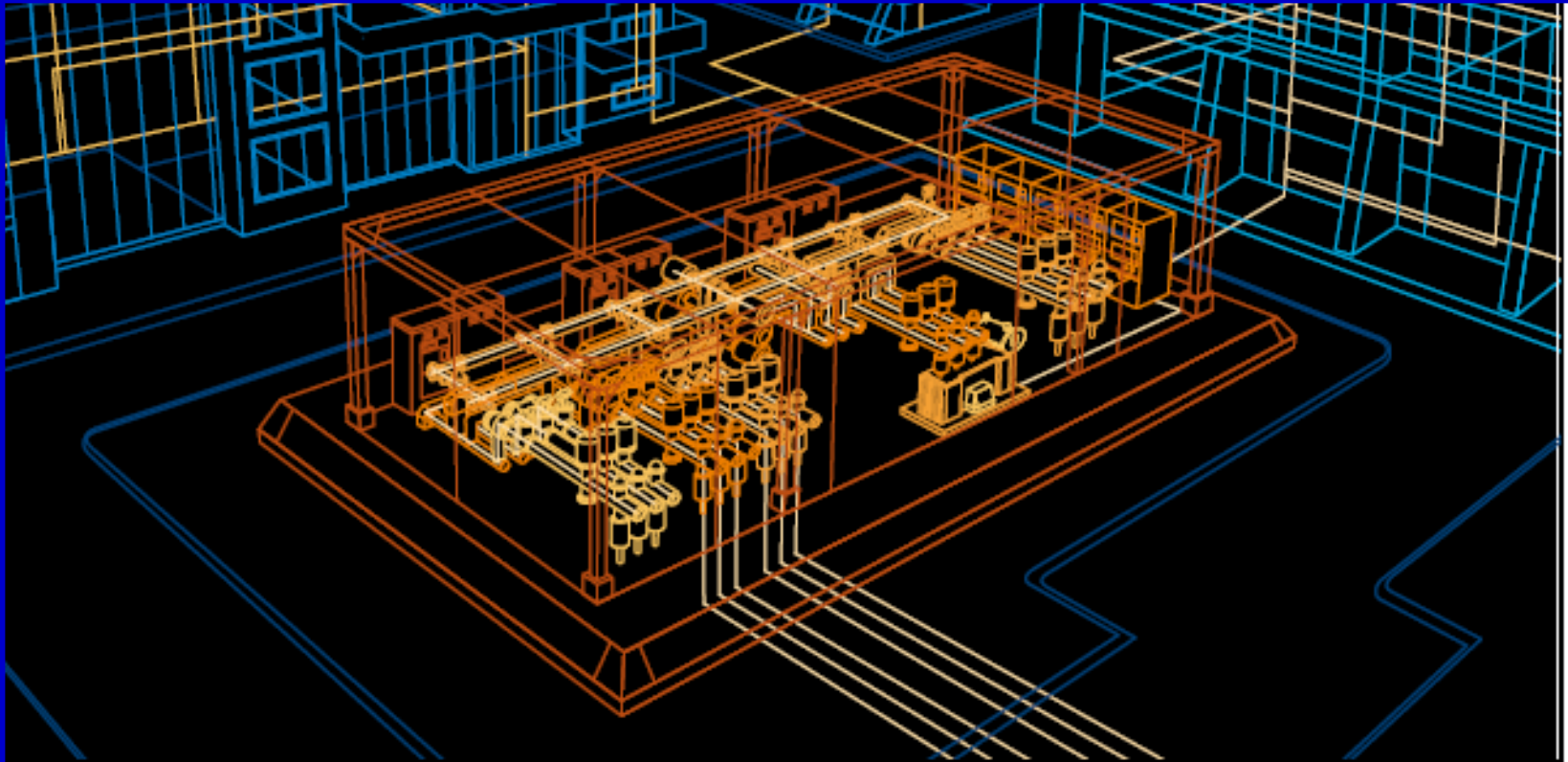


Figure 7: Acoustic PD signals and UHF PD patterns of a protrusion on the inner conductor at  $U = 60$  kV (PD inception voltage, left column) and  $U = 80$  kV (right column),  $p = 0.5$  MPa

# **ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ**

- низкая механическая прочность элементов и сочленений, приводящая к разрушению внутренних элементов конструкции при транспортировке;**
- применение материалов, не обладающих требуемой коррозионной стойкостью;**
- низкое качество элегаза (повышенная влажность, появление продуктов разложения элегаза);**
- ненадежное крепление защитных колпаков на мембранных устройствах;**
- дефекты монтажа;**
- низкое качество сервисного обслуживания.**

# КОМПЛЕКТНОЕ РАСПРЕДУСТРОЙСТВО С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ (КРУЭ)



High Voltage GIS  
Life Cycle Services

Gas-Insulated Switchgear  
up to 245 kV, 50 kA, 4000 A  
Type 8DN9

Answers for energy.

**SIEMENS**



**КРУЭ 500 КВ  
ПС  
БЕСКУДНИКОВО**



# КРУЭ PASS MOS на 220 кВ, PASS M00 на 35 кВ, PASS M0 150 кВ, PASS MOS 220 кВ

Все компоненты (за исключением кольцевого трансформатора тока) помещены единый бак и изолированы средой газа SF<sub>6</sub> (элегаз):

- Выключатель
- Разъединители
- Заземлители
- Кабельные кожухи
- Быстродействующие заземлители
- Трансформаторы напряжения.

PASS также может расшифровываться как «Performance and Save Space», что в переводе с английского означат «устройство, позволяющее сэкономить пространство».

Применение PASS позволяет сэкономить значительную часть площади распределительного устройства подстанции.



# КРУЭ PASS MOS на 220 кВ, PASS M00 на 35 кВ, PASS M0 150 кВ, PASS MOS 220 кВ

КРУ ABB PASS M0 RC

ABB PASS M0 RC — комплектное элегазовое распределительное устройство с поворотной камерой на 110-150 кВ.

КРУ ABB PASS M0 с поворотной камерой относится ко второму поколению гибридных интегрированных распределительных устройств PASS.

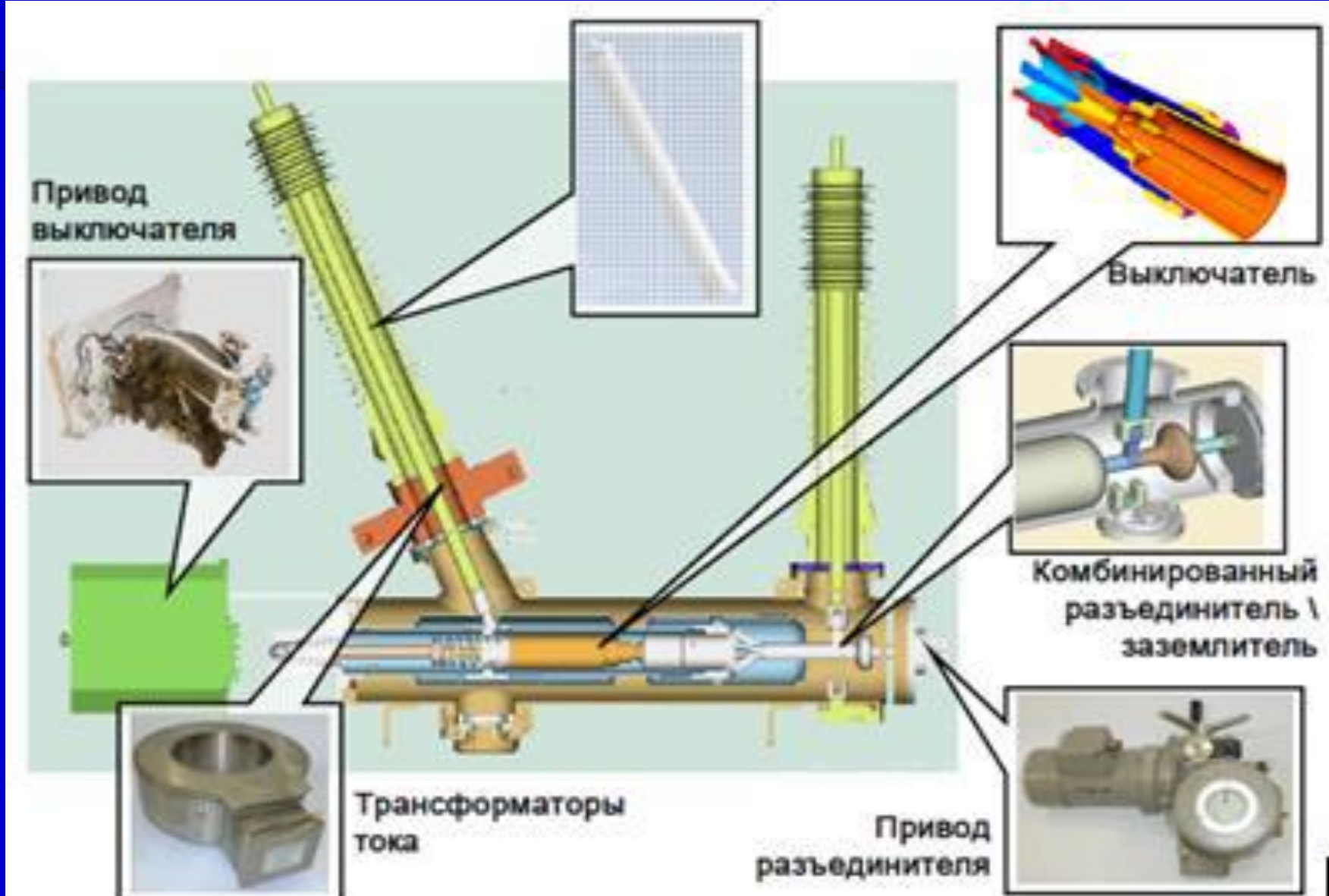


Рис. 1: PASS M0 с поворотной камерой SBB



Рис. 2: PASS M0 с поворотной камерой DBB

# Структурная схема концепции PASS и ее компоненты.



# Последовательность переключений и принцип действия поворотной гасительной камеры

Включено

Угол  $0^\circ$

Ввод 1: Вкл.

Ввод 2: Вкл.

Отключено

Угол  $45^\circ$

Ввод 1: Откл.

Ввод 2: Откл.

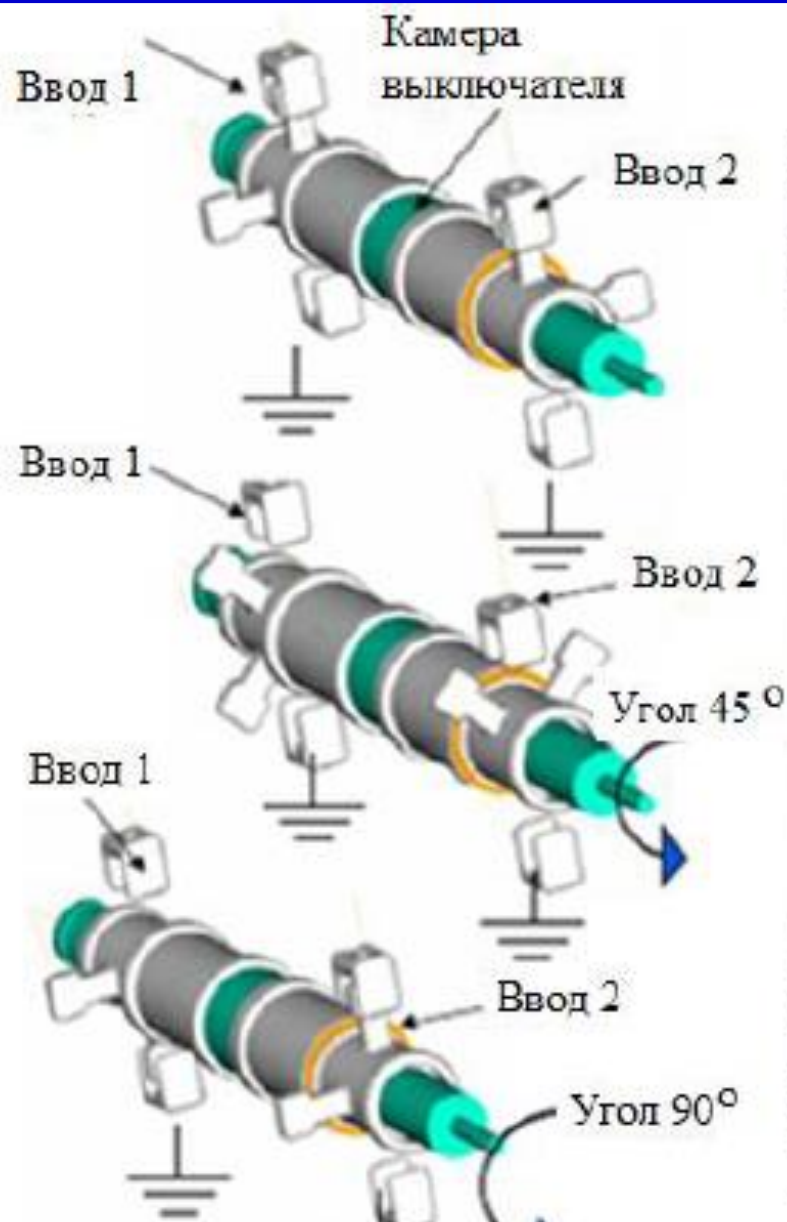
Модуль  
полностью  
отключен

Заземление  
ввода 2.

Угол  $90^\circ$

Ввод 1: Откл.

Ввод 2:  
заземлен через  
выключатель



# VOX - Вакуумный баковый выключатель наружной установки 35 кВ

Номинальный ток от 1250 до 2000 А

Номинальный ток отключения от 25  
до 40 кА

Номинальное напряжение 35 кВ

Гашение дуги происходит в вакууме,  
изоляция токоведущих частей в баке  
обеспечивает элегаз

Рабочий диапазон температур: от -60  
до +40 оС

Коммутационный ресурс при токах  
отключения: 100 операций

Стойкость к воздействию внутренней  
дуги, сейсмостойкость до 9 баллов.

Наружная установка.

Вакуумный прерыватель.

Пружинный приводной механизм.

Композитные бушинги EPDM.

Стальной бак, без уплотнителей.



# VOX - Вакуумный баковый выключатель наружной установки 35 кВ

Преимущества:

Экономичность

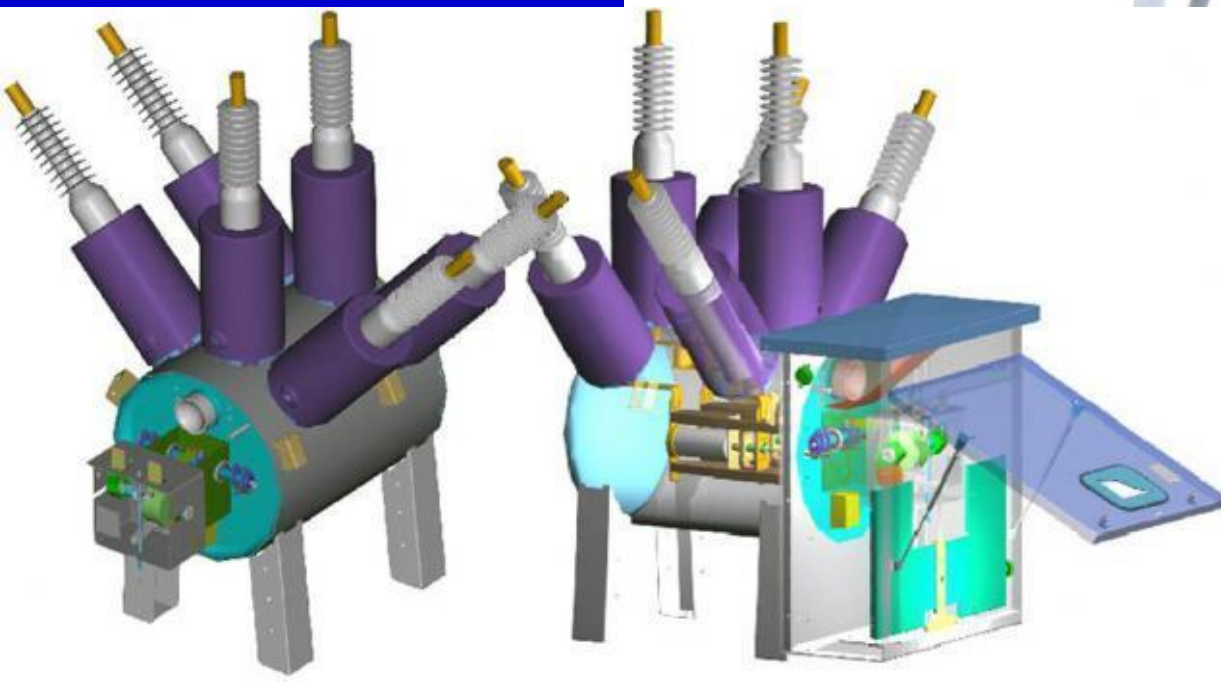
Требует минимального обслуживания

Повышенная безопасность

Низкое избыточное давление элегаза  
(1,5 бар) обеспечивает низкую утечку  
(не более 0,1% в год)

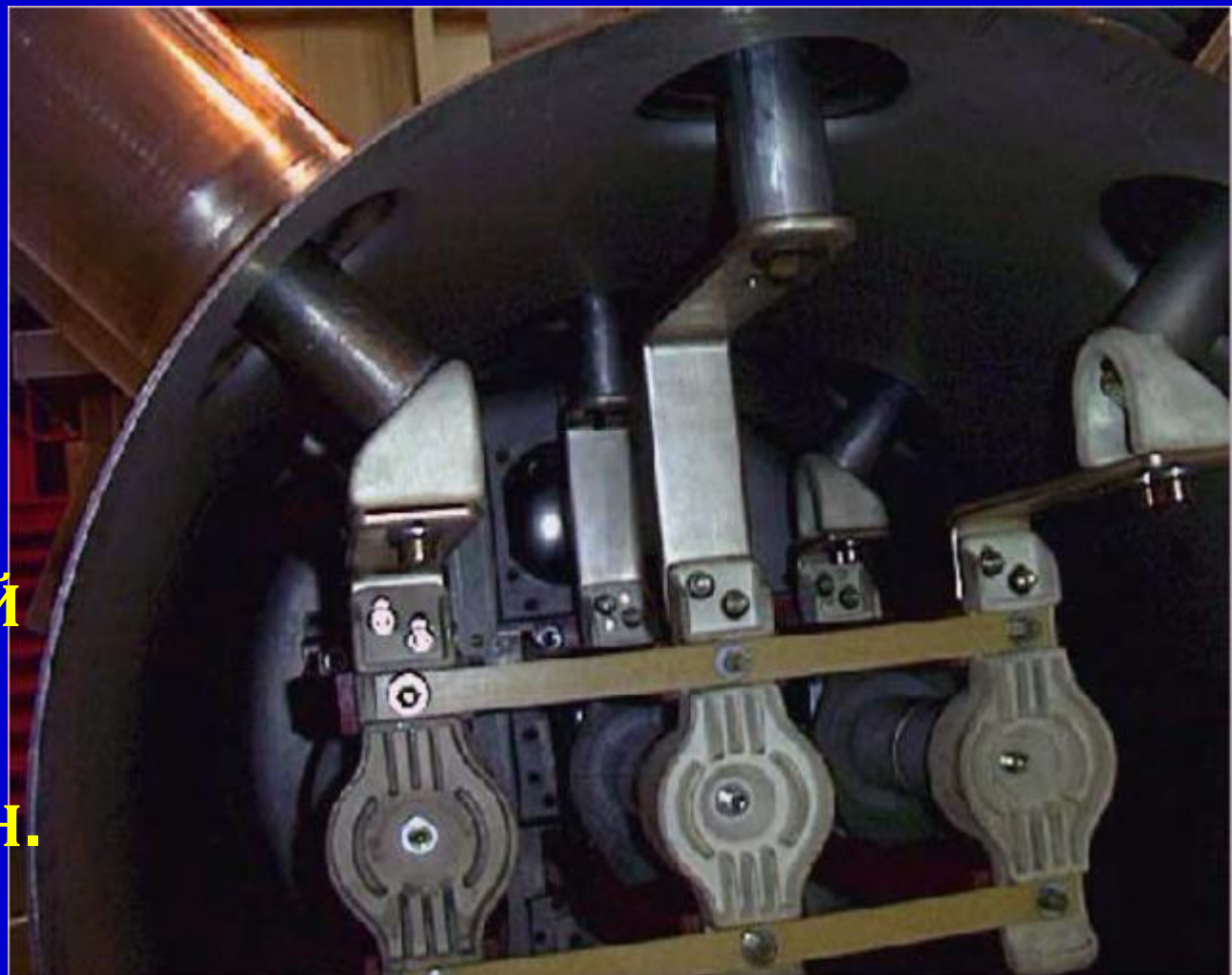
Комплексное решение при установке  
на выключатель трансформаторов  
тока, напряжения, релейной защиты,  
ОПН.





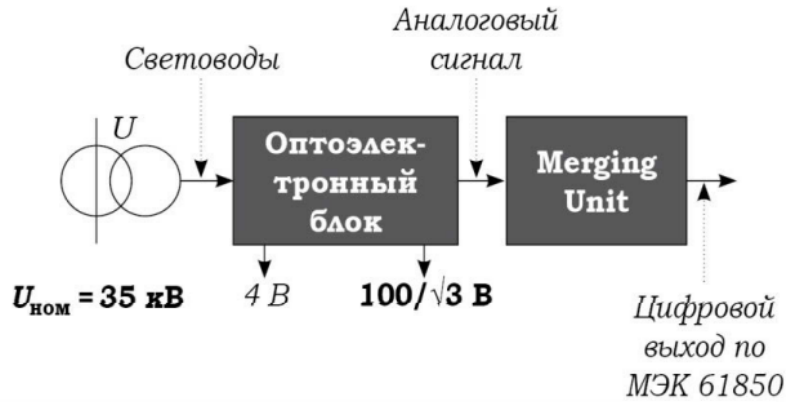
# VOX - 35 кВ. Внутреннее устройство

- ВАКУУМНЫЙ ПРЕРЫВАТЕЛЬ.
- ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЩИЩЕН ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.
- НАДЁЖНОЕ КРЕПЛЕНИЕ ТОКОПРОВОДОВ.
- ЗАЩИЩЕННЫЙ ОТ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.
- ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН.



# Оптические трансформаторы напряжения

## Структурная схема преобразователя напряжения



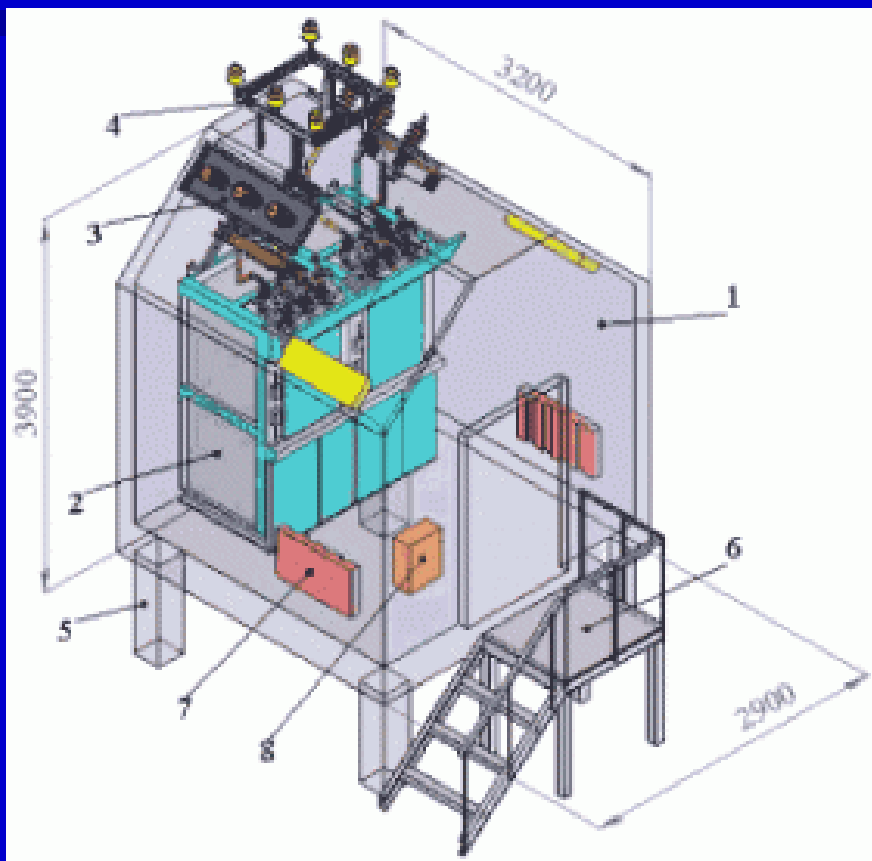
# Оптические трансформаторы напряжения



# Оптические трансформаторы напряжения

- 12.1. При П, К проверка высоковольтного блока производится в соответствии с инструкциями изготовителя ОТН изготовителем или специализированной наладочной организацией.
- 12.2. При П, К проверка электронного ТН производится в соответствии с инструкциями изготовителя ОТН самим изготовителем или специальной наладочной организацией.

# КРУН

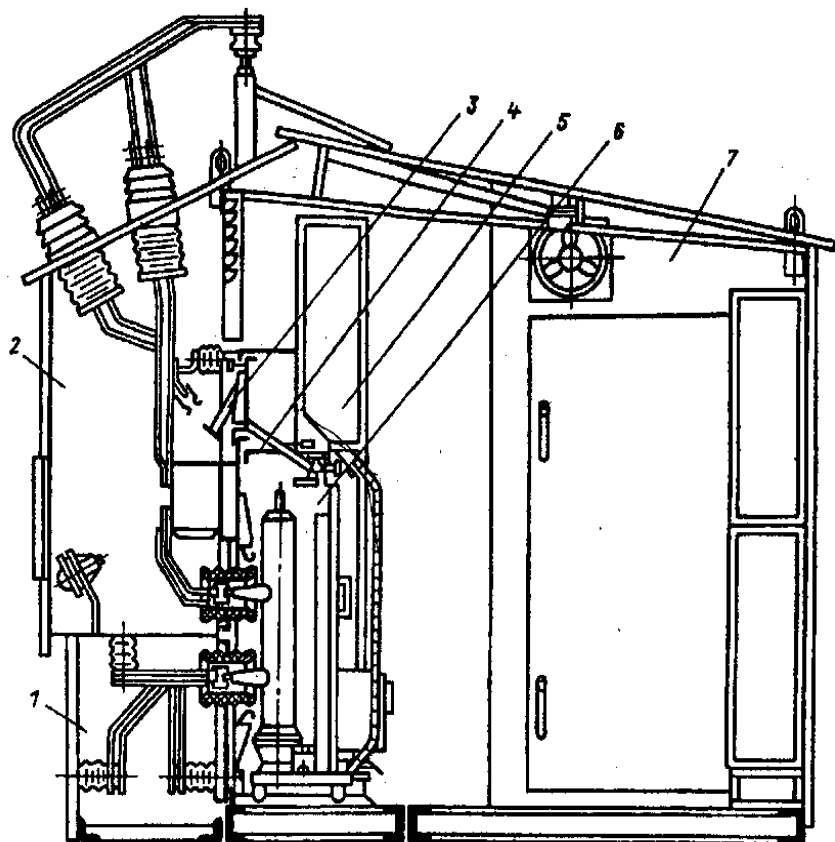


## Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН)

предназначены для открытой установки вне помещения. КРУН состоят из металлических шкафов со встроенными в них аппаратами, приборами, устройствами защиты и управления.

Шкафы КРУН имеют уплотнения, обеспечивающие защиту аппаратуры от загрязнения и атмосферных осадков. Так как шкафы не абсолютно герметичны, то КРУН не предназначены для работы в среде с влажностью воздуха более 80 %, опасной в отношении взрыва и пожара, а также в среде с химически активными газами и токопроводящей пылью. КРУН рассчитаны для работы при температурах окружающего воздуха от 40 до +35 С. В некоторых сериях КРУН предусматривается искусственный подогрев воздуха внутри шкафа для создания условий, препятствующих конденсации влаги при резких колебаниях температуры наружного воздуха.

# Шкаф КРУН серии К-47 с выключателем ВК-10



## □ **Серия КРУн/БЕЛ-10 с номинальным током главных цепей 630 и 1000 А.**

- Виды основных ячеек КРУн/БЕЛ-10 в зависимости от встраиваемой аппаратуры и присоединений:
  - с вакуумным выключателем, трансформаторами тока и ограничителями перенапряжения;
  - с секционным выключателем;
  - с трансформаторами напряжения.
- КРУН может иметь различную конструкцию в зависимости от применяемого оборудования, различные схемы главных и вспомогательных соединений, поэтому при выборе их надо ориентироваться на сетку схем и каталожные данные.

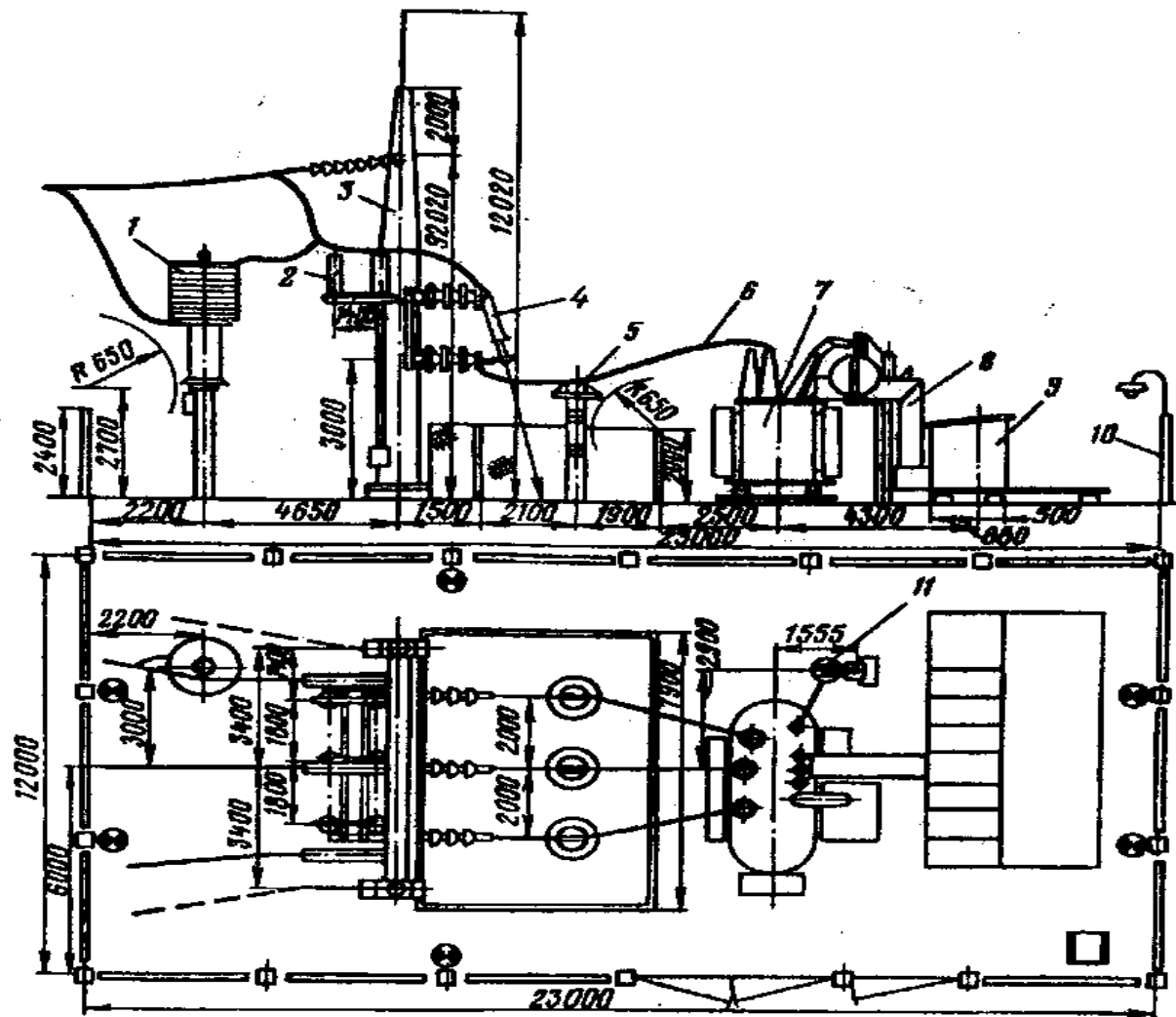
# КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

- **Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) изготавливаются на заводах и крупноблочными узлами доставляются на место монтажа. Широкое внедрение КТП позволило индустриализовать и ускорить монтаж подстанций, обеспечить максимальную безопасность при обслуживании, уменьшить габариты подстанций.**
- **Комплектные трансформаторные подстанции 6 - 10/0,4 - 0,23 кВ внутренней и наружной установки широко применяются для электроснабжения промышленных предприятий, сельскохозяйственных и коммунальных потребителей.**



- КТП комплектуются силовыми трансформаторами типа ТНЗ с негорючим заполнителем, трансформаторами типа ТМЗ герметичного исполнения с азотной подушкой или обычными масляными трансформаторами ТМ, ТСМА мощностью 30 - 1000 кВ А. Шкаф высшего напряжения имеет глухой кабельный ввод 6-10 кВ, или выключатель нагрузки с предохранителем, или разъединитель и предохранитель. В шкафах низшего напряжения устанавливаются автоматические выключатели выдвижного исполнения, блоки предохранитель - выключатель, магнитные пускатели с предохранителями.
- КТП внутренней установки состоят из трех основных элементов: вводного устройства (6 или 10 кВ), силового трансформатора и распределительного устройства (0,4 кВ).
- КТП наружной установки. КТПН выполняются для различных напряжений и предназначены для электроснабжения объектов промышленных предприятий и отдельных районов. КТПН рассчитаны для установки на открытом воздухе, но не предназначены для работы в атмосфере с токопроводящей пылью, химически активными газами и испарениями.

