

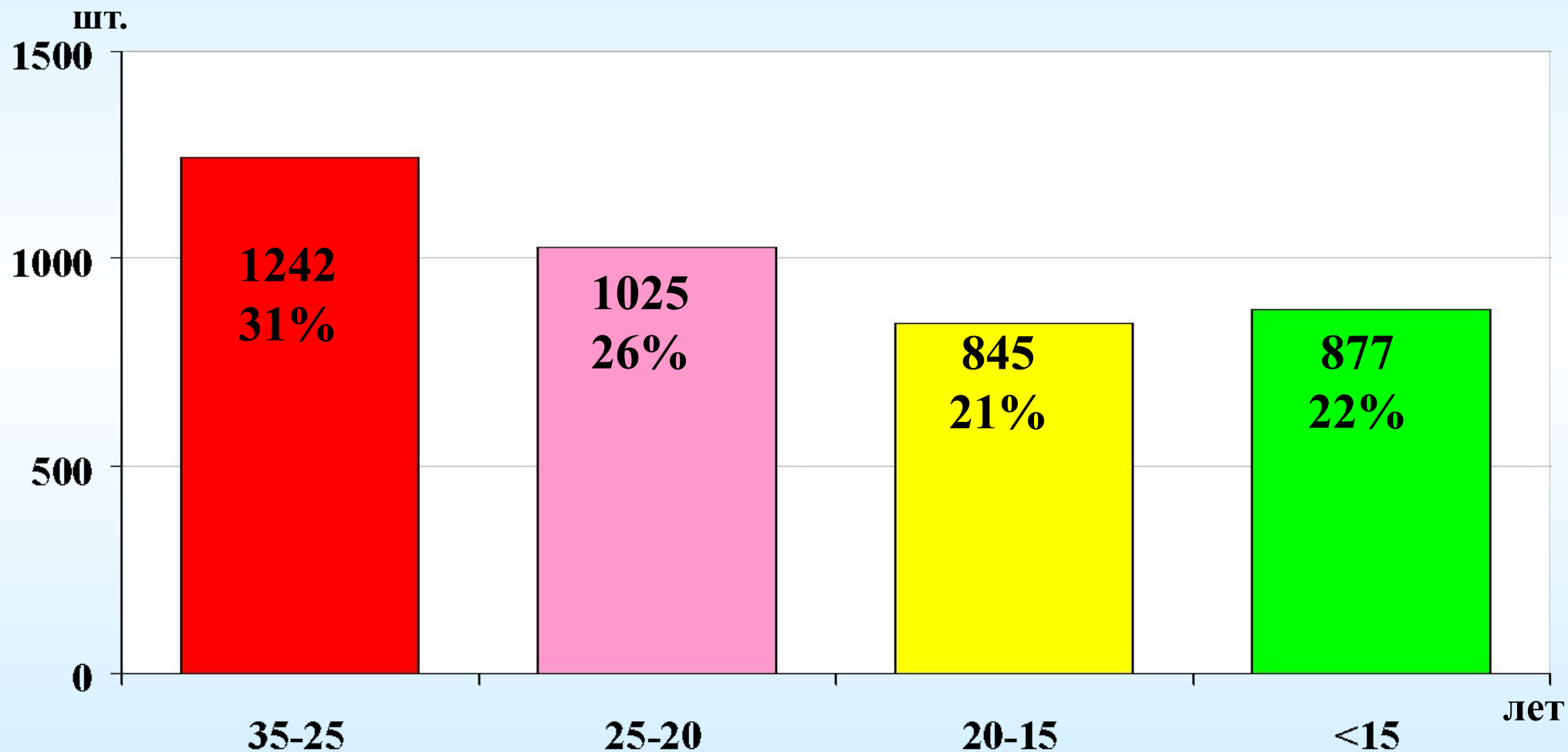
**Повышение эксплуатационной
надежности трансформаторов
тока производства ОАО «ЗЗВА»
и разработка комплекса
мероприятий по предупреждению
отказов трансформаторов,
проработавших 20 и более лет.**

ОАО «ЗЗВА»

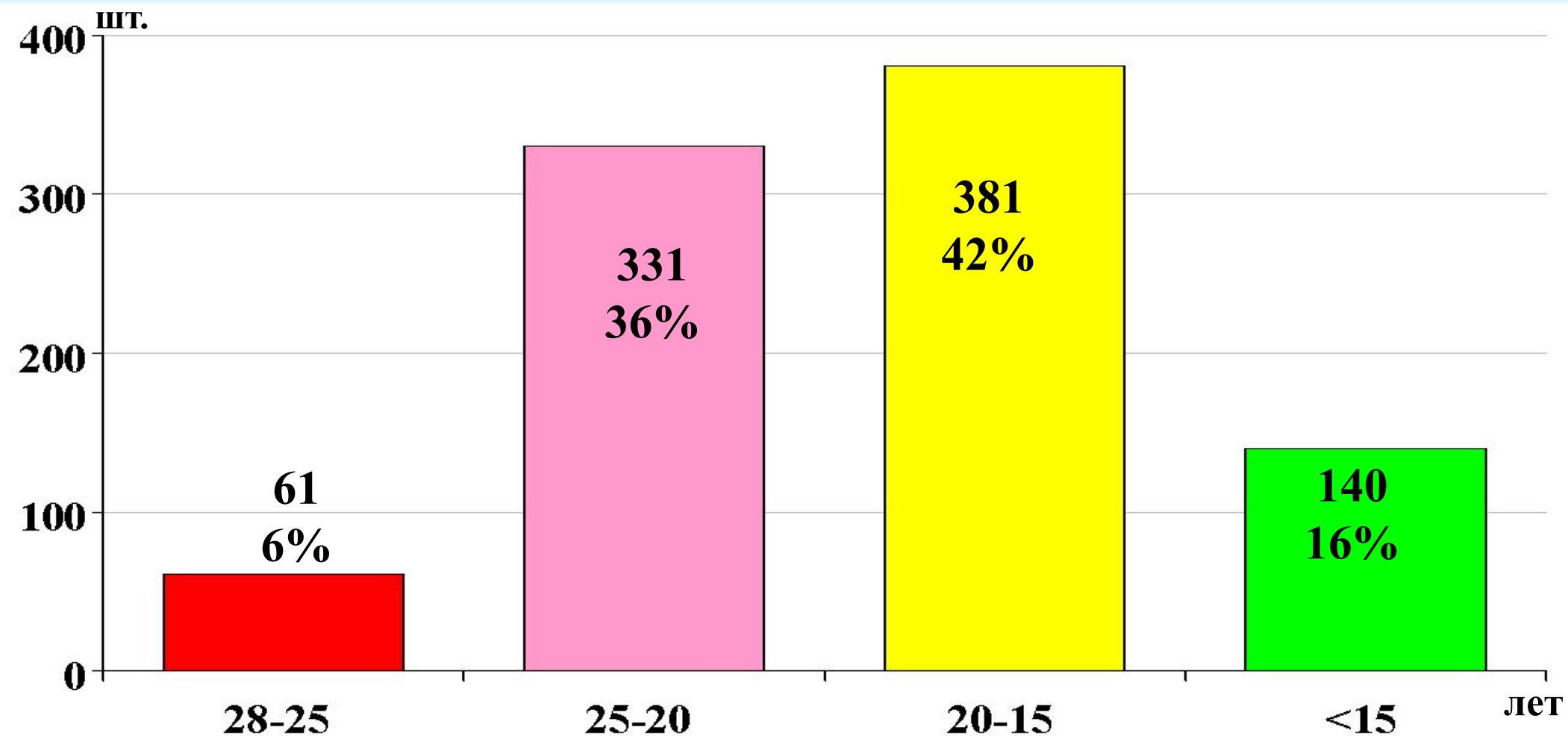
Содержание доклада:

1. Выработка ресурса трансформаторов тока серии ТФРМ – с рымовидной конструкцией обмотки и изоляцией кабельно-конденсаторного типа.
2. Сравнительный анализ показателей надежности трансформаторов тока серии ТФРМ – 330, 500, 750 kV и зарубежных аналогов.
3. Анализ конструкции.
4. Анализ повреждений.
5. Проводимые заводом-изготовителем мероприятия по повышению эксплуатационной надежности трансформаторов тока.
6. Выводы и предложения

