

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ  
ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
29.120.60.115-2012**

---

**Токопроводы элегазовые на напряжение 110-500 кВ.  
Технические требования**

Стандарт организации

Дата введения: 16.02.2012

ОАО «ФСК ЕЭС»  
2012

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандарта организации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

### **Сведения о стандарте**

РАЗРАБОТАН: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

ВНЕСЁН: Департаментом технологического развития  
и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС».

УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:  
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 16.02.2012 № 76.

ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент технологического развития и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: [vaga-na@fsk-ees.ru](mailto:vaga-na@fsk-ees.ru), [smirnova-sn@fsk-ees.ru](mailto:smirnova-sn@fsk-ees.ru).

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

## **Введение**

Основными достоинствами элегазовых токопроводов являются экологичность и безопасность для людей, пожаробезопасность, возможность как горизонтального, так и вертикального исполнения токопроводов, низкие потери мощности, компактность, высокая пропускная способность.

Анализ документов Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) 61640 и МЭК 62271-203 показал, что в различных странах элегазовые токопроводы применяются только на напряжения 72,5 кВ и выше. На напряжение 20-35 кВ элегазовые токопроводы не выпускаются в связи с экономической нецелесообразностью. В связи с этим разрабатываемый стандарт организации целесообразно распространять на элегазовые токопроводы напряжением 110-500 кВ.

## Содержание

1. Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения.....	3
3.1 Термины и определения.....	3
3.2 Обозначения и сокращения.....	4
4 Классификация.....	5
5 Номинальные параметры.....	5
6 Технические требования.....	6
6.1 Климатическое исполнение и стойкость к внешним воздействующим факторам	6
6.2 Требования к электрической прочности изоляции.....	7
6.3 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания.....	8
6.4 Требования к нагреву при нормальных режимах и коротких замыканиях.....	9
6.5 Требования к элегазу.....	10
6.6 Требования к конструкции.....	11
7 Требования к испытаниям.....	13
7.1 Квалификационные испытания.....	13
7.2 Приемосдаточные испытания.....	14
7.3 Типовые испытания.....	14
7.4 Пусковые испытания на месте установки.....	14
8 Требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению.....	15
8.1 Маркировка.....	15
8.2 Упаковка.....	15
8.3 Комплектность поставки.....	16
8.4 Транспортирование и хранение.....	17
9 Требования к надежности и безопасности.....	19
Библиография.....	20

## **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к элегазовым токопроводам применяемым при новом строительстве, реконструкции и техперевооружении подстанций и линий передачи электроэнергии напряжением 110-500 кВ.

Стандарт определяет основные технические требования к конструктивным, технологическим, электрическим, физико-техническим и механическим параметрам элегазовых токопроводов.

Стандарт распространяется на элегазовые токопроводы жесткой металлической конструкции с расположением каждой фазы в отдельной герметизированной оболочке, либо с расположением всех трех фаз в одной оболочке, внутренняя полость которых заполнена газообразной шестифтористой серой - элегазом.

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1-4).

ГОСТ 12.2.007.3-75 ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности (с Изменениями N 1-4).

ГОСТ 12.2.007.4-75 ССБТ. Шкафы комплектных распределительных устройств и комплектных трансформаторных подстанций, камеры сборные одностороннего обслуживания, ячейки герметизированных элегазовых распределительных устройств (с Изменениями N 1-6).

ГОСТ 403-73 Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Допустимые температуры нагрева частей аппаратов.

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

ГОСТ 8024-90 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний.

ГОСТ 9920 – 89 Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции.

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями N 1-3).

ГОСТ 12971-67 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры (с Изменениями N 1-2).

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов (с Изменениями N 1-2).

ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и требования расчета на прочность.

ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP).

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1-4).

ГОСТ 15543.1-89 «Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам».

ГОСТ 15846-2002 Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 16962.1-89 Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 16962.2-90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменением N 1).

ГОСТ 18620-86 Изделия электротехнические. Маркировка (с Изменением N 1).

ГОСТ 20074-83 Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов.

ГОСТ 21130-75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры (с Изменениями N 1-5).

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний (с Изменениями N 1-3).

ГОСТ 26158-84 Сосуды и аппараты из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

**П р и м е ч а н и е** – При использовании настоящего стандарта целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины, определения, обозначения и сокращения

#### 3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1.1 вторичная (вспомогательная) цепь:** Все электрические цепи элегазового токопровода, входящие в цепь (кроме главной цепи), предназначенную для управления, измерения, сигнализации и регулирования режимами работы токопровода.

**3.1.2 герметичная секция токопровода:** Участок токопровода, ограниченный герметичными изоляторами, либо концевым устройством.