**Общий вид однострансформаторной подстанции КТПС-110/2500: 1 - аппаратура ВЧ связи; 2 - разъединитель; 3 - приемный портал; 4 - выхлопной предохранитель; 5 - разрядник; 6 - ошиновка ОРУ-110 кВ; 7 - трансформатор ТМН-2500/110; 8 - токопровод ячейки ввода; Р - ячейка КРУН; 10 - ограждение; 11 - узел установки ЗОН-110 и разрядников.**

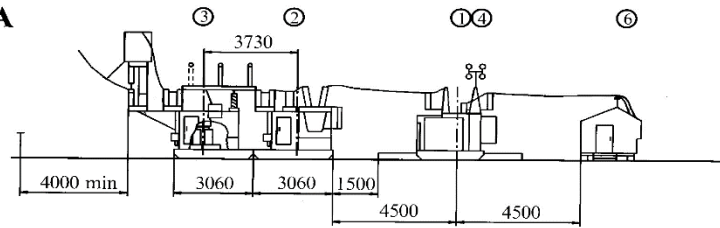


□ **Комплектные трансформаторные подстанции блочные (КТПБ) выпускаются на напряжение 35 – 220 кВ.**

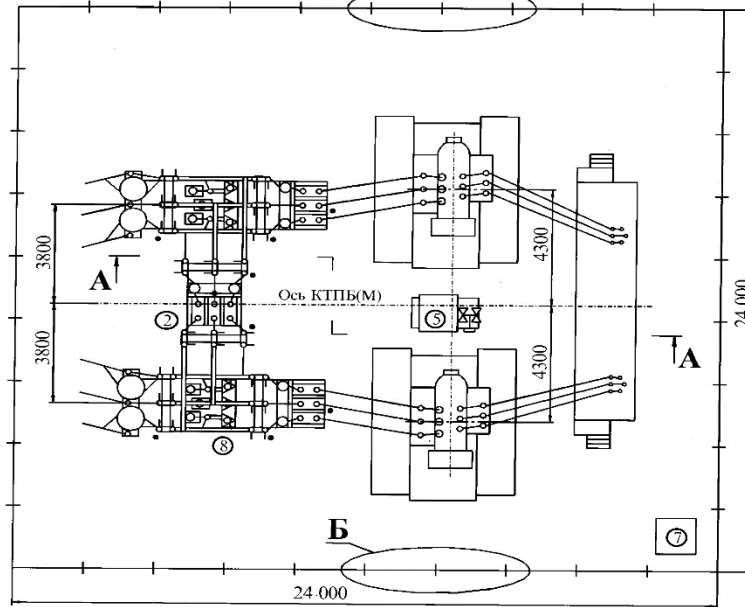
Они могут стационарными или передвижными. Трансформаторы устанавливаются мощностью от 1 до 125 МВА. Распределительные устройств (РУ) выполняются открытыми (ОРУ). В состав КТПБ входят: силовые трансформаторы; линейные регулировочные трансформаторы (устанавливаются при необходимости независимого регулирования напряжения на стороне НН, так как РПН силового трансформатора регулирует напряжение на стороне СН); ОРУ; КРУН 6-10 кВ; жесткая и гибкая ошиновка; кабельные конструкции; общеподстанционное устройство (ОПУ); осветительные устройства; фундамент; молниезащита и заземление; ограда. ОРУ на все напряжения выполняется из унифицированных транспортабельных блоков, состоящих из металлического несущего каркаса со смонтированным на нем высоковольтным оборудованием. РУНН выполняется либо как КРУН, либо в модульных зданиях с КРУ внутренней установки. В ОПУ устанавливаются релейные шкафы.

- **"Электроцит" выпускает комплектные трансформаторные подстанции из блоков заводского изготовления (КТПБ).** Эти подстанции рассчитаны на установку двухобмоточных трансформаторов 110 кВ мощностью от 2500 до 40000 кВА, 35 кВ - от 6300 до 16000 кВ-А и трехобмоточных трансформаторов 110/35/6 (10) кВ -от 6300 до 40000 кВ-А. Схемы электрических соединений на стороне ПО кВ могут быть различными: блок трансформатор - линия с ОД и КЗ, мостик с неавтоматической перемычкой, мостик с выключателем. На стороне 35 и 6 (10) кВ принята схема с одной секционированной системой шин.

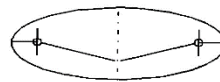
**A-A**



**Б**

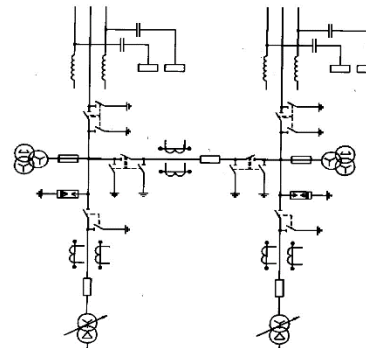


**Б (вариант с воротами)**

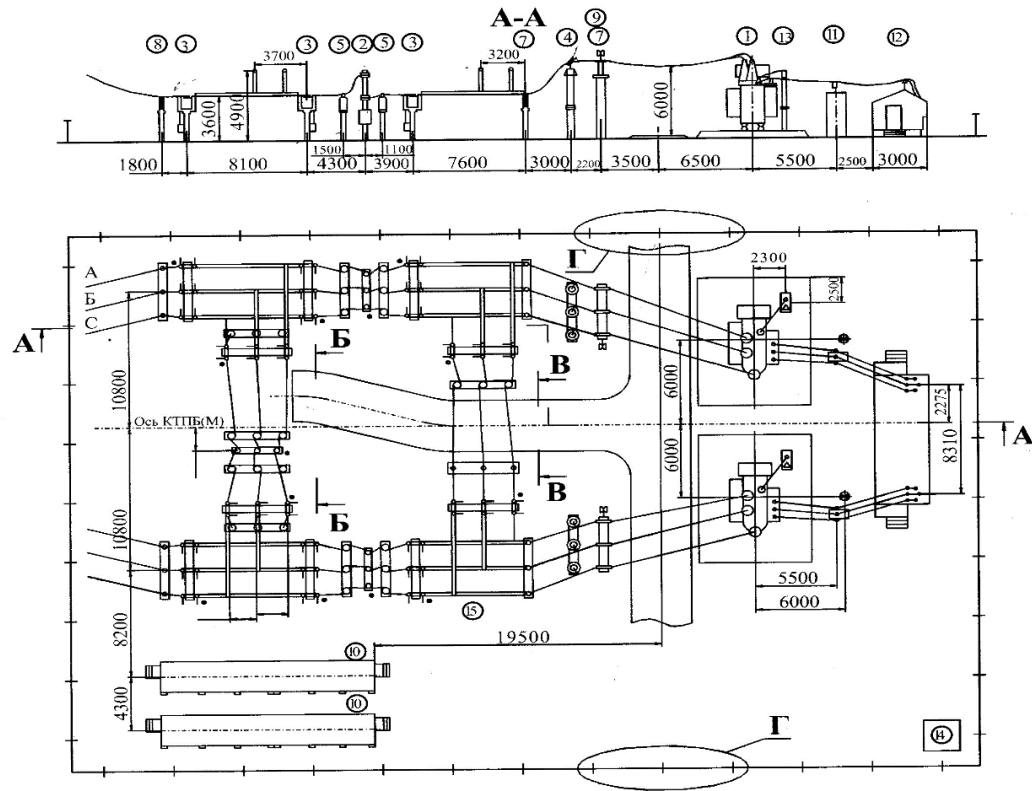


- ① Блок силового трансформатора  
(в комплект поставки не входит)
- ② Блок выключателя
- ③ Блок ввода линии и трансформ.  
напряжения
- ④ Установка осветительная
- ⑤ Шкаф высокочастотной связи
- ⑥ КРУ 10(6) кВ
- ⑦ Туалет
- ⑧ Жесткая ошиновка ОРУ 35 кВ

**Схема 35-5АН-2**



**Рис. 26**

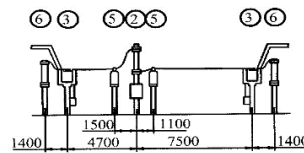


Г (вариант с воротами)



- ① Силовой трансформатор (в комплект поставки не входит)
- ② Блок выключателя
- ③ Блок разъединителя
- ④ Блок разрядников
- ⑤ Блок трансформ. тока
- ⑥ Блок трансформ. напряжения
- ⑦ Блок опорных изоляторов
- ⑧ Блок приема ВЛ
- ⑨ Установка осветительная
- ⑩ Пункт управления
- ⑪ Шкаф ТСН
- ⑫ КРУ 10(6) кВ
- ⑬ Блок защиты нейтрали
- ⑭ Туалет
- ⑮ Жесткая ошиновка ОРУ 110 кВ

Б-Б



В-В

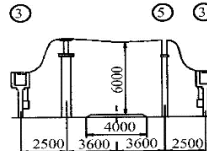


Схема 110-5АН

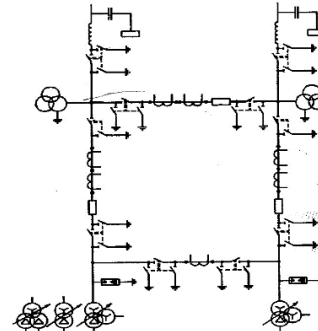


Рис. 29

# ОРУ 110 кВ с жесткой ошиновкой



# ОРУ 110 кВ с гибкой ошиновкой



# Подстанции 35-220 кВ. Конструктивное исполнение ТП и РУ

Подстанции 35-220 кВ объединяют три конструктивных узла: РУ высшего напряжения, трансформатор и РУ низшего напряжения.

Распределительные устройства 6-10 кВ выполняются закрытыми. По конструкции различают сборные и комплектные РУ. Комплектные РУ поставляются в собранном виде, укомплектованные аппаратурой высокого напряжения, измерительными приборами, реле защиты и т.д. Полная схема РУ содержит набор камер с различными схемами заполнения.

Конструктивно камеры представляют собой шкафы, в которых аппаратура (выключатели, разъединители, трансформаторы напряжения, разрядники) крепится стационарно (КСО) или на подвижной тележке (КРУ), выкатываемой из шкафа.

Шкаф КРУ разделен перегородками на четыре отсека: шинный, присоединений и трансформаторов тока, тележки и релейный. В шинном отсеке размещаются сборные шины, соединяющие отдельные камеры. В отсеке присоединений расположены кабельные и шинные вводы, а также измерительные трансформаторы тока. На выкатной тележке в зависимости от схемы заполнения крепится аппаратура первичной цепи (выключатель 10 кВ с приводом). Связь цепей приборов измерения, защиты и сигнализации, установленных в релейном отсеке, с вторичными цепями оборудования, установленного на тележке, осуществляется через систему контактов или при помощи штепсельного разъема. Камера КРУ имеет двухстороннее обслуживание.

# Подстанции 35-220 кВ.

## Конструктивное исполнение ТП и РУ

Вводы от силовых трансформаторов в помещение РУ выполняются шинами или голыми проводами с установкой проходных изоляторов и применением вводных камер.

Силовые трансформаторы устанавливают открыто на фундаментах с направляющими для катков и расположенным вокруг маслоприемником. Для перекачки трансформаторов к месту установки прокладывают бетонированные дорожки и рельсы.



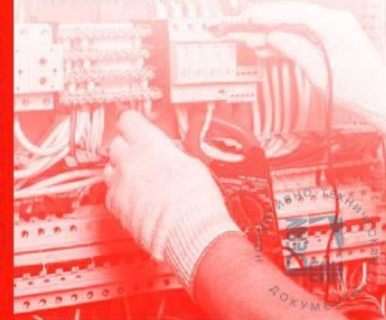
В зависимости от схемы подстанции ОРУ объединяет отдельные ячейки линий, трансформаторов, шинной переемычки, в которых установлена аппаратура первичной цепи. Электрооборудование устанавливают на металлических или железобетонных основаниях или крепят на порталах на высоте, обеспечивающих безопасность эксплуатации. При расположении изоляторов электрооборудования ниже 2,5 м над уровнем планировки или сооружений ячейки ограждают сеткой на высоту 1,6-2,0 м.

Трансформаторы собственных нужд 6-10/0,4-0,23 кВ устанавливают в камерах КРУ, а при большой мощности их устанавливают отдельно.

# правила

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ



- Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей,
- Утверждены приказом Министерства энергетики Российской Федерации августа 2022 г. № 811.
- Опубликованы на официальном интернет-портале правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru).
- Вступили в силу с 7 января 2023 года.

# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.

**Изменение 1.** В Правилах больше нет дублирующих сведений. В старом ПТЭЭП было 274 страницы, то в новом документе нет и 30 страниц. Из него убрали

дублирующие сведения из Правил работы с персоналом и правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, а также из правил устройства электроустановок. Поэтому легче для понимания и тестирования правила не стали.

**Изменение 2.** Запрет на работу в электроустановках без профподготовки и квалификации. Документом, подтверждающим наличие профессиональной подготовки, является диплом, свидетельство или иной документ, подтверждающий наличие профессии, соответствующей работе в электроустановке.

Если принимать на работу электротехнический персонал, должен предъявить документ о наличии профессии и квалификационного разряда. Правильно определить, какие разряды существуют для каждой профессии поможет Приказ Минобрнауки России от **02.07.2013 № 513 «О Перечне профессий рабочих, должностей служащих, осуществляется проф. обучение».**

**правила**

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ



# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.

**Изменение 2.** Запрет на работу в электроустановках без профподготовки и квалификации.

**Пример.** В таблице приказа Минобрнауки № 513 указана профессия № 174 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования». По этой профессии есть разряды со 2 по 8. Работника, имеющего такую профессию, можно принять на работу в электроустановках только по тому разряду, который соответствует номиналу электроустановки. Кроме того, разряд свидетельствует, может ли работник трудиться самостоятельно, или должен работать под наблюдением электромонтеров с более высокой квалификацией.

Если у работника нет профессии по профилю электроустановки, принимать на работу по ее ремонту или обслуживанию нельзя. Например, раньше, при большой необходимости компания могла принять на должность электромонтера парикмахера или менеджера, с последовательным присвоением групп по электробезопасности и обучением прямо на производстве. Теперь это сделать невозможно. Тот же налоговый инспектор должен вначале получить профессию в специализированном колледже, а затем уже начать работу с самого низкого разряда.

**правила**

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ



# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.

## Изменение 3. Новые виды отчетности

✓ Придется сдавать новый отчет с 1 января 2023 года: сведения о лице, назначенном ответственным за электрохозяйство, а также о его заместителе. Назначать заместителя необходимо только если это указано в новом ПТЭЭП. В остальных случаях можно назначить одного ответственного. Эти лица должны быть из числа административно-технического персонала — это тоже новость в ПТЭЭП. Раньше можно было назначать ответственных и из числа оперативно-ремонтного персонала.

✓ До 1 января нужно передавать в энергоснабжающую организацию сведения об отдельных сотрудниках: о лицах, имеющих право выполнения переключений, ведения оперативных переговоров, подачи и согласования диспетчерских и оперативных заявок на изменение технологического режима работы или эксплуатационного состояния ЛЭП, оборудования и устройств в составе электроустановок. Такие лица назначают в организациях, потребляющих электроэнергию для производственных нужд.

**правила**

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ



# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.

## Изменение 3. Новые виды отчетности

✓ **Рекомендация эксперта.** В приказе руководителя указывайте не только группу по электробезопасности, номинал напряжения, но еще и № и дату проверки знаний правил работы в электроустановках. Это поможет вам вовремя внести изменения в приказ, и не подать в энергоснабжающую организацию сведения о работниках с просроченным удостоверением.

**правила**

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ





# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.

## Что нужно сделать специалистам по охране труда до 7 января 2023 года

**Должностные инструкции.** В этот короткий промежуток до 7 января 2023 года вам нужно успеть разработать должностные инструкции для работников, обслуживающих электроустановки.

**Производственные инструкции.** Также специалистам по ОТ придется переработать производственные инструкции в отношении электросварочных установок для дуговой сварки постоянного и переменного тока, предназначенными для сварки в особо опасных условиях.

**Документы о соответствии.** Чтобы оборудование имело документы

**О СООТВЕТСТВИИ.** Новый ПТЭЭП-2023 не требует в обязательном порядке иметь именно сертификат на электрооборудование и машины, применяемые в электроустановках. Связано это с тем, что постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2021 года № 2425 был утвержден перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия. На отдельную электротехнич. продукцию не нужно получать сертификат, достаточно иметь декларацию соответствия. Поэтому нет такого категорического указания обязательно иметь сертификат соответствия.



# **Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,**

**Приказ Минэнерго РФ от 12 августа 2022 г. № 811.**

**Приказы. До 1 января 2023 года составьте приказы, в которых установите должностные лица:**

**имеющие право выполнения переключений в электроустановках, ведения оперативных переговоров;**

**имеющие право подачи и согласования диспетчерских и оперативных заявок на изменение технологического режима работы или эксплуатационного состояния ЛЭП, оборудования и устройств в составе электроустановок;**

**имеющие право единоличного осмотра электроустановок;**

**имеющие право отдавать распоряжения, выдавать наряды-допуски, выдавать разрешения на подготовку рабочего места и допуск к производству работ в электроустановках, выполнять обязанности допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ, наблюдающего.**

**допущенные к проверке подземных сооружений на загазованность (при наличии у потребителя таких сооружений);**

**имеющие право производства специальных работ в электроустановках (при определенной потребителем необходимости выполнения таких работ).**

# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

## Что учесть в работе в 2023 году после изменений в ПТЭЭП?

Подготовиться к проведению противоаварийных тренировок при вводе графиков аварийного ограничения. Учтите, что в ПТЭЭП обновилась терминология. Появились «графики аварийного ограничения режима потребления» и регламентирован порядок действий потребителей электроэнергии по обеспечению готовности к введению такой меры, в том числе — противоаварийные тренировки при вводе графиков аварийного ограничения. От таких тренировок организациям-потребителям запрещено отказываться.

Тренировки проводят электросетевые организации согласно требованиям Правил проведения противоаварийных тренировок в организациях электроэнергетики Российской Федерации, утвержденных приказом Минэнерго России от 26 января 2021 г. № 27.

**Правила**

ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИИ

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА РОССИИ



# Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей,

## Что учесть в работе в 2023 году после изменений в ПТЭЭП?

Подготовиться к проведению противоаварийных тренировок при вводе графиков аварийного ограничения. Учтите, что в ПТЭЭП обновилась терминология. Появились «графики аварийного ограничения режима потребления» и регламентирован порядок действий потребителей электроэнергии по обеспечению готовности к введению такой меры, в том числе — противоаварийные тренировки при вводе графиков аварийного ограничения. От таких тренировок организациям-потребителям запрещено отказываться.

Тренировки проводят электросетевые организации согласно требованиям Правил проведения противоаварийных тренировок в организациях электроэнергетики Российской Федерации, утвержденных приказом Минэнерго России от 26 января 2021 г. № 27.



# Распределительные устройства 35, 110, 220 кВ

## Технические параметры

Наименование параметра	ОРУ 220 кВ	ОРУ 110 кВ	ОРУ 35 кВ	РУ 6(10) кВ
<b>Номинальное напряжение, кВ</b>				
• высшее	220	110	35	•
• среднее	35, 110	6(10), 35	•	•
• низшее	6(10), 35	6(10)	•	•
<b>Номинальный ток, А</b>				
• цепей силовых трансформаторов	450	630	500	•
• цепей линий	до 1000	до 630	до 630	•
• сборных шин, ячеек ОРУ и перемычек	1000 – 3150	630 – 2500	630 – 2000	•
• сборных шин, щитов ввода КРУ 6(10) кВ	•	•	•	1600 – 4000
• ячеек 6(10) кВ	•	•	•	630 – 3150
<b>Мощность силового трансформатора, кВА</b>	до 125000	до 125000	до 25000	•
<b>Сквозной ток короткого замыкания (амплитуда), кА</b>	80 – 125	80 – 125	26	51; 80
<b>Ток термической стойкости в течении 3 с, кА</b>	31, 5 – 50	31, 5 – 50	10	•
<b>Климатическое исполнение и категория размещения (ГОСТ 15150)</b>	У1, УХЛ1 (ХЛ1)			
<b>Ветровое давление, Па</b>	до 1000			
<b>Толщина сетки гололеда, мм</b>	до 40			
<b>Степень загрязнения атмосферы (ГОСТ 9920-89)</b>	I – IV			
<b>Сейсмичность в баллах по шкале MSK 64</b>	до 9			

# Распределительные устройства 35, 110, 220 кВ



# ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

- ПАО «Россети»,
- Распоряжение от 26.05.2017г. № 280
- СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
- ПАО «РОССЕТИ»
- СТО 34.01-23.1-001-2017
- Утвердить стандарт организации «Объём и нормы испытаний электрооборудования» (новые)
- РАЗРАБОТАН ОАО «Фирма ОРГРЭС» , при участии ПАО «Россети и ДЗО, а также ООО НТЦ «ЭДС», АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

# Ремонт силовых трансформаторов

Ремонты трансформатора могут быть планово-предупредительными (профилактическими) и послеаварийными. Ремонт трансформатора, особенно связанный с его разгерметизацией и выемкой активной части, требует больших материальных затрат и затрат времени. Поэтому для принятия решения о выводе трансформатора в ремонт выполняют оценку его технического состояния путем проведения профилактических проверок, измерений, испытаний и диагностирования. При обнаружении каких-либо дефектов или вероятности развития дефектов, которые могут привести к повреждению трансформатора, планируется его вывод в ремонт.

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОССЕТИ»

СТО 34.01-24-002-2021

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА  
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Стандарт организации

Дата введения: 29.07.2021

# Ремонт силовых трансформаторов

В зависимости от объема выполняемых работ различают текущий и капитальный ремонты трансформатора. Капитальный ремонт может проводиться без замены обмоток; с заменой обмоток, но без ремонта магнитной системы; а также с заменой обмоток и ремонтом магнитной системы. К капитальным относится и ремонт по типовой номенклатуре, называемый ревизией. При этом ремонте активную часть вынимают из бака и без разборки (съем обмоток и расшихтовка магнитопровода) проводят ее ревизию.

Трансформаторы небольшой мощности (I-III групп габаритов) ремонтируются, как правило, на специализированных ремонтных предприятиях. Ремонт трансформаторов большой мощности (VI-VIII групп), у которых затраты на транспортировку соизмеримы или даже превосходят стоимость ремонта, выполняется непосредственно на подстанциях. В этом случае специалисты ремонтного предприятия выезжают к месту установки трансформатора. Решение о месте проведения ремонта (как правило, для трансформаторов IV-V групп габаритов) принимается на основании проведения технико-экономического сравнения вариантов.

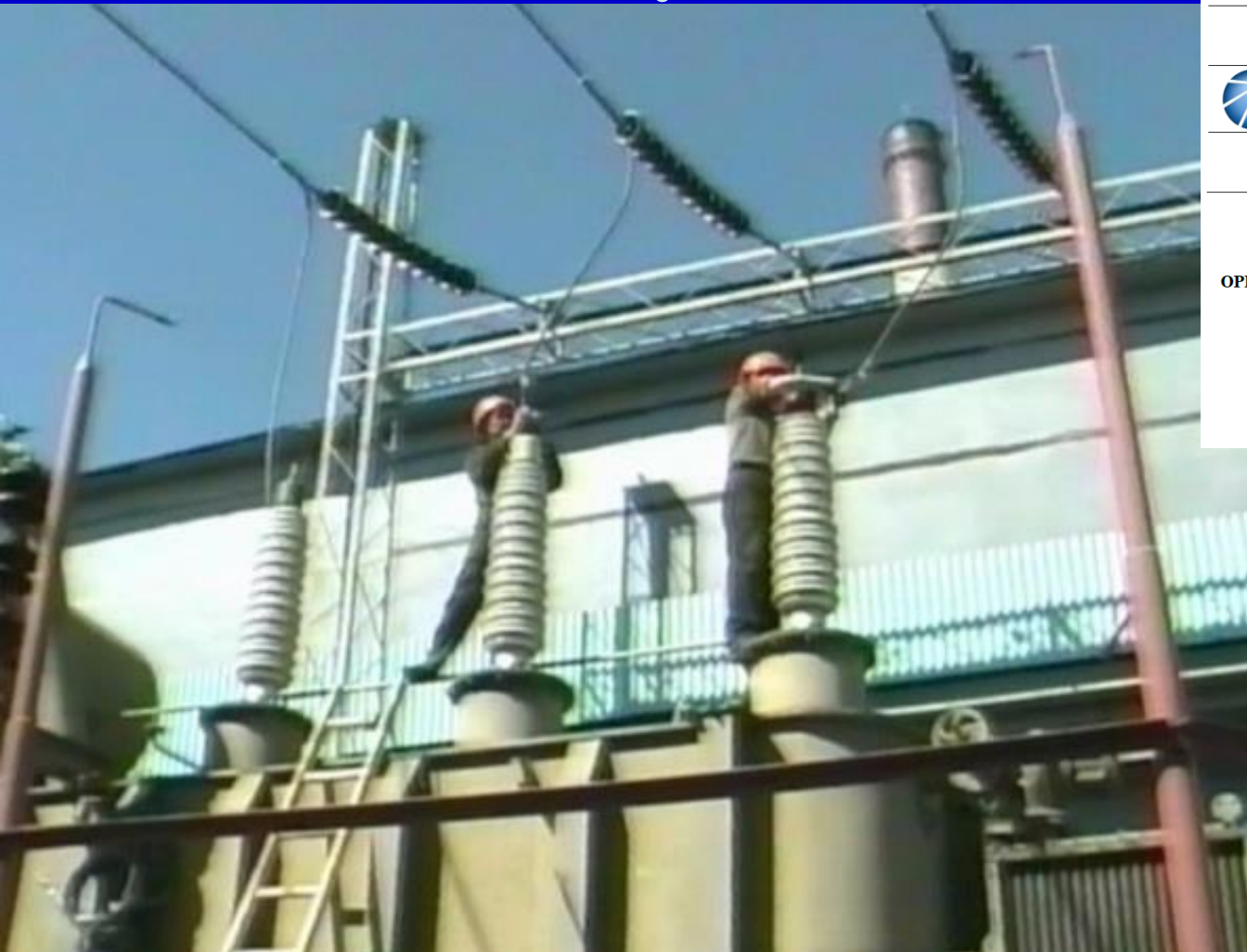
# Ремонт силовых трансформаторов

Последовательность проведения работ при капитальном ремонте определяется сетевым графиком. Перечень работ при капитальном ремонте трансформатора включает:

1. Подготовка к ремонту.
2. Проведение осмотров и выявление дефектов, проведение предремонтных испытаний.
3. Перемещение трансформатора на ремонтную площадку.
4. Разборка трансформатора (отключение трансформатора, отсоединение шин, спусков, силовых и контрольных кабелей от двигателей и приборов; демонтаж системы охлаждения, расширителя, вводов и арматуры; вскрытие трансформатора и демонтаж активной части и др.).
5. Слив масла. 6. Прогрев трансформатора. 7. Ремонт и испытание основных частей трансформатора (бака и крышки, системы охлаждения, расширителя и выхлопной трубы, активной части, вводов, арматуры и мелких узлов и т.д.).

# Ремонт силовых трансформаторов

## Отсоединение спусков от вводов (Расшиновка)



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОССЕТИ»

СТО 34.01-24-002-2021

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА  
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Стандарт организации

Дата введения: 29.07.2021

# Ремонт силовых трансформаторов

## Ремонт активной части трансформатора



Подготовительные  
работы при  
капитальном  
ремонте СИЛОВЫХ  
ТРАНСФОРМАТОР  
ОВ

8. Сборка трансформатора. 9. Заливка маслом.

10. Перемещение трансформатора на место установки и его монтаж на фундаменте

# Ремонт силовых трансформаторов

Текущий ремонт силового трансформатора с отключением его от питающей сети производят в порядке реализации планово-предупредительного ремонта.

Периодичность текущих ремонтов силовых трансформаторов зависит от их технического состояния и от условий эксплуатации.

Сроки текущих ремонтов устанавливаются в местных инструкциях предприятия. Однако такие ремонты надо производить не реже одного раза в год. Текущий ремонт силовых трансформаторов с отключением от питающей сети включает наружный осмотр трансформатора, устранение обнаруженных дефектов, а также очистку изоляторов и бака. Доливают при необходимости масло в расширитель и проверяют правильность показаний маслоуказателя. Проверяют спускной кран и уплотнения, осматривают охлаждающие устройства и чистят их, проверяют состояние газовой защиты и целостность мембраны предохранительного клапана.

# Ремонт силовых трансформаторов

## Текущий ремонт трансформаторов 35 кВ и

**ВЫШЕ** включает наружный осмотр и выполнение таких работ как: чистка изоляторов и бака, доливка масла, смена сорбента в фильтрах, проверка плёночной защиты (при наличии), проверка состояния аппаратуры шкафов управления охлаждением, подтяжка болтовых контактных соединений, проверка (замена) подшипников двигателей системы охлаждения, отбор проб масла, опробование устройств РПН и ПБВ от начального до конечного положения, проведение профилактических измерений, испытаний, опробование стационарных систем пожаротушения. По решению главного инженера Филиала, ПО текущий ремонт трансформаторов 35 кВ и выше может включать и иные работы.

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РОССИЙСКИЕ СЕТИ»	
	СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОССЕТИ»
СТО 34.01-24-002-2021	
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА	
Стандарт организации	
Дата введения: 29.07.2021	

# Ремонт силовых трансформаторов

## Текущий ремонт трансформаторов 35 кВ и

**ВЫШЕ** включает наружный осмотр и выполнение таких работ как: чистка изоляторов и бака, доливка масла, смена сорбента в фильтрах, проверка плёночной защиты (при наличии), проверка состояния аппаратуры шкафов управления охлаждением, подтяжка болтовых контактных соединений, проверка (замена) подшипников двигателей системы охлаждения, отбор проб масла, опробование устройств РПН и ПБВ от начального до конечного положения, проведение профилактических измерений, испытаний, опробование стационарных систем пожаротушения. По решению главного инженера Филиала, ПО текущий ремонт трансформаторов 35 кВ и выше может включать и иные работы.

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОССЕТИ»

СТО 34.01-24-002-2021

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА  
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Стандарт организации

Дата введения: 29.07.2021

# Ремонт силовых трансформаторов

Капитальный ремонт (КР электрооборудования - это ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса электрооборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Капитальные ремонты (планово-предупредительные — по типовой номенклатуре работ) должны проводиться:

- трансформаторов 110 кВ и выше мощностью 125 МВА и более, а также реакторов — не позднее чем через 12 лет после ввода в эксплуатацию с учетом результатов диагностического контроля, в дальнейшем — по мере необходимости;
- остальных трансформаторов — в зависимости от их состояния и результатов диагностического контроля



# Ремонт силовых трансформаторов

Для силовых трансформаторов, если выполняются капитальные ремонты без снятия обмоток, то ремонтные работы включают следующие операции :

слив масла, вскрытие трансформатора;  
на основании ранее отобранных проб трансформаторного масла, выполняется его сушка, регенерация или замена;  
очистка и устранение дефектов на магнитопроводе, баке трансформатора;  
очистка и ремонт изоляции обмоток, внешних вводов, отводов от обмоток;  
проверка, очистка, ремонт охлаждающих устройств;  
ревизия, проверка работоспособности устройств РПН, ПБВ;  
ревизия термосифонного фильтра, воздухоосушителя, замена силикагеля в них;  
проверка и ремонт маслоуказателей, датчиков температуры, проверка работы автоматических устройств систем охлаждения.



# Ремонты по состоянию

Ремонт по техническому состоянию, представляющий собой ремонт, при котором контроль технического состояния оборудования следует выполнять с периодичностью и в объеме СТО ОНИЭ, а объем и момент начала ремонта должны определяться результатами контроля технического состояния оборудования.

При организации ремонта по техническому состоянию основного электротехнического оборудования должны иметься в наличии средства технического диагностирования и автоматизированная система контроля за техническим состоянием основного оборудования, представляющая программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий процесс удаленного наблюдения и контроля за состоянием оборудования, его диагностирование и прогнозирование изменения технического состояния на основе собранных данных (предыдущих данных о состоянии оборудования за всё время его эксплуатации) и текущих данных, получаемых от систем сбора данных, установленных на оборудовании. Решение о применении вида организации ремонта по техническому состоянию следует принимать индивидуально по каждой единице основного оборудования, комиссией, состав которой включает представителей эксплуатирующей организации, организаций-изготовителей оборудования, других специализированных ремонтных и диагностических организаций .

*Результаты диагностики и контроля технического состояния силовых трансформаторов являются важными инструментами для определения необходимости и объёма ремонта.*

# Основные виды дефектов и повреждений силовых трансформаторов

1. **«Старение» межлистовой изоляции магнитопровода**, отдельные местные повреждения ее, замыкание отдельных листов. Признаки повреждения — увеличение тока и потерь холостого хода, быстрое ухудшение состояния масла, понижение его температуры вспышки, повышение кислотности масла и понижение пробивного напряжения.
2. **«Пожар» стали, повреждение изоляции стяжных болтов, замыкание листов магнитопровода**, касание в двух местах магнитопровода металлических частей бака, в результате чего образуются замкнутые контуры для вихревых потоков. Признаки повреждения -резкое увеличение потерь холостого хода, повышение температуры трансформатора, появление горючих газов в газовом реле.
3. **Ослабление прессовки магнитопровода**, свободное колебание крепящих деталей, колебание крайних листов магнитопровода. Признаки повреждения — ненормальное гудение, дребезжание. **Устранение** этих дефектов возможно только при капитальном ремонте. Место повреждения можно определить только после демонтажа вводов, слива масла, подъёма колокола и вскрытия трансформатора, проведения соответствующих испытаний и измерений. При **ослаблении прессовки магнитопровода** - подтянуть прессующие шпильки (у масляного трансформатора выполняют при вынутом сердечнике). Ремонт магнитопровода сводится в основном к ликвидации межлистовых замыканий путем разборки магнитопровода с последующей чисткой, покраской и сушкой листов электротехнической стали. Для силовых трансформаторов со сроком службы свыше 25 лет рекомендуется их полная замена.

# Основные виды дефектов и повреждений силовых трансформаторов

4. «Старение» и износ изоляции. Как было отмечено ранее [22] износ изоляции происходит из-за длительной эксплуатации трансформатора, более нормативного срока службы. Преждевременный износ является результатом частых перегрузок или недостаточно интенсивного охлаждения при номинальной нагрузке. Ухудшение условий охлаждения может произойти из-за осадков шлама на обмотки, загрязнения междуобмоточных промежутков и при «старении» (разложении) масла.

