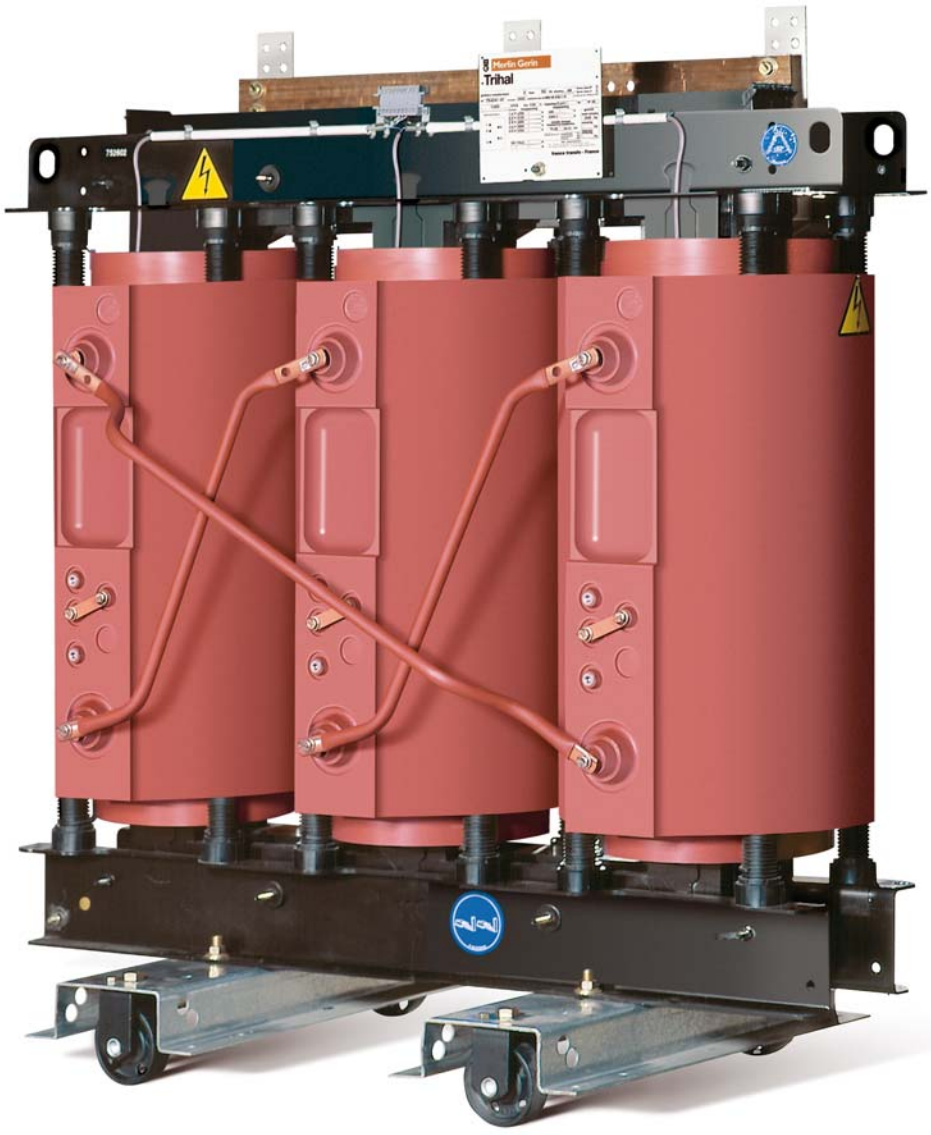
Сухой трансформатор с литой изоляцией

Trihal



Schneider Electric

Trihal

Содержание

Введение 3

- Тип
- Соответствие международным стандартам и нормам ГОСТ
- Серия Trihal
- Технология и производство

Технология 4-5

- Магнитный сердечник
- Обмотка низкого напряжения
- Обмотка высокого напряжения
- Литая изоляция обмотки ВН
- Процесс заливки изоляции обмотки ВН

Испытания 6-9

- Огнестойкость
- Климатические испытания
- Электрические испытания
- Уровень шума

Установка 10-13

- Общие положения
- Вентиляция
- Присоединения

Перегрузки 14

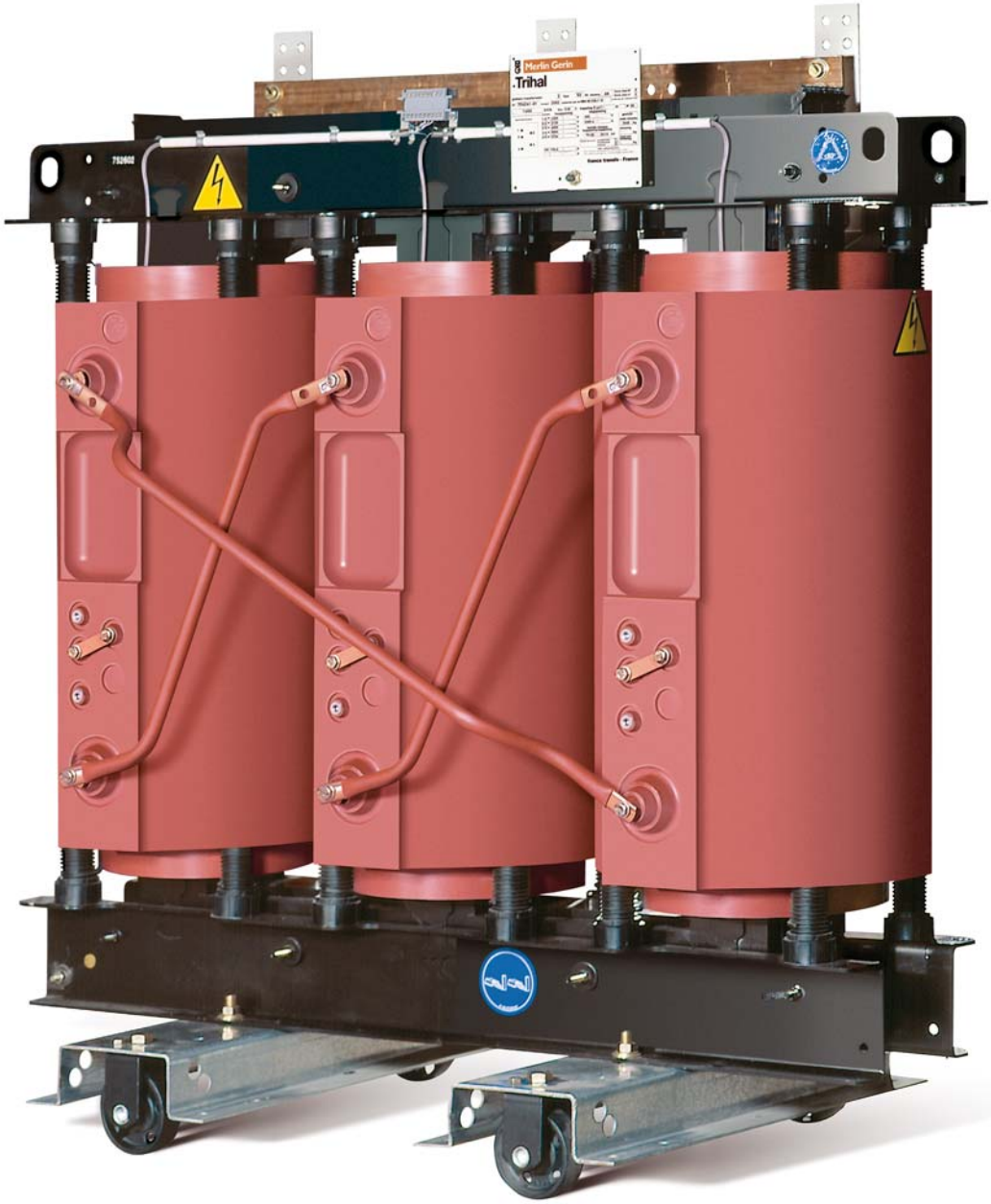
Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции, хранение 15

Ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание 16

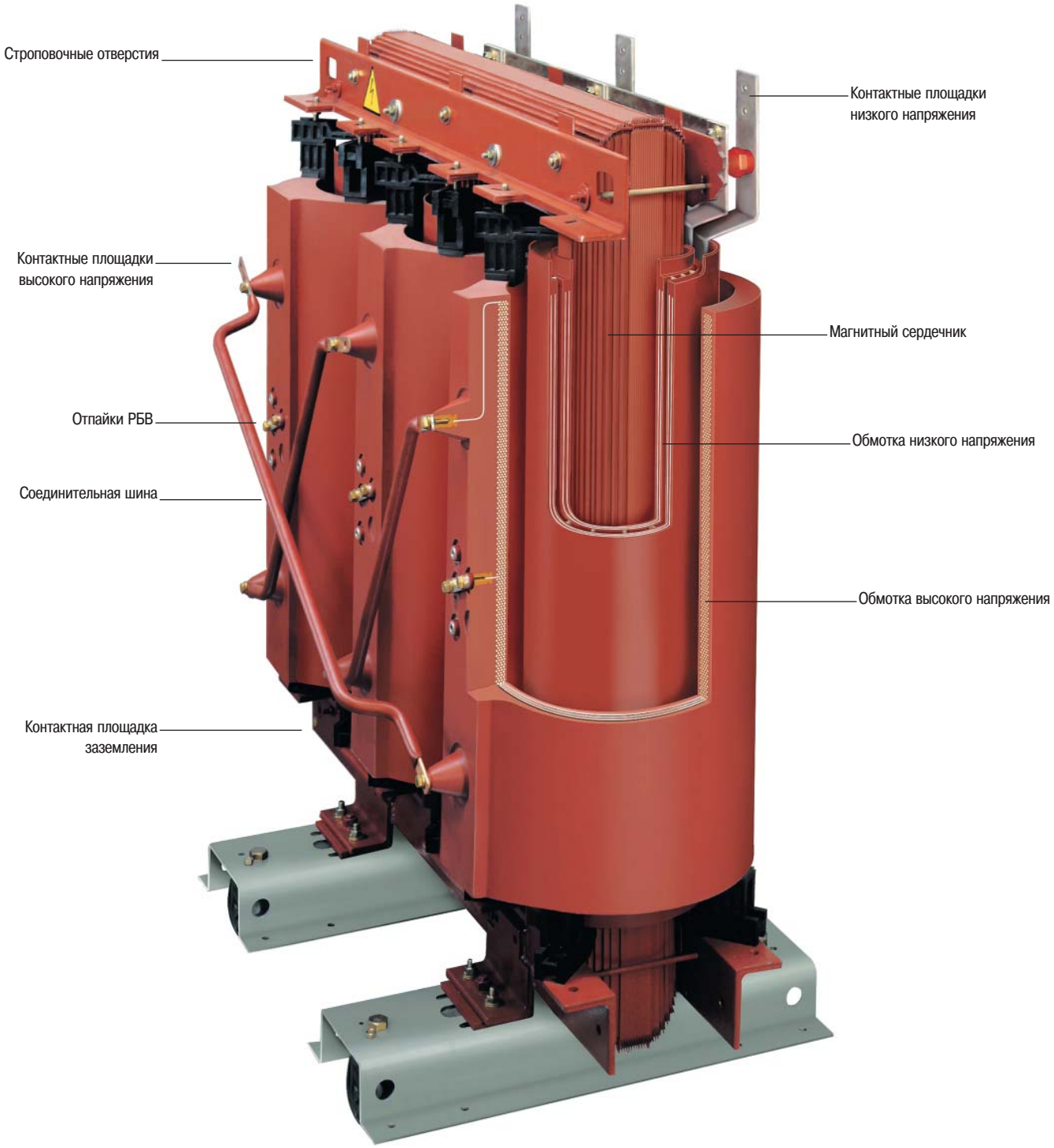
Дополнительная техническая документация поставляется по отдельному запросу.

Trihal

Трансформатор Trihal характеризуется:
- простотой установки;
- минимальным обслуживанием;
способностью к самогашению во время пожара;
- отсутствием вредных воздействий на окружающую среду.



Trihal


Строповочные отверстия
Контактные площадки низкого напряжения
Контактные площадки высокого напряжения
Магнитный сердечник
Отпайки РБВ
Обмотка низкого напряжения
Соединительная шина
Обмотка высокого напряжения
Контактная площадка заземления

Тип

Трансформатор Trihal (“Триал”) представляет собой трехфазный трансформатор сухого типа с **изоляцией из эпоксидной смолы с наполнителем, залитой в вакууме**.

Наполнитель состоит в основном из **тригидрата алюминия $Al(OH)_3$**, обладающего огнегасительными свойствами, название которого легло в основу торговой марки **Trihal**.

Трансформатор Trihal предназначен для использования в помещении (относительно наружной установки проконсультируйтесь в Schneider Electric).

Стандарты

Трансформатор Trihal соответствует следующим стандартам:
- МЭК 76-1 - 76-5;
- МЭК 726 (1982);
- CENELEC (Европейский комитет по стандартизации электрооборудования, ЕКСЭ): документы по унификации HD 538-1 S1: 1992 и HD 464-S1: 1988/A2: 1991/A3: 1992, относящиеся к трансформаторам сухого типа;
- ГОСТ 11677-85.

Данные трансформаторы сертифицированы в России (серт. № РОСС FR.МВО2.Н.00237).

Серия Trihal

■ **Распределительные трансформаторы 100 - 3150-кВ · А, до 12 кВ.**

Относительно других значений мощности и напряжения проконсультируйтесь в Schneider Electric.

Трансформаторы Trihal имеют два типа исполнения:
- □ **без защитного кожуха (IP00);**
- □ **в металлическом кожухе (IP31).**

Трансформаторы без защитного кожуха не обеспечивают защиту при прямых прикосновениях.

■ **Относительно силовых трансформаторов ВН/ВН до 15 МВ · А и 36 кВ проконсуль-тируйтесь в Schneider Electric.**

Технология и производство

В процессе разработки и производства трансформатора Trihal завод “Франс Трансфо” зарегистрировал два ключевых патента:

■ **линейный градиент напряжения обмотки высокого напряжения, при намотке которой не используется межслойная изоляция;**

Очень незначительная разность потенциалов между соседними витками позволяет отказаться от межслойной изоляции и, тем самым, повысить качество процесса заливки изоляции.

■ **литая огнестойкая изоляция;**

Данная технология запатентована “Франс Трансфо” и внедрена на заводе в Эннери, близ г. Метц (Франция).

Минимальные сроки поставки обеспечиваются высокой производительностью завода “Франс Трансфо” и наличием склада в ЗАО Schneider Electric в г. Москве.

Система обеспечения качества

Трансформаторы Trihal изготовлены в соответствии с **системой качества, отвечающей международному стандарту ISO 9001,** что подтверждает сертификат, выданный **AFAQ** (Французская Ассоциация по обеспечению качества).

Технология, разработанная и запатентованная на заводе "Франс Трансфо"

Трансформаторы Trihal ВН/НН

Трансформатор Trihal ВН/ВН 10 МВ · А - 20 кВ/6350 В

Номинальная мощность до 140 % с принудительным охлаждением (AF)

(1) Показатель степени защиты IP:

	1-я цифра	2-я цифра
Определение	защита от твердых предметов	защита от жидкостей
Шкала*	0-6	0-8
IP 31	защита от твердых предметов > 2,5 мм	защита от вертикально падающих водяных капель
IP 21	защита от твердых предметов > 12 мм	защита от вертикально падающих водяных капель

* 0 = отсутствие защиты.

(2) Степени защиты IK:

Определение	защита от механических ударов
Шкала**	0-10
IK 17	защита от механических ударов ⩽ 2 Дж

** 0 = отсутствие защиты.

Trihal
Технология

Превосходная стойкость к импульсному напряжению.

Очень низкий уровень частичных разрядов (≤10 пКл)

Магнитный сердечник

Магнитный сердечник изготовлен из листов кремнийсодержащей стали с ориентированными зернами, изолированными минеральными окислами.

Рабочие характеристики сердечника определяются маркой стали, способом нарезки листов и методом сборки.

Обмотка низкого напряжения

Обмотка низкого напряжения обычно изготавливается из алюминиевой ленты (или из медной – на заказ). Такая технология уменьшает осевые нагрузки при коротком замыкании.

Слои обмотки изолированы при помощи материала класса F. Сердечники обмотки низкого напряжения имеют дополнительное защитное покрытие из алкидной смолы.

