МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 33324— 2015 (IEC 60310:2004)

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТЯГОВЫЕ И РЕАКТОРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Основные параметры и методы испытаний

(IEC 60310:2004, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) и Обществом с ограниченной ответственностью «Центр нормативно-технической документации «Регламент»

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 524 «Железнодорожный транспорт»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 18 июня 2015 г. № 47)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2015 г. № 1320-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33324—2015 (IEC 60310:2004) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2016 г.

5 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту IEC 60310:2004 Railway applications — Traction transformers and inductors on board rolling stock (Железнодорожный транспорт. Тяговые трансформаторы и индукторы подвижного состава) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ТС 9

Перевод с английского языка (en)

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, имеется в «Обществе с ограниченной ответственностью «Центр нормативно-технической документации «Регламент»

В настоящем стандарте исключен текст международного стандарта на французском языке (fr)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА

Сравнение структуры указанного международного стандарта со структурой настоящего стандарта приведено в дополнительном приложении ДД

Степень соответствия — модифицированная (MOD)

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6)

Настоящий стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р 54801—2011 (МЭК 60310:2004)*

* Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2015 г. № 1320-ст ГОСТ Р 54801—2011 (МЭК 60310:2004) отменен с 1 марта 2016 г.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 3
4 Классификация 4
5 Выводы 4
6 Номинальные напряжения обмоток трансформаторов 4
7 Номинальная мощность 5
8 Охлаждение 5
9 Пределы превышения температуры 6
10 Заводские таблички 7
11 Испытания 8
Приложение А (рекомендуемое) Перечень разделов, подразделов и пунктов, по которым целесообразно соглашение между потребителем и изготовителем или предоставление дополнительной информации или технических условий потребителем или изготовителем 20
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам 21
Приложение ДБ (обязательное) Дополнительные требования к трансформаторам и реакторам железнодорожного подвижного состава 22
Приложение ДВ (справочное) Положения международного стандарта IEC 60310:2004, которые применены в настоящем стандарте с модификацией их содержания 25
Приложение ДГ (справочное) Пункт и терминологическая статья международного стандарта IEC 60310:2004, не включенные в раздел 3 настоящего стандарта 29
Приложение ДД (справочное) Сравнение структуры международного стандарта со структурой межгосударственного стандарта 30

Введение

В настоящий стандарт включены дополнительные по отношению к международному стандарту IEC 60310:2004 требования и особенности изложения, а именно:

- переоформлены раздел «Нормативные ссылки» с дополнением его перечнем ссылочных межгосударственных стандартов, использованных при установлении дополнительных требований, и раздел «Термины и определения» в соответствии с ГОСТ 1.5—2001.

Стандарты, дополнительно включенные в настоящий стандарт, выделены в разделе «Нормативные ссылки» полужирным курсивом:

- сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам, использованным в настоящем стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА;
- введены дополнительные положения. Эти положения приведены в дополнительном приложении ДБ;
- включены дополнительные слова (фразы, ссылки), которые выделены полужирным курсивом, а объяснения причин их включения приведены в сносках;
- внесены технические отклонения непосредственно в используемый текст в виде изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом;
- в разделы 3, 8, 9 и 11 внесены технические отклонения по отношению к IEC 60310:2004. Указанные технические отклонения выделены вертикальной линией, расположенной на полях слева от измененного текста на четной странице и справа на нечетной, а замененный текст с объяснением причины замены приведен в дополнительном приложении ДВ;
- в раздел «Термины и определения» включен ряд дополнительных терминологических статей для терминов, которые использованы в настоящем стандарте, но не установлены в IEC 60310:2004. Эти дополнительные статьи выделены путем заключения в рамки из тонких линий. В этот раздел не включены пункт и отдельная терминологическая статья, которые приведены в дополнительном приложении ДГ;
- изменена структура настоящего стандарта. Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой IEC 60310:2004 приведено в дополнительном приложении ДД.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТЯГОВЫЕ И РЕАКТОРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Основные параметры и методы испытаний

Traction transformers and inductors on board railway rolling stock.
Basic parameters and test methods

Дата введения — 2016—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на тяговые трансформаторы (далее — трансформаторы), устанавливаемые на железнодорожном подвижном составе, и реакторы, включаемые в силовые и вспомогательные цепи железнодорожного подвижного состава.

Примечания

1 *В настоящем стандарте термин «индуктор» заменен на термин «реактор».* Реакторами могут быть:

- фильтровый реактор;
- сглаживающий реактор;
- коммутирующий реактор;
- защитный реактор в статических силовых преобразователях;
- индуктивные шунты тяговых двигателей;
- реакторы, используемые для перехода между позициями переключателя ответвлений обмоток трансформатора;
- реакторы тормозной цепи;
- реакторы помехоподавления.

2 К трансформаторам применяют требования национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт[1)], если они не противоречат настоящему стандарту.

3 Для трансформаторов реакторов статических силовых преобразователей следует также применять требования ГОСТ 33323.

Настоящий стандарт по согласованию между потребителем и изготовителем также может распространяться на трансформаторы трехфазного переменного тока железнодорожного подвижного состава, получающие питание со стороны контактной сети, и на трансформаторы, включаемые в однофазные или многофазные вспомогательные цепи железнодорожного подвижного состава, за исключением измерительных трансформаторов и трансформаторов с номинальной выходной мощностью ниже 1 кВт для однофазных или ниже 5 кВт для многофазных трансформаторов.

Настоящий стандарт не распространяется на вспомогательное оборудование, например на устройства переключения выводов обмоток, резисторы, теплообменники, вентиляторы и т. д., предназначенное для установки на трансформаторы или реакторы, которое следует испытывать отдельно согласно соответствующим правилам.

Если устройства переключения выводов являются неотъемлемой частью трансформаторов, то они не могут отделяться от них, пока трансформаторы испытывают.

Климатические исполнения *и* условия эксплуатации — в соответствии с ГОСТ 9219 *(подразделы 2.1 и 2.2 соответственно)*[2)].

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 52719—2007 «Трансформаторы силовые. Общие технические условия».

[2)] Приведенные дополнительные по отношению к IEC 60310:2004 требования направлены на обеспечение стойкости трансформаторов и реакторов к воздействию климатических внешних воздействующих факторов по ГОСТ 15150.

Издание официальное

Перечень разделов, подразделов и пунктов, по которым необходимы соглашение между потребителем и изготовителем или предоставление дополнительной информации или дополнительных технических условий потребителем или изготовителем, приведен в приложении А[1)].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 1.5—2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению[2)]

ГОСТ 12.2.024—87 Система стандартов безопасности труда. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля[2)]

ГОСТ 1516.2—97 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции[2)]

ГОСТ 3484.1—88 Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний

ГОСТ 3484.2—88 Трансформаторы силовые. Испытания на нагрев

ГОСТ 6962—75 Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений[2)]

ГОСТ 8865—93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация

ГОСТ 9219—88 Аппараты электрические тяговые. Общие технические требования

ГОСТ 14794—79 Реакторы токоограничивающие бетонные. Технические условия[2)]

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[2)]

ГОСТ 16962.1—89 (МЭК 68-2-1—74) Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам[2)]

ГОСТ 16962.2—90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам[2)]

ГОСТ 17516.1—90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 18321—73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции[2)]

ГОСТ 18620—86 Изделия электротехнические. Маркировка[2)]

ГОСТ 18624—73 Реакторы электрические. Термины и определения[2)]

ГОСТ 20243—74 Трансформаторы силовые. Методы испытаний на стойкость при коротком замыкании[2)]

ГОСТ 22756—77 (МЭК 722—86) Трансформаторы (силовые и напряжения) и реакторы. Методы испытаний электрической прочности изоляции[2)]

ГОСТ 30830—2002 Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения

ГОСТ 33323—2015 (IEC 61287-1:2005) Преобразователи полупроводниковые силовые для железнодорожного подвижного состава. Характеристики и методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

[1)] Введение данного текста обусловлено необходимостью приведения ссылки в тексте на приложение А в соответствие с ГОСТ 1.5 (пункт 3.12.8).

[2)] Приведенный межгосударственный стандарт используется при установлении дополнительных требований к объектам стандартизации.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте для трансформаторов применены термины по ГОСТ 30830, для реакторов — термины по ***ГОСТ 18624***, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Примечание — См. ДВ.1 (приложение ДВ).

3.1 **тяговый трансформатор** (traction transformer): Трансформатор, предназначенный для установки и работы на железнодорожном подвижном составе, непосредственно подключенный к контактной сети и являющийся первичным источником питания его систем.

3.2

устройство переключения выводов обмоток (tap changer): Устройство, предназначенное для изменения соединений выводов обмоток между собой или с вводом.

[ГОСТ 16110—82, статья 6.15]

3.3

напряжение короткого замыкания трансформатора (impedance voltage): Напряжение короткого замыкания пары обмоток для двухобмоточного и три значения напряжения короткого замыкания для трех пар обмоток: высшего и низшего, высшего и среднего, среднего и низшего напряжения — для трехобмоточного трансформатора.

[ГОСТ 16110—82, статья 9.1.5]

Примечание — Данные термины применены в настоящем стандарте, но отсутствуют в IEC 60076, на который приведена ссылка в IEC 60310.

3.4 **реакторы переменного тока** (inductor for alternating current): Реакторы, которые пропускают переменный ток для коммутации, защиты или фильтрации, например реакторы, используемые для перехода между позициями устройства переключения ответвлений обмоток трансформатора, реакторы тормозных цепей коллекторных двигателей переменного тока, реакторы помехоподавления и т. д.

3.5 **реакторы постоянного тока** (inductor for direct current): Реакторы, которые пропускают постоянный ток с малыми или незначительными компонентами переменного тока для коммутации, защиты или фильтрации, например фильтровые реакторы, индуктивные шунты тяговых двигателей, реакторы тормозных цепей двигателей постоянного тока и т. д.

3.6 **реакторы пульсирующего тока** (inductor for pulsating current): Реакторы, которые пропускают постоянный ток со значительной периодической пульсацией для коммутации, защиты или фильтрации, например сглаживающие реакторы тяговых двигателей и т. д.

3.7 **реакторы преобразователей** (inductor for convertor): Реакторы, встроенные в электронные силовые преобразователи для коммутации, защиты или фильтрации.

3.8 **индуктивность переменного тока** (a.c. inductance): Индуктивность, получаемая из измерения переменного тока, пропускаемого реактором, при питании синусоидальным переменным напряжением установленной величины и частоты.

3.9 **переходная индуктивность** (transient inductance): Индуктивность, получаемая из осциллограммы записи тока в реакторе и напряжения на обмотке реактора.

3.10 **номинальные параметры реакторов** (rated values of inductors): Номинальные параметры и условия эксплуатации (ток, напряжение, частота, длительность, рабочий цикл, вентиляция и т. д.), которые должны быть или гарантированы изготовителем, или представлены им для согласования с потребителем перед проведением испытаний.

3.11 **номинальное напряжение** (rated voltage), $U_{ном}$: Напряжение при номинальной частоте, прикладываемое между линейными выводами обмотки.