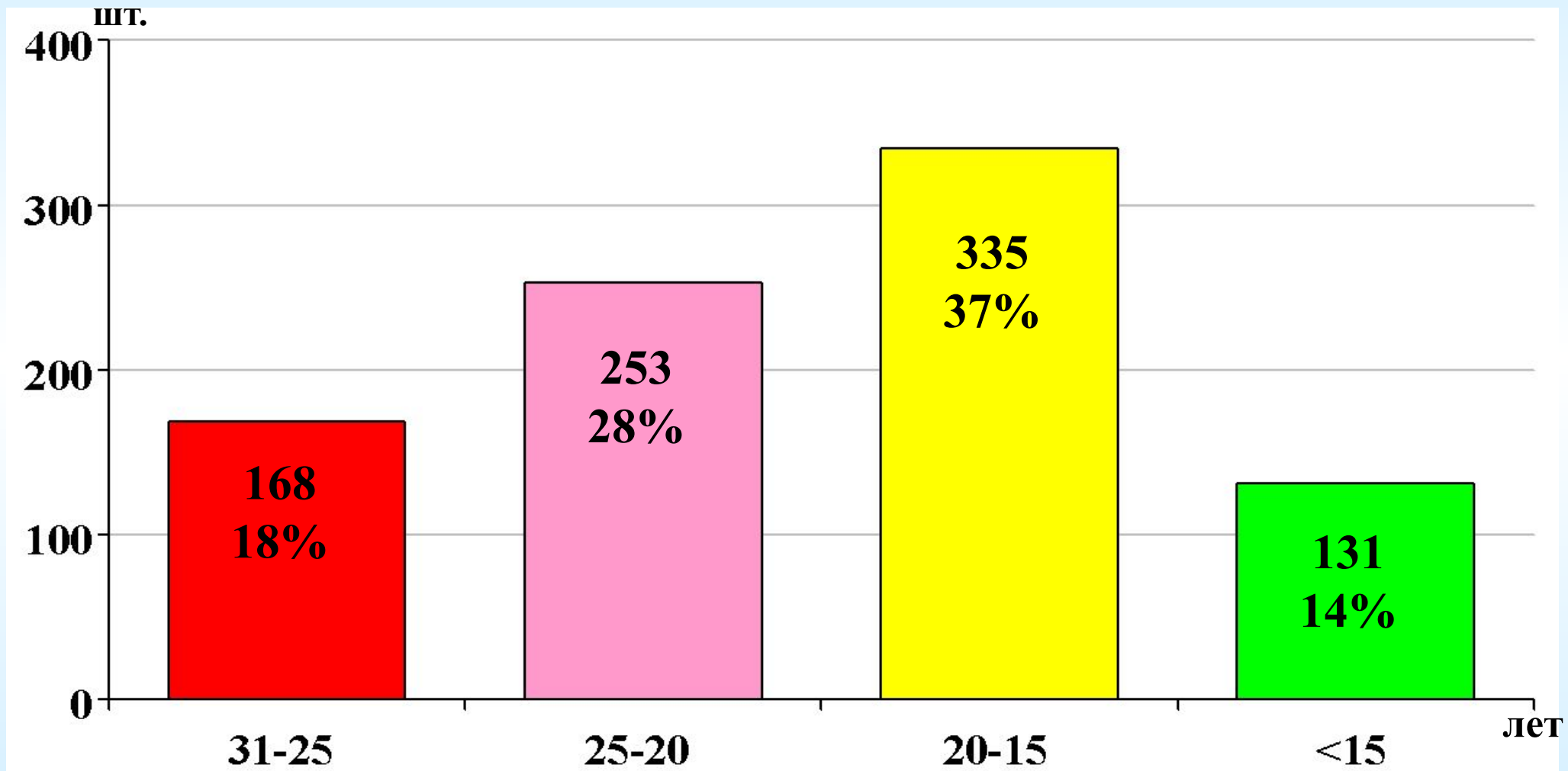
Выработка ресурса ТТ ТФРМ-330 (выпуск 3999 шт.)



Выработка ресурса ТТ ТФРМ-500 (выпуск 914 шт.)



Выработка ресурса ТТ ТФРМ-750 (выпуск 887 шт.)

