
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
29.180.04.165-2014**

**Реакторы токоограничивающие
на номинальное напряжение 6 – 500 кВ.
Типовые технические требования**

Стандарт организации

Дата введения: 11.03.2014
Дата введения изменений: 20.12.2016

ОАО «ФСК ЕЭС»

2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2012.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».
2. ВНЕСЁН: Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 11.03.2014 № 124.
4. ИЗМЕНЕНИЯ ВВЕДЕНЫ: Приказом ПАО «ФСК ЕЭС»
от 20.12.2016 № 480.
5. ВВЕДЁН: с изменениями от 20.12.2016 (ПОВТОРНО).

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: yaga-na@fsk-ees.ru.

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

Содержание

Введение.....	4
1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Термины, определения и обозначения.....	7
3.1 Термины, определения	7
3.2 Обозначение и сокращения	7
4 Технические требования к токоограничивающим реакторам.....	8
4.1 Технические требования к токоограничивающим реакторам классов напряжения 6 – 35 кВ.....	8
4.2 Технические требования к токоограничивающим реакторам классов напряжения 110 – 500 кВ.....	19
5 Указания по подтверждению технических требований	29
Библиография	38

Введение

Типовые технические требования к токоограничивающим реакторам на номинальное напряжение 6 – 500 кВ разработаны с учетом опыта эксплуатации данного электрооборудования.

Типовые технические требования включают:

- условия эксплуатации;
- номинальные параметры и характеристики;
- требования к конструкции;
- требования по нагреву;
- требования к потерям, коэффициент связи и допуски;
- требования к электрической прочности изоляции;
- требование к стойкости при коротком замыкании и толчках нагрузки;
- требования по надёжности;
- гарантии изготовителя;
- требования безопасности;
- требования к маркировке, упаковке, транспортированию, условиям хранения;
- требования к комплектности поставки;
- требования к сервисным службам;
- указания по подтверждению технических требований.

1 Область применения

Настоящий стандарт организации распространяется на токоограничивающие реакторы классов напряжения 6 – 500 кВ, предназначенные для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях частоты 50 Гц.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 2.610–06 ЕСКД. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.2.007.0–75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.007.2–75 ССБТ. Трансформаторы силовые и реакторы электрические. Требования безопасности (с Изменением № 1).

ГОСТ 721–77 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В (с Изменениями № 1 – 3).

ГОСТ 3484.1–88 (СТ СЭВ 1070–78) Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний (с Изменением № 1).

ГОСТ 3484.3–88 (СТ СЭВ 5266–85) Трансформаторы силовые. Методы измерений диэлектрических параметров изоляции.

ГОСТ 6697–83 (СТ СЭВ 3687–82) Системы электроснабжения, источники, преобразователи и приемники электрической энергии переменного тока. Номинальные частоты от 0,1 до 10000 Гц и допускаемые отклонения.

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

ГОСТ 8865–93 (МЭК 85–84) Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация.

ГОСТ 10434–82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями № 1 – 3).

ГОСТ 14794–79 Реакторы токоограничивающие бетонные. Технические условия (с Изменениями № 1 – 3).

ГОСТ 15150–69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категория, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями № 1 – 5).

ГОСТ 17516.1–90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 18624-73 Реакторы электрические. Термины и определения (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 21130–75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры (с Изменениями № 1 – 5).

ГОСТ 22756–77 (СТ СЭВ 3150-81, СТ СЭВ 44446-83, СТ СЭВ 5018-85, МЭК 722-86) Трансформаторы (силовые и напряжения) и реакторы. Методы испытаний электрической прочности изоляции (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 25073–81 Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В для работы на открытом воздухе. Типы, основные параметры и размеры (с Изменениями № 1 – 5).

ГОСТ 30630.2.1–13 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры.

ГОСТ 30630.2.5-13 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие соляного тумана.

ГОСТ 30630.2.6-13 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие воды.

ГОСТ ИСО/МЭК 17025–09 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

ГОСТ Р ИСО 9001–15 Системы менеджмента качества. Требования.

ГОСТ Р 51369-99 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие влажности (с Поправкой).

ГОСТ Р 52034–08 Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52082–03 Изоляторы полимерные опорные наружной установки на напряжение 6 – 220 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52719–07 Трансформаторы силовые. Общие технические условия.

ГОСТ Р 55194–12 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.

ГОСТ Р 55195–12 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

3 Термины, определения и обозначения

3.1 Термины, определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 18624, ГОСТ Р 55194, ГОСТ Р 55195, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **Категория размещения:** Характеристика места размещения оборудования соответствующего климатического исполнения при эксплуатации.

3.1.2 **Климатическое исполнение:** Совокупность требований к конструкции оборудования в части воздействия климатических факторов внешней среды и их номинальных значений для эксплуатации в пределах данной географической зоны, транспортирования и хранения.

3.1.3 **Мощность обмотки фазы реактора:** Произведение квадрата номинального тока и номинального индуктивного сопротивления одинарного реактора или удвоенное произведение квадрата номинального тока и номинального сквозного индуктивного сопротивления ветви сдвоенного реактора.

3.2 Обозначение и сокращения

« U » - класс напряжения реактора, кВ;

« I_n » - номинальный ток реактора, А;

« X » - номинальное индуктивное сопротивление одинарного реактора, Ом;

« $X_{0,5}$ » - номинальное индуктивное сопротивление сдвоенного реактора (сопротивление ветви сдвоенного реактора), Ом;

« X_c » - индуктивное сопротивление сдвоенного реактора, Ом;

« I_c » - установившийся условный ток короткого замыкания в сети без реактора в том месте, где реактор должен устанавливаться, при номинальном напряжении сети, соответствующем классу напряжения реактора, кА;

« $i_{дин}$ » - максимальное мгновенное значение тока электродинамической стойкости для одинарных реакторов, а также для сдвоенных реакторов при протекании тока в одной ветви или в обеих ветвях в согласном направлении, кА;

« $I_{к,доп}$ » - допустимое действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания, кА.

4 Технические требования к токоограничивающим реакторам

4.1 Технические требования к токоограничивающим реакторам классов напряжения 6 – 35 кВ

№ п/п	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика					Нормативный документ	Подтвержденное значение параметра	Соответствие, подтвержденное экспертом
1	2	3					4	5	6
1	Условия эксплуатации								
1.1	Номинальное напряжение сети, кВ	6	10	15	20	35	ГОСТ 721 (пункт 2)		
1.2	Номинальная частота, Гц	50					ГОСТ 6697 (пункт 3)		
1.3	Категория размещения	1; 2; 3					ГОСТ 15150 (разделы 2, 3)		
1.4	Климатическое исполнение	У, УХЛ, ХЛ					ГОСТ 15150 (разделы 2, 3)		
1.5	Верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °С	+40					ГОСТ 15150 (пункт 3.2)		
1.6	Нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °С: - для климатического исполнения У - для климатического исполнения УХЛ, ХЛ	- 45 - 60					ГОСТ 15150 (пункт 3.2)		
1.7	Высота установки над уровнем моря, м	до 1000					ГОСТ 14794 (пункт 2.4)		
1.8	Сейсмостойкость, баллов по шкале MSK - 64, не менее	6					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
1.9	Группа внешних механических воздействий по ГОСТ 17516.1	В соответствии с ТУ или спецификацией					ГОСТ 14794 (пункт 2.4) Требование		