3.12 **максимальное рабочее напряжение** (maximum operating voltage), U_{max}: Наибольшее напряжение при номинальной частоте, при котором реактор сохраняет способность продолжительной работы без превышения установленных температур нагрева.

3.13 **номинальное напряжение изоляции** (rated insulation voltage), $U_{и.ном}$: Напряжение при номинальной частоте, прикладываемое между выводом обмотки и какой-либо другой цепью или проводящей частью, находящейся вне обмотки.

3.14 **номинальная мощность** (rated power), $Q_{ном}$: Реактивная мощность реактора, установленная для работы при номинальных напряжении и частоте.

3.15 **номинальный ток** (rated current), $I_{ном}$: Ток, пропускаемый реактором при номинальных мощности и напряжении.

3.16

интеграл Джоуля: Условная величина, характеризующая тепловое действие тока короткого замыкания на рассматриваемый элемент электроустановки, численно равная интегралу от квадрата тока короткого замыкания по времени, в пределах от начального момента короткого замыкания до момента его отключения.

[ГОСТ 26522—85, статья 89]

Примечание — Данный термин применен в настоящем стандарте, но отсутствует в IEC 60289, на который приведена ссылка в IEC 60310.

4 Классификация

4.1 В зависимости от устройства, обусловленного изменением вторичного напряжения тяговых цепей под нагрузкой, трансформаторы могут быть классифицированы как:

- трансформаторы с постоянным коэффициентом трансформации;
- трансформаторы с низковольтным ответвлением;
- трансформаторы с высоковольтным ответвлением.

4.2 В соответствии с использованием реакторы могут быть классифицированы как:

- реакторы переменного тока;
- реакторы постоянного тока;
- реакторы пульсирующего тока;
- реакторы преобразователей.

Примечание — См. ДВ.2 (приложение ДВ).

5 Выводы

Для изменения коэффициента трансформации трансформатора одна или несколько его обмоток могут быть оборудованы промежуточными выводами, которые указывают на схеме и в технических условиях с приведением их максимальных рабочих характеристик.

5.1 Основной вывод

Основным выводом считается вывод, который позволяет получать номинальное напряжение для питания тяговых двигателей при номинальном потребляемом токе, а обмотка трансформатора со стороны контактной сети получает питание при номинальном напряжении и номинальной частоте.

Основные выводы необходимо указывать на трансформаторе, если обмотки со стороны контактной сети и тяговые обмотки имеют промежуточные выводы.

Для железнодорожного подвижного состава, работающего на нескольких системах тока, основные выводы могут быть различными для каждой системы.

Для основного и других выводов должен быть определен и указан в технических условиях на трансформатор коэффициент трансформации при холостом ходе.

6 Номинальные напряжения обмоток трансформаторов

6.1 Номинальное напряжение со стороны контактной сети

Номинальным напряжением со стороны контактной сети считают среднеквадратическое напряжение, прикладываемое в нормальных рабочих условиях к группе обмоток со стороны контактной сети.

Если обмотка имеет промежуточные выводы, то напряжением основных выводов обмотки является номинальное напряжение со стороны контактной сети.

Если иное не согласовано между потребителем и изготовителем, то номинальное напряжение со стороны контактной сети устанавливают равным номинальному напряжению тяговой системы.

Примечание — Номинальные напряжения со стороны контактной сети установлены в ГОСТ 6962.

6.2 Номинальное напряжение вторичной обмотки

Номинальным напряжением вторичной обмотки трансформатора считают среднеквадратическое напряжение холостого хода на ее выводах, когда основной вывод обмотки трансформатора со стороны контактной сети питается при номинальном напряжении и номинальной частоте.

7 Номинальная мощность

Трансформаторы, как правило, имеют несколько вторичных обмоток (например, тяги, вспомогательные, энергообеспечения состава). Номинальную мощность в киловольт-амперах каждой из обмоток, определенную в виде произведения номинального напряжения и номинального тока обмотки, указывают в технических условиях на трансформатор.

Номинальные параметры трансформатора относятся к продолжительному режиму работы.

Номинальным током обмотки считают ток, который эта обмотка может выдерживать постоянно без превышения предела температуры нагрева, установленного в разделе 9. Для тяговой обмотки номинальный ток должен соответствовать току основного вывода. Данное определение номинального тока применяется тогда, когда другие обмотки, находящиеся под нагрузкой, питают свои номинальные нагрузки.

Примечание — Номинальная мощность обмотки трансформатора со стороны контактной сети может быть меньше суммы номинальных мощностей ее различных вторичных обмоток; это приемлемо, например, для трансформатора, единственным путем соединенного со статическим преобразователем, или для трансформатора, имеющего вторичную обмотку для энергоснабжения состава, которую используют только в течение холодного времени года.

8 Охлаждение

8.1 Трансформаторы и реакторы должны идентифицироваться в соответствии с применяемым способом охлаждения.

8.2 Виды систем охлаждения трансформаторов и реакторов и их условные обозначения должны соответствовать приведенным в таблице 1а.

Таблица 1а

Вид системы охлаждения трансформаторов и реакторов	Условное обозначение вида системы охлаждения, принятое в МЭК
Естественное воздушное при открытом исполнении	AN
Естественное воздушное при защищенном исполнении	ANAN
Естественное воздушное при герметичном исполнении	ANAN
Воздушное с принудительной циркуляцией воздуха	ANAF
Естественная циркуляция воздуха и масла	ONAN
Принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла	ONAF
Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с ненаправленным потоком масла	OFAN
Естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с направленным потоком масла	ODAN
Принудительная циркуляция воздуха и масла с ненаправленным потоком масла	OFAF
Принудительная циркуляция воздуха и масла с направленным потоком масла	ODAF
Принудительная циркуляция воды и масла с ненаправленным потоком масла	OFWF
Принудительная циркуляция воды и масла с направленным потоком масла	ODWF

Окончание таблицы 1а

Вид системы охлаждения трансформаторов и реакторов	Условное обозначение вида системы охлаждения, принятое в МЭК
Естественное охлаждение негорючим жидким диэлектриком	LNAF
Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с принудительной циркуляцией воздуха	LNAF
Охлаждение негорючим жидким диэлектриком с принудительной циркуляцией воздуха и с направленным потоком жидкого диэлектрика	LFAF
Примечание — Когда трансформаторы и реакторы охлаждаются потоком воздуха, вызываемым движением железнодорожного подвижного состава или системой принудительного воздушного охлаждения, которая не проходила испытания вместе с трансформатором или с реактором, то поток (или скорость) воздуха, на который должна быть рассчитана номинальная мощность оборудования, должен быть указан потребителем.	

Примечание — См. ДВ.3 (приложение ДВ).

9 Пределы превышения температуры

9.1 Классификация электроизоляционных материалов

Классы нагревостойкости твердых электроизоляционных материалов, используемых для изоляции обмоток трансформаторов и реакторов, приведены в таблице 3. Они установлены в соответствии с требованиями ***ГОСТ 8865***.

Класс нагревостойкости электроизоляционных материалов, используемых в трансформаторе или реакторе, должен быть указан изготовителем в технических условиях.

9.2 Пределы превышения температуры

Температура элементов трансформаторов и реакторов при температуре окружающего воздуха 40 °С не должна превышать значений, приведенных в таблице 3.

Примечание — Таблицы 1 и 2, присутствующие в IEC 60310, но не включенные в настоящий стандарт, приведены в приложении ДД.

Для превышений температуры приведены два альтернативных варианта, соответствующие классу 1 рабочего режима (нормальный режим работы) и классу 2 рабочего режима (тяжелый режим работы). Класс 2 рабочего режима соответствует рабочим циклам трансформаторов и реакторов при полной загрузке в течение продолжительных периодов их службы.

Предельные значения температуры приведены в таблице 3 в качестве руководства. Предпочтительными предельными значениями являются допустимые превышения температуры.

Примечания

1 Превышения температуры, приведенные для 1-го класса рабочего режима, учитывают, что бортовое тяговое оборудование не нагружается продолжительно и имеет значительные периоды работы при сниженной нагрузке и холостом ходе. Это снижает старение изоляционных материалов, указанных в *ГОСТ 8865*. Кроме того, для 1-го класса рабочего режима бортового тягового оборудования считают правильным принимать за основу превышение температуры над максимальной среднесуточной температурой окружающей среды, которая принята равной 25 °С, для всех максимальных температур окружающей среды — до 50 °С. Это предельное допустимое значение снижается до 40 °С для 2-го класса рабочего режима. При температурах окружающей среды, превышающих 40 °С, для обоих режимов работы превышение температуры, приведенное в таблице 3, должно быть снижено на разность между этой температурой и 40 °С (40 °С для 2-го класса и 50 °С для 1-го класса соответственно). «Окружающая среда» в данном контексте означает температуру среды, от которой начинается охлаждение.

2 Номинальную мощность оборудования следует относить к интегралу Джоуля тока нагрузки, соответствующему фактическому режиму работы. Фактическая номинальная мощность, на которой базируется испытание на нагрев, не подлежит согласованию между потребителем и изготовителем.

3 См. приложение ДД в части невключения в настоящий стандарт таблиц 1 и 2 IEC 60310.

Таблица 3 — Пределы превышения температуры

Части оборудования	Класс нагревостойкости обмоток	Допустимое превышение температуры (при температуре окружающей среды 40 °С), °С		Предельные значения температуры, °С
		1-й класс рабочего режима	2-й класс рабочего режима	
Обмотки (средние превышения температуры)	A	75	75	120
	E	95	95	135
	B	130	105	170
	F	155	130	195
	H	180	160	220
	200	200	180	240
	220	220	200	260
	250	250	230	290
Минеральное масло или синтетический жидкий диэлектрик с температурой воспламенения, меньшей или равной 300 °С (жидкость О)[1)]		65	65	105
Синтетический жидкий диэлектрик с температурой воспламенения выше 300 °С (жидкость К) [1)]		150	150	190

[1)] Полное название жидкости приведено в связи с невключением в настоящий стандарт таблицы 1 IEC 60310:2004 [см. ДВ.3 (приложение ДВ)].

Примечание — В случае направленного потока масла пределы превышения температуры обмоток могут быть увеличены на 5 °С.

Для жидкостей вида О разрешается только предел превышения температуры класса нагревостойкости А. Для жидкостей вида К предел превышения температуры как обмотки, так и жидкости в таблице является для каждой из них самым нижним значением.

Более высокие предельные значения могут адаптироваться по согласованию между потребителем и изготовителем, если применяются определенные изоляционные материалы (влагонепроницаемая стабилизированная бумага, термостабилизированная бумага, специальные изолирующие жидкости и т. д.).

Пределы превышения температуры элементов, заполняемых газом, как в самом газе, так и в взаимодействующих с ним обмотках подлежат определению по согласованию между потребителем и изготовителем с учетом характеристик применяемого газа. Для обмоток пределы превышения температуры не должны превышать предельных значений температур, указанных в таблице.

Значения превышения температуры из таблицы 3 применяют к температурам, измеряемым:

- способом изменения сопротивления для расчета средней температуры обмотки;
- термометром (шариковым или электрическим) для частей, кроме обмоток.

