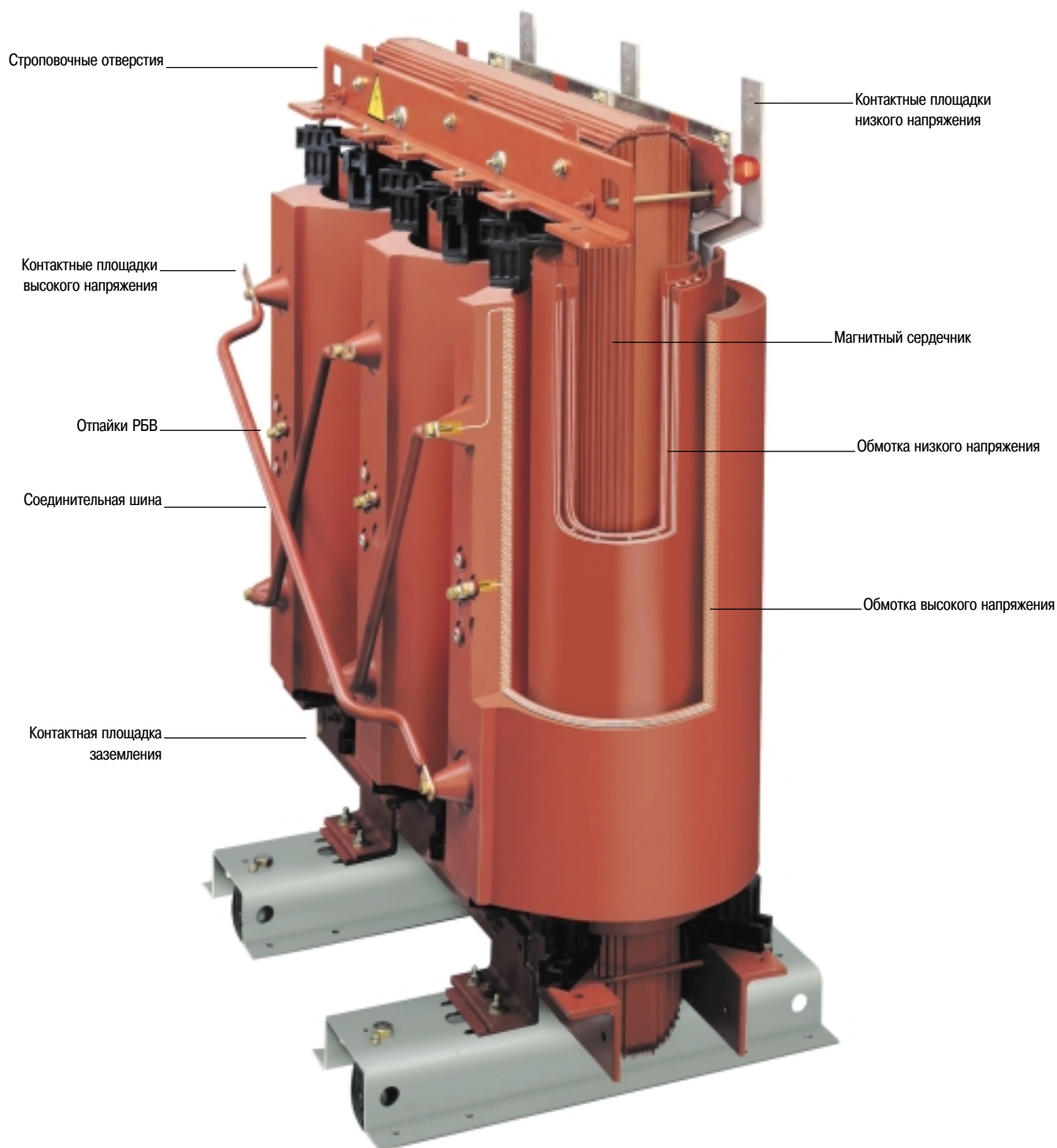


Сухой трансформатор  
с литой изоляцией  
**Trihal**



<b>Введение</b>	<b>3</b>
Тип	
Соответствие международным стандартам ГОСТ	
Стандарты	
Серия Trihal	
Технология и производство	
Система обеспечения качества	
Экология	
<b>Технология</b>	<b>4-5</b>
Магнитный сердечник	
Обмотка низкого напряжения	
Обмотка высокого напряжения	
Литая изоляция обмотки ВН	
<b>Испытания</b>	<b>6-10</b>
Типовые испытания	
Огнестойкость	
Климатические испытания	
Заводские испытания	
Измерения уровня шума	
<b>Технические характеристики</b>	<b>11-14</b>
<b>Дополнительное оборудование</b>	<b>15-19</b>
Тепловая защита	
Принудительный обдув	
Интерфейс шинпровода	
Защитный кожух	
<b>Установка</b>	<b>20-23</b>
Общие положения	
Вентиляция помещения	
Присоединения	
<b>Перегрузки</b>	<b>24</b>
<b>Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции, хранение</b>	<b>25</b>
<b>Ввод в эксплуатацию, обслуживание</b>	<b>26</b>
<b>Для заметок</b>	<b>27-28</b>



*Технология, разработанная  
и запатентованная на заводе  
"Франс Трансфо".*

### 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 огнегасящими свойствами, название которого легло в основу торговой марки.

### Стандарты

Трансформатор Trihal соответствует следующим стандартам:

- IEC 60076-1 ...5;
- IEC 60076-11 (2004);
- IEC 60905;
- EN 60076HD 398-1, -2, -3, -5, HD 538-2 S1:1995, EN 60076-11 (сухие трансформаторы);
- ДСТУ 3076-95;
- ГОСТ 11677-85.

Трансформаторы имеют все необходимые в Украине сертификаты.

### Серия Trihal

#### ■ Распределительные трансформаторы 100-2500 кВА, до 35 кВ.

Поставка трансформаторов больших мощностей и классов напряжения выполняется по индивидуальному заказу.

Трансформаторы Trihal имеют два типа исполнения:

- без защитного кожуха (IP00);
- в металлическом кожухе (IP31').

Внимание! Трансформаторы без защитного кожуха не обеспечивают защиту от поражения электрическим током при прикосновениях.



### Технология и производство

Технологические преимущества трансформаторов Trihal обеспечены двумя ключевыми патентами:

- стандартно применяемая технология выполнения обмотки ВН обеспечивает линейное распределение напряжения. Крайне малая разность потенциалов между соседними витками позволяет отказаться от межслойной изоляции и, тем самым, повысить качество её заливки.
- литая огнестойкая изоляция.

Данные технологии запатентованы заводом «France Transfo» группы Schneider Electric. Минимальные сроки поставки обеспечиваются высокой производительностью завода и наличием склада в ООО «Шнейдер Электрик Украина» (г. Киев).

### 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).

### Экология

Внедрявшаяся на заводе в течение многих лет система экологического контроля сертифицирована по требованиям международного стандарта ISO 14001. В результате трансформаторы Trihal дают возможность стопроцентной утилизации без каких-либо вредных отходов.

Трансформатор Trihal



<sup>1</sup> возможна поставка кожухов других степеней защиты

*Превосходная стойкость к импульсному напряжению.*

*Очень низкий уровень частичных разрядов ( $\leq 10$  пКл).*

### Магнитный сердечник



### Намотка обмотки низкого напряжения



### Сборочная линия завода в Эннери



### Магнитный сердечник

Магнитный сердечник изготовлен из холоднокатаной кремнийсодержащей стали. Современная технология резки и шихтовки обеспечивает высокие рабочие характеристики сердечника.

### Обмотка низкого напряжения

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

Технология пропитки и полимеризации изоляционным материалом класса F обеспечивает стойкость к агрессивным средам и высокую электрическую прочность.

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

### Обмотка высокого напряжения

Обмотка ВН выполнена из изолированного алюминиевого или медного провода по запатентованной технологии, обеспечивающей линейное распределение напряжения. Для больших токов применяется также технология секционированных ленточных обмоток.

Оба типа обмоток гарантируют низкое витковое напряжение.

Обмотка заливается под вакуумом огнестойким изоляционным компаундом класса F («система Trihal»), обеспечивая высокие диэлектрические свойства с исключительно низким уровнем частичных разрядов (гарантировано ниже 10 пКл)<sup>1</sup>, являющихся главным фактором влияния на срок службы изоляции и её устойчивость к перенапряжениям<sup>2</sup>.

### Намотка обмотки высокого напряжения



<sup>1</sup> фактический уровень ЧР самого трансформатора ниже в силу неизбежной ошибки измерения, вызываемой помехами

<sup>2</sup> уровень ЧР остаётся неизменным в течение всего срока службы трансформатора Trihal

*Немедленно самогашение.  
Исключено образование трещин.*

### Литая изоляция обмотки ВН

Технология заливки под вакуумом изоляции из смолы с огнестойким наполнителем разработана и запатентована заводом «France Transfo», входящим в группу Schneider Electric.

Литая изоляция класса F состоит из:

- эпоксидной смолы необходимой вязкости на основе бифенола, обеспечивающей качественную пропитку обмоток;
- ангидридного отвердителя, обеспечивающего высокие термические и механические характеристики, с добавкой пластификатора. Добавка придает изоляции необходимую эластичность, что предупреждает растрескивания во время работы с переменной нагрузкой;
- 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 обеспечивает высокую пожаростойкость трансформатора Trihal.

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

Весь технологический процесс, от дозирования до полимеризации, управляется компьютером.

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

Одна половина вышеуказанного состава смешивается со смолой, другая – с отвердителем. Эта операция также осуществляется в вакууме при контролируемой температуре до получения двух гомогенных смесей.

Перед окончательным перемешиванием производится дополнительная дегазация компаунда, который затем заливают в предварительно высушенные и подогретые до оптимальной температуры формы.

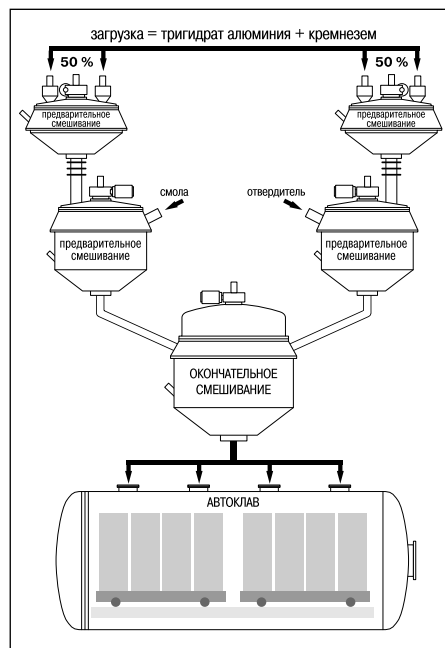
Процесс полимеризации начинается с температуры 80 °С и заканчивается при 140 °С. Данная температура близка к рабочей температуре трансформатора, что предотвращает образование механических напряжений в материале изоляции, служащих причиной растрескивания.