**3.1.3 главная токоведущая цепь:** Все токопроводящие части токопровода, включенные в цепь, предназначенную для передачи электрической энергии.

**3.1.4 концевое устройство:** Элемент соединения элегазового токопровода с другим высоковольтным оборудованием.

**3.1.5 линейная секция токопровода:** Прямолинейный участок токопровода, соединяемый с другими элементами токопровода путем болтового соединения.

**3.1.6 номинальное давление элегаза при заполнении:** Давление элегаза в Па для изоляции, отнесенное к нормальным атмосферным условиям +20°C и 101,3 кПа и выраженное в единицах избыточного или абсолютного давления, и до которого токопровод или его секции заполняются перед вводом в эксплуатацию.

**3.1.7 номинальный ток токопровода:** Ток, на который рассчитана длительная работа токоведущих элементов главной токоведущей цепи в нормированных условиях эксплуатации.

**3.1.8 оболочка:** Часть элегазового токопровода, позволяющая сохранять элегаз при его нормированных характеристиках, при которых обеспечивается в условиях безопасности номинальный уровень изоляции, защита оборудования от внешних воздействий и высокая степень защиты персонала.

**3.1.9 поворотный элемент токопровода:** Участок токопровода, обеспечивающий поворот на некоторый угол оболочки токопровода и соединяемый с линейными секциями или другими поворотными элементами токопровода.

**3.1.10 расчетная температура оболочки:** Наибольшая температура, которая может возникнуть в оболочке в рабочих условиях, которая определяется нагревом оболочки при протекании номинального тока с учетом максимальной температуры воздуха в месте установки элегазового токопровода и воздействия солнечной радиации.

**3.1.11 расчетное давление оболочки** : Избыточное давление, которое используют при разработке оболочки.

**3.1.12 стойкость токопровода к токам короткого замыкания:** Способность токопровода выдерживать воздействие токов короткого замыкания в главной цепи без приваривания или разрушения контактов, а также без превышения нормированных температур токоведущих частей, превышения механических напряжений в материале и без других повреждений, препятствующих исправной работе токопровода.

**Примечание** - Стойкость токопровода при сквозных токах короткого замыкания определяется следующими величинами: током электродинамической стойкости (амплитудным значением); током термической стойкости (действующим значением наибольшего кратковременного тока); временем протекания тока короткого замыкания.

**3.1.13 термическая стойкость токопровода:** Способность конструкции токопровода выдерживать воздействие наибольшего действующего значения тока короткого замыкания в течение 1 с, 2 с и 3 с, без нагрева токоведущих частей до температур, превышающих допустимые при токах короткого замыкания, и без повреждений, препятствующих дальнейшей исправной работе токопровода.

**3.1.14 транспортная единица токопровода:** Часть токопровода, пригодная для погрузки и транспортировки без проведения разборки.

**3.1.15 элегаз:** Шестифтористая сера (SF<sub>6</sub>), обладающая высокими изоляционными характеристиками.

**3.1.16 элегазовый токопровод:** Электрическая линия с жесткими или гибкими проводниками, установленными на опорных изоляторах внутри жесткой герметичной металлической оболочки, заполненной элегазом.

**3.1.21 эффективная температура окружающего воздуха:** Условная постоянная температура окружающего воздуха, принимаемая при расчетах номинальных параметров оборудования, влияющих на срок службы, существенно зависящих от нее и нормированных для длительной работы оборудования.

## **3.2 Обозначения и сокращения**

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

НД – нормативная документация;

ВВФ – внешние воздействующие факторы;

ТЭ – токопровод элегазовый;

ТЭОФ – токопровод элегазовый с расположением каждой фазы в отдельной герметизированной оболочке;

ТЭТФ – токопровод элегазовый с расположением всех трех фаз в одной оболочке.



## 4 Классификация

Токопроводы подразделяются по приведенным ниже основным признакам.

4.1 По роду установки в соответствии с ГОСТ 15150:

- для работы в помещениях (категории размещения 2, 3, 4);
- для работы на открытом воздухе (категория размещения 1).

4.2 По расположению фазных проводников:

- трехфазное исполнение – с тремя фазами в общей оболочке;
- однофазное исполнение – с фазами, размещенными в отдельных оболочках.

4.3 По конструктивному исполнению концевых устройств:

- с вводом «воздух - элегаз»;
- с вводом «масло – элегаз»;
- с вводом «кабель - элегаз»;
- с вводом «элегаз – элегаз».

## 5 Номинальные параметры

Параметры элегазовых токопроводов должны удовлетворять условиям безотказной работы как при нормальных режимах, так и при коротких замыканиях, перенапряжениях и нормированных перегрузках.