Превышение температуры сердечников и других частей трансформаторов или реакторов не должно достигать значения, при котором могут быть повреждены эти или смежные с ними части. В случае жидкостей К вид жидкости указывает потребитель.

10 Заводские таблички

10.1 Заводская табличка трансформатора

Каждый трансформатор должен быть снабжен табличкой, на которой указывают следующие данные, если иное не согласовано между потребителем и изготовителем:

- наименование изготовителя;
- серийный номер изготовителя;
- дату изготовления;
- схему соединений;
- основные ответвления;
- номинальную мощность и номинальное напряжение каждой обмотки;
- номинальную частоту;
- охлаждающую среду и ее вид;

- объем охлаждающей среды;
- обозначение способа охлаждения;
- общую массу.

10.2 Заводская табличка реактора

Каждый реактор должен быть снабжен табличкой, на которой указывают следующие данные, если иное не согласовано между потребителем и изготовителем:

- наименование изготовителя;
- серийный номер изготовителя;
- вид реактора;
- номинальный ток (среднеквадратическое значение или среднее значение постоянного тока для сглаживающих реакторов);
- значение индуктивности (при одном или нескольких заданных исходных значениях тока);
- номинальная частота;
- охлаждающая среда и ее вид;
- обозначение способа охлаждения;
- общая масса.

11 Испытания

11.1 Категории испытаний

11.1.1 Общие положения

Устанавливают следующие категории испытаний:

- приемо-сдаточные испытания;
- периодические испытания;
- исследовательские испытания.

Виды испытаний, подлежащих выполнению для каждой категории, приведены ниже.

11.1.2 Приемо-сдаточные испытания

Приемо-сдаточные испытания проводят на всем оборудовании одного и того же заказа.

Для определенного оборудования по соглашению между заказчиком и изготовителем приемо-сдаточные испытания могут быть заменены испытаниями, проводимыми на нескольких образцах оборудования, произвольно отобранных из заказа.

11.1.3 Периодические испытания

Периодические испытания проводят на единственном образце оборудования данной конструкции, отобранном из первой произведенной партии.

Оборудование массового производства следует считать прошедшим периодические испытания и освобождаться от них, если изготовитель предоставляет правильно оформленные сертификаты периодических испытаний, уже проведенных на идентичном оборудовании, созданном ранее.

Факультативные периодические испытания проводят только в том случае, если они специально указаны в техническом задании.

Периодичность испытания трансформаторов и реакторов выбирают из ряда 1, 2, 3, 5 лет и устанавливают в технических условиях на трансформаторы и реакторы конкретных серий и типов.

11.1.4 Исследовательские испытания

Исследовательские испытания являются специальными испытаниями факультативного характера, которые проводят на одном образце оборудования для получения дополнительных данных о его технических характеристиках. Их проводят только в том случае, если они специально указаны в заказе.

Результаты этих испытаний не должны влиять на приемку оборудования, если в заказе не установлено иное.

11.2 Испытания трансформаторов

11.2.1 Общие положения. Перечень испытаний

Проверки, измерения и испытания, подлежащие проведению на тяговых трансформаторах, приведены для каждой категории испытаний в таблице 4.

По согласованию с потребителем испытания реактора, используемого для перехода между позициями переключателя выводов обмоток трансформатора, который не может быть отделен от трансформатора, следует проводить совместно с испытаниями трансформатора, если это осуществимо. При необходимости по согласованию между потребителем и изготовителем допускается проведение испытаний этих реакторов в качестве отдельного оборудования для подтверждения его соответствия всем требованиям настоящего стандарта.

Таблица 4 — Перечень проверок и испытаний, подлежащих проведению на тяговых трансформаторах

Вид испытания	Пункт или подпункт настоящего стандарта		
	Периодическое испытание	Приемо-сдаточное испытание	Исследовательское испытание
Предварительная проверка	—	11.2.3	—
Измерение сопротивления обмоток	11.2.4	11.2.4	—
Измерение коэффициента трансформации	11.2.5	11.2.5	—
Измерение потерь и тока холостого хода	11.2.6.1	11.2.6.2	—
Измерение напряжения короткого замыкания	11.2.7	11.2.7	—
Измерение потерь короткого замыкания	11.2.8.2	11.2.8.3	—
Определение суммарных потерь	11.2.9	—	—
Испытание на нагрев	11.2.10	—	—
Прочность изоляции: - стойкость к индуктированному напряжению	—	11.2.11.1	—
- стойкость к напряжению промышленной частоты	—	11.2.11.2	—
- стойкость к импульсному напряжению полной длительности (испытание напряжением грозовых импульсов) [1)]	11.2.11.3	—	—
Поведение в условиях короткого замыкания (факультативное)	—	—	11.2.12
Стойкость к механическим внешним воздействиям	*11.2.13*	—	—
[1)] Наименование данного вида испытания, приведенное в скобках, соответствует установленному в ГОСТ 1516.2.			

Примечание — См. ДВ.4 (приложение ДВ).

Испытания тяговых трансформаторов, являющихся частью статического преобразователя, следует проводить по *ГОСТ 33323*.

11.2.2 Допуски

В таблице 5 приведены допуски, применяемые для назначенных параметров, которые являются предметом гарантий изготовителя, относящихся к настоящему стандарту.

Если допуск в одном из направлений не указан, то значение в этом направлении не лимитируется.

Таблица 5 — Допуски

Наименование параметра (пункт)	Допуск
1 a) Суммарные потери b) Потери составной части (см. 11.2.6, 11.2.8, 11.2.9)	+ 10 % суммарных потерь + 15 % потерь каждой составной части при условии, что допуск на суммарные потери не превышается
2 Коэффициент трансформации при холостом ходе на основной вывод (номинальный коэффициент трансформации) (см. 11.2.5)	± 0,5 % коэффициента, заявленного в заводской табличке, или процент заявленного коэффициента, равный 1/10 фактического напряжения короткого замыкания в процентах при номинальной нагрузке, любого из них с меньшим значением

Окончание таблицы 5

Наименование параметра (пункт)	Допуск
3 Напряжение короткого замыкания (основного вывода) (см. 11.2.7)	± 15 % заявленного напряжения короткого замыкания этого ответвления[1)]
4 Ток холостого хода (см. 11.2.6)	+ 30 % заявленного тока холостого хода
[1)] Для других выводов допуск должен быть предметом соглашения между потребителем и изготовителем. Для специального применения допуск может быть уменьшен на 10 % по соглашению между потребителем и изготовителем.	

11.2.3 Предварительная проверка

Перед проведением приемо-сдаточных испытаний должны быть выполнены проверки схемы цепи, маркировки выводов, соотношения векторов напряжений (для трехфазных трансформаторов), полярностей и данных на паспортной табличке.

11.2.4 Измерение сопротивления обмоток

Сопротивление каждой обмотки между доступными выводами, находящимися в холодном состоянии, должно быть измерено при постоянном токе. Измерение сопротивления, а также определение температуры обмотки, при которой проводилось измерение, — по ГОСТ 3484.1. Для минимизации влияния самоиндукции и правильного определения температуры обмоток следует принимать меры предосторожности по ГОСТ 3484.1. Сопротивление и температура обмотки должны быть зарегистрированы.

При периодических испытаниях:

a) если обмотка имеет ответвления для регулирования напряжения тяговой цепи, то суммарное сопротивление участка этой обмотки, находящегося под напряжением, должно быть измерено для каждого ответвления;

b) если некоторые вспомогательные обмотки имеют несколько секций, то должно быть измерено сопротивление каждой из них.

При приемо-сдаточных испытаниях:

- измерение a) допустимо ограничивать основным выводом обмотки;
- измерение b) допустимо выполнять только на вспомогательной обмотке в целом.

Примечание — См. ДВ.5 (приложение ДВ).

11.2.5 Измерение коэффициента трансформации

Коэффициенты трансформации между парами обмоток необходимо измерять на всех выводах.

Если трансформатор с регулировкой высокого напряжения имеет несколько тяговых вторичных обмоток и правильные коэффициенты трансформации были зарегистрированы при выполнении измерения между этими обмотками, то достаточно измерить коэффициент трансформации между одной из этих вторичных обмоток и обмоткой со стороны контактной сети для всех выводов этой обмотки.

Измерение коэффициента трансформации трансформатора с постоянным коэффициентом трансформации, являющегося частью трансформатора с регулировкой высокого напряжения, проводят при периодических испытаниях.

11.2.6 Измерение потерь и тока холостого хода

Измерение потерь и тока холостого хода необходимо выполнять по ГОСТ 3484.1[1)].

Измерения следует выполнять при номинальной частоте с формой волны прикладываемого напряжения, близкой к синусоидальной.

В случае испытательного напряжения с несинусоидальной формой волны следует вносить поправку в соответствии со способом, установленным в ***ГОСТ 3484.1.***

Напряжение следует прикладывать к соответствующей обмотке трансформатора; если трансформатор имеет регулировку высокого напряжения, то устройство переключения выводов и обмотка со стороны контактной сети трансформатора с постоянным коэффициентом трансформации должны оставаться включенными в цепь, а все остальные обмотки должны быть отключены.

[1)] Дополнительное положение применено в настоящем стандарте с учетом измерений потерь и тока холостого хода трансформаторов.

11.2.6.1 Периодические испытания

Измерение потерь и тока холостого хода следует выполнять при напряжениях со стороны контактной сети 0,8*U*, 0,9*U* и 1,1*U* (*U* — номинальное напряжение контактной сети).

По соглашению между потребителем и изготовителем измерения могут быть проведены при минимальном, номинальном и максимальном значениях напряжений контактной сети.

Если трансформатор имеет регулировку высокого напряжения, то измерения следует выполнять для трех положений устройства переключения выводов, одно из которых соответствует основному выводу.

Примечание — См. ДВ.6 (приложение ДВ).

11.2.6.2 Приемо-сдаточные испытания

Измерение потерь и тока холостого хода следует выполнять:

- на последовательно соединенных вторичных тяговых обмотках при номинальном напряжении;

- при малом напряжении[1)].

Измерения следует выполнять так же, как в 11.2.6.1, но только для основного вывода при номинальном напряжении контактной сети *U*.

11.2.7 Измерение напряжения короткого замыкания

Вследствие разнообразия схем расположения обмоток тяговых трансформаторов все комбинации пар обмоток, на которых подлежат измерению напряжения короткого замыкания, должны быть установлены по соглашению между потребителем и изготовителем. Периодические испытания должны предоставлять достаточные данные, позволяющие графически изображать характеристики трансформатора под нагрузкой при всех позициях переключателя выводов, а также осуществлять расчет токов при повреждениях.

Эти напряжения следует измерять для следующих комбинаций обмоток:

a) обмотка со стороны контактной сети со всеми тяговыми обмотками (периодические и приемо-сдаточные испытания);

b) обмотка со стороны контактной сети с каждой группой обмоток, коммутирующих одновременно или почти одновременно (периодические испытания);

c) обмотка со стороны контактной сети отдельно с каждой независимой тяговой обмоткой (периодические и приемо-сдаточные испытания);

d) обмотка со стороны контактной сети отдельно с каждой вспомогательной обмоткой (периодические испытания).