Такой способ защиты **гарантирует превосходную стойкость к неблагоприятной промышленной среде, а также исключительную электрическую прочность.**

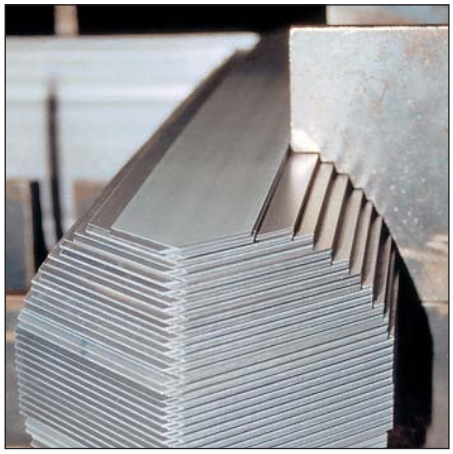
Обмотка высокого напряжения

Обмотка высокого напряжения обычно выполнена из изолированного алюминиевого провода (или из медного – на заказ) с применением **метода, разработанного и запатентованного “Франс Трансфо”.**

Использование данного метода обеспечивает очень низкий уровень механического напряжения между соседними проводниками благодаря линейному градиенту напряжения, направленному сверху вниз по обмотке. **Это увеличивает последовательную емкость в обмотке и, соответственно, улучшает распределение импульсной волны.** Незначительная разность потенциалов между соседними проводниками позволяет исключить межслойную изоляцию и обеспечивает **высокое качество литой изоляции,** покрывающей все проводники.

Обмотка высокого напряжения заливается изоляцией класса F. Изоляция состоит из эпоксидной смолы с инертными и огнестойкими наполнителями, при этом процессы смешивания и заливки осуществляются в вакууме (см. стр. 5).
Эта технология придает обмоткам очень высокие диэлектрические свойства с очень низким уровнем частичных разрядов (см. стр. 9).

Магнитный сердечник



Намотка обмотки низкого напряжения

Сборочная линия завода в Эннери

Намотка обмотки высокого напряжения

Литая изоляция обмотки ВН

Технология **заливки под вакуумом изоляции из смолы с огнестойким наполнителем** разработана и запатентована заводом “Франс Трансфо”.

Литая изоляция класса F состоит из:

■ **эпоксидной смолы** на основе бифенола необходимой вязкости, обеспечивающей превосходное качество пропитки обмоток;

■ ангидридного **отвердителя** с добавкой для повышения гибкости. Этот тип отвердителя обеспечивает отличные термические и механические свойства. Добавка, повышающая гибкость, придает изоляции необходимую упругость для предупреждения растрескивания во время работы;

■ **активного порошкового наполнителя, состоящего из кремнезема (двуокись кремния) и тригидрата алюминия**, тщательно смешанных со смолой и отвердителем.

Кремнезем усиливает механическую прочность литой изоляции и улучшает теплоотдачу.

Тригидрат алюминия гарантирует высокие противопожарные свойства трансформатора Trihal. Тригидрат алюминия способствует проявлению трех противопожарных эффектов, возникающих в случае обгорания литой изоляции (когда трансформатор подвергается воздействию пламени):

- 1-й противопожарный эффект(1): образование отражающего огнеупорного экрана из глинозема (окись алюминия);
- 2-й противопожарный эффект(1): образование преграды из водяного пара;
- 3-й противопожарный эффект(1): поддержание температуры ниже точки воспламенения.

В результате сочетания этих трех противопожарных эффектов происходит немедленное самогашение трансформатора Trihal(1).

Итак, кроме диэлектрических свойств литая изоляция придает трансформатору Trihal превосходную огнестойкость в сочетании со способностью к самогашению, а также обеспечивает надежную защиту от неблагоприятных воздействий промышленной среды.

(1) См. стр. 6: все три противопожарных эффекта показаны на рисунках, изображающих обмотку трансформатора Trihal в разрезе.

Процесс заливки изоляции обмотки ВН

Весь процесс, от дозирования до полимеризации, управляется компьютером.

Тригидрат алюминия и кремнезем высушиваются и дегазируются в вакууме с целью удаления влаги и воздуха, которые могут привести к снижению диэлектрических характеристик литой изоляции.

Половина вышеуказанного состава смешивается со смолой, а другая половина – с отвердителем. Эта операция осуществляется в глубоком вакууме и при контролируемой температуре до получения двух однородных смесей.

Перед окончательным перемешиванием снова производится дегазация с помощью тонкой пленки. Затем осуществляется заливка в предварительно высушенные и подогретые формы при оптимальной температуре пропитки.

Цикл полимеризации начинается с желеобразования при температуре 80 °C и заканчивается длительной полимеризацией при температуре 140 °C.

Немедленное самогашение.

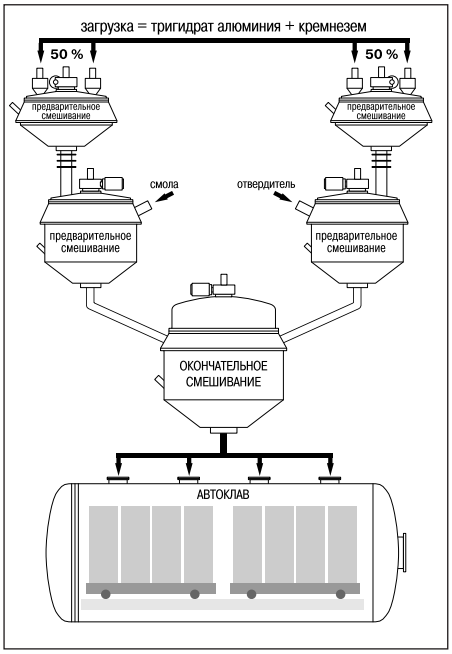
Исключено возникновение трещин.

Пульт управления процессом заливки

Аппарат для предварительного смешивания

Автоклав

Схема процесса вакуумной заливки



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

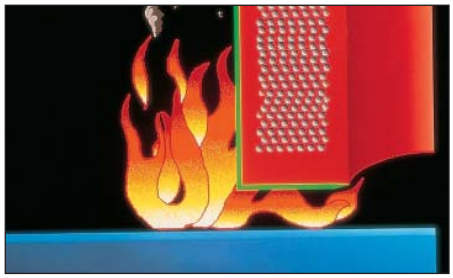
Анализ и количественное определение газов, образующихся при пиролизе материала, проводятся в соответствии с положениями стандарта NF X 70.100, аналогичными UTE C 20454.

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).

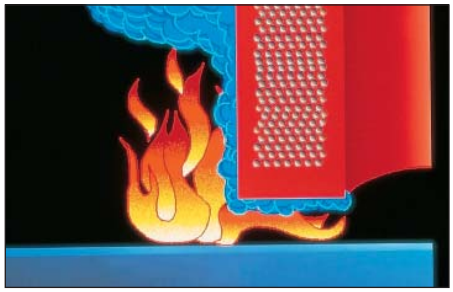
□ Результаты испытания

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.

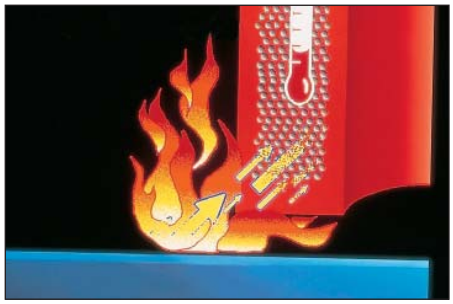
Центральная Лаборатория
Префектуры Парижа
Сертификат испытания № 1140/86
от 2 декабря 1986 г.



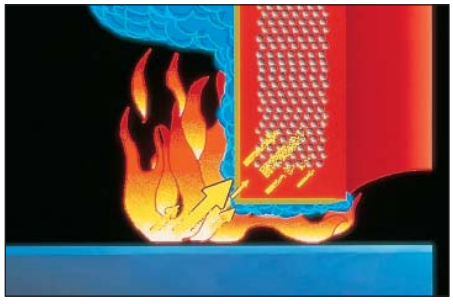
1-й противопожарный эффект: образование отражающего огнеупорного экрана из глинозема (окись алюминия)



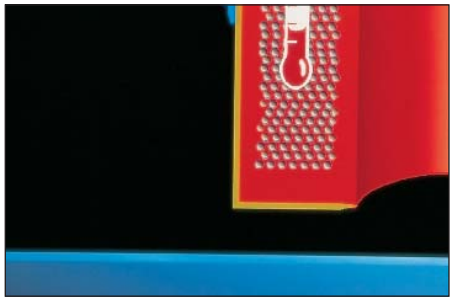
2-й противопожарный эффект: образование преграды из водяного пара



3-й противопожарный эффект: поддержание температуры ниже точки воспламенения



Сочетание трех противопожарных эффектов



Немедленное самогашение

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.