1	2	3					4	5	6
							ПАО «ФСК ЕЭС»		
1.10	Тип атмосферы	II					ГОСТ 15150 (пункт 3.14) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2	Номинальные параметры и характеристики								
2.1	Номинальные параметры								
2.2	Номинальное напряжение, кВ	6	10	15	20	35	ГОСТ 721 (пункт 2)		
2.3	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2	12	17,5	24	40,5	ГОСТ 721 (пункт 2)		
2.4	Номинальный ток, А	250; 400; 630; 1000; 1600; 2000; 2500; 4000					ГОСТ 14794 (пункт 1.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2.5	Номинальное индуктивное сопротивление одинарных реакторов ¹ , Ом: - 250 А - 400 А - 630 А - 1000 А - 1600 А - 2500 А - 4000 А	1,0; 1,4; 2,0; 2,5 0,35; 0,45 0,25; 0,40; 0,56; 0,7; 1,0; 1,6; 2,0 0,14; 0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,56; 0,7; 1,0 0,14; 0,2; 0,25; 0,35; 0,56 0,14; 0,2; 0,25; 0,35 0,10; 0,18					ГОСТ 14794 (пункт 1.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2.5	Номинальное индуктивное сопротивление сдвоенных реакторов ² , Ом: - 2x630 А - 2x1000 А	0,25; 0,40; 0,56 0,14; 0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,56					ГОСТ 14794 (пункт 1.3) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

¹ Приведены типовые значения индуктивного сопротивления. По требованию Заказчика могут быть установлены другие значения.

² Приведены типовые значения индуктивного сопротивления. По требованию Заказчика могут быть установлены другие значения.

1	2	3					4	5	6
	- 2x1600 А - 2x2500 А	0,14; 0,20; 0,25; 0,35 0,14; 0,20; 0,25; 0,35							
2.6	Схема установки реакторов	С вертикальным расположением фаз; Со ступенчатым расположением фаз; С горизонтальным расположением фаз					ГОСТ 14794 (пункт 1.4) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3	Требования к конструкции								
3.1	Зажимы реакторов должны быть выполнены с учётом требований ГОСТ 10434	соответствие					ГОСТ 14794 (подпункт 2.6.1) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.2	Система охлаждения	естественное воздушное; принудительное воздушное					ГОСТ 14794 (пункт 2.3) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.3	Угол Ψ между выводами реактора, ° (допуск $\pm 10^\circ$)	0; 90; 180; 270					ГОСТ 14794 (подпункт 2.6.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.4	Устройства для подъёма	наличие устройств для строповки					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.	Требования по нагреву								
4.1	Класс нагревостойкости по ГОСТ 8865	А	Е	В	Ф	Н	ГОСТ 14794 (подпункт 2.7.1) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.2	Допустимые превышения температуры над температурой окружающей среды, °С, не более: - контактные соединения; - выводы:	65					ГОСТ 14794 (подпункт 2.7.1) ГОСТ 8024 (пункт 1.1) Требование		

1	2	3					4	5	6
	- без покрытия - с покрытием оловом, никелем или серебром - изоляция	50 65					ПАО «ФСК ЕЭС»		
		60	80	90	115	140			
4.3	Норма нагрева реактора при установившемся токе короткого замыкания, °С - медь - алюминий	180 180	250 200	350 200	350 200	350 200	ГОСТ 14794 (подпункт 2.7.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.4	В аварийных случаях реакторы должны допускать перегрузку сверх номинального тока: - перегрузка сверх номинального тока, % - продолжительность перегрузки, мин						ГОСТ 14794 (подпункт 2.7.3) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
		20 60	30 45	40 32	50 18	60 5			
5	Требования к потерям^{3,4}, коэффициент связи и допуски								
5.1	Номинальные потери и удельные потери одинарных реакторов (номинальные потери / удельные потери (индуктивное сопротивление)) в зависимости от номинального тока, кВт и Вт/кВА, не более: - 250 А - 400 А	5,4 / 29 (1,0); 6,0 / 23 (1,4); 7,8 / 21 (2,0); 10,5 / 23 (2,5); 5,7 / 34 (0,35); 7,5 / 35 (0,45);					ГОСТ 14794 (пункт 2.8) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

³ Номинальные потери реакторов соответствуют условной расчетной температуре, принимаемой равной 75 °С для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости А, Е, В и 115 °С – для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости Н, С, F (см. ГОСТ 3484.1, пункт 5.3.2).

⁴ Приведенные в графе 2 значения номинальных потерь установлены для трехфазных реакторов и соответствуют суммарным потерям трех фаз; для однофазных реакторов номинальные потери не должны превышать одну треть от приведенных в графе 2 значений.

1	2	3	4	5	6
	- 630 А - 1000 А - 1600 А - 2500 А - 4000 А	7,5 / 26 (0,25); 10,2 / 22 (0,40); 12,0 / 18 (0,56); 10,5 / 25 (0,14); 14,4 / 22 (0,22); 17,4 / 21 (0,28); 18,6 / 18 (0,35); 22,2 / 17 (0,45); 25,5 / 16 (0,56); 22,8 / 22 (0,14); 27,9 / 19 (0,2); 31,5 / 17(0,25); 41,4 / 17 (0,35); 51,0 / 20 (0,14); 61,5 / 17 (0,2); 67,5 / 15 (0,25); 91,5 / 14 (0,35); 79,5 / 17 (0,10); 108,0 / 13 (0,18)			
5.2	Номинальные потери и удельные поте- ри сдвоенных реакторов (номинальные потери / удельные потери (индуктивное сопротивление)) в зависимости от но- минального тока, кВт и Вт/кВА, не бо- лее: - 630 А - 1000 А - 1600 А - 2500 А	19,2 / 60 (0,25); 24,9 / 53 (0,40); 30,0 / 40 (0,56); 21,6 / 51 (0,14); 26,7 / 44 (0,22); 31,8 / 41 (0,28); 35,4 / 37 (0,35); 46,8 / 32 (0,45); 53,4 / 28 (0,56); 34,5 / 37 (0,14); 42,9 / 28 (0,2); 67,2 / 37 (0,25); 66,0 / 28 (0,35); 88,8 / 40 (0,14); 108,0 / 27 (0,2)	ГОСТ 14794 (пункт 2.8) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

1	2	3					4	5	6
5.3	Расчетный коэффициент связи двояных реакторов	0,4÷0,6 ⁵					ГОСТ 14794 (пункт 2.9) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
5.4	Допуск на значения, %: - номинальное индуктивное сопротивление; - номинальные потери; - коэффициент связи	от 0 до +15 +15 +10					ГОСТ 14794 (пункт 2.10) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
6	Требования к электрической прочности изоляции								
	Номинальное напряжение, кВ	6	10	15	20	35			
6.1	Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ: - относительно земли и между фазами Испытательное одноминутное переменное напряжение, кВ: - относительно земли и между обмотками: - уровень изоляции «а»; - уровень изоляции «б»	60 20 32	75 28 42	95 38 55	125 50 65	190 80 95	ГОСТ Р 55195 (раздел 5)		
7	Требование к стойкости при коротком замыкании и толчках нагрузки								
7.1	Допустимое действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания (ток термической стой-	$I_{к.доп} = \frac{U}{\sqrt{3}X + \frac{U}{I_c}} \quad 6,$					ГОСТ 14794 (подпункт 2.12.2) Требование		

⁵ Для двояных реакторов на номинальный ток 2500 А и более по соглашению с потребителем допускается отклонение от установленных значений.