### Распорки обмотки ВН

Залитая отвердевшей смолой обмотка ВН представляет собой толстостенный цилиндр, насаженный на магнитный сердечник. Цилиндр центрируется и крепится при помощи системы распорок, надёжно защищающих его от смещения при транспортировке, коротких замыканиях и даже землетрясениях. Оригинальная конструкция распорок рассчитана на соответствие разным классам напряжения.

В случае повышенных требований к сейсмической стойкости<sup>1</sup> (обмотки большой массы, тяжёлые условия транспортировки, высокая сейсмоактивность, установка на мачте ветрогенератора и т.д.), применяется усиленное крепление из двух или даже трёх комплектов распорок.

### Схема процесса вакуумной заливки



Пульт управления процессом заливки



Аппарат для предварительного смешивания



Автоклав



<sup>1</sup> оговаривается в заказе

# Trihal

## Испытания

*Трансформатор Trihal имеет класс огнестойкости F1 в соответствии со стандартом IEC 60076-11.*

### Типовые испытания

Во время проведения типовых испытаний трансформатора Trihal были строго соблюдены требования стандарта IEC 60076-11, оговаривающего, в частности, необходимость их выполнения на одном и том же серийном образце.

### Огнестойкость

Испытание на огнестойкость литой изоляции трансформатора Trihal включает в себя

- испытания материалов
- испытание на соответствие классу F1 по стандарту IEC 60076-11 .

#### ■ испытания материалов

Испытания образцов компаунда для заливки обмоток трансформатора Trihal выполняются Центральной Лабораторией Префектуры Парижа (Laboratoire Central de la Prefecture de Paris).

#### □ продукты разложения

Качественный и количественный анализ газов, образующихся при пиролизе материала, проводится в соответствии с положениями стандарта NFX 70.100, аналогичными UTE C 20454.

Пиролиз осуществляется при температурах 400, 600 и 800 °C, вес образцов - 1 грамм.

#### □ результаты испытаний

В нижеприведенной таблице указаны средние процентные содержания (вес газа/материала), полученные по результатам трёх испытаний при температурах 400, 600 и 800 °C. «НК» (незначительное количество) означает, что результат близок к пределу чувствительности измерительного прибора и пренебрежимо мал.

«0» означает, что газы отсутствуют или их содержание ниже предела чувствительности измерительного прибора.

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	НК
Бромистоводородная кислота	HBr	в виде ионов бромиды Br <sup>-</sup>	0	0
Цианистоводородная кислота	HCN	в виде ионов цианида CN <sup>-</sup>	0	НК
Фтористоводородная кислота	HF	в виде ионов фторида F <sup>-</sup>	0	0
Сернистый ангидрид	SO <sub>2</sub>	0,2%	0,17%	0,19%
Одноокись азота	NO	0	НК	НК
Двуокись азота	NO <sub>2</sub>	0	НК	НК



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



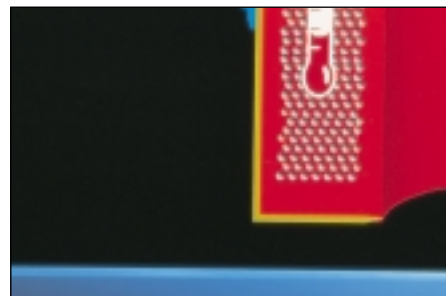
2-й противопожарный эффект: образование преграды из водяного пара



3-й противопожарный эффект: поддержание температуры ниже точки воспламенения



Сочетание трех противопожарных эффектов



Немедленное самогашение

■ испытание огнестойкости по классу F1 согласно IEC 60076-11

Испытания выполняются:

- лабораторией CNPP,
- лабораторией CESI.

□ методика испытания

Катушка трансформатора Trihal в сборе помещается в камеру, описанную в стандарте IEC 60332-3-10 (в части электрических кабелей), см. рис. 1.

Испытание начинается с поджигания спирта в резервуаре, расположенном под катушкой, и включения радиатора мощностью 24 кВт. Через 15 минут гасится пламя горелки, через 40 минут – отключается радиатор. Общая продолжительность испытания составляет 60 минут.

□ оценка результатов

Измерения температуры показывают, что в течение всего испытания температура катушки Trihal находится значительно ниже величин, определяемых стандартом (см. рис. 2, синяя и красная кривые соответственно).

В процессе испытаний не зафиксировано выделения таких агрессивных веществ, как:

- соляная кислота (HCl);
- цианистоводородная кислота (HCN);
- бромистоводородная кислота (HBr);
- фтористоводородная кислота (HF);
- двуокись серы (SO<sub>2</sub>);
- формальдегид (HCHO).

*Стандарт IEC60076-11 определяет 3 испытания (2 вида климатических и огнестойкость), проводимые на одном и том же стандартном сухом трансформаторе.*

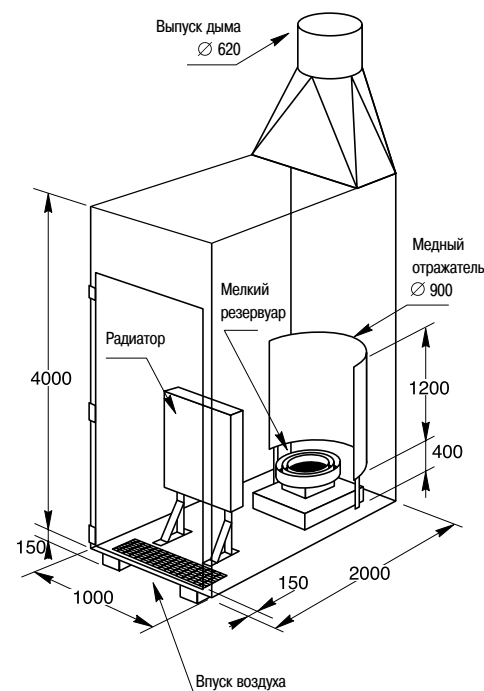


Рис. 1: испытательная камера IEC60332-3



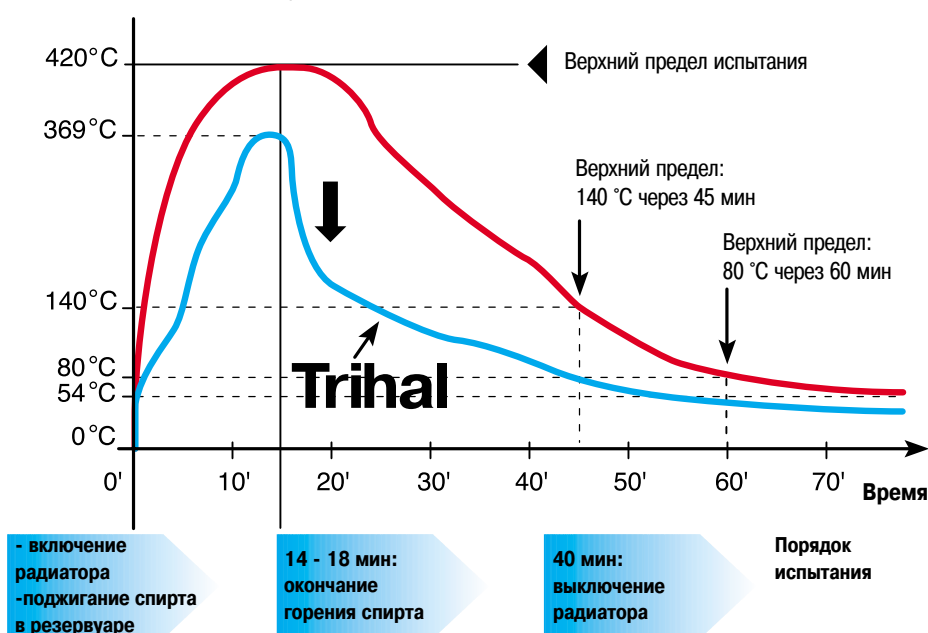
Испытание F1 на катушке в сборе трансформатора Trihal

В соответствии со стандартом HD 538.1-S1\*



Катушка трансформатора Trihal после испытания F1

Рис. 2: Фактическая температура (ΔT)





*Трансформатор Trihal устойчив к изменениям нагрузки и к перегрузкам.*

*Трансформатор Trihal имеет классификацию C2 и E2 в соответствии со стандартом IEC60076-11.*



Рис. 1: C2a



Рис. 2: C2b

### Климатические испытания

■ испытание по классу C2 согласно IEC 60076-11.

Испытания выполняются:

- лабораторией KEMA, Голландия;
- лабораторией CESI (Италия)

□ методика испытания

- доведение температуры трансформатора Trihal в специальной камере до  $(-25 \pm 3)^\circ\text{C}$  (рис. 1);
- ударное воздействие на обмотку ВН двойного номинального тока до достижения ею температуры  $140^\circ\text{C}$  (соответствует допустимому для класса F превышению в  $100^\circ\text{C}$  при максимальной температуре окружающей среды  $40^\circ\text{C}$ );
- приведение температуры трансформатора к комнатной ( $25^\circ\text{C}$ ).

■ испытание по классу E2 согласно IEC 60076-11.

### 1 - конденсация

□ методика испытания

Трансформатор Trihal выдерживают более 6 часов в климатической камере, в которой поддерживается температура, необходимая для образования конденсата, и высокая влажность (более 93%) посредством постоянного распыления воды проводимостью  $0,5 - 1,5 \text{ См/м}$  (рис. 3).

### 2 - влажность

□ методика испытания

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

■ оценка результатов

После каждого вида климатических испытаний трансформатор Trihal был подвергнут высоковольтным испытаниям прямым и индуцированным напряжением.

После испытаний термоударом дополнительно проводилось измерение частичных разрядов.

Уровень частичных разрядов является критичным параметром, влияющим на срок службы сухого трансформатора с литой изоляцией.

В соответствии со стандартом уровень ЧР должен быть не более 10 пКл. Для трансформатора Trihal это значение составило **менее 2 пКл**.



Рис. 3: E2a



Рис. 4: E2b

### Заводские испытания

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

■ стандартные заводские испытания, которые проходят все трансформаторы Trihal. По их результатам составляется официальный протокол, содержащий следующие данные:

- сопротивления обмоток;
- группу соединений;
- коэффициент трансформации;
- напряжение короткого замыкания;
- нагрузочные потери;
- потери холостого хода;
- испытание изоляции приложенным напряжением;
- испытание изоляции индуцированным напряжением;
- уровень частичных разрядов (допустимая величина: 10 пКл при 1,3 Уном (согласно IEC 60076-11 § 22.5))

■ индивидуальные испытания по требованию заказчика.

□ испытание изоляции импульсным напряжением

Импульсное испытательное напряжение обычно имеет отрицательную полярность. Последовательность состоит из калибровочного импульса амплитудой 50 ... 75 % за которым следуют три полных стандартных грозовых импульса (см. рис.).

□ испытание на нагрев

Выполняется методом моделирования нагрузки в соответствии со стандартом IEC 60076-11.