При периодических испытаниях для комбинаций обмоток a), b) и c) измерения следует выполнять на всех выводах, тогда как для комбинации d) при периодических испытаниях и при приемо-сдаточных испытаниях измерения необходимо выполнять только на основном выводе обмотки со стороны контактной сети и на установленном выводе вспомогательных обмоток.

Если требуются дополнительные измерения на других выводах или других комбинациях обмоток, то они должны быть согласованы между потребителем и изготовителем.

Напряжение короткого замыкания следует измерять при номинальной частоте с использованием источника приблизительно синусоидального напряжения. Измерения могут выполняться при любом токе, составляющем от 25 % до 100 % номинального тока.

Измеренное значение следует корректировать посредством его умножения на отношение номинального тока к испытательному току. Значения, полученные таким образом, должны быть скорректированы для соответствующей расчетной температуры, указанной в 11.2.9.

Методика измерения напряжения короткого замыкания — по ***ГОСТ 3484.1.***

Примечание — См. ДВ.7 (приложение ДВ).

11.2.8 Измерение потерь короткого замыкания

11.2.8.1 Общие положения

Потери короткого замыкания должны быть зарегистрированы в течение периодических и приемо-сдаточных испытаний при напряжении короткого замыкания (см. 11.2.7), а полученные значения должны быть скорректированы посредством их умножения на квадрат отношения номинального тока к испытательному току.

[1)] Дополнительное положение применено в настоящем стандарте с учетом измерений потерь и тока холостого хода трансформаторов.

Полученные таким образом потери должны быть уточнены применительно к соответствующей расчетной температуре, приведенной в 11.2.9. Сопротивление следует определять в соответствии с 11.2.4.

Потери короткого замыкания следует определять для следующих комбинаций пар обмоток:

a) обмотка со стороны контактной сети и все тяговые вторичные обмотки, соединенные параллельно или последовательно соответственно;

b) обмотка со стороны контактной сети и каждая из вспомогательных вторичных обмоток.

Определение потерь короткого замыкания трансформаторов, являющихся частью статического преобразователя, следует проводить по *ГОСТ 33323*.

Примечания

1 Суммарные потери всех цепей не могут быть получены простым арифметическим сложением потерь, измеренных на парах обмоток, указанных выше. В некоторых случаях они могут быть рассчитаны по сопротивлению при постоянном токе каждой обмотки и соответствующем токе с добавлением дополнительных потерь, полученных при испытаниях.

2 См. ДВ.8 (приложение ДВ).

11.2.8.2 Периодические испытания

Потери короткого замыкания следует определять для перечислений a) и b) 11.2.8.1. Для перечисления a) 11.2.8.1 определение потерь короткого замыкания следует выполнять для трех положений устройства переключения выводов, соответствующих:

- основным выводам;
- выводам с самыми большими потерями в тяговых обмотках;
- одной паре других выводов.

11.2.8.3 Приемо-сдаточные испытания

Потери короткого замыкания следует определять только для перечисления a) 11.2.8.1 и ограничивать основным выводом.

Методика определения потерь короткого замыкания — по ГОСТ 3484.1[1)].

11.2.9 Определение суммарных потерь

Таблица 6 — Расчетные температуры

Класс нагревостойкости	Расчетная температура, °С
A E	85
B	130
A H 200 220 250	150

Суммарные потери равны сумме потерь холостого хода (11.2.6) и потерь короткого замыкания (11.2.8) после корректировки последних применительно к соответствующей расчетной температуре обмоток, которая приведена в таблице 6.

Суммарные потери тяговых цепей тяговых трансформаторов рассчитывают для основных выводов и для выводов с самыми большими потерями в тяговых обмотках.

Суммарные потери тяговых трансформаторов рассчитывают для комбинации номинальной тяговой нагрузки и номинальной нагрузки вспомогательной цепи. В этот расчет по соглашению между потребителем и изготовителем обычно включают потери, связанные с нагрузкой для электроснабжения состава. Потребление электрической энергии вспомогательным оборудованием трансформатора (масляный насос, вентилятор и т. д.) в его суммарные потери не включают.

Если не установлено иное, то для трансформаторов, кроме тяговых трансформаторов, суммарные потери рассчитывают для номинальной нагрузки при условии, что все обмотки нагружают одновременно.

11.2.10 Испытание на нагрев

Испытания на нагрев проводят при номинальной мощности трансформатора (см. раздел 6) при работе секционированных обмоток со своим основным или установленным выводом.

Во время испытания все вспомогательные устройства циркуляции и охлаждения охлаждающей среды располагают в условиях, эквивалентных условиям эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

Для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха или с подобным видом охлаждения, указанных в таблице 1а, испытание следует проводить при установленном расходе воздуха (или скорости).

[1)] Дополнительное положение применено в настоящем стандарте с учетом методики определения потерь короткого замыкания трансформаторов по ГОСТ 3484.1.

Изготовитель может применять любой из следующих методов испытаний, приведенных в ***ГОСТ 3484.2***:

- метод непосредственной нагрузки;
- метод взаимной нагрузки;
- метод короткого замыкания и холостого хода.

Необходимо также выполнять требования ***ГОСТ 3484.2*** в части:

- измерений различных температур;
- продолжительности испытаний;
- определения превышения температуры обмотки;
- необходимых корректировок показаний.

Методы непосредственной нагрузки и взаимной нагрузки применяют для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха или с подобным видом охлаждения в основном при ограниченных номинальных характеристиках. Частные детали этих методов являются предметом соглашения между потребителем и изготовителем.

Метод короткого замыкания и холостого хода следует выполнять в соответствии с ***ГОСТ 3484.2. Испытания по этому методу следует проводить при последовательно соединенных вторичных тяговых обмотках и номинальных условиях по охлаждению и потерях, соответствующих мощности:***

- в летнем режиме работы;

- в зимнем режиме работы.

Испытания на превышение температуры трансформаторов, являющихся частью статического преобразователя, и определение эквивалентных по температуре токов в их обмотках следует проводить по *ГОСТ 33323*. Конечные значения превышения температуры различных частей трансформатора не должны превышать предельных допустимых значений, указанных в таблице 3. Если изготовитель не может воспроизвести рабочие формы волн напряжения на трансформаторе, то по методу испытания на нагрев между потребителем и поставщиком должно быть достигнуто соглашение.

11.2.11 **Испытания электрической прочности изоляции**

Испытания электрической прочности изоляции новых типов трансформаторов проводят на предприятии-изготовителе при комнатной температуре с трансформаторами, оборудованными штатными дополнительными устройствами, которые могут повлиять на испытания.

Принимая во внимание количество вероятных вариантов, конфигурации, выбираемые для этих испытаний, необходимо определять в каждом конкретном случае. Однако:

- провод заземления должен быть закреплен к тем же точкам обмоток, к которым он присоединен при эксплуатации;
- для трансформаторов с регулировкой высокого напряжения переключатель выводов должен быть подсоединен к основному выводу.

Испытания на прочность изоляции включают в себя:

- испытания на стойкость к индуктированному напряжению (см. 11.2.11.1);
- испытания на стойкость к напряжению промышленной частоты (см. 11.2.11.2);
- испытания на стойкость к импульсному напряжению полной длительности (см. 11.2.11.3).

Для испытаний на стойкость к индуктированному напряжению и напряжению промышленной частоты испытательные напряжения приведены в виде среднеквадратических значений в таблицах 7 и 8. Прямое измерение среднеквадратического напряжения может быть заменено измерением амплитудного значения напряжения; амплитудное значение, разделенное на $\sqrt{2}$, должно равняться среднеквадратическому значению, приведенному в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 — Напряжения при испытаниях электрической прочности изоляции обмоток, непосредственно подсоединенных к контактной сети

Номинальное напряжение $U_{ном}$ тяговой системы, В	Номинальное напряжение изоляции $U_{из.ном}$, В	Испытательное напряжение U, В	
		Испытание на напряжение промышленной частоты (среднеквадратическое значение)	Испытание на импульсное напряжение (пиковое значение)
750*	900	2800	6000
1500*	2300	5500	12000

Окончание таблицы 7

Номинальное напряжение $U_{ном}$ тяговой системы, В	Номинальное напряжение изоляции $U_{изном}$, В	Испытательное напряжение U, В	
		Испытание на напряжение промышленной частоты (среднеквадратическое значение)	Испытание на импульсное напряжение (пиковое значение)
3000*	3700	11500	25000
25000	27500	60000	150000
Примечание — По соглашению между потребителем и изготовителем допускается применять значения испытательных напряжений, отличные от значений, установленных в данной таблице. Значения, отмеченные знаком «*», относятся к обмоткам реакторов, подсоединенных к контактной сети постоянного тока.			

Примечание — См. ДВ.9 (приложение ДВ).

Таблица 8 — Напряжения U при испытаниях электрической прочности изоляции (испытание на стойкость к индуктированному напряжению или напряжению промышленной частоты) для обмоток, не подсоединенных к контактной сети (среднеквадратические значения)

В вольтах

Номинальное напряжение изоляции	Напряжение тяговых и вспомогательных трансформаторов с одной из обмоток, непосредственно подсоединенной к контактной сети	Напряжение обмоток, не подсоединенных к контактной сети
300	—	1500
660	—	2500
900	4000	3300
1200	4700	3900
1800	5600	5200
2300	7000	6600
3000	8000	8000
3700	10000	9400
4800	13000	11600
6500	17000	15000
Примечание — По соглашению между потребителем и изготовителем допустимо применять значения испытательных напряжений, отличные от значений, установленных в таблице[1)].		

11.2.11.1 Испытания на стойкость к индуктированному напряжению

Основная цель испытания — проверка изоляции между витками, катушками и ответвлениями всех рассматриваемых обмоток.

Для всех обмоток, которые имеют один конец или один вывод постоянно заземленный, испытание является одновременно испытанием незаземленного вывода обмотки на стойкость к напряжению промышленной частоты. Приложение испытательного напряжения, изменение продолжительности испытания в зависимости от частоты и т. д. — в соответствии с ***ГОСТ 22756.*** В течение испытания бак и сдвоенные обмотки, не используемые для питания, должны быть соединены с землей одним из своих выводов.

В течение испытания обмотки на стойкость к индуктированному напряжению следует принимать меры для того, чтобы напряжения, индуктированные в различных обмотках в одной и той же магнитной цепи, не превышали значений, указанных в таблице 8.

1) Приведенное примечание дополнено по отношению к IEC 60310:2004 и направлено на учет интересов как потребителя, так и изготовителя по конкретным видам продукции.

11.2.11.2 Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты

Испытание применимо ко всем обмоткам трансформаторов, которые не подсоединены к контактной сети или постоянно заземлены в самом трансформаторе. Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты следует проводить с использованием источника промышленной частоты, поддерживающего переменное однофазное напряжение, которое должно прикладываться поочередно между каждой из обмоток, подлежащих испытанию, и ко всем другим обмоткам, подсоединенным вместе к баку и земле. Требования к форме волны испытательного напряжения, минимальная частота, частные детали приложения напряжения и продолжительность испытания — в соответствии с ***ГОСТ 22756***.

Обмотки, подсоединенные к контактной сети и постоянно не заземленные в трансформаторе, следует подвергать испытанию на стойкость к напряжению промышленной частоты при значении напряжения, подлежащем согласованию между потребителем и изготовителем. Это напряжение определяется уровнем прочности изоляции на заземленном выводе обмотки.