⁶ При расчете $I_{к.доп}$ для двояного реактора в формулу вместо X подставляется $X_{0,5}$, а в случаях использования двояного реактора с последовательно соединенными ветвями подставляется X_c . Значение I_c должно быть принято следующее: 125 кА - для всех реакторов с горизонтальным расположением фаз и для всех реакторов с номинальным током, равным или больше 1000 А, при номинальном индуктивном сопротивлении, равном или превышающем 0,25 Ом. 90 кА - для реакторов с вертикальным и ступенчатым расположением фаз с номинальным током меньше 1000 А, при номинальном индуктивном сопротивлении, равном или превышающем 0,40 Ом.

1	2	3	4	5	6
	кости) $I_{к, доп}$, кА, не менее	но не более $25I_H$	ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.2	Наибольший пик (ток электродинамической стойкости) $i_{дин}$, кА, не менее	$2,55I_{к, доп}$ ⁷	ГОСТ 14794 (подпункт 2.12.3) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.3	Время протекания тока (время короткого замыкания) $t_{к.з.}$, с, не менее	3	ГОСТ 14794 (подпункт 2.12.5) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.4	Сдвоенные реакторы должны выдерживать толчки нагрузки при разнонаправленных токах ветвей от самозапуска электрических машин, находящихся в схеме за реактором: - продолжительность толчка нагрузки, с - действующее значение тока во время толчка не должно превышать - количество толчков нагрузки в год	15 $5I_H$ 15	ГОСТ 14794 (подпункт 2.12.6) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
8	Требования по надёжности				
8.1	Срок службы, лет, не менее	30	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
8.2	Установленный ресурс реактора за срок службы, не менее	100 К.З. при суммарной продолжительности не более 180 сек	ГОСТ 14794 (подпункт 2.12.7) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

70 кА - для всех остальных реакторов.

⁷ Для сдвоенных реакторов при протекании токов короткого замыкания по обеим ветвям в противоположных направлениях (встречное направление) значение наибольшего допустимого ударного тока должно удовлетворять следующим условиям: $i'_{дин1} \geq i_{дин}$; $i'_{дин2} \geq i_{дин}$; $i'_{дин1} \cdot i'_{дин2} \geq 0,09i_{дин}^2$; $i'_{дин1} \leq i_{дин}$; $i'_{дин2} \leq i_{дин}$; где $i_{дин}$ - максимальное мгновенное значение тока электродинамической стойкости при протекании тока короткого замыкания только в одной ветви, кА; $i'_{дин1}$ и $i'_{дин2}$ - максимальные мгновенные значения тока в одной и в другой ветвях при протекании токов по обеим ветвям в противоположных направлениях, кА.

1	2	3	4	5	6
9	Гарантии изготовителя				
9.1	Гарантийный срок эксплуатации, лет, не менее	5 лет со дня ввода в эксплуатацию	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10	Требования безопасности				
10.1	Конструкция реакторов	должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.2, ГОСТ 12.1.004, ПУЭ-7, Правила по охране труда при эксплуатации элект- роустановок	ГОСТ 14794 (пункт 3.1) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10.2	Требование к заземляющему зажиму и знаку заземления по ГОСТ 21130	Соответствие	ГОСТ 14794 (пункт 3.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10.3	Декларация или сертификат соответ- ствия	Обязательно	Федеральный закон «О техниче- ском регулирова- нии» от 27.12.2002 № 184- ФЗ		
11	Требования к маркировке, упаковке, транспортированию, условиям хранения				
11.1	Наличие паспортной таблички, на кото- рой должны быть указаны: - товарный знак предприятия- изготовителя; - наименование изделия; - порядковый номер по системе нумера- ции предприятия-изготовителя; - условное обозначение типа; - обозначение фазы; - год выпуска; - класс напряжения в киловольтах;	Обязательно	ГОСТ 14794 (подпункт 7.1.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

1	2	3	4	5	6
	<ul style="list-style-type: none"> - номинальный ток в амперах; - длительно допустимый ток в амперах при естественном воздушном охлаждении - для реакторов с принудительным охлаждением; - номинальное индуктивное сопротивление в омах; - значение тока электродинамической стойкости в килоамперах (для сдвоенных реакторов - значение тока электродинамической стойкости при протекании тока в одной ветви); - значение тока электродинамической стойкости для сдвоенных реакторов при разнонаправленных токах в обеих ветвях реактора в килоамперах; - значение тока термической стойкости - в килоамперах, время - в секундах; - номинальные потери в киловаттах. Для сдвоенных реакторов потери при нагрузке обеих ветвей номинальным током; - номинальная частота в герцах; - коэффициент связи - для сдвоенных реакторов; - способ охлаждения; - масса фазы реактора в килограммах 				
11.2	<p>Упаковка должна обеспечивать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - исключение механических повреждений, защиту изоляционных частей от воздействия внешней среды при транспортировании 	Обязательно	ГОСТ 14794 (пункт 7.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

1	2	3	4	5	6
11.3	Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 Условия хранения в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150	Ж1 (открытые площадки в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом) Ж2 (навесы в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в условно чистой атмосфере)	ГОСТ 14794 (пункты 7.3, 7.4) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
12	Требования к комплектности поставки				
12.1	К реактору должна прикладываться следующая документация по ГОСТ 2.610: - паспорт на русском языке (с данными результатов приемо-сдаточных испытаний); - техническое описание и инструкция по эксплуатации на русском языке; - перечень комплектующих узлов и деталей; - эксплуатационная документация и паспорта на комплектующее оборудование и аппаратуру	1 экз. 1 экз. 1 экз. 1 экз.	ГОСТ 14794 (пункт 4.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
12.2	В комплект реактора должны входить три или одна фаза. Составные части, входящие в комплект поставки должны быть указаны в НД	Обязательно	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
13	Требования к комплектующим⁸				
13.1	Изолятор опорный по ГОСТ 25073, ГОСТ Р 52034, ГОСТ Р 52082	Действующее заключение	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

⁸ В случае отсутствия действующего заключения комиссии по проверке качества (аттестации) на комплектующие, проверка соответствия проводится в соответствии со стандартом ПАО «ФСК ЕЭС» на данный вид оборудования, в случае отсутствия стандарта, в соответствии с ГОСТ, ГОСТ Р на данный вид оборудования с учетом дополнительных требований ПАО «ФСК ЕЭС».