Нагрев трансформатора измеряется в режимах холостого хода и короткого замыкания.

□ испытание на короткое замыкание

Выполняется на специальном стенде в соответствии со стандартом IEC 60076-5.

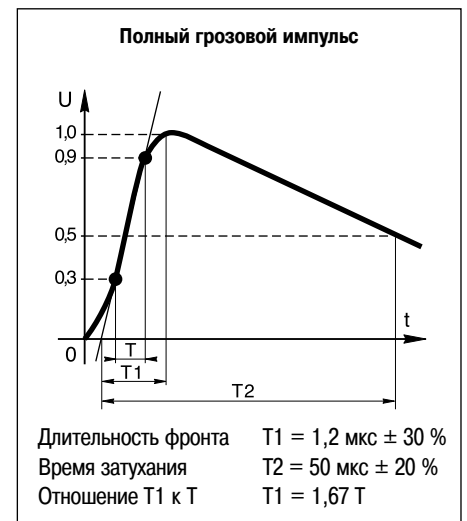
Испытание длительностью 0,5 секунды проводится для каждой фазы трансформатора.

□ испытание на короткое замыкание трансформатора с шинным интерфейсом

Испытания выполняются в исследовательском центре компании EDF (Франция).

*Уровень частичных разрядов гарантировано < 10 пКл. Уровень изоляции соответствует ГОСТу (ГОСТ).*

Пульт управления испытательного стенда





### Trihal: комплект поставки

- трансформатор без защитного кожуха (степень защиты IP00)
  - 4 поворотных опорных ролика
  - 4 подъёмных проушины
  - буксировочные отверстия
  - 2 точки заземления
  - 1 табличка с заводскими данными
  - 2 предупредительных знака “Осторожно! Электрическое напряжение!” (C10)
  - отводы и перемычки ПБВ
  - перемычки ВН (подсоединение сверху)
  - зажимы присоединения НН (сверху)
  - сертификат заводских испытаний и руководство по монтажу, наладке и эксплуатации

- трансформатор в защитном кожухе IP31

- трансформатор TRIHAL без кожуха в комплекте (см. выше)
- 1 кожух IP31, включая:
  - стандартную антикоррозионную защиту
  - рымболты для подъёма трансформатора вместе с кожухом
    - 1 съёмную панель со стороны для доступа к переключкам ВН, с двумя ручками, знаком “Осторожно! Электрическое напряжение!” (T10), табличкой с заводскими данными и гибкой шиной заземления
    - отверстия с заглушками на левой стороне съёмной панели ВН для установки замка типа RONIS ELP1 или Profalux P1
    - 2 панели на крышке кожуха для выполнения отверстий ввода кабелей: со стороны ВН и НН
      - 1 панель с сальниками для ввода кабелей ВН снизу

### Общие характеристики

Максимальная температура окружающей среды	40°C
Максимальная высота установки	1000 м
Класс нагревостойкости	F

### Электрические характеристики

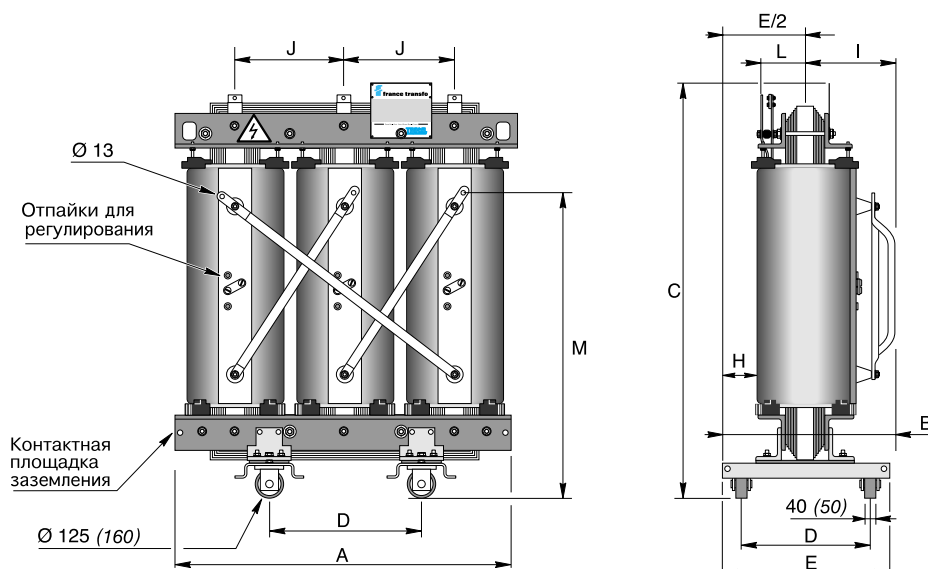
Номинальная мощность (кВ · А) <sup>(1)</sup>	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	315
Уровень изоляции <sup>(2)</sup>				7,2						12			
Первичное напряжение, кВ				6						10			
Уисл. 50 Гц, 1 мин, кВ				20						28			
Уисл. 1,2/50 мкс, кВ				60						95			
Напряжение холостого хода обмотки НН													
между фазами, В				400									
между фазой и нейтралью, В				231									
Частота, Гц				50Гц									
Способ и диапазон регулирования				ПБВ; +-2x2,5%									
Схема и группа соединения обмоток				Δ/Уп-11 или Δ/Уп-5									
Уровень ЧР при 1,3 Уном, пКл				≤10									
Потери													
(Вт) потери холостого хода	610	820	820	1000	1200	1500	1700	2000	2500	2800	3500	4300	5500
при 75	2300	3100	4100	4500	5700	6400	7700	8800	10500	12300	14900	18300	21800
нагрузке при 120	2700	3600	4700	5200	6500	7300	8800	10000	12000	14000	17000	21000	25000
Напряжение к.з. (%)	4	4	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6
Уровень шума акустическая мощность LWA	62	65	67	68	69	70	72	73	75	76	77	81	81
дВ (А) акустическое давление LPA на раст. 1 м	50	53	55	56	56	57	59	59	61	61	61	65	59

<sup>(1)</sup> номинальная мощность дана для естественного охлаждения С (AN), при принудительной вентиляции может быть увеличено на 40 % СД (AF).

<sup>(2)</sup> нестандартные значения – по запросу.

### Размеры и вес<sup>1</sup>

Трансформаторы без защитного кожуха (IP00)

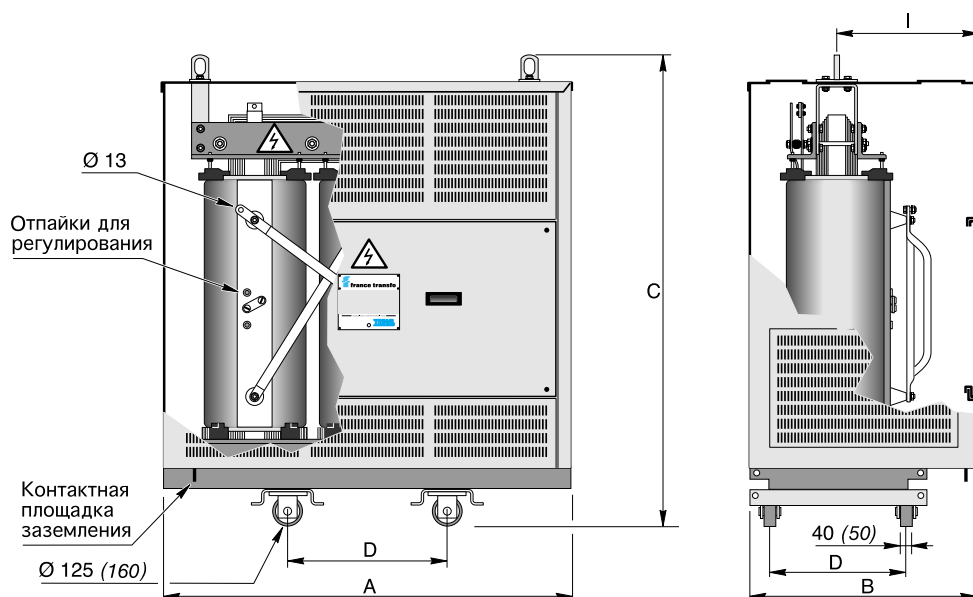


	ном. мощность	кВА	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000
<b>U<sub>ВН</sub> = 6 кВ</b>	длина А	мм	1185	1266	1426	1526	1554	1672	1696	1810
	ширина В	мм	710	798	818	828	945	945	945	1195
	высота С	мм	1261	1421	1521	1661	1669	1719	2025	2130
	межосевое D	мм	520	670	670	670	820	820	820	1070
	ширина рамы E	мм	645	795	795	795	945	945	945	1195
	диаметр катка F	мм	125	125	125	125	125	125	125	160
	толщина катка G	мм	40	40	40	40	40	40	40	50
	вес	кг	935	1245	1480	1775	2155	2450	3000	3735
<b>U<sub>ВН</sub> = 10 кВ</b>	длина А	мм	1209	1263	1494	1558	1574	1620	1680	1814
	ширина В	мм	710	795	827	831	945	945	945	1195
	высота С	мм	1285	1445	1555	1685	1693	1883	2059	2204
	межосевое D	мм	520	670	670	670	820	820	820	1070
	ширина рамы E	мм	645	795	795	795	945	945	945	1195
	диаметр катка F	мм	125	125	125	125	125	125	125	160
	толщина катка G	мм	40	40	40	40	40	40	40	50
	вес	кг	945	1225	1655	1870	2245	2650	3255	4035

<sup>1</sup> размеры и вес даны для трансформаторов, имеющих электрические характеристики согласно таблице «Общие характеристики» стр.11

## Технические характеристики

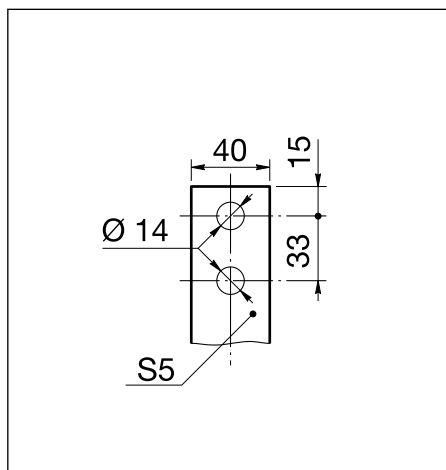
Трансформаторы в защитном кожухе (IP31)<sup>1</sup>



