

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 температурах 400, 600 и 800 °C на образцах весом 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 (вес газа/вес материала, выраженные в процентном отношении), полученные по результатам трех испытаний, проводившихся при температурах 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 ₂		5,2%	54,0%	49,1%
Соляная кислота	HCl	в виде ионов хлорида Cl ⁻	0	NS	NS
Бромистоводородная кислота	HBr	в виде ионов бромида Br ⁻	0	0	0
Цианистоводородная кислота	HCN	в виде ионов цианида CN ⁻	0	NS	NS
Фтористоводородная кислота	HF	в виде ионов фторида F ⁻	0	0	0
Сернистый ангидрид	SO ₂		0,2%	0,17%	0,19%
Одноокись азота	NO		0	NS	NS
Двуокись азота	NO ₂		0	NS	NS

* документ по унификации CENELEC.



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



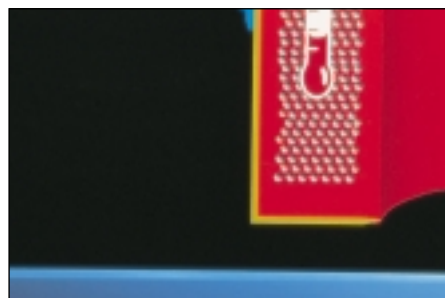
2-й противопожарный эффект: образование преграды из водяного пара



3-й противопожарный эффект: поддержание температуры ниже точки воспламенения



Сочетание трех противопожарных эффектов



Немедленное самогашение

■ 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 ≤ 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), цианистоводородная кислота (HCN), бромистоводородная кислота (HBr), фтористоводородная кислота (HF), двуокись серы (SO₂), 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.*