1	2	3	4	5	6
14	Требования к сервисным службам				
14.1	Наличие помещения, склада запасных частей и ремонтной базы (приборы и соответствующие инструменты) для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта	<p>1. Разрешительная документация на техническое обслуживание электро-технического оборудования.</p> <p>2. Перечень и копии выполняемых договоров сервисного обслуживания.</p> <p>3. Отзывы о проделанной ранее сервисным центром работе (референс-лист).</p> <p>4. Перечень используемых приборов, с подтверждением их метрологической аттестации.</p> <p>5. Свидетельства и сертификаты о прохождении обучения персонала, подтверждающие право гарантийного обслуживания от имени завода-изготовителя.</p> <p>6. Сертификаты, паспорт и иные документы, подтверждающие качество имеющихся в наличии запасных частей.</p>	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
14.2	Организация обучения и периодическая аттестация персонала эксплуатирующей организации, с выдачей сертификатов				
14.3	Наличие аттестованных производителем специалистов для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта				
14.4	Наличие согласованного с эксплуатирующей организацией аварийного резерва запчастей				
14.5	Обязательные консультации и рекомендации по эксплуатации и ремонту оборудования специалистами сервисного центра для потребителей закреплённого региона				
14.6	Оперативное прибытие специалистов сервисного центра на объекты, где возникают проблемы с установленным оборудованием, в течение 72 часов				
14.7	Поставка любых запасных частей, ремонт и/или замена любого блока оборудования в течение 20 лет с даты окончания гарантийного срока				
14.8	Срок поставки запасных частей для оборудования, с момента подписания договора на их покупку не более 6 месяцев				

4.2 Технические требования к токоограничивающим реакторам классов напряжения 110 – 500 кВ

№ п/п	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика				Нормативный документ	Подтвержденное значение параметра	Соответствие, подтвержденное экспертом
1	2	3				4	5	6
1	Условия эксплуатации							
1.1	Номинальное напряжение сети, кВ	110	220	330	500	ГОСТ 721 (пункт 2)		
1.2	Номинальная частота, Гц	50				ГОСТ 6697 (пункт 3)		
1.3	Категория размещения	1; 2; 3				ГОСТ 15150 (разделы 2, 3)		
1.4	Климатическое исполнение	У, УХЛ, ХЛ				ГОСТ 15150 (разделы 2, 3)		
1.5	Верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °С	+40				ГОСТ 15150 (пункт 3.2)		
1.6	Нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °С: - для климатического исполнения У - для климатического исполнения УХЛ, ХЛ	-45 -60				ГОСТ 15150 (пункт 3.2)		
1.7	Высота установки над уровнем моря, м	до 1000				Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
1.8	Сейсмостойкость, баллов по шкале MSK - 64, не менее	6				Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
1.9	Группа внешних механических воздействий по ГОСТ 17516.1	В соответствии с ТУ или спецификацией				Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
1.10	Тип атмосферы	II				ГОСТ 15150 (пункт 3.14) Требование		

1	2	3					4	5	6
							ПАО «ФСК ЕЭС»		
2	Номинальные параметры и характеристики								
2.1	Номинальные параметры								
2.2	Номинальное напряжение, кВ	110	220	330	500	ГОСТ 721 (пункт 2)			
2.3	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	126	252	363	525	ГОСТ 721 (пункт 2)			
2.4	Номинальный ток, А	250; 400; 630; 1000; 1600; 2000; 2500; 4000					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2.5	Номинальное индуктивное сопротивление одинарных реакторов, Ом	В соответствии с ТУ или спецификацией					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2.5	Номинальное индуктивное сопротивление сдвоенных реакторов, Ом	В соответствии с ТУ или спецификацией					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
2.6	Схема установки реакторов	С вертикальным расположением фаз; Со ступенчатым расположением фаз; С горизонтальным расположением фаз					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3	Требования к конструкции								
3.1	Зажимы реакторов должны быть выполнены с учётом требований ГОСТ 10434	соответствие					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.2	Система охлаждения	естественное воздушное; принудительное воздушное					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.3	Угол Ψ между выводами реактора, ° (допуск $\pm 10^\circ$)	0; 90; 180; 270					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
3.4	Устройства для подъёма	наличие устройств для строповки					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.	Требования по нагреву								
4.1	Класс нагревостойкости по ГОСТ 8865	А	Е	В	Ф	Н	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.2	Допустимые превышения температуры						ГОСТ 8024 (пункт		

1	2	3					4	5	6
	над температурой окружающей среды, °С, не более: - контактные соединения; - выводы: - без покрытия - с покрытием оловом, никелем или серебром - изоляция						1.1)		
		65							
		50							
		65							
		60	80	90	115	140			
4.3	Норма нагрева реактора при установленном токе короткого замыкания, °С - медь - алюминий	180 180	250 200	350 200	350 200	350 200	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
4.4	В аварийных случаях, реакторы должны допускать перегрузку сверх номинального тока: - перегрузка сверх номинального тока, % - продолжительность перегрузки, мин						Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
		20	30	40	50	60			
		60	45	32	18	5			
5	Требования к потерям⁹, коэффициент связи и допуски								
5.1	Номинальные потери и удельные потери одинарных реакторов, кВт	В соответствии с ТУ или спецификацией					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
5.2	Потери сдвоенных реакторов (потери / (индуктивное сопротивление)) в зависимости от номинального тока, кВт	В соответствии с ТУ или спецификацией					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
5.3	Расчетный коэффициент связи сдвоенных реакторов	0,4÷0,6 ¹⁰					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
5.4	Допуск на значения, %: - номинальное индуктивное сопротивление	от 0 до +15					Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

⁹ Номинальные потери реакторов соответствуют условной расчетной температуре, принимаемой равной 75 °С для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости А, Е, В и 115°С – для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости Н, С, F (см. ГОСТ 3484.1, пункт 5.3.2).

¹⁰ Для сдвоенных реакторов на номинальный ток 2500 А и более по соглашению с потребителем допускается отклонение от установленных значений.

1	2	3		4	5	6
	ление; - номинальные потери; - коэффициент связи		+15 +10			
6	Требования к электрической прочности изоляции					
	Номинальное напряжение, кВ	110	220			
6.1	Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ: - относительно земли и между фазами Испытательное одноминутное переменное напряжение, кВ: - относительно земли и между обмотками	480 200	950 395	ГОСТ Р 55195, (раздел 5)		
	Номинальное напряжение, кВ	330	500			
6.2	Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ: - относительно земли и между фазами: - уровень изоляции «а» - уровень изоляции «б» Испытательное напряжение коммутационного импульса ¹¹ , кВ: - относительно земли и между фазами: - уровень изоляции «а» - уровень изоляции «б» Испытательное одноминутное переменное напряжение, кВ: - относительно земли и между обмотками:	1050 1175 850 950	1425 1550 1050 1230	ГОСТ Р 55195 (раздел 5)		

¹¹ Допускается не проводить испытания напряжением коммутационного импульса изоляции токоограничивающих реакторов, а ограничиваться испытанием их изоляторов.