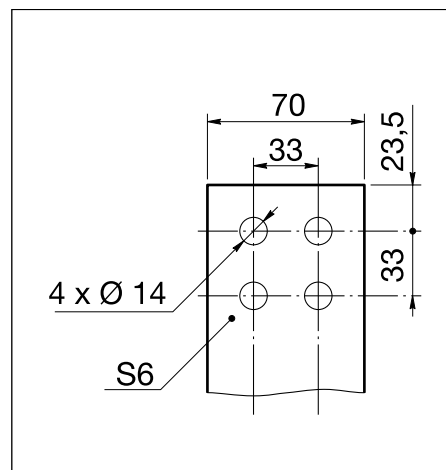
		НОМ. мощность	кВА	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000
<b>U<sub>ВН</sub> = 6 кВ</b>	длина А	мм		1650	1700	1700	1700	2000	2000	2150	2330
	ширина В	мм		950	1020	1020	1020	1170	1170	1170	1270
	высота С	мм		1750	1900	1900	1900	2400	2400	2480	2650
	межосевое D	мм		520	670	670	670	820	820	820	1070
	ширина рамы E	мм		645	795	795	795	945	945	945	1195
	диаметр катка F	мм		125	125	125	125	125	125	125	160
	толщина катка G	мм		40	40	40	40	40	40	40	50
	вес	кг		1125	1440	1675	1970	2420	2720	3325	4110
<b>U<sub>ВН</sub> = 10 кВ</b>	длина А	мм		1650	1700	1800	1800	2000	2000	2150	2330
	ширина В	мм		950	1020	1020	1020	1170	1170	1170	1270
	высота С	мм		1750	1900	2050	2050	2400	2400	2480	2650
	межосевое D	мм		520	670	670	670	820	820	820	1070
	ширина рамы E	мм		645	795	795	795	945	945	945	1195
	диаметр катка F	мм		125	125	125	125	125	125	125	160
	толщина катка G	мм		40	40	40	40	40	40	40	50
	вес	кг		1125	1420	1870	2080	2515	2915	3580	4400

<sup>1</sup> размеры и вес даны для трансформаторов, имеющих электрические характеристики согласно таблице «Общие характеристики» стр.11

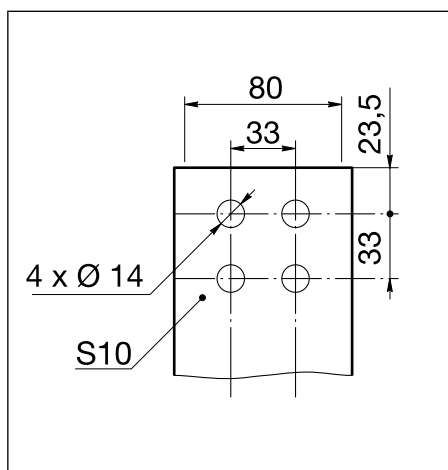
### Клеммы НН



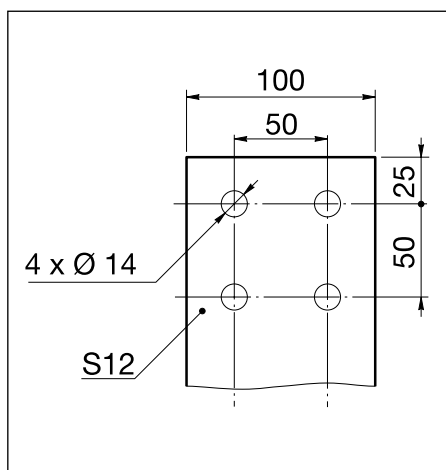
160-400 кВА\*



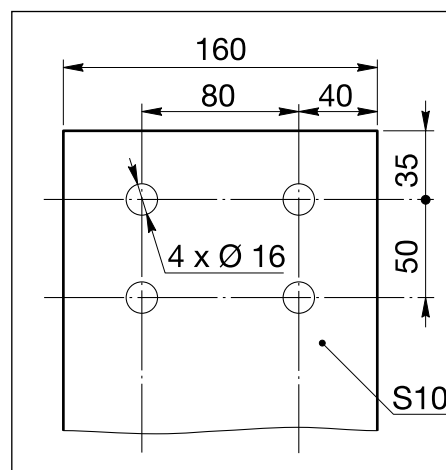
500-800 кВА\*



1000-1250 кВА\*

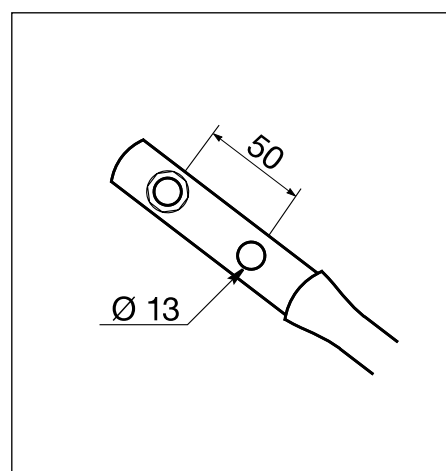


1600 кВА\*



2000 кВА\*

### Клеммы ВН



Монтажная организация несет ответственность за правильность крепления кабелей и шин – клеммы, шины и вводы трансформатора не должны подвергаться механическим напряжениям.

### Дополнительное оборудование

Трансформатор Trihal может быть защищён от перегрева при помощи различных устройств температурного контроля.

#### Тепловая защита Z

Данная защита применяется как стандартный вариант и состоит из:

- двух комплектов соединенных последовательно РТС-датчиков (термисторов).

Отличительной особенностью РТС-датчиков является резко нелинейное увеличение сопротивления при достижении заданной на заводе пороговой температуры. Каждая фаза содержит два датчика, имеющих различные уровни срабатывания (сигнал «1» - 140°C, сигнал «2» - 150°C). Термисторы монтируются в трубках, что позволяет в случае необходимости осуществлять их лёгкую замену.

- клеммника для подключения датчиков к электронному Z-преобразователю. Клеммник расположен сверху трансформатора и снабжён штыревым разъёмом; датчики подключены на заводе.

- электронного преобразователя Z.

Электронный преобразователь Z содержит три независимых канала, два из которых контролируют сопротивления первой и второй цепи термисторов.

При увеличении температуры выше порогового значения срабатывает одно из двух независимых выходных реле, состояние которых отображается светодиодными индикаторами. Третий канал зашунтирован сопротивлением R (снаружи клеммника), вместо которого можно подключить дополнительный комплект термисторов (сигнал «0» – 130°C) для управления вентиляторами обдува либо контроля температуры конструктивных элементов.

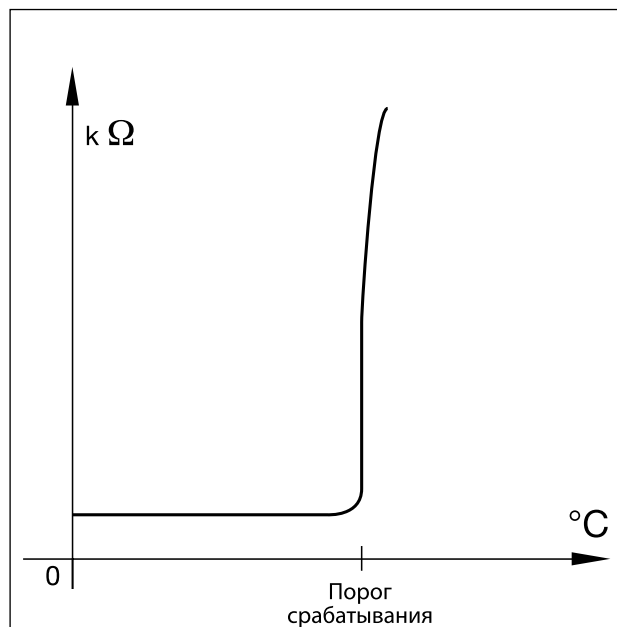


Рис. 1: Характеристика термистора РТС

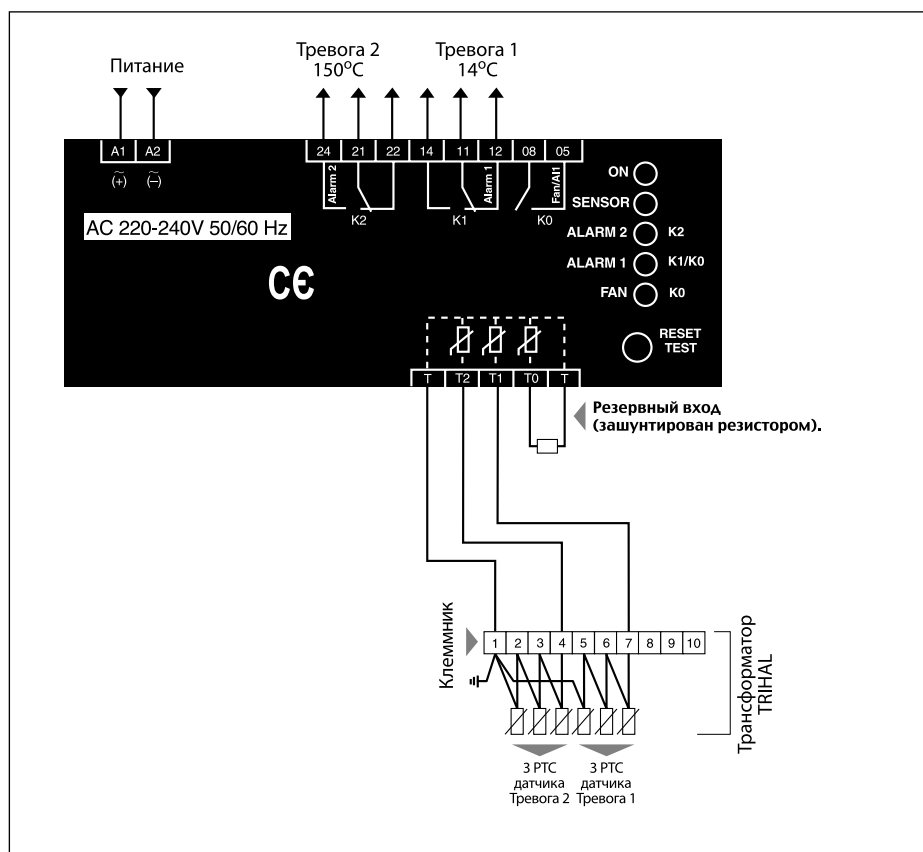


Рис. 2: Схема Z-конвертера



### Тепловая защита T

Устройство осуществляет цифровую индикацию температуры обмоток и содержит:

- датчики типа PT100

Данный тип датчика позволяет измерять температуру обмотки в диапазоне 0...200°C с точностью  $\pm 0,5\%$ .

Индикация и контроль температуры осуществляются цифровым термометром.

Датчики установлены в трубках, по одному на каждой обмотке.

- клеммник для подключения датчиков к цифровому термометру T. Клеммник расположен сверху трансформатора и снабжён штыревым разъёмом; датчики подключены на заводе.

- Цифровой термометр T с тремя независимыми каналами, два из которых следят за температурой, измеряемой датчиками PT100. При достижении температуры 140°C (сигнал «1») или 150°C (сигнал «2») срабатывают выходные реле, состояние которых отображается светодиодными индикаторами. Третья цепь сигнализирует об исправности датчиков и наличии питания.

