

# Trihal

## Испытания

Трансформатор Trihal имеет класс огнестойкости F1 в соответствии со стандартом HD 538.1-S1\*.

### Огнестойкость

Испытание на огнестойкость литой изоляции трансформатора Trihal включает в себя испытания материалов и испытание на соответствие классу F1 по стандарту HD 464 S1.

#### ■ Испытания материалов

Испытания образцов смолы для заливки обмоток трансформатора Trihal проводились независимыми лабораториями.

#### □ Продукты разложения

Анализ и количественное определение газов, образующихся при пиролизе материала, проводятся в соответствии с положениями стандарта NF X 70.100, аналогичными UTE C 20454.

Пиролиз осуществляется при температуре 400, 600 и 800 °C на образцах массой примерно 1 грамм каждый. Данное испытание выполнялось Центральной лабораторией Префектуры Парижа (Laboratoire Central de la Préfecture de Paris).

#### □ Результаты испытания

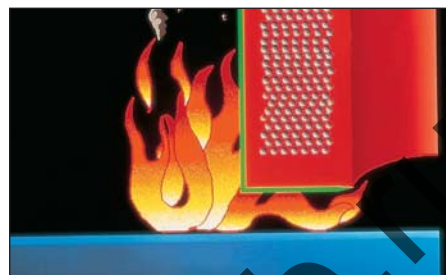
В нижеприведенной таблице указаны средние значения содержания (масса газа и масса материала, выраженные в процентном отношении), полученные по результатам трех испытаний, проводившихся при температуре 400, 600 и 800 °C. Обозначение NS означает, что данный результат слишком близок к пределу чувствительности, поэтому неточен и незначителен.

“0” означает, что газы отсутствуют, или их содержание ниже предела чувствительности измерительного инструмента.

Центральная лаборатория  
Префектуры Парижа  
Сертификат испытания № 1140/86  
от 2 декабря 1986 г.

Продукты разложения: содержание газа/температура		400 °C	600 °C	800 °C
Одноокись углерода	CO	2,5%	3,7%	3,4%
Двуокись углерода	CO <sub>2</sub>	5,2%	54,0%	49,1%
Соляная кислота	HCl в виде ионов хлорида Cl <sup>-</sup>	0	NS	NS
Бромистоводородная кислота	HBr в виде ионов бромиды Br <sup>-</sup>	0	0	0
Цианистоводородная кислота	HCN в виде ионов цианида CN <sup>-</sup>	0	NS	NS
Фтористоводородная кислота	HF в виде ионов фторида F <sup>-</sup>	0	0	0
Сернистый ангидрид	SO <sub>2</sub>	0,2%	0,17%	0,19%
Одноокись азота	NO	0	NS	NS
Двуокись азота	NO <sub>2</sub>	0	NS	NS

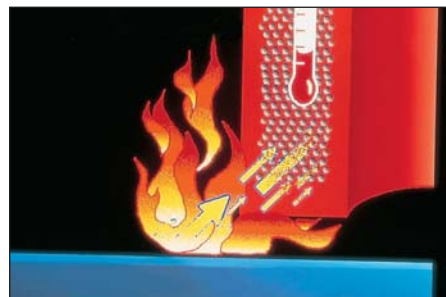
\*Документ по унификации CENELEC.



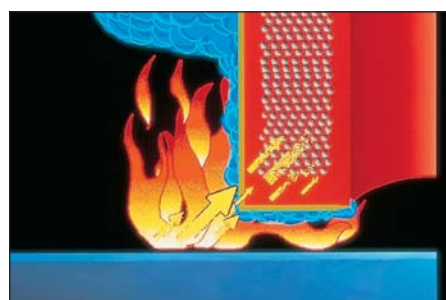
1-й противопожарный эффект: образование отражающего огнеупорного экрана из глинозема (окись алюминия)



2-й противопожарный эффект: образование преграды из водяного пара



3-й противопожарный эффект: поддержание температуры ниже точки воспламенения



Сочетание трех противопожарных эффектов



Немедленное самогашение

# Trihal

## Испытания

### ■ Испытание F1

(в соответствии с приложением ZC.3 стандарта HD 464 S1).

