###### ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**НАЦИОНАЛЬНЫМ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТР 56738—**

**2015**

**(МЭК 60076-3**

**2013)**

**ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ И РЕАКТОРЫ**

**Требования и методы испытаний электрической прочности изоляции**

**IEC 60076-3:2013**

**Power transformers —**

**Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air (MOD)**

Издание официальное

Москва Стандартинформ

###### 2016

### ГОСТ Р 56738—2015

**Предисловие**

###### ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Ц СВЭП» (ООО «Ц СВЭП») и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский электротехнический инсти­ тут имени В.И. Ленина» (ФГУП ВЭИ) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте *4*

1. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»
2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому ре­ гулированию и метрологии от 2С ноября 2015 г. Ne 1905-ст
3. Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60076-3:2013 «Трансформаторы силовые. Часть 3. Уровни изоляции, испытания изоляции на про­ бой и наружные воздушные зазоры» (IEC 60076-3:2013 «Power transformers — Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air». MOD) путем изменения содержания отдельных структур­ ных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях этого текста, а так­ же путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тек­ сте курсивом. Оригинальный текст структурных элементов примененного международного стандарта и объяснения причин внесения технических отклонений приведены в дополнительном приложении ДБ.

Приложение ДА дополняет основные разделы с учетом особенностей Российской национальной стандартизации и практики испытаний. Кроме того, потребности национальной экономики Российской Федерации и особенности российской национальной стандартизации учтены е дополнительных под­ пунктах. абзацах, терминологических статьях, которые выделены путем заключения их е рамки из тон­ ких линий, а информация с объяснением причин включения этих положений приведена в указанных пунктах (подпунктах или после соответствующих абзацев или статей) в виде примечаний. При этом дополнительные слова (фразы, показатели, ссылхи), включенные е текст стандарта для учета потреб­ ностей национальной экономики Российской Федерации и особенностей российской национальной стандартизации, выделены полужирным курсивом.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных междуна­ родных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДВ.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного между­ народного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5)

1. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта* установлены в ГОСТ *Р 1.0—2012 (раздел в). Ин­ формация об изменениях к настоящему стандарту публикуется е годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст из­ менений и* поправок — в *ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стан­ дарты». В случае пересмотра (замены) или отмены наслюящег*о *стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя*

*«Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещают­ ся также в информационной системе общего пользования* — на *официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*[*www.gost.ru*](http://www.gost.ru/)*)*

© Стандартинформ. 2016 Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве

официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и ме­ трологии

II

ГОСТ Р 56738—2015

**Содержание**

1. [Область применения. 1](#_bookmark1)
2. [Нормативные ссылки. 1](#_bookmark2)
3. [Термины и определения. 2](#_bookmark3)
4. [Общие положения. 2](#_bookmark4)
5. [Наибольшее рабочее напряжение и уровни изоляции. 4](#_bookmark5)

[6 Трансформаторы с пересоединяемыми обмотками....................................................................................б](#_bookmark6)

1. [Испытания электрической прочности изоляции. 6](#_bookmark7)
   1. [Общие сведения. 6](#_TOC_250015)
   2. [Требования к испытаниям электрической прочности изоляции. 7](#_bookmark0)
   3. [Требования к испытаниям отдельных трансформаторов и реакторов 12](#_TOC_250014)
   4. [Испытательные напряжения вывода нейтрали обмотки. 15](#_TOC_250013)
2. Испытание электрической прочности изоляции трансформаторов.

бывших в эксплуатации. 16

1. [Испытание изоляции цепей управления и вспомогательных цепей (ИВЦ). 16](#_bookmark8)
2. [Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН) 17](#_bookmark9)
3. [Испытания индуктированным кратковременным](#_TOC_250012)

[и длительным переменным напряжением (ИКПН и ДПН). 17](#_bookmark10)

* 1. [Общие указания. 17](#_TOC_250011)
  2. Испытание индуктированным кратковременным

переменным напряжением (ИКПН). 18

* 1. Испытание длительным переменным напряжением

с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) 18

1. [Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН). 21](#_bookmark11)
2. [Испытание напряжениями грозовых импульсов (ПГИ, СГИ. ГИВН. ГИМВ). 21](#_bookmark12)
   1. [Требования киспытаниям напряжениями грозовых импульсов 21](#_TOC_250010)
   2. [Испытание напряжением полного грозового импульса (ПГИ). 23](#_TOC_250009)
   3. [Испытание напряжением срезанного грозового импульса (СГИ) 26](#_TOC_250008)
   4. [Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН). 29](#_TOC_250007)
3. [Испытание напряжением коммутационного импульса (КИ) 30](#_bookmark13)
   1. [Общие требования. 30](#_TOC_250006)
   2. [Схемы испытаний. 30](#_TOC_250005)
   3. [Параметры импульса. 31](#_TOC_250004)
   4. [Последовательность испытания. 31](#_TOC_250003)
   5. [Критерии успешности испытания. 31](#_TOC_250002)
4. [Действия в случае неуспешных испытаний. 32](#_bookmark14)
5. [Внешние воздушные промежутки. 32](#_bookmark15)
   1. [Общие требования. 32](#_TOC_250001)
   2. [Размеры воздушных промежутков. 33](#_TOC_250000)

Приложение А (справочное) Руководство по измерению интенсивности

частичных разрядов в трансформаторах 35

Приложение Б (справочное) Перенапряжения, наведенные на обмотке

низшего напряжения с обмотки высшего напряжения. 39

Приложение В (справочное) Информация об изоляции трансформатора и испытаниях ее электрической прочности.

которую следует предоставлять при запросе и заказе. 41

П1

### ГОСТ Р 56738—2015

###### Приложение Г (справочное) Выбор уровня изоляции нейтрали. 43

###### Приложение Д (справочное) Базовые принципы для установления испытаний электрической прочности изоляции.

###### уровней изоляции и внешних воздушных промежутков. 45

###### Приложение ДА (рекомендуемое) Рекомендации по проведению испытаний 47

###### Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст положений МЭК 60076\*3:2013. которые применены в настоящем стандарте с изменением

###### их содержания для учета технических особенностей

###### объекта стандартизации, принятых в Российской Федерации 62

###### Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам, использованным

###### в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 76

###### Библиография. 77

IV

ГОСТ Р 56738—2015

**Введение**

Настоящий стандарт устанавливает требования и методы испытаний электрической прочности изоляции силовых трансформаторов и реакторов, а также рекомендуемые размеры внешних воздуш­ ных промежутков (раздел 16).

Методы испытаний электрической прочности изоляции, установленные в настоящем стандарте, применимы для внутренней изоляции, а также изоляции цепей управления и вспомогательных целей. Методы испытаний электрической прочности внешней изоляции — по ГОСТ Р 55194.

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

В приложении Д изложены некоторые принципы, использованные для определения правил про­ ведения испытаний, уровней изоляции и внешних воздушных промежутков с учетом *класса напряжения электрооборудования UKlt.*

V

**ГОСТ Р 56738—2015**

**(МЭК 60076-3:2013)**

Н А Ц И О Н А Л Ь Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т Р О С С И Й С К О Й Ф Е Д Е Р А Ц И И

ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ И РЕАКТОРЫ

Требования и методы испытаний электрической прочности изоляции

Power transformers and reactors.

Requirements and methods for dielectric tests

Дата введения — 2016—08—01

## Область применения

Настоящий стандарт распространяется на силовые трансформаторы *(автотрансформаторы}, ли­ нейные регулировочные трансформаторы, шунтирующие, токоограничивающие и дугогасящие реак­ торы климатических* исполнений *У. УХЛ. ХЛ. Т и ТС. категорий размещения 1.2. Зи 4 по ГОСТ 15150.* предназначенные *для* работы е установках *трехфазного переменного тока частотой 50 Гц* классов *напряжения от 3 кВ и выше и разработанные после 1 января 2016 г.*

###### Стандарт не распространяется на:

* трансформаторы и реакторы, работающие в испытательных, медицинских, рентгеновских, радиотехнических, автономных подвижных и других специальных установках:
* вентильные обмотки преобразовательных трансформаторов и преобразовательные реакторы:
* детали трансформаторов и реакторов (например, устройства переключения ответвлений об­ моток и связанные с ними устройства, в т. ч. устройства переключения, поставляемые отдельно от тра нсформаторов):
* изоляцию присоединения (узел вне бака трансформатора) кабеля к обмотке масляного сило­ вого трансформатора;
* внешнюю изоляцию трансформаторов и реакторов и внутреннюю изоляцию сухих трансфор­ маторов и реакторов, подвергающуюся вредным воздействиям газов, испарений и химических от­ ложений.

Примечание — Допопнигегъное по отношению к МЭК 60076-3:2013 положение введено с целью учета особенностей российской национальной стандартизации.

###### Стандарт устанавливает требования и методы испытаний электрической прочности изоляции, а также рекомендуемые минимальные размеры внешних воздушных промежутков между соседними то­ коведущими частями и между токоведущими частями и землей для использования в случаях, когда эти размеры не указаны заказчиком.

Для силовых трансформаторов и реакторов, на которые имеются отдельные нормативные до­ кументы (далее — НД), настоящий стандарт применяется только в той области, которая специально указана перекрестными ссылками в этих отдельных НД.

## Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные и национальные стандарты:

*ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для* различных *климатических* районов. *Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования е части воздействия климатических факторов внешней среды*

Издание официальное

1

ГОСТ Р 56738—2015

*ГОСТ 30830—2002 (МЭК 60076-1:1993) Трансформаторы силовые. Часть 1. Общие положения ГОСТР 52719—2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия*

*ГОСТР 55187—2012 Вводы изолированные на номинальные напряжения свыше 1000 В перемен­ ного тока. Общие технические условия*

*ГОСТ Р 55191—2012* Методы *испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов ГОСТР 55193—2012 Электрооборудование и зпектроустановки переменного тока на напряже­*

*ние ЗкВи выше. Методы измерения при испытаниях высоким напряжением*

*ГОСТР 55194—2012 Электрооборудование и зпектроустановки переменного тока на напряже­ ния от 1 до 750 кВ. Общие методы испытаний злектричвсхой прочности изоляции*

*ГОСТР 55195—2012 Электрооборудование и зпектроустановки* переменного *тока на напряже­ ние от 1 до 750 кВ. Требования к зпвктрической прочности изоляции*

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылоч­ ных стандартов а информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агент­ ства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указа­ телю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом ут­ верждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то эго положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то поло­ жение. в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей згу ссылку.

## Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ 30830. ГОСТ Р 55194 и ГОСТ Р 55195.* а также следующие термины с соответствующими определениями:

###### наибольшее рабочее напряжение обмотки, t/np: Наибольшее напряжение частотой 50 Гц. неограниченно длительное приложение которого к зажимзм разных фаз обмотки трансформатора (ре­ актора) допустимо по условиям работы ее изоляции.

* 1. класс напряжения обмотки. Utn: Номинальное междуфазкое напряжение электрической сети, для подключения к которой предназначена обмотка трансформатора (реактора).

Примечание — Класс напряжения обмотки определяет наибольшее рабочее напряжение этой об­ мотки трансформатора и нормируемые для нее уровни изоляции.

###### переменное напряжение повышенного уровня: Испытательное переменное напряже­ ние. прикладываемое к изоляции во время испытаний длительным переменным напряжением с из­ мерением интенсивности частичных разрядов непосредственно до одночасовой выдержки длитель­ ного переменного напряжения, значение которого превышает значение длительного переменного напряжения.

Примечание — Приведенные выше термины и определения 3.2 и 3.3. дополнительные по отноше­ нию к МЭК 60076-3:2013. введены с целью учета особенностей Российской национальной стандартизации в части требований к электрической прочности изоляции.

## Общие положения

###### Требования и соответствующие испытания электрической прочности изоляции силовых транс­ форматоров *(реакторов)* установлены применительно к конкретным обмоткам и их выводам (зажимам).

Для заполненных жидким диэлектриком и газонаполненных трансформаторов *(реакторов)* тре­ бования установлены для внутренней *и внешней* изоляции. Любые дополнительные требования или испытания внешней изоляции, которые считаются необходимыми, подлежат согласованию между из­ готовителем и заказчиком. Если заказчик не указывает каких-либо конкретных требований к внешним воздушным промежуткам, то применяются положения раздела 16. Если заказчик намерен выполнить присоединения к трансформатору способом, который может сократить предусмотренные в трансфор­ маторе воздушные промежутки, это должно быть указано в запросе.

2

ГОСТ Р 56738—2015

Высоковольтные вводы подлежат отдельным типовым и приемо-сдаточным испытаниям в соот­ ветствии с ГОСТ *Р 55187.* в т. ч. подходящими уровнями испытательных напряжений вводов для кон­ кретных уровней испытательных напряжений трансформатора, которые проверяют их изоляцию отно­ сительно земли, как внешнюю, так и внутреннюю.

Для трансформаторов, предназначенных для эксплуатации на высоте установки над уровнем моря свыше 1000 м. требуется соответствующий выбор внешних воздушных промежутков. В этом слу­ чае может потребоваться применение вводов, имеющих более высокие уровни изоляции, чем требует­ ся для работы на более низких высотах установки (см. раздел 16 настоящего стандарта. *ГОСТР 55195 и ГОСТ Р 55187).*

Изготовитель может при необходимости экранировать выводы высоковольтных вводов во время проведения испытаний электрической прочности изоляции, но любое экранирование заземленных ча­ стей. расположенных вблизи выводов высоковольтных вводов, должно быть штатной составной частью трансформатора, за исключением случая, когда такое экранирование необходимо только во время из­ мерений интенсивности частичных разрядов (далее — ЧР).

Вводы и переключающие устройства, используемые в трансформаторах, указывают, разрабаты­ вают и испытывают согласно соответствующим НД. Испытания электрической прочности изоляции со­ бранного трансформатора представляют собой проверку правильности применения и установки этих компонентов. В случае переключающих устройств, которые согласно НД могут не подвергаться приемо­ сдаточным испытаниям электрической прочности изоляции на эаводе-изготовителе. испытания, про­ веденные в соответствии с данным стандартом, также служат в качестве приемо-сдаточных испытаний электрической прочности изоляции этих составных частей.

Температура окружающего воздуха и изоляционной системы трансформатора (реактора) во вре­ мя испытаний должна быть не менее 10 °С. При этом типовые испытания изоляции обмоток прило­ женным кратковременным переменным напряжением и изоляции линейного вывода кратковременным переменным напряжением должны проводиться:

* для силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов, заполненных жидким диэлектри­ ком. — при температуре верхних слоев жидкого диэлектрика 60—75 °С;
* для сухих силовых трансформаторов — непосредственно после нагревания обмоток до устано­

вившейся температуры при номинальном токе:

* в остальных случаях — при температуре изоляционной системы, равной температуре окружаю­ щею воздуха в пределах от 10 до 40 X.

Примечание —См. ДБ.2 (приложение ДБ}.

###### Трансформатор должен быть полностью собран так. как и в условиях эксплуатации, в части всех элементов, которые могут повлиять на электрическую прочность изоляции трансформатора. Если иное не оговорено между заказчиком и изготовителем, при проведении испытаний допускается не устанав­ ливать систему охлаждения и не обеспечивать циркуляцию изоляционной жидкости или газа. *По* тре­ бованию заказчика для контроля во время испытаний может быть установлено оборудование для сбора или обнаружения свободных газов, образующихся в результате повреждения изоляции. При этом в случае обнаружения свободного газа во время любого испытания должны быть исследованы характер и причины образования газа, а любые дальнейшие действия должны быть согласованы между изгото­ вителем и заказчиком.

Примечание 1 — На время проведения испытаний не следует устанавливать на трансформатор штат­ ные внешние устройства защиты от перенапряжений, такие как ограничители перенапряжений, нелинейные и вен­ тильные разрядники: для исключения срабатываний штатные защитные искровые промежутки, установленные на трансформаторе, могут быть демонтированы или может быть увеличено их расстояние.

Примечание 2 — Для трансформаторов большой мощности принято выполнять отбор проб масла для анализа растворенных газов до и после испытаний электрической прочности изоляции.

###### Наполненные жидким диэлектриком трансформаторы должны быть испытаны с жидким диэлектри­ ком того же типа (например, минеральное, растительное или силиконовое масло) и той же спецификации (применительно к свойствам, которые могут отразиться на проведении испытаний), как и при эксплуатации.

Примечание 3 — Некоторые заказчики могут потребовать, чтобы в трансформаторах с направленным потоком масла во время испытаний длительным переменным напряжением с измерением интенсивности ЧР (ДПН) была обеспечена циркуляция изоляционной жидкости с целью выявления возможности статической электризации, но эго очегъ специфические требования, которые не предусматриваются данным стандартом.

3

ГОСТ Р 56738—2015

Трансформаторы с кабельным присоединением или прямым присоединением к устройствам е металлических оболочках с элегаэовой изоляцией должны быть спроектированы таким образом, чтобы при необходимости на период испытаний изоляции могли быть сделаны временные соединения с по\* мощью вспомогательных вводов. По соглашению между изготовителем и заказчиком для проведения испытаний штатные вводы типа «жидкий диэлектрик — элегаз» могут быть заменены подходящими вводами типа «жидкий диэлектрик — воздух»; в этом случае конструкция нижней части ввода внутри трансформатора, включая расположение токоведущих частей и изоляционные расстояния заменяю­ щего ввода внутри трансформатора, должна быть такой же (в пределах установленных отклонений размеров вводов, обусловленных производственными допусками), как и у штатного ввода.