1	2	3		4	5	6
	- уровень изоляции «а» - уровень изоляции «б»	460 510	630 680			
7	Требование к стойкости при коротком замыкании и толчках нагрузки					
7.1	Допустимое действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания (ток термической стойкости) $I_{к, доп}$, кА, не менее	$I_{к, доп} = \frac{U}{\sqrt{3}(Z_p + Z_{с.кз})}^{12},$ но не более $25I_n$		ГОСТ Р 52719 (подпункт 6.4.1.2) Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.2	Наибольший пик (ток электродинамической стойкости) $i_{дин}$, кА, не менее	$2,55I_{к, доп}^{13}$		Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.3	Время протекания тока (время короткого замыкания) $t_{к.з.}$, с, не менее	3		Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
7.4	Сдвоенные реакторы должны выдерживать толчки нагрузки при разнонаправленных токах ветвей от самозапуска электрических машин, находящихся в схеме за реактором: - продолжительность толчка нагрузки, с - действующее значение тока во время толчка не должно превышать - количество толчков нагрузки в год	15 $5I_n$ 15		Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

¹² Z_p – расчетное сопротивление реактора, Ом, принимаемое равным номинальному индуктивному сопротивлению X в случае одинарного реактора, сопротивлению ветви $X_{0,5}$ в случае сдвоенного реактора при обычной схеме включения ветвей или индуктивному сопротивлению сдвоенного реактора X_c в случае сдвоенного реактора с

$$Z_{с.кз} = \frac{U_{с.ном}^2}{S_{с.кз}}$$

последовательно соединенными ветвями; $Z_{с.кз}$ – сопротивление короткого замыкания сети, Ом; $U_{с.ном}$ – номинальное линейное напряжение сети, кВ; $S_{с.кз}$ – мощность трехфазного короткого замыкания сети, МВ·А, принимаемая равной 15 000 МВ·А для сети класса напряжения 110 кВ, 25 000 МВ·А – для сети 220 кВ, 35 000 МВ·А – для сети 330 кВ и 50 000 МВ·А – для сети 500 кВ.

¹³ Для сдвоенных реакторов при протекании токов короткого замыкания по обеим ветвям в противоположных направлениях (встречное направление) значение наибольшего допустимого ударного тока должно удовлетворять следующим условиям: $i'_{дин1} \geq 0,3i_{дин}$; $i'_{дин2} \geq 0,3i_{дин}$; $i'_{дин1} \cdot i'_{дин2} \geq 0,09i_{дин}^2$; $i'_{дин1} \leq i_{дин}$; $i'_{дин2} \leq i_{дин}$; где $i_{дин}$ – максимальное мгновенное значение тока электродинамической стойкости при протекании тока короткого замыкания только в одной ветви, кА; $i'_{дин1}$ и $i'_{дин2}$ – максимальные мгновенные значения тока в одной и в другой ветвях при протекании токов по обеим ветвям в противоположных направлениях, кА.

1	2	3	4	5	6
8	Требования по надёжности				
8.1	Срок службы, лет, не менее	30	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
8.2	Установленный ресурс реактора за срок службы, не менее	100 К.З. при суммарной продолжительности не более 180 сек	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
9	Гарантии изготовителя				
9.1	Гарантийный срок эксплуатации, лет, не менее	5 лет со дня ввода в эксплуатацию	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10	Требования безопасности				
10.1	Конструкция реакторов	должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0, 12.2.007.2 и 12.1.004, ПУЭ-7, Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10.2	Требование к заземляющему зажиму и знаку заземления по ГОСТ 21130	Соответствие	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
10.3	Декларация или сертификат соответствия	Обязательно	Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ		
11	Требования к маркировке, упаковке, транспортированию, условиям хранения				
11.1	Наличие паспортной таблички, на которой должны быть указаны: - товарный знак предприятия-изготовителя; - наименование изделия; - порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя; - условное обозначение типа; - обозначение фазы;	Обязательно	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

1	2	3	4	5	6
	<ul style="list-style-type: none"> - год выпуска; - класс напряжения в киловольтах; - номинальный ток в амперах; - длительно допустимый ток в амперах при естественном воздушном охлаждении - для реакторов с принудительным охлаждением; - номинальное индуктивное сопротивление в омах; - значение тока электродинамической стойкости в килоамперах (для сдвоенных реакторов - значение тока электродинамической стойкости при протекании тока в одной ветви); - значение тока электродинамической стойкости для сдвоенных реакторов при разнонаправленных токах в обеих ветвях реактора в килоамперах; - значение тока термической стойкости - в килоамперах, время - в секундах; - номинальные потери в киловаттах. Для сдвоенных реакторов потери при нагрузке обеих ветвей номинальным током; - номинальная частота в герцах; - коэффициент связи - для сдвоенных реакторов; - способ охлаждения; - масса фазы реактора в килограммах 				
11.2	<p>Упаковка должна обеспечивать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - исключение механических повреждений, защиту изоляционных частей от 	Обязательно	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		

1	2	3	4	5	6
	воздействия внешней среды при транспортировании				
11.3	Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 Условия хранения в части воздействия климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150	Ж1 (открытые площадки в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом) Ж2 (навесы в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в условно чистой атмосфере)	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
12	Требования к комплектности поставки				
12.1	К реактору должна прикладываться следующая документация по ГОСТ 2.610: - паспорт на русском языке (с данными результатов приемо-сдаточных испытаний); - техническое описание и инструкция по эксплуатации на русском языке; - перечень комплектующих узлов и деталей - эксплуатационная документация и паспорта на комплектующее оборудование и аппаратуру	1 экз. 1 экз. 1 экз. 1 экз.	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
12.2	В комплект реактора должны входить три или одна фаза. Составные части, входящие в комплект поставки должны быть указаны в НД	Обязательно	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
13	Требования к комплектующим¹⁴				

¹⁴ В случае отсутствия в перечне оборудования материалов и систем, допущенных к применению на объектах ПАО «ФСК ЕЭС», проверка соответствия проводится в соответствии со стандартом ПАО «ФСК ЕЭС» на данный вид оборудования.

1	2	3	4	5	6
13.1	Изолятор опорный по ГОСТ 25073, ГОСТ Р 52034, ГОСТ Р 52082	Наличие в перечне оборудования материалов и систем, допущенных к применению на объектах ПАО «ФСК ЕЭС»	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
14	Требования к сервисным службам				
14.1	Наличие помещения, склада запасных частей и ремонтной базы (приборы и соответствующие инструменты) для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта	1. Разрешительная документация на техническое обслуживание электро-технического оборудования. 2. Перечень и копии выполняемых договоров сервисного обслуживания. 3. Отзывы о проделанной ранее сервисным центром работе (референс-лист). 4. Перечень используемых приборов, с подтверждением их метрологической аттестации. 5. Свидетельства и сертификаты о прохождении обучения персонала, подтверждающие право гарантийного обслуживания от имени завода-изготовителя. 6. Сертификаты, паспорт и иные документы, подтверждающие качество имеющихся в наличии запасных частей.	Требование ПАО «ФСК ЕЭС»		
14.2	Организация обучения и периодическая аттестация персонала эксплуатирующей организации, с выдачей сертификатов.				
14.3	Наличие аттестованных производителем специалистов для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта				
14.4	Наличие согласованного с эксплуатирующей организацией аварийного резерва запчастей				
14.5	Обязательные консультации и рекомендации по эксплуатации и ремонту оборудования специалистами сервисного центра для потребителей закреплённого региона				
14.6	Оперативное прибытие специалистов сервисного центра на объекты, где возникают проблемы с установленным оборудованием, в течение 72 часов				
14.7	Поставка любых запасных частей, ремонт и/или замена любого блока оборудования в течение 25 лет с даты оконча-				

1	2	3	4	5	6
	ния гарантийного срока				
14.8	Срок поставки запасных частей для оборудования, с момента подписания договора на их покупку не более 6 месяцев				

5 Указания по подтверждению технических требований

5.1 Для контроля соответствия токоограничивающих реакторов требованиям настоящего стандарта установлены следующие правила приемки и категории испытаний: приемосдаточные, типовые и периодические (Таблица 5.1).