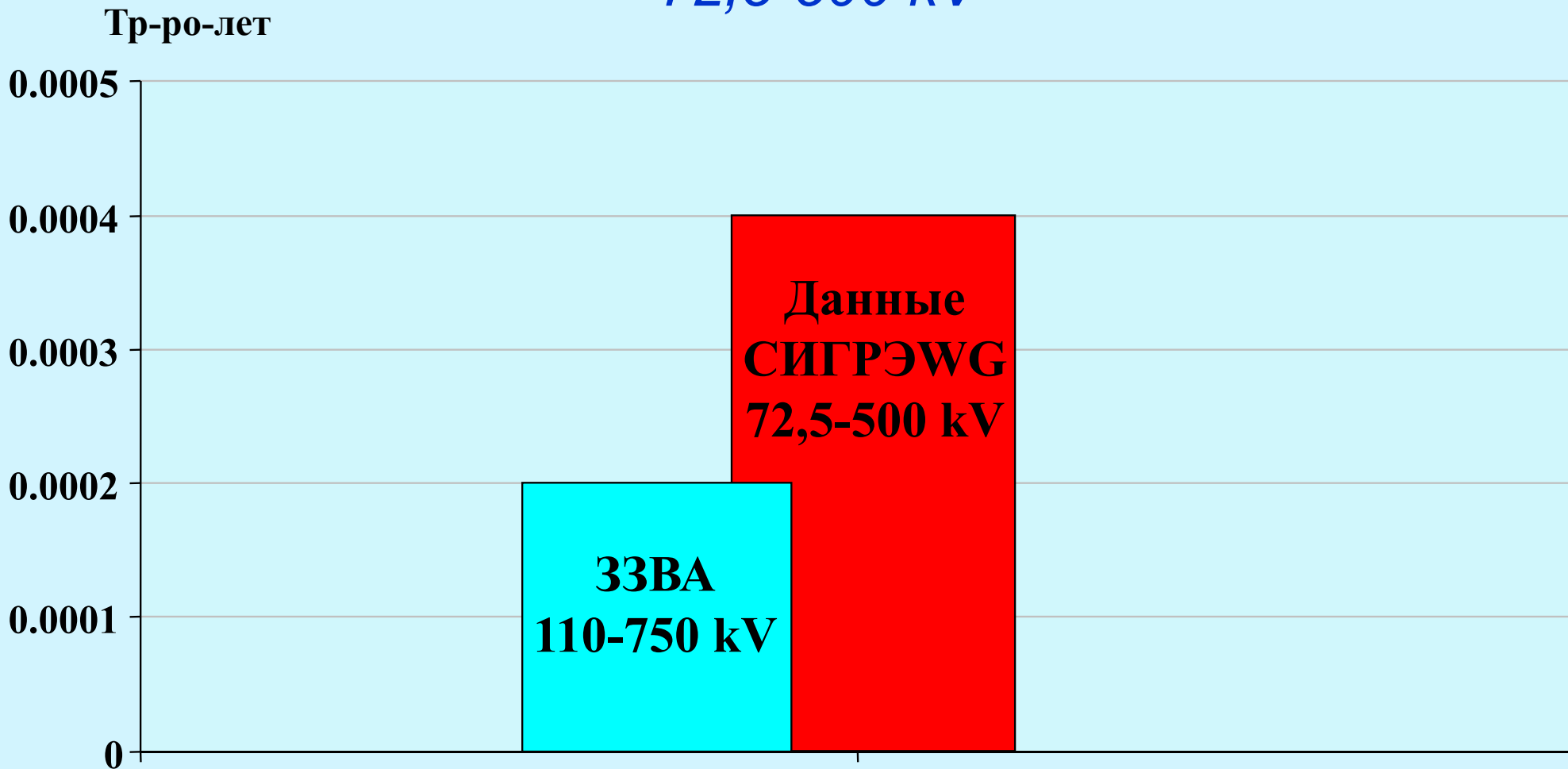


Показатели надежности

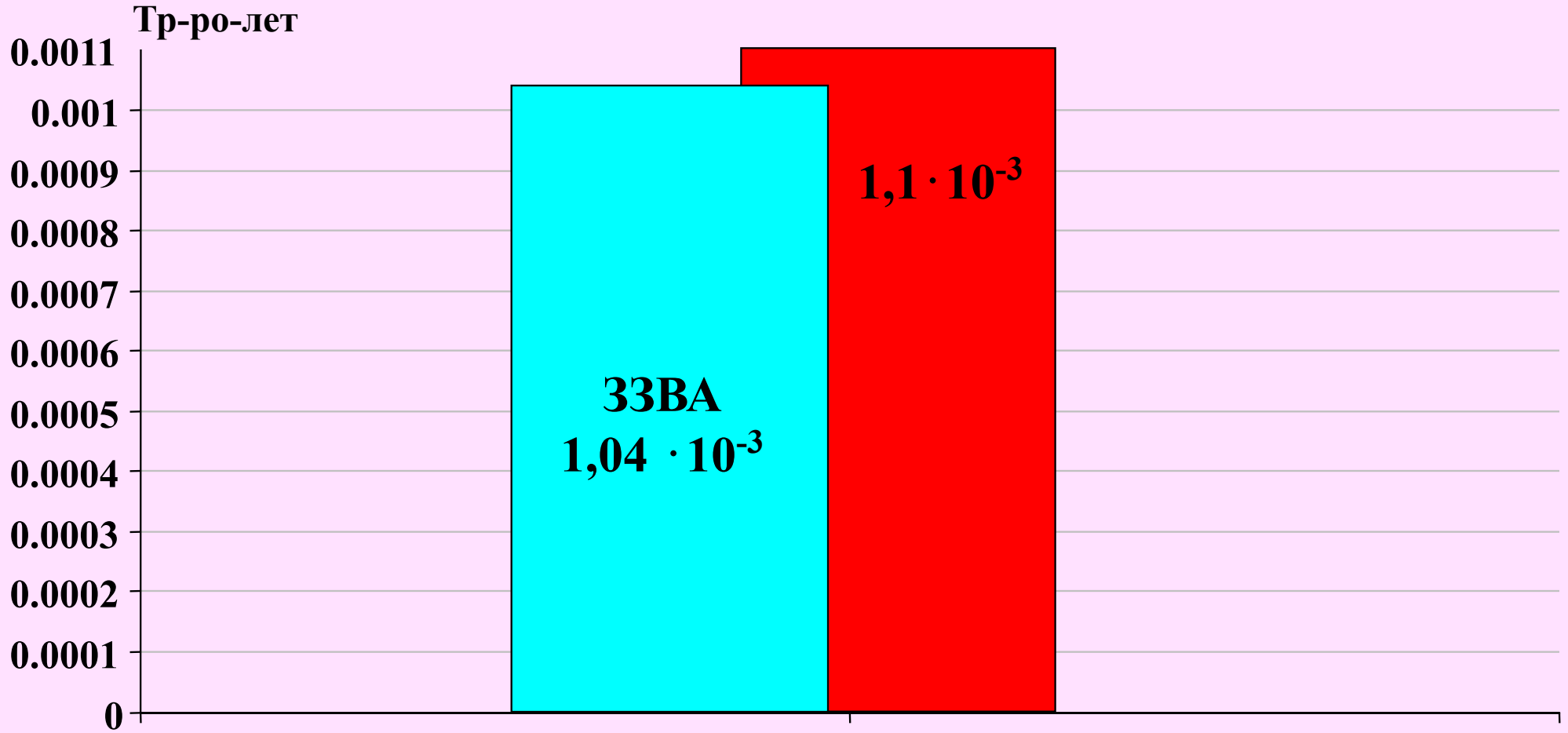
Для ТТ с рымовидной конструкцией обмотки и кабельно-конденсаторной изоляцией на классы напряжения

330-750 kV количество отказов различных категорий в целом ниже от мирового уровня.

*Общая интенсивность отказов ИТ в мире
относительно года для классов напряжения
72,5-500 kV*



*Для ТТ с рывмовидной конструкцией обмотки и
кабельно-конденсаторной изоляцией на классы
напряжения 330-750 kV типа ТФРМ*



Анализ конструкции трансформаторов тока серии ТФРМ

- *Рымовидная конструкция обмотки с изоляцией кабельно-конденсаторного типа имеет особенность, заключающуюся в том, что главная изоляция расположена на вторичной обмотке и состоит из эквипотенциальных слоев, называемыми потенциальными обкладками. Разделение на конденсаторные обкладки дает возможность поднять рабочую напряженность до 4 кВ/мм.*
- *Короткие размеры первичной обмотки позволяет создать трансформаторы с большими (до 4000 А) номинальными первичными токами, а также иметь большую устойчивость к динамической составляющей токов к.з.*

- **Особенностью конструкции является газофобность главной изоляции, толщина которой достигает 100 мм. По этой причине необходимо обеспечить меры по сохранности достигнутой на заводе-изготовителе глубокой степени пропитки главной изоляции на протяжении всего срока эксплуатации.**
- **Недопустимо попадание воздуха в трансформатор с доливаемым и заменяемым маслом, т.к. это приводит к ионизационным процессам, неизбежно переходящим к повреждениям трансформатора.**
- **При выполнении требований тех. документации, как показывает практика, трансформаторы этой серии работают более 30 лет.**