В случае, если изготовитель для ограничения переходных перенапряжений предполагает приме­ нение нелинейных элементов (например, ограничителей перенапряжений или разрядников), встраива­ емых в трансформатор или устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) или устанав­ ливаемых снаружи, это должно быть доведено до заказчика на этапе конкурса и заказа и должно быть показано на электрической схеме на табличке трансформатора.

В случае, если в эксплуатации при включении трансформатора под напряжение некоторые его выводы следует оставлять ненагруженными. то необходимо рассмотреть возможность появления на них наведенного напряжения, возникающего на неподключенных выводах трансформатора (см. прило­ жение Б). При проведении испытаний напряжениями грозового импульса все неиспытыеаемые линей­  ные выводы и выводы нейтрали соединяют с землей (см. раздел 13).

## Наибольшее рабочее напряжение и уровни изоляции

Значение наибольшего рабочего напряжения *ии* „ (см. раздел 3) и уровни изоляции для линейно­ го конца и нейтрали каждой обмотки установлены ГОСТ Р 55195 е зависимости от класса напряжения обмотки *илп,* а также режима заземления нейтрали.

Правила для испытаний электрической прочности изоляции зависят от класса напряжения об­ мотки *UKn.* В случае противоречий между отдельными правилами испытаний различных обмоток транс­ форматора правило для обмотки высшего напряжения следует применять ко всему трансформатору.

Примечание — См. ДБ.З (приложение ДБ).

###### Для последовательной обмотки (например, автотрансформаторов или фаэопоеоротных транс­ форматоров), у которой номинальное напряжение меньше номинального напряжения сети, значение С/ должно быть установлено, исходя из номинального напряжения сети высшего напряжения, к кото­ рой подключается эта обмотка.

Стандартные значения *ин* р приведены в *ГОСТР 55195.* Если не указано иное, для обмотки транс­ форматора следует использовать значение *UH* р. равное или ближайшее большее к номинальному на­ пряжению обмотки.

Примечание 1 — Для однофазных трансформаторов, предназначенных для соединения в заезду для образования трехфаэной группы, номинальное напряжение обмоток указывается как линейное номинальное на­

пряжение. деленное на . например. 500 / кВ. В этом случае выбор производят по значению линейного напряжения, т. е. *1)н р = 525* кВ (см. также *ГОСТ Р 55195).* Такой же подход используют для однофазных транс­ форматоров. предназначенных для применения в однофазных системах, для которых максимальное значение

напряжения относительно земли умножается на «Д для получения эквивалентного Онр с целью определения испытательных напряжений.

Примечание 2 — Для обмоток трансформаторов, предназначенных для применения в электрических железных дорогах, где используются два противоположных фазных напряжения, значение *UH* р определяется по линейному напряжению, если не указано иное.

Примечание 3 — Может случиться так. что напряжения некоторых отпаек будут выбраны немного боль­ шими. чем стандартное значение *UH* р, при этом сеть, к которой будет подключена эта обмотка, имеет наибольшее рабочее напряжение, которое не превышает это стандартное значение Цкр. Поскогъку требования к изоляции должны быть согласованы с фактическими условиями работы, именно это стандартное значение может быть при­ нято в качестве Ум р для трансформатора, а не ближайшее большее значение.

Примечание 4 — В некоторых случаях с исключительными условиями эксплуатации может быть оправ­ дано задание другой комбинации испытательных напряжений. Для таких случаев общие руководящие указания могут быть найдены в [1].

4

ГОСТ Р 56738—2015

Примечание 5 — В некоторых случаях соединенные в треугольник обмотки могут быть заземлены одним из своих выводов. В таких случаях для обмоток могут потребоваться испытательные напряжения выше тех. что соответствуют наибольшему рабочему напряжению для электрооборудования *UH* р. при этом значения испытатель­ ных напряжений должны быть предметом соглашения между изготовителем и заказчиком.

###### *Класс напряжения,* значение С/н р и уровень изоляции (нормированные значения испытательных напряжений) каждой обмотки определяют электрическую прочность изоляции трансформатора, которая должна быть подтверждена испытаниями по методам согласно настоящему стандарту (см. раздел 7).

Значение *UH* р и уровень изоляции, установленные для каждой обмотки трансформатора, являют­ ся частью информации, которая должна предоставляться с запросом предложений и заказом. Для об­ мотки с неполной изоляцией нейтрали заказником также могут быть указаны установленные значения *испытательных напряжений* выезда нейтрали (см. 7.4).

Уровень изоляции должен быть указан следующим образом:

*UH* р / КИ / ПГИ / СГИ / КПЧ с соответствующими значениями (см. примеры ниже) для линейных зажимов каждой обмотки.

Здесь и далее в примерах приняты следующие сокращения:

КИ — значение нормированного испытательного напряжения коммутационного импульса для ли­ нейных выводов с наибольшим из значений *UH* р;

ПГИ — значение нормированного испытательного напряжения полного грозового импульса для

выводов каждой отдельной обмотки:

СГИ — значение нормированного испытательного напряжения срезанного грозового импульса для выводов каждой отдельной обмотки, если для нее проводится испытание срезанным грозовым импульсом:

КПЧ — значение нормированного испытательного кратковременного (одноминутного) переменно­ го напряжения промышленной частоты относительно земли для выводов каждой обмотки.

Примечание 6 — Значение КПЧ — это наибольшее значение переменного напряжения, на которое рас­ считана изоляция трансформатора и которое требуется получить при испытаниях.

###### ВН — высшее напряжение: НН — низшее напряжение: СН — среднее напряжение.

Если для линейных выездов или вывода нейтрали какой-либо обмотки значение того или иного нор­ мированного испытательного напряжения (КИ. *ПГИ* или СГИ) не установлено, то их аббревиатура из обо­ значения уровня изоляции исключается. Например, для выводов без установленного значения напряжения коммутационного импульса и напряжения срезанного грозового импульса обозначение будет следующим:

ПГИ / КПЧ с соответствующими значениями.

Если вывод нейтрали имеет тот же уровень изоляции, что и линейный вывод, то уровень изоляции вывода нейтрали допускается не указывать отдельно.

Нормированные испытательные напряжения для всех обмоток должны указываться на табличке данных трансформатора (реактора).

Принципы стандартного сокращенного обозначения поясняют примеры, приведенные ниже.

*Пример 1* — *Двухобмоточный трансформатор* с *номинальными напряжениями обмоток 35/11 кВ со схемой и группой соединения обмоток У/Д-11; обмотка ВН имеет U„p* = *40,5 кВ, обмотка НН* - *UHp* = *12 кВ; обе обмотки с полной изоляцией нейтрали имеют* уровень изоляции *а по ГОСТ Р 551*95. *На табличке* должно быть *указано:*

*ВН ин*р 40.5*/ ПГИ 190* /*СГИ 220/КПЧ 80 кВ НН ин р 12 / ПГИ 75* / *СГИ 90* / *КПЧ 28 кВ*

*Пример 2* — *Трансформатор с номинальными напряжениями обмоток 230* / *38,5 I 22 кВ со* схемой *и группой* соединения *обмоток Ун/Ун/Д-0-11.* Режим *работы нейтрали обмотки ВН* — *глухое* заземление. *Обмотка ВН* — с *неполной изоляцией нейтрали; UM* ■ *252 кВ: нейтраль ВН: UHfi* — не *применимо,* значе­ ние *ПГИ* — не *установлено,* значение *КПЧ* — 85 *кВ. Обмотка СН* — с *полной изоляцией нейтрали; UM* =

* 1. *кВ. уровень изоляции а по ГОСТ Р 55195. Обмотка НН* — с *полной изоляцией нейтрали; = 12 кВ.*

*уровень изоляции а по ГОСТ Р 55195. На табличке должно быть* указано;

*ВН UH 252* / *ПГИ 750 / СГИ 835* / *КПЧ 325 кВ*

*ВН нейтраль* (/ *—/КПЧ 85 кВ*

*СН UH 40.5*/ *ПГИ 190 /СГИ 220/КПЧ 80 кВ НН иир 24/ПГИ 125/ СГИ 150/КПЧ 50 кВ*

Примечание —См. ДБ.4 (приложение ДБ).

5

ГОСТ Р 56738—2015

1. **Трансформаторы с пересоединяемыми обмотками**

Если не указано иное, обмотки, для которых предусмотрена возможность соединения для работы более чем е одной конфигурации, должны быть испытаны в каждой конфигурации.

## Испытания электрической прочности изоляции

###### Общие сведения

Электрическая прочность изоляции трансформаторов *(реакторов)* подтверждается испытания­ ми. общее описание которых приведено ниже.

* + - Испытание напряжением полного грозового импульса линейных выводов (ПГИ) (см. 13.2)

Испытание предназначено для проверки способности трансформатора (реактора) выдерживать

в эксплуатации переходные процессы с быстрым подъемом напряжения, как правило, связанные с разрядами молний. Испытание подтверждает электрическую прочность изоляции испытуемого транс­ форматора путем приложения импульсов напряжения к его линейным выводам. Напряжение полного грозового импульса характеризуется наличием высокочастотных составляющих, его приложение вы­ зывает неравномерные воздействия в изоляции испытуемой обмотки, отличные от тех. что возникают при воздействии переменного напряжения.

* + - Испытание напряжением срезанного грозового импульса линейных выводов (СГИ) (см. 13.3)

В дополнение к назначению испытания ПГИ это испытание также предназначено для проверки

способности изоляции трансформатора выдерживать высокочастотные воздействия, которые могут возникнуть в эксплуатации. При испытании к изоляции трансформатора прикладывают напряжение грозового импульса, срезанного на спаде для обеспечения очень высокой скорости изменения напря­ жения. Напряжение срезанного грозового импульса имеет большее максимальное значение и содержит составляющие более высокой частоты, чем напряжение полнено грозового импульса. Испытание СГИ проводится по процедуре, совмещающей испытание напряжениями полного и срезанного грозовых им­ пульсов.

Примечание 1 — Испытания *ПГИ и* СГИ ус га на вливаются отдельно для каждой обмотки. Если приемо­ сдаточное испытание ПГИ требуется согласно данному стандарту для обмотки высшего напряжения, это не влечет за собой автоматически необходимость проведения приемо-сдаточных испытаний ПЛИ для других обмоток, напри­ мер. с икл *S 150 кВ* (1/и р *S 172* кв), если заказчиком специально не оговорены приемо-сдаточные испытания *ПГИ и* СГИ для этих обмоток.

###### Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН) (см. 13.4)

Испытание предназначено для проверки импульсным испытательным напряжением электриче­ ской прочности изоляции вывода нейтрали и связанной с ним обмотки (обмоток) относительно земли и других обмоток, а также продольной изоляции испытываемой обмотки.

* + - Испытание напряжением коммутационного импульса линейного вывода (КИ) (см. раз­ дел 14)

Испытание предназначено для проверки способности трансформатора выдерживать в эксплу­ атации переходные процессы с медленным подъемом напряжения, как правило, связанные с ком­ мутациями при эксплуатации. При испытании проверяется электрическая прочность изоляции ли­ нейного вывода и связанной с ним обмотки (обмоток) относительно земли и других обмоток, а также междуфазной изоляции и продольной изоляции испытуемой обмотки (обмоток) при воздействии на­ пряжения коммутационного импульса. Испытания трехфазных трансформаторов проводятся пофаз- но. Напряжение индуктируется в обмотках трансформатора. Линейные выводы при испытании, как правило, не закорачиваются; линейные выводы испытуемой фазы во время испытаний подвергаются воздействию напряжения, примерно пропорционального отношению числа витков. Распределение напряжения в испытуемой фазе аналогично распределению при испытании индуктированным пере­ менным напряжением.

* + - Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН) (см. раз­ дел 10)

Испытание предназначено для проверки электрической прочности изоляции линейных выводов, выводов нейтрали и связанных с ними обмоток относительно земли и других обмоток при воздействии нормированного испытательного одноминутного переменного напряжения. Испытательное напряжение

б

ГОСТ Р 56738—2015

подается одновременно на все выводы обмотки, включая нейтраль, таким образом, напряжение на про­ дольной изоляции обмотки отсутствует.

* + - Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) (см. раздел 12)

Испытание предназначено для проверки электрической прочности изоляции каждого линейного вывода относительно земли при воздействии нормированного испытательного одноминутного пере­ менного напряжения. Во время испытания испытательное напряжение индуктируется *(полностью или частично)* на одном и более линейном выводе *либо (для шунтирующих реакторов* без вторич­ ных *обмоток) прикладывается от внешнего источника или создается с использованием ре­ зонансной схемы.* Испытание позволяет получить на линейных выводах обмоток, имеющих неполную изоляцию нейтрали, испытательные одноминутные переменные напряжения, установленные для этих линейных выводов.

###### Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН) (см. 11.2)

Испытание предназначено для проверки электрической прочности изоляции каждого линейного вывода и связанной с ним обмотки (обмоток) относительно земли и других обмоток, продольной изо­ ляции испытуемой обмотки (обмоток), а также изоляции между фазами при воздействии кратковремен­ ного переменного напряжения. Для проведения испытания выводы трансформатора соединяют так же. как при эксплуатации. Во время испытания симметричные напряжения индуктируются на всех линей­ ных выводах и между витками, напряжение на нейтрали отсутствует. Испытание трехфаэных трансфор­ маторов проводится при трехфазном питании.

* + - Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частич­ ных разрядов (ДПН) (см. 11.3)

Испытание предназначено для подтверждения отсутствия в трансформаторе опасных частичных разрядов при нормальных условиях эксплуатации. Испытательное напряжение прикладывают так же. как при эксплуатации трансформатора. Во время испытания симметричные напряжения индуктируются на всех линейных выводах и между витками, напряжение на нейтрали отсутствует. Испытание трех­ фазных трансформаторов проводится при трехфазном питании, *при этом допускается пофазное испытание при однофазном питании (см. примечание 2 к 7.3 3.1, а).*

*-* Испытание изоляции цепей управления и вторичных цепей (ИВЦ) (см. раздел 9)

Испытание проверяет изоляцию цепей управления и вторичных цепей трансформатора, не под­ ключенных к обмоткам.

- Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выво­ дов (ГИМВ) (см. 13.1.4.3)

Испытание проверяет способность изоляции трансформатора выдерживать внутренние повыше­

ния напряжения, которые могут произойти, если два или более выводов одновременно подвергаются воздействию грозовых импульсов. Испытание применимо только для некоторых типов трансформато­ ров. в которых либо имеются последовательные обмотки, которые могут быть замкнуты в эксплуатации (например, фазоповоротный трансформатор с включенной обходной перемычкой), либо имеется воз­ можность появления в эксплуатации грозовых импульсов одновременно на двух и более выводах.

Примечание 2 — Это испытание также называют «двухстороннее испытание грозовыми импульсами».

###### Требования к испытаниям электрической прочности изоляции

* + 1. Общие положения

Требования к испытаниям электрической прочности изоляции, а именно необходимые испытания и уровни испытательных напряжений, зависят от класса напряжения обмотки трансформатора (ре­ актора). Необходимые испытания приведены в таблице 1. а конкретные требования — в 7.3.

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

###### Любые дополнительные испытания сверх требований данного стандарта и нормированных уров­ ней испытательных напряжений должны быть указаны заказчиком в момент запроса предложений и заказа, а также в условиях договора на поставку, поскольку они могут повлиять на конструкцию транс­ форматора (см. приложение В).

Следует использовать ГОСГ *Р 55194* для уточнения подробностей проведения испытаний. В слу­ чаях. когда допуски нэ параметры и значения при испытаниях не указаны в данном стандарте, следует использовать значения по *ГОСТ Р 55194.*

*7*

ГОСТ Р 56738—2015

Таблице 1 — Требования и категории испытаний электрической прочности изоляции обмоток трансформаторов и шунтирующих реакторов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид испытания | Категория испытания обмоток для класса напряжения обмотки и наибольшего рабочего напряжения 1Умр | | |
| l/ w S35«e Ц„р«40.5кв  {полная изоля­ ция нейтрали) | 36 < 150 кВ  40.SK ин р$ 172 кВ (неполная изоляция нейтрали) | *и^>* 150 кВ  иир > 172 кв (неполная изоля­ ция нейтрали) |
| Испытание напряжением полного грозового импуль­ са линейных выводов (ПГИ) | Типовое | Типовое | Типовое/ приемо­  сдаточное’\* |
| Испытание напряжением срезанного грозового им­ пульса линейных выводов (СГИ) | Типовое2\* | Типовое | Типовое |
| Испытание напряжением грозового импульса выезда нейтрали (ГИВН) | Типовое3\* | Типовое4\* | Типовое4\* |
| Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выездов (ГИМВ) | Типовое5\* | — | — |
| Испытание напряжением коммутационного импульса линейного вывода (КИ) | — | — | Типовое6\* |
| Испытание прилаженным кратковременным пере­ менным напряжением (ПКПН) | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное |
| Испытание индуктированным кратковременным пе­ ременным напряжением {ИКПН)'\* | Приемо­ сдаточное | — | — |
| Испытание линейного вывода кратковременным пе­ ременным напряжением {ЛКПН) | — | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное®\* |
| Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов ЩПН) | — | — | Приемо­ сдаточное |
| Испытание изоляции цепей управления и вторичных цепей (ИВЦ) | Приемо- сдат o’-моё | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное |

1\* Приемо-сдаточное испытание для линейных выводов обмоток шунтирующих реакторов с неполной изоля­ цией нейтрали {при отсутствии технической возможности провести испытание ЛКПН). линейных выводов обмоток ВН и СН силовых трансформаторов (автотрансформаторов) классов напряжения 750 кВ и выше и обмоток ВН генераторных трансформаторов для атомных электростанций; типовое истълание во всех остальных случаях.