К основным электрическим параметрам ТЭ относятся:

- номинальное напряжение –  $U_{\text{ном}}$ ;
- наибольшее рабочее напряжение –  $U_{\text{н.р.}}$ ;
- номинальный ток главных цепей –  $I_{\text{ном.}}$ ;
- пик кратковременно выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) –  $i_{\text{д}}$ ;
- действующее значение кратковременно выдерживаемого тока (ток термической стойкости) –  $I_{\text{т}}$ ;
- время протекания тока короткого замыкания –  $t_{\text{к.з.}}$ .

Основные функциональные параметры токопроводов должны выбираться из числа стандартных значений, приведенных в Таблице 1. Номинальные значения тока и напряжения ТЭ даны при частоте 50 Гц.

Для цепей постоянного тока номинальное напряжение вторичных цепей  $U_{\text{ном.вт}}$  должно быть не более 220 В и 400 В - для цепей переменного тока.

Таблица 1 Стандартные значения номинальных параметров ТЭ

Обозначение параметра	Значение параметра				
$U_{\text{ном.}}$ , кВ	110	150	220	330	500
$U_{\text{н.р.}}$ , кВ	126	172	252	363	525

$I_{ном.}, A$	400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300
$i_{д}, кА$ (наибольший пик)	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 158; 200
$I_{т}, кА$	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80
$t_{к.з.}, с$	1; 2; 3

## 6 Технические требования

Технические характеристики ТЭ должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и НД на ТЭ конкретных типов.

### 6.1 Климатическое исполнение и стойкость к внешним воздействующим факторам

6.1.1 ТЭ по климатическому исполнению и стойкости к воздействию климатических факторов внешней среды должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1.

6.1.2 ТЭ согласно ГОСТ 15150 должны выполняться по следующим категориям климатического исполнения:

У – для макроклиматического района с умеренным климатом;

ТУ – для макроклиматического подрайона с теплым умеренным климатом;

УХЛ – для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом;

ХЛ – для макроклиматического района с холодным климатом, если экономически не целесообразно использование оборудования вне пределов этого района.

Значения температур окружающего воздуха при эксплуатации приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Значения температуры воздуха при эксплуатации

Исполнение изделий	Категория изделий	Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С			
		Рабочее		Предельное рабочее	
		верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
У, ТУ	1; 2; 3	+40	-45	+45	-50
ХЛ	1; 2; 3	+40	-60	+45	-70
УХЛ	1; 2; 3	+40	-60	+45	-70
	4	+35	+1	+40	+1

6.1.3 Для ТЭ климатического исполнения У, категории размещения 3 (таблица 2), нижнее значение температуры внешней среды при эксплуатации следует принимать равным минус 25 °С.

По согласованию с заказчиком, допускается устанавливать для ТЭ категории размещения 3 нижнее значение температуры внешней среды при эксплуатации равным минус 5 °С.

6.1.4 ТЭ категории размещения 1 должны нормально работать в условиях гололеда при толщине корки льда до 20 мм и скорости ветра до 15 м/с, а при отсутствии гололеда - при скорости ветра до 40 м/с.

6.1.5 ТЭ категории размещения 1 по ГОСТ 15150 должны допускать натяжение проводов, подключаемых к вводам «воздух - элегаз» с учетом влияния ветра и гололеда, а также возможность вывода проводов под углом в пределах значений, указанных в НД на ТЭ конкретных типов.

6.1.6 ТЭ должны сохранять свои параметры в пределах норм, установленных настоящим стандартом и НД на ТЭ конкретных типов, в процессе и (или) после воздействия механических ВВФ.

6.1.7 Группы механического исполнения ТЭ и номинальные значения механических ВВФ должны устанавливаться в ТУ на конкретные виды ТЭ в соответствии с ГОСТ 17516.1.

6.1.8 Требования в части сейсмостойкости ТЭ должны соответствовать ГОСТ 17516.1.

## 6.2 Требования к электрической прочности изоляции

6.2.1 Изоляция главных цепей ТЭ, цепей управления, вспомогательных цепей должна соответствовать требованиям ГОСТ 1516.3.

6.2.2 Нормированные испытательные напряжения главных цепей ТЭ должны соответствовать данным таблицы 3.

Таблица 3 - Нормированные испытательные напряжения элегазовых токопроводов

Класс напряже ния	Испытательное напряжение, кВ				
	полный грозовой импульс		коммутационный импульс	кратковременное (одноминутное) переменное	
	относительно земли	между фазами для ТЭТФ	относительно земли	относительно земли	Между фазами для ТЭТФ
110	450	450	-	230	230
150	650	650	-	300	300
220	900	900	-	440	440
330	1050	-	850	460	-
500	1425	-	1050	630	-

Для токопроводов с общей для всех трех фаз оболочкой, испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой фазе

токопровода или к двум фазам при соединении третьей фазы с заземленной оболочкой.