Таблица 5.1

Наименование испытания и проверки	Необходимость проведения испытаний			Пункт или подпункт стандарта	
	Типовые	Приемосдаточные	Периодические	Требования настоящего стандарта	Методы испытаний
1. Внешний осмотр и проверка на соответствие чертежам	+	+	+	подраздел 4.1, пункты 2, 3; подраздел 4.2, пункты 2, 3	ГОСТ 14794 (пункт 6.1)
2. Измерение сопротивления обмотки постоянному току	+	+	+	подраздел 4.1, пункт 5; подраздел 4.2, пункт 5	ГОСТ 3484.1 (раздел 4)
3. Измерение индуктивного сопротивления при номинальном токе	+	+	+	подраздел 4.1, пункт 2.5; подраздел 4.2, пункт 2.5	ГОСТ 14794 (пункт 6.2)
4. Измерение электрического сопротивления изоляции	+	+	+		ГОСТ 3484.3
5. Испытание электрической прочности изоляции кратковременным переменным напряжением	+	+	+	подраздел 4.1, пункт 6.1; подраздел 4.2, пункты 6.1, 6.2	ГОСТ 22756, ГОСТ Р 55194
6. Определение коэффициента связи (для двоярных реакторов)	+	-	+	подраздел 4.1, пункты 5.3, 5.4; подраздел 4.2, пункты 5.3, 5.4	ГОСТ 14794 (пункт 6.7)
7. Измерение распределений тока по параллельным проводам обмотки (для реакторов с обмоткой из двух или более параллельных проводов)	+	-	+	подраздел 4.1, пункт 5; подраздел 4.2, пункт 5	ГОСТ 14794 (пункт 6.10)
8. Измерение потерь	+	-	+	подраздел 4.1, пункты 5.1, 5.2; подраздел 4.2, пункты 5.1, 5.2	ГОСТ 14794 (пункт 6.8)
9. Испытание электрической прочности изоляции напряжением полного грозового импульса	+	-	+	подраздел 4.1, пункт 6; подраздел 4.2, пункт 6	ГОСТ 22756, ГОСТ Р 55194 (разделы 4, 5)
10. Испытание на нагрев	+	-	+	подраздел 4.1, пункт 4; подраздел 4.2, пункт 4	ГОСТ 14794 (пункт 6.11)
11. Испытание на стойкость при коротких замыканиях	+	-	+	подраздел 4.1, пункт 7; подраздел 4.2, пункт 7	ГОСТ 14794 (пункт 6.12)
12. Испытание на стойкость к климатическим воздействиям	+	-	-	подраздел 4.1, пункт 1; подраздел 4.2, пункт 1	ГОСТ 14794 (пункт 6.13)

5.2 Приемосдаточные испытания

5.2.1 Приемосдаточным испытаниям должен быть подвергнут каждый реактор.

5.2.2 Перед приемосдаточными испытаниями необходимо провести внешний осмотр реактора и проверку на соответствие рабочим чертежам.

5.2.3 Программа приемосдаточных испытаний должна содержать следующие проверки, испытания и измерения.

5.2.3.1 Измерение сопротивления обмотки постоянному току.

5.2.3.2 Измерение индуктивного сопротивления при номинальном токе.

5.2.3.3 Измерение потерь.

5.2.3.4 Измерение электрического сопротивления изоляции.

5.2.3.5 Испытание электрической прочности изоляции кратковременным переменным напряжением (если опорные изоляторы реактора отдельно не подвергались такому испытанию).

5.3 Типовые испытания

5.3.1 Типовым испытаниям должен быть подвергнут реактор единичного производства, образец (образцы) из опытной партии на соответствие требованиям настоящего стандарта.

5.3.2 Программа типовых испытаний должна содержать указанные ниже испытания и проверки.

5.3.2.1 Испытания, проверки и измерения по 5.2.

5.3.2.2 Испытание на нагрев.

5.3.2.3 Испытание электрической прочности изоляции напряжением полного грозового импульса.

5.3.2.4 Испытания на стойкость при коротких замыканиях.

5.3.2.5 Определение коэффициента связи (для сдвоенных реакторов).

5.3.2.6 Измерение распределений тока по параллельным проводам обмотки (для реакторов с обмоткой из двух или более параллельных проводов).

5.3.2.7 Испытание на стойкость к климатическим воздействиям.

5.3.3 Допускается не проводить следующие виды типовых испытаний на основе сравнения с реактором аналогичной конструкции (прототипом), изготовленным на том же предприятии и успешно выдержавшим соответствующие испытания, если соблюдены условия, перечисленные ниже:

а) испытание на нагрев – если рассматриваемый реактор имеет мощность обмотки фазы, равную или меньшую (но не более чем вдвое), чем его прототип, аналогичные конструкции обмотки и контактных выводов и вид охлаждения, а превышения температуры рассматриваемого реактора по сопоставительному расчету с учетом результатов испытаний на нагрев прототипа соответствует нормам, установленным в настоящем стандарте;

Примечания. Поскольку с увеличением номинального тока и мощности реактора, в общем случае, усложняется его конструкция, увеличиваются напряженности магнитного поля и добавочные потери в обмотках и металлоконструкциях, распространение результатов испытаний на нагрев реакторов с меньшим номинальным током на реакторы с большим номинальным током следует считать не допустимым.