2\* Не применимо к трансформаторам классов напряжения от 3 до 20 кВ с облегченной изоляцией.

®\* Испытание напряжениями полного и срезанного (за исключением трансформаторов с облегченной изо­ ляцией) грозовых импульсов соединенных в звезду обмоток классов напряжения от 3 до 35 кВ с полной изоля­ цией нейтрали при выведенной нейтрали; не применимо во всех остальных случаях.

4\* Испытание напряжением полного грозового импульса обмоток с неполной изоляцией нейтрали, допу­ скающей работу с ее разэемлением; не применимо во всех остальных случаях.

5\* Для соединенных в звезду обмоток трехфазных трансформаторов с полной изоляцией нейтрали при невыведенной нейтрали — испытание напряжением полного грозового импульса трех соединенных вместе ли­ нейных выводов обмоток; не применимо во всех остальных случаях.

®\* Не применимо к трансформаторам (автотрансформаторам) и шунтирующим реакторам класса напря­ жения до 220 кВ включительно.

'\* Для трансформаторов и дугогасящих реакторов классов напряжения до 35 кВ включительно.

®\* Для линейных выездов обмоток шунтирующих реакторов с неполной изоляцией нейтрали — при нали­ чии технической возможности (см. 7.3.4).

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

###### Нормированные испытательные напряжения

Требования к электрической прочности изоляции — по ГОСТ Р 55195.

Нормированные испытательные напряжения силовых трансформаторов и реакторов, установ­ ленные в ГОСТ Р 55195, приведены ниже, в таблицах 2—4.

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

8

ГОСТ Р 56738—2015

Таблице 2 — Испытательные напряжения силовых трансформаторов классов напряжения 3—220 кВ

Испытательное напряжение внутренней и внешней изоляции, ив

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| «  **S**X  *9*  X  «  *9*  фX  *о*оф  5 | 0SX  э в  X  0\* Ор  £ | грозовых импульсов | | | | | кратковременное переменное | | | | | | длительное переменное |
| одноминутное {ПКЛН. ЛКПН) | | | при ппавнем подъеме | | | внутренней изоляции |
| КАЖДОГО ЛИИОЙ'МО’  го зажима (пооче­ редно) | | трех соединенных вместе линейных зажимое1- ^ | зажима нейтра­ ли^ | | внутренней изоляции | | | внешней изоляции  {воздушных промежутков)  o сухом состоянии | | |
| 04  §с> 5 X  •X 2  *1*  8 | 4  £е аX т*ъ*  X  5ф 9 | О4  е£ а X  \*х X2  е  8 | О4  5\*  *С*  а X  « X2  с  8 | 04  §е> а X  1X  2  «  8 | «г, 1»г  \* s 2  з? | Sо *i* £  \*Xа»•5ь  } х я9  **У**  11» | IS 11  •S S-  I!»  У® f \* | ▼X  §  <х  ♦X  ф Xа X  2 | ii  х S  8 5  ? £  1 5  ! ?  в 5 | 1S  •1\*1« Па IIе Н | *Ч*X  § а  «х Xф  ® Xa X  S | \* X  ах оу х  \*55  2 8 1  gffl « I вЗ  ф |
| 1 | *2* | а | 4 | 5 | е | 7 | 8 | 9 | 10 | и | 12 | 12 | и |
| 3 | *(в)* | 20 | — | 20 | 20 | — | 10 | — | 10 | — | — | — | — |
| *а* | 40 | 50 | 40 | 40 | 50 | 10 | — | 10 | 26 | — | 26 | — |
| *6* | 40 | 50 | 40 | 40 | 50 | 18 | — | 18 | 26 | — | 26 | — |
| в | *(в)* | 40 | — | 40 | 40 | — | 20 | — | 20 | — | — | — | — |
| а | 60 | 70 | 60 | 60 | 70 | 20 | — | 20 | 34 | — | 34 | — |
| 6 | 60 | 70 | 60 | 60 | 70 | 25 | — | 25 | 34 | — | 34 | — |
| 10 | *(в)* | 60 | — | 60 | 60 | — | 28 | — | 28 | — | — | — | — |
| *а* | 75 | 90 | 75 | 75 | 90 | 28 | — | 28 | 45 | — | 45 | — |
| *6* | 75 | 90 | 75 | 75 | 90 | 35 | — | 35 | 45 | — | 45 | — |
| 15 | *(в)* | 75 | — | 75 | 75 | — | 38 | — | 38 | — | — | — | — |
| а | 95 | 115 | 95 | 95 | 115 | 38 | — | за | 60 | — | 60 | — |
| 6 | 95 | 115 | 95 | 95 | 115 | 45 | — | 45 | 60 | — | 60 | — |
| 20 | *(в)* | 95 | — | 95 | 95 | — | 50 | — | 50 | — | — | — | — |
| *а* | 125 | 150 | 105 | 125 | 150 | 50 | — | 50 | 70 | — | 70 | — |
| *6* | 125 | 150 | 105 | 125 | 150 | 55 | — | 55 | 70 | — | 70 | — |
| 24 | *а* | 150 | 175 | — | 150 | 175 | 60 | — | 60 | во | — | 80 | — |
| *6* | 150 | 175 | — | 150 | 175 | 65 | — | 65 | 80 | — | 80 | — |
| 27 | *а* | 170 | 200 | — | 170 | 200 | 65 | — | 65 | 90 | — | 90 | — |
| *6* | 170 | 200 | — | 170 | 200 | 70 | — | 70 | 90 | — | 90 | — |
| 35 | *а* | 190 | 220 | 140 | 190 | 220 | 80 | — | 80 | 105 | — | 105 | — |
| *6* | 190 | 220 | 140 | 190 | 220 | 85 | — | 85 | 105 | — | 105 | — |
| 110 | *а* | 480 | 550 | — | 200 | — | 200 | 200 | 100 | 280 | — | 135 | — |
| 150 | *а* | 550 | 600 | **—** | 275 | — | 230 | 275 | 130 | 320 | 415 | 195 | — |
| 220 | *а* | 750 | 835 | — | 400 | — | 325 | 395 | 200 | 465 | 600 | 280 | 220 |

9

ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы 2*

Для трехфазных трансформаторов.

Для соединенных в звезду обмоток с полной изоляцией нейтрали при нвеыведенной нейтрали.

Для соединенных в звезду обмоток классов напряжения от 3 до 35 кВ с полной изолящгей нейтрали при выведенной нейтрали и для обмоток классов напряжения от 110 до 220 кВ с неполной изоляцией нейтрали, до­ пускающей работу с ее разземлением.

Для обмоток классов напряжения от 3 до 35 кВ с полной изоляцией нейтрали при испытании приложен­ ным напряжением одновременно с изоляцией линейного зажима и для обмоток классов напряжения от 110 до 220 кВ с неполной изоляцией нейтрали, допускающей работу с ее разземлением.

б> Условия применения уровней изоляции указаны в ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.17}. Примечание —См. ДБ.7 {приложение ДБ).

Таблица 3 — Испытате/ъные напряжения силовых трансформаторов классов напряжения 330—750 кВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ж\*  \*  **S**\*  АI  с X«  <80  *5* | X  *ъ*  «с  2  **S**  X**J**  оа  8  > | Испытательное напряжение внутренней и внешней изоляции. кВ | | | | | | | | |
| грозовых импульсов | | коммутационного импульсе | | | | переменное | | |
| каждого линейного мжимв (поочередно) | | внутренней изоляции | | внешней изоляции (воздушных про­ межутков) в сухом состоянии | | кратковременное од поминутное (ПКПН. ЛКПН) | | лли- тельное |
| о*о*  е£ а X  •X *ъ X*Б  8 | *О*4  е£ а X  «X  X*ъ* X  5  ф  \* | хi fо  •х о.   * о   1 §  *И*  8 ч Ч 3  1 !*п* | 15  ? 5  1 1 я  ч в *9*  2? \*  *и*  3 " | яс *X*\* *,*  2 ч  1*:*  ? 5 \*  с J 1  8 <\* q 3  i!  \* s | I 5 II  1  1 5 Я  в в e  IS 3 « | | |  к 2  S?  80 |*Ь*  •XXкX  **8** ф  1 ?  с Б | 15  11  \*  I | 8  i 3  Iз I«■> | <1 X  Xоо X  \*2 в £ ! S  1 ® \*  1 | |  ? 1 1 |
| 1 | 2 | э | 4 | S | в | 7 | В | 9 | 1 0 | « I |
| 330 | *а* | 950 | 1050 | 850 | 1275 | 850 | 1275 | 395 | 525 | 295 |
| *б* | 1050 | 1150 | 950 | 1425 | 950 | 1425 | 460 | 575 | 295 |
| 500 | *а* | 1300 | 1400 | 1050 | 1575 | 1050 | 1575 | 570 | 800 | 425 |
| *б* | 1550 | 1650 | 1230 | 1845 | 1230 | 1845 | 630 | 830 | 425 |
| 750 | *а* | 1800 | 1950 | 1425 | 2140 | 1425 | 2400 | 750 | 1100 | 635 |
| *б* | 2100 | 2250 | 1550 | 2325 | 1550 | 2550 | В О О | 1250 | 635 |

Условия применения уровней изоляции указаны в ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.17).

2> Для трехфазных трансформаторов.

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

###### Последовательность испытаний

Испытания должны быть проведены в последовательности, указанной ниже: а) испытания напряжением грозовых импульсов (ПГИ. СГИ. ГИВН. ГИМВ);

б) испытание напряжением коммутационного импульса (КИ);

в) испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН):

г) испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН);

<5) испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН);

е) испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН).

Примечание — Это полный перечень испытаний, не все испытания из перечисленных могут быть при­ менимы к конкретному трансформатору.

10

ГОСТ Р 56738—2015

Таблице 4 — Испытательные напряжения реакторов

Испытательное напряжение внутренней и внешней изоляции. кВ

грозовых импульсов

кратковременное переменное \*

СО\* <4

с S

S

э

Z «с

«

М

шунтирующих Hi

§11

11

1\*\*1

одноминутиоо

<ПКПН. ЛКПН)

■

при плавном

подъеме внешней П

*а*

изоляции (воздуш\* S

? г

ных промежутков) *Цф*

X\* а

А S

*А*

S

£ X

*О* 3о

£

«

5

§\*м\* S

*%о*

I О1\*-*о*4

! f 11

o х \*

I *$* g S о&2»

3\*sS

шунтирующих и дугогасящих

S 1

а•

*У*Ss

Xа

шунтирующих реакторов

в сухом состоянии

S о S

5 \*

з э § Sis

\*«1с\* «

!\*

1 \*

1-

сIsе.

8\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | \*\* |  | It\* | © § \* *о* | \*\* |  |  | 3 © |  | |
| 1 | 2 | э | 4 | 5 | в | 7 | в | *9* | 10 | 11 | 12 |  |
| 3 | (а) | 20 | — | 20 | — | 10 | — | 10 | — | — | — |  |
|  | а | 40 | 50 | 40 | — | 10 | — | 10 | 26 | — | — |  |
|  | б | 40 | 50 | 40 | — | 18 | — | 20 | 26 | — | — |  |
| 6 | (а) | 40 | — | 40 | — | 20 | — | 20 | — | — | — |  |
|  | а | 60 | 70 | 60 | — | 20 | — | 20 | 34 | — | — |  |
|  | б | 60 | 70 | 60 | — | 25 | — | 28 | 34 | — | — |  |
| 10 | (а) | 60 | — | 60 | — | 28 | — | 28 | — | — | — |  |
|  | а | 75 | 90 | 75 | — | 28 | — | 28 | 45 | — | — |  |
|  | б | 75 | 90 | 75 | — | 35 | — | 38 | 45 | — | — |  |
| 15 | (а) | 75 | — | 75 | — | 38 | — | 38 | — | — | — |  |
|  | а | 95 | 115 | 95 | — | 38 | — | 38 | 60 | — | — |  |
|  | б | 95 | 115 | 95 | — | 45 | — | 50 | 60 | — | — |  |
| 20 | (а) | 95 | — | 95 | — | 50 | — | 50 | — | — | — |  |
|  | а | 125 | 150 | 125 | — | 50 | — | 50 | 70 | — | — |  |
|  | б | 125 | 150 | 125 | — | 55 | — | 65 | 70 | — | — |  |
| 24 | а | — | — | 150 | — | 60 | — | 60 | — | — | — |  |
|  | б | — | — | 150 | — | 65 | — | 75 | — | — | — |  |
| 27 | а | — | — | 170 | — | 65 | — | 65 | — | — | — |  |
|  | б | — | — | 170 | — | 70 | — | 80 | — | — | — |  |
| 35 | а | 190 | 220 | 190 | — | 60 | — | 80 | 105 | — | — |  |
|  | б | 190 | 220 | 190 | — | 85 | — | 95 | 105 | — | — |  |
| 110 | а | 480 | 550 | 480 | — | 200 | 200 | 200 | 280 | — | — |  |
| 150 | а | 550 | 600 | 650 | — | 230 | 275 | 275 | 320 | 415 | — |  |
| 220 | а | 750 | 835 | 950 | — | 325 | 395 | 395 | 465 | 600 | — |  |
| 330 | а | 1050 | 1175 | — | 850 | 395 | 525 | — | — | — | 295 |  |
|  | б | 1175 | 1300 | — | 950 | 460 | 575 | — | — | — | 295 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 |

I -

И 5

1 .

*Q С*

sf

ф 2 81

ff i ? I nt\*

\*|1г

?С?а«яI <р

и С

1I1 5

о*е lit*

и8 и\*

о

s’\*

1 *Я* |1

ПОЛНЫЙ

импульс

### ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы 4*

Испытательное напряжение внутренней и внешней изоляции, кВ

грозовых импульсов кратковременное переменное j,fl

*Я*

\*

<чX

X

3 11 ,

5

одиоминутиое

<ПКПН. ЛКПН)

©

X

д

**в**

X

шунтирующих

с

**м**

II

sis

S 5 5

ш§ i *t о* g

X

*я*

?

X

©

i85

1 a ! |

шунтирующих и дугогасящих

afi

3

при плавном подъеме внешней изоляции (воздуш­ ных промежутков) шунтирующих реакторов

в сухом состоянии

S а

*п*

? *S*

*Иф*

I я §

*о<0 5*

оX

©в

**О**

*4*

ы X

*S s* 11

f 5 1 S

g a s ®

j

ff § i !

111 8

III

*7*

ах

« с «

£

o а a

5 г

4 *i*

it

8 1

1а it

||

*\*iU*

lifi

\* \*

Xa &

1 3

5 \*

5 I \*

*ж*

о

6

| I? "

s'\*

1 3

fl

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | 8\* |  |  |  | \* § | 2 |  | \* в | ь> |
| 1 | 2 | 3 | 4 | S | 6 | 7 | в | » | 10 | 11 | 12 |
| 500 | а | 1425 | 1550 | — | 1050 | 570 | 800 | — | — | — | 425 |
|  | б | 1675 | 1800 | — | 1230 | 630 | 830 | — | — | — | 425 |
| 750 | а | 1950 | 2100 | — | 1425 | 750 | 1100 | — | — | — | 635 |
|  | б | 2250 | 2400 | — | 1675 | 900 | 1250 | — | — | — | 635 |

Для трехфазных реакторов.

Условия применения уровней изоляции указаны в ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.17).

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

###### По согласованию между изготовителем и заказчиком испытание напряжением коммутационного импульса может проводиться до испытаний напряжениями грозовых импульсов.

Если выполняется испытание ДПН. то по согласованию между изготовителем и заказчиком после\* довательность проведения испытаний может быть изменена, за исключением того, что испытание ДПН должно быть последним испытанием электрической прочности изоляции.

###### Требования к испытаниям отдельных трансформаторов и реакторов

* + 1. Испытания трансформаторов классов напряжения до 35 кВ включительно
       1. Приемо-сдаточные испытания

а) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно проводиться по методике согласно разделу 10 на каждой отдельной обмотке трансформатора. Испытательные напря­ жения — согласно 7.2.2.

Примечание — Предполагается, что трансформаторы классов напряжения до 35 кВ включительно име­ ют обмотки с полной изоляцией нейграт. чтобы выдержать это испытание.