6.2.3 Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей ТЭ относительно земли должна выдерживать испытательное кратковременное (одноминутное) переменное напряжение равное 2,0 кВ, прикладываемое поочередно между токоведущими и заземленными частями, а также между токоведущими частями разных цепей.

6.2.4 Интенсивность частичных разрядов в изоляции ТЭ не должна превышать значения  $10^{-11}$  Кл при приложении к ней переменного напряжения, равного  $1,1U_{н.р.}/\sqrt{3}$ , ГОСТ 1516.3.

6.2.5 При приложении к внешней изоляции концевых устройств ТЭ в виде вводов «воздух - элегаз» переменного напряжения, равного  $1,1U_{н.р.}/\sqrt{3}$ , должно фиксироваться отсутствие видимой короны, ГОСТ 1516.3.

6.2.6 Длина пути утечки внешней изоляции концевых устройств должна соответствовать требованиям ГОСТ 9920.

6.2.7 Электрическая прочность внутренней изоляции ТЭ вводов «воздух – элегаз», «масло - элегаз», «кабель - элегаз» и «элегаз - элегаз», должна соответствовать значениям нормированных испытательных напряжений относительно земли по п. 6.2.2.

### **6.3 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания**

6.3.1 ТЭ должны выдерживать воздействие токов термической и электродинамической стойкости (таблица 1) при коротких замыканиях без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе. Значение тока электродинамической стойкости  $i_d$  должно быть не менее  $2,5 I_T$ .

6.3.2 Нормированное время протекания тока термической стойкости 1с, 2 с или 3 с (таблица 1) устанавливается в НД на ТЭ.

При иной длительности протекания тока термической стойкости, соотношение между током и временем находят по формуле:

$$I_1^2 \cdot t_1 = I_2^2 \cdot t_2, \quad (1)$$

где

$I_1$  — ток термической стойкости, соответствующий времени 1, 2 или 3 с, кА;

$t_1$  — время протекания тока термической стойкости, равное 1, 2 или 3 с;

$I_2$  — ток термической стойкости, соответствующий времени протекания  $t_2$ , кА;

$t_2$  — время протекания тока термической стойкости.

6.3.3 Цепи заземления ТЭ должны быть устойчивы к воздействию сквозных токов короткого замыкания при длительности их протекания, равной 1 с.

#### 6.4 Требования к нагреву при нормальных режимах и коротких замыканиях

6.4.1 ТЭ по нагреву, при длительной работе в нормальном режиме должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8024.

6.4.2 Наибольшие допустимые значения температуры и ее превышения над эффективной температурой окружающей среды для токоведущих частей в элегазе и для выводов, соединяемых с внешними проводниками, для ТЭ климатического исполнения УХЛ1 категорий размещения 1, 2 и 3 по ГОСТ 15150 приведены в таблице 4.

Таблица 4- Наибольшие допустимые значения температуры и ее превышения для токоведущих частей в элегазе и выводов, соединяемых с внешними проводниками

Наименование частей аппаратов и материалов, из которых они изготовлены	Наибольшая допустимая температура нагрева	Допустимое превышение температуры токоведущих частей над эффективной температурой
		°С
1.Контакты		
1.1. Контакты из меди и медных сплавов:		
- без покрытий;	90	50
- с накладными пластинами из серебра;	120	80
- с покрытием серебром или никелем;	105	65
- с покрытием оловом.	90	50
2. Соединения		
2.1. Из меди, алюминия и их сплавов:		
- без покрытий;	105	65
- с покрытием оловом.	105	65
2.2. Из меди и медных сплавов:		
- с покрытием серебром;	115	75
- с покрытием никелем.	115	75
2.3. Из алюминия и его сплавов:		
- с покрытием серебром или никелем.	115	75
3. Выводы		
3.1. Выводы аппаратов из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей:		
- без покрытия;	90	50
- с покрытием оловом, никелем или серебром;	105	65
- с покрытием серебром.	120	65

Наименование частей аппаратов и материалов, из которых они изготовлены	Наибольшая допустимая температура нагрева	Допустимое превышение температуры токоведущих частей над эффективной температурой
		°С
4. Токоведущие (за исключением контактов и контактных соединений) и нетоковедущие металлические части не изолированные и не соприкасающиеся с изоляционными материалами.	120	80

6.4.3 Температура нагрева частей оболочек ТЭ, доступных для прикосновения в нормальных условиях обслуживания оборудования не должна превышать 70 °С.

6.4.4 Температура нагрева частей оболочек ТЭ, недоступных для прикосновения в нормальных условиях обслуживания оборудования не должна превышать 80 °С.

6.4.5 Допустимые превышения температуры нагрева вторичных цепей оборудования ТЭ должны соответствовать ГОСТ 403.