Выход «FAN» предназначен для управления вентиляторами обдува (трансформаторы исполнения AF). Возможна установка выхода управления дополнительным вентилятором («FAN2»).

Дополнительный вход «CH4» зарезервирован для подключения внешнего датчика температуры помещения (не входит в комплект).

Имеются цифровой (RS 232/485) и аналоговый (4/20 мА) выходы для подключения к системе управления.

#### Внимание!

Трансформатор имеет изоляцию класса «F». Перед вводом в эксплуатацию необходимо установить соответствующие уровни срабатывания цифрового термометра:

- 140°C для сигнала «1»
- 150°C для сигнала «2»

Невыполнение данного требования ведёт к снятию гарантии.

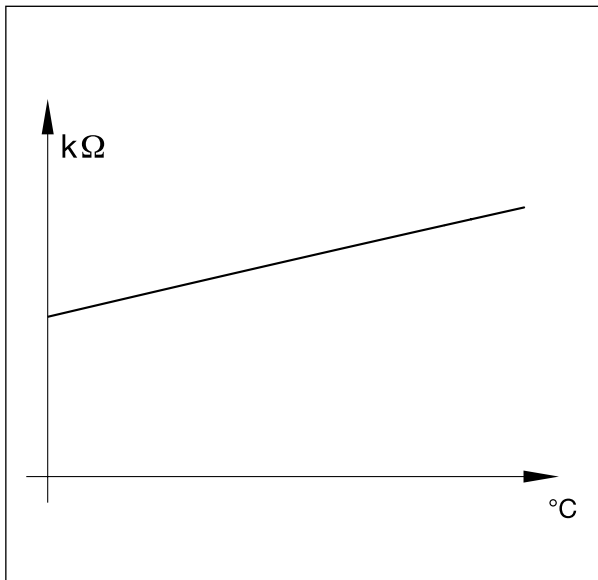


Рис. 1: Характеристика термистора PT100

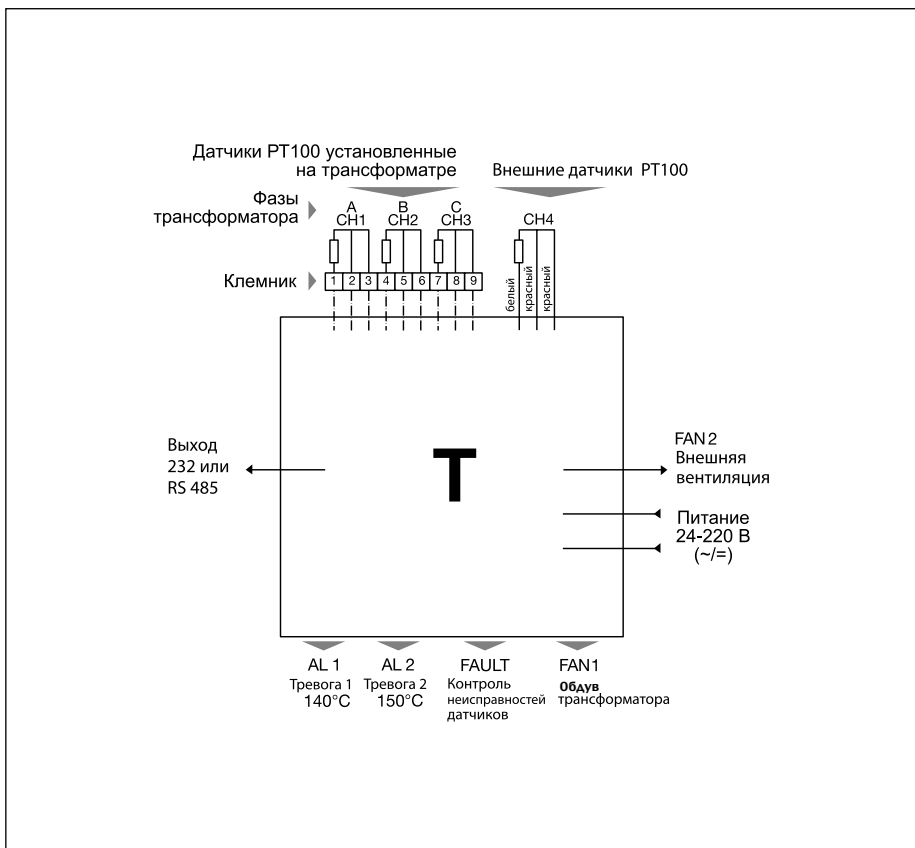


Рис. 2: Схема цифрового термометра T

### Принудительный обдув (исполнение AF)

Для предотвращения перегрева обмоток в случае временных перегрузок возможна установка вентиляторов принудительного обдува, допускающих увеличение мощности на 40%.

Для установки обдува не требуется модификации трансформатора. Однако, ввиду повышения мощности, необходимо проверить достаточность:

- сечения присоединённых кабелей и/или шинпровода (интерфейса)
- мощности выключателя защиты трансформатора
- достаточной производительности вентиляции помещения

Поскольку вентиляторы обдува предусмотрены для компенсации временных увеличений нагрузки, расчётный срок их непрерывной работы меньше, чем трансформатора (3,5 года и 30 лет соответственно).

В комплект поставки входят:

- 2 набора центробежных вентиляторов, смонтированных на трансформаторе и подключённых к питающим разъёмам;
- прибор контроля температуры (Z или T типа)

В случае заказа прибора Z типа к основному комплекту РТС датчиков добавляется третий, подключаемый вместо шунтирующего сопротивления R.

Прибор T типа стандартно содержит выход управления вентиляторами обдува.

В зависимости от типа трансформатора поставляется также одно из следующих устройств:

- сборка, устанавливаемая снаружи защитного кожуха, к которой подключены цепи датчиков температуры и питание вентиляторов обдува.
- щит управления, содержащий:
  - предохранители защиты двигателей
  - пускатели
  - устройства тепловой защиты.

В трансформаторе с защитным кожухом устройство подключено к датчикам температуры и вентиляторам на заводе.

В случае поставки трансформатора без кожуха (IP00) за подключение несёт ответственность монтажная организация.

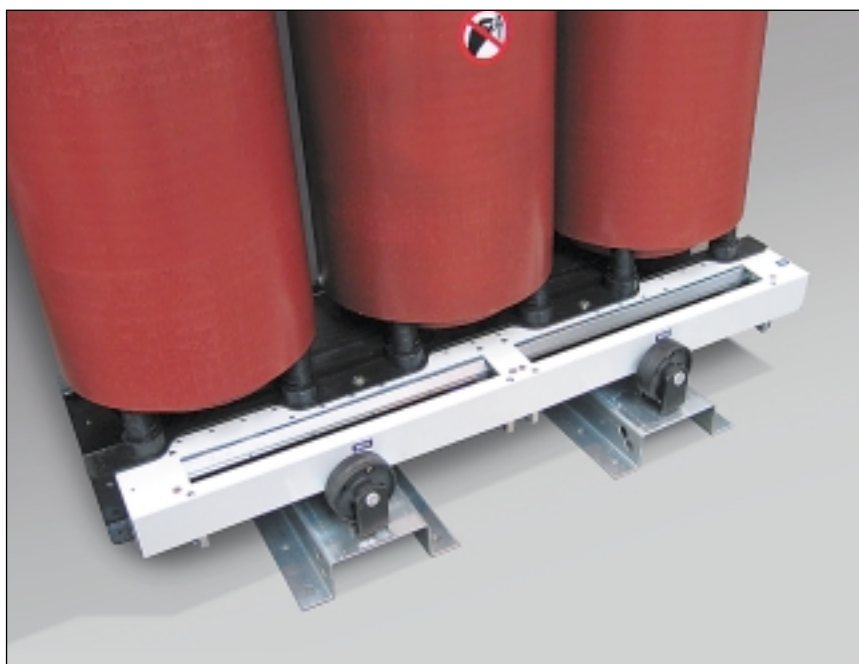


Рис. 2: Вентиляторы обдува

### Интерфейс шинопровода

При больших токах подключение оборудования низкого напряжения целесообразно выполнять шинопроводом Canalis.

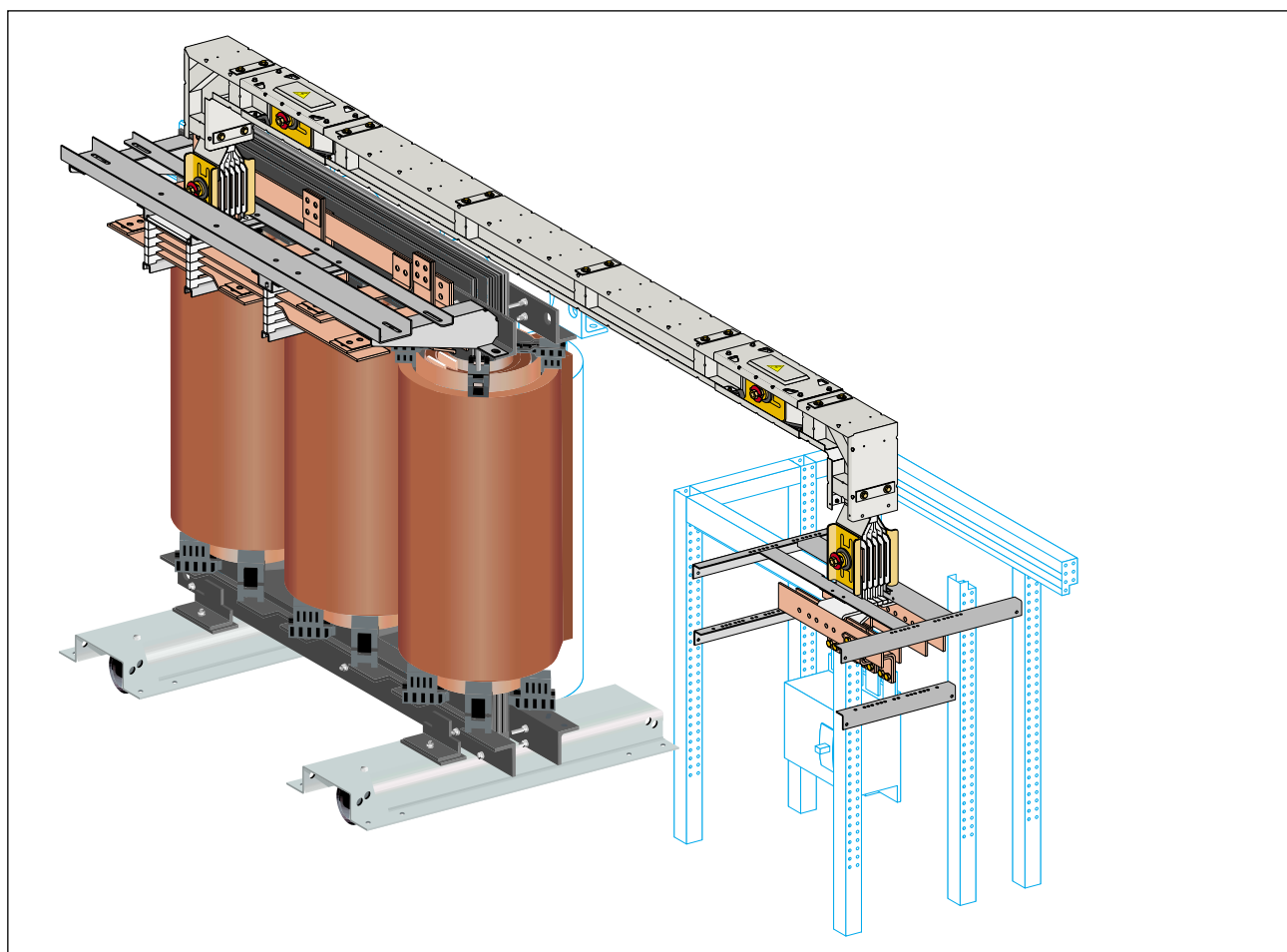
Данное решение гарантирует максимальную безопасность персонала и оборудования благодаря исключительно высокой пожаростойкости, соответствующей самому трансформатору Trihal.