###### 6} Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН)

Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением должно проводиться по методике согласно 11.2 при испытательном напряжении, равном 21УН0М *J^/з* (относительно земли).

* + - 1. Типовые испытания

а) Испытания напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов линейных выводов (ПГИ и СГИ)

Испытание изоляции обмоток трансформаторов с нормальной изоляцией напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов должно быть проведено для линейных выводов по методике, указан­ ной в 13.3. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

Примечание — Методика 13.3предполагает совмещение испытаний ПГИ и СГИ водной последователь­ ности испытания. При необходимости испытания ПГИ и СГИ могут быть выполнены отдельно друг от друга, в этом случае в части последовательности испытаний следует руководствоваться указаниями 13.2.

12

ГОСТ Р 56738—2015

Испытание изоляции обмоток трансформаторов с облегченной изоляцией напряжением полного грозового импульса должно быть проведено для линейных выводов по методике, указанной в 13.2. Ис­ пытательные напряжения — согласно 7.2.2.

б) Испытания напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов вывода нейтрали для со­ единенных в звезду обмоток при выведенной нейтрали (ПГИ и СГИ)

Испытание изоляции обмоток трансформаторов с нормальной изоляцией напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов должно быть проведено для вывода нейтрали по методике, указан­ ной в 13.3. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2

Испытание изоляции обмоток трансформаторов с облегченной изоляцией напряжением полного грозового импульса должно быть проведено для вывода нейтрали по методике, указанной в 13.2. Ис­ пытательные напряжения — согласно 7.2.2.

е) Испытание напряжением полного грозового импульса трех соединенных вместе линейных вы­ водов для обмоток со схемой соединения звезда с невыведенной нейтралью (ГИМВ)

Испытание изоляции обмоток трансформаторов с нормальной и облегченной изоляцией напря­ жением полного грозового импульса при невыведенной нейтрали должно быть проведено путем при­ ложения напряжения к трем электрически соединенным между собой линейным выводам обмоток по методике, указанной в 13.2. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

* + 1. Испытания трансформаторов классов напряжения 110—150 кВ
       1. Приемо-сдаточные испытания

а) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно быть проведено

для каждой отдельной обмотки трансформатора согласно методике, указанной в разделе 10 Для обмо­ ток с неполной изоляцией нейтрали испытания должны быть проведены испытательными напряжения­ ми. установленными для выводов нейтрали этих обмоток (см. 7.4.2).

б) Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН)

Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали испытание должно быть проведено при испытатель­ ном напряжении согласно 7.2.2 по методике, указанной в разделе 12.

* + - 1. Типовые испытания

а) Испытания напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов линейных выводов (ПГИ и СГИ)

Испытание напряжением полного и срезанного грозовых импульсов должно быть проведено для

линейных выводов по методике, указанной в 13.3. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

Примечание — Методика 13.3 предполагает совмещение испытаний напряжениями ПГИ и СГИ в одной по­ следовательности испытания. При необходимости испытания напряжениями ПГИ и СГИ могут быть выполнены отдель­ но друг от друга. в этом случае в части последовательности испытаний следует руководствоваться указаниями 13.2.

###### б) Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН)

Вывод нейтрали должен быть испытан напряжением полного грозового импульса ло методике

13.4. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

* + 1. Испытания трансформаторов классов напряжения 220 кВ и выше
       1. Приемо-сдаточные испытания

а) Испытания напряжением полного грозового импульса изоляции линейных выводов обмоток ВН и СН трансформаторов (автотрансформаторов) классов напряжения 750 кВ и выше и обмоток ВН гене­ раторных трансформаторов для атомных электростанций (ПГИ)

Испытание напряжением полного грозового импульса должно быть проведено для линейных вы­ водов обмоток по методике, указанной в 13.2. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

б) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно быть проведено

для каждой отдельной обмотки трансформатора согласно методике, указанной в разделе 10. Для обмо­ ток с неполной изоляцией нейтрали испытания должны быть проведены испытательными напряжения­ ми. установленными для выводов нейтрали этих обмоток (см. 7.4.2).

в) Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН)

Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали испытание должно проводиться при испытательном напряжении согласно 7.2.2 с использование методики, указанной в разделе 12.

*г)* Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН)

13

ГОСТ Р 56738—2015

Испытание должно проводиться в соответствии с методикой, изложенной в 11.3. при переменном напряжении повышенного уровня 1.8(7И0М/^3 (относительно земли, см. рисунок 1) и длительном пере\* менном напряжении согласно 7.2.2.

Примечания

1. Если при испытании переменное напряжение повышенного уровня между линейными выводами обмотки ВН грехфазных трансформаторов не меньше нормированного испытательного кратковременного переменного на­ пряжения межд/фазной изоляции, то испытание ДПН также является испытанием межауфазной изоляции обмотки ВН кратковременным (одноминутным) переменным напряжением. В случае ест значение переменного напряже­ ния повышенного уровня между линейными выводами обмотки ВН менее нормированного испытательного кратко­ временного (одноминутного) переменного напряжения междуфазной изоляции, с целью совмещения испытания ЛКПН междуфазной изоляции и ДПН уровень повышенного напряжения может быть увеличен до значения, обе­ спечивающего нормированное испытательное кратковременное (одноминутное) переменное напряжение между линейными выводами обмотки ВН трехфазных трансформаторов.
2. Переменное напряжение повышенного уровня между фазами трехфазных трансформаторов при трехфаз­ ном возбуждении может превышать испытательное кратковременное (одноминутное) переменное напряжение, нормированное для междуфазной изоляции (см. 7.2.2). Во избежание переислыгания междуфазной изоляции ис­ пытание ДПН может быть проведено пофьзмо с заземлением доступных выводов нейтралей.

###### Типовые испытания

в) Испытание напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов линейных выводов (ПГИ и СГИ)

Испытание напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов должно быть проведено для линейных выводов по методике, указанной а 13.3. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

Примечание — Методика 13.3 предполагает совмещение испытаний ПГИ и СГИ водной последователь­ ности испытания. При необходимости испытания ПГИ и СГИ могут быть выполнены отдельно друг от друга, в этом случае в части последовательности испытаний следует руководствоваться указаниями 13.2.

###### б) Испытание напряжением коммутационного импульса трансформаторов классов напряжения 330 кВ и выше (КИ)

Испытание напряжением коммутационного импульса должно быть проведено для линейных вы­ водов по методике, указанной е разделе 14. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

е) Испытание напряжением грозового импульса аывода нейтрали для трансформаторов, допуска­ ющих работу с раэземлением нейтрали (ГИВК)

Вывод нейтрали должен быть испытан напряжением полного грозового импульса по методике

13.4. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

Примечание — См. ДБ.8 (приложение ДБ).

###### Испытания шунтирующих реакторов

Испытания шунтирующих реакторов — согласно 7.3.1—7.3.3 в зависимости от значения *UKn.*

В случае отсутствия технической возможности допускается не проводить испытание ЛКПН для

линейных выводов обмоток шунтирующих реакторов с неполной изоляцией нейтрали, при атом в рамках приемо-сдаточных испытаний должно быть выполнено испытание напряжением полного гро­ зового импульса внутренней изоляции линейных выводов (ПГИ). Соответствие изоляции линейного конца обмотки шунтирующих реакторов относительно земли и между фазами нормированным ис­ пытательным кратковременным (одноминутным) переменным напряжениям должно быть подтверж­ дено расчетом.

* + 1. Испытания дугогасящих и токоограничивающих реакторов
       1. Приемо-сдаточные испытания

а) Испытание напряжением грозового импульса токоограничивающих реакторов (ГИ)

Испытание продольной изоляции токоограничивающих реакторов напряжением грозового им­ пульса должно быть проведено поочередно для линейных выводов по методике, указанной а 13.1 и 13.2. Испытания изоляции токоограничивающих реакторов, а т. ч. сухих, должны проводиться им­ пульсами отрицательной полярности. Неислытываемые выводы должны быть заземлены непосред­ ственно или через шунт для измерения тока. Вейду малой индуктивности реактора длительность полного грозового импульса может быть меньше стандартной, при зтом не требуется увеличение испытательного напряжения по 13.2.1. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

14

ГОСТ Р 56738—2015

б) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Не применимо к сухим токоограничиаающим реакторам, устанавливаемым на опорных изолято­ рах (см. 7.3.5.2. е). Испытание приложенным переменным напряжением должно проводиться по мето­ дике согласно разделу 10 на каждой отдельной обмотке реактора. Испытательные напряжения — со­ гласно 7.2.2.

е) Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением обмотки 8Н дуго­ гасящих реакторов с полной изоляцией нейтрали (ИКПН)

Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением должно проводить­

ся по методике согласно 11.2 при испытательном напряжении (относительно земли), равном двойно­ му номинальному напряжению.

* + - 1. Типовые испытания

а) Испытание напряжением полного грозового импульса (ПГИ)

Испытание внутренней изоляции напряжением полного грозового импульса должно быть про­ ведено поочередно для линейных выводов по методике, указанной в 13.1 и 13.2. При испытании токоограничивающих реакторов для обеспечения требуемой формы стандартного полного грозового импульса неиспытываемые выводы могут быть заземлены через сопротивление. Испытания изоля­ ции сухих токоограничивающих реакторов должны проводиться импульсами как положительной, так и отрицательной полярности. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

б) Испытание приложенным переменным напряжением сухих токоограничивающих реакторов в сборе с опорными изоляторами (ПКПН)

Испытание приложенным переменным напряжением должно проводиться по методике соглас­ но разделу 10 на каждой отдельной обмотке реактора. Для сухих токоограничивающих реакторов, устанавливаемых в сборе на опорных изоляторах, такое испытание представляет собой испытание изоляции опорной конструкции. Испытательные напряжения — согласно 7.2.2.

Примечание — Дополнительные по отношению к МЭК 60076-3:2013 положения 7.3.4 и 7.3.5 введены с целью учета потребностей российской национальной стандартизации в части требований к испытаниям элек­ трических реакторов и учитывают практику МЭК 60076-6:2007 и особенности национальной стандартизации.

###### Испытательные напряжения вывода нейтрали обмотки

* + 1. Трансформаторы классов напряжения до 35 кВ включительно

Вывод нейтрали, при его наличии, должен быть испытан приложенным переменным напряжени­ ем. напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов, установленными для линейных выводов обмотки.

Примечание — Для выполнения этого требования обмотки трансформаторов с 1/кп до 35 кВ включи­ тельно должны быть с полной изоляцией нейтрали.

###### Трансформаторы классов напряжения свыше 35 кВ

* + - 1. Вывод нейтрали для глухого заземления

Если вывод нейтрали при эксплуатации предназначен для соединения с землей наглухо, непо­ средственно или через трансформатор тока, без включения какого-либо сопротивления, то значение испытательного приложенного кратковременного (одноминутного) переменного напряжения должно быть 85 кВ. В случае необходимости может быть установлен больший уровень изоляции.

Испытание изоляции нейтрали напряжениями полного и срезанного трозовых импульсов не тре­ буется.

* + - 1. Вывод нейтрали не для глухого заземления

Значения испытательных напряжений полного грозового импульса и приложенного одноминут­ ного переменного напряжения вывода нейтрали трансформаторов классов напряжения 110—220 кВ. допускающих работу с разэемлением нейтрали, указаны е 7.2.2. Электрическая прочность изоляции вывода нейтрали должна быть подтверждена испытаниями согласно 13.4 и разделу 10 соответственно.

При необходимости по соглашению между изготовителем и заказчиком могут быть установлены испытательные напряжения вывода нейтрали трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше, от­ личные от ГОСТ Р 55195. например, для трансформаторов, допускающих работу с заземленной через резистор или реактор нейтралью для ограничения токов однофазного короткого замыкания на землю. В этом случае значения *UKn* и испытательных напряжений для вывода нейтрали должны быть указаны за-

15

ГОСТ Р 56738—2015

каэчиком в запросе и заказе, а также в договоре поставки. Значение l/w для вывода нейтрали зависит от того, предназначен ли трансформатор для работы без соединения нейтрали с землей или с соединением нейтрали с землей через резистор или реактор (см. приложение Г). Значения *илп* и испытательных на­ пряжений должны быть преимущественно выбраны по таблице 2 (таблице 5.1 ГОСТ Р 55195—2012). Во всех случаях значение должно быть не менее 15 кВ.

Если для вывода нейтрали указано испытание напряжением грозового импульса, то значение нормированного испытательного напряжения должно быть установлено в запросе и заказе, а также в договоре поставки и подтверждено испытанием согласно 13.4.

Испытание напряжением срезанного грозового импульса не применимо для вывода нейтрали.

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

## Испытание электрической прочности изоляции трансформаторов, бывших в эксплуатации

###### Любой трансформатор, который должен рассматриваться как соответствующий данному стандар­ ту. так же как и новый трансформатор (например, трансформатор после гарантийного ремонта или капитального ремонта с перемоткой обмоток, направленного на восстановление трансформатора до состояния «как новый»). должен по завершении ремонта или ремонтных работ подвергаться всем при­ емо-сдаточным испытаниям, требуемым для трансформатора согласно данному стандарту, при 100 % значениях нормированных испытательных напряжений.

Любой трансформатор, ремонтируемый с целью восстановления его функциональности (напри­ мер. после пробоя изоляции, произошедшего после многих лет эксплуатации) и рассматриваемый как соответствующий настоящему стандарту, для проверки выполнения ремонта подлежит испытаниям, установленным в настоящем стандарте, при испытательных напряжениях в диапазоне от 80 до 100 % нормируемых значений. В общем случае любая новая часть ремонтируемого трансформатора должна быть испытана 100 %уровнвм испытательных напряжений. При этом 80 % уровень испытательных на­ пряжений может рассматриваться как приемлемый для проверки того, что используемые детали или компоненты пригодны для дальнейшего использования. Если проводится испытание одновременно старых и новых деталей и компонентов, испытательные напряжения должны быть предметом соглаше­ ния сторон. Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частич­ ных разрядов (ДПН) должно быть выполнено при 100 % нормируемом уровне напряжения. Допустимые уровни частичных разрядов могут быть скорректированы в зависимости от обстоятельств испытаний и подлежат согласованию сторон.

## Испытание изоляции цепей управления и вспомогательных цепей (ИВЦ)

Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей, а также их элементов должна быть ис­ пытана приложенным одноминутным переменным напряжением относительно земли согласно ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.14). Испытание считают успешным, если не произошло падения (среза) испы­ тательного напряжения и не выявлено других признаков полного разряда. Испытания должны быть проведены на эаводе-изготовигеле. Испытание может быть проведено на месте установки трансфор­ матора. если изготовителю надлежит выполнить монтаж трансформатора на месте установки. Цели управления и вспомогательные цепи, отключаемые или демонтируемые на время транспортировки трансформатора, которые были испытаны на заводе нормированным приложенным переменным на­ пряжением. после монтажа на месте установки должны быть повторно испытаны приложенным пере­ менным напряжением согласно ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.14).

Изоляция вспомогательных цепей вторичных обмоток трансформаторов тока должна быть испы­ тана приложенным одноминутным переменным напряжением относительно земли согласно ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.14). Испытания должны быть проведены на заводе-изготоеителе. Если ампли­ тудное значение напряжения между выводами разомкнутых вторичных обмоток трансформаторов тока превышает амплитудное значение нормированного испытательного напряжения вспомогательных це­ пей по ГОСТ Р 55195—2012 (пункт 4.14). испытание соответствующих вторичных цепей должно быть выполнено приложенным переменным напряжением 4 кВ. Испытание считают успешным, если не про­ изошло падения (среза) испытательного напряжения и не выявлено других признаков полного разряда.

Примечание — Сы. ДБ.10 (приложение ДБ).

16

ГОСТ Р 56738—2015

Изоляция двигателей и других комплектующих должна соответствовать требованиям отдельных стандартов на зти элементы. Как правило, требования к изоляции этих элементов ниже, чем требова­ ния к изоляции вторичных целей, и поэтому при испытании необходимо отключить вторичные цели от этих элементов.

Примечание — Общепринятой практикой является проверка сопротивления изоляции вторичных цепей постоянным напряжением 1 кв в течение 1 мин. на месте установки до включения под напряжение.

###### тора.

## Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание должно быть проведено последовательно на каждой отдельной обмотке трансформа­

Испытательное напряжение должно быть приложено в течение 60 с между всеми соединенными

вместе доступными выводами испытуемой обмотки и всеми доступными выводами других обмоток, магнитопрсеодом. рамой и баком или корпусом трансформатора, соединенными с землей.

Испытание должно быть выполнено однофазным переменным напряжением, имеющим практиче­

ски синусоидальную форму и частоту не менее 80 % от номинальной. При испытаниях должно быть изме­ рено амплитудное значение напряжения. Амплитудное значение, деленное на V*2* должно соответство­ вать нормированному значению испытательного напряжения *с учетом допуска по ГОСТ Р* 55194—2072 *(пункт 7.2.3).*

Примечание — Практически синусоидальная форма напряжения означает, что амплитудное значение,

деленное на V2 . не отличается от действующего значения напряжения более чем на 5 % (см. ГОСТ Р 55194). вместе с тем более широкие отклонения могут быть приняты допустимыми.