б) испытание электрической прочности изоляции кратковременным переменным напряжением – если рассматриваемый реактор и прототип имеют одинаковую конструкцию и технологический процесс изготовления опорной изоляции относительно земли и между фазами (для трехфазных реакторов);

в) испытание электрической прочности изоляции напряжением полного грозового импульса – если рассматриваемый реактор и прототип имеют один и тот же класс напряжения, имеют одинаковую конструкцию и технологический процесс изготовления изоляции обмоток, а электрическая прочность изоляции рассматриваемого реактора по сопоставительному расчету с учетом результатов испытаний электрической прочности изоляции прототипа соответствует требованиям настоящего стандарта. При этом по результатам сопоставительного расчета по методике изготовителя прототип должен иметь более высокие электрические воздействия на изоляцию (напряжения, напряженности) и меньшие запасы электрической прочности изоляции;

г) испытания на стойкость при коротком замыкании – если рассматриваемый реактор имеет следующие общие с реактором-прототипом характеристики:

один и тот же технологический процесс изготовления;

одни и те же принципиальная конструкция (например, сухой реактор с концентрической однослойной многозаходной обмоткой);

один и тот же тип обмоток (например, винтовые, катушечные, цилиндрические, с осевыми каналами);

один и тот же тип обмоточного провода (например, алюминиевый, из сплава алюминия, из отожженной или упрочненной меди; круглый, прямоугольный или многопроволочный провод);

одни и те же материалы элементов крепления, фланцев и опорных изоляторов, конструкции прессовки и крепления обмоток;

выдерживаемую при коротком замыкании мощность (произведение квадрата тока короткого замыкания и сопротивления реактора) в диапазоне от 30 % до 130 % от соответствующей мощности реактора-прототипа;

по результатам сопоставительного расчета изготовителя реактор-прототип должен иметь более высокие механические усилия и нагрузки (напряжения, деформации, осевые силы), меньшие запасы прочности и устойчивости;

д) испытания на стойкость к климатическим воздействиям – если рассматриваемый реактор и прототип имеют обмотку и элементы крепления одинаковой или аналогичной конструкции, изготовленные из одинаковых материалов с одинаковым защитным покрытием.

5.3.4. При отсутствии технической возможности проведения типовых испытаний на нагрев и/или стойкость при коротком замыкании мощных токоограничивающих реакторов допускается их приемка в части нагрева и/или стойкости при коротких замыканиях на основе расчетного обоснования по методикам, согласованным с ПАО «ФСК ЕЭС».

5.4 Периодические испытания

5.4.1 Периодическим испытаниям следует подвергать реакторы серийного производства в объеме типовых испытаний и проверок, за исключением испытаний стойкости к климатическим воздействиям.

5.4.2 Периодические испытания следует проводить не реже одного раза в 8 лет. Дополнительно должен быть проведен контроль показателей надежности.

5.4.3 Допускается не проводить периодические испытания на нагрев, стойкость при коротком замыкании, если документально подтверждено отсутствие рекламаций о выходах из строя трансформаторов в эксплуатации, связанных с дефектами конструкции или изготовления, а производство аттестовано по системе качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001.

5.5 Если при испытаниях хотя бы один из параметров реактора не будет соответствовать требованиям НД на конкретный реактор, то после устранения причины возникновения дефектов проводят повторные испытания параметров по пункту несоответствия и другим пунктам, зависимым от вносимого изменения.

5.6 Допускается проводить различные виды типовых и периодических испытаний на одном или нескольких представительных образцах данного реактора одного завода-изготовителя.

Реакторы, имеющие отличия в обозначении, но одинаковые конструктивные параметры применительно к конкретному виду испытаний, могут быть рассмотрены как представительные образцы для данного вида испытаний.

5.7 Протоколы типовых и периодических испытаний должны быть оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и предъявлены заказчику по его требованию.

5.8 Уточнения по отдельным видам испытаний

5.8.1 Испытание электрической прочности изоляции кратковременным переменным напряжением

Испытание проводят на полностью собранном токоограничивающем реакторе. Для сухих токоограничивающих реакторов, устанавливаемых на опорных изоляторах, такое испытание представляет собой испытание изоляции опорных конструкций, в том числе, опорных изоляторов, которые подлежат отдельным приемо-сдаточным испытаниям кратковременным переменным напряжением при их выпуске с завода – изготовителя опорных изоляторов.

Необходимость проведения данного испытания реакторов связана с тем, что, в общем случае, в конструкции реактора могут присутствовать элементы крепления, шунтирующие часть его внешней изоляции. В этом случае подтверждение достаточной электрической прочности изоляции только лишь опорных изоляторов не может являться доказательством необходимой электрической прочности изоляции реактора в сборе, и необходимо проведение типовых испытаний кратковременным переменным напряжением.

Допускается не проводить приемо-сдаточные испытания кратковременным переменным напряжением изоляции собранных токоограничивающих сухих реакторов, а ограничиваться испытанием их изоляторов.

5.8.2 Испытание электрической прочности изоляции напряжением полного грозового импульса

5.8.2.1 Изоляция токоограничивающих реакторов согласно ГОСТ Р 55195 может быть условно разделена на внутреннюю и внешнюю изоляцию. Внешняя изоляция токоограничивающих реакторов – воздушные промежутки и поверхность твердой изоляции обмоток в атмосферном воздухе, которые подвергаются влиянию атмосферных и других внешних факторов (загрязнение, увлажнение, воздействие животных). Внутренняя изоляция токоограничивающих реакторов – изоляция между соседними витками и слоями обмотки одной фазы.

5.8.2.2 При установлении объема необходимых испытаний электрической прочности внешней и внутренней изоляции токоограничивающих реакторов необходимо руководствоваться требованиями настоящего стандарта и ГОСТ Р 55195 (пункты 5.2.1, 5.2.5, 5.7.1, 5.7.4).

5.8.2.3 Испытания внешней изоляции реакторов напряжением полного грозового импульса должны проводиться 15-ударным методом импульсами как положительной, так и отрицательной полярности (по 15 импульсов каждой полярности, см. ГОСТ Р 55195, пункт 4.5.2).

5.8.2.4 Испытания внутренней изоляции обмоток реакторов напряжением полного грозового импульса должны проводиться 3-ударным методом импульсами как положительной, так и отрицательной полярности (по три импульса каждой полярности, см. ГОСТ Р 55195, пункт 4.5.3), прикладываемых поочередно к каждому из выводов, при этом остальные выводы должны быть заземлены глухо или через измерительный элемент.

Для обнаружения недопустимых повреждений изоляции при испытании должно быть выполнено осциллографирование колебаний в испытываемой обмотке реактора (тока обмотки на землю) при приложении к ней напряжения полного грозового импульса (ГОСТ Р 55194, подпункт 5.5.3.3). Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между осциллограммами приложенного напряжения и тока в обмотке, полученными при 50 – 75 % нормированного испытательного напряжения, и осциллограммами, полученными при нормированном испытательном напряжении.

5.8.2.5 Испытание внутренней и внешней изоляции реакторов напряжением полного грозового импульса допускается проводить одновременно (ГОСТ Р 55195, пункт 4.5.4). При этом, должны быть удовлетворены требования, предъявляемые как к внутренней, так и к внешней изоляции в отношении полярности, числа импульсов и их максимального значения, которое должно быть принято наибольшим из двух значений, нормированных для внутренней и внешней изоляции, с учетом поправки на атмосферные условия при испытании. При одновременном испытании внутренней и внеш-

ней изоляции осциллографирование колебаний в испытываемой обмотке реактора должно быть выполнено при каждом приложении напряжения полного грозового импульса.

5.8.2.6 В случае трехфазного реактора с вертикальным или ступенчатым расположением фаз испытания должны быть выполнены на трехфазном комплекте или, по крайней мере, на двух фазах, расположенных одна на другой, при этом испытаниям подвергается нижняя фаза реактора.