В соответствии с требованиями IEC 60076-1 к электромагнитной совместимости (ElectroMagnetic Compatibility – EMC) трансформаторы должны быть полностью пассивны, т.е. не быть источником электромагнитных помех и не быть восприимчивы к ним. В этом отношении преимущества шинопровода, имеющего низкий уровень паразитных излучений, неоспоримы.

В случае заказа трансформатора с защитным кожухом, последний имеет съёмную алюминиевую панель, расположенную напротив интерфейса, в которой при монтаже выполняется отверстие необходимой формы. Для сохранения требуемой степени защиты (IP31) в комплект поставки входит специальная уплотнительная накладка.

Очевидно, что использование интерфейса шинопровода сокращает время, удешевляет стоимость и упрощает технологию монтажа трансформатора.

- возможна заводская установка
- согласование установочных размеров шинопровода и трансформатора в трёх осях
- быстрая расшиновка и подключение минимизируют время вывода из эксплуатации для регламентных работ.



Интерфейс шинопровода

### Защитный кожух

Применение защитного кожуха обеспечивает защиту персонала и оборудования и является оптимальным решением для рабочих зон. Предлагаемые варианты:

степени защиты от проникновения твёрдых предметов и пыли			степени ударопрочности	
код	первая цифра	вторая цифра	код	энергия удара, Дж
IP 31	защита от проникновения частиц размером > 2,5 мм	защита от вертикально падающих капель воды	IK 7	≤ 2
IP 21	защита от проникновения частиц размером > 12 мм	защита от вертикально падающих капель воды	IK 10	≤ 20
IP 35	защита от проникновения частиц размером > 2,5 мм	защита от направленных струй воды		

При необходимости, для крепления кабелей ВН, подходящих снизу (через съёмную панель), предлагается специальный кронштейн.

### Антивибрационные опоры

Антивибрационные опоры (под катки или стационарные) – обеспечивают до 95% гашение вибраций трансформатора.

### RC-фильтр на стороне ВН

Повторные зажигания дуги при работе выключателя могут генерировать перенапряжения высокой частоты, опасные для обмоток трансформатора. Ниже перечислены наиболее уязвимые в этом отношении схемы:

- близкая установка выключателя (особенно вакуумного) к трансформатору при нагрузке менее 10% номинальной;
- высокоиндуктивная или емкостная нагрузка (длинные кабельные линии, конденсаторные батареи на вторичной стороне);
- сеть ВН с изолированной или высокоимпедансной нейтралью.

Предлагаемым решением является сглаживающий RC фильтр, который должен быть установлен в непосредственной близости от зажимов ВН трансформатора.



Рис. 1: Крепление кабелей ВН



Рис. 2: Защитный кожух IP31 IK7

*Удобство и быстрота установки.*

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

### Общие положения

Трансформатор Trihal, в том числе с металлическим кожухом, рассчитан на внутреннюю стационарную установку<sup>1</sup>.

Благодаря отсутствию масла и превосходной огнестойкости, трансформаторы Trihal не требуют особых мер противопожарной безопасности при условии соблюдения следующих правил:

- не устанавливать трансформатор в зоне подверженной опасности затопления;
- высота над уровнем моря не должна превышать паспортную;
- в соответствии с IEC 60076 трансформатор рассчитан на следующие температуры окружающей среды<sup>2</sup>:
  - максимальная: 40 °С;
  - среднесуточная : 30 °С;
  - среднегодовая : 20 °С.
  - минимальная : -25 °С;
- местная вентиляция должна обеспечивать рассеяние суммарных потерь трансформатора;
- в сильно загрязнённой атмосфере рекомендуется по возможности фильтровать воздух приточной вентиляции либо осуществлять забор снаружи, при помощи воздуховода;
- необходимо предусмотреть доступ к контактным площадкам и регулировочным отпайкам.

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

Даже при наличии разъемов, трансформатор исполнения IP00 должен быть защищён от прямых прикосновений. Кроме того:

- следует предотвратить возможность попадания на трансформатор водяных капель (например, в случае конденсации влаги на вышерасположенных трубопроводах);
- необходимо соблюдать минимальные просветы до стен (ограждений) в соответствии со следующей таблицей:

Уровень изоляции (кВ)	Расстояние X <sup>(3)</sup> (мм)	
	до сплошной стены	до ограждения из сетки
7,2	90	300
12	120	300

В случае невозможности соблюдения указанных расстояний, проконсультируйтесь в ООО «Шнейдер Электрик Украина».

### ■ трансформатор Trihal с металлическим кожухом IP31 (рис. 2)

Минимальное расстояние от внешней поверхности кожуха до стен помещения, необходимое для нормального охлаждения трансформатора, составляет 200 мм.

Рис. 1

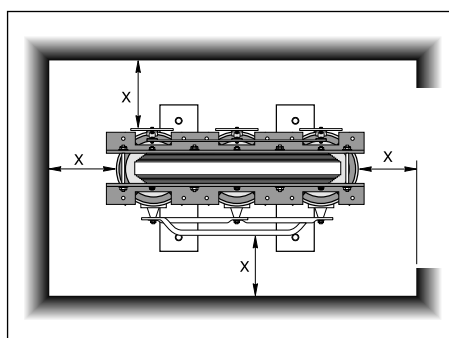
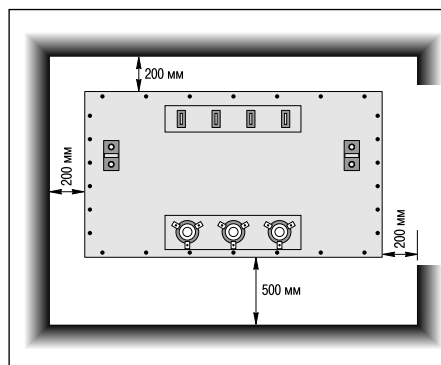


Рис. 2



<sup>1</sup> относительно возможности наружного или мобильного исполнения проконсультируйтесь в ООО «Шнейдер Электрик Украина».

<sup>2</sup> для трансформатора стандартного исполнения

<sup>3</sup> без учёта доступа к отпайкам ПБВ

### Вентиляция помещения

В общем случае естественного охлаждения (АН) целью вентиляции помещения подстанции или кожуха является рассеяние посредством естественной конвекции тепла суммарных потерь трансформатора.

Правильно организованная система приточно-вытяжной вентиляции включает в себя впускное отверстие сечением  $S$ , расположенное в нижней части стены помещения, и выпускное отверстие сечением  $S'$ , расположенное в верхней части противоположной стены на высоте  $H$  по отношению к впускному отверстию (рис. 1).

**Внимание! Недостаточная циркуляция воздуха уменьшает длительную и кратковременную перегрузочную способность трансформатора.**

■ определение высоты расположения и сечения вентиляционных отверстий

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

где  $P$  - суммарные потери трансформатора, кВт, при 120 °С;

$S$  - площадь отверстия впуска воздуха (за вычетом площади решетки), м<sup>2</sup>;

$S'$  - площадь отверстия выпуска воздуха (за вычетом площади решетки), м<sup>2</sup>;

$H$  - высота расположения выпускного отверстия по отношению к впускному, м.

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

■ принудительная вентиляция

Принудительная вентиляция помещения необходима в случае, если температура окружающего воздуха превышает 20°С, если помещение мало или плохо вентилируется, а также при эксплуатации с частыми перегрузками.

Вентилятор может быть установлен в верхней части помещения и управляться термостатом. Рекомендуемая производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/с, при 20°С = 0,1 x  $P$ , где  $P$  - суммарные потери, кВт.

Рис. 1 Естественная вентиляция

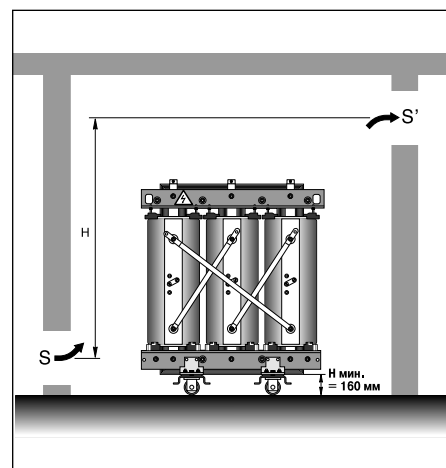


Рис. 2 Принудительная вентиляция

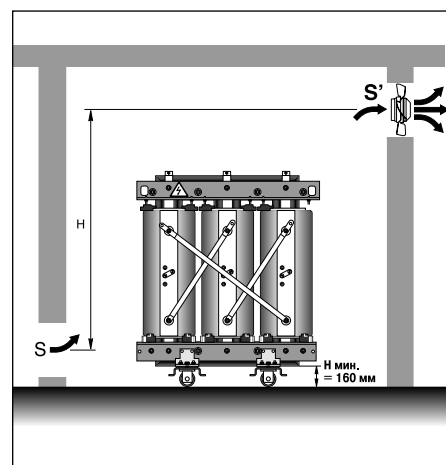


Рис. 1: стандартные присоединения ВН и НН сверху

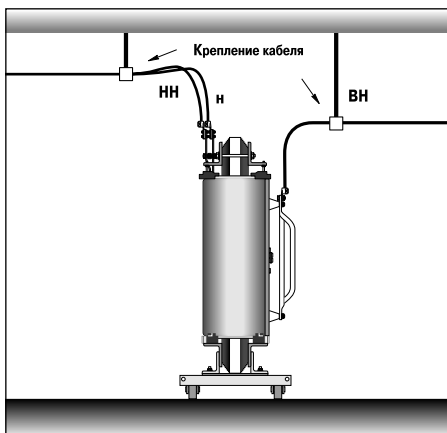


Рис. 2: стандартные присоединения ВН и НН снизу

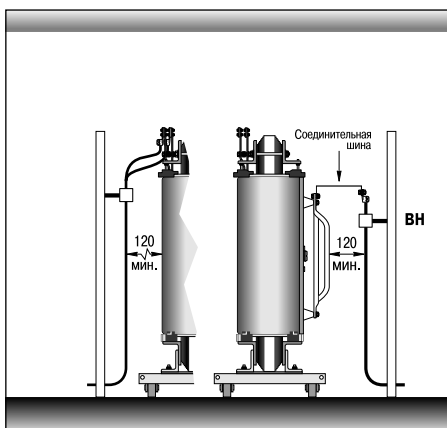
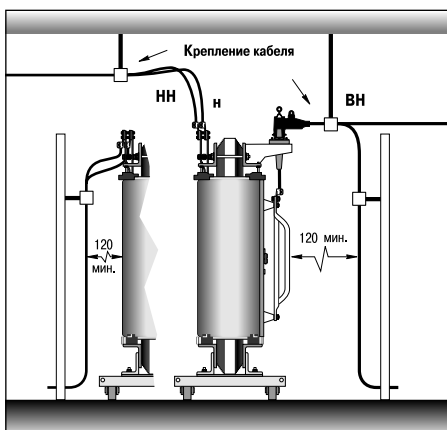


Рис. 3: присоединения ВН через разъемы



### Присоединения

Присоединения ВН и НН должны выполняться в верхней части трансформатора (см. рис.1).