###### Испытание начинают с напряжения не выше 1/3 испытательного напряжения, затем напряжение должно быть поднято до испытательного напряжения настолько быстро, насколько это позволяет считывание показаний измерительного прибора. По окончании испытания напряжение должно быть быстро снижено до значения не выше 1/3 испытательного напряжения, после чего напряжение от­ ключают.

Испытание считается успешным, если не произошло падения (среза) испытательного напряже­

ния.

Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали испытание проводят испытательным напряжением,

установленным для нейтрали.

В трансформаторах, в которых обмотки с разными значениями соединены вместе внутри трансформатора (например, автотрансформаторы), испытательное напряжение должно быть опреде­ лено. исходя из изоляции общей нейтрали этих обмоток и соответствующего значения *U*

## Испытания индуктированным кратковременным

## и длительным переменным напряжением (ИКПН и ДПН)

###### Общие указания

Испытания должны быть проведены с заземлением всех доступных выводов нейтралей и любых других выводов, которые е эксплуатации имеют потенциал земли. Для трехфазных трансформаторов должно применяться симметричное трехфазное испытательное напряжение. Любой линейный вывод, не подключенный к источнику питания, должен быть оставлен не соединенными с другими выводами или землей.

Примечание — В случае когда напряжение индуктируется в обмотке без нейтрали, напряжение отно­ сительно земли на каждом из выводов этой обмотки будет определяться емкостью относительно земли и других обмоток. Перекрытие на землю одного из линейных выводов во время испытаний может привести к появлению на других выводах обмотки напряжений, превышающих уровень испытательного приложенного переменного на­ пряжения. С учетом возможности такого повышения напряжения могут потребоваться соответствующие меры предосторожности.

###### Во время испытания испытательное напряжение на выводах обмотки без регулирования напряже­ ния должно быть таким, чтобы кратность напряжений между витками и между фазами соответствовала

17

ГОСТ Р 56738—2015

кратности испытательного напряжения к номинальному напряжению. Напряжение должно быть изме­ рено либо на выводах обмотки высшего напряжения, если это выполнимо, либо на выводах обмотки, подключенной к источнику питания.

Для трансформаторов, имеющих регулирование напряжения, испытание должно быть проведено на основном ответвлении, если иное не указано или не согласовано с заказчиком.

Если заказчик для обмоток низшего напряжения требует определенное испытательное напряже­ ние. большее чем определяемое настоящим разделом, то это должно быть четко указано в запросе и заказе, а также в договоре поставки, и должно быть достигнуто соглашение ло методу испытаний и испытательным напряжениям, которые появятся на обмотках высшего напряжения и которые, соответ­ ственно. могут превышать установленное испытательное напряжение.

Испытание должно быть выполнено с возбуждением трансформатора так же. как и при эксплуата­ ции. Напряжение может быть индуктировано в трансформаторе с помощью любой из обмоток, специ­ альной обмотки или ответвлений, предусмотренных для целей испытания.

Переменное напряжение должно быть приложено к выводам одной из обмоток трансформато­ ра. Форма напряжения должна быть практически синусоидальной, а его частота должна быть суще­ ственно выше номинальной частоты, чтобы избежать чрезмерного тока намагничивания во время испытания.

При проведении испытания должно измеряться амплитудное значение напряжения (согласно *ГОСТ Р 55194).* деленное на и действующее значение индуктируемого испытательного напря­ жения. и в качестве значения испытательного напряжения принимается наименьшее из этих зна­ чений.

При проведении испытания должны быть выполнены требования к форме кривой переменного напряжения согласно ГОСТ Р 55194—2012 (пункт 7.2.2).

Примечание — Дополнительное по отношению к МЭК 60076-3:2013 положение введено с целью уче­ та особенностей российской национальной стандартизации в части формы кривой испытательного переменного напряжения.

###### Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН)

Если не указано иное, длительность выдержки нормированного испытательного напряжения должна быть равна 60 с при частоте напряжения, не превышающей двойную номинальную частоту. Если частота напряжения при испытании превышает более чем в два раза номинальную частоту (но не более *400 Гц).* длительность выдержки испытательного напряжения в секундах должна со­ ставлять

120 номинальная частота

- частота при испытании но не менее 15 с.

Испытание начинают с напряжения не выше 1/3 испытательного напряжения, затем напряжение должно быть поднято до испытательного напряжения настолько быстро, насколько это позволяет счи­ тывание показаний измерительного прибора. В конце испытания напряжение должно быть быстро сни­ жено до значения не выше 1/3 испытательного напряжения, после чего напряжение отключают.

Испытание считается успешным, если не произошло падения (среза) испытательного напряже­ ния и не *выявлены недопустимые повреждения изоляции, устанавливаемые на основе рас­ смотрения комплекса признаков, например, изменения показаний приборов (амперметра, вольтметра), частичного повреждения* изоляции, *отмечаемого по звуку разрядов в баке и выделению газов или дыма, интенсивности частичных разрядов (если такие измерения про­ водились).*

###### Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН)

* + 1. Общие указания

Допускается на время проведения испытаний заменить высоковольтные вводы на вводы, свобод­ ные от частичных разрядов, если предполагается, что для конкретного типа высоковольтных вводов, указанного заказчиком, их собственный уровень частичных разрядов не позволит обеспечить точные измерения интенсивности частичных разрядов во внутренней изоляции трансформатора.

18

ГОСТ Р 56738—2015

* + 1. Длительность выдержки и частота напряжения

Если не указано иное, длительность выдержки переменного напряжения повышенного уровня

должна составлять 60 с в случае £ 750 кВ и 300 с в случае *UKn > 750* кВ при частоте напряжения, не превышающей двойную номинальную частоту. Если частота напряжения при испытании превышает более чем в два раза номинальную частоту *(но но* более *400 Гц),* длительность выдержки напряжения

в секундах должна составлять

или

120- номинальная частота частота при испытании'

но не менее 15 с для £ *750* кВ

600 номинальная частота частота при испытании

но не менее 75 с для *ит*

*> 750* кВ.

###### Длительность испытания, за исключением длительности выдержки переменного напряжения по\* вышенного уровня, не должна зависеть от частоты напряжения при испытании.

* + 1. Порядок проведения испытания

Порядок проведения испытания должен быть следующим:

*а)* Трансформатор должен быть включен под напряжение не выше 0.4L/HOW/j3.

б) Напряжение должно быть поднято до значения 0.4С/НОЫ/^3. при атом должен быть измерен и записан фоновый уровень ЧР.

е) Напряжение должно быть поднято до значения 1 . 2 и выдержано в течение не менее 1 мин. и настолько долго, насколько это необходимо для получения стабильных измерений уровня ЧР.

г) Должен быть измерен и записан уровень ЧР.

6} Напряжение должно быть поднято до нормированного значения длительного переменного на\* пряжения и выдержано в течение не менее 5 мин. и настолько долго, насколько это необходимо для получения стабильных измерений уровня ЧР.

е) Должен быть измерен и записан уровень ЧР

ж) Напряжение должно быть поднято до значения переменного напряжения повышенного уровня и выдержано в течение времени согласно 11.3.2.

и) Непосредственно по истечении времени согласно 11.3.2 напряжение должно быть плавно сни­

жено до нормированного значения длительного переменного напряжения. к) Должен быть измерен и записан уровень ЧР.

л) После измерения уровня ЧР должно быть выдержано напряжение измерения ЧР в течение не

менее 1 ч.

*м)* В течение одночасового периода испытаний уровень ЧР должен измеряться и записываться каждые 5 мин.

н) После выполнения последнего измерения уровня ЧР в течение одночасового периода испыта­ ний напряжение должно быть снижено до значения 1,21/ном/я/з и выдержано а течение не менее 1 мин. и настолько долго, насколько это необходимо для получения стабильных измерений уровня ЧР.

л) Должен быть измерен и записан уровень ЧР.

р) Напряжение должно быть снижено до значения *0.4UHOJ^-* при этом должен быть измерен и записан фоновый уровень ЧР.

с) Напряжение должно быть снижено до значения менее 0,41/иом/^2.

*т)* Напряжение должно быть отключено от трансформатора.

Уровень ЧР должен непрерывно регистрироваться по крайней мере одним измерительным кана­ лом в течение всего испытания.

Во время испытания должны фиксироваться уровни напряжений возникновения и погасания ЧР любой значимой интенсивности с целью последующей оценки результатов испытаний в случае, если не выполнены все критерии успешности испытания.

Примечание — Также для анализа результатов может быть полезна запись фазовой диаграммы ЧР

{характерного образа ЧР. получаемого путем отображения совокупности значений фазового угла, кажущегося заряда и количества импульсов частичных разрядов за определенный период времени) любой значимой актив­ ности ЧР.

###### Значения переменного напряжения повышенного уровня и длительного переменного напряжения установлены в 7.3.3.1.

19

ГОСТ Р 56738—2015

Основные параметры последовательности испытания показаны на рисунке 1.

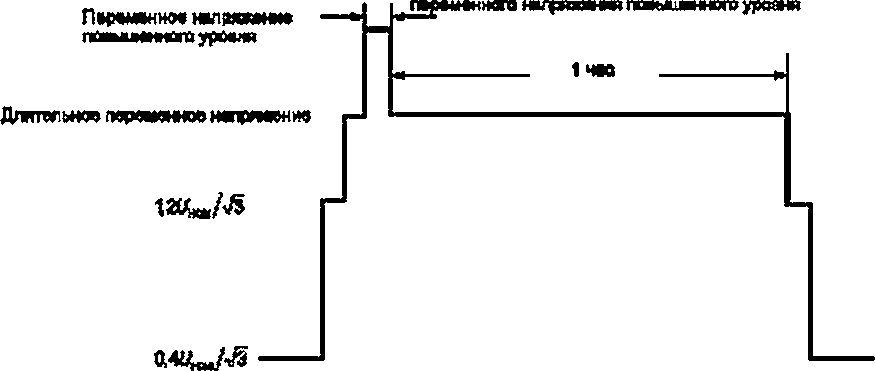
Дпишъжкпь вмлараям

Рисунок 1 — Временная последовательность приложения испытательного напряжения при испытании длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН)

###### Измерение интенсивности частичных разрядов

Измерения интенсивности ЧР должны проводиться по методу согласно *ГОСТР 55191.*

Каждый канал измерения ЧР. включая связанный с ним высоковольтный ввод или конденсатор связи, должен быть откалиброван в зависимости от кажущегося заряда в соответствии с методом, уста\* новленным в *ГОСТ Р 55191.*

Результаты измерений интенсивности ЧР должны быть приведены в пикокулонах (пКл) и должны соответствовать наибольшему установившемуся уровню повторяющихся импульсов, отображаемому измерительным прибором.

Редкие всплески высокого уровня ЧР могут не приниматься во внимание.

Для каждого этапа проведения испытания, требующего измерений уровня ЧР. эти измерения должны быть выполнены и записаны во время испытаний на всех линейных выводах трансформато\* ра. оснащенных высоковольтными вводами классов *напряжения 110 кВ и* выше. Однако если имеется более шести таких линейных выводов, то допускается выполнять только шесть измерений (включая по одному измерению на каждый вывод обмотки высшего напряжения), если не указано иное.

Примечание — Высоковольтные вводы *классов* напряжения Г ГО кв *и выше* имеют измерительные вы­ воды согласно *ГОСТ Р 55187.* которые могут быть использованы для измерения интенсивности ЧР. В случае если для трансформаторов классов *напряжения ниже 110 кВ* испытание длительным переменным напряжением с из­ мерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) указано как специальное испытание, то метод измерения интенсивности ЧР должен быть согласован между изготовителем и закат-мком.

###### Критерии успешности испытания

Испытание может считаться успешным, если измеренный фоновый уровень ЧР не превышает 50 пКл в начале и конце испытания. При испытаниях шунтирующих реакторов может быть принят до­ пустимым фоновый уровень ЧР до 100 пКп.

Примечание — Болев высокий фоновый уровень ЧР для шунтирующих реакторов связан с техниче­ скими сложностями фигътрации сигналов от источника питания в случаях, когда необходимо обеспечить большие токи и высокие напряжения.

###### Испытание считается успешным, если выполняются все следующие условия: а) не произошло падения (среза) испытательного напряжения;

б) ни один из уровней ЧР. зафиксированных в течение одночасового периода, не превышает 250 лКп: в) уровни ЧР измеренные в течение одночасового периода, не показывают какой-либо тенденции

к росту и не имеют резкого устойчивого роста в течение последних 20 мин. испытания;

*г)* уровни ЧР. измеренные в течение одиочасового периода, не увеличиваются более чем на 50 пКл;

<5) уровень ЧР. измеренный на уровне напряжения 1,21/ном после одночасового периода, не превышает 100 пКл.

Если критерии в) или *г)* не выполнены, одночасоеой период может быть продлен. В таком случае эти критерии будут считаться выполненными, если они выполняются непрерывно на протяжении одного часа.

20

ГОСТ Р 56738—2015

Испытание рассматривают как неразрушающее, если не происходит пробоя изоляции и если вы\* сокая интенсивность ЧР не наблюдается в течение длительного периода времени. Невыполнение кри­ териев успешности испытаний в части ЧР не должно служить основанием для немедленной отбраков­ ки. но должно приводить к согласованию между изготовителем и заказчиком дальнейших исследований  по выявлению причин. Указания по проведению таких исследований приведены в приложении А.

## Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН)

Испытание должно быть выполнено таким образом, чтобы напряжение между испытуемым вы­ водом и землей было равным нормированному испытательному напряжению. Линейные выводы испы­ туемой обмотки должны быть испытаны поочередно. Длительность выдержки, частота и порядок при­ ложения напряжения должны быть такими же. как и для испытания индуктированным кратковременным переменным напряжением (см. 11.2).

Для трансформаторов с обмоткой низшего (среднего) напряжения с неполной изоляцией ней­ трали. имеющей регулировочные ответвления, положение переключающего устройства должно быть выбрано так. чтобы одновременно обеспечить требуемые испытательные напряжения на линейных выводах обмоток как высшего, так и низшего (среднего) напряжения. Для трансформаторов с обмоткой низшего (среднего) напряжения с полной изоляцией нейтрали, которая подлежит испытанию приложен­ ным переменным напряжением, положение переключателя выбирается по усмотрению изготовителя.

Испытание считают успешным, если не произошло падения (среза) испытательного напряжения и не *выявлены недопустимые повреждения* изоляции, *устанавливаемые на основе рассмотри ния комплекса признаков, например, изменения показаний приборов (амперметра, вольтме­ тра), частичного повреждения изоляции, отмечаемого по звуку* разрядов в *баке и выделению газов или дыма, интенсивности частичных разрядов (если такие измерения проводились).*

Примечание — Данное испытание предназначено исключительно для того, чтобы испытать изоляцию относительно земли линейных выводов обмоток трансформаторов с неполной изоляцией нейтрали. Оно не пред­ назначено для испытания междуфазной изоляции или витховой изоляции, и потому схема испытания может быть выполнена в любом удобном виде, например, с напряжением подпора в нейтрали для снижения напряжения на еитковой изоляции. Как правило, такое испытание для трехфазного трансформатора выполняют как три однофаз­ ных испытания. В обычных условиях испытание напряжением коммутационного импульса полностью охватывает цель данного испытания. По требованию захзэчика во время данного исгытания может быть выполнено измерение интенсивности частичных разрядов.

## Испытание напряжениями грозовых импульсов (ПГИ, СГИ, ГИВН, ГИМВ)

###### Требования к испытаниям напряжениями грозовых импульсов

* + 1. Общие требования

Общие определения терминов, связанных с импульсными испытаниями, и требования к испытатель­ ным схемам приведены в ГОСТ *Р 55194.* Общие определения терминов, связанных с функциональными испытаниями, и текущие проверки на поверенных измерительных приборах приведены е ГОСТ *Р 55193.* Дополнительная информация приведена в [2].

Для наполненных жидким диэлектриком трансформаторов испытания проводят при отрицатель­ ной полярности напряжения, так как это снижает риск случайных внешних перекрытий е испытательной схеме. Заказчик может указать о необходимости приложения импульсов положительной полярности (одного, нескольких или всех). Если заказчику требуется проведение испытания импульсами положи­ тельной полярности, то это должно быть указано а запросе и заказе, а также договоре поставки. Если при испытаниях используются импульсы отрицательной и положительной полярности, то могут потре­ боваться дополнительные опорные импульсы, при этом последовательность испытаний должна быть согласована между изготовителем и заказчиком.

Испытания изоляции сухих силовых трансформаторов и реакторов напряжениями грозовых импульсов должны проводиться импульсами как положительной, так и отрицательной полярности.

Примечание — Дополнитогъное пс отношению к МЭК 60076-3:2013 положение введено с цепью учета

###### особенностей российской национальной стандартизации в части испытаний сухих трансформаторов и реакторов.

21

ГОСТ Р 56738—2015

Интервал времени между приложениями импульсов противоположной полярности должен быть достаточным для растекания остаточного заряда.