#### Испытание на модели

Это испытание проводилось лабораторией STELF Национального центра профилактики и защиты (Laboratoire STELF du Centre National de Prévention et de Protection CNPP).

Протокол испытаний № PN94 4636.

### 630 кВ · А № 601896.01

#### □ Методика испытания

Катушка в сборе трансформатора Trihal (обмотка ВН + обмотка НН + сердечник) была помещена в камеру, описанную в стандарте МЭК 332-3 (относительно электрических кабелей), см. рис. 1. Испытание началось с поджигания спирта в резервуаре (исходный уровень 40 мм) и включения радиатора мощностью 24 кВт.

Продолжительность испытания составила 60 минут в соответствии со стандартом.

#### □ Оценка результатов

Нагрев замерялся в течение всего испытания.

В соответствии со стандартом температура оставалась на уровне  $\leq 420$  °С.

**Через 45 мин:** температура составляла 85 °С (ниже 140 °С, в соответствии со стандартом), см. рис. 2;

**Через 60 мин:** температура составляла 54 °С (ниже 80 °С, в соответствии со стандартом), см. рис. 2.

Наличие таких компонентов, как соляная кислота (HCl), циановодородная кислота (HCN), бромистоводородная кислота (HBr), фтористоводородная кислота (HF), двуокись серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид (HCOH) отмечено не было.

*Стандарт HD 464 S1\* определяет 3 испытания (климатическое, воздействие окружающей среды и огнестойкость), проводимые на одном и том же стандартном сухом трансформаторе.*

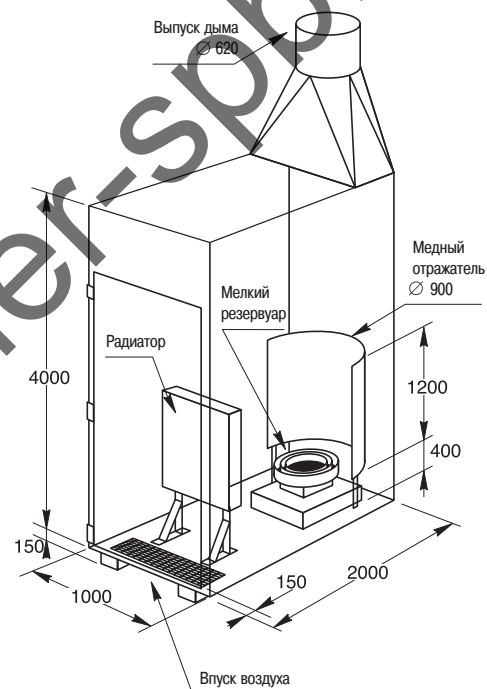
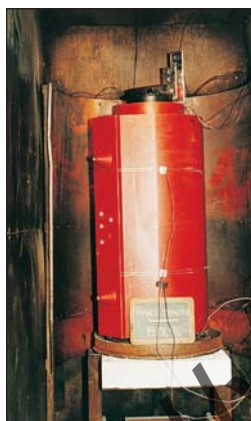