Во всех случаях крепление кабелей и шин должно исключать механические напряжения в точках присоединения и разъемах.

### Предупреждение:

- расстояние между кабелями или шинами и поверхностью обмотки ВН должно составлять не менее 120 мм, исключая присоединения на плоской панели высоковольтной стороны, где минимальный зазор определяется конструкцией зажимов ВН;
- минимальное расстояние 120 мм должно также соблюдаться по отношению к внешним соединительным перемычкам обмотки ВН;
- литое покрытие, а также применение разъемов не обеспечивают защиту трансформатора под напряжением от прямых прикосновений.

### ■ трансформатор Trihal без защитного кожуха (IP00)

Подвод кабелей (шин) ВН и НН возможен сверху и снизу, как в случае обычных присоединений (рис. 1, 2), так и в случае присоединения ВН через разъемы (рис. 3)

В случае нижнего подвода необходимо предусмотреть дистанцирующую распорку (не входит в поставку)

Стандартные присоединения ВН и НН сверху



■ трансформатор Trihal с металлическим кожухом IP31 (рис. 1, 2)

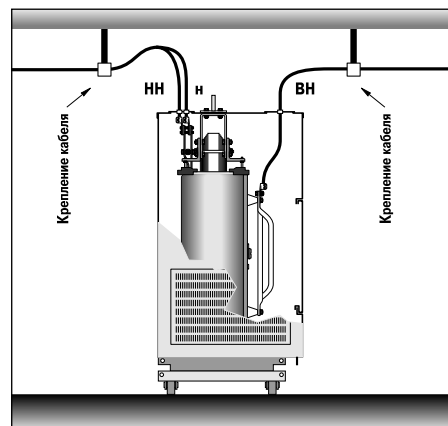
□ присоединения НН

кабели или шины НН от зажимов трансформатора должны выходить только вверх, прохождение между обмотками ВН и стенкой кожуха не допускается

□ варианты присоединения ВН

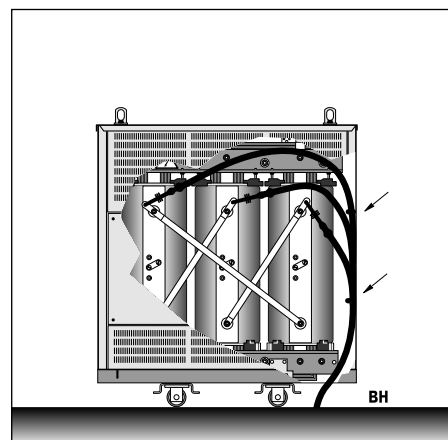
- подвод кабелей сверху или снизу
- присоединение обычное (рис. 1) или через разъемы (рис. 3).
- подвод кабелей ВН снизу внутри кожуха (рис.2) кабели ВН могут присоединяться снизу непосредственно к контактным площадкам. В этом случае кабели вводятся через съемный люк, расположенный внизу справа на стороне ВН. Кабели должны быть закреплены внутри кожуха со стороны ВН, для чего предусмотрены специальные кронштейны (заказываются отдельно).

Рис. 1: стандартные присоединения ВН и НН сверху



Следует проверить возможность этого типа присоединения, исходя из сечения и допустимого радиуса изгиба кабелей, а также наличия свободного места внутри кожуха.

Рис. 2: стандартное присоединение ВН снизу



**Внимание!** После выполнения отверстий для присоединений ВН и НН следует проверить соответствие кожуха требуемой степени защиты (IPXX)<sup>1</sup>

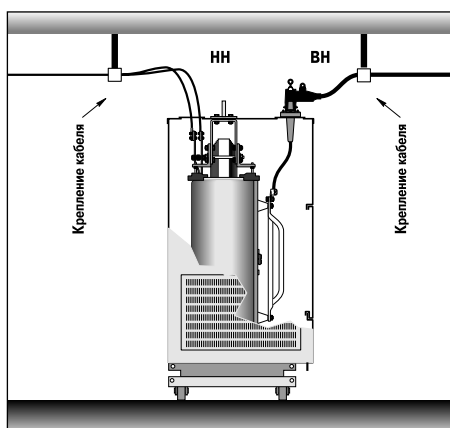
■ Интерфейс шинпровода<sup>2</sup>

Применение интерфейса облегчает соединение с шинпроводом. Предлагается широкая гамма устройств для трансформаторов с защитным кожухом и без него.

■ Дополнительные зажимы НН

в случае присоединения нескольких кабелей возможна установка дополнительных зажимов<sup>3</sup>.

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



<sup>1</sup> при снятых панелях кожуха

<sup>2</sup> подробное описание – стр.18 каталога

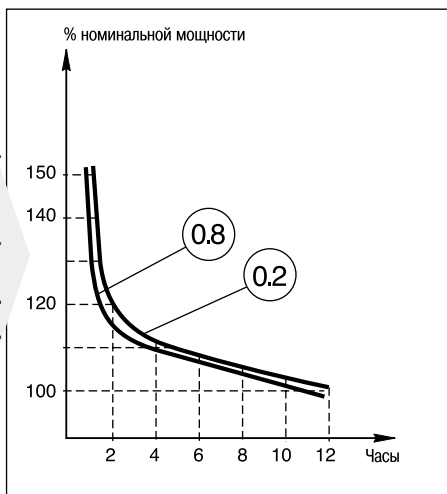
<sup>3</sup> при количестве кабелей на стороне НН более 4х на фазу рекомендуется применение шинпровода.



# Trihal

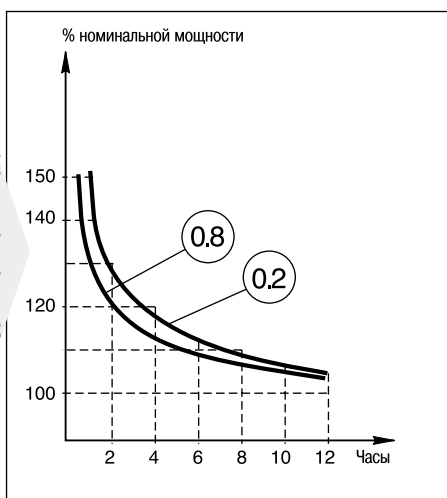
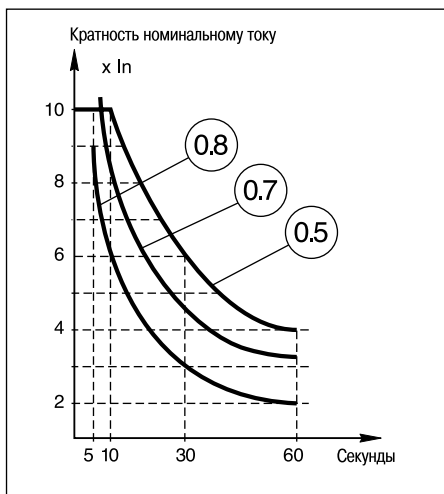
## Перегрузки

### Допустимые временные перегрузки для ежедневного цикла работы

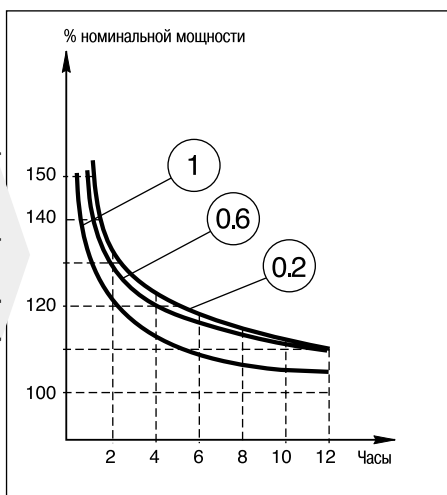
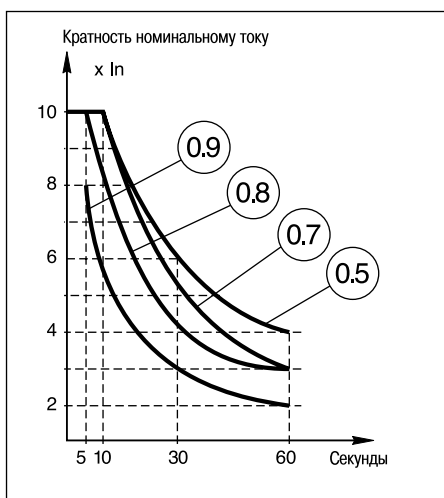


Среднегодовая температура окр. среды (X + 10 °C)

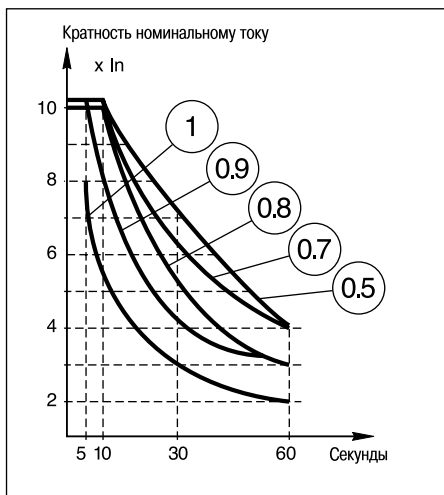
### Допустимые кратковременные перегрузки



Среднегодовая температура окр. среды (X)



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



### Общие положения

Трансформаторы соответствуют «Руководству по нагрузке силовых сухих трансформаторов» ДСТУ 2767-94 (IEC 60905-87, ГОСТ 30221-97).