■ 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 °C.

Через 45 мин: температура составляла 85 °C (ниже 140 °C, в соответствии со стандартом), см. рис. 2;
Через 60 мин: температура составляла 54 °C (ниже 80 °C, 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 (SO_2), 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.*

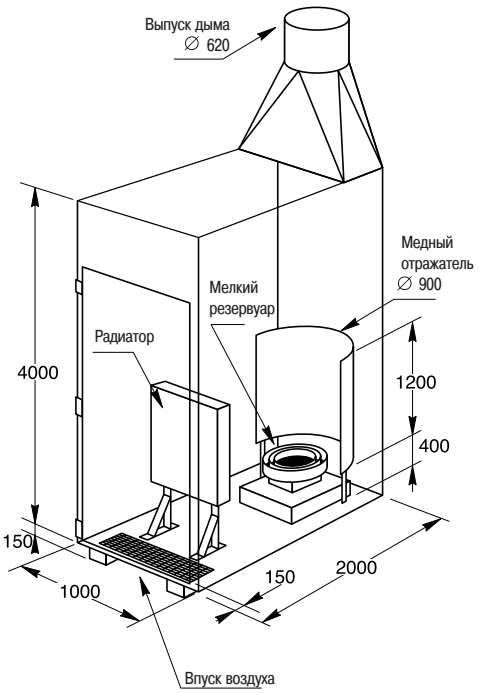
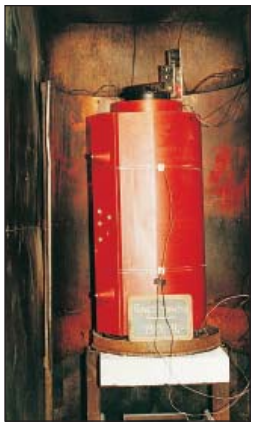


Рис. 1: испытательная камера МЭК 332-3



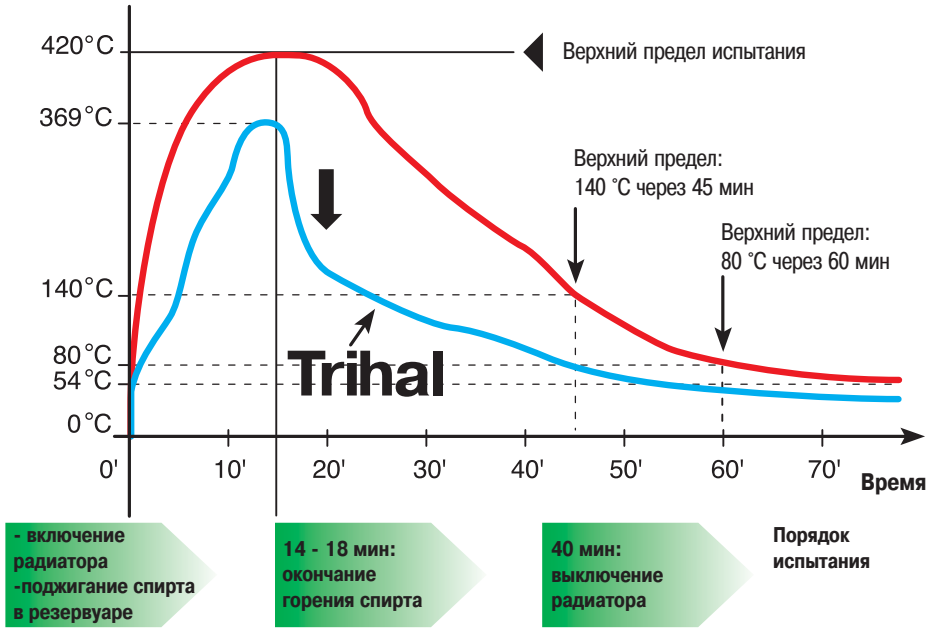
Испытание F1 на катушке в сборе трансформатора Trihal

В соответствии со стандартом HD 538.1-S1*

Катушка трансформатора Trihal после испытания F1

Рис. 2

Фактическая температура (ΔT)



*документ по унификации CENELEC.

Trihal
Испытания

Трансформатор Trihal устойчив к изменением нагрузки и к перегрузкам.

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

Рис. 1: C2a

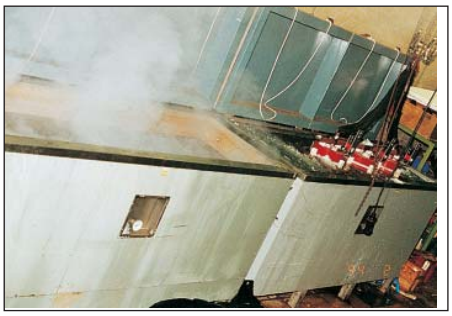


Рис. 2: C2b

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 KEMA, Голландия.
Протокол испытаний № 31813.00-HSL 94-1258.

630 кВ · A № 601896.01

☐ Методика испытания
Трансформатор Trihal был помещен на 12 часов в климатическую камеру, температура воздуха в которой была первоначально доведена до (-25 ± 3) °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 критичным параметром, влияющим на срок службы сухого трансформатора с литой изоляцией.
В соответствии со стандартом HD 538.1-S1 уровень должен быть ⩽20 пКл. Для трансформато-ра 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 KEMA, 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 °C, другой с ледяной водой < 5 °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 напряжением, равным 75 % от номинальных значений) и измерениям частичных разрядов. Уровень частичных разрядов является критичным 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 KEMA, Голландия.
Протокол испытаний № 31813.00-HSL 94-1258.

630 кВ · A № 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 ± 3) °C и относительной влажности (90 ± 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 KEMA, 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 (a 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 Um(1);
● ⩽10 пКл гарантировано при 1,375 Un,
здесь Um > 1,25 Un
Un = номинальное напряжение;
Um = 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 Ренардьерах, Франция.

Исследовательский Центр ЭДФ в Ренардьерах
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 Lp(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 Lw(A), вычисляемый на основе уровня акустического давления по следующей формуле:

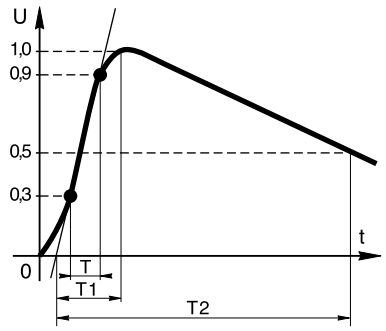
Lw(A) = Lp(A) + 10 log S,

Lw(A) = средний уровень акустической мощности в дБ (A);
Lp(A) = средний уровень значений акустического давления, измеренных в дБ (A);
S = эквивалентная площадь в м²
= 1,25 x H x P,
где H - высота трансформатора в метрах;
P - периметр контура измерений на расстоянии 1 метр.

Уровень частичных разрядов ⩽ 10 пКл.
Уровень изоляции 12 кВ:
испытание импульсом 75 кВ.

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

Полный грозовой импульс



Длительность фронта	T1 = 1,2 мкс ± 30 %
Время затухания	T2 = 50 мкс ± 20 %
Отношение T1 к T	T1 = 1,67 T

(1) стандартные испытательные 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

Удобство и быстрота установки.

Трансформаторы Trihal в металлическом кожухе IP31, установленные на металлургическом заводе

Рис. 1

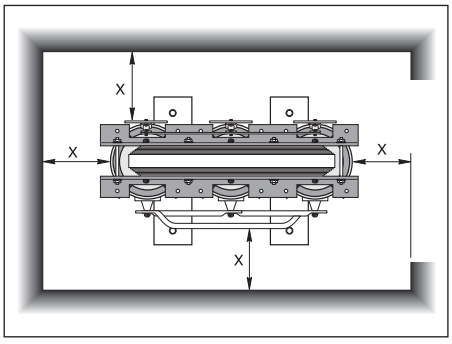
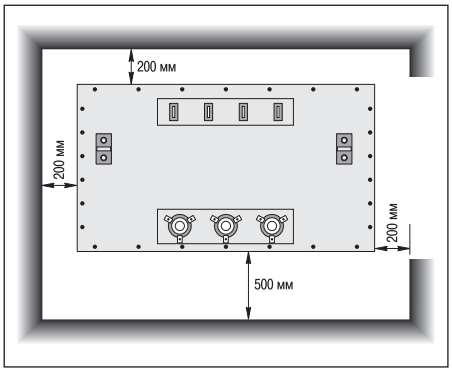


Рис. 2



С трансформатором поставляется инструкция по установке, пусконаладочным работам и техническому обслуживанию.