6.4.6 Предельно допустимые значения температур нагрева контактов токоведущих частей при протекании сквозных токов короткого замыкания не должны превышать допустимых значений по ГОСТ 10434.

## 6.5 Требования к элегазу

6.5.1 Рабочее давление элегаза должно устанавливаться изготовителем, по условиям обеспечения нормированной электрической прочности изоляции токопровода и отсутствия конденсации элегаза при низких температурах, приводящей к недопустимому снижению давления. Отсутствие конденсации элегаза контролируется по рис.1.

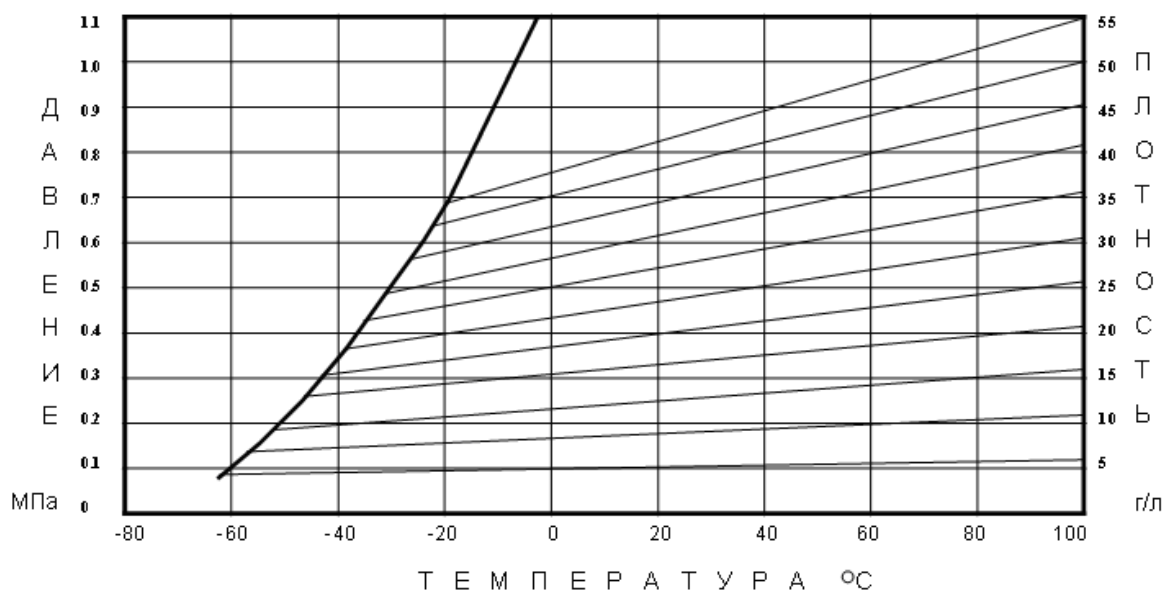


Рисунок 1 Диаграмма зависимости давления и плотности элегаза от температуры

6.5.2 В токопроводах, предназначенных для применения в условиях низких температур окружающего воздуха, для обеспечения отсутствия конденсации могут использоваться смеси элегаза с другими газами.

6.5.3 Номинальное (избыточное) давление элегаза должно выбираться из диапазона от 0,05 (0,5) до 1,0 (10) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

6.5.4 Состав и химические свойства элегаза для ТЭ должны соответствовать требованиям [1].

6.5.5 Допустимое значение расхода элегаза на утечки – не более 1 % в год от общей массы элегаза.

## 6.6 Требования к конструкции

6.7.1 Все оболочки отдельных секций и элементов токопровода должны быть электрически соединены и заземлены.

6.7.2 Соединение отдельных секций и (или) поворотных секций должно осуществляться болтами.

6.7.3 Для компенсации изменения размеров токопроводов вследствие колебаний температуры, а также отклонений в размерах при изготовлении и монтаже, должны быть предусмотрены компенсационные устройства.

6.7.4 Конструкция поддерживающих токопроводы элементов должна обеспечивать безопасную и удобную эксплуатацию ТЭ.

6.7.5 Оболочки ТЭ, размещаемые в траншеях, должны иметь антикоррозионную защиту.

6.7.6 Конструкция ТЭ должна предусматривать возможность применения в токопроводах секционирования и концевых устройств в виде вводов «воздух-элегаз», «масло-элегаз», «кабель-элегаз», «элегаз-элегаз», а

также использования наряду с линейными секциями токопровода поворотных элементов, обеспечивающих необходимую трассировку.

6.7.7 Конструкция вводов «масло-элегаз» для непосредственного соединения силового трансформатора и ТЭ должна соответствовать рекомендациям МЭК 62271-306.