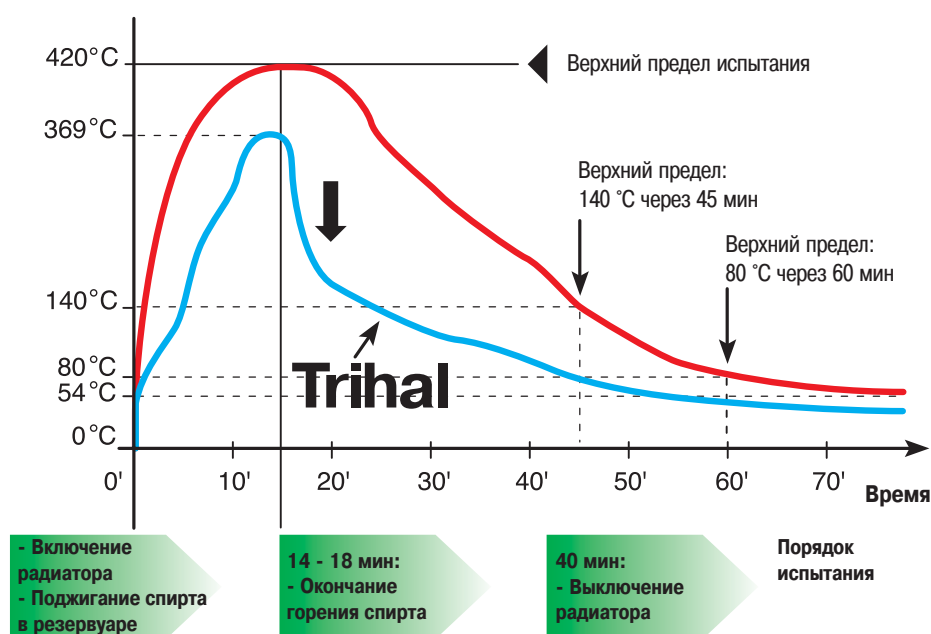
Рис. 1: Испытательная камера МЭК 332-3



Испытание F1 на катушке трансформатора Trihal

Рис. 2

#### Фактическая температура ( $\Delta T$ )



\* Документ по унификации CENELEC.

В соответствии со стандартом HD 536.1-S1\*



Катушка трансформатора Trihal после испытания F1

# Trihal

## Испытания

Трансформатор Trihal устойчив к изменению нагрузки и к перегрузкам.

Трансформатор Trihal имеет классификацию C2 и E2 в соответствии со стандартом HD 464 S1\*.



Рис. 1: C2a



Рис. 2: C2b



Рис. 3: E2a



Рис. 4: E2b

### Климатические испытания

■ Испытание C2a (в соответствии с приложением ZB.3.2.a стандарта HD 464 S1\*).

#### Тепловой удар

Лаборатория КЕМА, Голландия.

Протокол испытаний № 31813.00-HSL 94-1258.

#### 630 кВ · А № 601896.01

□ Методика испытания

Трансформатор Trihal был помещен на 12 часов в климатическую камеру, температура воздуха в которой была первоначально доведена до  $(-25 \pm 3)^\circ\text{C}$  за 8 часов (рис. 1).

□ Оценка результатов

Трансформатор Trihal был подвергнут визуальному осмотру, затем испытаниям на диэлектрическую прочность первичным и вторичным напряжениями, равными 75% от номинальных значений, и измерениям частичных разрядов. Уровень частичных разрядов является критическим параметром, влияющим на срок службы сухого трансформатора с литой изоляцией. В соответствии со стандартом HD 538.1-S1 уровень должен быть  $\leq 20$  пКл. Для трансформатора Trihal это значение составило  $\leq 2$  пКл<sup>(1)</sup>. При испытаниях на диэлектрическую прочность пробой или перекрытия не наблюдались.

■ Дополнительное испытание C2b\*\*

(в соответствии с приложением ZB.3.2.b стандарта HD 464 S1\*)

#### Тепловой удар

Лаборатория КЕМА, Голландия.

Протокол испытаний № 31882.00-HSL 94-1259.

□ Методика испытания

Катушки трансформатора Trihal были погружены последовательно в 2 бака, один с кипящей водой при температуре  $> 96^\circ\text{C}$ , другой с ледяной водой  $< 5^\circ\text{C}$ . Данная операция была повторена 3 раза. Каждое погружение длилось 2 часа. Перемещение из одного бака в другой длилось менее 2 минут (рис. 2).