## 5. Витковое замыкание в обмотках

Возникает при нарушении изоляции обмотки из-за износа, деформации обмоток при протекании сквозных токов КЗ, толчка нагрузки, грозовых и коммутационных перенапряжений в аварийных режимах, снижении уровня масла до оголения верхних витков обмоток и в других случаях. Признаки повреждения — работа газовой защиты на отключение трансформатора с выделением горючего газа; нагрев трансформатора, различное сопротивление обмоток фаз при измерении их сопротивления постоянному току, резкое увеличение в ходе опыта х.х. тока и потерь х.х., отклонение сопротивления КЗ трансформатора  $\Delta Z_k$  в повреждённой фазе больше допустимого, несоблюдение коэффициента трансформации и др.



# Основные виды дефектов и повреждений

## силовых трансформаторов

**6. Обрыв витков обмотки**, возникающий при сгорании выходных концов вследствие термического действия и электромеханических усилий токов короткого замыкания, плохой пайки проводников, выгорании части витков при витковых замыканиях. Признаки повреждения — работа газовой защиты вследствие образования дуги в месте обрыва.

**Устранение** этих дефектов, связанных с состоянием обмоток трансформатора, возможно только при проведении капитального ремонта. Проводят ревизию со вскрытием активной части трансформатора, а при необходимости — капитальный ремонт. Повреждения устраняют путем замены вышедшей из строя обмотки — изготавливается новая обмотка по заводским чертежам на заводе изготовителе трансформатора. Производят замену трансформаторного масла после междуфазного КЗ внутри трансформатора.

**7. Пробой и перекрытие внешней изоляции трансформатора.** Причины -износ изоляции, появление на поверхности высоковольтных вводов трещин, в которые попадает грязь и сырость, перекрытие и КЗ на выводах трансформатора вследствие атмосферных воздействий, а также атмосферные и коммутационные перенапряжения. **Устранение** дефекта - заменить поврежденный изолятор.

**8. Течь масла** возникает при нарушении плотности сварных швов бака между крышкой и баком во фланцевых соединениях, потеря своих свойств резиновым уплотнением между верхней крышкой и поддоном трансформатора. **Устранение** дефекта - подтянуть болты, гайки. Если необходимо, то установить новое уплотнение



# Элегазовые выключатели

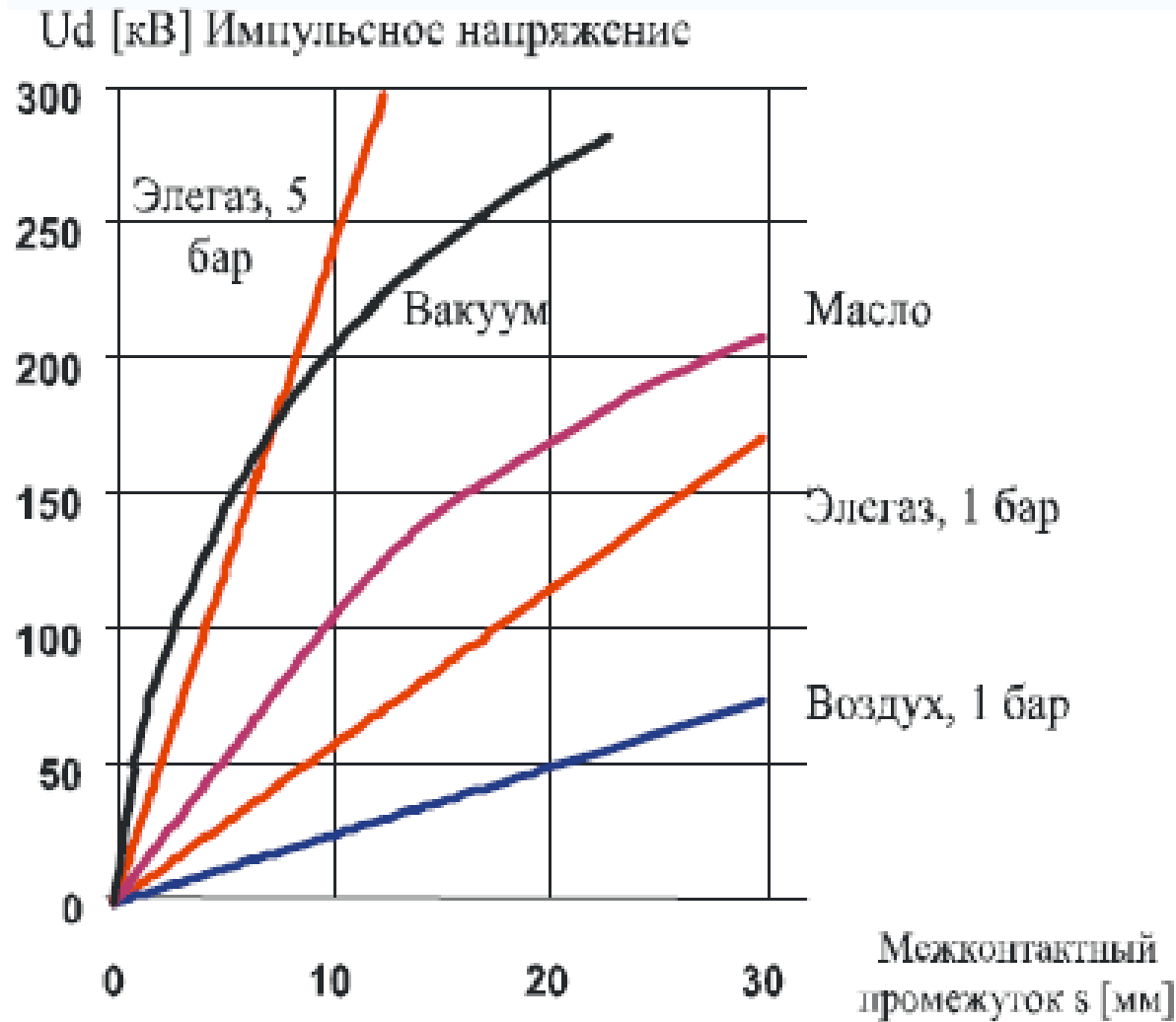


Рис. 1.2

Импульсное напряжение в различных изолирующих средах

# Элегазовые выключатели

Кроме изоляционных свойств, среда должна обладать и хорошими дугогасящими свойствами. На рис. 1.3 приведены зависимости величины энергии, выделяемой при гашении дуги от типа дугогасящей среды. Как видно, наилучшими дугогасящими свойствами обладают вакуум и элегаз и в особенности в области больших токов отключения.

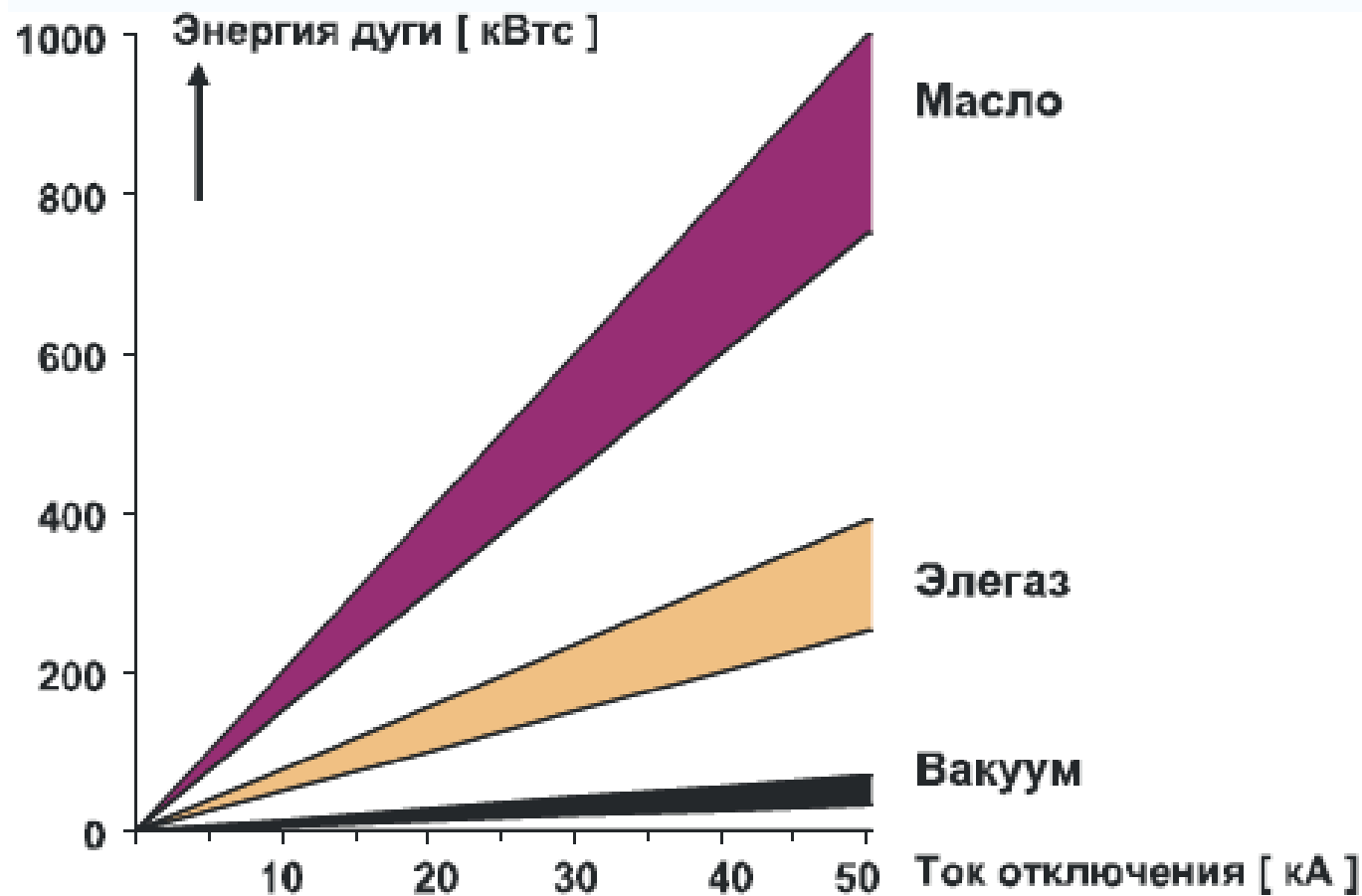


Рис. 1.3

Зависимость величины энергии дуги от типа дугогасящей среды

# SF<sub>6</sub>. Нормативно-технические документы

NORME  
INTERNATIONALE

INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60480

Deuxième édition  
Second edition  
2004-10

Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation

Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment and specification for its re-use



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60480:2004

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
54426—  
2011

(МЭК 60480:2004)

## РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕРКЕ И ОБРАБОТКЕ ЭЛЕГАЗА (SF<sub>6</sub>), ВЗЯТОГО ИЗ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ПОВТОРНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

IEC 60480:2004  
Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment and specification for its re-use (MOD)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2014

# SF<sub>6</sub>. Нормативно-технические документы

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«РОССИЙСКИЕ СЕТИ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПАО «РОССЕТИ»

СТО 34.01-23-005-2019

СТО – 05.01.03-003

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Стандарт организации

Дата введения: 05.04.2019

ПАО «Россети»

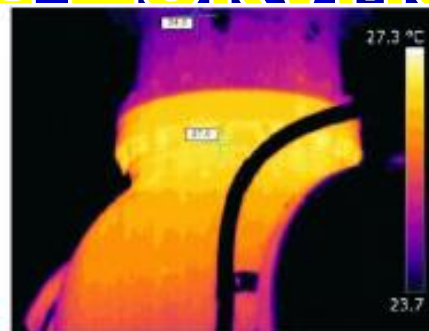


Рисунок 3 - нагрев контактного соединения в соединительном элементе

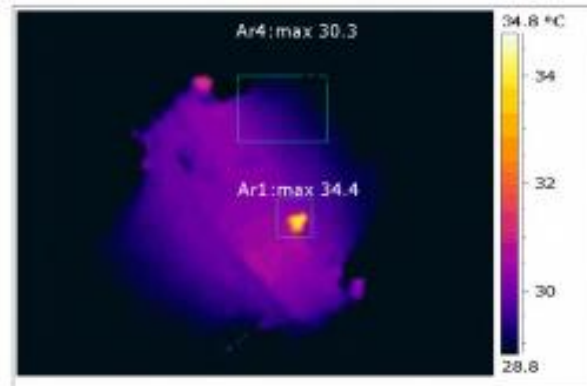


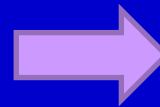
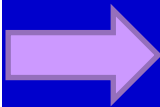
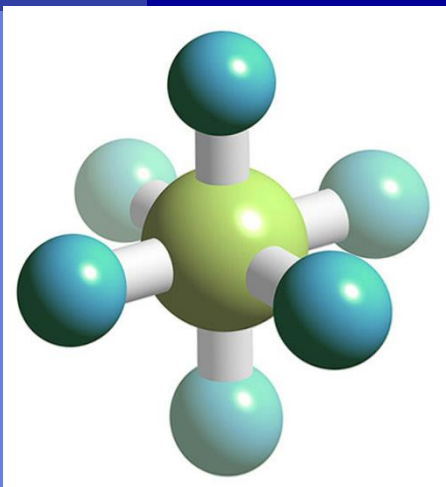
Рисунок 4 - нагрев болтового соединения объемов КРУЭ

### 5 Контроль давления элегаза (смеси) в ЭО

#### 5.1 Общие требования

5.1.1 В целях обеспечения необходимого уровня внутренней изоляции и дугогасительных свойств ЭО заполняют элегазом или его смесями с азотом или хладонам определённой плотности. Плотность должна оставаться постоянной в течение всего срока эксплуатации ЭО. В процессе эксплуатации контроль осуществляется по приборам индикаторного типа и/или сигнализирующим устройствам, установленным производителем на газоизолированных объемах. Как правило, применяются приборы, регистрирующие давление, с введением в показания автоматической коррекции по температуре

**Элегазовый выключатель — это разновидность высоковольтного выключателя, коммутационный аппарат, использующий элегаз (шестифтористую серу, SF<sub>6</sub>) в качестве среды гашения электрической дуги, предназначенный для оперативных включений и отключений отдельных цепей или электрооборудования в энергосистеме, в нормальных или аварийных режимах, при ручном, дистанционном или автоматическом управлении.**



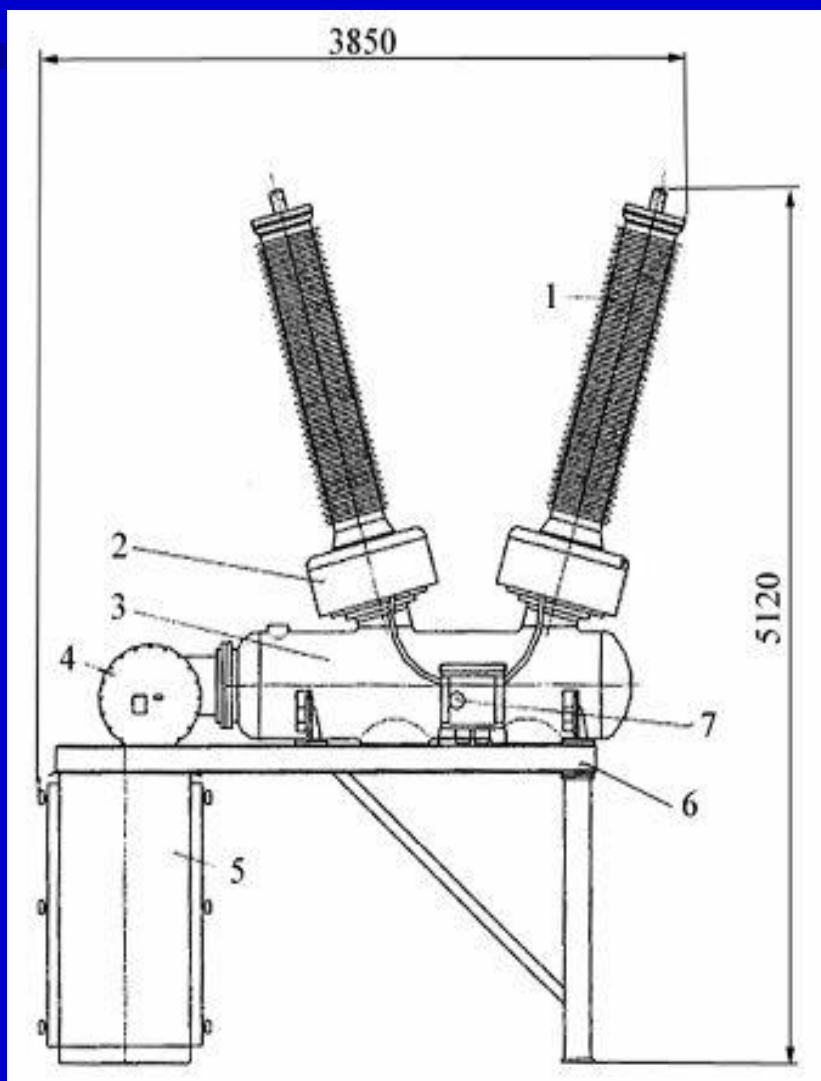
# *Элегазовые выключатели*



# *Элегазовые выключатели*

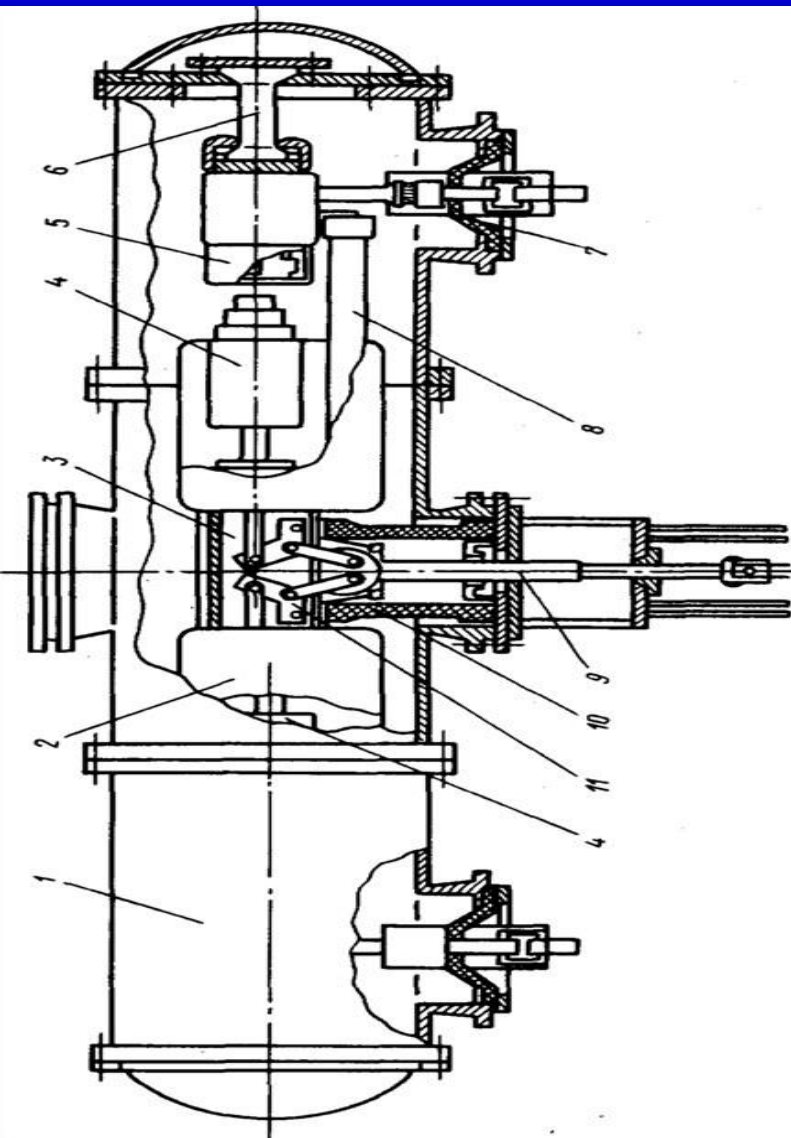


# Баковый элегазовый выключатель типа ВГБУ 220 кВ



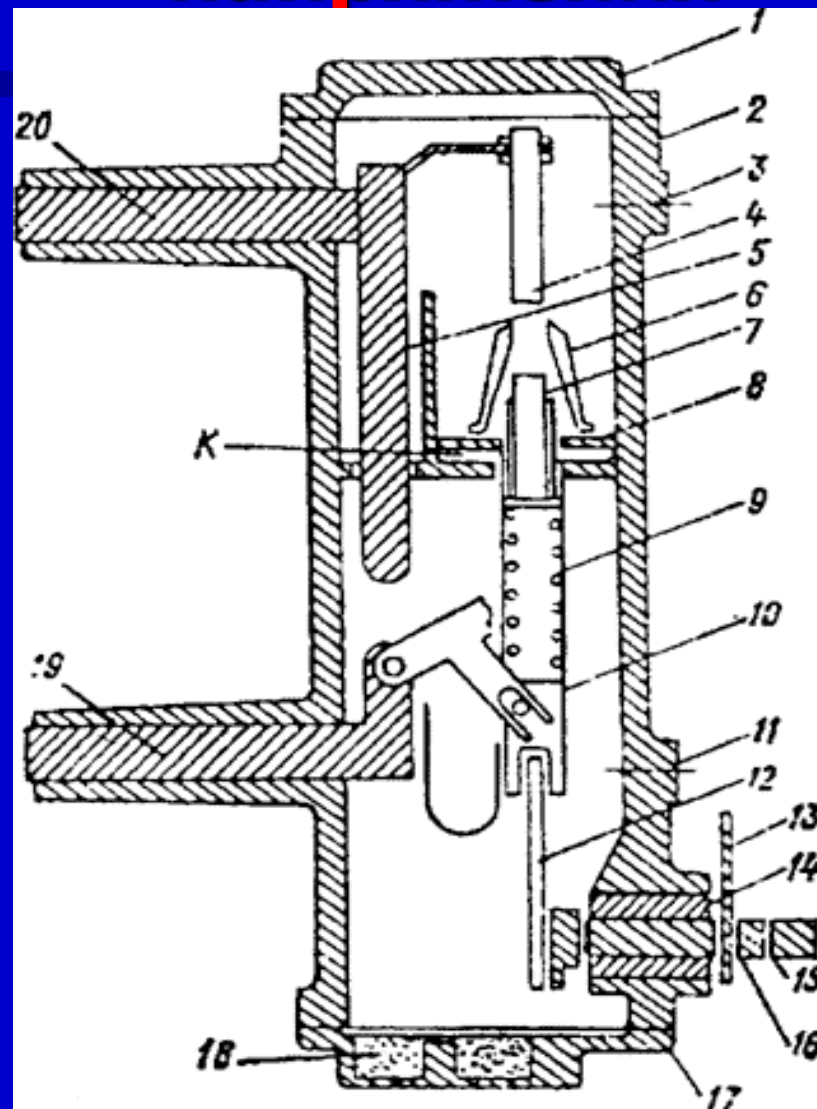
- элегазовый выключатель с автономным гидравлическим приводом 5 и встроенными трансформаторами тока 2. ЭВ имеет трехфазное управление (один привод на три фазы) и снабжен фарфоровыми (полимерными) покрышками 1 вводов «воздух-элегаз».
- В газонаполненном баке 3 находится дугогасительное устройство, которое соединено с гидроприводом 5 через передаточный механизм размещенный в газонаполненной камере 4. Конструкция бакового ЭВ закреплена на металлической раме 6. Для заполнения элегазом ЭВ используется разъем 7.

# Полюс элегазового выключателя



- ❑ 1- корпус выключателя
- ❑ 2 – экран
- ❑ 3 – перемычка для соединения дугогасительных устройств
- ❑ 4 – дугогасительное устройство (2шт), они же подвижные контакты
- ❑ 5 – неподвижный контакт
- ❑ 6 – литой изолятор
- ❑ 7 – изоляционная перегородка
- ❑ 8- керамические конденсаторы
- ❑ 9 – изоляционные штанги
- ❑ 10 - цилиндр, изолирует контакты от бака механизм

# Конструкция элегазового выключателя на средние классы напряжения

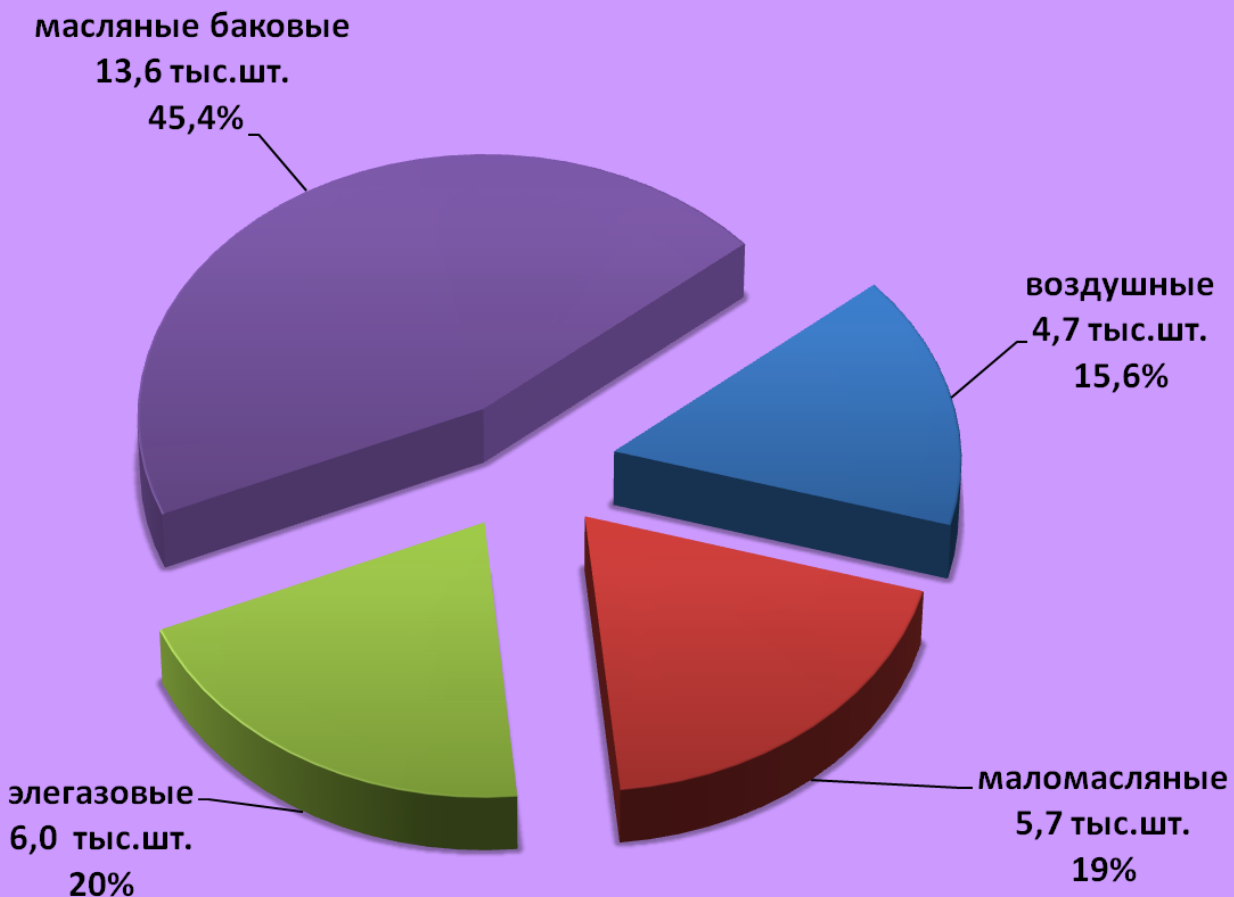


# Выключатель элегазовый ВГТ-110

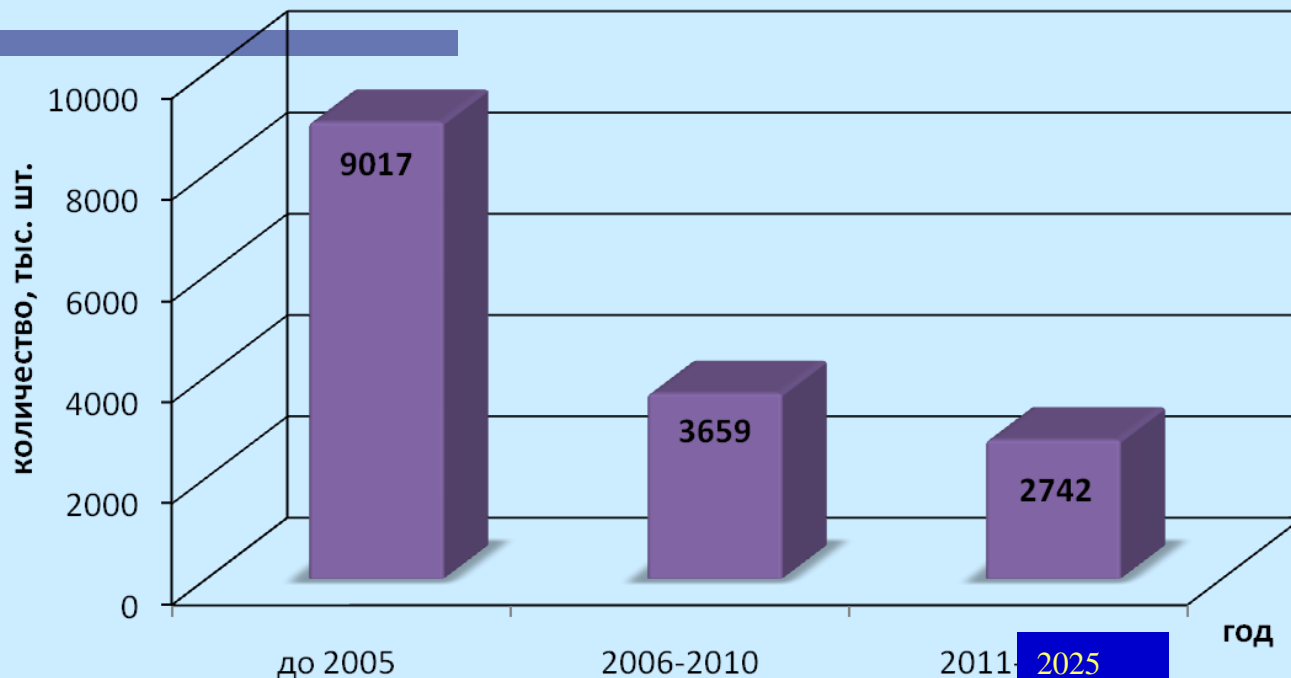


# Современное коммутационное оборудование. Состояние и перспективы

Распределение по принципу действия выключателей 110-750 кВ.



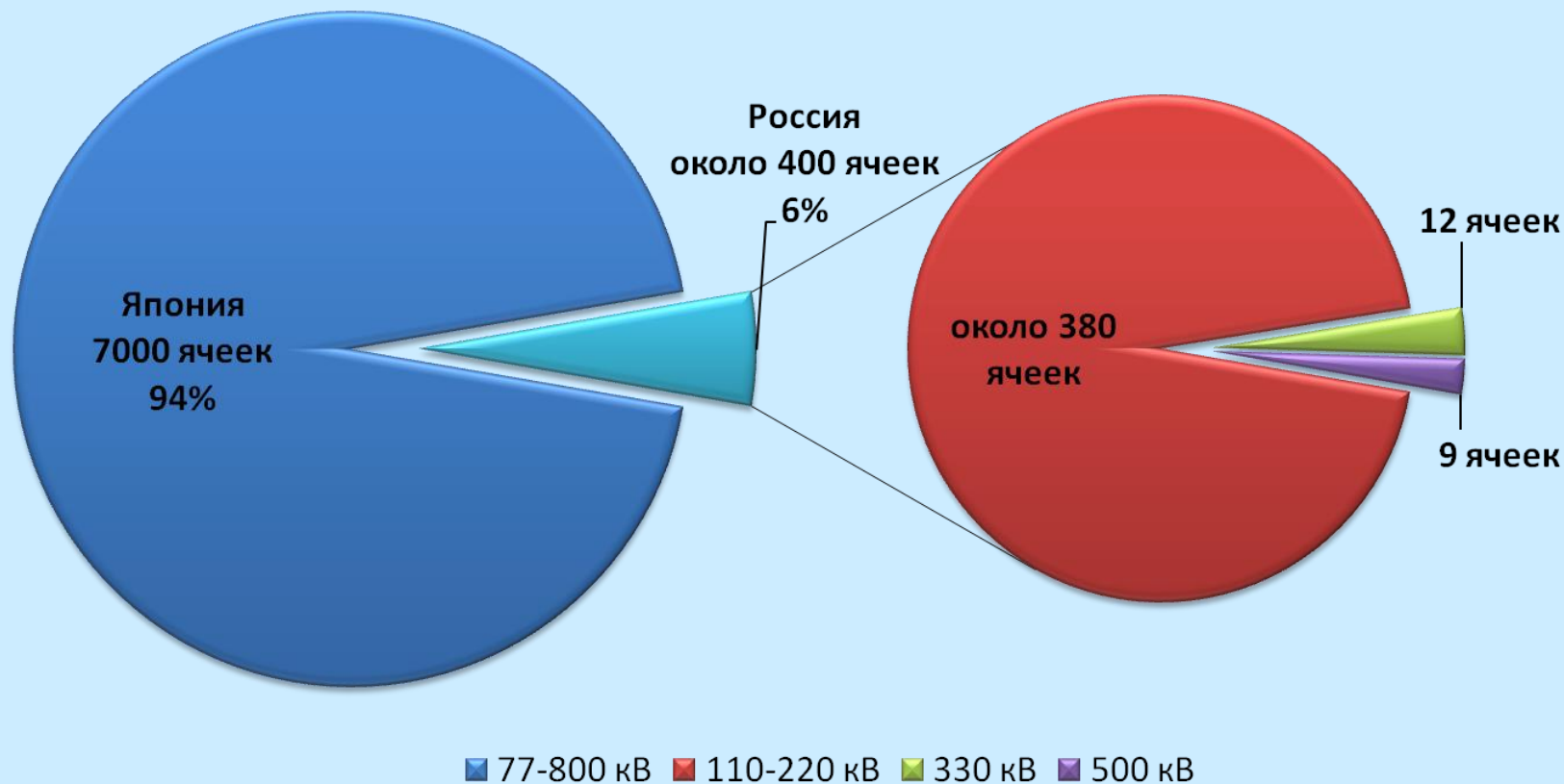
# Количество выключателей 110-750 кВ, которые требуют замены до 2025 г.