Общие положения

Благодаря отсутствию жидких диэлектриков и превосходной огнестойкости трансформаторов Trihal особые меры противопожарной безопасности не требуются, при условии соблюдения следующих указаний:

☐ не устанавливать трансформатор в зоне, где есть опасность затопления;
☐ высота над уровнем моря не должна превышать 1000 м, если только большая высота не была указана при заказе;
☐ температура окружающего воздуха в помещении, где установлен трансформатор, должна быть в следующих пределах:
- минимальная температура: -25 °C;
- максимальная температура: +40 °C
(если только в заказе не содержалось особое требование к температуре, на основе которого был сделан специальный расчет трансформатора).

Стандартный трансформатор рассчитан в соответствии со стандартом МЭК 76 на следующие температуры окружающей среды:
● максимальная температура: 40 °C;
● среднесуточная температура: 30 °C;
● среднегодовая температура: 20 °C.

☐ местная вентиляция должна обеспечивать рассеяние суммарных потерь трансформатора;
☐ трансформатор, в том числе в металлическом кожухе IP31, рассчитан на внутреннюю установку (относительно наружной установки проконсультируйтесь в Schneider Electric);
☐ необходимо предусмотреть доступ к контактным площадкам и регулировочным отпайкам;
☐ по вопросу мобильной установки проконсультируйтесь в Schneider Electric.

■ Трансформатор Trihal без защитного кожуха (IP00) (рис. 1).

В этом случае должна быть предусмотрена защита от прямых прикосновений. Кроме того:
☐ следует предотвратить возможность попадания на трансформатор водяных капель (например в случае конденсации влаги на вышерасположенных трубопроводах);
☐ необходимо соблюдать минимальные расстояния до стен и т.д. в соответствии со следующей таблицей:

Номинальное напряжение (кВ)	Расстояние X(1) (мм)	
	до сплошной стены	до ограждения из сетки
6	90	300
10	120	300
20	220	300

В случае невозможности соблюдения какого-либо из этих расстояний, проконсультируйтесь в Schneider Electric.

■ трансформатор Trihal в металлическом кожухе IP31 (рис. 2)
Для обеспечения правильного охлаждения необходимо соблюдать минимальное расстояние 200 мм между внешней стороной трансформатора и стенами помещения.

(1) Доступ к отпайкам РБВ не учитывается.

Трансформаторы Trihal (IP00), установленные на Всемирной Выставке ЭКСПО 92 в Севилье

Вентиляция

■ Определение высоты расположения и сечения вентиляционных отверстий

В общем случае естественного охлаждения (AN) целью вентиляции подстанции или кожуха является рассеяние, посредством естественной конвекции, тепла от суммарных потерь трансформатора. Правильно организованная система вентиляции включает в себя отверстие сечением S для впуска свежего воздуха, расположенное в нижней части стены помещения, и отверстие сечением S' для выпуска воздуха, расположенное в верхней части противоположной стены на высоте H по отношению к впускному отверстию (рис. 1). Следует отметить, что ограничение циркуляции воздуха сокращает длительную и кратковременную перегрузочную мощность трансформатора.

■ Формула для расчета вентиляции

$$S = \frac{0{,}18\,P}{\sqrt{H}} \quad \text{и} \quad S' = 1{,}10 \times S \text{ , где}$$

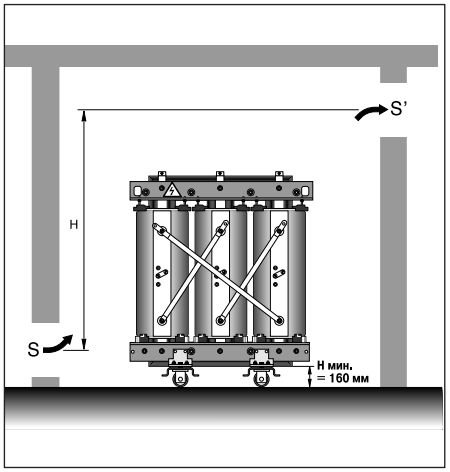
P - сумма потерь холостого хода и нагрузочных потерь трансформатора, выраженная в кВт при 120 °C;
S - площадь отверстия впуска воздуха (за вычетом площади решетки), выраженная в м^2;
S' - площадь отверстия выпуска воздуха (за вычетом площади решетки), выраженная в м^2;
H - высота расположения выпускного отверстия по отношению к впускному, выраженная в метрах.

Данная формула действительна для средней температуры окружающего воздуха 20 °C и высоты над уровнем моря 1000 м.

■ Принудительная вентиляция

Принудительная вентиляция подстанции необходима в случае, если температура окружающего воздуха превышает 20 °C, если помещение мало или плохо вентилируется, а также при эксплуатации с частыми перегрузками.
Управление вентилятором может обеспечиваться термостатом.
Рекомендуемая производительность (м^3/с) при 20 °C: 0,1 x P, где P - суммарные потери в кВт.

Рис. 1



Принудительная вентиляция

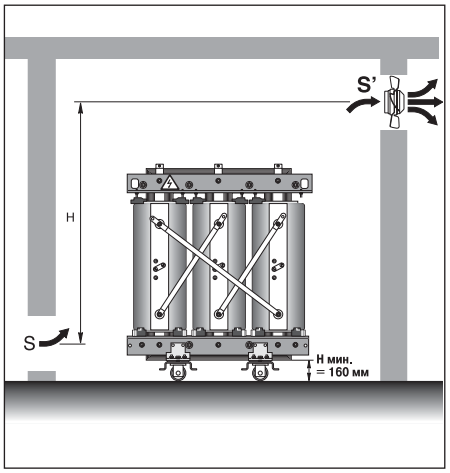


Рис. 1: стандартные присоединения ВН и НН сверху

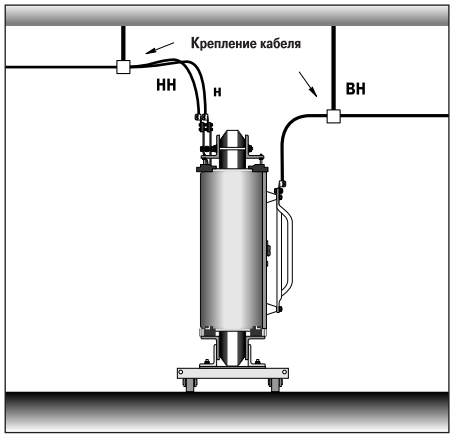


Рис. 2: стандартные присоединения ВН и НН снизу

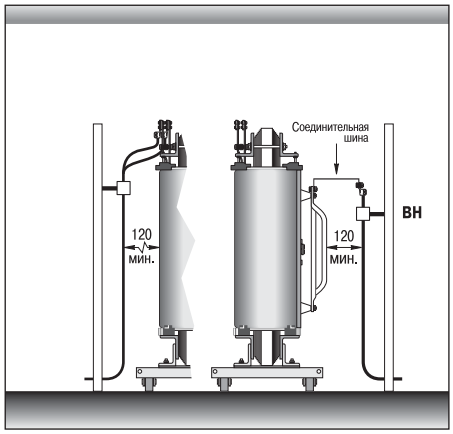
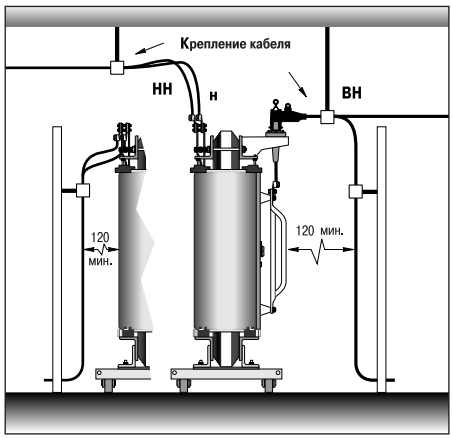


Рис. 3: присоединения ВН через разъемы



Присоединения

Во всех случаях, показанных на рисунках, должно быть обеспечено соответствующее крепление кабелей и шин для предотвращения возникновения механических напряжений в контактных площадках ВН и НН и в низковольтных разъемах.
Высоковольтные присоединения должны быть выполнены в верхней части соединительных шин.
Низковольтные присоединения выполняются в верхней части трансформатора.