11.2.11.3 Испытания на стойкость к импульсному напряжению полной длительности

Данное испытание применяют к тяговым и вспомогательным трансформаторам, непосредственно питаемым от контактной сети. Импульсное напряжение следует прикладывать к выводу обмотки трансформатора со стороны контактной сети.

В течение испытания:

- бак и все доступные вторичные выводы должны быть заземлены непосредственно;
- заземляющий вывод обмотки со стороны контактной сети должен быть заземлен непосредственно или через сопротивление низкого значения;
- все защитные устройства от перенапряжения, связанные при эксплуатации с выводом обмотки со стороны контактной сети, должны быть сняты или отсоединены;
- при применении регулировки высокого напряжения переключатель выводов должен быть подсоединен к основному выводу.

Испытания на стойкость к импульсному напряжению полной длительности следует проводить со стандартной формой волны импульсного напряжения в 1,2/50 мкс; пиковое значение прикладываемого напряжения должно соответствовать указанному в таблице 7а. Методы испытаний — в соответствии с ***ГОСТ 1516.2***. Не рекомендуется проводить испытания с применением усеченных волн.

11.2.12 Поведение в условиях короткого замыкания

Данное испытание необходимо указывать по согласованию между потребителем и изготовителем при заказе и проводить в соответствии с ***ГОСТ 20243***.

Трансформатор должен быть способен выдерживать без повреждения тепловые и механические воздействия коротких замыканий между выводами всех вторичных обмоток. Для вспомогательных обмоток следует учитывать наличие в соответствующих цепях полного сопротивления и/или защитных устройств (предохранителей, переключателей и т. д.).

Максимальное значение мощности короткого замыкания, допустимое на входе в железнодорожный подвижной состав, должно быть установлено потребителем.

Напряжением, принимаемым во внимание, является максимальное напряжение тяговой системы в соответствии с ***ГОСТ 6962***.

11.2.13 Испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

Испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам — по ***ГОСТ 16962.2***.

Последовательность и конкретные методы испытаний устанавливают в технических условиях на трансформатор.

Проверки технических характеристик, подлежащие повторению после испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам, если иное не согласовано между потребителем и изготовителем, должны включать в себя:

a) измерение потерь и тока холостого хода;

b) измерение напряжения короткого замыкания;

c) испытание на стойкость к индуктированному напряжению или к напряжению промышленной частоты.

Если результаты испытаний по перечислениям a) и b) отличаются менее чем на 2 % относительно значений, измеренных в ходе первоначальных испытаний, то трансформатор считают выдержавшим испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам. Для испытания по перечислению c) испытательное напряжение должно составлять 75 % значений, используемых при первоначальном испытании, и не должно приводить к пробою.

Примечание — См. ДВ.10 (приложение ДВ).

11.3 Испытание реакторов

11.3.1 Перечень испытаний

Проверки, измерения и испытания, подлежащие проведению на реакторах, приведены для каждой категории испытаний в таблице 9.

Таблица 9 — Перечень проверок и испытаний, подлежащих проведению на реакторах

Вид испытания	Пункт или подпункт настоящего стандарта	
	Периодическое испытание	Приемо-сдаточное испытание
Предварительная проверка		11.3.3
Измерение сопротивления обмотки		11.3.4
Измерение потерь	11.3.5	
Испытание на нагрев	11.3.7	
Прочность изоляции: - стойкость к напряжению между выводами	11.3.8.1	11.3.8.1
- стойкость к напряжению промышленной частоты		11.3.8.2
- стойкость к импульсному напряжению полной длительности (*испытание напряжением грозовых импульсов*)*	11.3.8.3	
Стойкость к механическим внешним воздействующим факторам	11.3.9	
* Наименование данного вида испытания, приведенное в скобках, соответствует установленному в ГОСТ 1516.2.		

Примечание — См. ДВ.11 (приложение ДВ).

11.3.2 Допуски

По согласованию между потребителем и поставщиком значения допусков, приведенные в таблице 10 как расчетные, применимы в качестве допусков между гарантированным или расчетным значением и значением, измеренным в течение периодических испытаний на опытном образце.

Значения, приведенные в графе «При изготовлении», применяют к расхождениям между значениями, измеренными в течение приемо-сдаточных испытаний, и значениями, выявленными на опытном образце.

Таблица 10 — Допуски

Наименование параметра (пункт)	Допуски	
	Расчетные	При изготовлении
1 Сопротивление обмотки (см. 11.3.4)	—	± 10 %
2 Потери (см. 11.3.5)	—	При переменном токе: +10 %
3 Индуктивность (см. 11.3.6)	При соответствующем токе: ± 15 %	При переменном токе: ± 10 %

Для других параметров, если они имеют место, допуски должны соответствовать ГОСТ 9219.

11.3.3 Предварительные проверки

Перед проведением приемо-сдаточных испытаний должны быть выполнены проверки маркировки выводов, полярностей и данных на паспортной табличке.

11.3.4 Измерение сопротивления обмоток

Сопротивление обмотки (обмоток) следует измерять при постоянном токе, температуре окружающей среды, с соблюдением обычных мер предосторожности для минимизации влияния самоиндукции. Температура, при которой проводят измерение, должна быть зарегистрирована. Результаты должны быть скорректированы применительно к расчетной температуре (см. 11.2.9).

11.3.5 Определение потерь

Потери в реакторах переменного и пульсирующего токов следует измерять при переменном токе промышленной частоты, эквивалентном рабочему току.

Эквивалентный ток должен иметь среднеквадратическое значение, полученное из содержания гармоник или формы волны, установленной потребителем, и должен учитывать предполагаемое влияние на потери различных условий испытания и эксплуатации.

Потери в реакторах постоянного тока следует измерять при постоянном токе. Должен быть также выполнен расчет потерь в магнитном сердечнике.

Для реакторов с магнитным сердечником или с экраном потери следует измерять по возможности, если не согласовано иное, при частоте и/или форме волны напряжения, наиболее близкой к условиям эксплуатации.

11.3.6 Измерение индуктивности

При периодических испытаниях измерение индуктивности следует проводить при токе, соответствующем назначению реактора, а при приемо-сдаточных испытаниях — при переменном токе. Значение индуктивности, установленное или измеренное в таких различных условиях, не может быть одинаковым, и изготовитель, и потребитель должны согласовывать значение, подлежащее использованию при приемо-сдаточных испытаниях, на основе результатов периодических испытаний.

Для сдвоенных реакторов при периодических испытаниях измерение взаимной индуктивности следует проводить по ***ГОСТ 14794***.

11.3.6.1 Измерение на реакторах переменного тока и реакторах преобразователей

11.3.6.1.1 Периодические испытания

Реактор должен питаться от источника переменного тока при номинальной частоте; кривые сопротивления или индуктивности должны быть графически построены в виде функции тока во всем диапазоне использования реактора. По требованию потребителя кривая насыщения должна быть согласована между потребителем и изготовителем до запуска в серийное производство.

Для реакторов без сердечника испытание следует проводить при номинальном токе.

Для реакторов преобразователей может потребоваться определение коэффициента связи *в соответствии с* ***ГОСТ 14794***.

11.3.6.1.2 Приемо-сдаточные испытания

Сопротивление при переменном токе следует измерять при номинальных частоте и токе.

11.3.6.2 Измерение на реакторах постоянного тока

11.3.6.2.1 Периодические испытания

Кривые переходной индуктивности (см. 3.9) должны быть графически построены в виде функции тока во всем диапазоне использования реактора. По требованию потребителя кривая насыщения должна быть согласована между потребителем и изготовителем до запуска в серийное производство.

На реакторе, успешно прошедшем испытание, сопротивление и индуктивность должны быть зарегистрированы при переменном токе на согласованной промышленной частоте для нескольких значений тока, при которых напряжение не может достигать опасных значений. Потребитель и изготовитель должны согласовать выбор одной определенной точки на кривой полного сопротивления/тока; эта точка должна быть принята в качестве базовой для последующих приемо-сдаточных испытаний.

11.3.6.2.2 Приемо-сдаточные испытания

Полное сопротивление при переменном токе на согласованной частоте следует измерять при токе, соответствующем базовой точке, определенной в 11.3.6.2.1.

11.3.6.3 Измерения на реакторах пульсирующего тока

11.3.6.3.1 Периодические испытания

Кривую индуктивности следует определять в виде функции тока во всем предусмотренном рабочем диапазоне. Индуктивность реакторов без сердечника рассчитывают по реактивному сопротивлению, измеренному при переменном токе промышленной частоты.

В случае реактора с железным сердечником метод измерения индуктивности должен учитывать пульсирующий ток, накладываемый на постоянный ток. Метод должен быть согласован между пользователем и изготовителем.

Измерения индуктивности следует приводить в виде среднеарифметического значения пульсирующего тока по всей области применения реактора.

На реакторе, успешно прошедшем испытание, полное сопротивление и индуктивность при переменном токе на согласованной промышленной частоте должны быть измерены для различных значений тока, при которых напряжение не может достигать опасных значений.

Потребитель и изготовитель должны согласовать выбор определенной точки на кривой полного сопротивления/тока; эта точка должна быть принята в качестве базовой для последующих приемо-сдаточных испытаний. По требованию потребителя кривая насыщения должна быть согласована между потребителем и изготовителем до запуска в серийное производство.

11.3.6.3.2 Приемо-сдаточные испытания

Полное сопротивление при переменном токе на согласованной частоте следует измерять при токе, соответствующем базовой точке, определенной в 11.3.6.3.1.

11.3.7 Испытание на нагрев

Испытание на нагрев следует выполнять в соответствии с ГОСТ 9219 и требованиями, указанными ниже.

Испытание на нагрев реактора следует проводить при токе, эквивалентном установленному в 11.3.5.

Реактор должен быть размещен в условиях, эквивалентных условиям эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

Для реакторов, принудительно охлаждаемых воздухом, испытания следует проводить при установленном расходе воздуха (или скорости потока) (*см. таблицу 1а*).

В течение испытания превышение температуры различных частей реактора не должно превышать предельных значений, указанных в таблице 3.

Испытания на нагрев реакторов, которые невозможно отсоединить от трансформатора, следует проводить в соответствии с 11.2.10.

Примечание — Для реакторов, работающих на несинусоидальном переменном токе или пульсирующем токе, может возникать затруднение в оценке эквивалентного тока с учетом потерь, поэтому рекомендуется проведение исследовательского испытания с формами волн тока, близкими к формам волн при эксплуатации.

11.3.8 Испытания электрической прочности изоляции

Испытания электрической прочности изоляции на реакторах новых видов следует проводить на предприятии-изготовителе при комнатной температуре. Реакторы должны быть оснащены штатными дополнительными устройствами, которые могут повлиять на испытание.

Испытания на прочность изоляции включают в себя:

- испытание на стойкость к напряжению между выводами (см. 11.3.8.1);
- испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты (см. 11.3.8.2);
- испытание на стойкость к импульсному напряжению (см. 11.3.8.3).