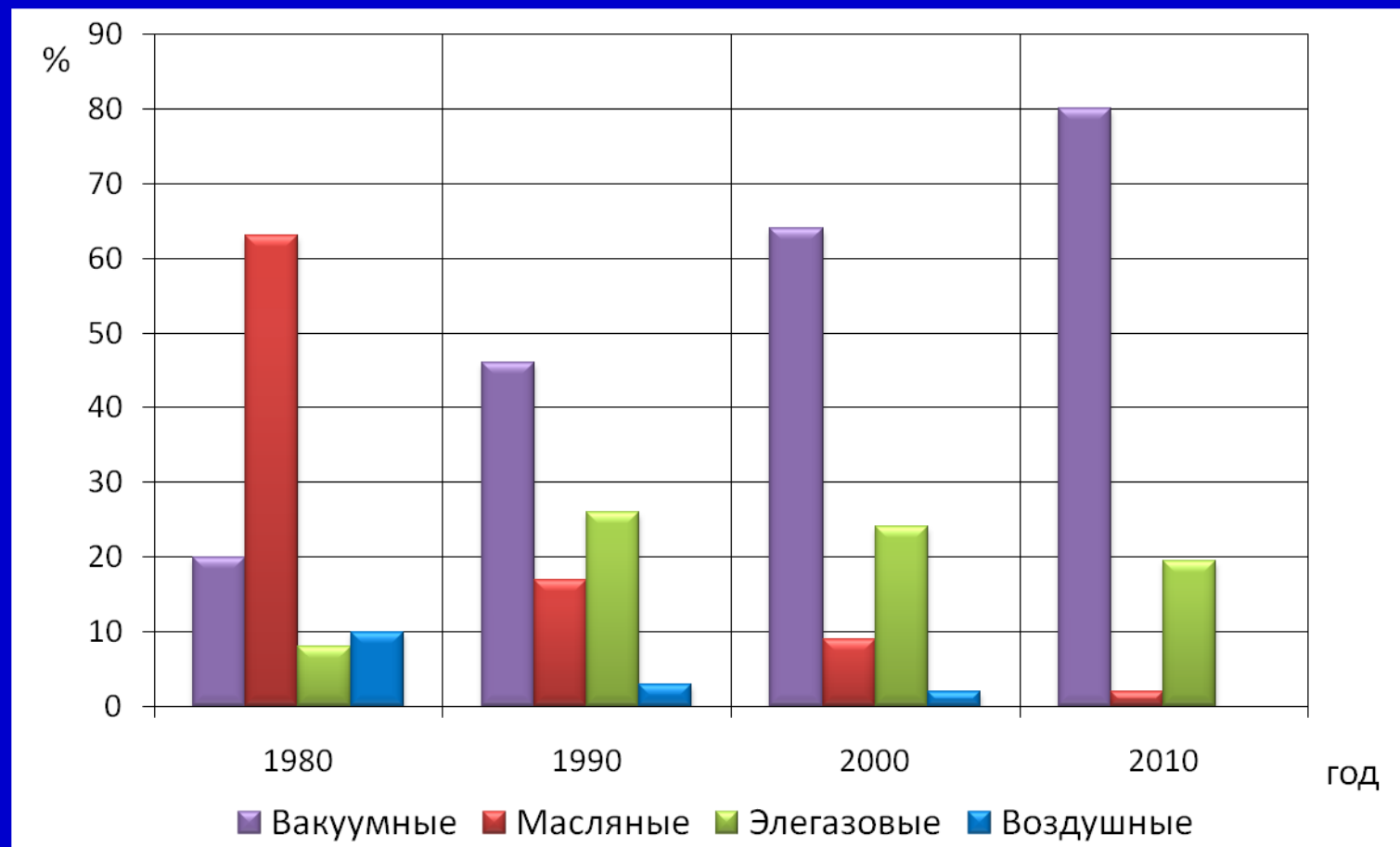
Год	Количество, шт.	Доля в % от количества установленных выключателей
2001-2005	9017	34,4
2006-2010	3659	13,9
2011-2025	2742	10,4

# Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией (КРУЭ)

Количество ячеек КРУЭ в России и Японии

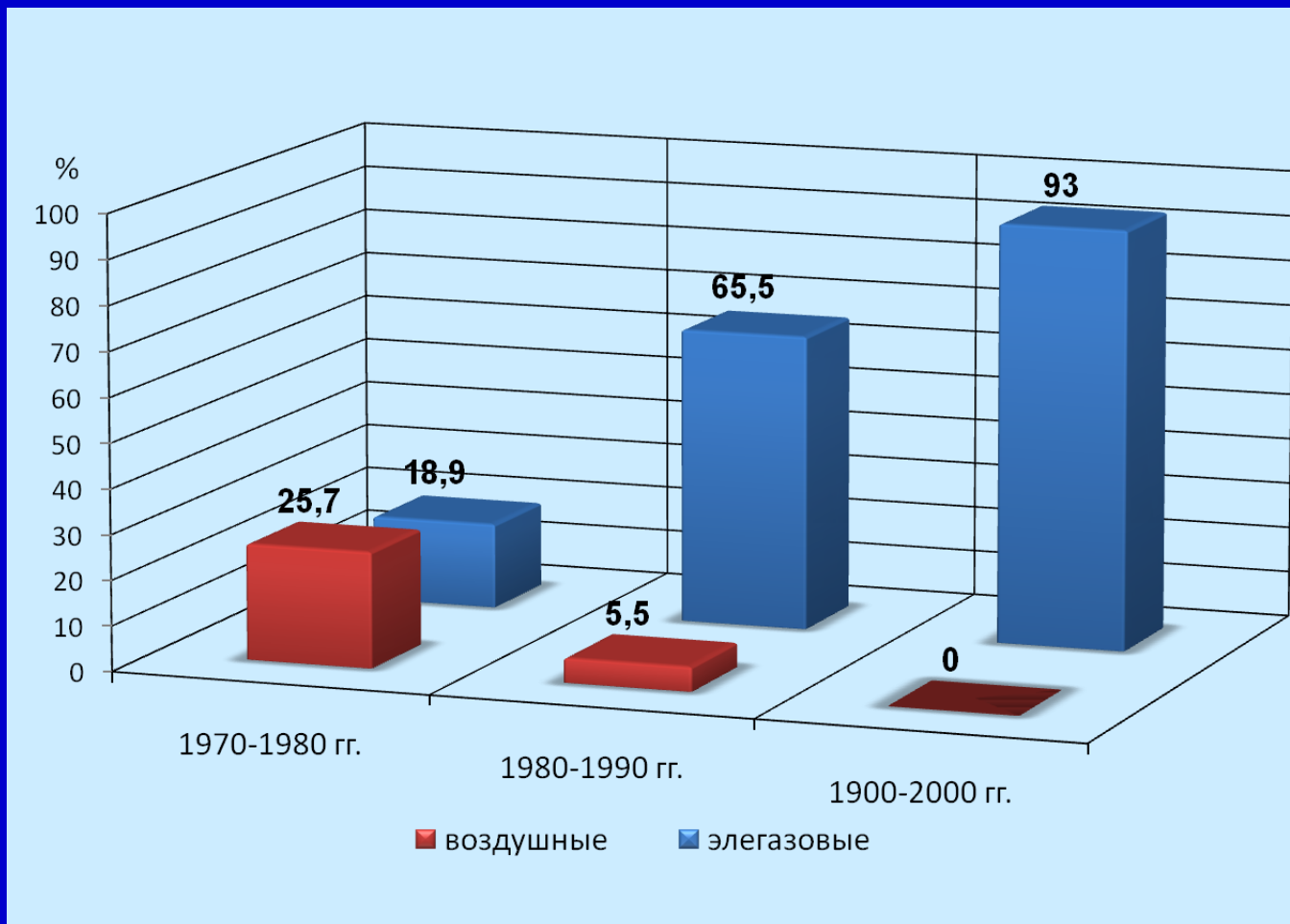


# Развитие применения высоковольтных выключателей 6-35 кВ



# Применение элегазовых выключателей

В зарубежных сетях доля элегазовых выключателей составляет **56%** от общего количества установленных выключателей. При этом, среди выключателей, установленных за последние 10 лет, доля элегазовых выключателей составляет – **100%**.



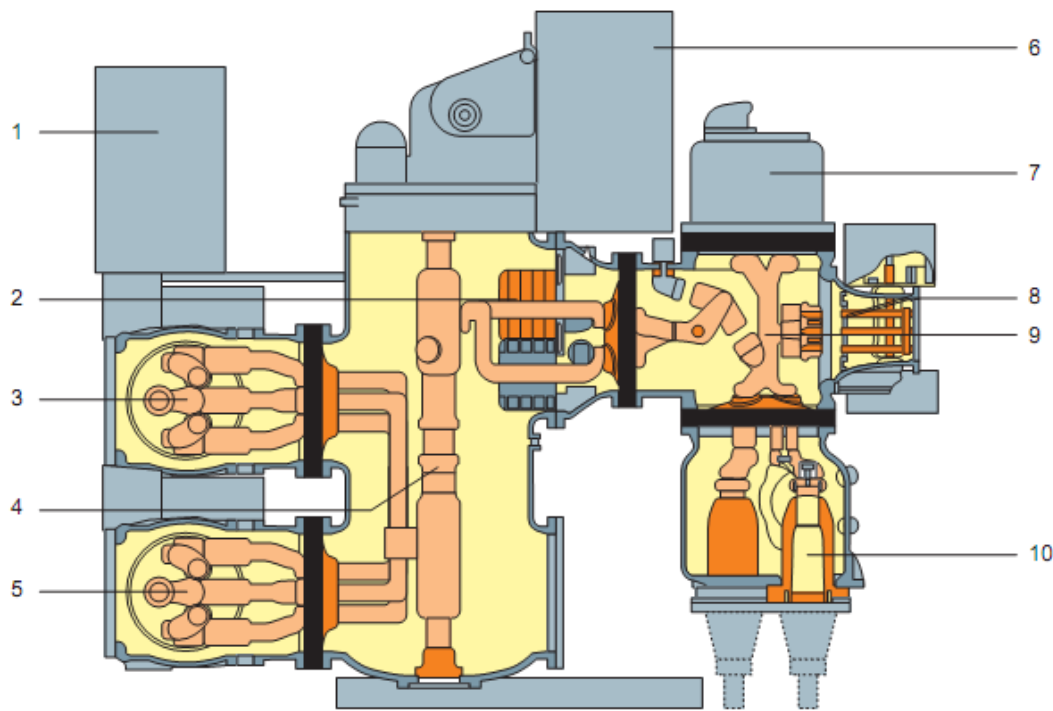
# Сравнение КРУЭ с традиционными РУ

Составляющие затрат	Затраты, %			
	110-145 кВ		420 кВ	
	Традиционные РУ	КРУЭ	Традиционные РУ	КРУЭ
Первоначальные затраты	100,0	113,7	100,0	86,7
электрооборудование	37,9	67,9	32,3	42,8
устройства защиты, контроля и управления	12,5	9,0	12,4	8,9
транспорт, монтаж, пусконаладочные работы, испытания	15,7	11,4	27,7	15,5
грузоподъемные и земляные работы, фундаменты	25,8	3,9	22,0	6,0
здания и сооружения	3,2	18,9	2,8	11,9
прочие	4,9	2,6	2,8	1,6
Приведенные за 30 лет производственные издержки	29,6	4,0	26,5	5,2
Итого	129,6	117,7	126,5	91,9

# КРУЭ типа 8DN8 производства фирмы «Siemens»



# Вид в разрезе ячейки типа 8DN8 с двойной системой сборных шин, с кабельным присоединением

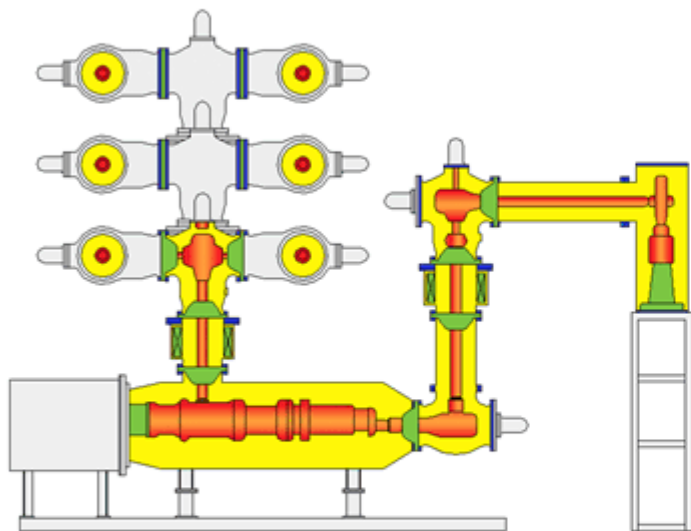


■ газоплотный ввод  
□ негазоплотный ввод

- 1 – шкаф управления
- 2 – трансформатор тока
- 3 – сборная шина II с разъединителем и заземлителем
- 4 – дугогасительная камера
- 5 – сборная шина II с разъединителем и заземлителем
- 6 – пружинный привод
- 7 – трансформатор напряжения
- 8 – быстродействующий заземлитель
- 9 – модуль линии с разъединителем и заземлителем
- 10 – концевая кабельная муфта

# КРУЭ -330 кВ, Хендай (Ю. Корея )

## Внутреннее устройство и схема



## Технические параметры

Расчетное напряжение	420	кВ
----------------------	-----	----

Расчетный рабочий ток	4000	А
-----------------------	------	---

Расчетный ток КЗ	63	кА
------------------	----	----

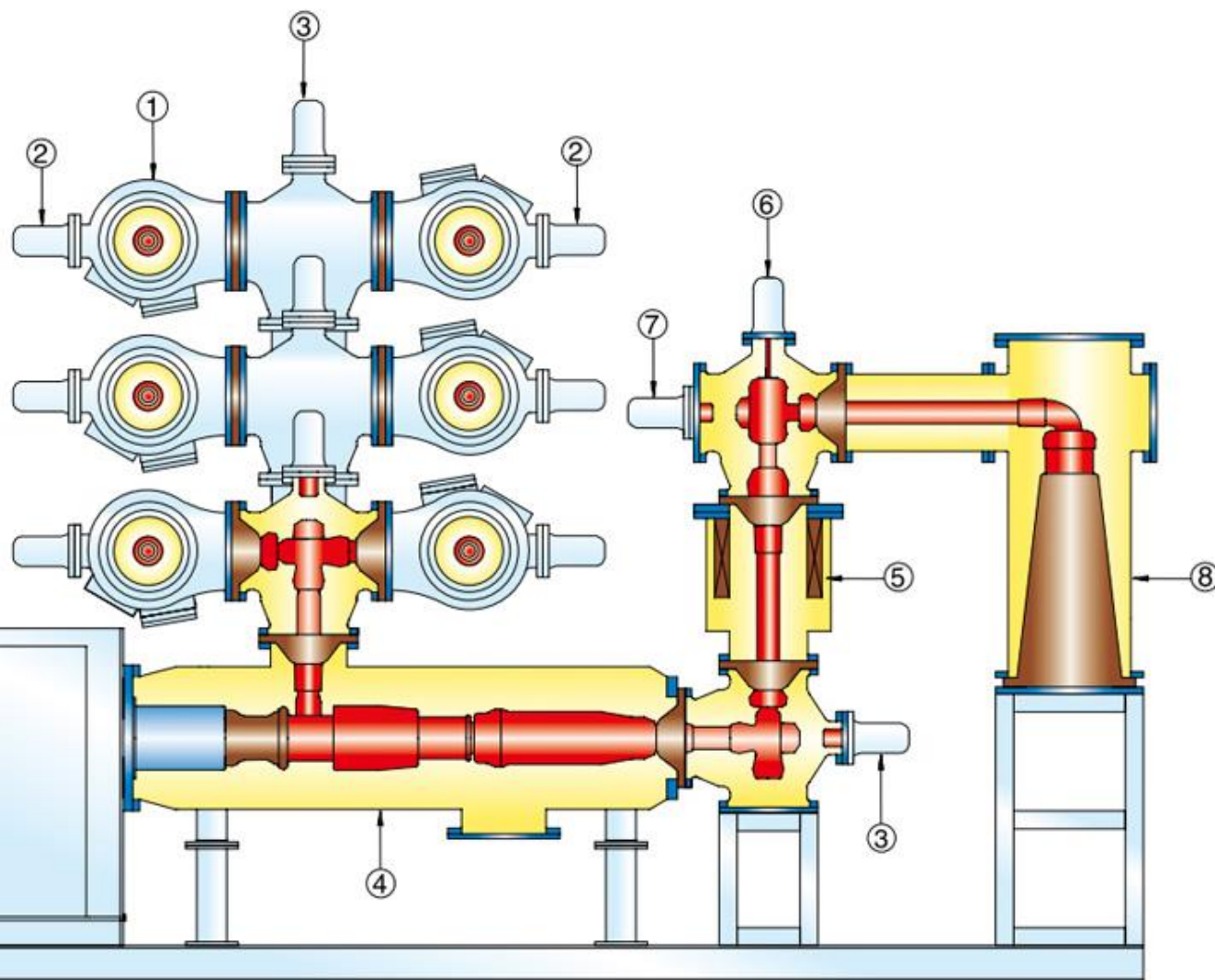
Расчетное выдерживаемое напряжение промышленной частоты	650	кВ
---	-----	----

Расчетное выдерживаемое напряжение грозового импульса (пиковое)	1425	кВ
---	------	----

Расчетное выдерживаемое напряжение коммутационного импульса (пиковое)	1050	кВ
---	------	----

Механизм привода	гидравлический
------------------	----------------

# КРУЭ -330кВ, Хендай (Ю. Корея )



- ① Главная шина
- ② Шинный разъединитель
- ③ Заземлитель (Тех. обслуживание)

- ④ Выключатель
- ⑤ Трансформатор Тока
- ⑥ Линейный разъединитель

- ⑦ Заземлитель
- ⑧ Концевая кабельная муфта

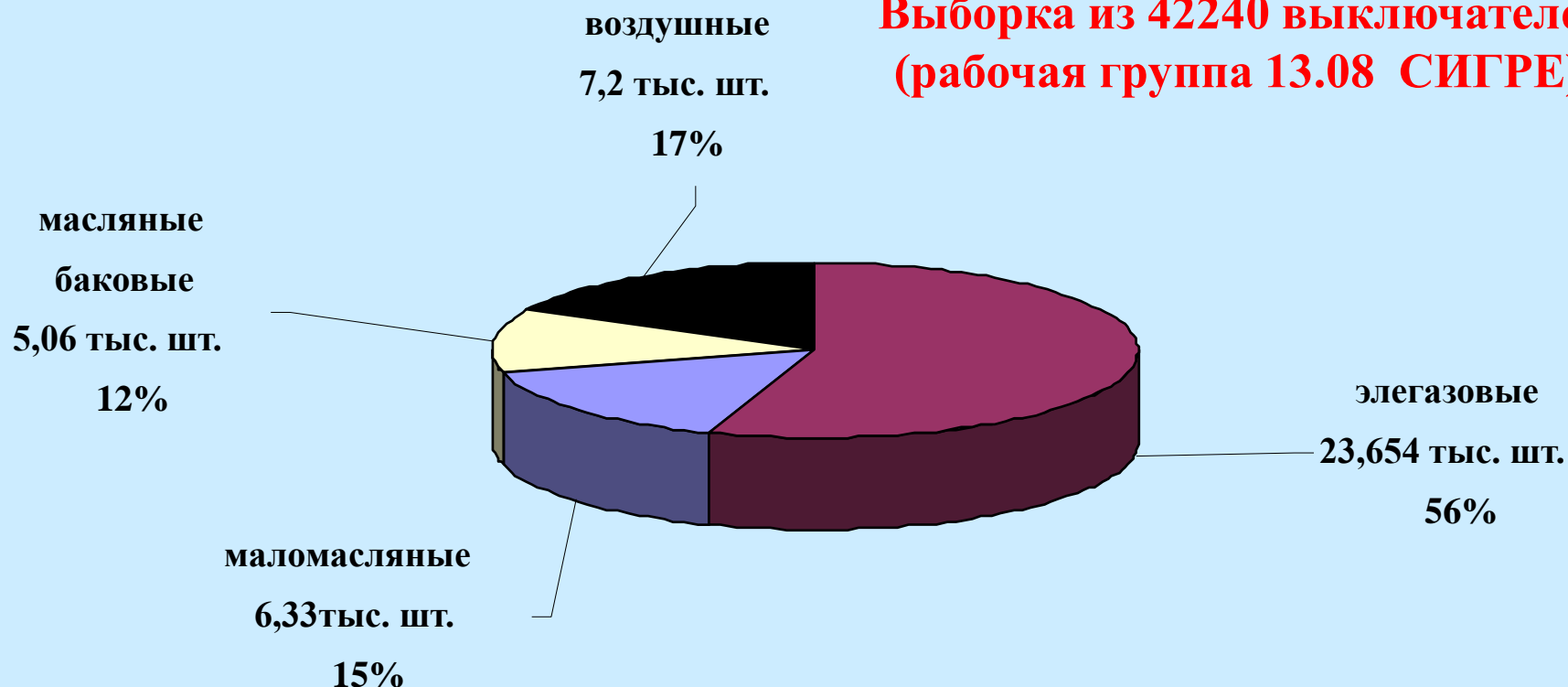
# **КРУЭ производства Hyundai (Южная Корея) состоит из 12 ячеек.**



**(КРУЭ) 220 кВ на подстанции 220 кВ «Койсуг» в Ростовской области. Работы выполнены в рамках технического перевооружения подстанции, в результате которого ее мощность возрастет с 245 МВА до 500 МВА. Заказчик строительства – ОАО «ФСК ЕЭС».**

**В зарубежных сетях доля элегазовых выключателей составляет 56% от общего количества установленных выключателей.**

**Выборка из 42240 выключателей  
(рабочая группа 13.08 СИГРЕ)**



**Среди выключателей, установленных за последние 10 лет,  
доля элегазовых выключателей составляет – 100%.**

# Апериодические токи в элегазовых выключателях и способы их ограничения

Количество элегазовых выключателей в сетях 110 кВ и выше постоянно увеличивается.

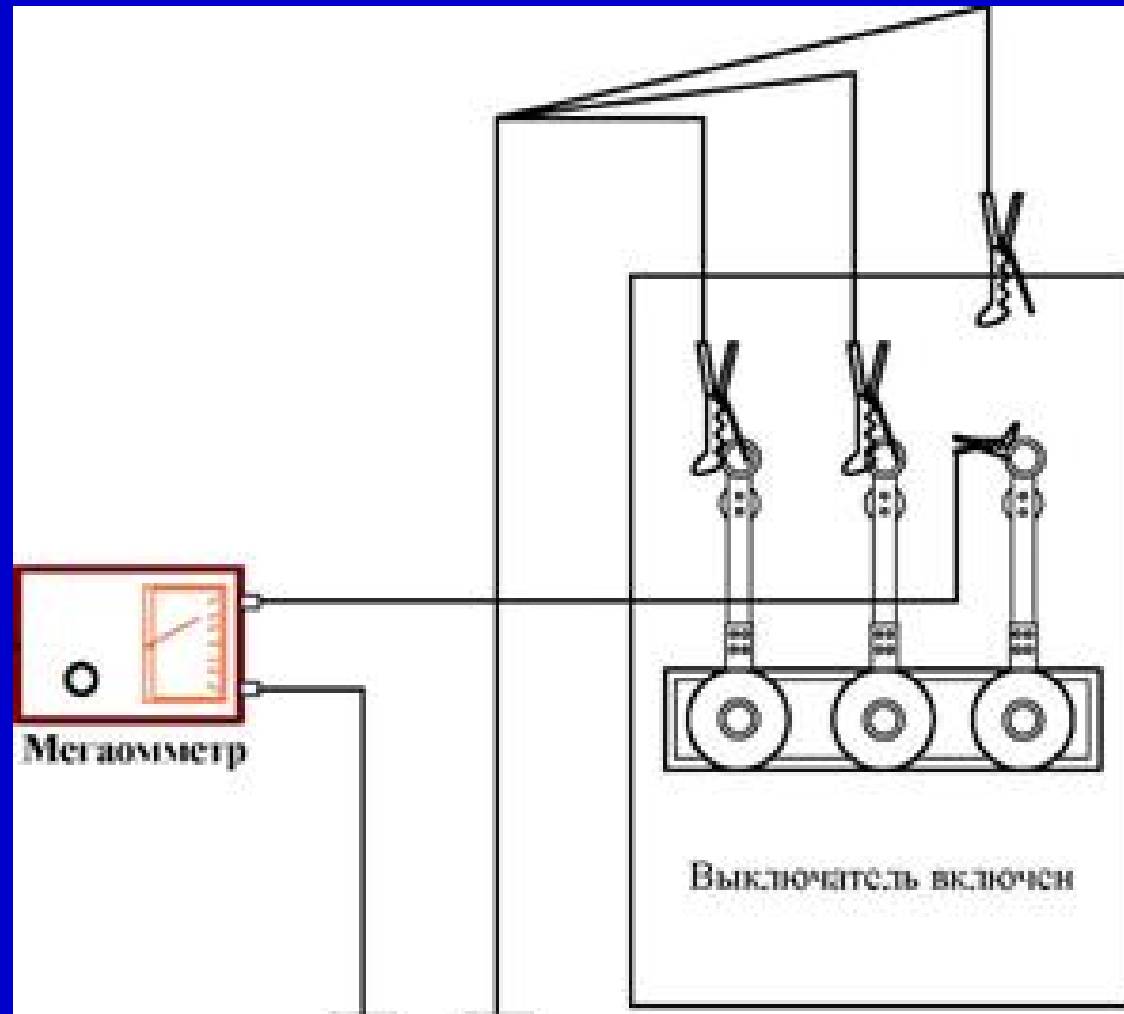
В последние годы увеличилось число повреждений так называемых линейных элегазовых выключателей, то есть тех, которые коммутируют линии электропередачи (в том числе, компенсированные).

Все повреждения происходили в цикле «включение-быстрое отключение», когда линия электропередачи отключалась практически сразу после включения.

# Элегазовые выключатели

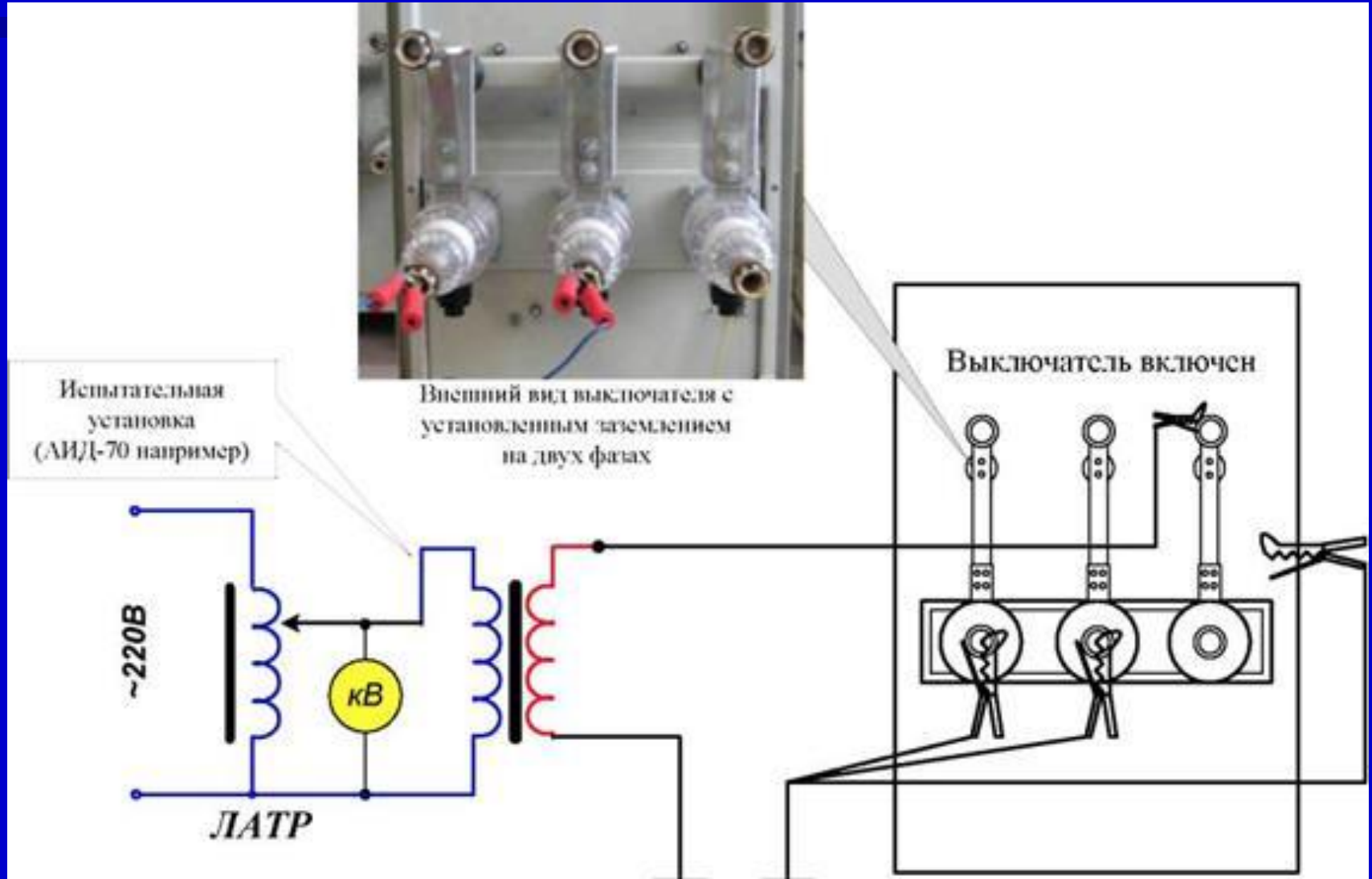
## Измерение сопротивления изоляции

Выключатель включается, все фазы заземляются, к одной фазе подключается мегаомметр. Заземление с этой фазы снимается, производится измерение сопротивления изоляции. Затем заземление восстанавливается, мегаомметр переключается на другую фазу выключателя. Всё время проведения измерений выключатель остаётся включенным.



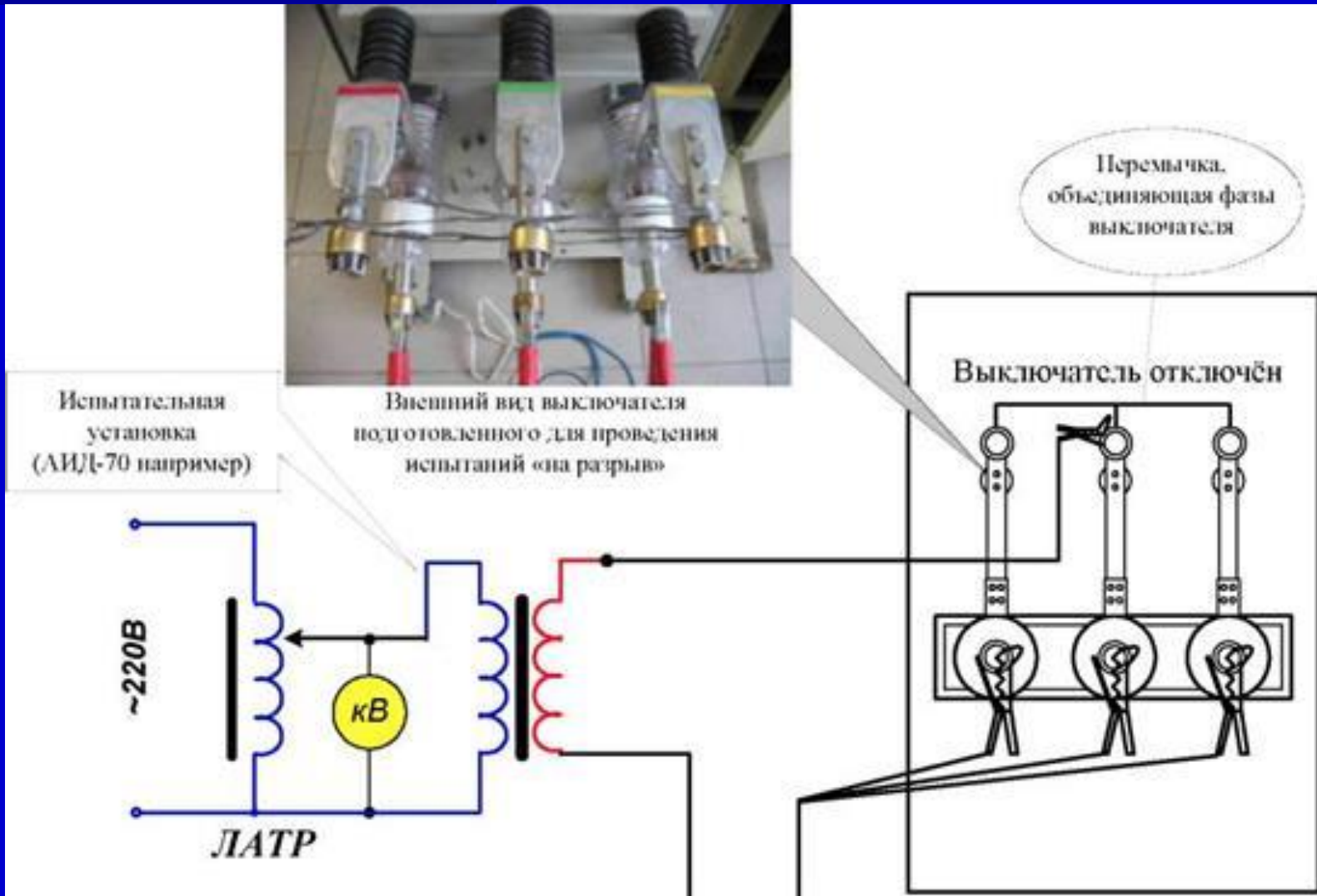
# Элегазовые выключатели

Испытание изоляции силовых частей выключателя на выкатном элементе повышенным напряжением пром. частоты.



# Элегазовые выключатели

Испытание изоляции выключателя на выкатном элементе повышенным напряжением пром. частоты «на разрыв».