Трансформаторы рассчитаны на работу с номинальной мощностью при температурах окружающей среды, определяемых стандартом IEC 60076:

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

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

■ допустимые перегрузки зависят от коэффициента предварительной нагрузки трансформатора<sup>1</sup>

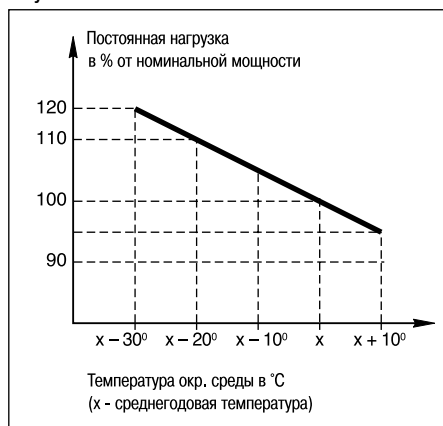
$$K = \frac{\text{нагрузка}}{\text{номинальная мощность}}$$

- средней температуры окружающей среды.

В 1-й колонке приведены перегрузочные кривые для ежедневного цикла работы.

Во 2-й колонке приведены кривые допустимых кратковременных перегрузок.

■ 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

<sup>1</sup> перегрузки без сокращения срока службы допускаются при условии, что они компенсируются рабочей нагрузкой, меньшей, чем номинальная мощность.

## Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции, хранение

### 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-х отверстий (трансформатор без кожуха) или 2-х проушин (трансформатор в кожухе).

Угол между стропами не должен превышать 60°.

#### ■ подъем посредством автопогрузчика (рис. 1)

Перед перемещением трансформатора следует

- убедиться в достаточной грузоподъемности автопогрузчика
- снять ролики

Вилочный захват автопогрузчика вводится внутрь «П»-образных профилей опорной рамы.

#### ■ буксировка

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

#### ■ прядок установки роликов:

Поднять трансформатор при помощи строп (рис. 1); либо автопогрузчика (рис. 1 и 2). В последнем случае вилочный захват автопогрузчика вводится в «П»-образные профили опорной рамы.

После подъема трансформатора следует установить поперек опорной рамы балки, высота которых превышает высоту роликов, и опустить на них трансформатор.

После этого установить домкраты, как показано на рис. 2, затем убрать балки.

Установить двунаправленные ролики в необходимое положение.

Опустить трансформатор на ролики, убрать домкраты.

**Внимание! При погрузочно-разгрузочных работах не допускается прикладывать усилия к обмоткам трансформатора!**

### Хранение

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

При хранении трансформатор должен быть защищен от попадания на него воды и 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.

Рис. 1

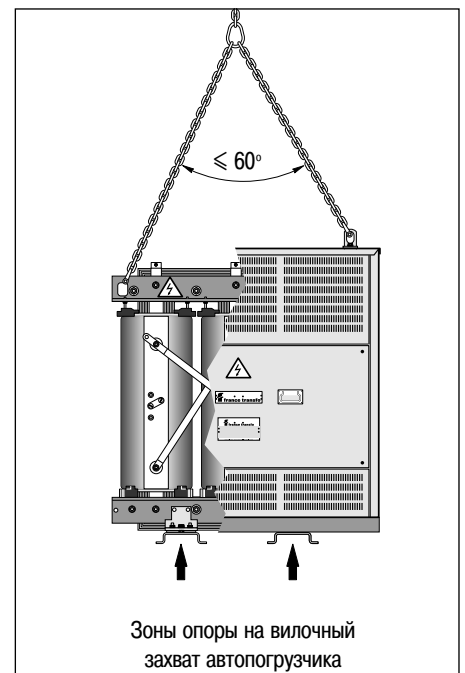
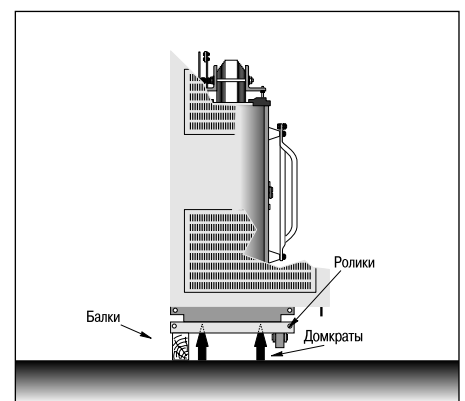


Рис. 2



### Погрузка



## Ввод в эксплуатацию<sup>1</sup>

К каждому трансформатору Trihal прилагается протокол проверок, заполнение которого поможет обеспечить правильность монтажа и пусконаладочных работ.

### ■ помещение

Помещение должно быть сухим, чистым, отделанным и не подверженным опасности попадания воды.

Помещение должно иметь вентиляцию, достаточную для рассеяния тепла суммарных потерь трансформатора<sup>2</sup>.

### ■ проверка состояния трансформатора после хранения

В случае сильного запыления трансформатора Trihal его следует очистить при помощи пылесоса или продувкой сжатым воздухом, тщательно протереть изоляторы.

### ■ трансформаторы Trihal в пластиковом чехле:

Во избежание попадания посторонних предметов (крепежных деталей, инструмента и т.п.) не следует снимать чехол до завершения всех монтажных работ. Для доступа к зажимам ВН и НН чехол можно надорвать в соответствующих местах.

Перед подачей напряжения / вводом в эксплуатацию пластиковый чехол необходимо снять.

### ■ трансформаторы Trihal с металлическим защитным кожухом

К кожуху не должно прилагаться механических нагрузок.

Размещение внутри кожуха любого оборудования или аксессуаров, не входящих в комплект поставки, за исключением приспособлений для присоединения кабелей, установленных в соответствии с вышеперечисленными указаниями, запрещается и влечет за собой снятие гарантии.

Относительно любых изменений конструкции кожуха и крепления, а также установки дополнительного оборудования, проконсультируйтесь в ООО «Шнейдер Электрик Украина»

### ■ присоединения ВН и НН

Не допускается крепление кабелей и шин на сердечнике или обмотках трансформатора. Расстояние между кабелями или шинами и поверхностью обмотки ВН должно составлять не менее 120 мм.

Момент затяжки соединений на высоковольтных зажимах и регулировочных отпайках должен составлять:

резьба	M8	M10	M12	M14
момент затяжки, Н·м	10	20	30	50

Момент затяжки соединений на зажимах НН должен составлять:

резьба	M8	M10	M12	M14	M16
момент затяжки, Н·м	12.5	25	45	70	100

### ■ компенсация реактивной энергии

Оборудование реактивной компенсации, присоединяемое вблизи трансформатора, должно иметь ограниченный пусковой ток для предотвращения переходных перенапряжений. Этого можно достичь переключая элементы конденсаторной батареи специальным контактором с предпуском (например, LC1-D.K производства «Schneider Electric»)

### ■ цепи вторичной коммутации

Проводка цепей вторичной коммутации трансформатора должна крепиться на жестких кронштейнах без нахлеста и проходить на достаточном расстоянии от токоведущих частей. Минимальное расстояние определяется уровнем изоляции, указанным на заводской табличке с номинальными данными.

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

Примечание: не допускается крепление аксессуаров на сердечнике и обмотках трансформатора.

### ■ параллельная работа

в случае параллельной работы трансформаторов следует проверить соответствие значений высокого и низкого напряжений и других характеристик, особенно групп соединения обмоток и напряжений короткого замыкания. Перемычки регулировочных отпайек на трансформаторах, соединяемых параллельно, должны быть установлены в одинаковое положение.

### ■ проверки перед вводом в эксплуатацию<sup>3</sup>:

- снять защитный чехол и проверить все соединения (расположение, зазоры, моменты затяжки)
- проверить, после присоединения, вводы кабелей и шин и убедиться, что степень защиты IP соответствует норме
- убедиться, что положение перемычек на регулировочных отпайках для каждой фазы соответствует диаграмме, изображенной на заводской табличке

- убедиться в общей чистоте трансформатора и отсутствии влаги и измерить сопротивление изоляции при помощи мегаомметра напряжением 2500 В.

Ориентировочные значения сопротивления изоляции составляют

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

Если измеренные значения значительно ниже указанных, обращайтесь в ООО «Шнейдер Электрик Украина».

## Техническое обслуживание

При нормальных условиях эксплуатации и окружающей среды необходимо регулярно выполнять следующие работы

- производить осмотр трансформатора и удалять грязь при помощи пылесоса или продувкой сухим сжатым воздухом. При наличии отложений жирной грязи применяйте только средство для холодного обезжиривания, предназначенное для очистки поверхности из литьевой смолы: (например DARTOLINE SRB 71 или HAKU SRB 71).
- проверять затяжку соединений при помощи динамометрического ключа.

Периодичность обслуживания зависит от условий эксплуатации.

## 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.

## Расширенная гарантия

По согласованию с заказчиком и монтажной организацией, являющейся партнёром ООО «Шнейдер Электрик Украина», возможно предоставление расширенной гарантии на комплекс оборудования, включая трансформаторы, ячейки среднего и низкого напряжения и шинопровод Canalis.

<sup>1</sup> подробное руководство по установке, вводу в эксплуатацию и техническому обслуживанию поставляется вместе с трансформатором

<sup>2</sup> методика расчёта вентиляции приведена на стр. 21

<sup>3</sup> полный перечень проверок содержится в прилагаемой инструкции





# Schneider Electric в Украине

## Киев

04070, ул. Набережно-Крещатицкая 10 А,  
корпус Б.  
Тел. 8 (044) 490 62 10.  
Факс 8 (044) 490 62 11.

## Харьков

61070, ул. Ак. Проскуры, 1,  
Бизнес центр "Telesens", офис 569.  
Тел. 8 (0577) 19 07 49.  
Факс 8 (0577) 19 07 79.

## Николаев

54030, ул. Никольская, 25,  
Бизнес-центр "Александровский", офис 5.  
Тел. 8 (0512) 58 24 67.  
Факс 8 (0512) 58 24 68.

## Одесса

65079, ул. Куликово поле 1, офис 213.  
Тел. 8 (048) 728 65 55.  
Факс 8(048) 728 65 35.

## Днепропетровск

49000, ул. Глинки, 17, 4 этаж.  
Тел. 8 (056) 79 00 888.  
Факс 8 (056) 79 00 999.

## Донецк

83023, ул. Лабутенко 8.  
Тел. 8 (062) 345 10 85.  
Факс 8 (062) 345 10 86.

## Львов

79015, ул. Тургенева, 72,  
корпус 1.  
Тел. 8 (032) 297 46 14.  
Факс 8 (032) 297 46 90.

## Симферополь

95013, ул. Севастопольская, 43/2, офис 11.  
Тел. 8 (0652) 44 38 26.  
Факс 8 (0652) 44 38 26.

Ввиду периодических изменений действующих стандартов и применяемых материалов технические характеристики, приведенные в тексте, являются действительными только после их подтверждения нашими службами.

Служба информационно-технической поддержки 8 (044) 490-62-08  
E-mail: helpdesk@ua.schneider-electric.com

<http://www.s-e.com.ua>  
<http://www.schneider-electric.com.ua>