11.3.8.1 Испытание на стойкость к напряжению между выводами

Основная цель испытания — проверка изоляции между витками, катушками и всеми выводами обмоток.

Испытание следует проводить на реакторах, которые могут подвергаться напряжениям пробоя изоляции между выводами при нормальной эксплуатации или в условиях отказа.

В течение испытания бак и обмотки, не подвергаемые испытанию, должны быть соединены, как при эксплуатации.

Пиковое значение испытательного напряжения должно быть равно удвоенным значениям, приведенным в таблицах 7 и 8. Вторую графу таблицы 8 не применяют. Испытание проводят с помощью приложения между выводами одного импульса напряжения, время повышения которого должно быть достаточно продолжительным, с тем чтобы дать возможность равномерно распределить напряжение по обмотке (по соглашению между изготовителем и потребителем испытание можно проводить посредством приложения переменного напряжения, частоту которого следует выбирать такой, чтобы испытательный ток не превышал своего номинального значения в 1,2 раза).

11.3.8.2 Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты

Испытательное напряжение следует прикладывать в течение 1 мин между обмоткой(ами) и землей, а затем между отдельными обмотками при наличии.

Испытательное напряжение должно быть переменным, с формой волны, по возможности близкой к синусоидальной, и частотой от 50 до 100 Гц. Его среднеквадратическое значение выбирают из таблиц 6 и 7 с учетом того, что в случае двойной изоляции каждая изоляция должна выдерживать упомянутое выше значение напряжения. Вторую графу таблицы 7 не применяют.

Если реактор включен в цепь выпрямительного оборудования, в котором потенциалы относительно земли могут достигать высоких значений при неисправности (анодные реакторы или сглаживающие реакторы), то определение более высокого испытательного напряжения, подлежащего приложению, следует проводить по ГОСТ 33323.

Испытательные напряжения реакторов, включенных в цепь высокого напряжения однофазного железнодорожного подвижного состава, должны быть установлены по соглашению между потребителем и изготовителем.

11.3.8.3 Испытание на стойкость к импульсному напряжению

Испытание применяют только для реакторов, которые непосредственно подсоединены к подвесной контактной сети. Импульсное напряжение следует прикладывать к выводу реактора со стороны контактной сети.

Для реакторов, подсоединяемых к сети переменного тока, испытания следует проводить со стандартной формой волны импульсного напряжения полной длительности в 1,2/50 мкс; амплитудное значение прикладываемого напряжения должно соответствовать значению, установленному в таблице 7а.

Для реакторов, подсоединяемых к сети постоянного тока, испытание следует проводить по соглашению между потребителем и изготовителем. Пиковое значение прикладываемого напряжения должно учитывать характеристики разрядников для защиты от перенапряжений при их наличии.

Испытание также может быть применено по соглашению между потребителем и изготовителем для реакторов постоянного тока, подсоединенных к контактному рельсу.

Метод проведения испытаний по ***ГОСТ 22756*** следует выбирать по соглашению между потребителем и изготовителем.

11.3.9 Испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

Испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам — по ***ГОСТ 16962.2***.

Испытания на работоспособность требуются только для движущихся частей, связанных с реактором.

Последовательность и конкретные методы испытаний устанавливают в технических условиях на реактор.

Проверки технических характеристик, подлежащие повторению после испытаний на устойчивость к механическим внешним воздействующим факторам, если иное не согласовано между потребителем и изготовителем, должны включать в себя:

a) измерение индуктивности;

b) испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты.

Если результаты испытаний по перечислению a) отличаются менее чем на 2 % относительно значений, измеренных в ходе первоначальных испытаний, то реактор считают выдержавшим испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам. Для испытания по перечислению b) испытательное напряжение должно составлять 75 % значений, используемых при первоначальном испытании, и не должно приводить к пробою изоляции.

Примечание — См. ДВ.12 (приложение ДВ).

Приложение А
(рекомендуемое)

Перечень разделов, подразделов и пунктов, по которым целесообразно соглашение между потребителем и изготовителем или предоставление дополнительной информации или технических условий потребителем или изготовителем

Примечание — Нумерация, приведенная в А.1—А.3, относится к соответствующим разделам, подразделам и пунктам настоящего стандарта.

А.1 Пункты, являющиеся предметом соглашения между потребителем и изготовителем

Трансформаторы и реакторы

1 Расширение области применения стандарта.

1 Специальные условия эксплуатации и возможные соответствующие испытания.

6.1 Номинальное напряжение со стороны контактной сети.

9.2 Таблица 3. Примечание — Более высокие пределы превышения температуры.

9.2 Таблица 3. Выбор класса рабочего режима.

9.2 Расположение термометров для контроля при испытании на нагрев.

11.1.2 Замена приемо-сдаточных испытаний выборочным контролем.

11.1.4 Исследовательские испытания и их влияние.

Трансформаторы

11.2.1 Испытания реактора, используемого для перехода между позициями переключателя ответвлений.

11.2.2 Таблица 5. Допуск на напряжение короткого замыкания ответвлений, кроме основного ответвления.

11.2.7 Комбинации пар обмоток, на которых следует измерять напряжение короткого замыкания.

11.2.7 Дополнительные измерения короткого замыкания.

11.2.11 Конфигурации для проведения испытаний электрической прочности изоляции.

11.2.11 Таблица 7а. Примечание — Повышенные напряжения для испытаний электрической прочности изоляции.

11.2.11.2 Значение напряжения обмоток, постоянно не заземленных в трансформаторе.

11.2.12 Испытание короткого замыкания.

Реакторы

11.3.6.2.1 Выбор базовой точки на кривой полного сопротивления реакторов постоянного тока.

11.3.6.3.1 Метод измерения индуктивности на реакторах с железным сердечником при пульсирующем токе.

11.3.6.3.1 Выбор базовой точки на кривой полного сопротивления реакторов пульсирующего тока.

11.3.8.2 Испытания на стойкость к напряжениям промышленной частоты реакторов, включенных в цепи высокого напряжения.

11.3.8.3 Испытания на стойкость к импульсным напряжениям реакторов, подсоединенных к подвесной контактной сети постоянного тока.

11.3.8.3 Испытания на стойкость к импульсным напряжениям реакторов, подсоединенных к контактному рельсу постоянного тока.

12.3.8.3 Метод проведения испытаний на стойкость реакторов к импульсным напряжениям.

А.2 Информация, подлежащая предоставлению потребителем изготовителю

Трансформаторы и реакторы

1 Температура поступающего воздуха.

2 Параметры климатических внешних воздействующих факторов.

8.1.3 Расход или скорость воздуха.

Трансформаторы

11.2.12 Максимальное значение мощности короткого замыкания, применимое для железнодорожного подвижного состава.

Реакторы

3.8 Номинальные напряжения цепи.

А.3 Информация, подлежащая предоставлению изготовителем потребителю

Трансформаторы и реакторы

Гарантия значений

9.2 Класс нагревостойкости изоляционных материалов.

Реакторы

3.3.4 Номинальные значения и условия эксплуатации реакторов.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Структурный элемент	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
Раздел 2 Нормативные ссылки	Ссылка на IEC 60076-1:1993 «Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения» заменена ссылкой на ГОСТ 3484.1—88[1)] «Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний». Ссылка на IEC 60076-2:1993 «Трансформаторы силовые. Часть 1. Повышение температуры» заменена ссылкой на ГОСТ 3484.2—88[1)] «Трансформаторы силовые. Испытания на нагрев». Ссылка на IEC 60085:2004 «Электрическая изоляция. Классификация по термическим признакам» заменена ссылкой на ГОСТ 8865—93 (IEC 85—84)[1)] «Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация». Ссылка на IEC 60077-1:1999 «Электрооборудование железнодорожного подвижного состава. Часть 1. Общие условия эксплуатации и общие правила» заменена ссылкой на ГОСТ 9219—88[1)] «Аппараты электрические тяговые. Общие технические требования». Ссылка на IEC 60076-1:1993 «Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения» заменена ссылкой на ГОСТ 30830—2002 (IEC 60076-1—93)[2)] «Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения».

[1)] Степень соответствия — NEQ.
[2)] Степень соответствия — MOD.

Приложение ДБ
(обязательное)

Дополнительные требования к трансформаторам и реакторам железнодорожного подвижного состава

(Эти требования являются дополнительными относительно требований международного стандарта IEC 60310:2004 и приведены для учета основополагающих стандартов, устанавливающих требования в части нанесения маркировки и проведения испытаний, включая испытания на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам.)

ДБ.1 Технические требования

ДБ.1.1 Способы нанесения маркировки, качество ее нанесения и методы контроля качества маркировки на заводских табличках — по ГОСТ 18620.

ДБ.1.2 На заводских табличках трансформатора и реактора должен быть указан знак обращения на рынке.

ДБ.1.3 Электрическая прочность выводов реакторов относительно заземленного основания и цепей управления, а также между выводами (при отсутствии в конструкции дугогасительной камеры для трансформатора) должна в сухом и чистом состоянии выдерживать воздействие импульсов напряжения с формой волны 1,2/50 мкс и амплитудой, указанной в таблицах ДБ.1 и ДБ.2.

Таблица ДБ.1 — Нормируемое выдерживаемое импульсное напряжение для реакторов, не соединенных непосредственно с контактным проводом

Расчетное напряжение изоляции (эффективное значение переменного тока или постоянный ток), В	Выдерживаемое импульсное напряжение 1,2/50 мкс, кВ
До 1200	8
От 1200 » 1600 включ.	10
Св.1600 » 2300 »	12
» 2300 » 3000 »	15
» 3000 » 3700 »	18
» 3700 » 4800 »	25
» 4800 » 10000 »	40
Примечание — При отсутствии данных по расчетному напряжению изоляции за его значение принимают наибольшее рабочее напряжение защитного выключателя.	

Таблица ДБ.2 — Нормируемое выдерживаемое импульсное напряжение для реакторов, соединенных непосредственно с контактным проводом

Номинальное напряжение в контактной сети, В	Выдерживаемое импульсное напряжение 1,2/50 мкс, кВ	
	для реакторов, предназначенных для работы в цепях с установленными аппаратами защиты от перенапряжений (степень ограничения перенапряжений OV3)	для реакторов, предназначенных для работы в цепях без установленных аппаратов защиты от перенапряжений (степень ограничения перенапряжений OV4)
3000 постоянного тока	25	40
25000 переменного тока	125	170

ДБ.1.4 Электрическая изоляция реакторов с дугогасительными камерами на номинальное напряжение 3 кВ и ниже должна выдерживать в течение 1 мин воздействие испытательного напряжения частотой 50 Гц, приложенного между выводами реактора, значением $2{,}2U_{ном}$ + 1500 В ($U_{ном}$ — номинальное напряжение реактора).

ДБ.1.5 Длина пути утечки электрической изоляции должна быть не менее:

750 мм для реакторов, предназначенных для наружной установки, на номинальное напряжение 25 кВ переменного тока;

40 мм на каждый киловольт расчетного напряжения изоляции для реакторов, предназначенных для наружной установки, на номинальное напряжение 3 кВ и ниже;

25 мм на каждый киловольт расчетного напряжения изоляции для реакторов, предназначенных для внутренней установки, на номинальное напряжение 3 кВ и ниже.