Анализ повреждений

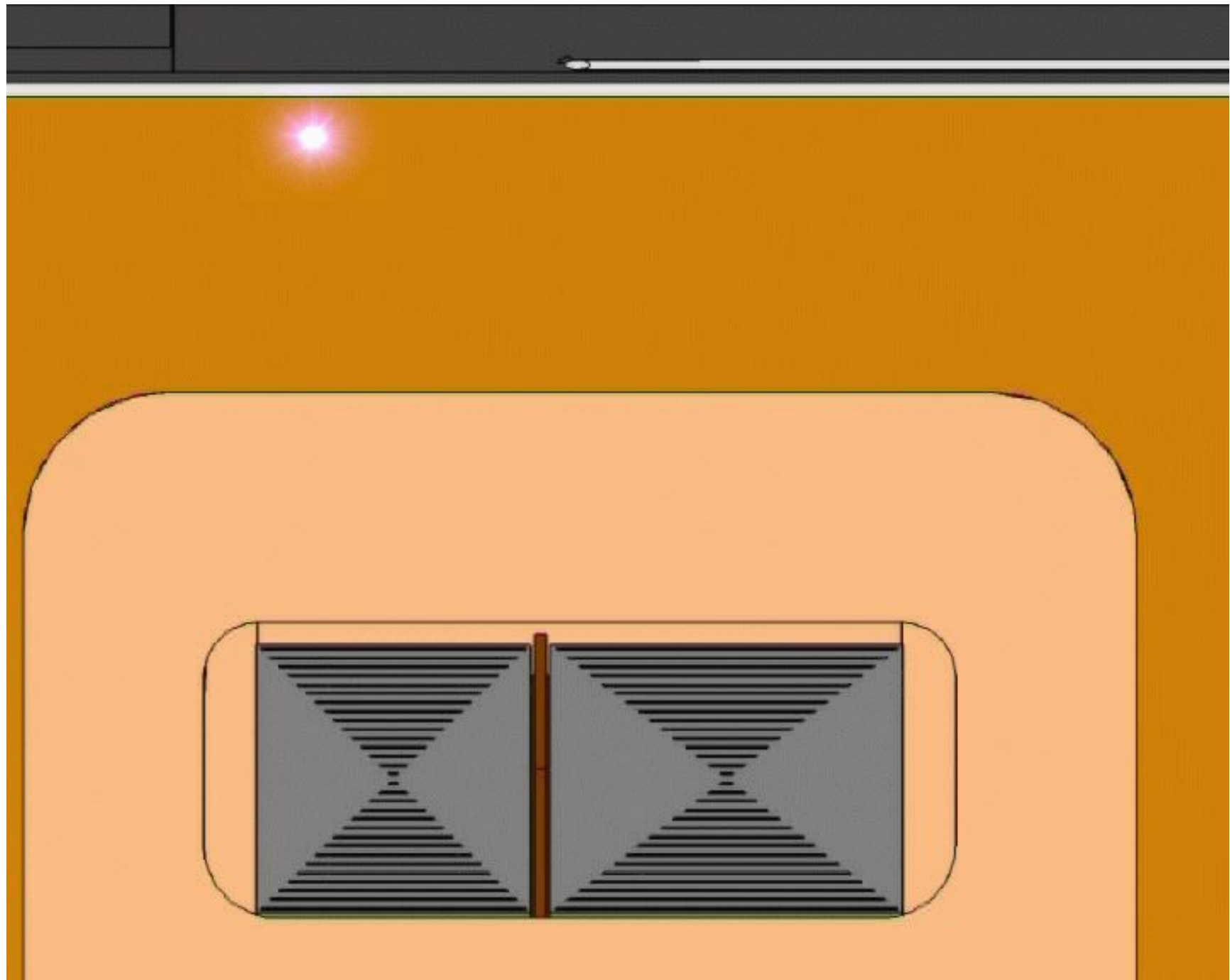
Виды и причины крупных повреждений

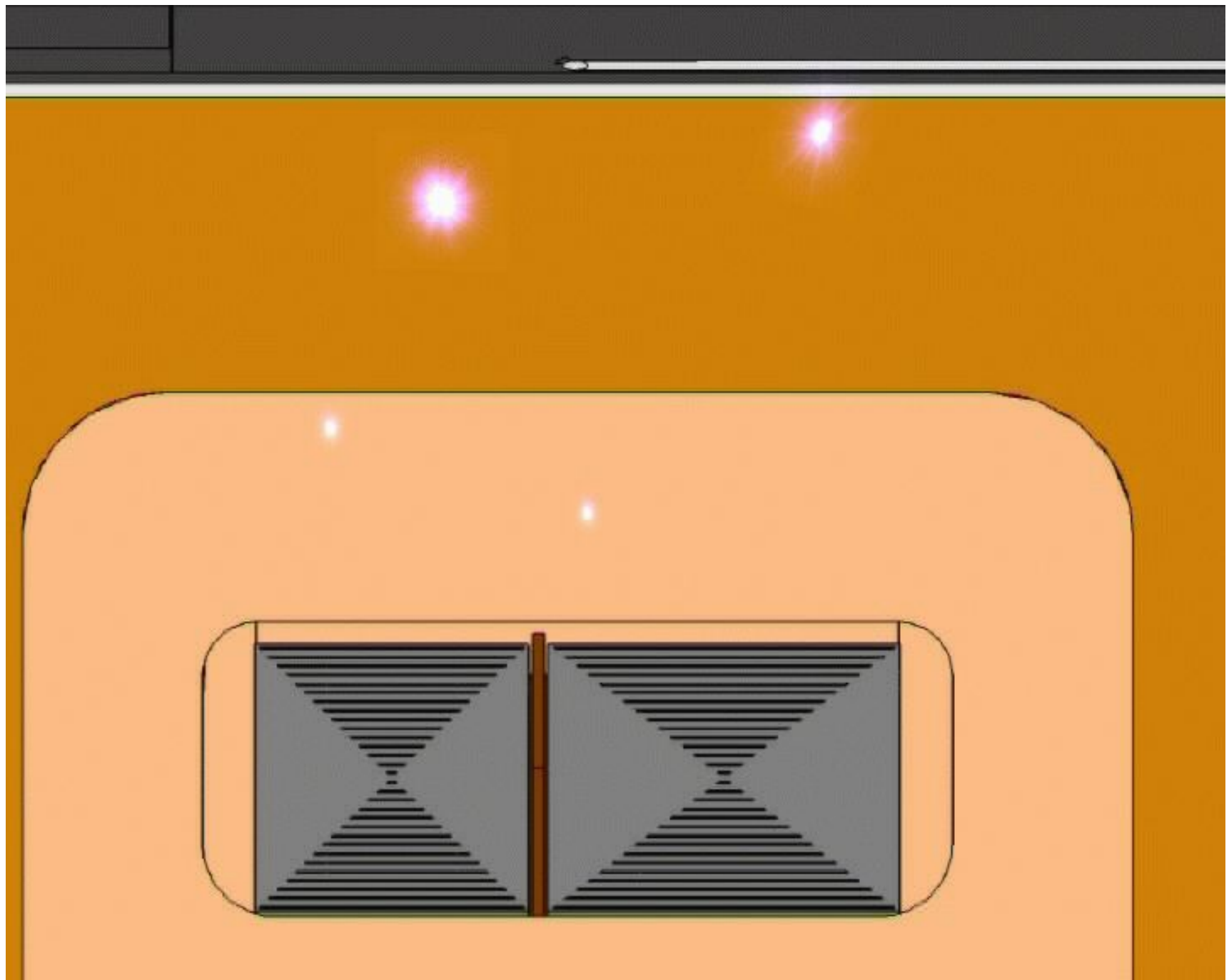
- 1. «Холодный» - ионизационный пробой**
**- нарушение пропитки изоляции,
проникновение в нее газовых включений**
- 2. «Горячий» пробой**
**- развитие теплового пробоя
обусловлено старением изоляционных
материалов и масел, характерен в
жаркое время**

Анализ причин повреждений показывает, что более чем в 64% случаях повреждения возникают в результате ионизационных пробоев, которые развиваются по этапам:

- в результате проникновения газовых включений в изоляцию обмоток возникают частичные разряды с зарядом $100 \div 300$ р.с.;
- увеличение энергии разрядов с течением времени до критических значений с зарядом в $1000 \div 3000$ р.с.;
- рост $\text{tg}\delta$ в главной изоляции при рабочем напряжении;
- выделение преимущественно горючих газов H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , CO_2 ;
- насыщение выделяемыми газами масла и изоляции обмоток и т.д.

Процесс и последствия пробоя можно проиллюстрировать следующими слайдами:





**Прогар в верхней части тора ТФРМ-750
зав. № 120/116, 1975г.**







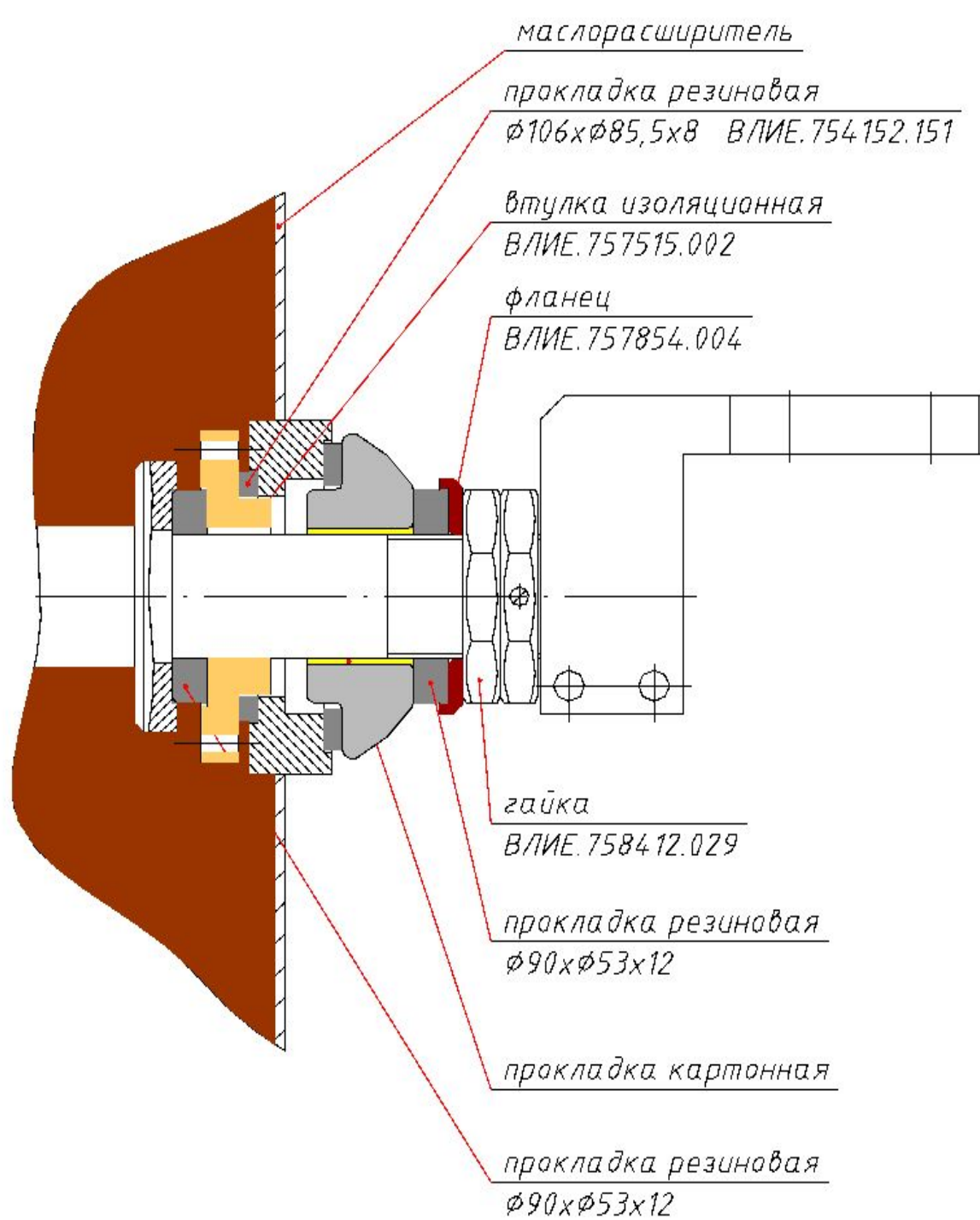
Пути попадания газовых включений в полость трансформатора и в его изоляцию:

- **Операция доливки масла**
- **Операция замены масла**
- **Газовыделение в результате разрядных процессов в твердой изоляции, вызванных высокочастотной составляющей коммутационного тока в сетях подстанций.**



**Результат
воздействия
разрядных
процессов в твердой
изоляции, вызванных
высокочастотной
составляющей
коммутационного
тока в сетях
подстанций.**





Особенностью серии ТФРМ является повышенная «чувствительность» к попаданию воздуха в полость трансформатора.

Пример:

«Типовая» доливка масла, без учета этих особенностей, приводит к возникновению ЧР от 10 до 300-600 р.с. и содержание газа в масле от 0,8 до 9,9%.

Характерной особенностью трансформаторов, находящихся в эксплуатации 20-25 лет, является снижение характеристик масла по таким параметрам, как $\text{tg}\delta$ и ХАРГ, как пример:

- Значение $\text{tg}\delta$ 90 °С до 7-8%;
- C_2H_4 = 50-80 ppm при норме более 10-100;
- CO_2 = 1300-1500 ppm при норме более 900
и др. варианты

К вопросу замены масла необходимо подходить очень осторожно и принимать решения в каждом конкретном случае.

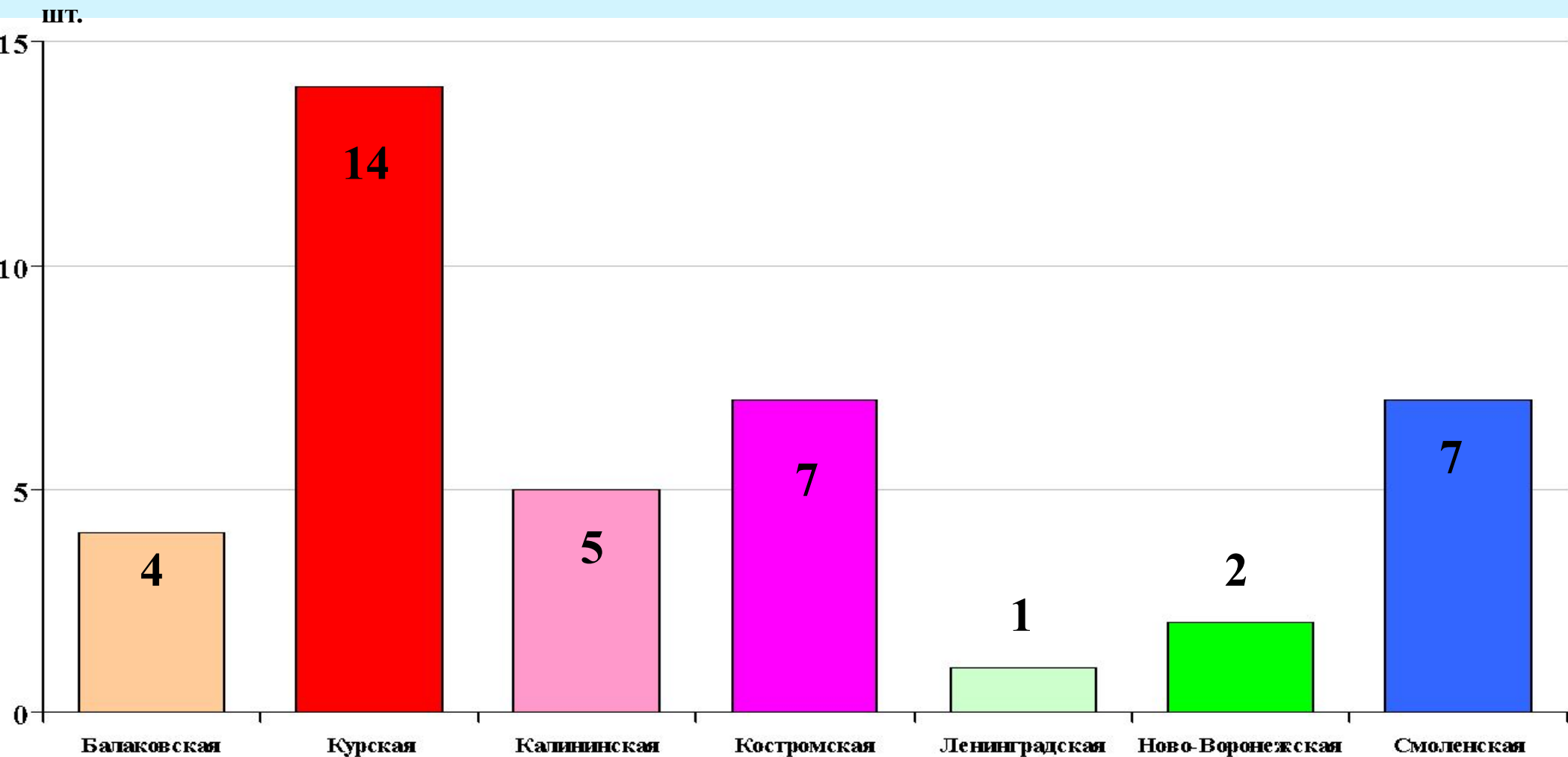
Начальные симптомы теплового пробоа

- Рост $\text{tg}\delta$ на 10-20% при повышении температуры
- Снижение $\text{tg}\delta$ при повышении напряжения