Предупреждение:

- расстояние между высоковольтными кабелями или шинами и поверхностью обмотки должно составлять не менее 120 мм, исключая присоединения на плоской панели высоковольтной стороны, где минимальный зазор определяется контактными площадками ВН;
- минимальное расстояние 120 мм должно также соблюдаться по отношению к внешней соединительной шине ВН;
- литое покрытие, а также наличие разъемов не обеспечивают защиту от прямых прикосновений, поэтому нельзя дотрагиваться до трансформатора под напряжением.

■ Трансформатор Trihal
без защитного кожуха (IP00)

☐ Стандартные присоединения ВН и НН
- отходящие линии (или вводы) НН могут присоединяться сверху или снизу (рис. 1 и 2);
- отходящие линии (или вводы) ВН могут присоединяться сверху или снизу (рис. 1 и 2);
- в случае верхнего присоединения отходящих линий (или вводов) необходимо предусмотреть распорку (не входит в поставку “Франс Трансфо”).

☐ Присоединения ВН через разъемы (рис. 3).

Стандартные присоединения ВН и НН сверху

Стандартные присоединения НН сверху (1)

Присоединения ВН сверху через разъемы (1) **(на заказ)**

Присоединения ВН и НН сверху

(1) при снятых панелях кожуха.

■ Трансформатор Trihal
в металлическом кожухе IP31

□ Стандартные присоединения ВН и НН (рис. 1 и 2)
- отходящие линии (или вводы) НН присоединяются сверху под верхней крышкой кожуха;
- низковольтные кабели не должны ни в коем случае проходить между обмотками ВН и кожухом;
- отходящие линии (или вводы) ВН могут присоединяться сверху (рис. 1) или снизу (рис. 2).

□ Присоединение ВН снизу
- отходящие линии или (вводы) ВН могут присоединяться снизу непосредственно к контактным площадкам (рис. 2); в этом случае кабели вводятся через съемный люк, расположенный внизу справа на стороне ВН;
- высоковольтные кабели должны быть закреплены внутри кожуха на панели стороны ВН. Для этой цели там предусмотрены два отверстия (рис. 2) (крепежные детали не входят в поставку “Франс Трансфо”).
Следует проверить возможность этого типа присоединения, исходя из сечения и радиуса изгиба кабелей, а также из наличия свободного места внутри корпуса.

□ Присоединение ВН через разъемы (рис. 3).

Предупреждение:
после просверливания изолирующей панели под присоединения ВН, НН необходимо убедиться в соответствии степени защиты IP31.

Рис. 1: стандартные присоединения ВН и НН сверху

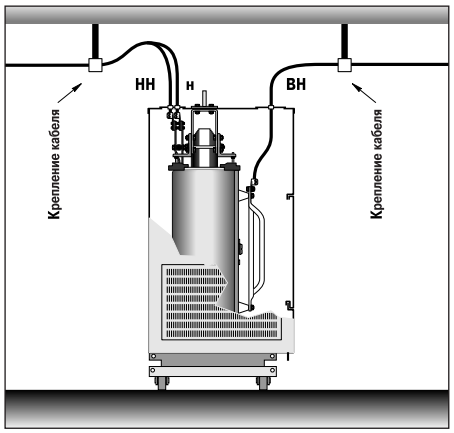


Рис. 2: стандартное присоединение ВН снизу

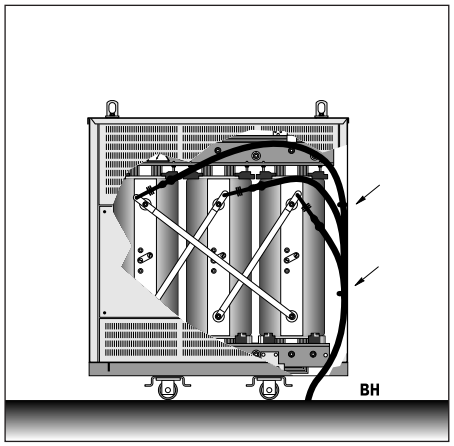
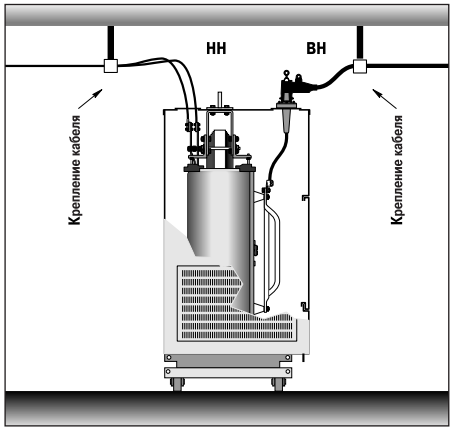


Рис. 3: присоединения ВН через разъемы (на заказ)

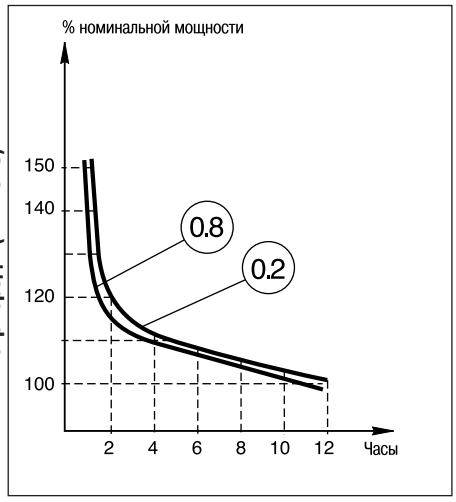


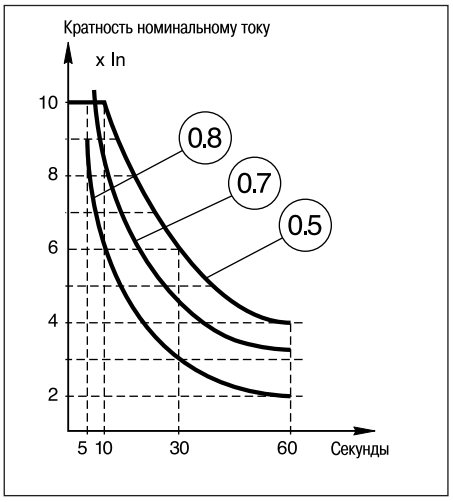
Trihal
Перегрузки

Допустимые временные перегрузки для ежедневного цикла работы

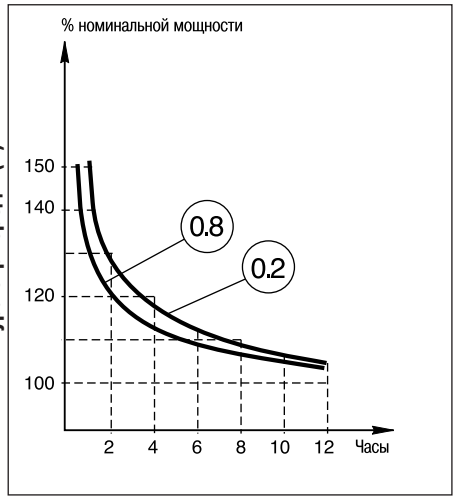
Допустимые кратковременные перегрузки

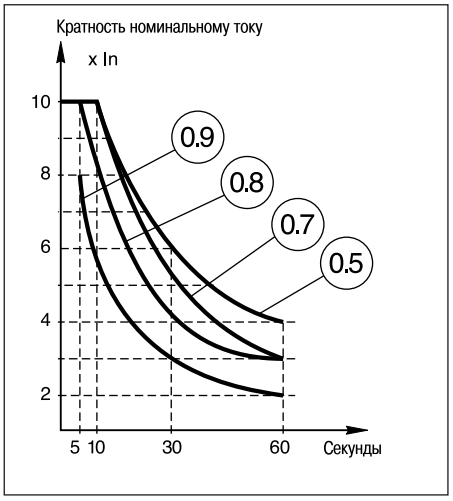
Среднегодовая температура окр. среды (X +10 °C)