Примечание — При отсутствии данных по расчетному напряжению изоляции за его значение принимают наибольшее рабочее напряжение защитного выключателя.

ДБ.1.6 При испытании обмоток реактора током короткого замыкания нормированных значения и длительности, установленных изготовителем, не должно происходить механических деформаций обмоток, снижающих прочность их межвитковой и/или корпусной изоляции, при этом:

- для реакторов, непосредственно подключенных к токоприемнику железнодорожного подвижного состава постоянного тока с номинальным напряжением 3 кВ, с активным сопротивлением не более 20 мОм, амплитуда тока короткого замыкания должна составлять не менее 10 кА при длительности протекания (по основанию) не менее 50 мс. При активном сопротивлении реактора более 20 мОм амплитуда тока короткого замыкания может быть уменьшена до 8 кА;

- для реакторов переменного тока, непосредственно подключенных к токоприемнику железнодорожного подвижного состава переменного тока с номинальным напряжением 25 кВ, значение тока короткого замыкания $I_{к.з}$, кА, вычисляют по формуле

$$I_{к.з} = \frac{25}{2 + Z_р}, \qquad (ДБ.1)$$

где $Z_р$ — полное сопротивление испытуемого реактора.

В этом случае длительность протекания тока короткого замыкания должна составлять 0,1 с, а значение апериодической составляющей в начальный момент — от минус 90 % до плюс 100 %.

ДБ.1.7 Тяговые трансформаторы и реакторы должны удовлетворять требованиям стойкости к механическим внешним воздействующим факторам, установленным в ГОСТ 17516.1 для группы механического исполнения М.25.

ДБ.2 Категории испытаний

ДБ.2.1 Кроме приемо-сдаточных и периодических испытаний, предусмотренных в настоящем стандарте, трансформаторы и реакторы также подвергают квалификационным, типовым и сертификационным испытаниям. Периодичность испытаний, число образцов трансформаторов и реакторов, подвергаемых испытаниям, и программа испытаний должны соответствовать установленным в технических условиях на трансформаторы и реакторы конкретных видов и серий.

ДБ.2.2 Порядок проведения квалификационных испытаний — по национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стадарт[1]. Программа квалификационных испытаний должна включать в себя приемо-сдаточные и периодические испытания по настоящему стандарту, а также испытания на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам по ГОСТ 16962.1.

Объем испытаний и число трансформаторов и реакторов, подвергаемых типовым испытаниям, устанавливают в программе, утвержденной в установленном порядке. Состав и объем испытаний должны быть достаточными для оценки влияния вносимых изменений в конструкцию и технологический процесс на параметры трансформаторов и реакторов.

Сертификационные испытания проводят в объеме квалификационных испытаний.

ДБ.2.3 Квалификационные испытания проводят при изготовлении установочной партии или первой промышленной партии в целях оценки готовности изготовителя к выпуску оборудования в установленном объеме. Число образцов для испытаний должно быть не менее двух.

ДБ.3 Требования к испытаниям трансформаторов

ДБ.3.1 Измерение коэффициента трансформации по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.2 Проверка группы соединения обмоток по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.3 Измерение потерь и тока холостого хода по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.4 Измерение сопротивления нулевой последовательности по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.5 Измерение гармонического состава тока холостого хода по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.6 Измерение напряжения короткого замыкания по ГОСТ 3484.1.

ДБ.3.7 Испытания на нагрев по ГОСТ 3484.2.

ДБ.3.8 Испытания электрической прочности изоляции по ГОСТ 22756.

ДБ.3.9 Испытание по определению уровня шума по ГОСТ 12.2.024.

ДБ.3.10 Испытание пробы масла из бака — по национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государств, принявших стандарт[2].

ДБ.3.11 Испытания на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам — по ГОСТ 16962.1.

Последовательность, конкретные методы испытаний и параметры, подлежащие проверке после испытаний трансформатора, устанавливают в технических условиях на трансформатор.

---

[1] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 15.201—2000 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство».

[2] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 52719—2007 «Трансформаторы силовые. Общие технические условия».

После испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам проверяют параметры, подлежащие проверке по техническим условиям на трансформатор.

ДБ.3.12 При приемо-сдаточных испытаниях, кроме испытаний, установленных в таблице 4, должны быть проведены следующие испытания: проверка группы соединения обмоток, измерение сопротивления нулевой последовательности, измерение гармонического состава тока холостого хода, испытание по определению уровня шума, испытание пробы масла из бака.

ДБ.3.13 Исследовательские испытания не являются обязательными. Необходимость проведения, состав проверяемых характеристик, виды и методы исследовательских испытаний трансформаторов и реакторов устанавливаются изготовителем или по согласованию изготовителя с потребителем.

ДБ.4 Требования к испытаниям реакторов

ДБ.4.1 Измерение сопротивления обмоток — по ГОСТ 9219.

ДБ.4.2 Определение потерь — по ГОСТ 9219.

ДБ.4.3 Измерение индуктивности — по ГОСТ 9219.

ДБ.4.4 Испытания электрической прочности изоляции — по ГОСТ 22756.

ДБ.4.5 Испытания на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам — по ГОСТ 16962.1.

Последовательность, конкретные методы испытаний и параметры, подлежащие проверке после испытаний трансформатора, устанавливают в технических условиях на реактор.

После испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам проверяют параметры, подлежащие проверке по техническим условиям на реактор.

ДБ.4.6 Испытание на стойкость реакторов к токам короткого замыкания — по ГОСТ 33323.

ДБ.5 Документы для подтверждения требований технических регламентов и правила отбора образцов для подтверждения соответствия

Доказательными документами для подтверждения требований технического регламента «О безопасности железнодорожного подвижного состава» и технического регламента «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» являются протоколы приемо-сдаточных и периодических испытаний.

Испытания на подтверждение соответствия реакторов проводят на образцах, отобранных методом случайного отбора по ГОСТ 18321. Число образцов для испытаний на подтверждение соответствия реакторов — не менее двух.

Приложение ДВ
(справочное)

Положения международного стандарта IEC 60310:2004, которые применены в настоящем стандарте с модификацией их содержания

ДВ.1 **«3 Термины и определения**

Для целей настоящего документа применяются термины и определения, установленные в IEC 60076 и IEC 60289, а также следующие определения».

ДВ.2 **«3.1.1 Классификация трансформаторов**

В зависимости от устройства, обусловленного способами регулирования нагрузки вторичного напряжения тяговых цепей, тяговые трансформаторы могут быть классифицированы:

- на трансформаторы с постоянным коэффициентом трансформации;
- на трансформаторы с низковольтным ответвлением;
- на трансформаторы с высоковольтным ответвлением.

3.2 Определения, относящиеся к реакторам

3.2.1 Классификация реакторов

В соответствии с использованием реакторы могут быть классифицированы как:

- реакторы переменного тока

Реакторы, которые пропускают переменный ток, например переходные реакторы, применяемые для перехода между позициями переключателя ответвлений обмоток трансформатора, реакторы тормозных цепей коллекторных двигателей переменного тока, реакторы помехоподавления и т. д.

- реакторы постоянного тока

Реакторы, которые пропускают постоянный ток с малыми или незначительными компонентами переменного тока, например фильтровые реакторы, индуктивные шунты тяговых двигателей, реакторы тормозных цепей двигателей постоянного тока и т. д.

- реакторы пульсирующего тока

Реакторы, которые пропускают постоянный ток со значительной периодической пульсацией, например сглаживающие реакторы тяговых двигателей и т. д.

реакторы преобразователей

Реакторы, встроенные в электронные силовые преобразователи для коммутации, защиты или фильтрации».

Примечание — Данные положения IEC 60310:2004 исключены из настоящего стандарта, т. к. основополагающие стандарты межгосударственной системы стандартизации не предусматривают приведения классификации продукции в терминологических статьях.

ДВ.3 **«7.1 Идентификация трансформаторов и реакторов в соответствии со способом охлаждения**

7.1.1 Идентифицирующие обозначения

Трансформаторы и реакторы должны быть идентифицированы в соответствии с применяемым способом охлаждения. Буквенные обозначения для использования в сочетании с каждым способом охлаждения приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Буквенные обозначения

Вид охлаждающей среды	Обозначение
Минеральное масло или синтетическая изолирующая жидкость с точкой воспламенения < 300 °С	O
Синтетическая изолирующая жидкость с точкой воспламенения > 300 °С	K
Синтетическая изолирующая жидкость с точкой воспламенения выше ее точки кипения	L
Газ	G
Вода	W
Воздух	A
Естественная	N
Принудительная (ненаправленная циркуляция масла)	F
Принудительно направленная циркуляция масла	D

В трансформаторах и реакторах с принудительно направленной циркуляцией масла определенная часть принудительного потока масла направляется так, чтобы проходить через обмотки. Однако некоторые обмотки мо-

гут иметь ненаправленный поток масла, например отдельные обмотки ответвлений, вспомогательные обмотки и стабилизирующие обмотки.

7.1.2 Структура обозначений

7.1.2.1 Трансформаторы и реакторы, оборудованные защитной оболочкой

Трансформаторы и реакторы должны быть идентифицированы обозначениями, состоящими из четырех букв для каждого из способов охлаждения, номинальные характеристики которого устанавливает изготовитель.

Последовательность, в которой обозначения должны быть использованы, приведена в таблице 2. Для разделения обозначения групп различных способов охлаждения следует использовать наклонные линии.

Таблица 2 — Последовательность букв в обозначении

Первая буква	Вторая буква	Третья буква	Четвертая буква
Указание охлаждающей среды, которая находится в контакте с обмоткой		Указание охлаждающей среды, которая находится в контакте с внешней системой охлаждения	
Вид охлаждающей среды	Вид циркуляции	Вид охлаждающей среды	Вид циркуляции

Например, трансформатор, погруженный в масло, с принудительно направленной циркуляцией масла и с принудительной циркуляцией воздуха следует обозначать ODAF.

Для трансформаторов, погруженных в масло, в которых возможен выбор естественного или принудительного охлаждения ненаправленным потоком масла, типичными обозначениями являются: ONAN/ONAF, ONAN/OFAF.

Для сухих трансформаторов в невентилируемой защитной оболочке с естественным воздушным охлаждением внутри и снаружи оболочки обозначение ANAN.

7.1.2.2 Трансформаторы и реакторы без оболочек

Сухие трансформаторы и реакторы без защитных оболочек идентифицируются только двумя обозначениями для охлаждающей среды, которая контактирует с обмотками или с покрытием поверхности обмоток с общим покрытием (например, с эпоксидным покрытием).

Способ охлаждения сухого трансформатора без защитной оболочки или с вентилируемой оболочкой и с естественным воздушным охлаждением имеет обозначение AN.

7.1.3 Воздушное охлаждение

Когда трансформаторы и реакторы охлаждаются потоком воздуха, вызываемого движением железнодорожного подвижного состава, или системой принудительного воздушного охлаждения, которая не проходила испытания вместе с трансформатором или с реактором, тогда расход (или скорость) воздуха, на который рассчитана номинальная мощность оборудования, должен указывать потребитель».