* + 1. Положение переключателя ответвлений

Если диапазон регулирования напряжения составляет не более ± 5 % и номинальная мощность трансформатора составляет не более 2500 кВА. то импульсные испытания должны быть проведены на номинальном ответвлении трансформатора.

Если диапазон регулирования напряжения составляет свыше ± 5 % или номинальная мощность трансформатора составляет свыше 2500 кВА. то. если не оговорено иное, испытания должны быть про\* ведены для номинального и двух крайних положений переключателя ответвлений, разных для каждой фазы трехфазного трансформатора или для однофазных единиц, которые будут образовывать трех\* фазную группу.

Альтернативно, если указано заказчиком и в особых случаях, например при испытании единич\* ного однофазного трансформатора, трансформатора с несколькими переключающими устройствами или трансформатора с несимметричным диапазоном регулирования, следует использовать положение переключателя ответвлений с наибольшими импульсными воздействиями в обмотках. Соответствую­ щее положение переключателя ответвлений может быть определено путем проведения расчетов или импульсного обмера (осциллографирования при воздействии импульсов низкого напряжения). Если для разных частей внутренней изоляции наибольшие воздействия имеют место на разных положениях переключателя ответвлений, то по соглашению сторон испытания могут быть проведены в этих поло­ жениях. разных для каждой фазы трехфазного трансформатора.

Примечание — Особое внимание следует обратить на различив между положениями переключателя ответвлений, в которых происходит переключение предызбирзтеля для реверсирования регулировочной части об­ мотки или для переключения грубых ступеней регулирования, поскольку эти положения дают разные воздействия на внутреннюю изоляцию.

###### В случае испытания трансформатора с обмотками грубого и тонкого регулирования, имеющего переключающее устройство с нелинейным элементом или искровым разрядником, которые могут сра­ батывать при испытании трансформатора на определенном положении переключателя ответвлений, может быть выбрано другое положение переключателя ответвлений. Соответствующие указания при­ ведены в [2].

* + 1. Регистрация во время испытаний

Приложенное испытательное напряжение должно быть записано с помощью измерительной си­ стемы. соответствующей *ГОСТР 55193.* Полученные записи должны четко отображать форму импульса приложенного напряжения (длительность фронта, длительность импульса и максимальное значение).

В протоколе испытаний должны быть представлены записанная кривая и максимальное значение записанной кривой (согласно *ГОСТ Р 55194).*

Также в протоколе испытаний должно быть приведено значение испытательного напряжения *Uv*

получаемое путем применения какой-либо фильтрации или коррекции выброса на фронте (см. ГОСТ*Р*

*55194).*

Для регистрации колебаний в обмотках должен быть использован по крайней мере один измери­ тельный канал. В большинстве случаев наилучшую чувствительность обнаружения повреждений обе­ спечивает осциллографироаание тока испытываемой обмотки на землю (тока в нейтрали) или тока неиспытываемой закороченной обмотки *(см. ДА 1.2).* Примерами других пригодных для регистрации величин являются ток между баком и землей и напряжение, наведенное на неиспытываемой обмотке. Выбранный метод обнаружения повреждений должен быть согласован между изготовителем и заказчи­ ком, если *в запросе,* заказе *или* договоре *поставки заказчиком установлены особые требова­ ния в части метода обнаружения* повреждении.

Дополнительные рекомендации по обнаружению повреждений, приемлемой длительности реги­ страции и лр. могут быть найдены в [2).

* + 1. Схемы испытаний
       1. Схемы испытаний линейных выводов

Последовательность импульсных испытаний применяется поочередно к каждому линейному вы­ воду испытуемой обмотки. Другие линейные выводы трансформатора при этом должны быть заземле­ ны непосредственно или. если это необходимо для обеспечения требуемой формы импульса, через сопротивление. Значение сопротивления не должно превышать волновое сопротивление присоеди­ няемой в эксплуатации линии (если заказчик предоставил соответствующее значение) или 400 Ом. е

22

ГОСТ Р 56738—2015

зависимости от того, что меньше. Во всех случаях, напряжение, возникающее во время импульсных испытаний на других линейных выводах относительно земли, не должно превышать 75 % испытатель\* ного напряжения грозового импульса для обмоток, соединенных в звезду, или 50 % для обмоток, соеди\* ненкых в треугольник. На каждом выводе должно быть использовано минимально возможное значение сопротивления, обеспечивающее получение требуемой формы импульса.

Если обмотка имеет вывод нейтрали, он должен быть заземлен непосредственно или через малое сопротивление, как. например, шунт для измерения тока. Бак трансформатора должен быть заземлен. Если требуемая форма импульса не может быть получена без использования резистора между нейтра\* лью и землей, то должна быть выполнена дополнительная последовательность импульсных испыта­ ний. В этом случае в первой последовательности импульсные испытания обмотки проводят на полное напряжение без резистора в нейтрали, при этом требуемая форма импульса может быть не получена, а во второй последовательности испытаний с резистором в нейтрали достигается требуемая форма импульса. Если требуется проведение испытания напряжением срезанного грозового импульса, такое испытание может не проводиться повторно во второй последовательности испытаний.

Если трансформатор снабжен внутренними нелинейными элементами, например ограничителя­ ми перенапряжений, которые будут ограничивать напряжение на внутренних частях трансформатора во время импульсного испытания, то распространяются положения 13.2.3. При испытаниях должны быть включены все внутренние нелинейные элементы, которые будут включены в условиях эксплуа­ тации. Внешние нелинейные элементы и другие внешние элементы для регулирования напряжения, например конденсаторы, должны быть отключены на время проведения испытаний.

Схема испытаний и измерительная схема должны оставаться неизменными во время приложений опорного импульса и импульсов нормированного испытательного напряжения.

Исключения из данной общей процедуры приведены в 13.3.2 и 13.3.3.

Примечание — Если по требованию заказчика необходимо проведете импульсного испытания изо­ ляции обмотки низшего напряжения с *UM* ниже 1 кВ. то такое испытание, как правило, проводят путем подачи напряжения на соединенные вместе выводы обмотки низшего напряжения (в т. ч. нейтрали этой обмотхи) при за­ землении выводов обмотки вьюшего напряжения.

###### Схемы испытаний вывода нейтрали

Грозовые импульсы напряжения прикладывают непосредственно к выводу нейтрали, при этом все остальные выводы трансформатора заземляют.

Если трансформатор снабжен внутренними нелинейными элементами, например ограничителя­ ми перенапряжений, которые будут ограничивать напряжение на внутренних частях трансформатора во время импульсного испытания, то распространяются положения 13.2.3. При испытаниях должны быть включены все внутренние нелинейные элементы, которые будут включены в условиях эксплуата­ ции. Внешние нелинейные элементы должны быть отключены на время проведения испытаний.

Для трансформаторов, имеющих регулирование напряжения в нейтрали, при проведении испыта­ ний должно быть выбрано ответвление с наибольшим коэффициентом трансформации, если иное не согласовано между изготовителем и заказчиком.

Схема испытаний и измерительная схема должны оставаться неизменными во время приложений опорного импульса и импульсов нормированного испытательного напряжения.

* + - 1. Схемы испытаний напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выводов (ГИМВ)

Заказчик должен указать выводы трансформатора, которые должны быть соединены вместе для проведения данного испытания.

Грозовые импульсы напряжения должны быть приложены одновременно к указанным линейным

выводам трансформатора, включенным вместе, при этом остальные выводы должны быть заземлены. Уровни испытательных напряжений и детали проведения испытания должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком. Испытание должно быть проведено поочередно для каждой из фаз.

Примечание — Во время испытания возникающие внутри обмотки напряжения могут существенно пре­ восходить напряжения на выводах трансформатора.

###### Испытание напряжением полного грозового импульса (ПГИ)

* + 1. Параметры импульса, определение значения испытательного напряжения и допуски Испытательный импульс напряжения должен быть стандартным полным грозовым импульсом с

длительностью фронта 1.2 мкс ± 30 % и длительностью импульса 50 мкс ± 20 %.

23

ГОСТ Р 56738—2015

При приемо-сдаточном испытании изоляции токоограничивающих реакторов напряжением гро­ зового импульса длительность импульса и отрицательный допуск на длительность фронта не нор­ мируются.

Примечание — Дополнительное по отношению к МЭК 60076-3:2013 положение введено с целью учета особенностей российской национальной стандартизации в части требований к испытаниям электрической прочности изоляции токоограничивающих реакторов.

###### Значение испытательного напряжения должно быть определено согласно ГОСТ Р 55194 {значе­ ние. получаемое после применения функции испытательного напряжения). Наибольшее относительное значение выброса на фронте согласно ГОСТ Р 55194 не должно превышать 10 %.

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

###### Допуск на испытательное напряжение составляет ± 3 %.

Необходимо, чтобы изготовитель на стадии размещения заявки выполнил оценку пригодности испытательного оборудования для обеспечения формы импульса в пределах установленных допусков для конкретной комбинации трансформатора и испытательного оборудования и имел достаточные ос­ нования ожидать выполнения требований, в случаях, когда изготовитель полагает, что обеспечение формы импульса является не реализуемым на практике ввиду характеристик трансформатора и что неизбежны отклонения от установленных параметров импульса, предусмотренных ниже, то это должно быть четко указано в договоре. По запросу заказчику должно быть предоставлено значение эффектив­ ной энергии импульса генератора.

Примечание 1 — Минимальная энергия генератора импульсов, необходимая для выполнения требова­ ния по длительности импульса (50 мкс) при импульсных испытаниях трансформатора, может быть определена с использованием следующего выражения (данное выражение носит исключительно рекомендательный характер и может приводить к заниженной оценке необходимой энергии: в качестве альтернативы может быть использована информация из предыдущего опыта испытаний аналогичных трансформаторов, при ее наличии):

100-2»-Mg *(Опги* f

™UUU \*\* А I I \*иЛм •

###### где Емим — минимальная необходимая энергия импульсного генератора. Дж;

/ — номинальная частота трансформатора. Гц:

*t2* — длительность импульса в секундах, *t2 -* 50 • 10~\* с;

*2* — сопротивление короткого замыкания со стороны испытываемых выводов трансформатора (см. *ГОСТ 30830 и ГОСТ Р 52719).* %;

###### *U* — номинальное линейное напряжение обмотки. В:

(/пги — испытательное напряжение полного грозового импульса испытываемой обмотки. В;

/) — коэффициент эффективности импульсного генератора: *о -* 1.0:

SH0M — номинальная мощность трансформатора (на три фазы), к которой приведено значение сопротивления короткого замыкания *г.* В А.

Допустимо увеличение длительности фронта полного грозового импульса для уменьшения вы­ бросов в случае, когда для обмоток, подлежащих испытанию напряжением срезанного грозового им- пульса, невозможно обеспечить стандартную форму импульса из-за малой индуктивности обмоток или большой емкости на землю, а получаемая форма импульса содержит наложенные колебания такие,

что относительное значение выброса превышает 5 %. Во всех случаях для *UKn* s 750 кВ длительность фронта не должна превышать 2.5 мкс. Если относительное значение выброса превышает 5 % при уровне напряжения, соответствующем нормированному напряжению полного грозового импульса, то

значение испытательного напряжения определяется согласно *ГОСТР 55194.* Допустимо применять ре­ комендации приложения *Б ГОСТ Р 55194—2012* к оценке параметров грозового импульса независимо от величины выброса.

Примечание 2 — Вышеприведенные указания предоставляют два пути решения проблемы выбросов с относительным значением более 5 %. Может быть увеличена длительность фронта, при этом если она превысит значение 1,2 мкс + 30 %. то потребуется проведение испытания напряжением срезанного грозового импульса для обеспечения воздействия высокой частоты. Агъгврмативно или в дополнение может быть увеличено максималь­ ное значение напряжения грозового импульса (максимальное значение записанной кривой) посредством примене­

24

ГОСТ Р 56738—2015

ния функции испытательного напряжения согласно *ГОСТ Р 55194 в* случае, если выброс превышает 5 %. а частота наложенных колебаний превышает 100 кГц.

###### Для трансформаторов с *UKn > 750* кВ возможны случаи, когда длительность фронта менее 2,5 мкс не может быть достигнута из-за очень высокой входной емкости на землю. В этих случаях большая

длительность фронта может быть принята по соглашению между изготовителем и заказчиком.

Если минимально допустимая длительность импульса не достигнута, то может быть принята бо­ лее короткая длительность импульса, но при этом испытательное напряжение должно быть увеличено на 1 % для каждых 2 мкс отклонения длительности импульса от 40 мкс. В этом случае минимально до­ пустимая длительность составляет 20 мкс. В случае обмоток низшего напряжения генераторных транс­ форматоров. для которых электрическое соединение выполнено таким образом, что в эксплуатации ис­ ключено появление грозовых импульсов, это требование может быть изменено по соглашению сторон.

Примечание 3 — При приемо-сдаточном испытании токоограничивающих реакторов указанное выше увеличение испытательного напряжения не требуется.

Примечание 4 —Дополнительное по отношению к МЭК 60076-3:2013 примечание 3 введено с целью учета особенностей российской национальной стандартизации в части требований к испытаниям электрической прочности изоляции токоограничивающих реакторов.

###### Дополнительные указания могут быть найдены в [2}.

* + 1. Испытание трансформаторов без встроенных нелинейных элементов
       1. Последовательность испытания Последовательность испытания должна содержать:

а) один опорный импульс напряжением от 50 до 70 % нормированного испытательного напря­ жения:

б) три последующих импульса напряжением 100 % нормированного испытательного напряжения.

Если во время любого из указанных выше приложений напряжения происходит перекрытие во внешней изоляции или разряд в искровом промежутке, включенном параллельно вводу трансформато­ ра. или если не удается выполнить запись по какому-либо измерительному каналу, такое приложение напряжения не должно приниматься во внимание, и должно быть выполнено повторное приложение напряжения.

Примечание — При испытании к трансформатору могут быть приложены дополнительные импульсы с максимальным значением, не превышающим уровень напряжения опорного импульса, такие дополнительные импульсы не требуется приводить в протоколе испытаний.

###### Критерии успешности испытания

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между осциллограмма­ ми напряжения и тока, записанными при опорном импульсе напряжения, и осциллограммами, записан­ ными при нормированном испытательном напряжении.

Примечание — Детальная интерпретация записанных осциллограмм и выявление различий между незначительными расхождениями и расхождениями, указывающими на повреждение, требуют наличия высокой квалификации и опыта. Дополнительная информация приведена в [2].

###### Если возникло падение (срез) напряжения, а между изготовителем и заказчиком достигнуто согла­ шение не считать испытание неуспешным, то последовательность испытания должна быть завершена, и затем должна быть повторно выполнена полная последовательность испытания с использованием исходного опорного импульса. Если при этом отмечено последующее падение (срез) напряжения или отклонение, то испытание считают неуспешным.

Дополнительные наблюдения в процессе испытания (необычные звуки и т. д.) могут быть исполь­ зованы для интерпретации осциллографических записей, однако сами по себе они не являются доказа­ тельствами отрицательного результата испытаний.

* + 1. Испытания трансформаторов со встроенными нелинейными элементами
       1. Последовательность испытания

Нелинейные элементы или ограничители перенапряжений, встроенные в трансформатор для ограничения переходных перенапряжений, могут срабатывать во время испытания, что может приве­ сти к различиям между осциллограммами, записанными при разных уровнях напряжения. Существует пороговое напряжение, при котором начинают появляться различия, обусловленные нелинейными эле­

25

ГОСТ Р 56738—2015

ментами, и последовательность испытания должна включать по меньшей мере одну запись ниже этого порогового напряжения.

Последовательность испытания должна содержать:

а) один опорный импульс напряжением от 50 до 60 % нормированного испытательного напряже­

ния; ния; ния;

5} один опорный импульс напряжением от 60 до 75 % нормированного испытательного напряже­ е) один опорный импульс напряжением от 75 до 90 % нормированного испытательного напряже­

*г)* три последующих импульса напряжением 100 % нормированного испытательного напряжения; д) сравнительный импульс напряжением по возможности таким же. как в е);

е) сравнительный импульс напряжением по возможности таким же. как в б); ж) сравнительный импульс напряжением по возможности таким же. как в а).

Напряжения опорных импульсов должны отличаться друг от друга по меньшей мере на 10 % от

нормированного испытательного напряжения.

Если осциллограммы, полученные при приложениях нормированного испытательного напряже­ ния. не отличаются от соответствующих осциллограмм, полученных для опорного импульса наимень­ шего напряжения, то допускается не прикладывать указанные выше импульсы *д).* е) и ж).

Примечание — При испытании к трансформатору могут быть приложены дополнительные импульсы с максимальным значением, не превышающим уровень напряжения опорного импульса, такие дополнительные импульсы не требуется приводить в протоколе испытаний.

###### Если во время любого из указанных выше приложений напряжения происходит перекрытие во внешней изоляции или разряд в искровом промежутке, включенном параллельно вводу трансформато­ ра. или если не удается выполнить запись по какому-либо измерительному каналу, такое приложение напряжения не должно приниматься во внимание, и должно быть выполнено повторное приложение напряжения.