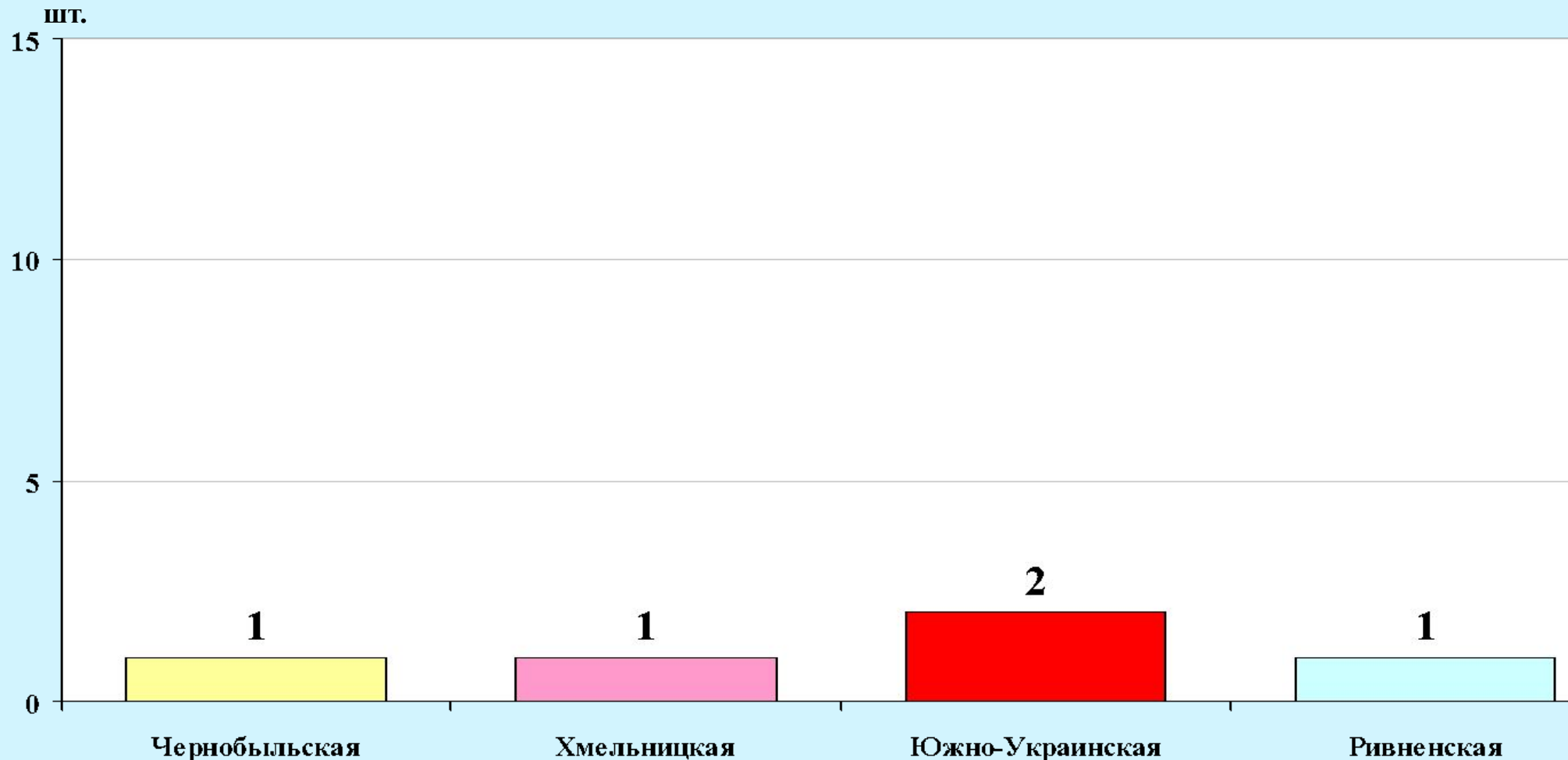
Симптомы предпробойного состояния:

- Резкий рост $\text{tg}\delta$
- Саморазогрев
- Возникновение ЧР 350-1000 р.с.
- Выделение горючих газов

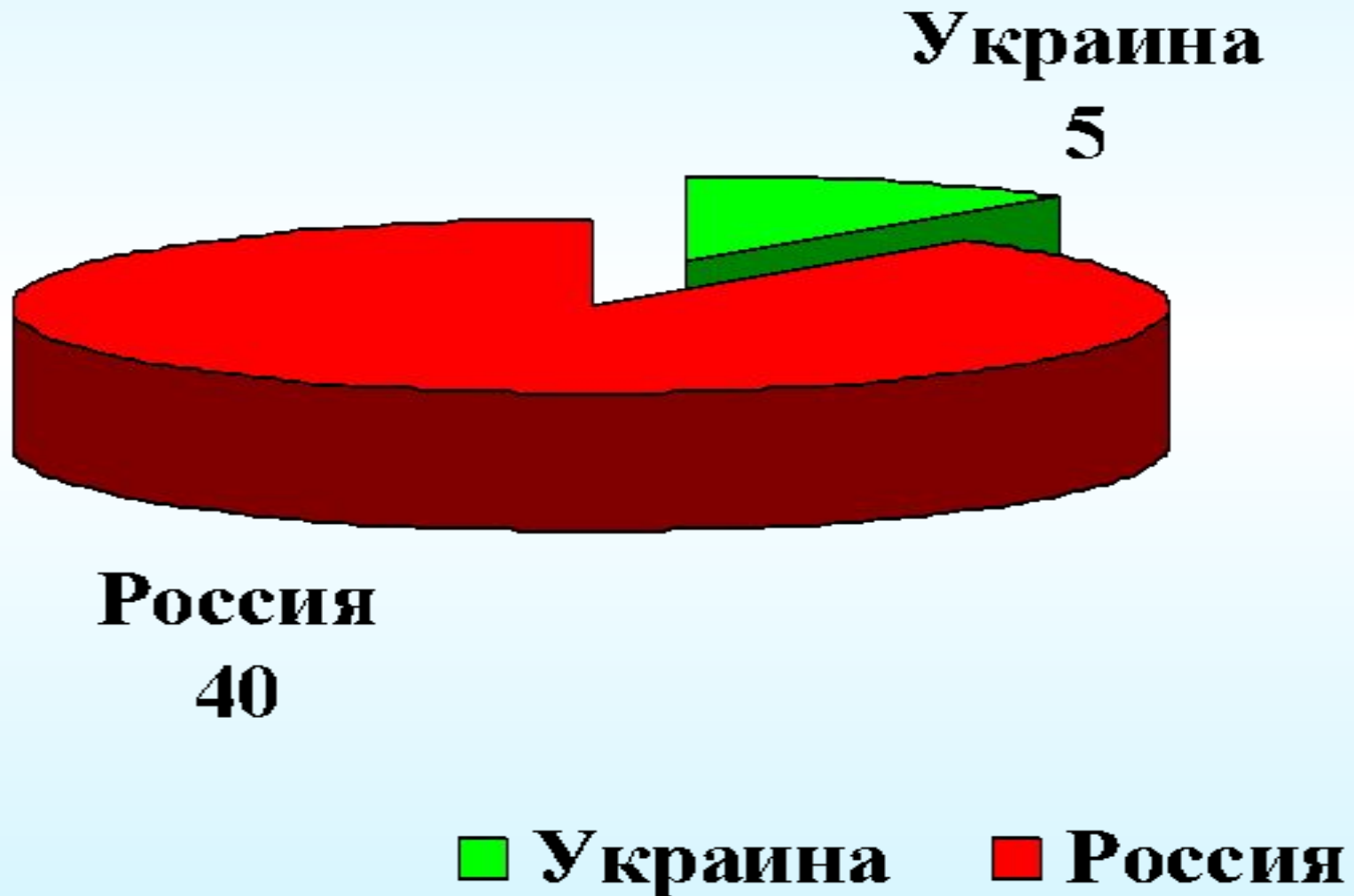
Отказы в распредустройствах атомных станций России 1986-2005 г.г



Отказы в распредустройствах атомных станций Украины 1986-2005 г.г



Отказ трансформаторов 1986-2005 г.г.

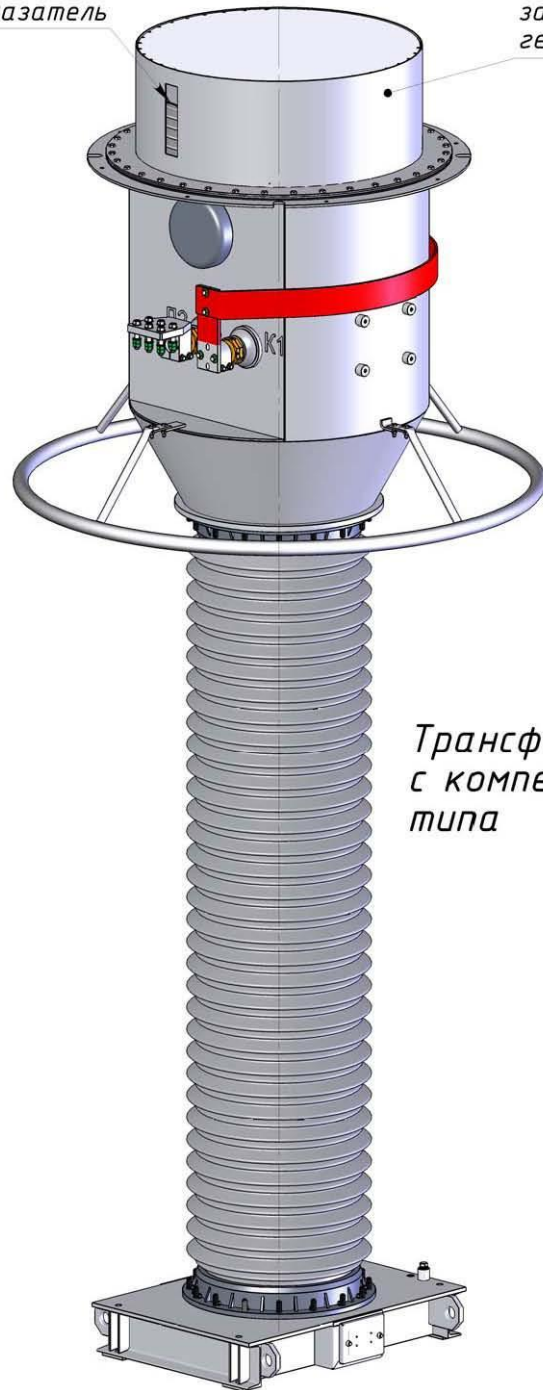


Проводимые заводом-изготовителем мероприятия по повышению эксплуатационной надежности трансформаторов тока.