□ Оценка результатов

Трансформатор Trihal был подвергнут визуальному осмотру, затем испытаниям на диэлектрическую прочность первичным и вторичным напряжениями, равными 75% от номинальных значений, и измерениям частичных разрядов. Уровень частичных разрядов является критическим параметром для определения срока службы сухого трансформатора с литой изоляцией. В соответствии со стандартом HD 538.1-S1 уровень должен быть  $\leq 20$  пКл. Для трансформатора Trihal это значение составило  $\leq 1$  пКл<sup>(1)</sup>. При испытаниях на электрическую прочность пробой или перекрытия не наблюдались.

### Испытания на воздействие окружающей среды

■ Испытание E2a

(в соответствии с приложением ZA.2.2.a стандарта HD 464 S1\*)

#### Конденсация и влажность

Лаборатория КЕМА, Голландия.

Протокол испытаний № 31813.00-HSL 94-1258.

#### 630 кВ · А № 601896.01

#### 1 - Конденсация

□ Методика испытания

Трансформатор Trihal находился более 6 часов в климатической камере, в которой поддерживалась температура, необходимая для образования конденсата на трансформаторе. Влажность поддерживалась на уровне  $> 93\%$  посредством постоянного распыления воды (рис. 3).

□ Оценка результатов

Через 5 минут после окончания распыления воды трансформатор Trihal, находящийся в климатической камере, был испытан вторичным напряжением, равным 1,1 номинального напряжения в течение 15 минут. Пробой или перекрытия не наблюдались.

#### 2 - Влажность

□ Методика испытания

Трансформатор находился 144 часа в климатической камере при температуре  $(50 \pm 3)^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $(90 \pm 5)\%$ .

□ Оценка результатов

По окончании этого периода трансформатор Trihal был испытан первичным и вторичным напряжениями, равными 75% от номинальных значений.

Пробой или перекрытия не наблюдались.

■ Дополнительное испытание E2b\*\*

(в соответствии с приложением ZA.2.2.b стандарта HD 464 S1\*).

#### Конденсация и влажность

Лаборатория КЕМА, Голландия.

Протокол испытаний № 31882.00-HSL 94-1259.

□ Методика испытания

Трансформатор Trihal был погружен на 24 часа в соленую воду при комнатной температуре (рис. 4).

□ Оценка результатов

Через 5 минут после извлечения из воды трансформатор Trihal был испытан вторичным напряжением, равным 1,1 номинального напряжения в течение 15 минут. Пробой или перекрытия не наблюдались. Затем, после сушки, был испытан первичным и вторичным напряжениями, равными 75% от номинальных величин. Пробой или перекрытия не наблюдались.

\* Документ по унификации CENELEC.

\*\* Два метода (а или b) по выбору производителя.

(1) Гарантированный уровень частичных разрядов трансформаторов Trihal:  $\leq 10$  пКл.



# Trihal

## Испытания

### Электрические испытания

Эти испытания проводятся с целью подтверждения заявленных электрических характеристик. Они включают в себя:

#### ■ Заводские электрические испытания

После установки эти испытания систематически проходят все трансформаторы Trihal. По результатам испытаний составляется официальный протокол, в который входят:

#### □ Измерения

- измерение сопротивления обмоток;
- измерение коэффициента трансформации и контроль группы соединения обмоток;
- измерение напряжения короткого замыкания;
- измерение потерь при нагрузке;
- измерение потерь тока холостого хода.

#### □ Испытания диэлектрической прочности

- испытания приложенным напряжением;
- испытания наведенным напряжением;
- измерение частичных разрядов при следующем критерии допустимости:

●  $\leq 10$  пКл при  $1,1 U_m^{(1)}$ ;

●  $\leq 10$  пКл гарантировано при  $1,375 U_n$ ,

здесь  $U_m > 1,25 U_n$

$U_n$  = номинальное напряжение;

$U_m$  = наибольшее напряжение системы.