# SF6. Силовые трансформаторы

Трансформаторы с элегазовой изоляцией впервые были разработаны в США фирмой Вестингауз в конце 50-х годов. Силовые трансформаторы напряжением до 138 кВ и мощностью до 40 МВА были разработаны в 60-х годах. В Европе элегазовые трансформаторы появились в середине 60-х годов. Однако дальнейшего развития ни в США, ни в Европе они не получили. В Японии первый трансформатор с элегазовой изоляцией напряжением 69 кВ и мощностью 3 МВА был изготовлен в 1969 г.



Трансформатор с элегазовой изоляцией Toshiba

# Подземные подстанции с элегазовым (SF<sub>6</sub>) оборудованием

На каждой из двух подземных подстанций (Сколково и Союз) применено следующее электрооборудование:

- по 2 элегазовых трансформатора 63 МВА, 220/20/20, производства компании Тошиба;
- комплектное распределительное устройство элегазовое (КРУЭ) 220кВ, производства компании Сименс;
- система мониторинга КРУЭ и силовых трансформаторов, основанная на регистрации частичных разрядов в диапазоне ультравысокой частоты (УВЧ), производства фирмы QUALITROL.

УВЧ-сенсоры подключаются к блокам, выполняющим первичную обработку сигнала — БОП, установленным в непосредственной близости от КРУЭ (слева внизу).

Функционально БОП выполняет следующие задачи:

- формирование УВЧ-сигнала,
- фиксацию/определение УВЧ-сигнала (логарифмическая);
- оцифровку сигнала;
- синхронизацию данных с периодами питающей сети.



# SF6. Силовые трансформаторы

Отечественный Трансформатор с элегазовой изоляцией 2011 год

Инновационные разработки ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»



ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

## Силовой элегазовый трансформатор



Силовой трансформатор 20 МВА, 154 кВ с элегазовым заполнением

Преимущества силовых элегазовых трансформаторов:

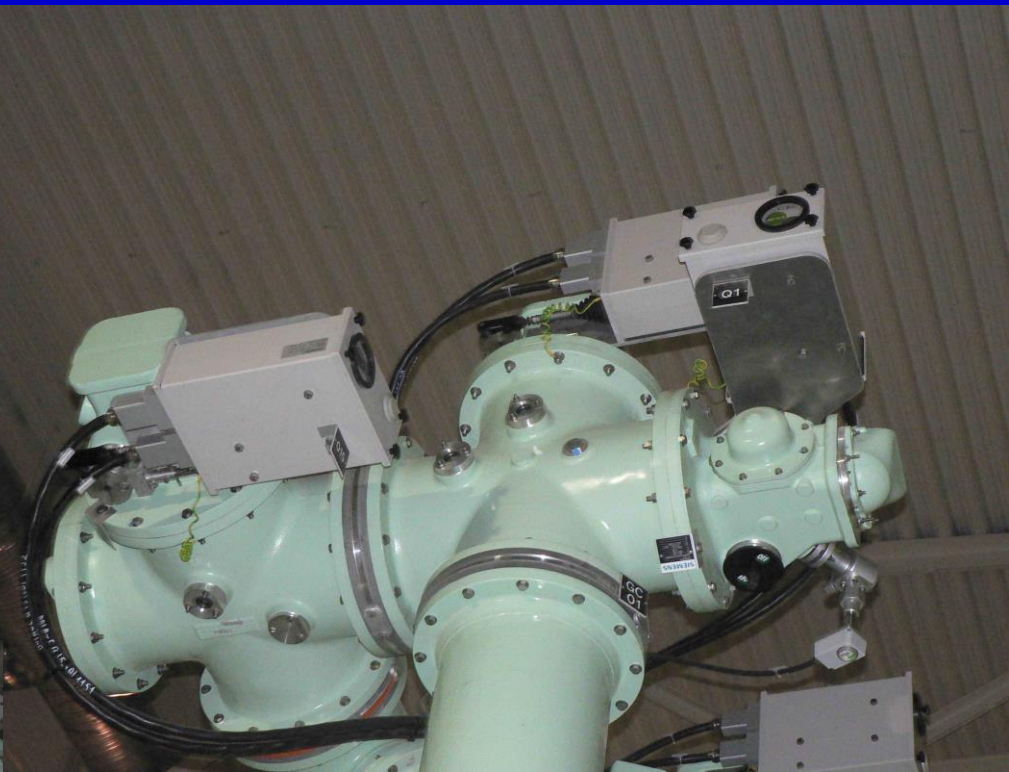
- пожаро- и взрывобезопасны;
- меньшие габариты и площадь подстанции в целом за счет возможности непосредственного подсоединения к распределительному устройству с элегазовой изоляцией.

В настоящее время разрабатывается силовой элегазовый трансформатор напряжением 110 кВ мощностью 60 МВА.

# Подстанция 500/220/110 кВ



# Подстанция 500/220/110 кВ



# 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



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

# Контроль состояния воздушных линий электропередачи



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-  
29.240.55.111-2011

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ВЛ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОМПОНЕНТОВ ВЛ

- 1. Ширина просек ВЛ, проходящей в лесных массивах, зонах зеленых насаждений должна соответствовать нормам.**
2. Контроль расположения элементов (3 % количества опор): заглубления опор, фундаментов в грунте, расположение опор на оттяжках, а также - ригелей и анкеров оттяжек.
3. Контроль положения опор. Отклонения вдоль и поперек оси ВЛ, положение траверс.
4. Размеры сколов и трещин фундаментов, отклонения анкерных болтов, их размеров. Зазоры между опорной пятой опоры и фундаментом не допускаются. Коррозия анкерных болтов фундаментов не должна превышать 20 %.
5. Измерение расстояний от проводов до поверхности земли, до различных объектов и сооружений в местах сближений и пересечений, между проводами разных линий при совместной подвеске проводов.
6. Стрела провеса не должна отличаться от предусмотренной проектом более чем на 5 %.
7. Измерение сопротивления фарфоровых изоляторов производится в соответствии с требованиями изготовителей.
8. Дистанционный контроль полимерных и фарфоровых изоляторов производится тепловизорами.

# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Коррозия анкерных болтов фундаментов не должна превышать 20 %.

Значительная степень коррозии заглубленных металлических несущих элементов опор.

При строительстве данной ВЛ в 1962 - 1968 гг. установка U-образных болтов промежуточных опор выполнялась без их предварительного изоляционного покрытия полимерными липкими лентами или покрытий на основе битумно-резиновых, битумно-полимерных и т.п. составов с армирующей обмоткой, что в настоящее время предписано требованиями СНиП 2.03.11-85 и СП 28.13330.2012 для конструкций в грунте.



# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Фрагменты поврежденного коррозией U-образного болта анкерной ж/б опоры ВЛ 220 кВ, демонтированного по факту аварии (не обработанного при монтаже изоляционными покрытиями на основе битумно-резиновых, битумно-полимерных и т.п.). Верхние участки U-образного болта внешне практически не имеют следов коррозии с потерей сечения, нижние части локально имеют 100%-ную степень разрушения сечения



# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Значительная степень коррозии несущих элементов, обусловленная наличием навалов грунта. В ходе проверки было выявлено наличие навалов грунта на клинкоушах оттяжек опоры № 103, послужившее предпосылками для коррозии данных элементов, а также коррозии петель уложенных в них тросов оттяжек с обрывом части жил.



# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Коррозия троса вантовой оттяжки опоры № 103 с обрывом жил, коррозия резьб U-образных болтов с разрушением. Трос вантовой оттяжки опоры № 103, имеющий видимые разрывы отдельных жил вследствие коррозии с большой долей вероятности имеет еще большую степень коррозионного износа, которая находится за границами допустимого п. 4.6.3. СО 34.20.504-94, согласно которому, «...при уменьшении сечения более 20% оттяжка должна быть заменена...».



# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Неисправности устройств заземления опор вследствие низкого качества выполненных работ по ремонту ж/б фундаментов.

Недостаток заключается в замоноличивании заземляющих спусков стоек опор в бетон отремонтированных верхних частей фундаментов



# Контроль состояния воздушных линий электропередачи

Наличие ДКР в площадях опор



# МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

- Тепловизионный контроль;
- Ультрафиолетовый контроль;
- Мониторинг уровня ЧР в изоляции;
- Хроматографический анализ (ХАРГ);
- Контроль  $\text{tg}\delta$  под рабочим напряжением
- Дефектографирование низковольтными импульсами (НВИ) геометрии обмоток;
- Frequency Response Analysis (FRA)

# Прибор ЭОД «ФИЛИН-6М».



*Новосибирская СПБ «Электросетьсервис»*

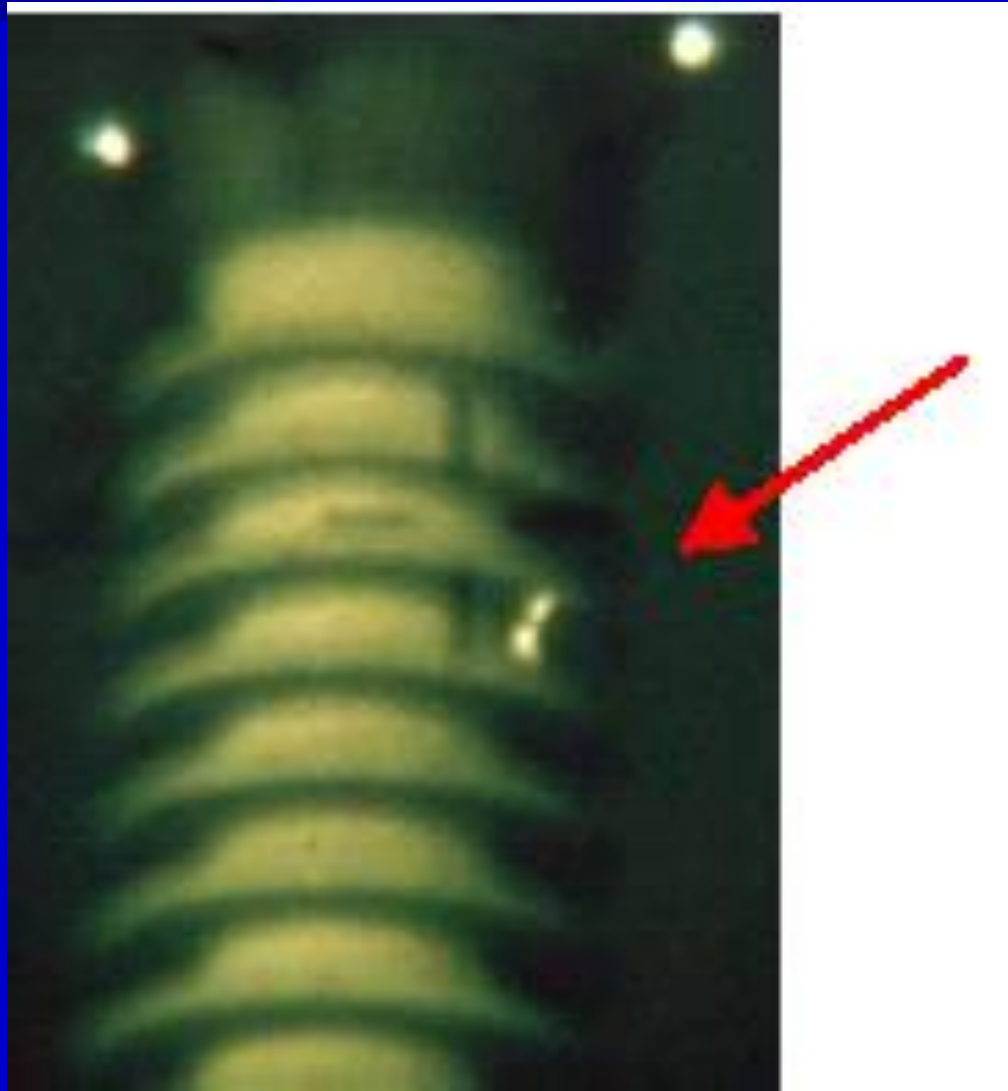
***Локация коронных разрядов  
Обследование полимерного опорного  
изолятора на предмет наличия короны***

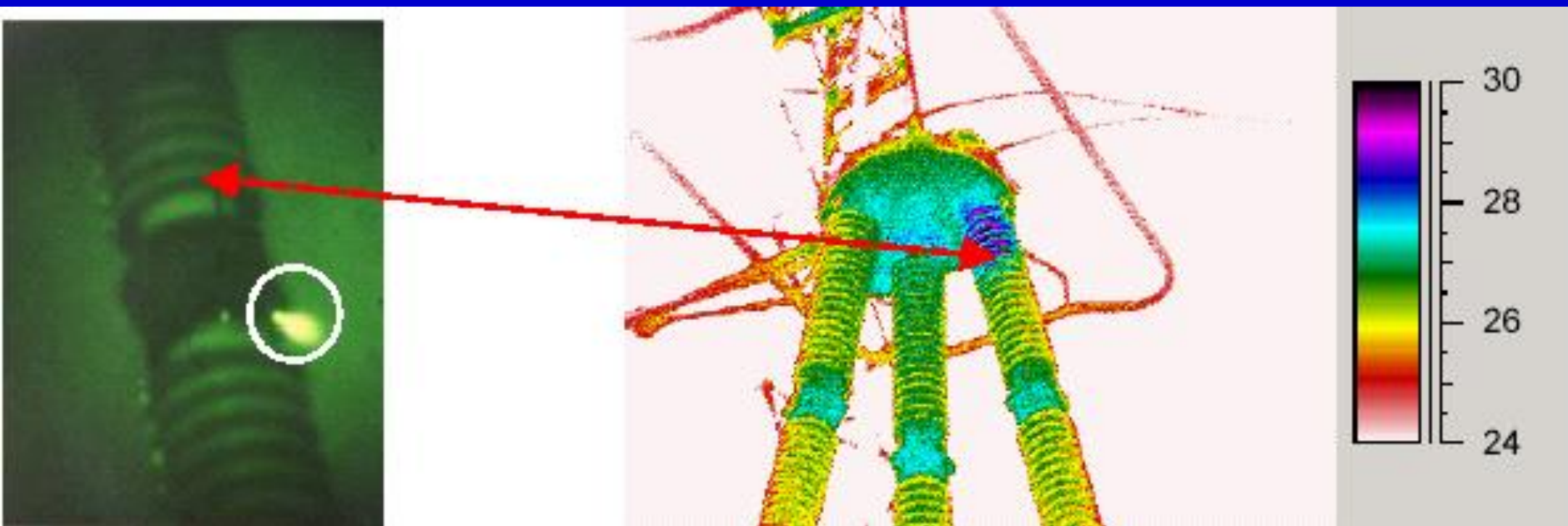


***Новосибирская СПБ «Электросетьсервис»***

# *Контроль опорной фарфоровой изоляции*

Трещина опорного изолятора





**Мощная корона на нижнем фланце опорного изолятора разъединителя 500 кВ с «водонаполненным» фарфором и термограмма этого изолятора**

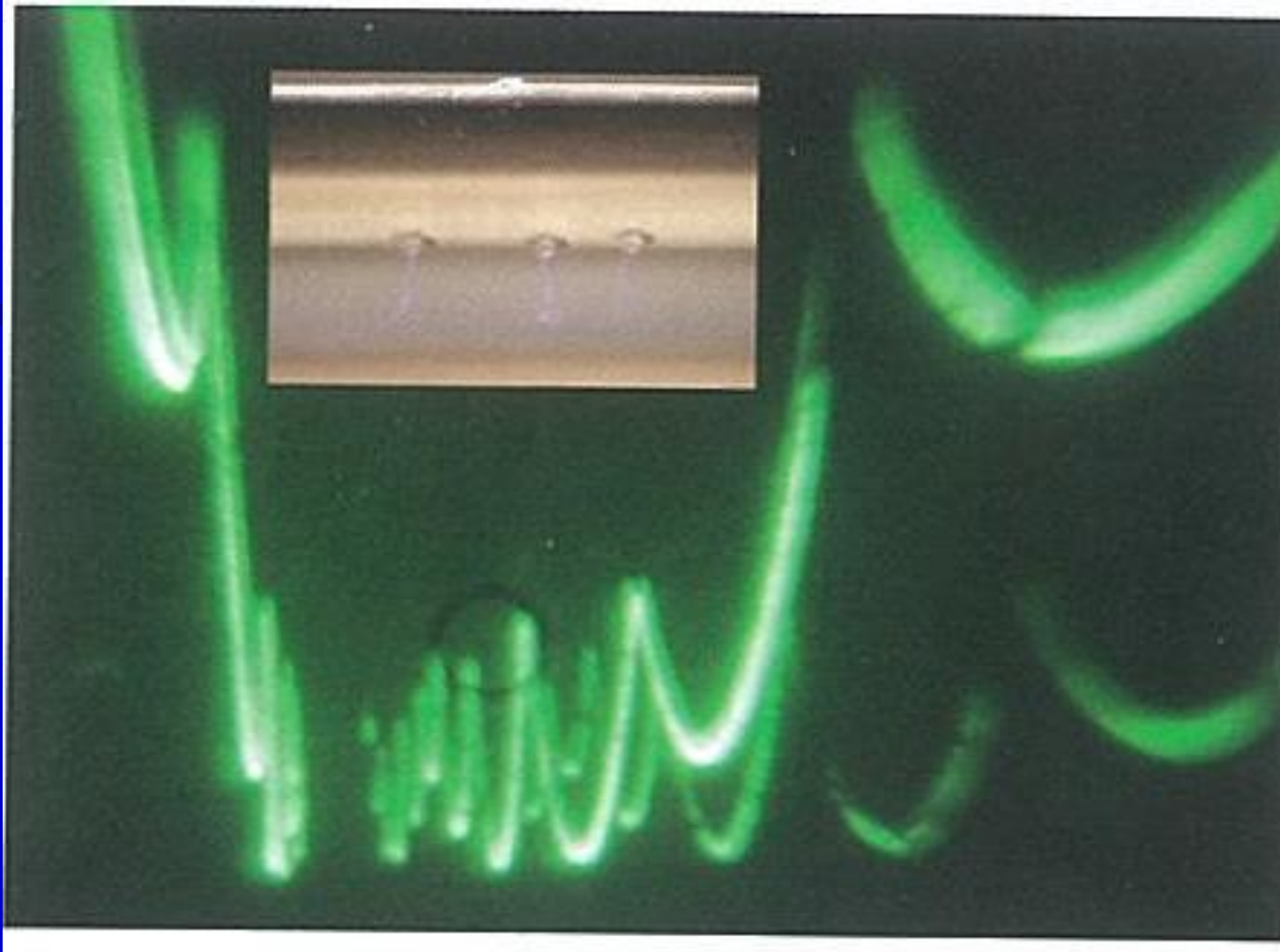
***Новосибирская СПБ «Электросетьсервис»***



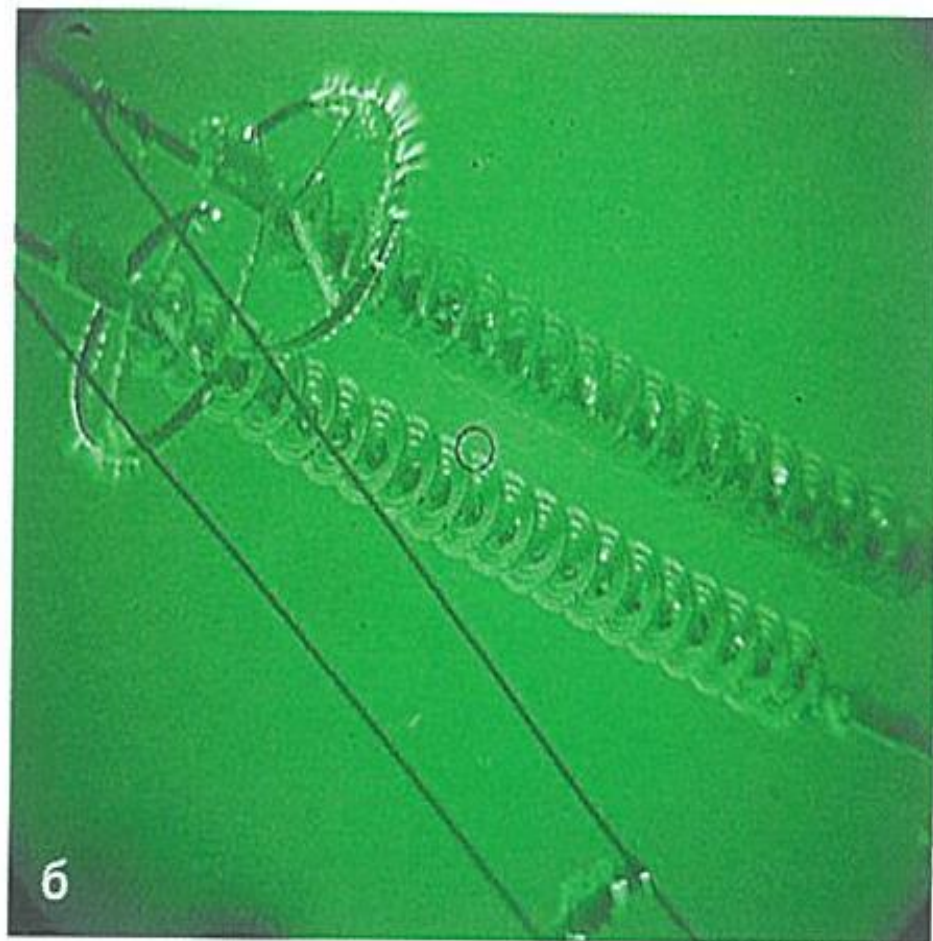
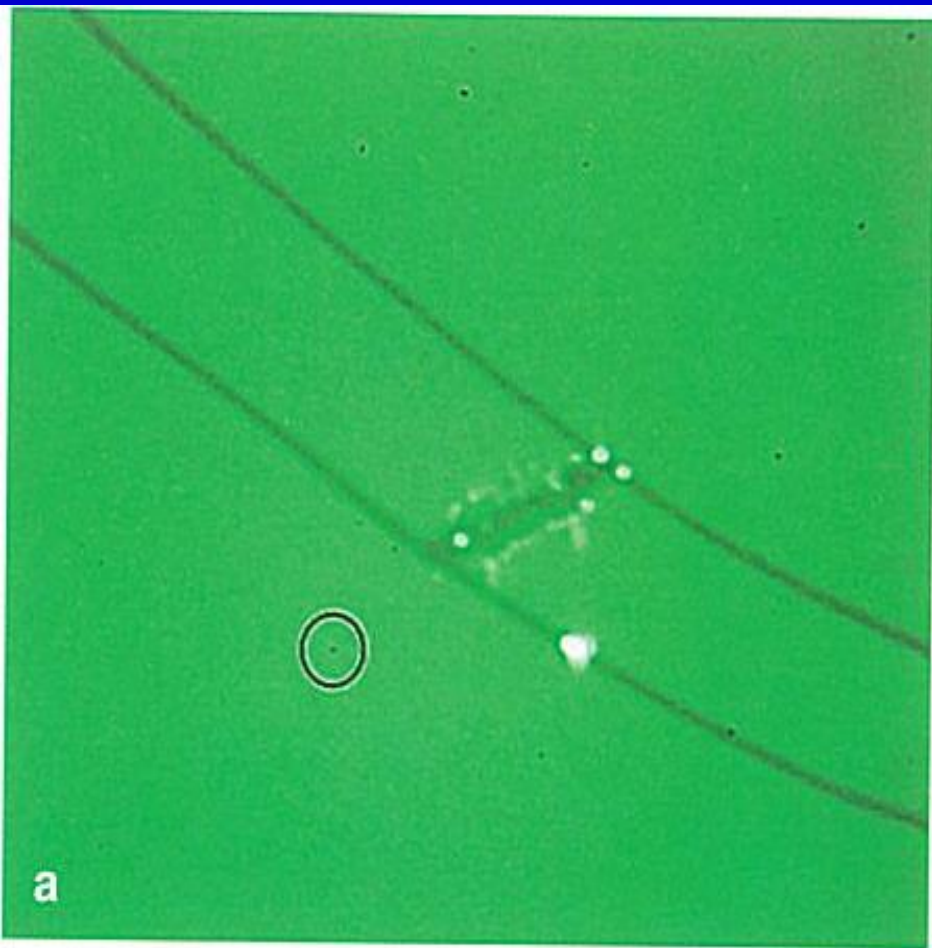
**Контроль подвесной изоляции.**

**Поверхностный ЧР на стеклянных изоляторах на линии с  
изолированными составляющими фазы**

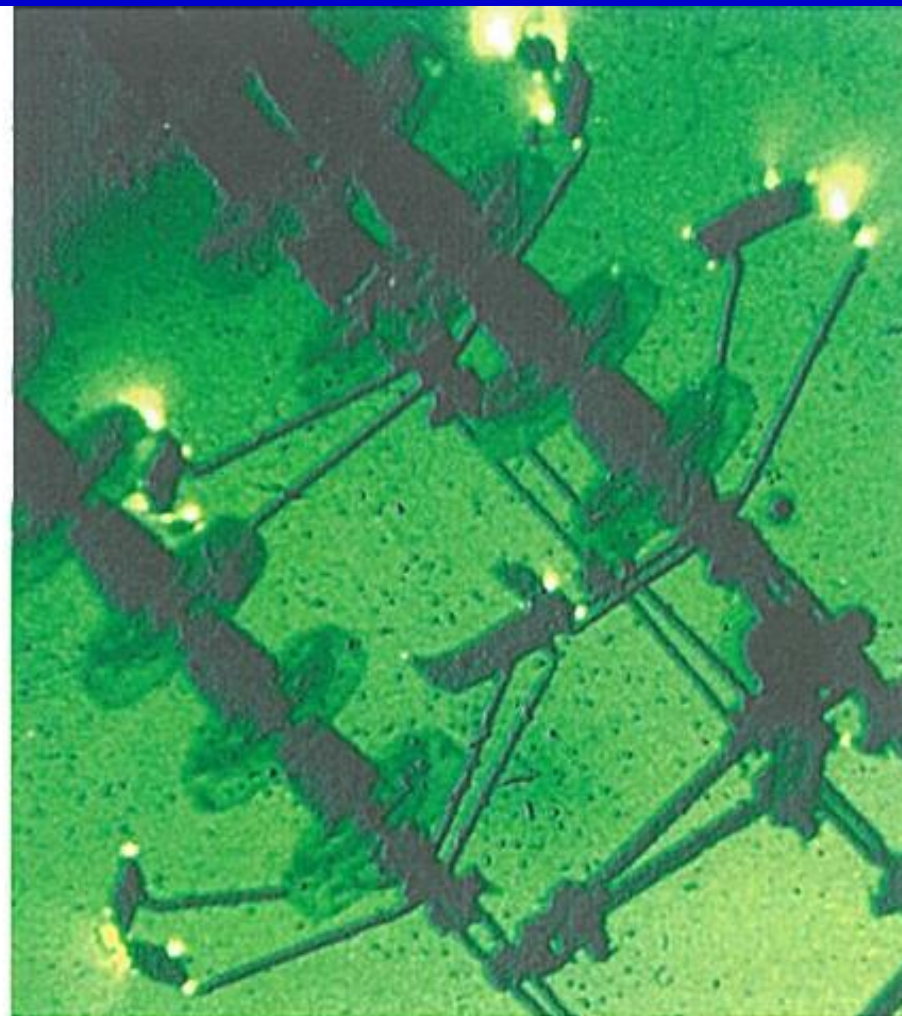
***Новосибирская СПБ «Электросетьсервис»***



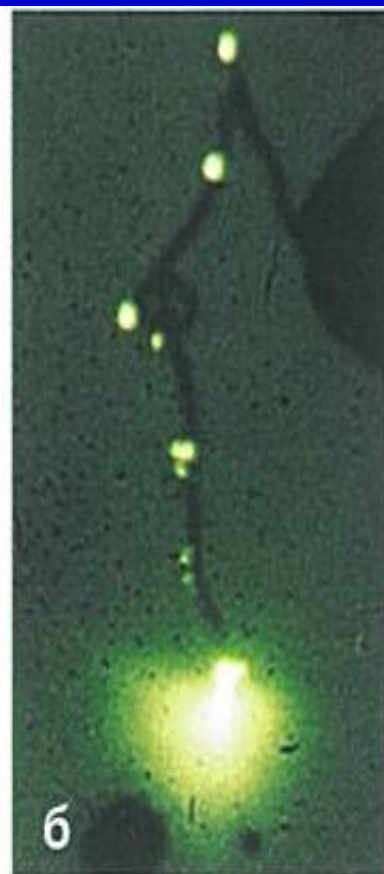
Корона на каплях воды (врезанный фрагмент) и на проводах линии 500 кВ в морозящий дождь



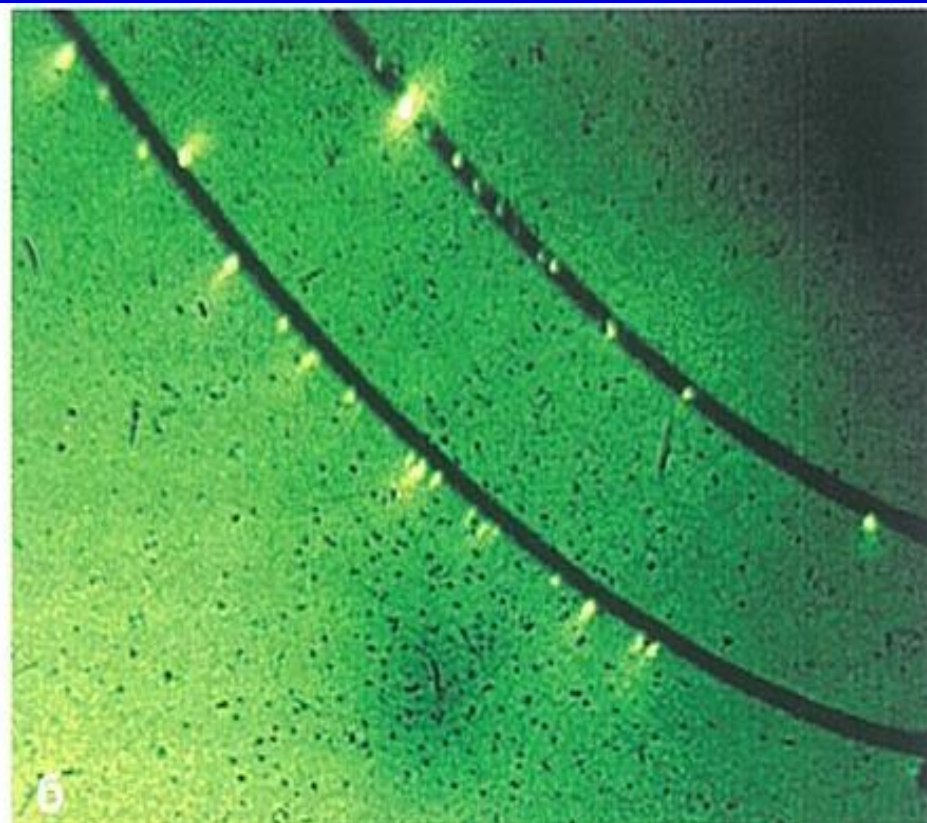
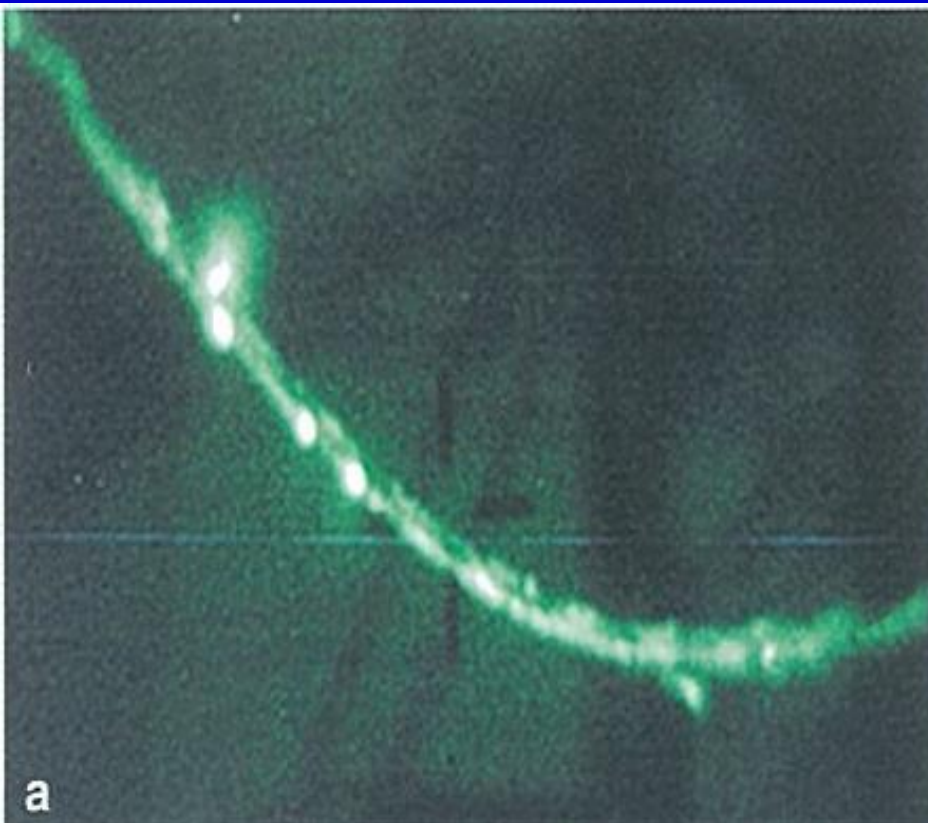
Внешний вид короны на распорке (а) и экранах (б) воздушной линии электропередачи 330 кВ