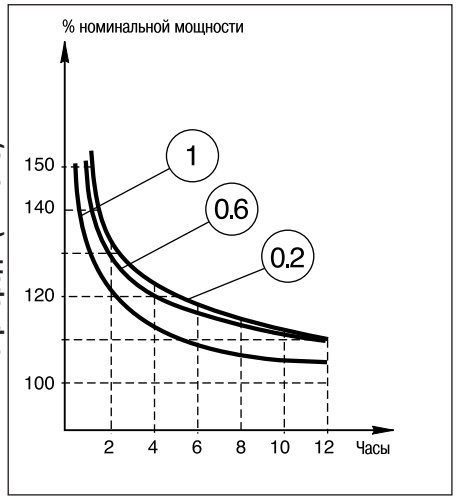


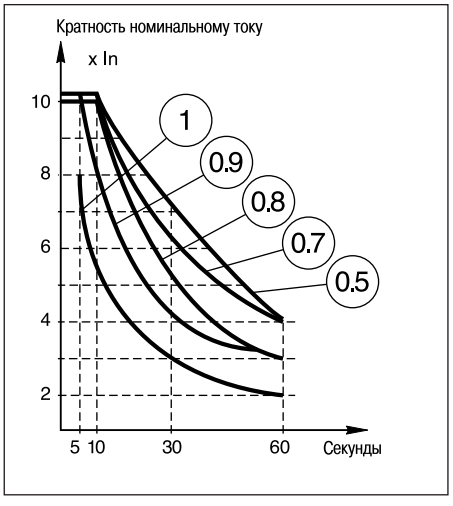
Среднегодовая температура окр. среды (X)





Среднегодовая температура окр. среды (X -10 °C)





Общие положения

Трансформаторы рассчитаны на работу с номинальной мощностью при температурах окружающей среды, определяемых стандартом МЭК 76:

- максимальная температура: 40 °C;
- среднесуточная температура: 30 °C;
- среднегодовая температура: 20 °C.

Если нет особых требований, то среднегодовой температурой является 20 °C.

■ Перегрузки без сокращения срока службы допускаются при условии, что они компенсируются рабочей нагрузкой, меньшей, чем номинальная мощность.

$$K = \frac{\text{нагрузка}}{\text{номинальная мощность}}$$

Допустимые перегрузки также зависят от средней температуры окружающей среды.

В 1-й колонке даны перегрузки для ежедневного цикла работы.

Во 2-й колонке указаны допустимые кратковременные перегрузки.

■ Ниже показана допустимая постоянная нагрузка в зависимости от средней температуры, соответствующей нормальному сроку службы.

■ Трансформатор, рассчитанный на работу при температуре окружающей среды 40 °C, может использоваться при более высокой температуре с уменьшением мощности, как показано в нижеследующей таблице.

Макс. температура окружающей среды	Допустимая нагрузка
40 °C	P
45 °C	0,97 x P
50 °C	0,94 x P
55 °C	0,90 x P

Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции

Трансформаторы оснащены приспособлениями для безопасных погрузочно-разгрузочных и транспортных операций.

■ Подъем посредством строп (рис. 1)
Подъем осуществляется при помощи 4 отверстий (трансформатор без кожуха) и 2 подъемных проушин (трансформатор в кожухе). Угол между стропами не должен превышать 60°.

■ Подъем посредством автопогрузчика (рис. 1)
В первую очередь следует проверить грузоподъемность автопогрузчика. Если грузоподъемность достаточна, вилочный захват автопогрузчика вводится внутрь П-образных профилей опорной рамы после предварительного снятия роликов.

■ Буксировка
Буксировка трансформатора в кожухе или без него осуществляется за опорную раму. Для этого с каждой стороны опорной рамы предусмотрено отверстие диаметром 27 мм. Буксировка может производиться в двух направлениях: вдоль оси опорной рамы и перпендикулярно этой оси.

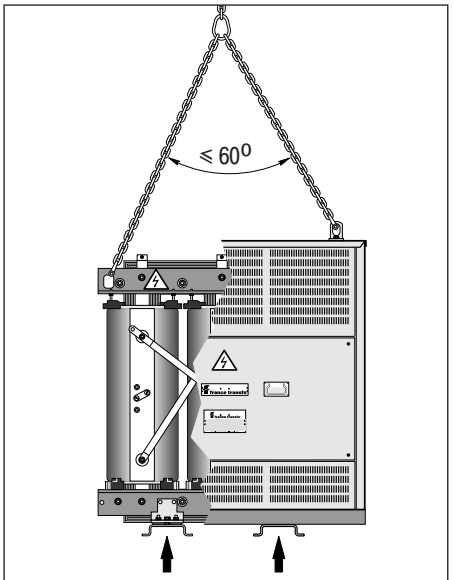
■ Установка роликов
☐ при подъеме посредством строп (рис. 1);
☐ или же при подъеме посредством автопогрузчика (рис. 1 и 2).
В этом случае вилочный захват автопогрузчика вводится в П-образные профили опорной рамы.
Установите поперек опорной рамы балки, высота которых превышает высоту роликов, и опустите на них трансформатор.
Установите домкраты, затем уберите балки.
Установите ролики в необходимое положение (двунаправленные ролики).
Опустите трансформатор на ролики, уберите домкраты.

Хранение

При хранении трансформатор Trihal должен быть защищен от попадания на него воды и должен располагаться в стороне от работ, являющихся источником пыли (строительные работы, пескоструйная обработка и т.д.).
Если трансформатор Trihal поставлен в пластиковом чехле, этот чехол должен оставаться на трансформаторе во время хранения.

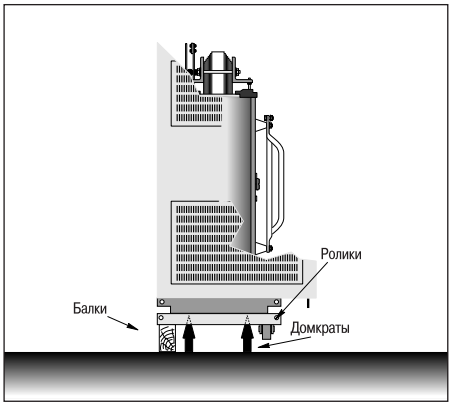
Трансформатор Trihal может храниться при температуре до -25 °C.

Рис. 1



Зоны опоры на вилочный захват автопогрузчика

Рис. 2



Погрузка

Trihal Ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание

Ввод в эксплуатацию(1)

■ Помещение (см. стр. 12)
Помещение должно быть сухим, чистым, отделанным и не представлять опасности попадания воды.
Не устанавливайте трансформатор в зоне, где есть опасность затопления.
Помещение должно иметь вентиляцию, достаточную для рассеяния тепла суммарных потерь трансформатора (см. стр. 11).

■ Проверка состояния трансформатора после хранения
В случае сильного запыления трансформатора Trihal очистите его при помощи пылесоса или продувкой сжатым воздухом или азотом, тщательно протрите изоляторы, используя бумажные полотенца.

■ Трансформаторы Trihal, поставляемые в пластиковом чехле: трансформаторы без защитного кожуха (IP00)
Во избежание попадания посторонних предметов (винтов, гаек, шайб и т.д.) не снимайте чехол в течение всей операции подключения трансформатора: для доступа к вводам ВН и НН разорвите чехол в соответствующих местах.

Примечание:
перед вводом трансформатора в эксплуатацию пластиковый чехол необходимо снять.

■ Трансформаторы Trihal, поставляемые в металлическом кожухе
К оболочке не должно прилагаться никаких механических усилий, кроме присоединения кабелей питания.
Размещение внутри кожуха любого оборудования или аксессуаров, не входящих в комплект поставки фирмы “Франс Трансфо”, за исключением приспособлений для присоединения кабелей, установленных в соответствии с вышеперечисленными указаниями, запрещается и влечет за собой снятие гарантии фирмы. Относительно любых изменений кожуха, крепления и установки дополнительного оборудования, проконсультируйтесь в Schneider Electric.

■ Соединительные кабели ВН и НН (см. стр. 13)
Точки крепления ни в коем случае не должны находиться на сердечнике или обмотках трансформатора. Расстояние между кабелями ВН, НН или низковольтными шинами и поверхностью обмотки ВН должно составлять не менее 120 мм, за исключением стороны ВН, где минимальное расстояние определяется от наиболее удаленной от центра соединительной шины.

■ Присоединения ВН
Момент затяжки соединений на высоковольтных контактных площадках и регулировочных отпайках должен составлять:

Винт-гайка	M8	M10	M12	M14
Момент затяжки, кгм	1	2	4	6

■ Присоединения НН
Момент затяжки соединений на контактных площадках НН должен составлять:

Винт-гайка	M8	M10	M12	M14	M16
Момент затяжки, кгм	1,25	2,5	4,5	7	10

■ Цепи вторичной коммутации
Проводка цепей вторичной коммутации трансформатора должна крепиться на жестких кронштейнах (без нахлеста) и проходить на достаточном расстоянии от частей под напряжением. Минимальное расстояние определяется напряжением уровня изоляции, указанным на заводской табличке с номинальными данными.