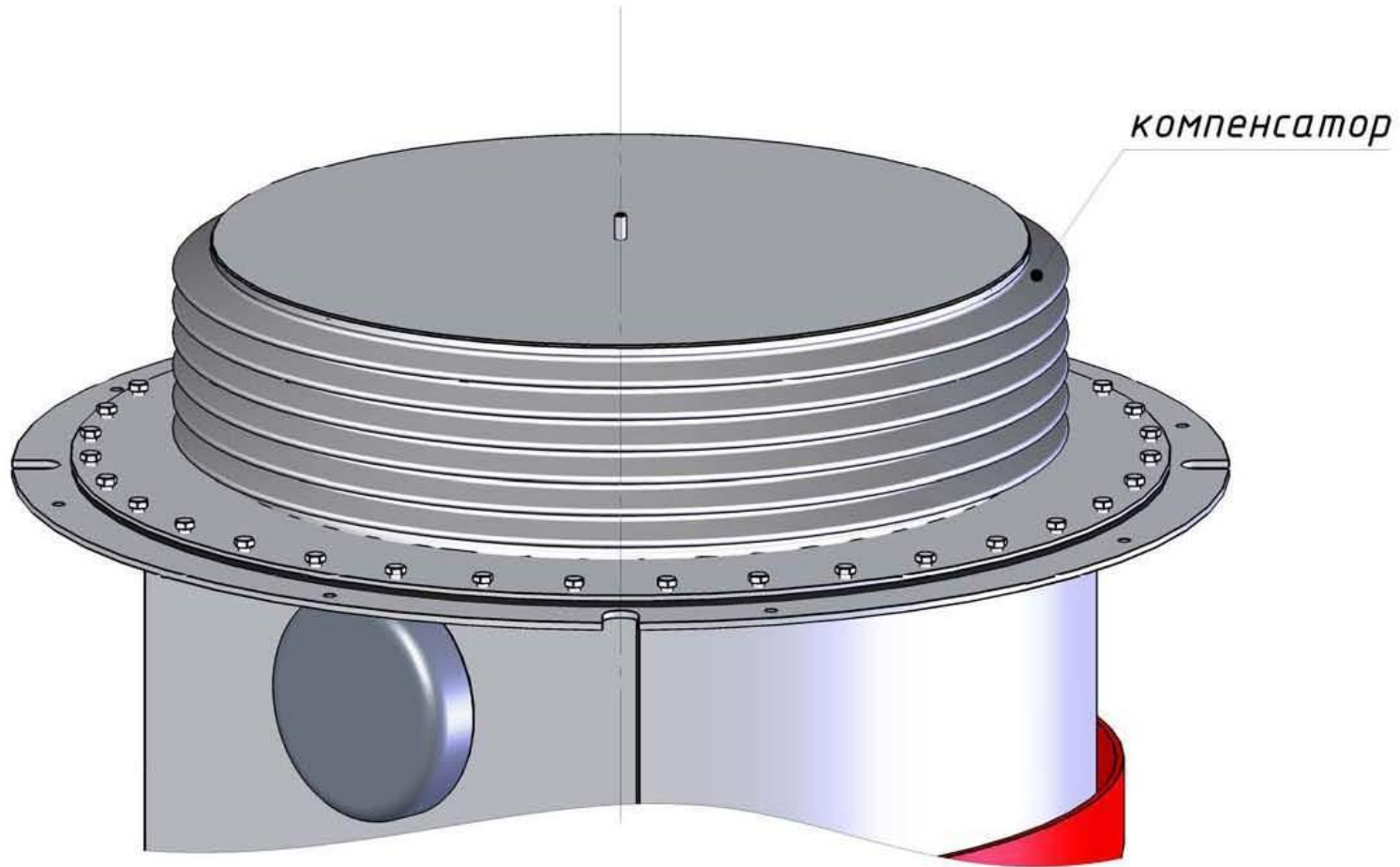
- Изменение технологии ТВО в части перехода на сушку в парах нефтепродуктов, как более эффективную
- Изменение технологии заливки и пропитки трансформаторов (заполнение трансформатора маслом снизу) с последующим сливом масла и заливкой новым маслом.
- Определение наличия разрядных процессов в трансформаторах
- Проведение ХАРГ заливаемого масла перед ТВО и после ПСИ.
- Замена масла ГК на совместимое с ним масло Nitro 10х, как более стабильное и менее склонное к газовыделению
- Изменена конструкция узла герметизации в части введения компенсатора, обеспечивающего его взрывобезопасность

маслоуказатель

*защитный корпус
герметизирующего устройства*



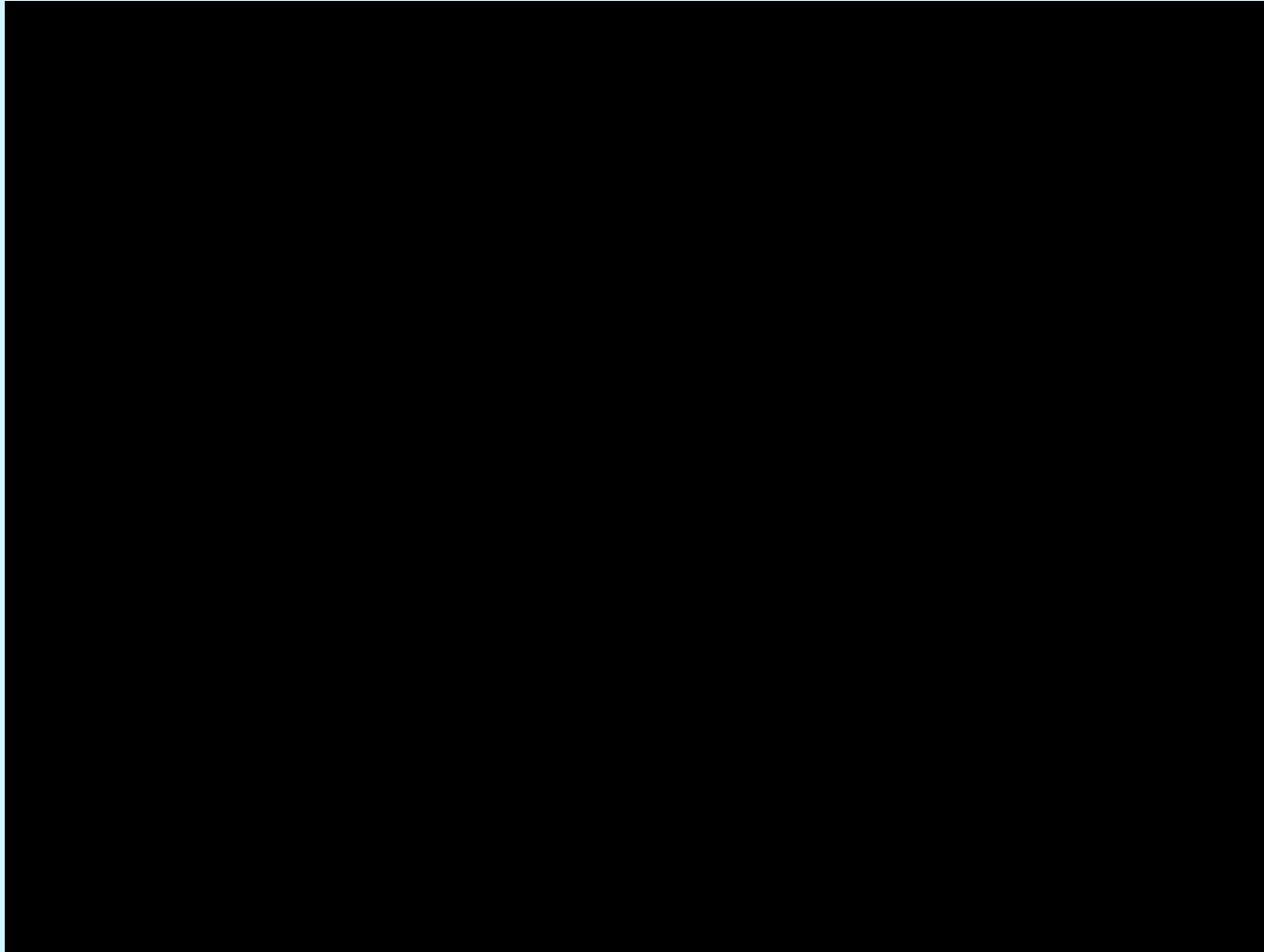
*Трансформатор серии ТФРМ
с компенсатором сильфонного
типа*