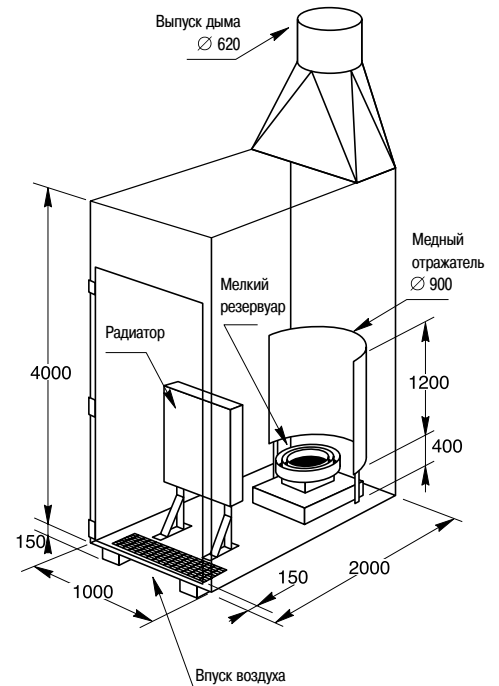


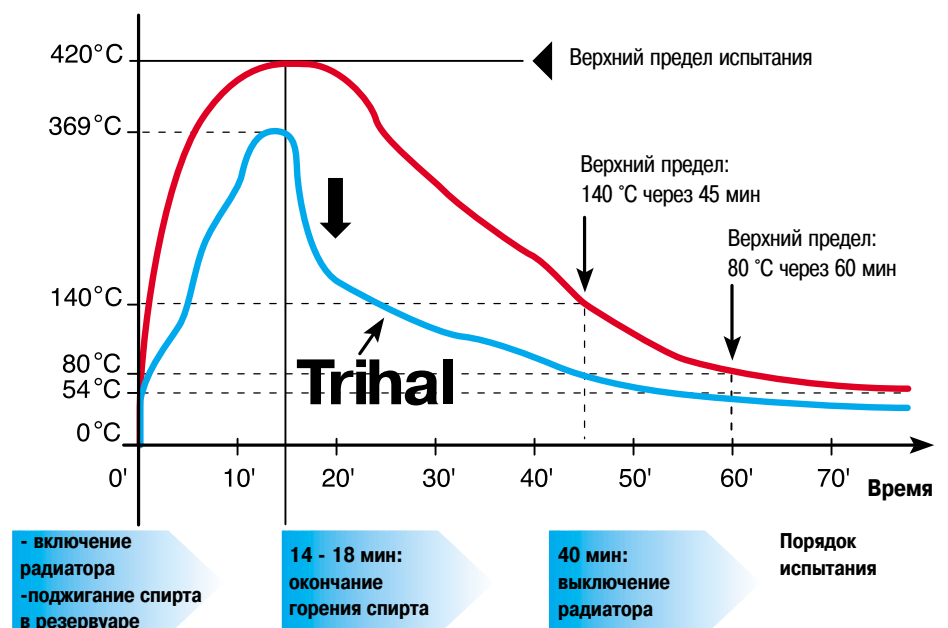
Рис. 1: испытательная камера МЭК 332-3



Испытание F1 на катушке в сборе трансформатора Trihal

Рис. 2

Фактическая температура (ΔT)



В соответствии со стандартом HD 538.1-S1*



Катушка трансформатора Trihal после испытания F1

* документ по унификации CENELEC.

Трансформатор Trihal устойчив к изменениям нагрузки и к перегрузкам.

Трансформатор Trihal имеет классификацию С2 и Е2 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 ≤ 20 пКл. Для трансформатора Trihal это значение составило ≤ 2 пКл⁽¹⁾. При испытаниях на диэлектрическую прочность пробои 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, равным 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 ≤ 20 пКл. Для трансформатора Trihal это значение составило ≤ 1 пКл⁽¹⁾. При испытаниях на электрическую прочность пробои 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. Пробои 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 напряжением, равным 75% от номинальных значений. Пробои 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. Пробои или перекрытия не наблюдались. Затем, после сушки, был испытан первичным и вторичным напряжением, равным 75 % от номинальных величин. Пробои или перекрытия не наблюдались.

* документ по унификации CENELEC.

** два метода (а или b) по выбору производителя.

⁽¹⁾ гарантированный уровень частичных разрядов трансформаторов Trihal: ≤ 10 пКл.

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:
 - ≤ 10 пКл при $1,1 U_n^{(1)}$;
 - ≤ 10 пКл гарантировано при $1,375 U_n$, здесь $U_n > 1,25 U_n$
- U_n = номинальное напряжение;
 U_m = наибольшее напряжение системы.

■ типовые испытания

Эти испытания проводятся по заказу, за счет заказчика.

□ испытание на стойкость к грозовому импульсному напряжению

Импульсное испытательное напряжение обычно имеет отрицательную полярность. Последовательность испытания состоит из калибровочного 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 заказчика.

□ испытание на короткое замыкание

Эти испытания осуществляются 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 NM51/20.812
 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:

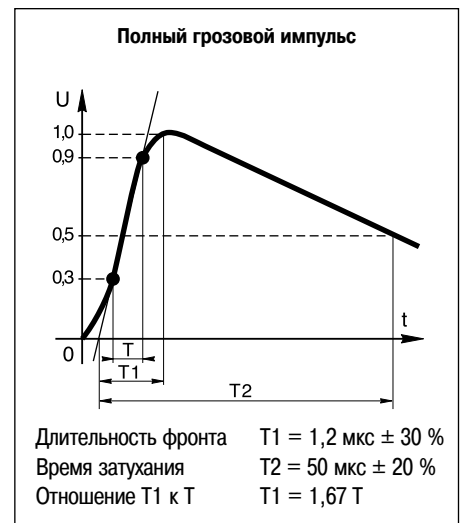
$$L_w(A) = L_p(A) + 10 \log S,$$

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

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

S = эквивалентная площадь в м²
 = $1,25 \times H \times P$,
 где H - высота трансформатора в метрах;
 P - периметр контура измерений на расстоянии 1 метр.

*Уровень частичных разрядов ≤ 10 пКл.
 Уровень изоляции 7,2 кВ:
 испытание импульсом 60 кВ.
 Уровень изоляции 36 кВ:
 испытание импульсом 75 кВ.*



(1) стандартные испытательные напряжения

Высокое напряжение (кВ)	3.6	7.2	12
действ., кВ, 50 Гц - 1 мин	10	20	28
импл., кВ - 1,2/50 мкс	40	60	75

Пульт управления испытательного стенда