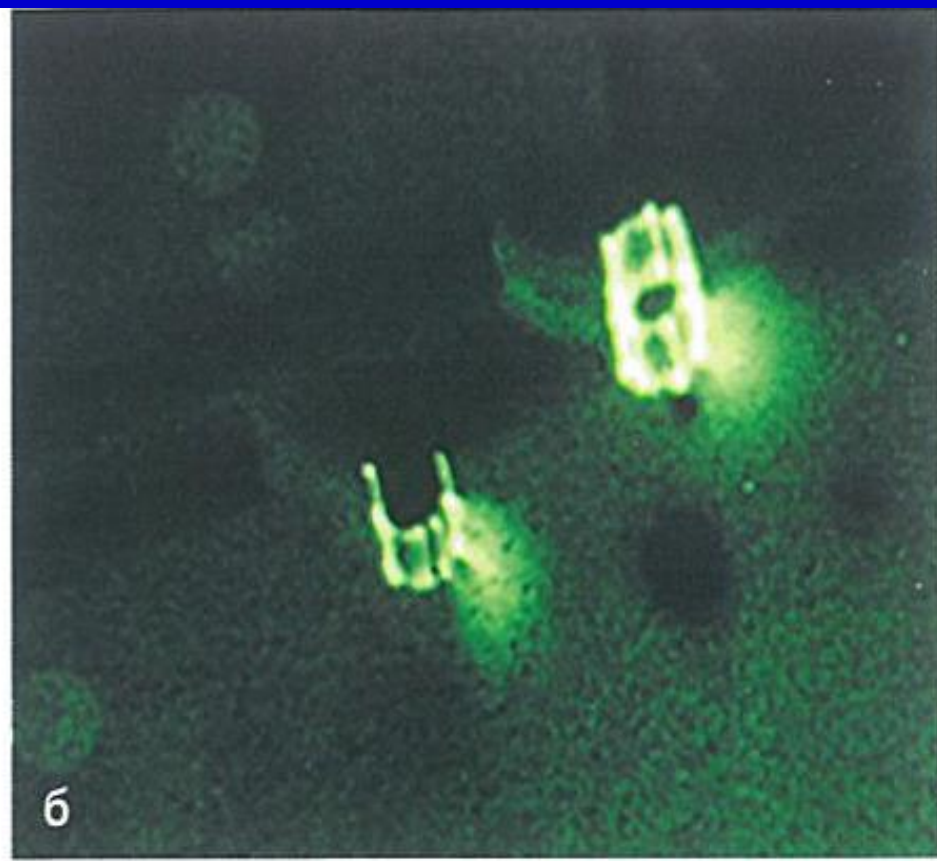
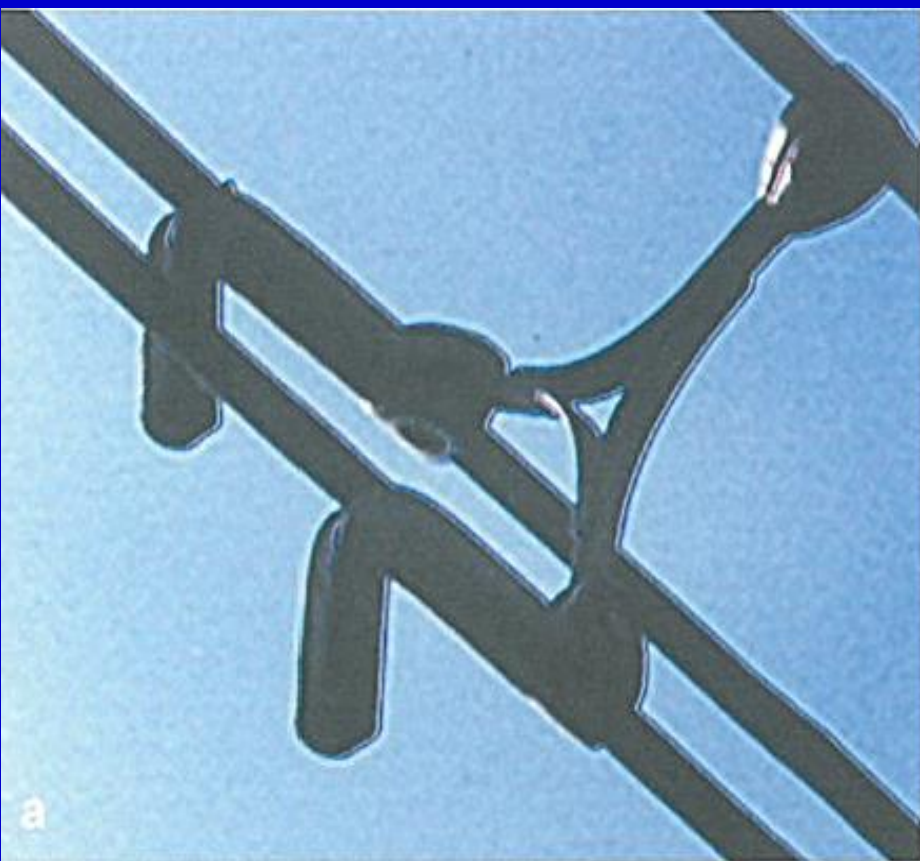
Корона на экранах натяжных гирлянд изоляторов анкерно-угловых опор ВЛ 500 кВ



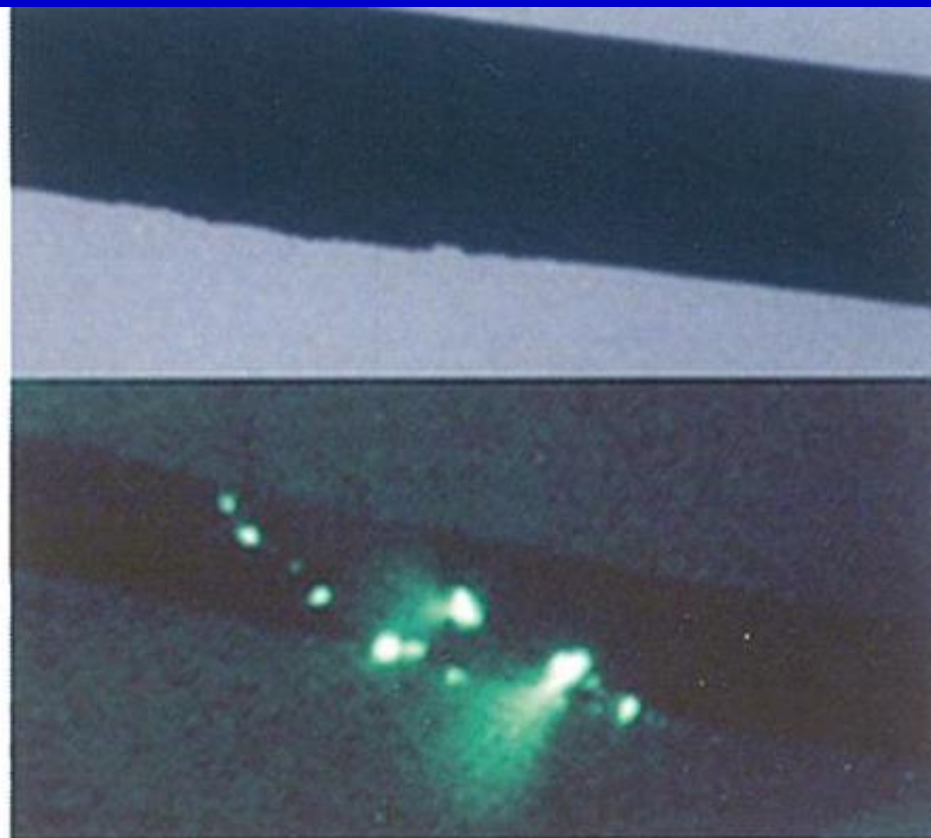
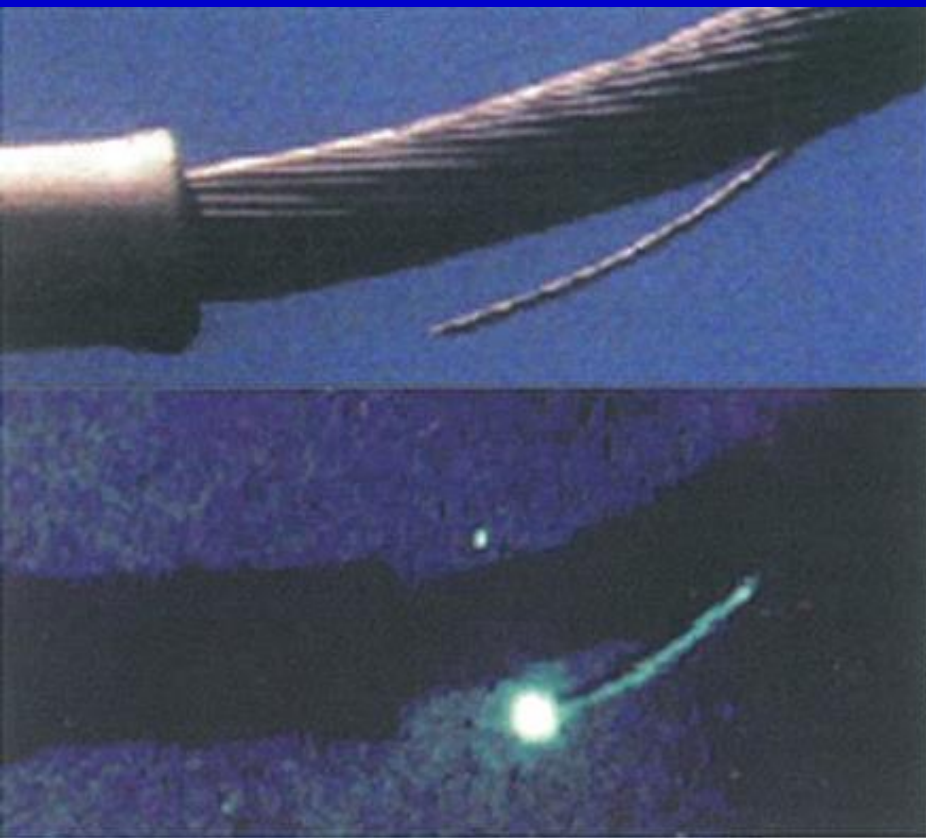
Корона на острых кромках и болтах конденсатора связи (а) и на такелажной проволоке верхнего модуля трансформатора напряжения 220 кВ (б)



Коронирование шлейфов в ячейках  
измерительных трансформаторов напряжения  
220 кВ (а) и 500 кВ (б)

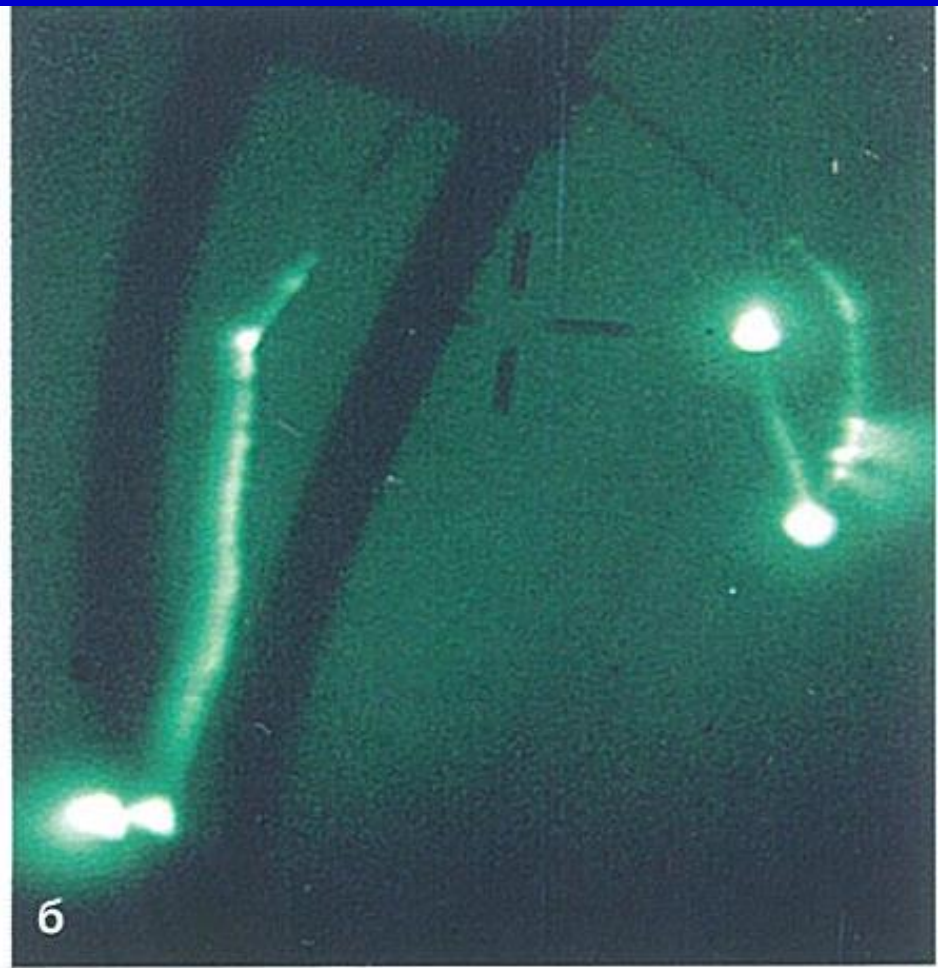
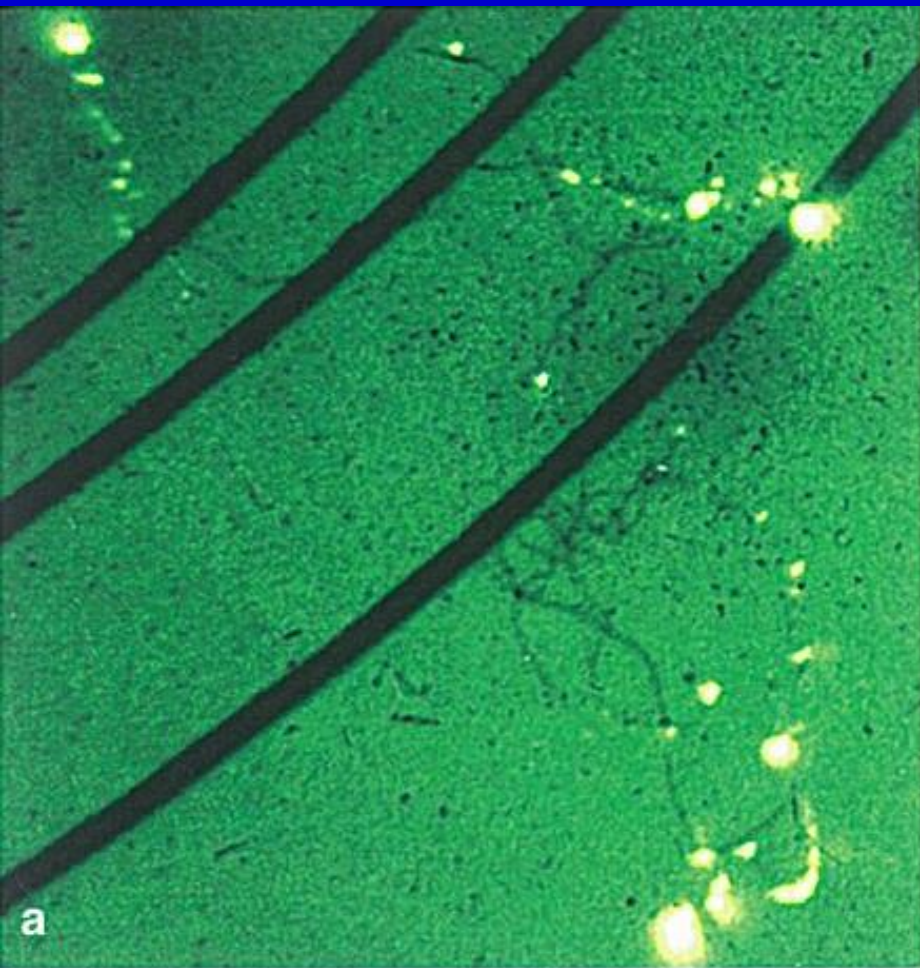


Ответвительные зажимы на шинах 500 кВ (а)  
и корона на них (б)

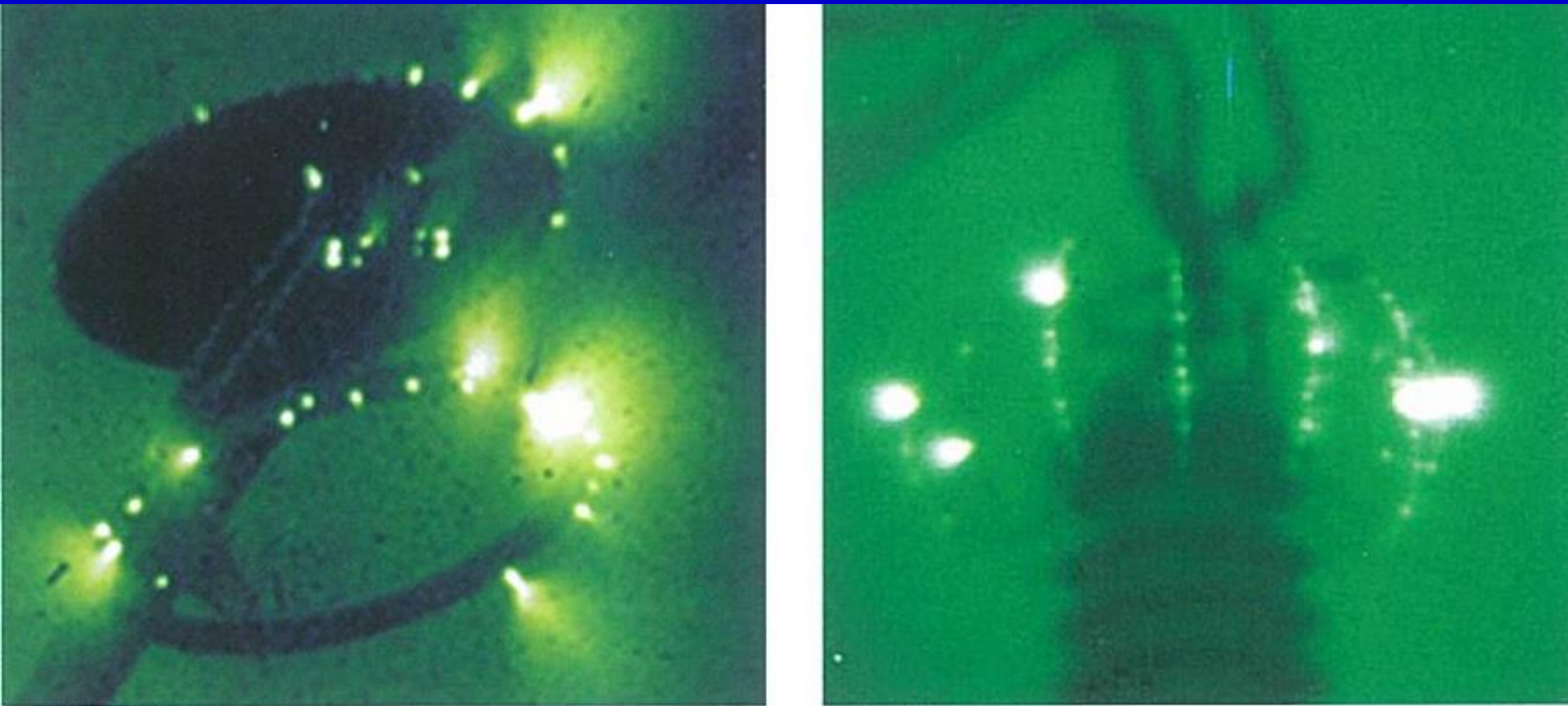


## Шины с повреждением верхнего повива и корона на них

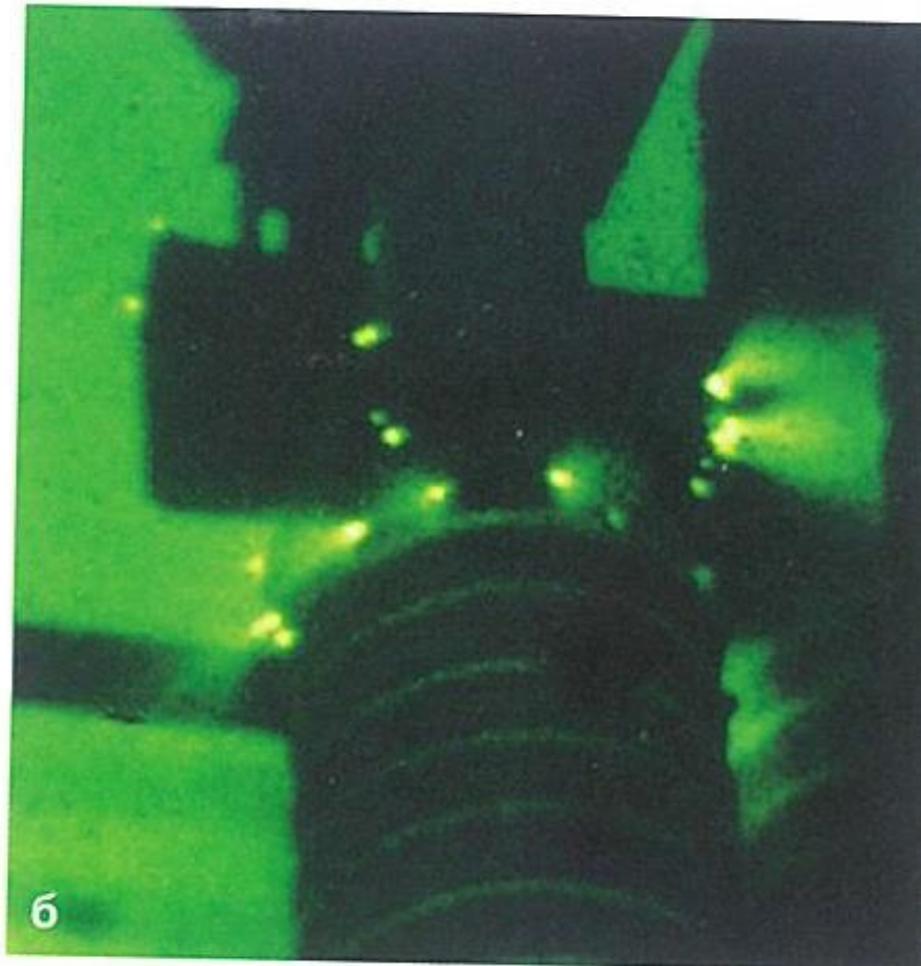
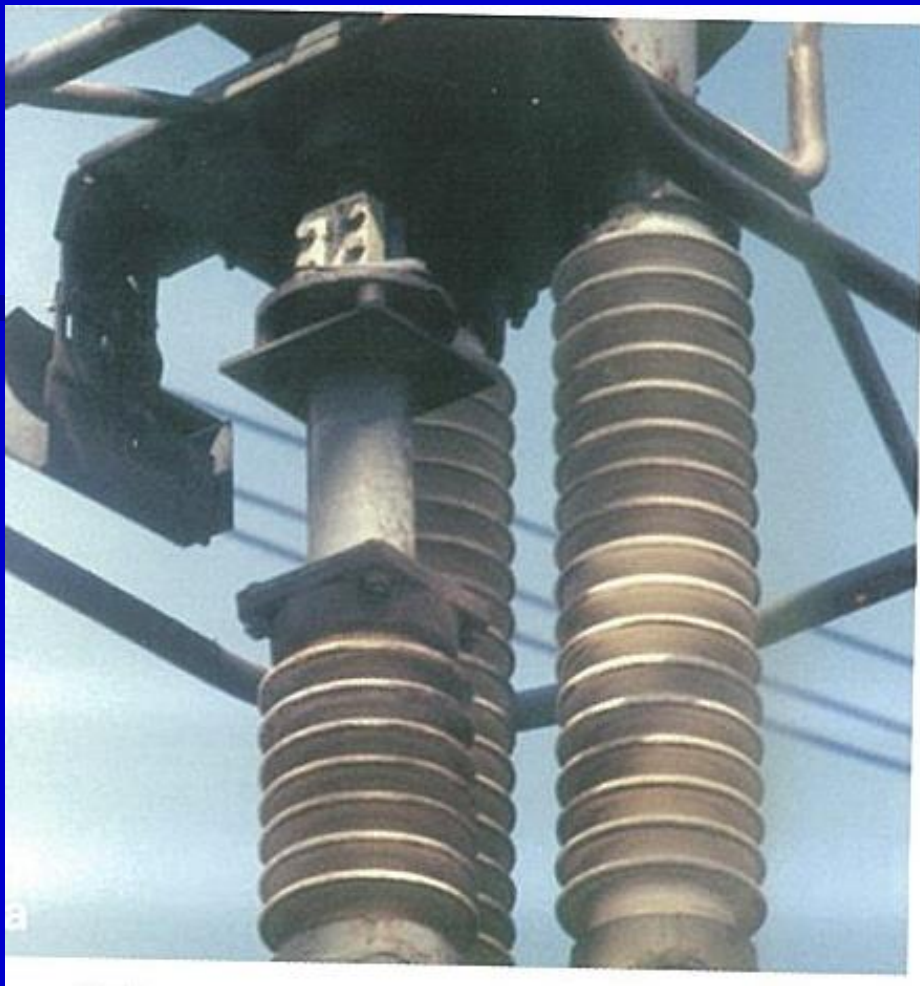
Эти дефекты не несут каких-либо угроз для эксплуатации оборудования, но вносят свою лепту в уровень радиопомех и потерь электроэнергии.



Коронирующие набросы проволоки на шины



Мощная корона на разомкнутых ножах  
разъединителя 500 кВ и на экране  
трансформаторного ввода 500 кВ

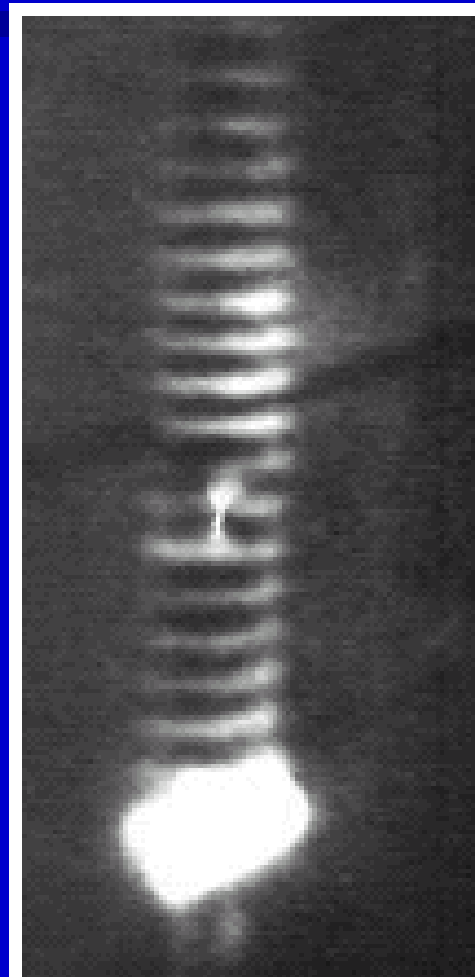


Внешний вид поворотной колонки разъединителя 500 кВ (а) и корона на фланце опорного изолятора в ней (б)

**Оценка степени загрязнения. Изображение разряда получаемого с помощью фильтра спектродиспергатора позволяет определить степень загрязнения (в микросименсах).** *Изображение излучения ПЧР на загрязненном и увлажненном изоляторе. Правое изображение соответствует красному диапазону, а левое - голубому участку спектра излучения.*



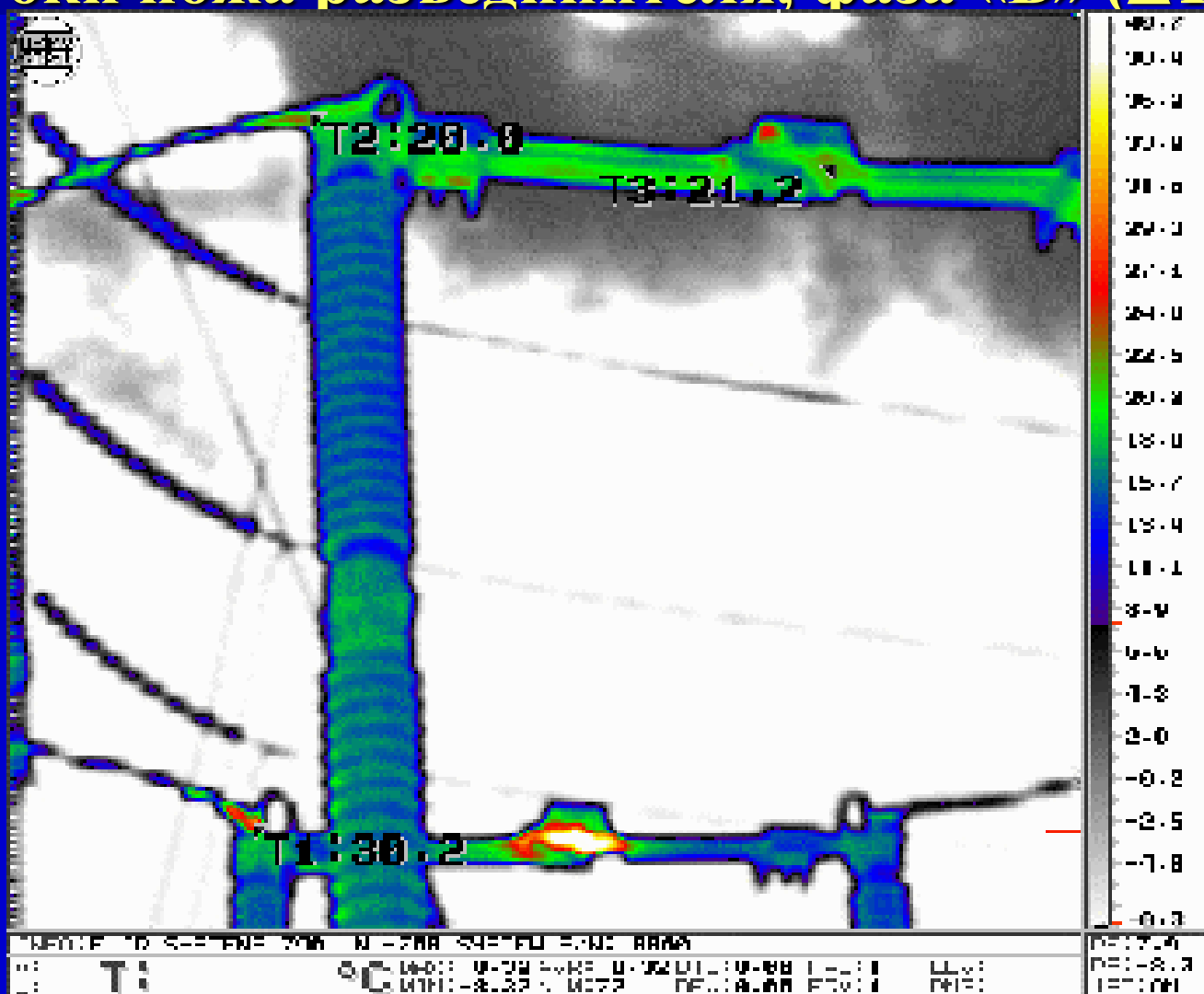
# *Контроль полимерных композиционных изоляторов*