* + - 1. Критерии успешности испытания

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между осциллограмма­ ми напряжения и тока, записанными при опорных импульсах напряжения, и осциллограммами, запи­ санными при нормированном испытательном напряжении.

Если это условие не выполнено, то должно быть сделано сравнение осциллограмм напряжения и тока для следующих импульсов:

* а) и ж);
* б) и е);
* в) и б);
* всех импульсов 100 % уровня напряжения.

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между сравниваемыми осциллограммами (за исключением тех. что могут быть объяснены небольшими различиями в значени­ ях испытательного напряжения), а любые отличия между следующими друг за другом осциллограмма­ ми являются монотонно возрастающими и согласуются с надлежащей работой нелинейных элементов.

Примечание — Дополнительная информация приведена в [2].

###### Если возникло падение (срез) напряжения, а между изготовителем и заказчиком достигнуто согла­ шение не считать испытание неуспешным, го последовательность испытания должна быть завершена, и затем должна быть повторно выполнена полная последовательность испытания с использованием исходного опорного импульса. Если при этом отмечено последующее падение (срез) напряжения или отклонение, то испытание считают неуспешным.

Дополнительные наблюдения в процессе испытания (необычные звуки и т. д.) могут быть исполь­ зованы для интерпретации осциллографических записей, однако сами по себе они не являются доказа­ тельствами отрицательного результата испытаний.

###### Испытание напряжением срезанного грозового импульса (СГИ)

* + 1. Параметры импульса

Форма полных грозовых импульсов должна быть согласно 13.2.1. Срезанный грозовой импульс должен иметь пр8Дразрядное время от 3 до 6 мкс. Время до первого переходе напряжения через ноль

26

ГОСТ Р 56738—2015

непосредственно после среза должно быть как можно меньше. Испытание должно быть выполнено без преднамеренно включенного в цепи среза демпфирующего сопротивления, но если при приложении сниженного напряжения коэффициент перехода через нуль *K q* (отношение максимального значения первого полупериода колебаний после среза к максимальному значению среэаннсго импульса) пре\* вышает 0.6 для трансформаторов и реакторов класса напряжения до 330 кВ включительно и 0.3 для трансформаторов и реакторов класса напряжения 500 кВ и выше, то в цели среза может быть включено минимально возможное сопротивление для снижения коэффициента до значения не менее 0.6 е первом случае и не менее 0.3 во втором.

Првдразрядное время может быть принято равным от 2 до 3 мкс при условии, что максимальное значение грозового импульса достигается до момента среза.

Примечания

1 Трансформаторы обычно проектируют таким образом, чтобы они выдерживали срезанный грозовой им­ пульс с максимальным значением первого полупериода колебаний после среза, равным 60 и 30 *%* от максималь­ ного значения импульса для трансформаторов и реакторов класса напряжения до 330 кВ включительно и класса напряжения 500 кВ и выше соответственно. Если трансформатор должен быть испытан третьей стороной, макси­ мальное значение первого полупериода колебаний после среза должно быть ограничено этим значением.

2См.ДБ.11 (приложение ДБ}.

###### Как правило, при испытаниях напряжением срезанного грозового импульса используют те же па­ раметры генератора импульсов и измерительного оборудования, что и при испытании напряжением полного грозового импульса, и добавляют лишь срезающее устройство.

При записи осциллограмм срезанных грозовых импульсов могут быть использованы развертки по времени, отличные от используемых для полных грозовых импульсов.

Рекомендуется использовать управляемое срезающее устройство с регулируемым предразряд- ным временем, при этом допустимо применение стержневого *или шарового* разрядника *(см. также ГОСТ Р 55194—2012, пункт 5.2.2).*

###### Максимальное значение напряжения срезанного грозового импульса должно быть согласно 7.2.2.

* + 1. Испытание трансформаторов без встроенных нелинейных элементов
       1. Последовательность испытания

Испытание совмещают в одну последовательность с испытанием напряжением полного грозового импульса. Если не указано иное, порядок приложения импульсов должен быть следующий:

а) один опорный полный грозовой импульс напряжением от 50 до 70 % нормированного испыта­ тельного напряжения полного грозового импульса:

б) один полный грозовой импульс напряжением 100 % нормированного испытательного напряже­

ния полного грозового импульса;

е) *три* срезанных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательного на­ пряжения срезанного грозовою импульса:

Примечание — См. ДБ.12 (приложение ДБ}.

###### г) два полных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательного напряже­ ния полного грозового импульса.

При испытании срезанным грозовым импульсов применяют те же измерительные каналы и осцил- лографические записи, что и при испытании полным грозовым импульсом.

Примечание — При испытании к трансформатору могут быть приложены дополнительные полные или срезанные грозовые импульсы с максимальным значением, не превышающим напряжение опорного импульса, такие дополнительные импульсы не требуется приводить в протоколе испытаний.

###### Если во время любого из указанных выше приложений напряжения происходит перекрытие во внешней изоляции или разряд в искровом промежутке, включенном параллельно вводу трансформато­ ра. или если не удается выполнить запись по какому-либо измерительному каналу, такое приложение напряжения не должно приниматься во внимание, и должно быть выполнено повторное приложение напряжения.

Для всех последовательных приложений срезанных грозовых импульсов должно быть использо­ вано по возможности одинаковое предразрядное время.

* + - 1. Критерии успешности испытания

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между осциллограммами напряжения и тока, записанными при опорном импульсе напряжения, и осциллограммами, записанными

27

ГОСТ Р 56738—2015

при нормированном испытательном напряжении, включая срезанные грозовые импульсы до момента среза. Отличия в срезанных грозовых импульсах после момента среза могут быть вызваны незначи­ тельными изменениями в работе и времени срабатывания срезающего устройства.

Примечание — Детальная интерпретация записанных осциллограмм и выявление различий между незначительными расхождениями и расхождениями, указывающими на повреждение, требуют наличия высокой квалификации и опыта. Дополнительная информация приведена 8 [2].

###### Если возникло падение (срез) напряжения, а между изготовителем и заказчиком достигнуто согла­ шение не считать испытание неуспешным, то последовательность испытания должна быть завершена, и затем должна быть повторно выполнена полная последовательность испытания с использованием исходного опорного импульса. Если при этом отмечено последующее падение (срез) напряжения или отклонения, то испытание считают неуспешным.

Дополнительные наблюдения в процессе испытания (необычные звуки и т. д.) могут быть исполь­ зованы для интерпретации есциллографических записей, однако сами по себе они не являются доказа­ тельствами отрицательного результата испытаний.

* + 1. Испытание трансформаторов со встроенными нелинейными элементами
       1. Последовательность испытания

Испытание совмещают в одну последовательность с испытанием напряжением полного грозового импульса.

Нелинейные элементы или ограничители перенапряжений, встроенные в трансформатор для ограничения переходных перенапряжений, могут срабатывать во время испытания, что может приве­ сти к различиям между осциллограммами, записанными при разных уровнях напряжения. Существует пороговое напряжение, при котором начинают появляться различия, обусловленные нелинейными эле­ ментами. и последовательность испытания должна включать по меньшей мере одну запись ниже этого порогового напряжения.

Последовательность испытания должна содержать:

а) один опорный полный грозовой импульс напряжением от 50 до 60 % нормированного испыта­ тельного напряжения полного грозовою импульса:

б) один опорный полный грозовой импульс напряжением от 60 до 75 % нормированного испыта­ тельного напряжения полного грозовою импульса;

е) один опорный полный грозовой импульс напряжением от 75 до 90 % нормированного испыта­ тельною напряжения полною грозовою импульса:

*г)* один полный грозовой импульс напряжением 100 % нормированного испытательного напряже­ ния полною грозового импульса;

б) *три* срезанных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательною на­ пряжения срезанного грозовою импульса;

Примечание — См. ДБ.13 (приложение ДБ).

###### е) два полных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательною напряже­ ния полною грозовою импульса;

ж) сравнительный полный грозовой импульс напряжением по возможности таким же. как в е);

и) сравнительный полный грозовой импульс напряжением по возможности таким же. как в б); к) сравнительный полный грозовой импульс напряжением по возможности таким же. как в а).

Напряжения опорных импульсов должны отличаться друг от друга по меньшей мере на 10 % от

нормированною испытательного напряжения.

Если осциллограммы, полученные при приложениях нормированною испытательного напряже­ ния, не отличаются от соответствующих осциллограмм, полученных для опорного импульса наимень­ шею напряжения, то допускается не прикладывать указанные выше импульсы ж), *и)* и к).

Интервал времени между приложением последнего срезанного грозового импульса и следующею за ним полного грозовою импульса должен быть минимально возможным.

Примечание — При испытании к трансформатору могут быть приложены дополнительные полные или срезанные грозовые импульсы с максимальным значением, не превышающим 75 *%* нормированного испытатель­ ного напряжения. Такие дополнительные импульсы не требуется приводить в протоколе испытаний.

###### Если во время любою из указанных выше приложений напряжения происходит перекрытие во внешней изоляции или разряд 8 искровом промежутке, включенном параллельно вводу трансформатора.

28

ГОСТ Р 56738—2015

или если не удается выполнить запись по какому-либо измерительному каналу, такое приложение на­ пряжения не должно приниматься во внимание, и должно быть выполнено повторное приложение на­ пряжения.

При испытании срезанным грозовым импульсов применяют те же измерительные каналы и осцил- лографические записи, что и при испытании полным грозовым импульсом.

Для всех последовательных приложений срезанных грозовых импульсов должно быть использо­ вано по возможности одинаковое предразрядное время.

* + - 1. Критерии успешности испытания

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между осциллограмма­ ми напряжения и тока, записанными при опорном импульсе напряжения, и осциллограммами, запи­ санными при нормированном испытательном напряжении, включая срезанные грозовые импульсы до момента среза. Отличия в срезанных грозовых импульсах после момента среза могут быть вызваны незначительными изменениями в работе и времени срабатывания срезающего устройства.

Если это условие не выполнено, то должно быть сделано сравнение осциллограмм напряжения и тока для следующих импульсов:

* а) и *к),*

###### б) и и);

* в) и ж):
* всех полных грозовых импульсов 100 % уровня напряжения;
* всех срезанных грозовых импульсов до момента среза.

Испытание считают успешным, если отсутствуют существенные отличия между сравниваемыми осциллограммами (за исключением тех, что могут быть объяснены небольшими различиями в зна­ чениях испытательного напряжения), а любые отличия между следующими друг за другом осцилло­ граммами являются монотонно возрастающими и согласуются с надлежащей работой нелинейных элементов.

Примечание 1 — Дополнительная информация приведена в {2].

###### Если возникло падение (срез) напряжения, а между изготовителем и заказчиком достигнуто согла­ шение не считать испытание неуспешным, то последовательность испытания должна быть завершена, и затем должна быть повторно выполнена полная последовательность испытания с использованием исходного опорного импульса. Если при этом отмечено последующее падение (срез) напряжения или отклонения, то испытание считают неуспешным.

Дополнительные наблюдения в процессе испытания (необычные звуки и т. д.) могут быть исполь­ зованы для интерпретации осциллографических записей, однако сами по себе они не являются доказа­ тельствами отрицательного результата испытаний.

Примечание 2—Информация, приведенная в [2] в части оценки формы импульса, основана на визуаль­ ном анализе полученных осциллографических записей. При определенных обстоятельствах более целесообразно выполнить оценку параметров формы нестандартных импульсов вручную, чем полагаться полностью на программ­ ные средства.

###### Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН)

* + 1. Общие указания

Полный грозовой импульс с напряжением, указанным для нейтрали, должен быть приложен не­ посредственно к выводу нейтрали, при этом остальные выводы трансформатора должны быть зазем­ лены.

* + 1. Параметры импульса

Параметры полных грозовых импульсов должны быть согласно 13.2.1. за исключением длитель­ ности фронта, для которой допускается увеличение до 13 мкс.

* + 1. Последовательность испытания

Последовательность испытания должна быть согласно 13.2.2.1 для трансформаторов без встро­ енных нелинейных элементов и согласно 13.2.3.1 для трансформаторов со встроенными нелинейными элементами.

* + 1. Критерии успешности испытания

Критерии успешности испытания должны быть согласно 13.2.2.2 для трансформаторов без встро­ енных нелинейных элементов и согласно 13.2.3.2 для трансформаторов со встроенными нелинейными элементами.

29

ГОСТ Р 56738—2015

## Испытание напряжением коммутационного импульса (КИ)

###### Общие требования

При испытании напряжением коммутационного импульса возникающие в обмотках трансформа- тора напряжения примерно пропорциональны отношению числа витков.

Значение напряжения при испытании напряжением коммутационного импульса должно опреде­ ляться обмоткой с наибольшим значением *U^.* Если имеется возможность регулирования отношения числа витков между обмотками путем переключения ответвлений, должны быть использованы те от­ ветвления. при которых напряжение на обмотке с меньшим значением будет как можно ближе к соответствующему значению *согласно 7.2.2.* Напряжение на обмотке с меньшим значением *U tn* может

быть меньше нормируемого для этой обмотки испытательного напряжения, что является допустимым.

Если для обмоток с меньшим значением *согласно 7.2.2* нет нормированного значения испытатель­ ного напряжения, то изготовитель может выбрать любое положение переключателя ответвлений для испытаний, если иное не указано заказчиком.

В трехфаэных трансформаторах напряжение, возникающее между линейными выводами во вре­ мя испытания, должно быть примерно в 1.5 раза больше напряжения между линейным выводом и вы­ водом нейтрали.

###### Схемы испытаний

Импульсы напряжения прикладывают либо непосредственно от импульсного генератора к линей­ ному выводу обмотки высшего напряжения, либо к обмотке низшего или среднего напряжения так. что­ бы требуемое испытательное напряжение индуктировалось в обмотке высшего напряжения. При этом напряжение, возникающее при испытании между линейным выводом обмотки высшего напряжения и землей, должно быть равным нормированному испытательному напряжению. Испытательное напряже­ ние должно быть измерено на линейном выводе обмотки высшего напряжения.

Трехфазный трансформатор должен быть испытан пофазно.

Выведенная нейтраль соединенных в звезду обмоток должна быть заземлена непосредственно или через малое сопротивление, как. например, шунт для измерения тока. При испытании таких обмо­ ток на двух неиспытываемых линейных выводах возникает напряжение противоположной полярности с максимальным значением, примерно равным половине испытательного напряжения, потому эти неис- лытываемые выводы не следует заземлять, но допустимо соединить вместе. Для ограничения напря­ жения противоположной полярности на уровне около 50 % от испытательного напряжения допускается включение демпфирующего резистора с большим сопротивлением (от 5 до 20 кОм) между неиспыты- ваемыми линейными выводами и землей.

Примечания

1. При испытании трехфазкых трансформаторов с пятистержневым магнитолроводом в соответствии с указаниями данного подраздела напряжение на двух неиспытываемых линейных выводах может превышать 50 %. в результате чего напряжение на междуфазной изоляции обмотки высшего напряжения мажет быть свыше 150 % от нормированного испытательного напряжения относительно земли и. таким образом, превысить нормирован­ ное испытательное напряжение междуфазной изоляции. Для предотвращения воздействия на междуфазную изоляцию напряжения сверх нормированного рекомендуется проводить испытания изоляции относительно зем­ ли отдельно от испытаний междуфазной изоляции, например, с использованием схем испытаний, приведенных в приложении ДА (см. ДА.2).
2. Дополнительное по отношению к МЭК 60076-3:2013 примечание 1 введено с цвгъю учета особенностей российской национальной стандартизации в части требований к электрической прочности изоляции.

###### Для обмоток, соединенных в треугольник, линейный вывод, соответствующий концу обмотки ис­ пытываемой фазы, при испытании должен быть заземлен непосредственно или через малое сопротив­ ление. при этом другие выводы должны быть незамкнуты. Испытания трехфаэных трансформаторов должны быть выполнены таким образом, чтобы для разных фаз заземлялись разные выводы треуголь­ ника. Обмотки, предназначенные для соединения в треугольник и имеющие более трех выведенных наружу выводов, должны быть собраны в треугольник для проведения испытания.

Если для однофазного трансформатора, имеющего одну или более обмоток, оба конца которых в эксплуатации будут подключены к линии, указано проведение испытания напряжением коммутационно­ го импульса, то такое испытание должно применяться к обоим концам обмотки.

30

ГОСТ Р 56738—2015

Для обмоток, соединенных в звезду и не имеющих выведенной или заземленной нейтрали, не всегда возможно обеспечить требуемое испытательное напряжение посредством заземления одного или нескольких линейных выводов, в этом случае схема испытаний должна быть согласована между изготовителем и заказчиком.

Защитные искровые промежутки, установленные на вводах трансформатора, могут быть демон­ тированы либо может быть увеличено расстояние между их электродами для исключения их срабаты­ вания во время испытаний.

###### Параметры импульса

Испытания внутренней изоляции проводят, как правило, при отрицательной полярности напряже­ ния для снижения риска случайных перекрытий в испытательной схеме.

Импульс напряжения должен иметь время подъема (Гп по *ГОСТР* 55194) не менее 100 мкс. время свыше 90 % нормированного максимального значения (Г90 по *ГОСТР* 55194) не менее 200 мкс и дли­ тельность импульса (Ги по *ГОСТР* 55194) не менее 1000 мкс.