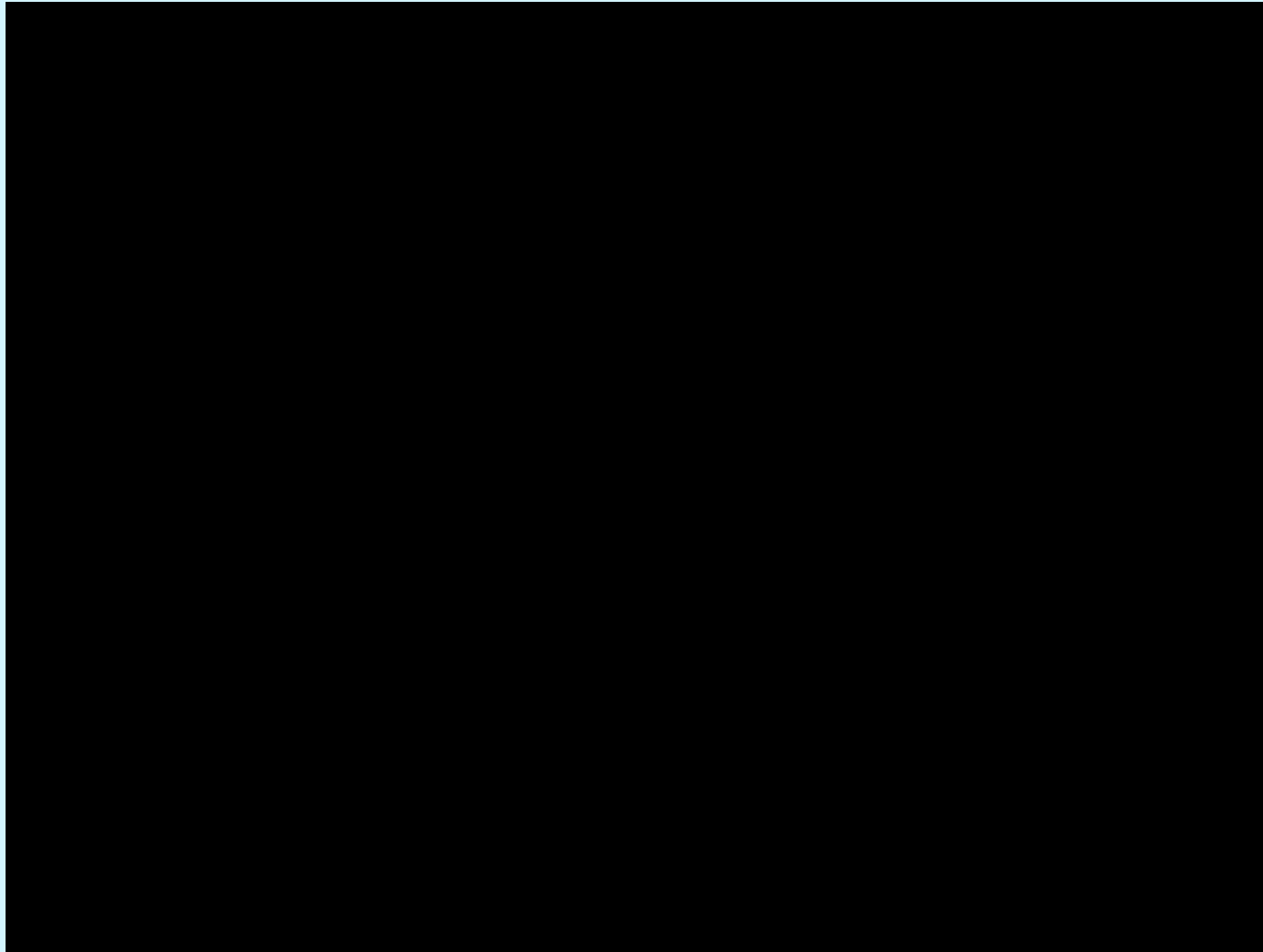
Взрыв ТФРМ 330 трансформатора тока Южмаш



Взрыв ТФРМ 330 трансформатора тока г. Шатура



Взрыв ТФРМ 330 трансформатора тока г. Шатура



Взрыв трансформатора тока ТФРМ 330 Г. Шатура (с компенсатором)

















Диагностика и сервис

1. В июне 2006г. завершено изготовление передвижной испытательной установки (ПИУ-300) с техническими характеристиками:

- *Испытание главной изоляции измерительных трансформаторов напряжения промышленной частоты до 300 kV*
- *Измерение уровня ЧР*
- *Измерение токовых и угловых погрешностей ИТ*
- *Определение потерь и тока холостого хода трансформаторов напряжения*
- *Измерение сопротивления изоляции ТТ и ТН*
- *Измерение сопротивления постоянному току вторичных обмоток ТТ, обмоток НН и ВН трансформаторов напряжения*

Передвижная испытательная станция



Передвижная испытательная станция



2.Идет изучение возможности согласования процедуры таможенного оформления выезда ПИУ-300 за пределы Украины.

3.Начаты консультации с рядом организаций Украины и РФ о начале работ по подбору эффективной системы диагностики, опробованию ее на действующих подстанциях Днепровской энергосистемы с целью рекомендации в качестве дополнительной опции.

Выводы

- Исследования СИГРЭ показывают, что на долю трансформаторов тока с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа приходится более 50% от общего числа отказов всех измерительных трансформаторов тока. В трансформаторах тока серии ТФРМ в период с 1990 по 2005 г.г., по нашим данным, зафиксировано 98 отказов. Удельное их число не превышает 0,06 %, однако большая часть отказов сопровождается авариями различных категорий сложности при значительных материальных потерях.

Существующие методы контроля и диагностики, основанные на периодических измерениях на отключенных от сети трансформаторов и, тем более, при $U=10$ kV не дают объективной информации о состоянии оборудования.

- Необходимо внедрение систем непрерывного наблюдения и контроля за техническим состоянием работающего оборудования под рабочим напряжением в режиме «on line», которые могут эффективно предупредить о зарождающихся повреждениях.
- При всех недостатках, конструкция трансформаторов тока серии ТФРМ вполне работоспособна и может, как показывает практика, работать 30-35 лет, разумеется при соблюдении требований тех. документации с учетом знаний особенностей конструкции.

Предложения

- Создать рабочую группу или координационный центр, состоящую из специалистов концерна «Росэнергоатома» и «ЗЗВА» для выработки мероприятий и организации их выполнения, направленных на устранение возникающих проблем в процессе эксплуатации трансформаторов тока производства ОАО «ЗЗВА»
- Организовать планомерную замену на подстанциях концерна узлов герметизации, в 1-ю очередь конструкции 1988-1992г.г., на модернизированную конструкцию, со стрелочным маслоуказателем, с обязательным участием шеф-персонала завода.
- Организовать обучение специалистов-эксплуатационщиков на площадке «ЗЗВА» или непосредственно на подстанциях по программе, составленной специалистами концерна «Росэнергоатома» и согласованной «ЗЗВА»
- Организовать постановку на учащенный контроль (1-2 раза в год) трансформаторов, отработавших свой ресурс по программе, предложенной заводом-изготовителем (измерение tg при Унаиб. раб., измерение ЧР, ХАРГ)

Благодарю за внимание