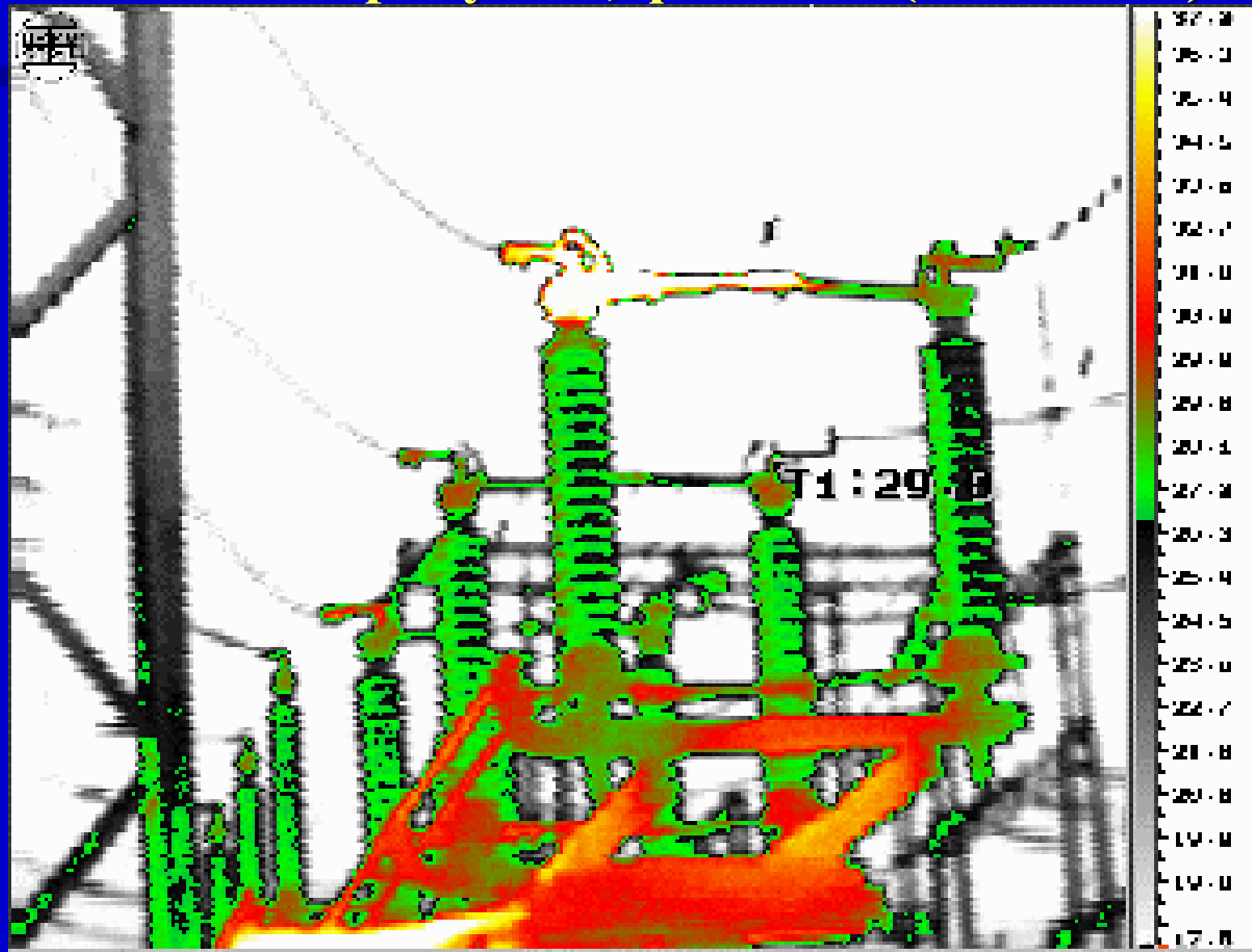
*Новосибирская СПБ «Электросетьсервис»*



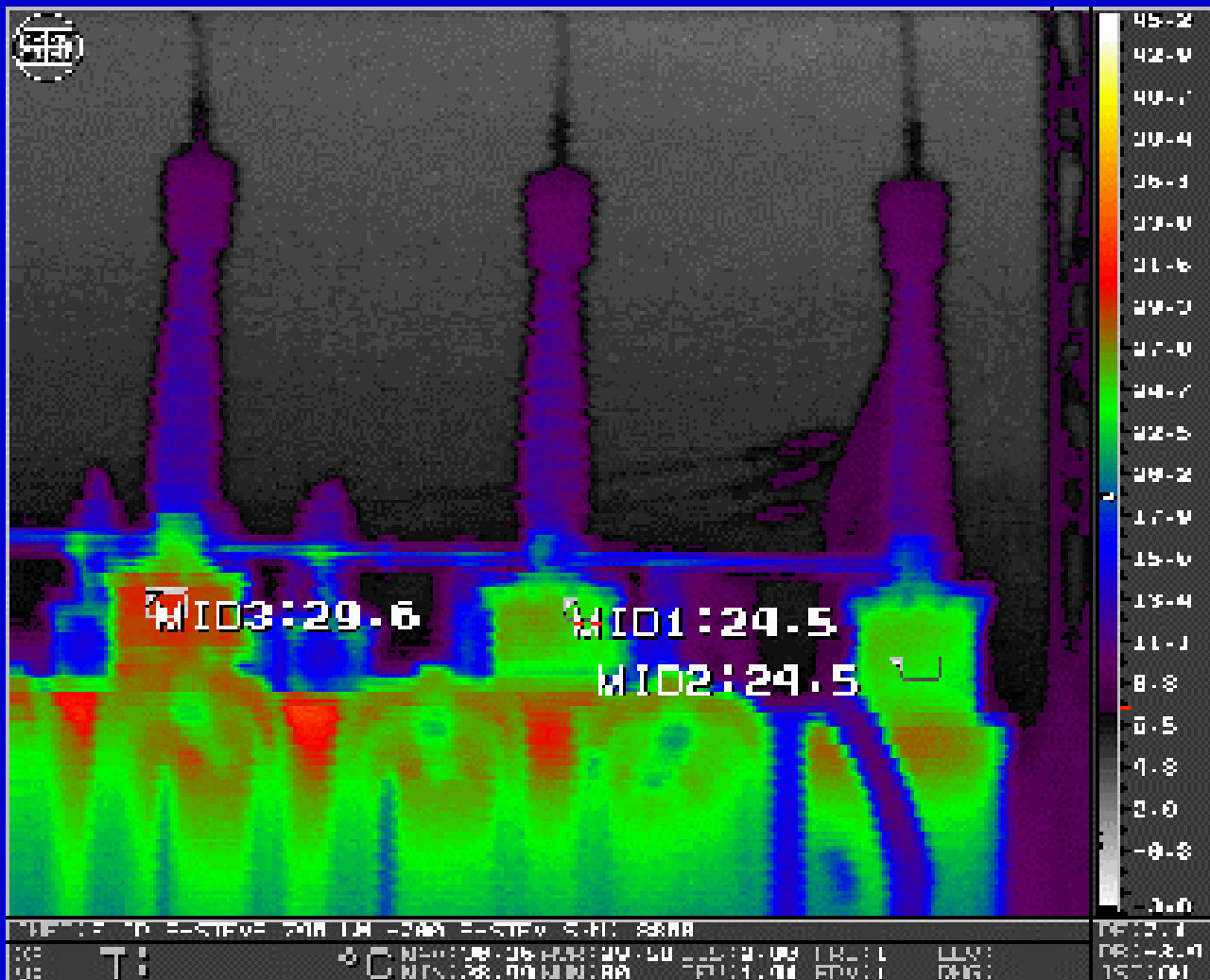
ЛР-220кВ линии «Просвет-2» подстанция  
«Томыловская». Нагрев болтового соединения  
аппаратного зажима разъединителя в сторону ЛЭП.  
Губки ножа разъединителя, фаза «В» ( $\Delta T=48^{\circ}\text{C}$ )



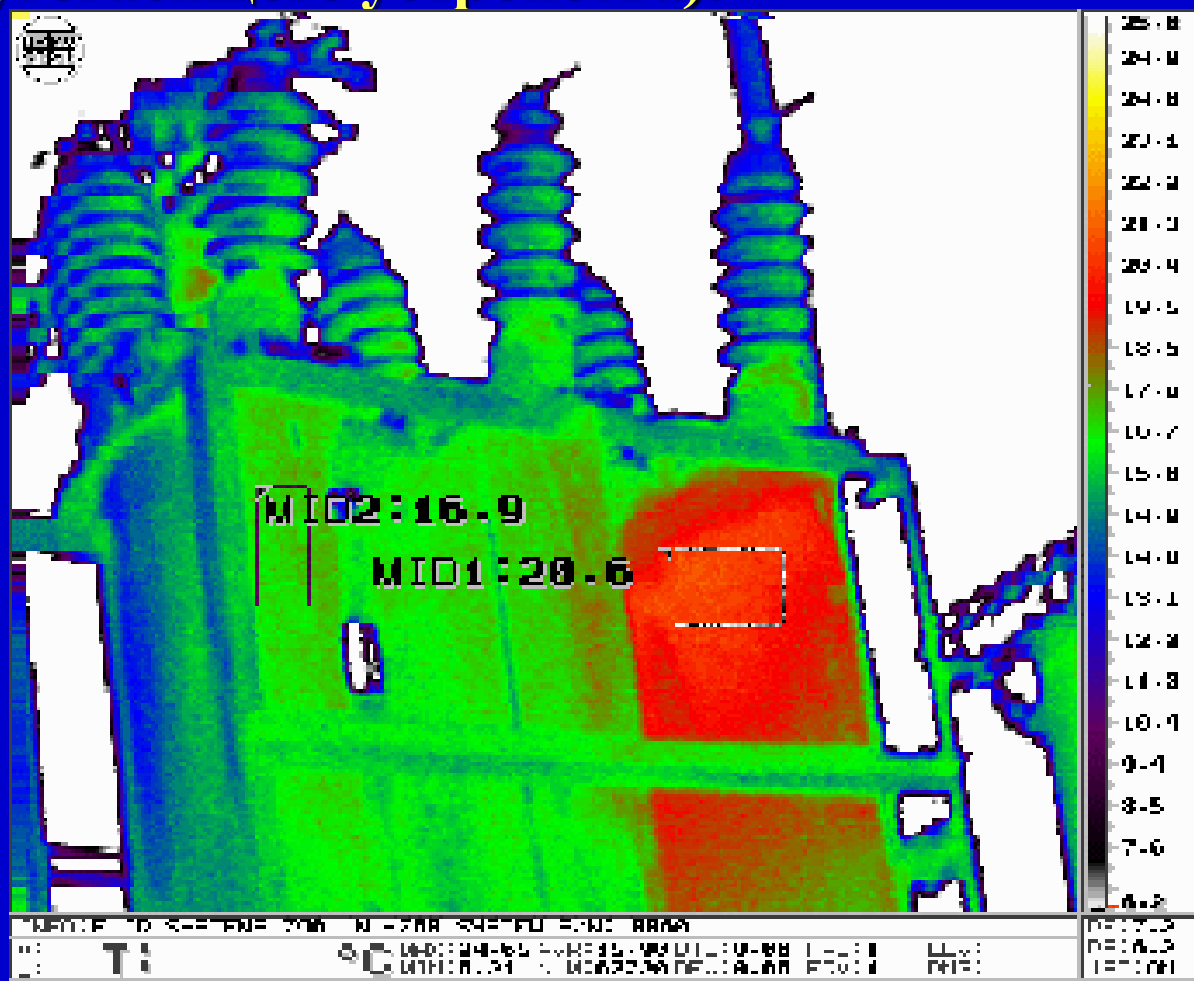
**ШР-1-110кВ линии «Гражданская» подстанции «Чапаевская». Нагрев болтового соединения гибкой связи в сторону МВ, фаза «С» ( $\Delta T=116^{\circ}\text{C}$ ).**



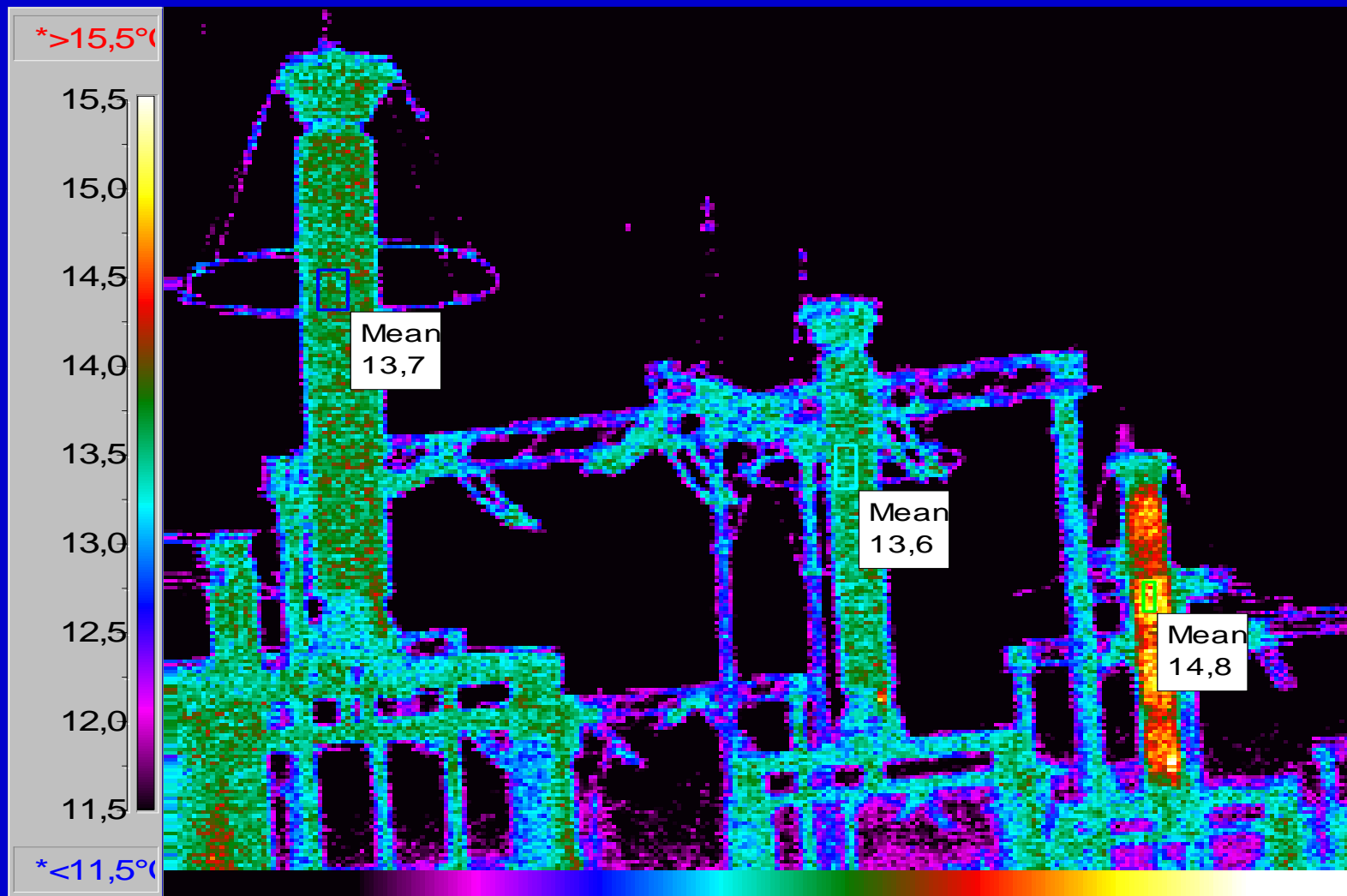
**Подстанция «ЗИМ 110/35/6кВ», трансформатор С1Т. Нагрев фазы «А» встроенного трансформатора тока 110кВ ( $\Delta T=5,1^{\circ}\text{C}$ ). Предположительно возможны две причины: 1) раскорачивание вторичных зажимов ТТ; 2) витковое замыкание в обмотке ТТ.**



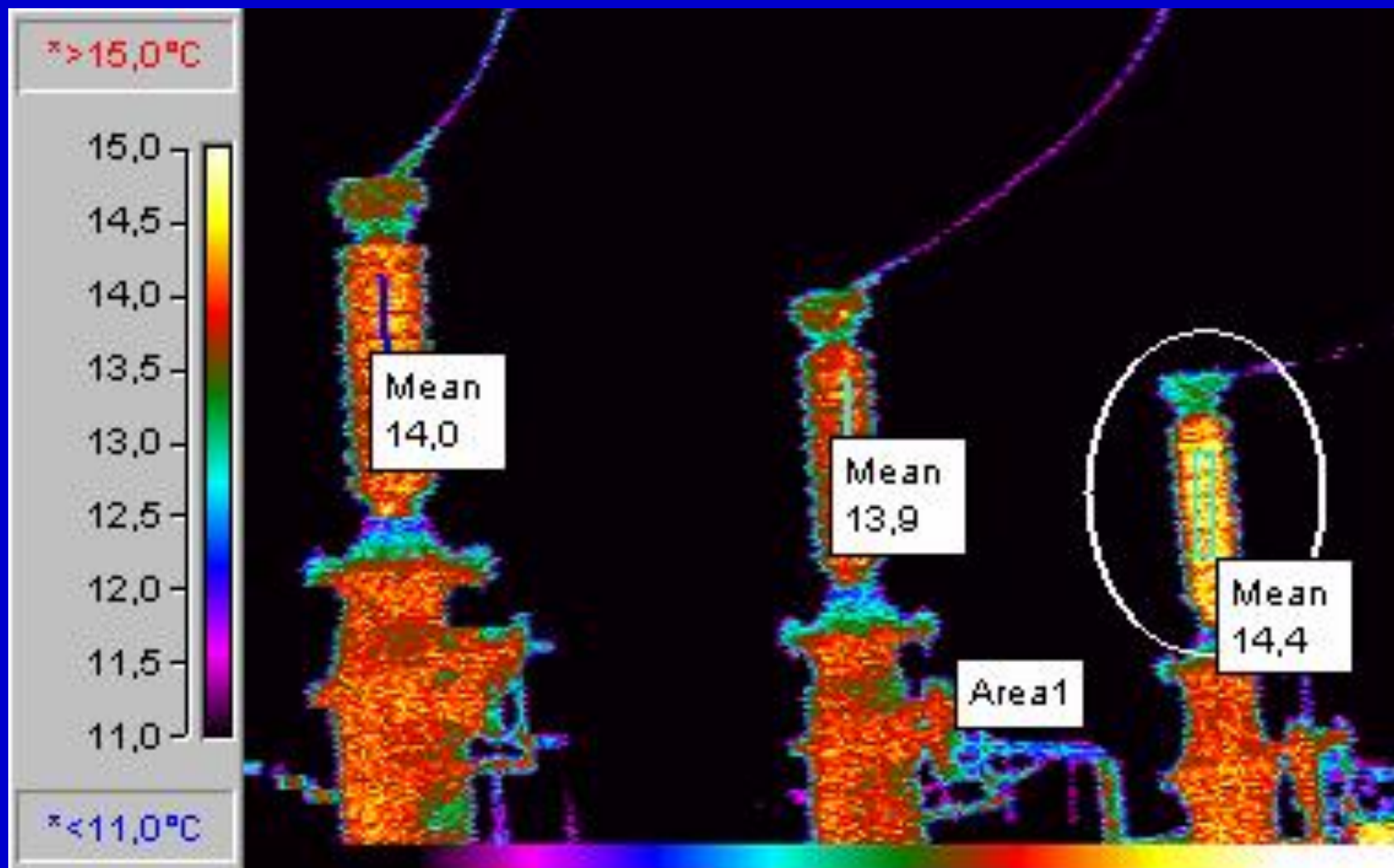
Подстанция «М. Ишуткино 35/10кВ» ВМ-35кВ «Т1Т» типа МКП-35. Локальный нагрев на стенке бака масляного выключателя, фаза «А» ( $\Delta T = 3,7^{\circ}\text{C}$ ). Предположительно возможны две причины: 1) плохой контакт в гибкой связи к токоведущему стержню; 2) плохой контакт в контактной группе (розетка дугогасящего устройства).



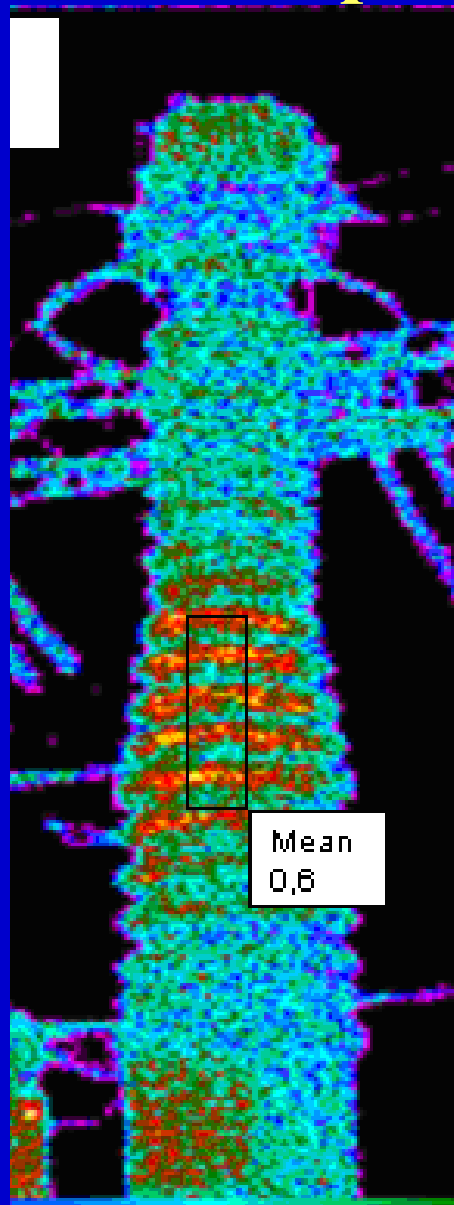
# Уменьшение сопротивления изоляции ОПН-330 кВ до 300 МОм, увлажнение и попадание влаги внутрь ОПН, перегрев $\Delta T = 1,2^\circ\text{C}$ .



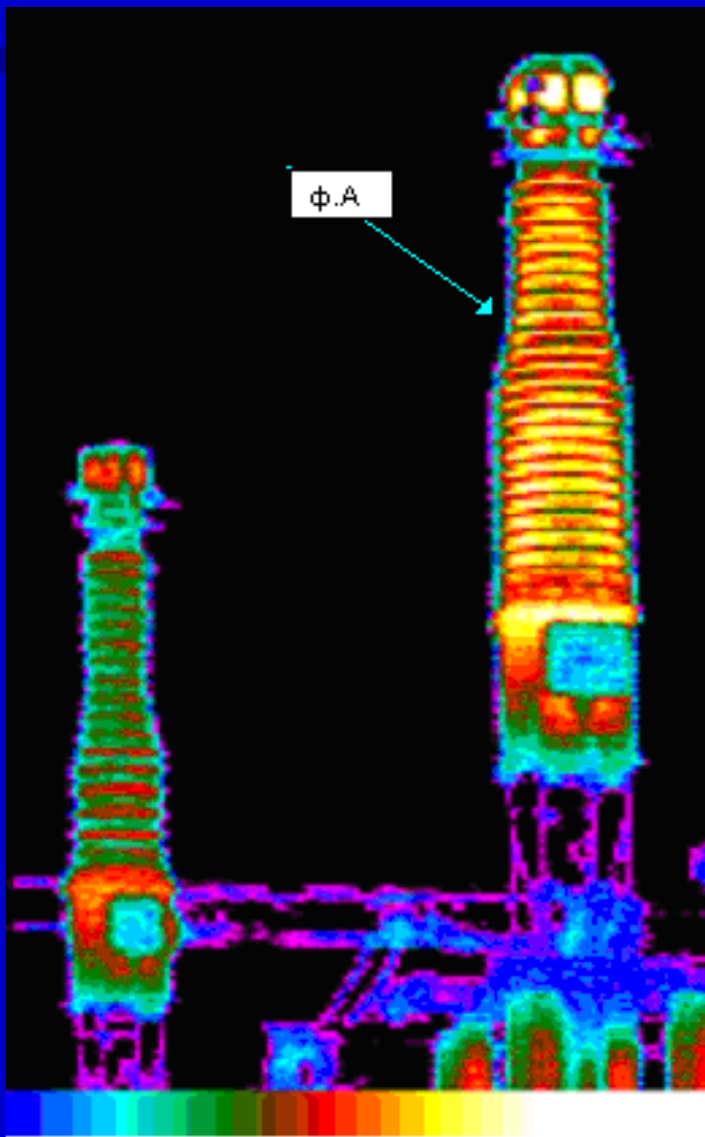
Уменьшение сопротивления изоляции ОПН-110 до 300 МОм, увлажнение и попадание влаги внутрь ОПН, перегрев  $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$ .



**ТТ-330 с  $tg\beta = 1,0\%$  (норма по  $tg\beta$  для ТТ-330 - 1.0 %), ТТ-330 демонтирован и заменен.**



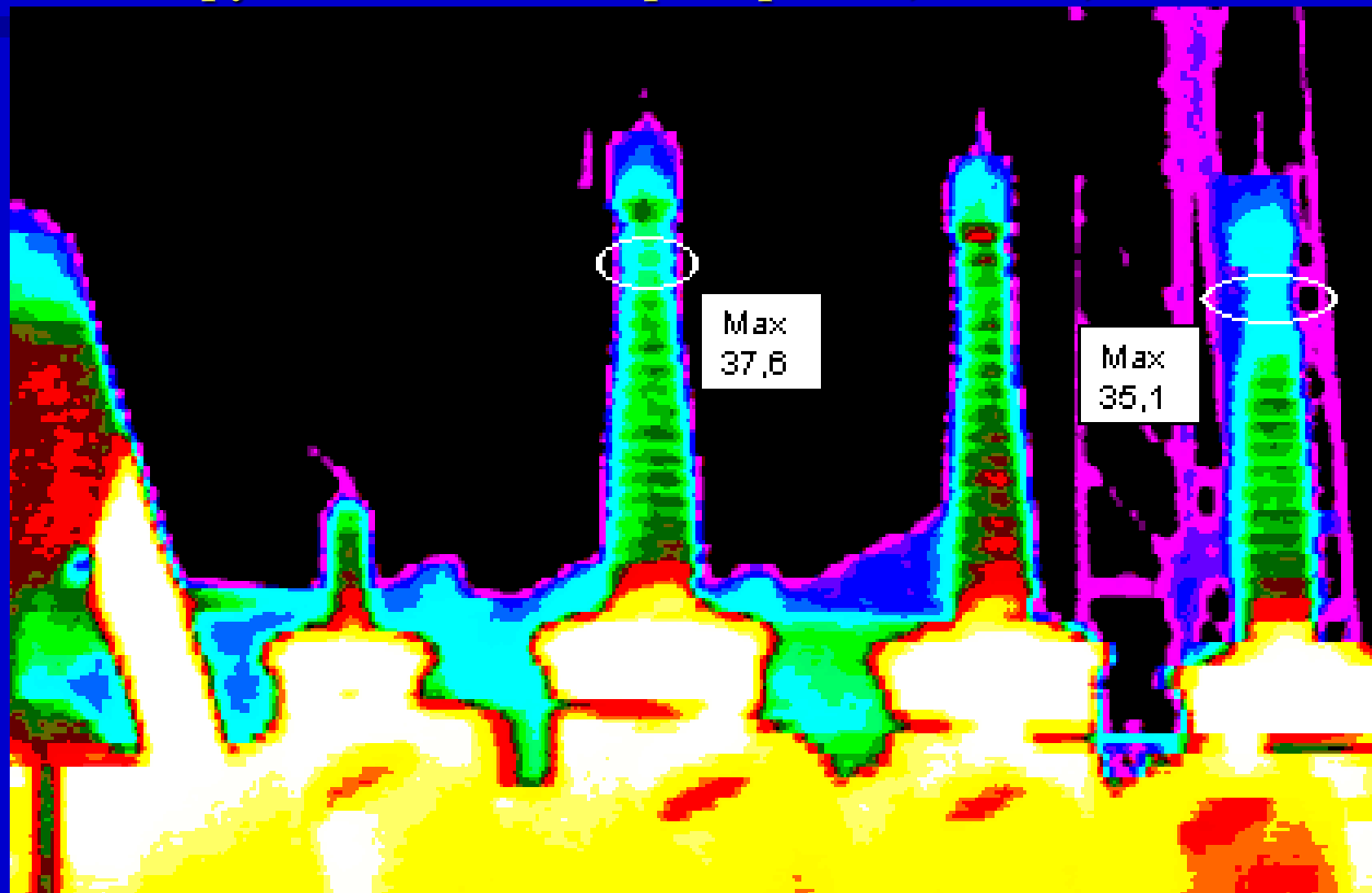
**ТТ-330 с  $\Delta T=2,2^{\circ}\text{C}$  с  $\text{tg}\delta_{\text{расч.}} = 2,6\%$ , по совокупным результатам диагностических измерений ТТ 330 кВ демонтирован и заменен.**



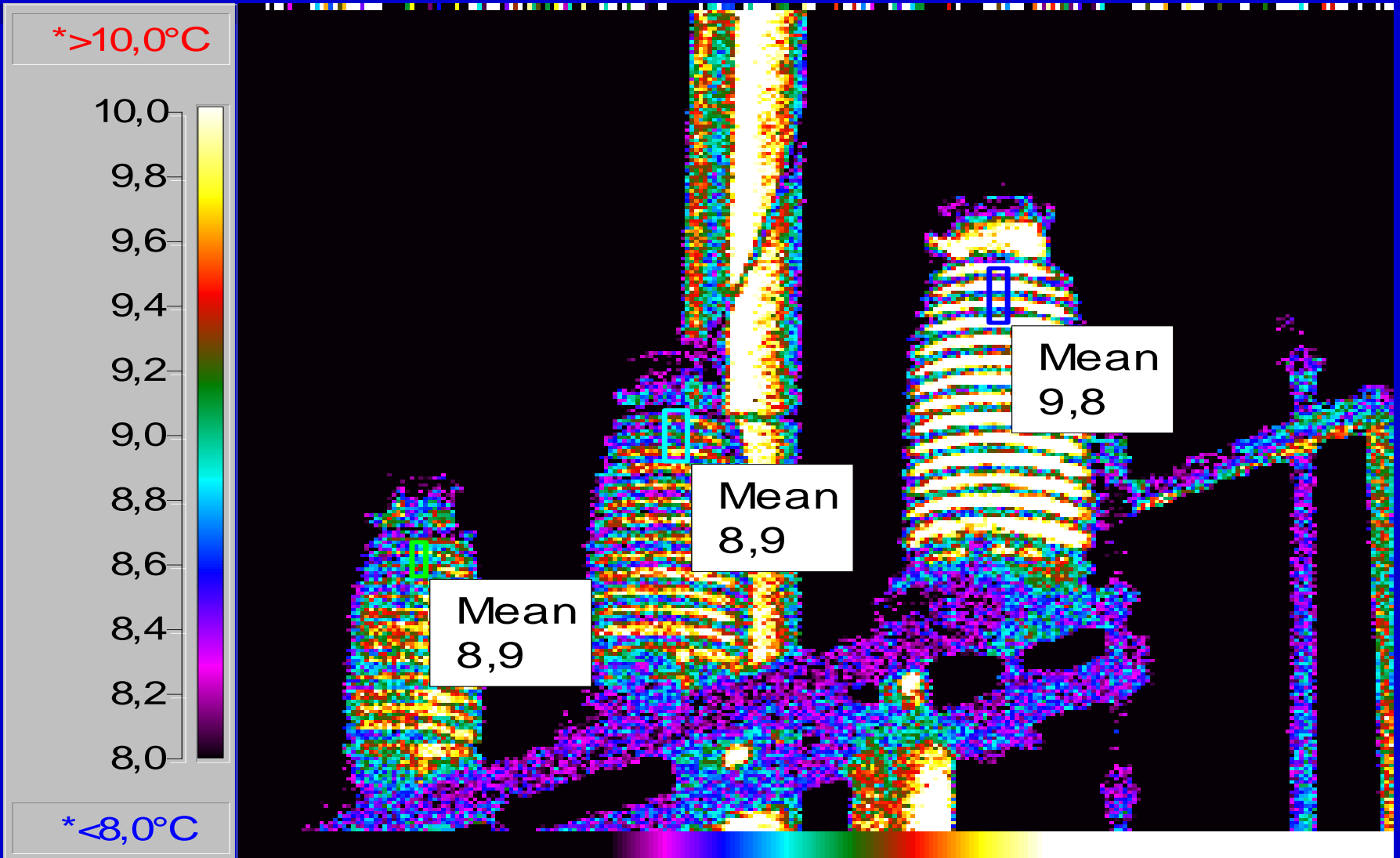
Поврежденный ТТ-110 кВ с обнаруженным за 6 месяцев до взрыва перегревом величиной  $\Delta T = 0,8^{\circ}\text{C}$ .



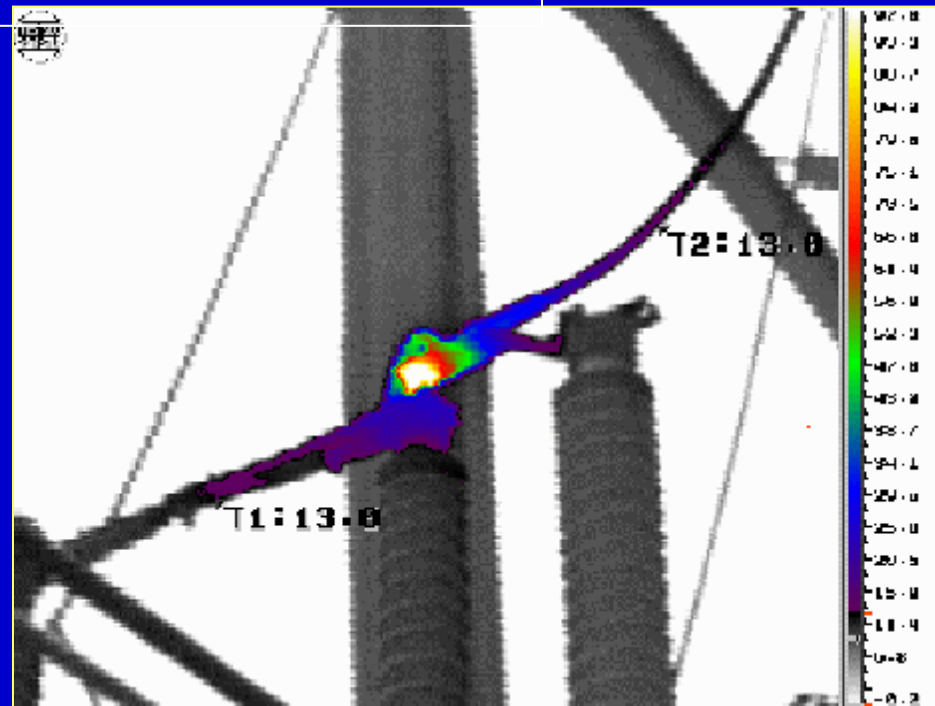
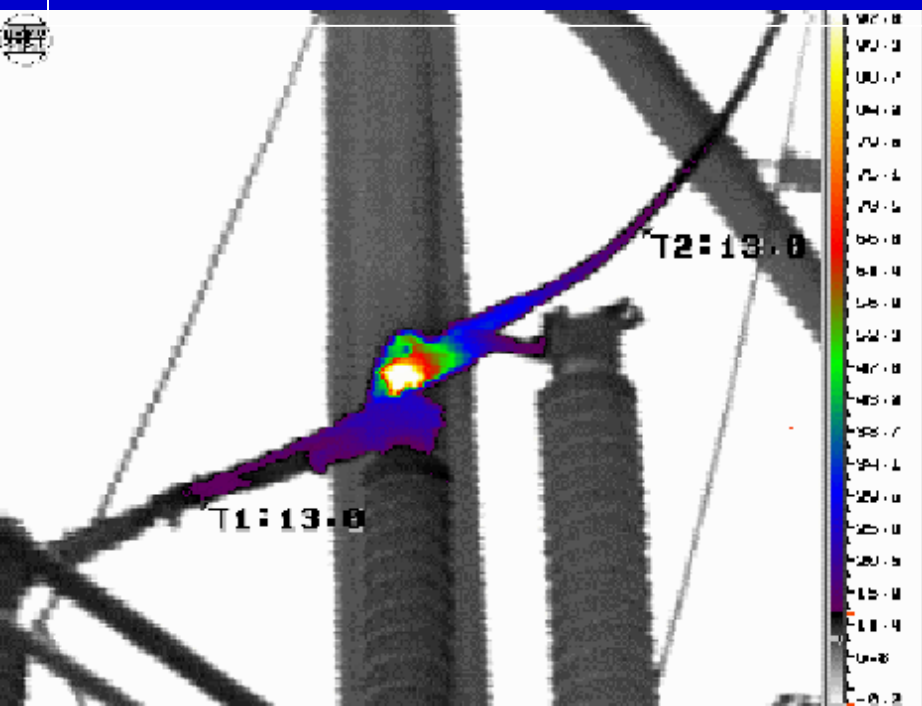
**Трансформатор типа ТДН-40000/110 с дефектным вводом типа БМТ-110/600, отсутствие масла в верхней части ввода, эта часть холоднее аналогичной части других вводов на термограмме,  $\Delta T = 2,5^{\circ}\text{C}$ .**



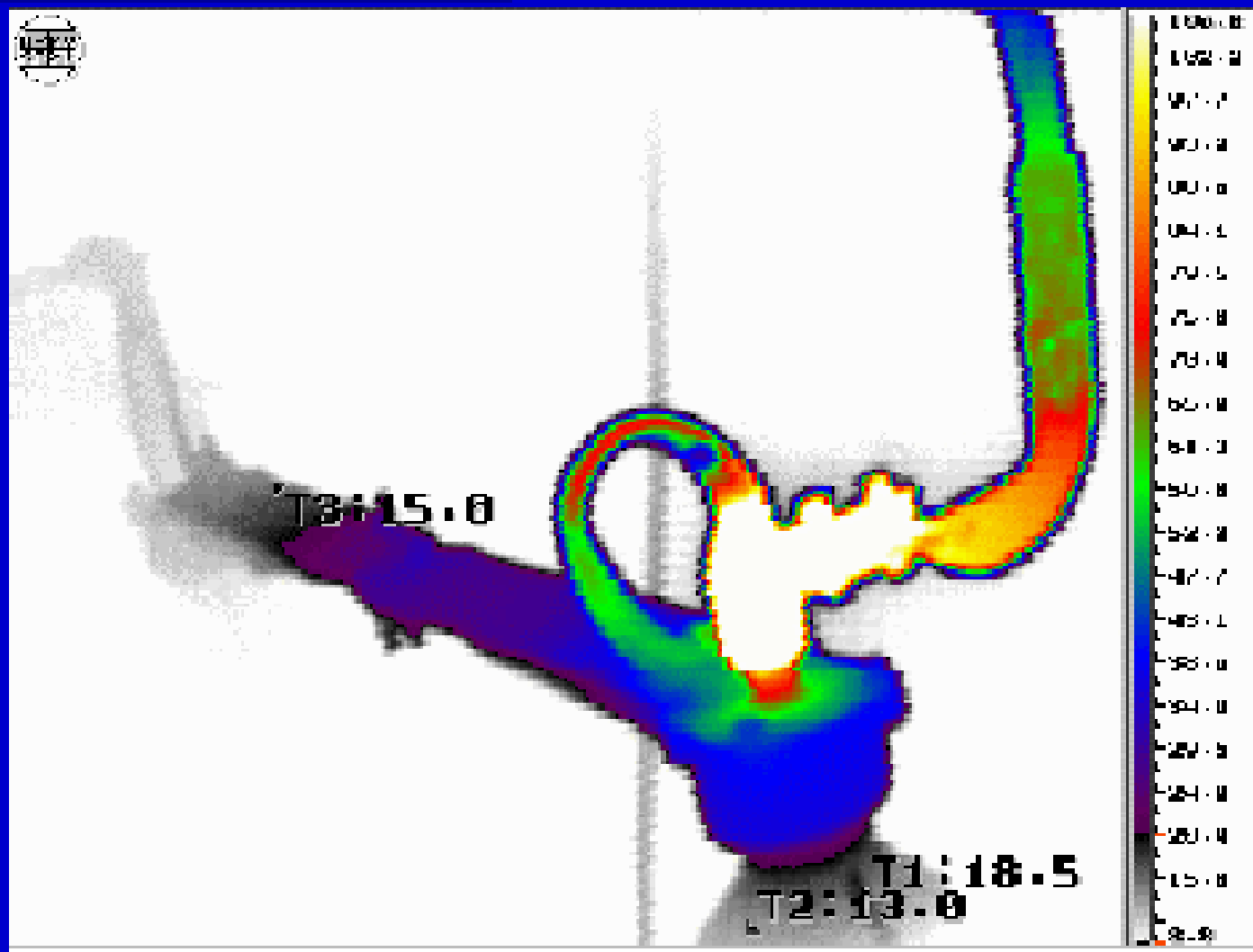
Дефектный ТТ 110 кВ с избыточной температурой по сравнению с другими фазами  $\Delta T = 0,8^\circ\text{C}$  (дефект фазы С - разомкнута вторичная обмотка).