#### ■ Типовые испытания

Эти испытания проводятся по заказу, за счет клиента.

#### □ Испытание на стойкость к грозовому импульсному напряжению

Импульсное испытательное напряжение обычно имеет отрицательную полярность. Последовательность испытания состоит из ка-либровочного импульса с уровнем между 50 и 75 % полного напряжения, за которым следуют три импульса полного напряжения. Приложенный импульс является полным стандартным грозовым импульсом (см. диаграмму).

#### □ Испытание на нагрев в соответствии со стандартом МЭК 726

Это испытание осуществляется методом моделирования нагрузки. Нагрев измеряется во время двух испытаний:

- опыт холостого хода;
- опыт короткого замыкания.

Общий нагрев рассчитывается в соответствии со стандартом МЭК-726.

#### ■ Специальные испытания

Эти испытания проводятся по заказу, за счет клиента.

#### □ Испытание на короткое замыкание

Это испытание осуществляется на специальном стенде в соответствии со стандартом МЭК 76-5. Испытание длительностью 0,5 секунды проводится для каждой фазы трансформатора. 29 февраля 1986 г. трансформатор Trihal 800 кВ · А 20 кВ/410 В успешно прошел испытания в Исследовательском центре ЭДФ в Ренардьярах, Франция.

Исследовательский центр ЭДФ в Ренардьярах  
Официальный протокол испытаний HM51/20.812  
от 4 марта 1988 г.

### Уровень шума

Измерение уровня шума является частью специальных испытаний, осуществляемых на заказ. Основной причиной шума трансформатора является магнитострикция сердечника.

Уровень шума может быть выражен двумя способами:

● через уровень акустического давления  $L_p(A)$ , получаемый путем расчета квадрата среднего результата измерений, выполненных по стандарту МЭК 551 на данном расстоянии от трансформатора под номинальным напряжением;

● через уровень акустической мощности  $L_w(A)$ , вычисляемый на основе уровня акустического давления по следующей формуле:

$$L_w(A) = L_p(A) + 10 \log S,$$

$L_w(A)$  = средний уровень акустической мощности в дБ (А);

$L_p(A)$  = средний уровень значений акустического давления, измеренных в дБ (А);

$S$  = эквивалентная площадь в м<sup>2</sup>

$$= 1,25 \times H \times P,$$

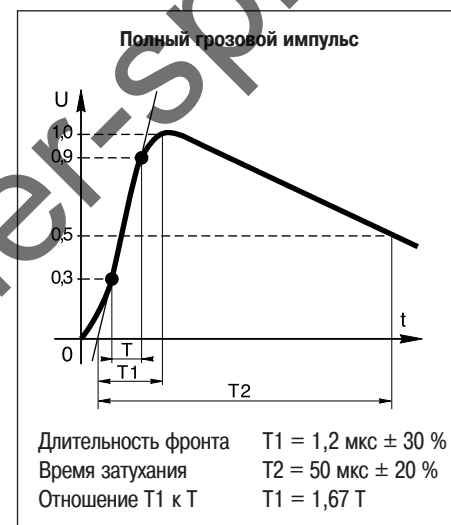
где  $H$  - высота трансформатора

в метрах;

$P$  - периметр контура измерений на расстоянии 1 метр.

Уровень частичных разрядов  $\leq 10$  пКл.  
Уровень изоляции 12 кВ:  
испытание импульсом 75 кВ.

Уровень изоляции 17,5 кВ:  
испытание импульсом 95 кВ.



(1) Стандартные значения испытательного напряжения:

Высокое напряжение (кВ)	3,6	7,2	12	17,5	24
Действ., кВ, 50 гц - 1 мин	10	20	28	38	50
Имп., кВ - 1,2/50 мкс	40	60	75	95	125

Пульт управления испытательного стенда