Пример 1 – для трехфазного реактора с вертикальным или ступенчатым расположением фаз, нижняя фаза которого имеет выводы, обозначенные, например, как А и Х, при этом вывод А расположен в верхней части нижней фазы реактора, а вывод Х – в нижней части фазы реактора, с учетом вышеизложенного требуется следующий объем испытаний:

- испытание внешней изоляции относительно земли – приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу Х при заземлении вывода А и выводов других фаз;

- испытание внешней изоляции между фазами – приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу А при заземлении вывода Х и выводов других фаз;

- испытание внутренней изоляции фазы реактора – приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по три импульса каждой полярности) к выводу А при заземлении через измерительный элемент вывода Х и непосредственном заземлении выводов других фаз, а также к выводу Х при заземлении через измерительный элемент вывода А и непосредственном заземлении выводов других фаз.

Объем испытаний реактора при одновременном испытании внутренней и внешней изоляции:

- приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу Х при заземлении через измерительный элемент вывода А и непосредственном заземлении выводов других фаз;

- приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу А при заземлении через измерительный элемент вывода Х и непосредственном заземлении выводов других фаз.

5.8.2.7 В случае трехфазного реактора с горизонтальным расположением фаз или однофазного реактора испытания должны быть выполнены на одной фазе. Электрическая прочность междуфазной изоляции трехфазных реакторов должна быть обеспечена соответствующим выбором минимальных расстояний между фазами, которые должны быть указаны в нормативных документах на конкретные виды реакторов.

Пример 2 – для однофазного реактора, который имеет выводы, обозначенные, например, как А и Х, при этом вывод А расположен в верхней части реактора, а вывод Х – в нижней части реактора, на основании вышеизложенного требуется следующий объем испытаний:

- испытание внешней изоляции относительно земли – приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу Х при заземлении вывода А;

- испытание внутренней изоляции – приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по три импульса каждой полярности) к выводу А при заземлении через измерительный элемент вывода Х, а также к выводу Х при заземлении через измерительный элемент вывода А.

Объем испытаний реактора при одновременном испытании внутренней и внешней изоляции:

- приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по 15 импульсов каждой полярности) к выводу X при заземлении через измерительный элемент вывода А;

- приложение полных грозовых импульсов обеих полярностей (положительной и отрицательной, по три импульса каждой полярности) к выводу А при заземлении через измерительный элемент вывода X.

5.8.2.8 При испытании полным грозовым импульсом внутренней изоляции токоограничивающих реакторов в виду малой их индуктивности длительность импульса и отрицательный допуск на длительность фронта не нормируются.

5.8.2.9 При испытании внешней изоляции реактора относительно земли и/или между фазами форма импульса напряжения по возможности должна быть близкой к форме стандартного полного грозового импульса.

В случае если при одновременном испытании внешней и внутренней изоляции реакторов по 5.8.2.7 или 5.8.2.8 в виду малой индуктивности реактора длительность импульса напряжения на внешней изоляции относительно земли и/или между фазами составляет менее 10 мкс, необходимо проведение дополнительного испытания внешней изоляции реактора. Такое испытание проводят путем приложения импульсов напряжения к соединенным вместе выводам испытываемой фазы реактора, при этом выводы неиспытываемых фаз реактора должны быть заземлены.

5.8.2.10 Результаты испытаний изоляции реактора напряжением полного грозового импульса оформляются протоколом испытаний, который должен содержать:

- тип испытываемого реактора и его основные параметры;
- нормированные испытательные напряжения;
- схему испытаний испытываемого реактора с указанием параметров генератора импульсов, высоковольтной схемы, схемы измерения высокого напряжения и схемы обнаружения повреждений;
- атмосферные условия при испытаниях;
- осциллограммы грозовых импульсов и колебаний в обмотке реактора при 50 – 75% от нормированного напряжения;
- осциллограммы грозовых импульсов и колебаний в обмотке реактора при нормированном испытательном напряжении;
- заключение о результатах испытаний реактора.

5.8.3 Испытание на нагрев

5.8.3.1 Испытания на нагрев должны проводиться на полностью укомплектованном трехфазном комплекте реактора или на отдельных полностью укомплектованных фазах, размещенных так, чтобы находящиеся поблизости металлические конструкции или арматура не влияли на результаты испытаний (см. ГОСТ 14794, подпункт 6.11.1).

При этом в зависимости от расположения фаз трехфазного реактора требуется проводить испытания:

- на трехфазном комплекте с вертикальным расположением фаз – для реакторов с вертикальным расположением фаз;
- на трехфазном ступенчатом комплекте или на двух фазах, расположенных одна на другой – для реакторов со ступенчатым расположением фаз;
- на трехфазном комплекте или отдельной фазе – для реакторов с горизонтальным расположением фаз.

5.8.3.3 Испытания должны быть выполнены при питании переменным током промышленной частоты в номинальном режиме работы реактора.

Примечание. Поскольку при протекании переменного тока помимо омических потерь в обмотках реактора имеют место также добавочные потери в обмотках и металлоконструкциях от магнитного поля реактора, приводящие к большим перегревам частей реактора по сравнению с нагревом при постоянном токе, использование постоянного тока для нагрева реактора не воспроизводит фактическую картину нагрева реактора и не должно применяться в качестве замены нагрева переменным током.

5.8.3.4 При испытаниях должны быть определены и указаны в протоколе испытаний следующие показатели при номинальном токе и токах перегрузки, установленных в настоящем стандарте:

- превышение температуры обмотки над температурой охлаждающего воздуха;
- превышение температуры контактных соединений и металлических элементов крепления.

5.8.4 Испытание на стойкость при коротких замыканиях

5.8.4.1 Объем испытаний на стойкость при коротких замыканиях токоограничивающих реакторов должен соответствовать ГОСТ 14794 (пункт 6.12).

5.8.5 Испытание на стойкость к климатическим воздействиям

5.8.5.1 Программа испытаний на стойкость к климатическим воздействиям должна включать следующие виды испытаний:

- испытание на воздействие верхнего значения температуры среды при эксплуатации (метод 201-1.1 по ГОСТ 30630.2.1);
- испытание на воздействие нижнего значения температуры среды при эксплуатации (метод 203-1 по ГОСТ 30630.2.1);
- испытание на воздействие изменения температуры среды (метод 205-2 по ГОСТ 30630.2.1);
- испытание на воздействие инея с последующим его оттаиванием (метод 206-1 по ГОСТ 51369);
- испытание на воздействие влажности воздуха (метод 207-1 по ГОСТ 51369);
- испытания на воздействие соляного тумана (метод 215-1 по ГОСТ 30630.2.5);
- испытание на воздействие дождя (метод 218-1 по ГОСТ 30630.2.6).

5.8.5.2 Для оценки результатов испытаний следует использовать визуальный осмотр и измерение сопротивления изоляции реактора. Испытания считают успешными, если не выявлено повреждений изоляции (трещин, расслоений и пр.), которые могут снизить электрическую прочность изоляции

реактора, а измеренные значения сопротивления изоляции реактора соответствует требованиям НД на конкретный реактор.

Библиография

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Глава 1.2. Электропитание и электрические сети (Издание седьмое). Приказ Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Приказ Минэнерго России от 13.01.2003 № 6.

3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ Минтруда России от 24.07.2013 № 328н в редакции приказа Минтруда России от 19.02.2016 № 74н).

4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (с Изменениями на 05.04.2016).