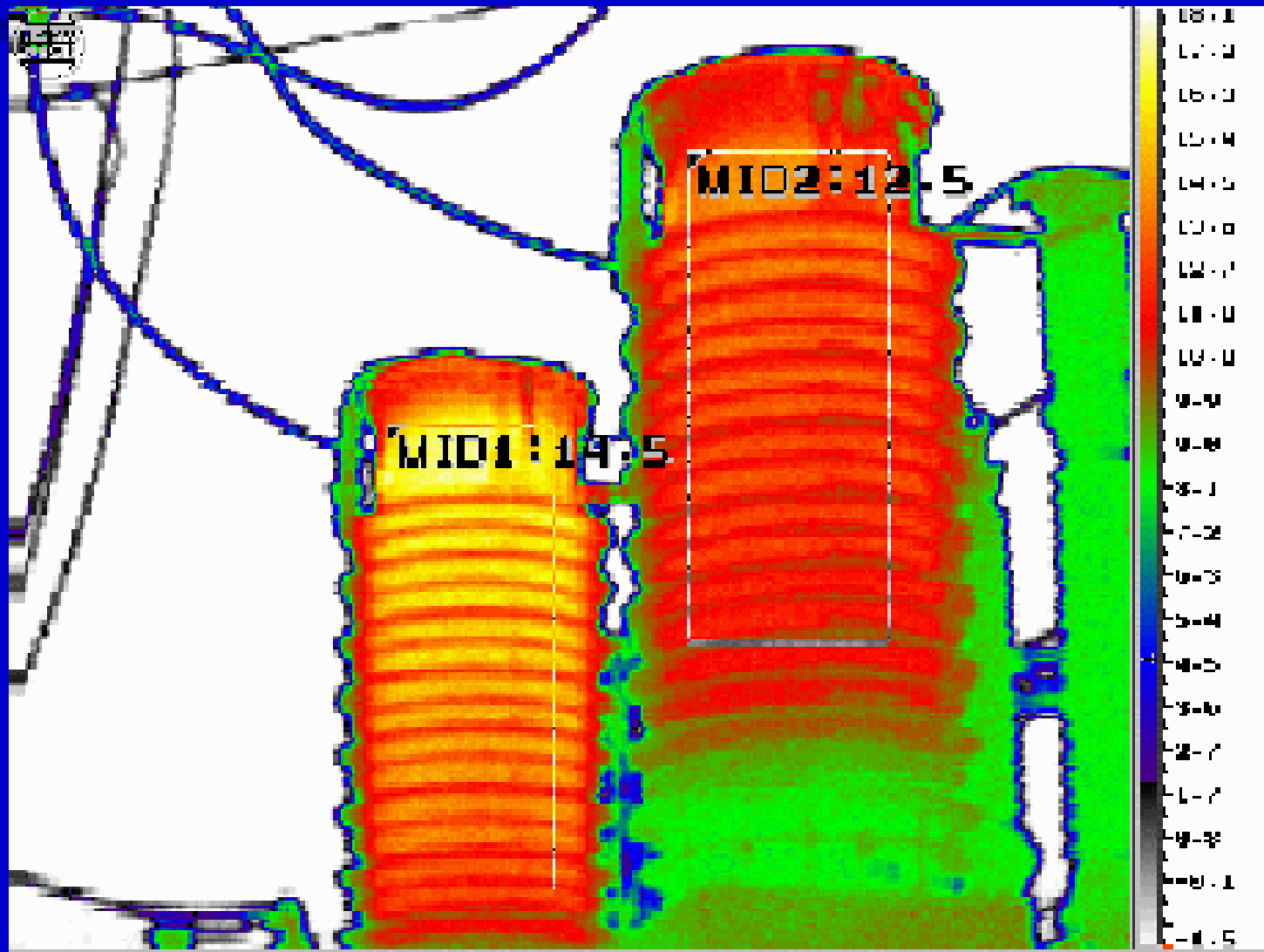
Линия “ВАЗ-42”. ЛР, болтовое соединение  
шлейфа в сторону ТТ фаза “В”  
Линия “ПКЗ-2”. ШР-2, болтовое соединение  
аппаратного зажима в сторону СШ фаза”А”



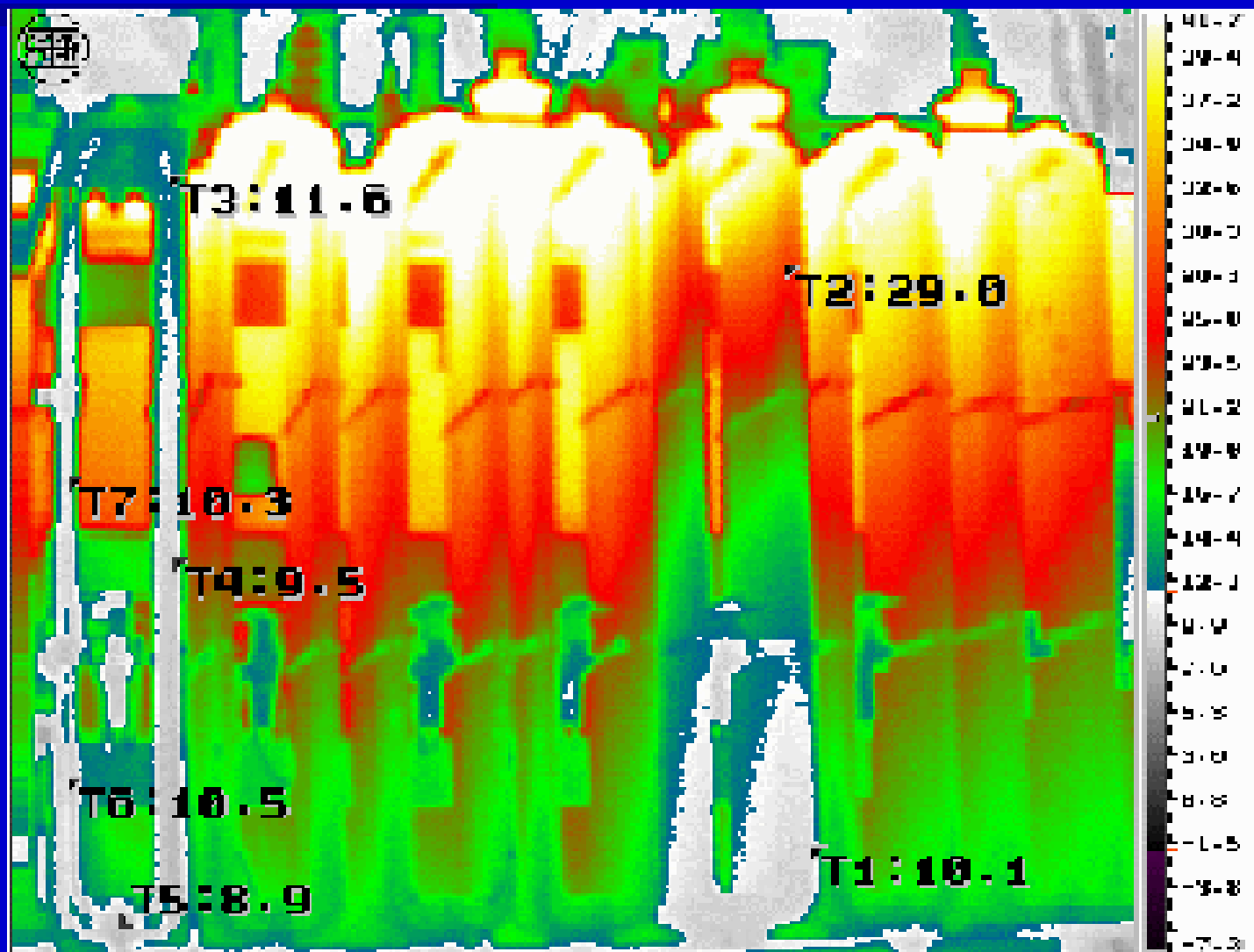
**Трансформатор “7ГТ” ШР-3, болтовое соединение  
аппаратного зажима в сторону СШ фаза “С” продольная  
трещина в фарфоре вблизи цементной заделки**



# ТН-110кВ “СТ-1” фазы “В” и “А”



# Трансформатор “С1Т” Тольяттинской ТЭЦ, охладители №4 и №8



УДК 621.314.21.004 (044)

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ЦИРКУЛЯР**  
**№ Ц-02-88 (3)**

г. Москва

28 декабря 1987 г.

**ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ СОПРОТИВЛЕНИЯ КЗ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

При протекании токов КЗ вследствие воздействия электродинамических сил первоначально могут происходить незначительные смещения отдельных катушек внутренних обмоток трансформаторов, которые невозможно выявить испытаниями, предусмотренными "Нормами испытаний электрооборудования" (М.: Атомиздат, 1978). В то же время важно своевременно установить именно начальные деформации обмоток, чтобы своевременно предотвратить аварийный выход трансформатора из строя с разрушениями, значительно удорожающими ремонт и затрудняющими определение причины аварии.

Основным параметром, характеризующим деформацию обмоток, является сопротивление КЗ трансформатора  $Z_K$ . По изменению  $Z_K$  можно определять степень деформации обмоток. Допустимое изменение  $Z_K$  зависит от конструкции и технологии изготовления обмоток. Периодическое измерение позволит своевременно выявить повреждение трансформатора и вывести его в ремонт.

Главтехуправление предлагает:

1. Выполнять измерения  $Z_K$  на всех трансформаторах и автотрансформаторах мощностью 63 МВ·А и более, класса напряжения 110 кВ и выше:

- перед вводом в эксплуатацию;
- при капитальных ремонтах;
- после протекания через трансформатор токов 0,7 и более расчетного тока КЗ трансформатора.

2. Сравнивать измеренные значения  $Z_K$  с базовыми. В качестве базового значения  $Z_K$  следует принимать значение, измеренное на местах установки при вводе трансформаторов эксплуатации, а при его отсутствии - значение  $Z_K$ , вычисленное по паспортным значениям напряжения КЗ ( $U_K$ ), %.

При отклонении значения  $Z_K$  от базового на 3% или от вычисленного по паспорту на 5% трансформатор необходимо выводить в ремонт.

3. Измерения  $Z_K$  трансформаторов необходимо производить по методике, разработанной НИИ ЭВА и ЦО "Запорожтрансформатор" и приведенной в приложении.

Заместитель начальника  
Главтехуправления

К.М.АНТИПОВ

Приложение

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КЗ  
СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

1. Измерение  $Z_K$  производить с использованием амперметров и вольтметров, включенных в измерительную схему, на отключенном и полностью расклеванном трансформаторе. Напряжение питающей сети 380 В, класса точности применяемых приборов - не ниже 0,5. Можно использовать при проведении измерений комплект приборов К505 или К50.

В случае отсутствия измерительных комплектов К505 или К50 измерения можно производить, имея один амперметр и один вольтметр, путем поочередного подключения их к фазам (после отключения напряжения питания).

2. Измерения  $Z_K$  трехфазных трансформаторов необходимо производить со стороны обмотки, соединенной в "звезду" и имеющей нулевой провод.

3. При измерениях напряжение следует подать на все три фазы, измерения тока и напряжения производить пофазно с обязательным использованием нулевого провода. При всех измерениях сопротивление КЗ "треугольник" на обмотках ВН должен быть собран.

4. На рис. 1-3 приведены схемы измерений  $Z_K$  автотрансформаторов для трех пар обмоток. На рис. 4 приведена схема измерений  $Z_K$  трансформатора, имеющего расцепленную обмотку НН. В таком случае следует производить два измерения при поочередном закорачивании частей обмотки НН. На схемах не показаны регулировочные обмотки, так как их наличие не меняет принципиальных схем измерений, а учитывается положением РПН. Схемы измерений приведены с включением приборов в фазу А. Измерения в фазах В и С выполняются аналогично.

5. Необходимое значение тока для проведения измерений следует определять, исходя из обеспечения нормального отсчета показаний по приборам (амперметру и вольтметру), стрелка приборов должна быть на второй половине шкалы.

6. Сечение закоротки, устанавливаемой на выводах, должно составлять не менее 30% сечения проводов обмотки трансформатора. Сечение проводов обмотки следует определять по значению ее номинального тока, исходя из средней плотности тока в обмотке, равной  $3 \text{ А/мм}^2$ .

Все присоединения питающих проводов и закоротки должны быть выполнены "под болт". При использовании в качестве закоротки алюминиевых проводов (шин) их сечение должно быть увеличено по сравнению с медными на 30%. Длина закоротки должна быть мини-

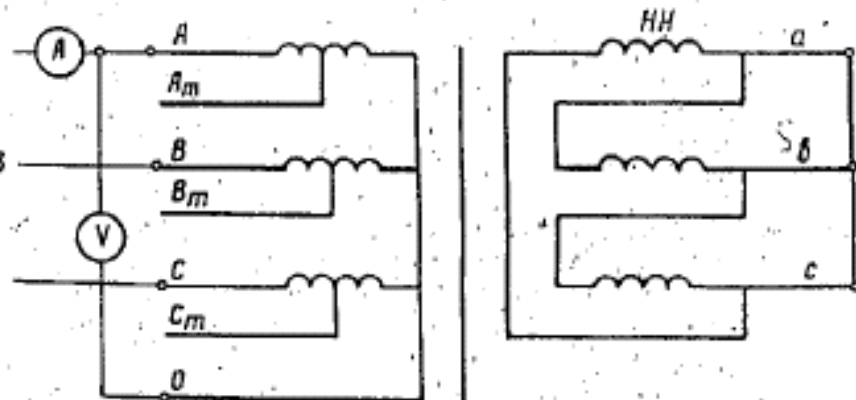


Рис. 1. Схема измерений  $Z_K$  автотрансформатора для пары обмоток ВН-НН

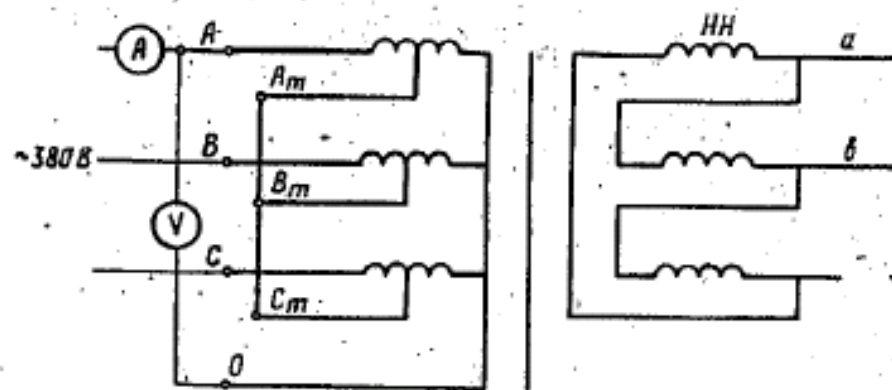


Рис. 2. Схема измерений  $Z_K$  автотрансформатора для пары обмоток ВН-СН

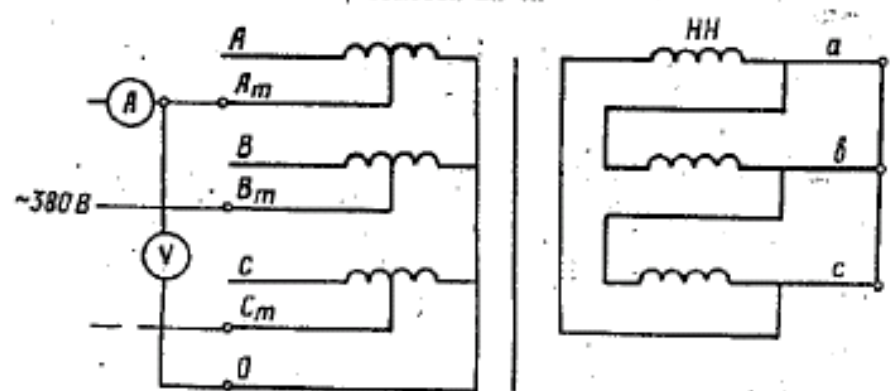


Рис. 3. Схема измерений  $Z_K$  автотрансформатора для пары обмоток СН-НН

мальной. Контактные места установки закоротки должны быть тщательно зачищены до металлического блеска.

7. На блочных трансформаторах измерения производить без расцепки стороны НН с установкой закоротки на выводах НН трансформатора.

8. Предварительно для определения значения тока, напряжения и пределов приборов при измерениях по паспортным данным трансформатора следует определить  $Z_K$  (Ом):

$$Z_K = \frac{U_{ном} U_K}{100 I_{ном}}$$

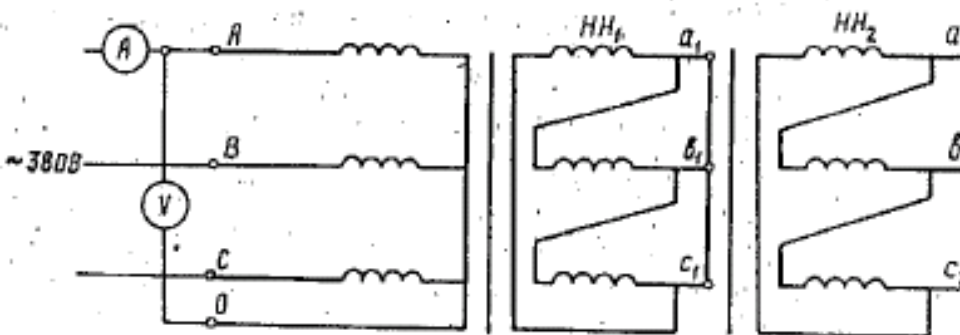


Рис. 4. Схема измерений  $Z_k$  трансформатора с расщепленной обмоткой НН (ВН-НН<sub>1</sub>)

где  $U_{ном}$  - номинальное фазное напряжение питаемой обмотки, В;  
 $U_k$  - напряжение КЗ для рассматриваемой пары обмоток, указанное в паспорте, %;  
 $I_{ном}$  - номинальный фазный ток питаемой обмотки, А.

9. В целях более полного контроля состояния трансформатора измерения  $Z_k$  следует производить на трех ступенях регулирования напряжения: номинальной и двух крайних.

Номинальный ток ответвления обмотки ( $I'_{ном}$ ) при необходимости определяется по формуле

$$I'_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном}}$$

где  $S_{ном}$  - номинальная мощность трансформатора, кВ·А;  
 $U_{ном}$  - номинальное линейное напряжение ответвления обмотки, кВ.

10. При измерениях необходимо фиксировать частоту питающей сети.

Если при измерениях частота сети ( $f'$ ) отличалась от номинальной (50 Гц), измеренные значения  $Z_k$  необходимо привести к номинальной частоте по формуле

$$Z_k = \frac{50}{f'} Z'_k$$

11. В табл. I приведены данные по схемам расположения обмоток на стержнях различных типов трансформаторов и автотрансформаторов, способи регулирования напряжения и рекомендуемые пары обмоток при проведении измерений. При выборе обмоток следует помнить о том, что максимальная чувствительность при измерениях  $Z_k$  будет иметь место в опыте КЗ для пары обмоток, расположенных рядом. Например, при измерениях на трехобмоточном трансформаторе и наличии деформации обмотки НН значение изменения сопротивления КЗ ( $\Delta Z_k$ , %) пары НН-ОН больше, чем пары НН-ВН.

12. Оценку состояния обмоток трансформатора производить путем сравнения значений  $Z_k$  по фазам с данными произведенных ранее на месте измерений или при их отсутствии с паспортными данными. Изменение  $Z_k$  подочитывается по формуле

$$\Delta Z_k = \frac{Z_k - Z_{кб}}{Z_{кб}} 100\%$$

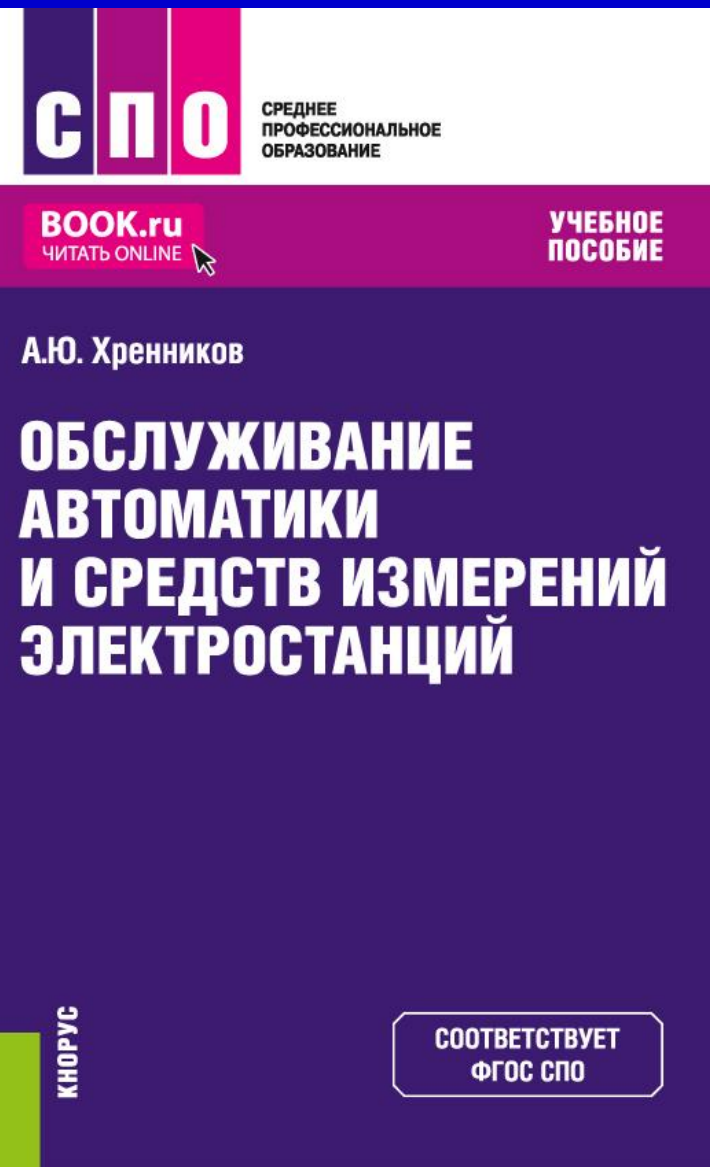
где  $Z_{кб}$  - базовое значение сопротивления КЗ, по отклонению к которому определяется отклонение  $Z_k$ .

Значение  $\Delta Z_k \geq 3\%$  указывает на наличие в обмотках недопустимых деформаций. При сравнении с паспортными данными за начальное значение  $\Delta Z_k$ , указывающее на деформацию обмоток, необходимо принимать 5%, так как по данным заводских измерений сопротивления отдельных фаз трансформаторов могут отличаться на значение до 2%.

Для трехобмоточных трансформаторов при деформации средней по расположению обмотки знак  $\Delta Z_k$  положительный при измерениях  $Z_k$  пары, где средняя обмотка является внутренней, и отрицательный при измерениях  $Z_k$  пары, где средняя обмотка является наружной.

13. Для достижения полной идентичности измерений в энергосистемах и в целях накопления данных для их сообщения необходимо результаты измерений оформлять по прилагаемой форме (табл. 2)

# Новинки, вышедшие в печать



код 647535

Хренников А.Ю.

Год издания: 2023 г.

ISBN: 978-5-406-10002-8

## Обслуживание автоматики и средств измерений электростанций

Издательство: КноРус

Учебное пособие для специальностей

«Электромонтер по техническому обслуживанию электростанций и сетей» и

«Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)»

Страниц: 328

Вид издания: Учебное пособие

# Новинки, вышедшие в печать

## Учебное пособие, 2021



### СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ:

ИСПЫТАНИЯ, ДИАГНОСТИКА, ДЕФЕКТЫ,  
ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ, МОНИТОРИНГ

Учебное пособие



**Силовые трансформаторы на энергетических объектах : испытания, диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг : учебное пособие / А. Ю. Хренников и др. — Москва: Директ-Медиа, 2021. — 336 с. ISBN 978-5-4499-2647-0**

Нормативно-технические документы по испытаниям силовых трансформаторов (приемосдаточные, периодические, типовые и др. виды испытаний), профилактические испытания силовых трансформаторов, испытания на стойкость к токам КЗ, предложен емкостной накопитель энергии для электродинамических испытаний силовых трансформаторов (Патент РФ).

Методы диагностики, примеры выявления дефектов и повреждений силовых трансформаторов. Расследование технологических нарушений, исследование механического состояния обмоток методом частотного анализа и низковольтных импульсов. Исследован важный вопрос воздействия геоиндуцированных токов в приполярных областях, защита силовых трансформаторов, управление режимом заземления нейтрали, а также системы

# Учебное пособие, 2021

А. Ю. Хренников, В. Г. Точилкин



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Учебно-методическое пособие



## ДИРЕКТ-МЕДИА

Вопросы организации и производства работ при выполнении работ в действующих устройствах РЗА, в цепях вторичной коммутации на основе действующих документов Минэнерго РФ, стандартов и РД ПАО «Россети». Даны требования к персоналу РЗА, проверка устройств первичным током и напряжением, снятие векторных диаграмм, объемы испытаний при различных видах технического обслуживания устройств РЗА (УРЗА), технологическим нарушениям, связанным с отказом или неправильной работой УРЗА.

# Учебное пособие

## Техническая диагностика и аварийность электрооборудования, 2021

Александр Хренников

Техническая диагностика и аварийность электрооборудования

Учебное пособие



16+

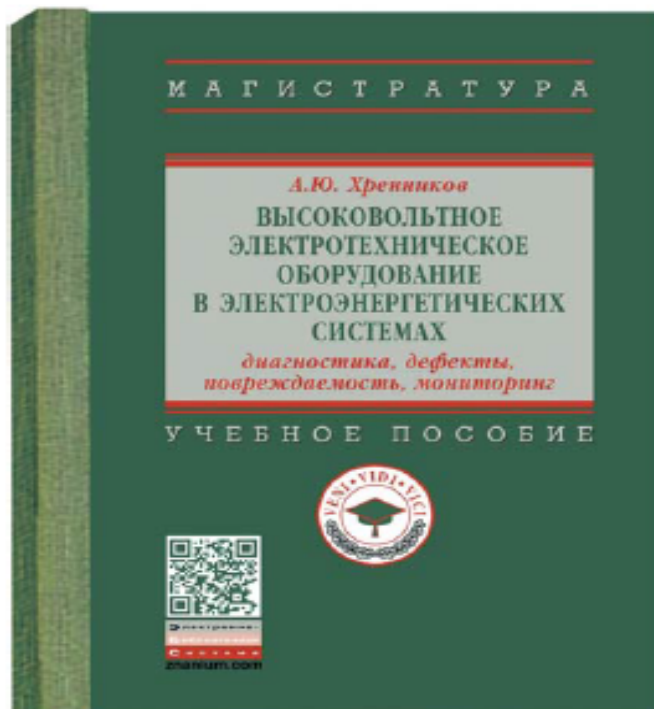
**ЛИТРЕС** [https://www.litres.ru/aleksandr-urevich-hr/tehnicheskaya-diagnostika-i-avariynost-elektrooborudo/?lfrom=900173237&ref\\_offer=1&ref\\_key=9bd15a6610d5bf3868350ab3d8d71dd1368c1c25a81455a5ef30ffb1cadfe0a](https://www.litres.ru/aleksandr-urevich-hr/tehnicheskaya-diagnostika-i-avariynost-elektrooborudo/?lfrom=900173237&ref_offer=1&ref_key=9bd15a6610d5bf3868350ab3d8d71dd1368c1c25a81455a5ef30ffb1cadfe0a)

Анализ основных методов диагностики электрооборудования: трансформаторов, реакторов, трансформаторов тока и напряжения, разъединителей, турбогенераторов, ОПН и т.д. Приведены примеры повреждений и расследования технологических нарушений маслонаполненного трансформаторно-реакторного оборудования в процессе эксплуатации.

# Учебное пособие

**А.Ю. ХРЕННИКОВ**

**«Высоковольтное электротехническое оборудование в электроэнергетических системах: диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг»**



**ИНФРА • М**  
группа компаний

**Издательство «ИНФРА-М»,  
Москва**

В издательстве «ИНФРА-М» в 2019 году вышла книга **Александра Юрьевича ХРЕННИКОВА** «Высоковольтное электротехническое оборудование в электроэнергетических системах: диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг» объемом 186 с.

ISBN: 978-5-16-014439-9

Книга является учебным пособием для ма-

Приобрести можно в книжных магазинах или на сайте издательства

[https://infra-m.ru/catalog/energetika\\_promyshlennost/vysokovoltnoe\\_elektrotekhnicheskoe\\_oborudovanie\\_v\\_elektroenergeticheskikh\\_sistemakh\\_diagnostika\\_defe/?sphrase\\_id=131084](https://infra-m.ru/catalog/energetika_promyshlennost/vysokovoltnoe_elektrotekhnicheskoe_oborudovanie_v_elektroenergeticheskikh_sistemakh_diagnostika_defe/?sphrase_id=131084)

Необходимо связаться с отделом продаж издательства

Ирина Александровна Лобанова

Менеджер отдела продаж

Тел.: +7 (495) 280-15-96 (доб. 222)

# Использование элементов искусственного интеллекта: компьютерная поддержка оперативных решений в интеллектуальных электрических сетях



**ЛИТРЕС** [https://www.litres.ru/aleksandr-urevich-hr/ispolzovanie-elementov-iskusstvennogo-intellekta-komp/?lfrom=900173237&ref\\_offer=1&ref\\_key=3041400a935c2862820a6162bbd14e98f3d1b54e4485bcfb019fd46cca78f2ba](https://www.litres.ru/aleksandr-urevich-hr/ispolzovanie-elementov-iskusstvennogo-intellekta-komp/?lfrom=900173237&ref_offer=1&ref_key=3041400a935c2862820a6162bbd14e98f3d1b54e4485bcfb019fd46cca78f2ba)

При использовании ИИ рассмотрена многоагентная структура интеллектуальной автоматизированной структуры диспетчерского управления. Анализ аварий и возможность формирования (на основе данных оперативно-информационного комплекса) оперативной справки об аварии в энергосистеме. Организация исследований технологических нарушений и аварий на подстанциях.

# Интеллектуальные электрические сети: компьютерная поддержка диспетчерских решений

Учебное пособие / Ю.Я. Любарский, А.Ю. Хренников. — Москва :ИНФРА-М, 2021. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/1134516. Для «умных» электрических сетей рассмотрены интеллектуальные программные средства, выполняющие новые функции и повышающие уровень компьютерной поддержки диспетчерских решений. Учитывая, что одна из целей построения «умных» сетей — обеспечение восстановления после аварий, основное внимание в учебном пособии уделяется проблемам диагностики нештатных ситуаций, интеллектуальному мониторингу состояний электрических сетей, планированию послеаварийного восстановления электроснабжения. Новый вид программного тренажера для диспетчеров электрических сетей — тренажер анализа нештатных ситуаций.



A photograph of a high-voltage electrical substation. The image shows several large, white, porcelain insulators and metal structures, likely part of a circuit breaker or switchgear. The equipment is arranged in a row, with power lines extending from the top. The background is a clear blue sky. The text is overlaid in the center of the image.

*СПАСИБО  
ЗА  
ВНИМАНИЕ*