6.7.8. Конструкция ввода «кабель-элегаз для соединения силового кабеля и ТЭ должна соответствовать рекомендациям МЭК 62271-305.

6.7.9 Оболочка ТЭ должна соответствовать требованиям [2].

6.7.10 Оболочка ТЭ должна быть устойчива к прогоранию при внутреннем перекрытии дугой в течение времени (МЭК 61640):

а) при токе дуги 40 кА и выше – от 0,1 с до 0,3 с;

б) при токе дуги менее 40 кА – от 0,2 с до 0,5 с.

Конкретное значение времени, при котором оболочка ТЭ должна быть устойчива к прогоранию при внутреннем перекрытии дугой, определяется изготовителем на основании испытаний или расчетным методом в соответствии с рекомендациями МЭК 62271-203 по согласованию с ОАО «ФСК ЕЭС».

6.7.11 Каждая герметичная секция токопровода должна быть снабжена защитой от чрезмерного повышения давления элегаза.

6.7.12 Каждая герметичная секция токопровода должна быть снабжена датчиком плотности элегаза и клапанами для заполнения и удаления элегаза. Конструкция датчиков плотности должна предусматривать возможность их проверки в эксплуатации без удаления элегаза из секции.

6.7.13 Указатели плотности (давления) элегаза должны иметь уставки с выходом на сигнализацию и блокировку:

- плотности (давления) элегаза, при которой необходимо дозаполнение элегаза;

- минимальной плотности (давления) элегаза, при которой токопровод должен быть выведен из работы (отключен выключателями с обеих сторон).

6.7.14 Элементы схем управления и сигнализации состояния токопровода должны быть размещены в шкафах.

В шкафах должны быть предусмотрены выводы для цепей централизованного управления.

Степень защиты шкафов от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним, от соприкосновения с движущимися частями, находящимися внутри оболочки, от попадания внутрь твердых посторонних тел, а также от попадания воды по ГОСТ 14254 должна быть указана в НД на ТЭ конкретных типов.

6.7.15 Цепи заземления оболочки и элементов главных цепей ТЭ, а также способ их крепления должны быть выбраны в соответствии с требованиями ГОСТ 21130.



6.7.16 В ТЭ прокладка вспомогательных цепей должна производиться изолированным проводом непосредственно по металлическим панелям или другим конструкциям, защищенным от коррозии.

6.7.17 При установке ТЭ в туннеле необходима принудительная вентиляция, исходя из условий обеспечения безопасности обслуживающего персонала, в случае утечки элегаза и выделении тепла при протекании номинального тока.

## **7 Требования к испытаниям**

ТЭ должны подвергаться квалификационным, приемосдаточным, типовым испытаниям и пусковым испытаниям на месте установки.

Объектом испытаний по согласованию между изготовителем и заказчиком может являться как ТЭ в сборе, так и его отдельные секции.

### **7.1 Квалификационные испытания**

Квалификационные испытания токопроводов должны включать испытания:

- электрической прочности изоляции и определение уровня частичных разрядов в соответствии п. 6.2 и ГОСТ 20074;
- изоляции вспомогательных цепей в соответствии с п. 6.2;
- на стойкость при сквозных токах короткого замыкания в соответствии с п. 6.3;
- на нагрев при длительной работе в нормальном режиме в соответствии с п. 6.4;
- по измерению сопротивления главных цепей в соответствии с ГОСТ 8024.
- оболочек повышенным давлением в соответствии требованиям [2];
- на герметичность оболочек в соответствии с п. 6.5.5 и рекомендациями МЭК 61640;
- антикоррозионные в соответствии с рекомендациями МЭК 61640;
- скользящих контактов механические в соответствии с рекомендациями МЭК 61640;
- на стойкость к внутренней дуге в соответствии с п. 6.7.10 и рекомендациями МЭК 61640;
- климатические в соответствии с ГОСТ 16962.1;
- на стойкость к внешним механическим воздействиям в соответствии с ГОСТ 16962.2;
- по проверке качества сварных швов в соответствии с рекомендациями МЭК 61640;
- по определению степени защиты шкафов вспомогательных цепей в соответствии с п. 6.7.14 и ГОСТ 14254.

## **7.2 Приемосдаточные испытания**

Приемосдаточные испытания должны включать:

- внешний осмотр с проверкой соответствия сборочным чертежам, инструкциям и схемам согласно п. 8.3.2;
- испытания электрической прочности изоляции напряжением промышленной частоты в соответствии с п. 6.2;
- измерения сопротивления главных цепей в соответствии с ГОСТ 8024;
- испытания изоляции вспомогательных цепей в соответствии с п. 6.2;
- измерения частичных разрядов в соответствии с п. 6.2;
- испытания оболочек повышенным давлением в соответствии с [2];
- на герметичность оболочек в соответствии с п. 6.5.5 и рекомендациями МЭК 61640.