Напряжение уровня изоляции (кВ)	Минимальное расстояние (мм)
7,2	270
12	450

Примечание:
крепление аксессуаров на сердечнике и обмотках трансформатора запрещается.

■ Параллельная работа
Проверьте соответствие значений высокого и низкого напряжений, совместимость характеристик и, в особенности, групп соединения обмоток и значений напряжения короткого замыкания. Убедитесь, что перемычки регулировочных отпаек на трансформаторах, соединяемых параллельно, установлены в одинаковое положение в соответствии со стандартом HD 398.

■ Перед вводом в эксплуатацию произведите следующие проверки:
☐ снимите защитный чехол и проверьте все соединения (расположение, зазоры, моменты затяжки);
☐ проверьте, после присоединения, вводы кабелей и шин и убедитесь, что степень защиты IP соответствует норме;
☐ убедитесь, что положение перемычек на регулировочных отпайках для каждой фазы соответствует диаграмме, избраженной на заводской табличке;
☐ убедитесь в общей чистоте трансформатора и измерьте изоляцию ВН/земля, НН/земля и ВН/НН при помощи мегаомметра на 2500 В.

Приблизительные значения сопротивления изоляции должны составлять:

ВН/земля = 250 МОм;
НН/земля = 50 МОм;
ВН/НН = 250 МОм.

Если измеренные значения значительно ниже указанных, проверьте наличие влаги на трансформаторе. Если влага присутствует, удалите ее при помощи ветоши и повторите проверку. В других случаях обращайтесь в отдел послепродажного обслуживания ЗАО "Шнейдер Электрик".

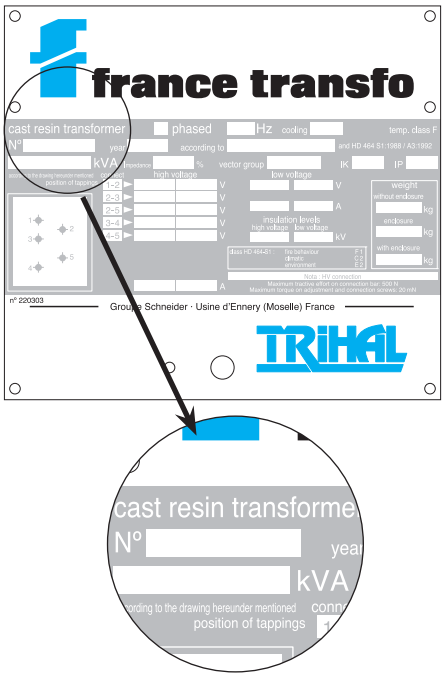
Техническое обслуживание(1)

При нормальных условиях эксплуатации и окружающей среды ежегодно производите осмотр трансформатора и удаляйте грязь при помощи пылесоса или продувкой сухим сжатым воздухом. Периодичность чистки зависит от условий эксплуатации. При проведении указанных операций техобслуживания следует также проверять затяжку соединений при помощи динамометрического ключа.
При наличии отложений жирной грязи применяйте только средство для холодного обезжиривания, предназначенное для очистки поверхностей из литьевой смолы:
(например DARTOLINE SRB 71 или HAKU SRB 71).

(1) Руководство по установке, вводу в эксплуатацию и техническому обслуживанию поставляется вместе с трансформатором.

Послепродажное обслуживание

При обращении за любой информацией или заказе запасных частей необходимо указывать основные характеристики, обозначенные на заводской табличке, в том числе серийный номер трансформатора.



Schneider Electric в странах СНГ

Беларусь

Минск
220006, ул. Белорусская, 15, офис 9
Тел.: (37517) 226 06 74, 227 60 34, 227 60 72

Казахстан

Алматы
050050, ул. Табачнозаводская, 20
Швейцарский центр
Тел.: (727) 244 15 05 (многоканальный)
Факс: (727) 244 15 06, 244 15 07

Астана
010000, ул. Бейбитшилик, 18
Бизнес-центр «Бейбитшилик 2002», офис 402
Тел.: (3172) 91 06 69
Факс: (3172) 91 06 70

Атырау
060002, ул. Абая, 2-А
Бизнес-центр «Сутас-С», офис 407
Тел.: (3122) 32 31 91, 32 66 70
Факс: (3122) 32 37 54

Россия

Волгоград
400089, ул. Профсоюзная, 15, офис 12
Тел.: (8442) 93 08 41

Воронеж
394026, пр-т Труда, 65, офис 267
Тел.: (4732) 39 06 00
Тел./факс: (4732) 39 06 01

Екатеринбург
620219, ул. Первомайская, 104
Офисы 311, 313
Тел.: (343) 217 63 37
Факс: (343) 217 63 38

Иркутск
664047, ул. 1-я Советская, 3 Б, офис 312
Тел./факс: (3952) 29 00 07, 29 20 43

Казань
420107, ул. Спартаковская, 6, этаж 7
Тел./факс: (843) 526 55 84 / 85 / 86 / 87 / 88

Калининград
236040, Гвардейский пр., 15
Тел.: (4012) 53 59 53
Факс: (4012) 57 60 79

Краснодар
350020, ул. Коммунаров, 268 В
Офисы 316, 314
Тел.: (861) 210 06 38, 210 14 45
Факс: (861) 210 06 02

Красноярск
660021, ул. Горького, 3 А, офис 302
Тел.: (3912) 56 80 95
Факс: (3912) 56 80 96

Москва
129281, ул. Енисейская, 37
Тел.: (495) 797 40 00
Факс: (495) 797 40 02

Мурманск
183038, ул. Воровского, д. 5/23
Конгресс-отель «Меридиан», офис 739
Тел.: (8152) 28 86 90
Факс: (8152) 28 87 30

Нижний Новгород
603000, пер. Холодный, 10 А, этаж 8
Тел./факс: (831) 278 97 25, 278 97 26

Новосибирск
630005, Красный пр-т, 86, офис 501
Тел.: (383) 358 54 21
Тел./факс: (383) 227 62 53

Пермь
614010, Комсомольский пр-т, 98, офис 11
Тел./факс: (342) 290 26 11 / 13 / 15

Ростов-на-Дону
344002, ул. Социалистическая, 74, литера А
Тел.: (863) 200 17 22, 200 17 23
Факс: (863) 200 17 24

Самара
443096, ул. Коммунистическая, 27
Тел./факс: (846) 266 41 41, 266 41 11

Санкт-Петербург
198103, ул. Циолковского, 9, кор. 2 А
Тел.: (812) 320 64 64
Факс: (812) 320 64 63

Сочи
354008, ул. Виноградная, 20 А, офис 54
Тел.: (8622) 96 06 01, 96 06 02
Факс: (8622) 96 06 02

Уфа
450098, пр-т Октября, 132/3 (бизнес-центр КПД)
Блок-секция № 3, этаж 9
Тел.: (347) 279 98 29
Факс: (347) 279 98 30

Хабаровск
680000, ул. Муравьева-Амурского, 23, этаж 4
Тел.: (4212) 30 64 70
Факс: (4212) 30 46 66

Украина

Днепропетровск
49000, ул. Глинки, 17, этаж 4
Тел.: (380567) 90 08 88
Факс: (380567) 90 09 99

Донецк
83087, ул. Инженерная, 1 В
Тел.: (38062) 385 48 45, 385 48 65
Факс: (38062) 385 49 23

Киев
03057, ул. Смоленская, 31-33, кор. 29
Тел.: (38044) 538 14 70
Факс: (38044) 538 14 71

Львов
79015, ул. Тургенева, 72, кор. 1
Тел./факс: (38032) 298 85 85

Николаев
54030, ул. Никольская, 25
Бизнес-центр «Александровский», офис 5
Тел./факс: (380512) 58 24 67, 58 24 68

Одесса
65079, ул. Куликово поле, 1, офис 213
Тел./факс: (38048) 728 65 55, 728 65 35

Симферополь
95013, ул. Севастопольская, 43/2, офис 11
Тел.: (380652) 44 38 26
Факс: (380652) 54 81 14

Харьков
61070, ул. Академика Проскуры, 1
Бизнес-центр «Telesens», офис 569
Тел.: (38057) 719 07 79
Факс: (38057) 719 07 49

Центр поддержки клиентов
Тел.: 8 (800) 200 64 46 (многоканальный)
Тел.: (495) 797 32 32, факс: (495) 797 40 04
ru.csc@ru.schneider-electric.com
www.schneider-electric.ru