Примечание — Данные положения IEC 60310:2004 применены в настоящем стандарте с учетом требований к условным обозначениям трансформаторов и реакторов по видам систем охлаждения, принятым на территории государств, принявших стандарт.

ДВ.4 Графа «Вид испытания» таблицы 4: «Стойкость к удару и вибрации».

Примечание — Вид испытаний, установленный в таблице 4 IEC 60310:2004, применен в настоящем стандарте с учетом действующих на территории государств, принявших стандарт, видов испытаний на стойкость трансформаторов к механическим внешним воздействующим факторам.

ДВ.5 **«10.2.4 Измерение сопротивления обмоток**

Сопротивление каждой обмотки между доступными выводами, находящимися в холодном состоянии, должно быть измерено при постоянном токе. Для минимизации влияния самоиндукции и правильного определения температуры обмоток следует принимать меры предосторожности по IEC 60076. Температура обмотки, при которой проводилось измерение, также должна быть зарегистрирована».

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с учетом требований к проведению измерения сопротивления обмоток трансформатора, установленных в ГОСТ 3484.1.

ДВ.6 **«10.2.6.1 Периодические испытания**

Измерение потерь и тока холостого хода следует выполнять при напряжениях со стороны контактной сети 0,8 U, 0,9 U и 1,1 U (U номинальное напряжение контактной сети). Если трансформатор имеет регулировку высокого напряжения, то измерения следует выполнять для трех положений переключателя ответвлений, одно из которых соответствует основному ответвлению».

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с учетом рекомендации промышленности о предоставлении возможности измерения потерь и тока холостого хода трансформаторов при максимальном напряжении со стороны контактной сети, превышающем 1,1U.

ДВ.7 **«10.2.7 Измерение напряжения короткого замыкания (периодические и приемо-сдаточные испытания)**

Напряжение короткого замыкания следует измерять при номинальной частоте с использованием источника приблизительно синусоидального напряжения. Измерения следует выполнять при любом токе, составляющем от 25 % до 100 % номинального тока. Ни в коем случае напряжение, прикладываемое к любой обмотке, не должно превышать 50 % номинального напряжения указанной обмотки или ток, проходящий через обмотку, не должен превышать номинальное значение ее тока».

Измеренное значение следует корректировать посредством его умножения на отношение номинального тока к испытательному току. Значения, полученные таким образом, должны быть скорректированы для соответствующей расчетной температуры, указанной в 11.2.9.

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с модификацией его содержания в связи с тем, что на современных тяговых трансформаторах для электровозов с асинхронным тяговым приводом напряжение короткого замыкания достигает значений до 110 %, а также в связи с применением методики измерения напряжения короткого замыкания трансформаторов, установленных в ГОСТ 3484.1.

ДВ.8 **«10.2.8.1 Общие положения**

Потери короткого замыкания следует регистрировать в течение периодических и приемо-сдаточных испытаний при напряжении короткого замыкания (см. 10.2.7), а полученные значения следует корректировать посредством умножения на квадрат отношения номинального тока к испытательному току.

Полученные таким образом потери должны быть уточнены применительно к соответствующей исходной температуре, приведенной в 10.2.9, учитывая, что I^2R (R — сопротивление постоянного тока) прямо пропорционально сопротивлению, а все остальные потери меняются обратно пропорционально сопротивлению. Сопротивление следует определять в соответствии с 10.2.4».

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с учетом требований к проведению измерения потерь короткого замыкания трансформатора, установленных в ГОСТ 3484.1.

ДВ.9

Таблица 7 — Напряжения при испытаниях на электрическую прочность изоляции обмоток, непосредственно подсоединенных к контактной сети

Номинальное напряжение $U_{ном}$ тяговой системы, В	Номинальное напряжение изоляции $U_{изном}$, В	Испытательное напряжение U, В	
		Испытание на напряжение промышленной частоты (среднеквадратическое значение)	Испытание на импульсное напряжение (пиковое значение)
750*	900	2800	6000
1500*	2300	5500	12000
3000*	3700	11500	25000
15000	17250	38000	95000
20000	24000	44000	95000
25000	27500	60000	150000
50000	60000	120000	300000
Примечание — По соглашению между потребителем и изготовителем допустимо применять значения испытательных напряжений, отличные от значений, установленных в данной таблице. Значения, отмеченные знаком «*», относятся к обмоткам реакторов, подсоединенных к контактной сети постоянного тока.			

Примечание — Положения IEC 60310:2004 применены в настоящем стандарте с учетом того, что в ГОСТ 6962 отсутствуют номинальные напряжения тяговой системы со значениями 15000, 20000 и 50000 В.

ДВ.10 **«10.2.13 Испытания на удар и вибрацию (периодическое испытание)**

См. IEC 61373.

Испытания на работоспособность требуются только для движущихся частей, связанных с трансформатором.

Проверки технических характеристик, подлежащие повторению после испытаний на удар и вибрацию (раздел 12 IEC 61373), если иное не согласовано между приобретателем и поставщиком, должны включать в себя:

а) измерение тока и потерь холостого хода;

b) измерение напряжения короткого замыкания;

c) испытание на стойкость к индуцированному напряжению или напряжению отдельного источника.

Если результаты испытаний по перечислениям a) и b), приведенным выше, показывают разницу менее 2 % относительно значений, измеренных в ходе первоначальных испытаний, то трансформатор считают выдержавшим испытания на удар и вибрацию. Для испытания по перечислению c) испытательное напряжение должно составлять 75 % значений, используемых при первоначальном испытании, и не должно приводить к пробою».

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с учетом принятых на территории государств, принявших стандарт, видов испытаний на стойкость трансформаторов к механическим внешним воздействующим факторам.

ДВ.11 Графа «Вид испытания» таблицы 9: «Стойкость к удару и вибрации».

Примечание — Данное положение IEC 60310:2004 применено в настоящем стандарте с учетом принятых на территории государств, принявших стандарт, видов испытаний на устойчивость реакторов к механическим внешним воздействующим факторам.

ДВ.12 **«10.3.9 Испытания на удар и вибрацию (периодическое испытание)**

Испытания на работоспособность требуются только для движущихся частей, связанных с реактором.

Проверки технических характеристик, подлежащие повторению после испытаний на удар и вибрацию (раздел 12 IEC 61373), если иное не согласовано между приобретателем и поставщиком, должны включать в себя:

a) измерение индуктивности;

b) испытание на стойкость к напряжению отдельного источника.

Если результаты испытаний по перечислению a) показывают разницу менее 2 % относительно значений, измеренных в ходе первоначальных испытаний, то реактор считают выдержавшим испытания на удар и вибрацию. Для испытания по перечислению b) испытательное напряжение должно составлять 75 % значений, используемых при первоначальном испытании, и не должно приводить к пробою».

Примечание — Данные положения IEC 60310:2004 применены в настоящем стандарте с учетом принятых на территории государств, принявших стандарт, видов испытаний на устойчивость реакторов к механическим внешним воздействующим факторам.

Приложение ДГ
(обязательное)

Пункт и терминологическая статья международного стандарта IEC 60310:2004, не включенные в раздел 3 настоящего стандарта

3.3 Определения, относящиеся к индуктивности

Значения индуктивности реакторов устанавливают для различных классов использования и определяют исходя из понимания того, что они должны включать в себя указание характера и значение тока, используемого при их измерении.

3.3.3 **дифференциальная индуктивность:** Индуктивность, получаемая из записи напряжения на выводах, когда установленный пульсирующий ток пропускается через реактор.

Примечание — Следует напомнить, что коэффициент пульсации пульсирующего тока, выраженный в процентах, условно вычисляют по формуле

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} 100,$$

где I_{max} и I_{min} — максимальное и минимальное значения волны тока соответственно.

Приложение ДД
(справочное)

Сравнение структуры международного стандарта со структурой межгосударственного стандарта

ДД.1 Сравнение структуры международного стандарта IEC 60310:2004 со структурой межгосударственного стандарта приведено в таблице ДД.1.

Таблица ДД.1

Структура международного стандарта IEC 60310 2004					Структура межгосударственного стандарта				
Раздел	Подраздел	Пункт	Подпункт	Номерной абзац подпункта	Раздел	Подраздел	Пункт	Подпункт	Номерной абзац подпункта
3	3.1—3.3	3.1.1, 3.2.1			3	—	—		
							3.13.3		
		Перечисления 1—4 из 3.2.1					3.4—3.7		
		3.3.1, 3.3.2					3.8, 3.9		
		3.3.3							
		3.3.4—3.3.9					3.103.15		
—					4				
4		4.1			5		5.1		
5		5.1, 5.2			6		6.1, 6.2		
6					7				
7	7.1	7.1.1, 7.1.2	7.1.2.1, 7.1.2.2		8	—	8.1		—
		—					8.2		
8		8.1, 8.2			9		9.1, 9.2		
9		9.1, 9.2			10		10.1, 10.2		
10	10.1	10.1.1—10.1.4			11	11.1	11.1.1— 11.1.4		
	10.2	10.2.1—10.2.13	10.2.6.1, 10.2.6.2, 10.2.8.1—10.2.8.3, 10.2.11.1—10.2.11.3			11.2	11.2.1— 11.2.13	11.2.6.1, 11.2.6.2, 11.2.8.1—11.2.8.3, 11.2.11.1—11.2.11.3	

Окончание таблицы ДД.1

Структура международного стандарта IEC 60310:2004					Структура межгосударственного стандарта				
Раздел	Подраздел	Пункт	Подпункт	Номерной абзац подпункта	Раздел	Подраздел	Пункт	Подпункт	Номерной абзац подпункта
	10.3	10.3.1—10.3.5			11	11.3	11.3.1— 11.3.5		
		10.3.6	10.3.6.1	10.3.6.1.1, 10.3.6.1.2			11.3.6	11.3.6.1	11.3.6.1.1, 11.3.6.1.2
			10.3.6.2	10.3.6.2.1, 10.3.6.2.2				11.3.6.2	11.3.6.2.1, 11.3.6.2.2
			10.3.6.3	10.3.6.1.1, 10.3.6.1.2				11.3.6.3	11.3.6.3.1, 11.3.6.3.2
		10.3.7			11	11.3	11.3.7		
		10.3.8	10.3.8.1—10.3.8.3				11.3.8	11.3.8.1—11.3.8.3	
		10.3.9					11.3.9		
Приложения				—	Приложение				ДА
				—					ДБ
				—					ДВ
				—					ДГ
				—					ДД
Таблица 1									
					Таблица 1а				
Таблица 2					—				
Таблица 7					—				
—					Таблица 7а				

Примечание — Сравнение структуры стандартов приведено, начиная с раздела 3, т. к. предыдущие разделы стандартов и их иные структурные элементы (за исключением предисловия) идентичны.

УДК 621.314:006.354 МКС 45.060 MOD

Ключевые слова: тяговый трансформатор, реактор, железнодорожный подвижной состав, силовые и вспомогательные цепи, обмотки, ответвления, номинальное напряжение, номинальная мощность, паспортная табличка, пределы превышения температуры, испытания

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 18.12.2015. Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60 ×84 $^{1}/_{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,15 Тираж 44 экз. Зак. 30.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

gost.e-ecolog.ru