## **7.3 Типовые испытания**

7.3.1 Типовые испытания должны проводиться при изменении конструкции или технологического процесса изготовления ТЭ, а также при изменении применяемых материалов, если указанные изменения могут оказать влияние на параметры ТЭ.

7.3.2 Программа типовых испытаний должна соответствовать разделу 7.1 настоящего стандарта.

7.3.3 В технически обоснованных случаях, типовые испытания могут проводиться по специальной программе. При этом состав испытаний должен определяться в зависимости от степени возможного влияния предлагаемых изменений на качество производимых ТЭ.

## **7.4 Пусковые испытания на месте установки**

Пусковые испытания на месте установки должны включать:

- внешний осмотр с проверкой соответствия сборочным чертежам, инструкциям и схемам согласно п. 8.3.2;
- испытания изоляции главных цепей в соответствии с п. 6.2 по программе, согласованной с изготовителем;
- испытания изоляции вспомогательных цепей в соответствии с п. 6.2;
- измерение сопротивления секции главной цепи в соответствии с ГОСТ 8024;
- проверку герметичности в соответствии с п. 6.5.5 и рекомендациями МЭК 61640;
- проверку элегаза в соответствии с п. 6.5.4;

## **8 Требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению**

### **8.1 Маркировка**

8.1.1 Каждая транспортная единица ТЭ должна иметь табличку по ГОСТ 12971, на которой, в соответствии с ГОСТ 18620 должно быть указано на русском языке:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение типа ТЭ и (или) типoisполнения;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- дата изготовления (год);
- номинальное напряжение;
- номинальный ток главных цепей ТЭ;
- тип газа и номинальное избыточное давление;
- масса;
- обозначение НД или каталога;
- другие технические данные конструкции ТЭ по усмотрению предприятия-изготовителя.

8.1.2 Способ нанесения надписей на табличках и материал табличек должны обеспечивать ясность надписей на все время эксплуатации ТЭ. Таблички должны устанавливаться в удобном для чтения месте.

8.1.3 Транспортная маркировка должна выполняться по ГОСТ 14192 и ГОСТ 18620, при этом на ящиках, кроме основных и дополнительных надписей, должны быть нанесены:

- информационные надписи: масса и габаритные размеры (кроме случаев, оговоренных ГОСТ 14192, когда один из размеров менее 1 м);
- манипуляционные знаки: «Места строповки», «Верх не кантовать!» и, при необходимости, «Осторожно, хрупкое»;
- при высоте ящика более 1 м — знак «Центр тяжести».

### **8.2 Упаковка**

8.2.1 Упаковка ТЭ и его частей должна обеспечивать защиту от механических повреждений и от воздействия факторов окружающей среды в процессе транспортирования и хранения.

8.2.2 Вид упаковки для условий хранения, транспортирования, должен соответствовать ГОСТ 15150, ГОСТ 23216, ГОСТ 15846 и указываться в НД на ТЭ конкретных типов.

8.2.3 По согласованию между изготовителем и заказчиком, транспортирование ТЭ может производиться в облегченной упаковке по ГОСТ 23216 или в контейнерах без упаковки в транспортную тару, при этом должно

предусматриваться, по возможности, полное использование грузоподъемности и вместимости контейнеров.

8.2.4 Дополнительные указания по упаковке и консервации в соответствии с условиями транспортирования и хранения, в том числе способ формирования грузовых мест, их количество, размеры и масса, должны предусматриваться в НД или в конструкторской документации на ТЭ конкретных типов.

8.2.5 Эксплуатационная и сопроводительная документация ТЭ должна быть упакована в соответствии с требованиями ГОСТ 23216.

### **8.3 Комплектность поставки**

8.3.1 В комплект ТЭ должны входить: транспортные единицы токопровода, составные части и детали, а также запасные части, принадлежности и монтажные материалы, предусматриваемые в НД на конкретные типы ТЭ, а также элегаз, необходимый для заполнения.

8.3.2 В комплект поставки ТЭ должна прикладываться следующая основная документация:

- паспорт ТЭ или формуляр;
- руководство по эксплуатации ТЭ;
- паспорт сосуда, работающего под давлением [2];
- электрические схемы главных цепей;
- электрические схемы вспомогательных цепей;
- эксплуатационная документация на основную комплектующую аппаратуру в соответствии с НД на аппаратуру конкретных типов;
- ведомость ЗИП.

8.3.3 При проведении закупок по требованию заказчика должна быть предоставлена следующая дополнительная документация на ТЭ:

- основные функциональные требования;
- тип заземления нейтрали;
- открытое расположение или расположение в туннеле;
- ограничения по использованию принудительной вентиляции в туннеле;
- наличие особых условий эксплуатации (повышенная влажность, солевые отложения, высокая сейсмичность, слабые грунты и др.);
- максимальная длина герметичных секций токопроводов;
- трассировка токопровода (в случае его большой протяженности).

8.3.4 При участии в тендерах, поставщики токопроводов обязаны предоставить следующую техническую информацию:

- номинальные параметры ТЭ;
- функциональные особенности;
- сертификаты;
- конструктивные особенности;
- особенности вспомогательных устройств;

- перечень рекомендуемых запасных частей;
- инструкции по транспортировке, хранению, установке и обслуживанию;
- руководство по работе с ТЭ, включающее, объем, характер и периодичность обслуживания, детальное описание работ по обслуживанию, монтажные и габаритные чертежи элементов ТЭ, необходимые для обслуживания, с четкой идентификацией – где обслуживание должно быть проведено;
- диапазон разрешенных параметров: давления и плотности газа, состава элегаза, допустимого износа контактов, электрического сопротивления болтового соединения оболочек;
- спецификацию дополнительных используемых материалов;
- перечень специального инструмента;
- информацию о необходимых испытаниях в эксплуатации;
- перечень рекомендуемых запасных частей;
- заключение аттестационной комиссии о применении ТЭ на объектах ОАО «ФСК ЕЭС».

## **8.4 Транспортирование и хранение**

8.4.1 Транспортирование ТЭ и его частей должно проводиться транспортом любого вида.

8.4.2 Условия транспортирования и хранения в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать ГОСТ 15150 и ГОСТ 23216 и должны быть указаны в НД на ТЭ.

8.4.3 Консервация изделий должна проводиться согласно ГОСТ 23216.

8.4.4 В каждое грузовое место должен быть вложен упаковочный лист, содержащий перечень упакованных частей.

8.4.5 ТЭ транспортируются упакованными в ящики. Ящики с транспортными единицами токопровода запрещается оставлять без защиты от проникновения влаги или атмосферных осадков. В процессе перевозки ящики не должны быть повреждены. Каждый ящик должен быть укреплен таким образом, чтобы он не мог перемещаться ни в одном направлении.

8.4.6 Рекомендуется избегать длительного хранения транспортных единиц токопровода до сборки ТЭ.

8.4.7 Если хранение необходимо, то хранить транспортные единицы токопровода следует в транспортной упаковке в помещениях или под навесом. Для хранения транспортные ящики должны устанавливаться на плоских поверхностях выше уровня земли, чтобы избежать поломок и попадания в них воды. При хранении следует удалить пластиковую пленку для предохранения элементов ТЭ от коррозии вследствие конденсации влаги.

8.4.8 В исключительных случаях допускается хранение транспортных единиц токопровода на открытом воздухе. При этом ящики должны быть установлены на устойчивые подставки и закрыты брезентом.

## **9 Требования к надежности и безопасности**

9.1 Срок службы ТЭ должен быть не менее 30 лет.

9.2 Гарантийный срок эксплуатации ТЭ должен составлять не менее 3 лет.

9.3 Требования безопасности ТЭ должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3 и ГОСТ 12.2.007.4.

9.4 Степень защиты шкафов вспомогательных цепей от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним, от соприкосновения с движущимися частями, находящимися внутри оболочки по ГОСТ 14254, должна быть указана в НД на ТЭ конкретных типов.

## Библиография

1. ТУ-6-02-1249-83 «Элегаз повышенной чистоты. Технические условия».
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением - 03-576-03 (утверждены постановлением Госгортехнадзора России №91 от 11.06.2003).
3. МЭК 61640:1998 «Жесткие высоковольтные газоизолированные линии электропередачи на номинальное напряжение 72,5 кВ и выше».(IEC 61640:1998 Rigid high-voltage, gas-insulated transmission lines for rated voltage of 72,5 kV and above).
4. МЭК 62271-203:2003 «Коммутационная аппаратура и аппаратура управления высокого напряжения. Часть 203. Распределительные устройства с элегазовой изоляцией в металлическом кожухе на номинальные напряжения свыше 52 кВ». (IEC 62271-203:2003 High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV).
5. МЭК 60480:1974 «Руководство для проверки шестифтористой серы (SF<sub>6</sub>), взятой из электрического оборудования». (IEC 60480:1974 Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) taken from electrical equipment).
6. МЭК 60287-3-1:1995 Кабели электрические. Вычисление номинального тока. Часть 3: Разделы, касающиеся условий эксплуатации. Раздел 1: Нормированные условия эксплуатации и выбор типа кабеля. (IEC 60287-3-1:1995 Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3: Sections on operating conditions - Section 1: Reference operating conditions and selection of cable type).