Примечание 1 — Параметры импульса отличны от стандартного апериодического коммутационного им­ пульса 250/2500 мкс по *ГОСТ Р 55194,* поскольку стандартный апериодический коммутационный импульс предна­ значен для испытания оборудования, не имеющего насыщающихся магнитных цепей. Время подъема Гп принято достаточно большим для обеспечения практически линейного распределения напряжения вдоль обмоток.

###### В процессе испытания может происходить уменьшение длительности импульса за счет остаточ­ ной намагниченности магнитолровода. что может быть устранено путем создания в стержне магнито- провода остаточной намагниченности, имеющей обратный знак по отношению к магнитному потоку, создаваемому при приложении испытательного напряжения. Как правило, это выполняется путем подачи импульсов противоположной полярности с напряжением, не превышающим 70 % от норми­ рованного испытательного напряжения, но могут быть использованы и другие методы. Допустима длительность импульса менее 1000 мкс. если при этом было достигнуто полное обратное насыщение сердечника.

Примечание 2 — Во время испытания в магнитной цепи создается значительный магнитный лоток. Им­ пульс напряжения может сохранять свою форму до того момента, пока в стержне не будет достигнуто насыщение стали и не произойдет резкого снижения магнитного сопротивления магнитопроеода трансформатора.

###### При испытании объектов, не имеющих магнитопроеода или имеющих магнитопровод с воздушны­ ми зазорами, допустима длительность импульса менее 1000 мкс (см. также (2)).

###### Последовательность испытания

Последовательность испытания должна состоять из одного опорного импульса напряжением от 50 до 70 % нормированного испытательного напряжения и трех импульсов нормированного ис­ пытательного напряжения. Перед приложением каждого импульса нормированного испытательного напряжения должно быть выполнено приложение достаточного количества импульсов обратной полярности, чтобы обеспечить аналогичное намагничивание магнитопроеода перед приложением каждого такого импульса и сделать длительности импульсов примерно равными, насколько это воз­ можно.

Примечание — Если при припожент нормированного испытательного напряжения не происходит на­ сыщения магнитопроеода. то приложение импульсов обратной полярности не требуется.

###### При испытании должно быть выполнено осциллографирование импульса напряжения на ис­ пытываемом линейном выводе и тока, протекающего между испытываемой обмоткой и землей. Если во время любого из указанных выше приложений напряжения происходит перекрытие во внешней изоляции или разряд в искровом промежутке, включенном параллельно вводу трансформатора, или если не удается выполнить запись по какому-либо измерительному каналу, такое приложение на­ пряжения не должно приниматься во внимание, и должно быть выполнено повторное приложение напряжения.

###### Критерии успешности испытания

Испытание считают успешным, если не произошло падения (среза) испытательного напряжения и отсутствуют резкие изменения в осциллограммах напряжения или тока.

31

ГОСТ Р 56738—2015

Дополнительные наблюдения в процессе испытания (необычные звуки и т. д.) могут быть исполь­ зованы для интерпретации осциллографических записей, однако сами по себе они не являются доказа­ тельствами отрицательного результата испытаний.

Примечание — Следующие друг за другом осциллограммы могут отличаться в связи с влиянием на­ сыщения магнитопроеода на длительность импульса.

## Действия в случае неуспешных испытаний

###### Если трансформатор не выдержал одно из испытаний электрической прочности изоляции, то по­ сле устранения повреждений должна быть повторена полная последовательность испытаний электри­ ческой прочности изоляции при нормированных значениях испытательных напряжений. Однако в слу­ чаях. когда есть основания полагать, что некоторые части трансформатора, которые были проверены полностью, не были затронуты повреждением или ремонтом, то по усмотрению заказчика эти части мо­ гут не испытываться повторно. Особое внимание следует уделять возможности загрязнения или пере­ ходных процессов внутри трансформатора, вызванных повреждениями отдельных элементов, которые могут приводить к повреждениям других элементов трансформатора.

Если трансформатор не удовлетворяет критериям успешности испытания, и установлено, что причиной тому является повреждение высоковольтного ввода, то при условии, что заказчику доказано, что трансформатор не пострадал при повреждении ввода, допустимо заменить этот ввод и незамедли­ тельно продолжить испытания трансформатора до завершения.

Если критерии успешности не выполняются в определенном испытании в результате внешнего по отношению к трансформатору перекрытия, то данное испытание может быть повторено, и в случае успешности последовательность испытаний может быть завершена, при этом повторение ранее вы­ полненных успешных испытаний не требуется.

## Внешние воздушные промежутки

###### Общие требования

Этот раздел стандарта применим в случаях, когда размеры внешних воздушных промежутков не указаны заказчиком. Если размеры воздушных промежутков указаны заказчиком, изготовитель может применить более высокие значения, если это требуется по условию проведения испытаний.

Под размером внешнего воздушного промежутка понимается кратчайшее расстояние между лю­ бой металлической частью ввода трансформатора, находящейся под напряжением, и любой другой частью трансформатора, определяемое по линии, не проходящей через тело изолятора (высоковольт­ ного ввода).

Данный стандарт не применим для выбора воздушных промежутков между частями самих вводов. Для того чтобы ввод выдержал установленные для него испытания, необходимая его длина может быть больше указанных в данном стандарте размеров внешних воздушных промежутков.

Настоящий стандарт не учитывает риска проникновения птиц и других животных.

Указанные в данном стандарте размеры воздушных промежутков относительно земли основаны на приведенных в (1) значениях для системы электродов «стержень — плоскость» при напряжении полного грозового импульса менее 850 кВ и системы электродов «провод — плоскость» при больших напряжениях полного грозового импульса. Следует применять наибольший из размеров воздушных промежутков, определяемых по напряжениям коммутационного и полного грозового импульсов. Раз­ меры воздушных промежутков между фазами основаны на значениях, приведенных в [1] для системы электродов «провод — провод» и соответствующих отношению значений напряжения коммутационно­ го импульса между фазами и относительно земли, равному 1.5. В связи с этим предполагается, что в случае нормированного испытательного напряжения полного грозового импульса 850 кВ и более концы высоковольтных вводов и любые соединения, как правило, имеют скругленные формы электродов.

Предполагается, что зажимы проводников и соответствующие экранирующие электроды имеют подходящую скругленную форму, такую, что они не уменьшают напряжение полного разряда внешней изоляции. Также предполагается, что расположение присоединенных проводников не сокращает рас­ четные размеры воздушных промежутков, предусмотренные в трансформаторе. Конструкция должна обеспечивать присоединение необходимых проводников к выводам высоковольтных вводов, не приво­ дя при этом к сокращению размеров воздушных промежутков, приведенных в настоящем стандарте.

32

ГОСТ Р 56738—2015

Если заказчиком предусмотрено выполнение соединений с трансформатором особым образом, который приведет к снижению расчетных размеров воздушных промежутков, это должно быть указано в запросе и договоре поставки.

В случае сравнительно небольшого оборудования на большие номинальные напряжения, а также в случае ограничений по месту для установки может быть технически сложным обеспечить размеры воздушных промежутков, отвечающие требованиям настоящего стандарта. Принцип, заложенный в на­ стоящем стандарте, состоит в том, чтобы обеспечить минимальные некритичные размеры воздушных промежутков, которые отвечают требованиям без какой-либо необходимости дальнейшего их рассмо­ трения или подтверждения при различных состояниях системы и при разных климатических условиях. Другие размеры воздушных промежутков, основанные на существующей практике, подлежат согласо­ ванию между изготовителем и заказчиком.

Размеры воздушных промежутков определяют по нормированным испытательным напряжениям внешней изо ляции трансформатора, если иное не указано в запросе и заказе. В случае если размеры воздушных промежутков трансформатора равны или превышают значения, указанные в настоящем стандарте, и высоковольтные вводы имеют правильно выбранные параметры согласно ЛОСГ *Р 55187,* то внешняя изоляция трансформатора считается удовлетворяющей требованиям настоящего стандар­ та без дополнительных испытаний.

Примечание 1 — В отличие от внутренней изоляции внешняя изоляция характеризируегся зависи­ мостью импульсной электрической прочности от полярности напряжения. Испытания, нормированные для вну­ тренней изоляции трансформатора, не подтверждают автоматически того, что внешняя изоляция соответствует установленным требованиям. Рекомендуемые размеры воздушных промежутков выбраны по положительной по­ лярности напряжения как наиболее определяющей.

Примечание 2 — В некоторых странах нормированные размеры воздушных промежутков могут отли­ чаться. если они были выбраны, лишь исходя из выдерживаемых значений напряжения полного грозового импуль­ са и переменного напряжения.

Примечание 3 — В случае применения меньших воздушных промежутков, чем указано в данном раз­ деле стандарта, должны быть проведены типовые испытания на конструкции, имитирующей фактические размеры воздушных промежутков, с использованием испытательных напряжений и методов испытаний, нормированных для внешней изоляции трансформатора по ГОСТ Р 55/95 и ГОСТ.® 55/94 соответственно (см. ДБ. 15, приложение ДБ).

###### Если трансформатор предназначен для эксплуатации на высоте установки над уровнем моря свыше 1000 м. требуемые размеры воздушных промежутков должны быть увеличены на 1 % на каждые 100 м сверх 1000 м.

Требования установлены для следующих воздушных промежутков:

* от вводов до заземленных частей и нейтрали;
* между вводами разных фаз одной обмотки:
* между вводами обмотки высшего напряжения и обмотки низшего напряжения (см. 16.2).

Из вышеуказанного следует, что рекомендуемые значения размеров воздушных промежутков явля­ ются. по сути, минимальными значениями. Конструктивные размеры воздушных промежутков, представ­ ляющие собой номинальные значения с учетом нормальных производственных допусков, должны быть выбраны так. чтобы фактические размеры воздушных промежутков были не меньше нормированных зна­ чений. Конструктивные размеры воздушных промежутков должны быть указаны на габаритном чертеже.

Эти положения должны быть приняты в качестве доказательства того, что трансформатор соот­ ветствует требованиям настоящего стандарта или требуемым уточненным значениям, которые могут быть согласованы в конкретном договоре на поставку оборудования.

###### Размеры воздушных промежутков

Минимальные размеры воздушных промежутков приведены в таблице 5 для каждого из значений

*класса напряжения и № . а* также испытательных напряжений грозового и коммутационного импульсов.

Таблица 5 — Минимальные размеры воздушных промежутков

мм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс | Напряжение полного грозового импульса (ПГИ), кВ | Напряжение | Минимальные размеры воздушных промежутков, | |
| напряжения обмотки IV «8 | комму? эционного импульса <КИ), «В |
| до ыдемпеиных честей | между фазами |
| S 1.0 | — | — | — | — |

33

ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы 5*

ков, мм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс напряжения обмотки  U^k B | Напряжение полного гроаоеого импульса (ЛГИ), кВ | Напряжение коммутационного импульса <КИ). к | Минимальные размеры воздушных промежут | |
| Вдо заземленных частей | между фазами |
| 3 | 40 | — | 60 | 60 |
| 6 | 60 | — | 90 | 90 |
| 10 | 75 | — | 120 | 120 |
| 15 | 95 | — | 160 | 160 |
| 20 | 125 | — | 220 | 220 |
| 24 | 150 | — | 280 | 280 |
| 27 | 170 | — | 320 | 320 |
| 35 | 190 | — | 360 | 360 |
| 110 | 480 | — | 900 | 1000 |
| 150 | 550 | — | 1100 | 1200 |
| 220 | 750 | — | 1500 | 1700 |
| 330 | 950 | 850 | 1900 | 2600 |
| 1050 | 950 | 2200 | 3100 |
| 500 | 1300 | 1050 | 2600 | 3600 |
| 1550 | 1230 | 3600 | 5000 |
| 750 | 1800 | 1425 | 4200 | 5800 |
| 2100 | 1550 | 4900 | 6700 |
| 1150 | 2250 | 1800 | 6300 | — |

Примечание — См. ДБ. 16 (приложение ДБ).

###### Приведенные минимальные размеры воздушных промежутков между фазами относятся только к промежуткам между линейными выводами одной обмотки. Размеры воздушных промежутков до эаэем\* ленных частей относятся ко всем остальным промежуткам, включая промежутки до линейных выводов других обмоток и вывода нейтрали.

34

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение А (справочное)

Руководство по измерению интенсивности частичных разрядов в трансформаторах

А.1 Общие сведения

Данное приложение в первую очередь применимо для измерений интенсивности частичных разрядов, вы­ полняемых в процессе проведения испытания длительным переменным напряжением с измерением интенсив­ ности частичных разрядов (ДПН) согласно 11.3. но может быть также применимо для любых других измерений интенсивности частичных разрядов.

*Согласно ГОСТ Р 55191* под частичным разрядом (ЧР) понимается электрический разряд, который шунтиру­ ет лишь часть изоляции между электродами, находящимися под разными потенциалами. В трансформаторе такой частичный разряд вызывает переходное изменение напряжения относительно земли на каждом внешне доступном выводе обмотки.

Для измерения интенсивности частичных разрядов измерительные элементы подключают между заземлен­ ным баком и выводами трансформатора, как правило, через измерительный вывод высоковольтного ввода или через отдельный соединительный конденсатор, как описано в А.2.

Фактический заряд, проходящий в месте частичного разряда, не мажет быть измерен непосредственно, вме­ сто него на выводе трансформатора измеряется кажущийся заряд g согласно *ГОСТ Р* 55191. используя подходя­ щую калибровку (см. А.2).

Отдельный частичный разряд приводит к различным значениям кажущегося заряда на разных выводах трансформатора. Сравнение одновременно полученных показаний на разных выводах может дать информацию о местонахождении источника частичного разряда внутри трансформатора (см. А.5).

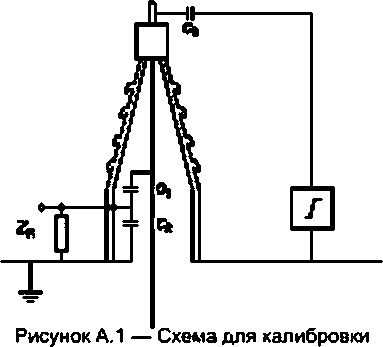
Методика приемо-сдаточных испытаний, приведенная в 11.3. предполагает необходимость измерения кажу­ щегося заряда на линейных выводах обмоток.

А.2 Подключение измерительных и калибровочных цепей — процедура калибровки

Методы измерения и требования к измерительному оборудованию установлены в *ГОСТ Р* 55191.

Принцип калибровки состоит в определении изменения напряжения на одном из выводов трансформатора, вызываемого подачей на этот вывод калиброванного значения заряда. Изменение напряжения измеряется с по­ мощью последовательно включенного соединительного конденсатора (как правило, ввода конденсаторного типа) и измерительного элемента. Стандартным подключением при испытании трансформаторов является подключение измерительного элемента непосредственно к измерительному выводу ввода.

Измерительное оборудование может быть подключено к измерительному элементу с помощью соответству­ ющего коаксиального кабеля. Волновое сопротивление кабеля и согласованное с ним входное сопротивление из­ мерительного прибора могут являться частью сопротивления измерительного элемента. В некоторых системах испотьзуют оптоволоконные кабели между измерительным элементом и записывающим оборудованием. Как пра­ вило. измерительный элемент, кабвгъ и измеригегъный прибор поставляются вместе, за счет чего достигается оптимизация показателей системы в целом.



измерения интенсивности частичных разрядов с использованием измерительного вывода ввода конденсаторного типа

При измерении интенсивности частичных разрядов на одном из линейных выводов обмотки обычной практикой является включение со­ противления измерительного элемента Zw между измерительным вы­ водом соответствующего ввода конденсаторного типа и заземленным фланцем этого ввода (см. рисунок А.1). Если конструкцией ввода не предусмотрен измерительный вывод, можно изолировать фланец ввода относительно бака и использовать его в качестве измерительного вы­ вода. Емкости между центральной трубой и измерительным выводом ввода и между измерительным выводом и землей работают как емкост­ ной делитель напряжения для сигнала частичного разряда. Калибров­ ка выполняется путем подачи калибровочного сигнала между верхней контактной клеммой ввода и землей. Для учета влияния фильтрующих цепей (если они используются) и дополнительной емкости элементов испытательной схемы в процессе калибровки к контактной клемме вво­ да должна быть подключена по возможности большая часть испыта­ тельной схемы, не находящаяся под напряжением.

Если измерения интенсивности ЧР должны быть сделаны на вы­ воде трансформатора, на котором установлен высоковольтный ввод без измерительного вывода или изолированного фланца, то используют ог-

35

ГОСТ Р 56738—2015

дельный высоковольтный соединительный конденсатор. Для измерений необходим соединительный конденсатор, свободный от частичных разрядов, а его емкость С должна быть достаточно большой по сравнению с емкостью калибровочного генератора Cjj (дополнигегъные требования — см. *ГОСТ Р 55191).* Измерительный элемент (с за­ щитным искровым промежутком) подключается между выводом низкого напряжения конденсатора и землей (см. рисунок А.2).

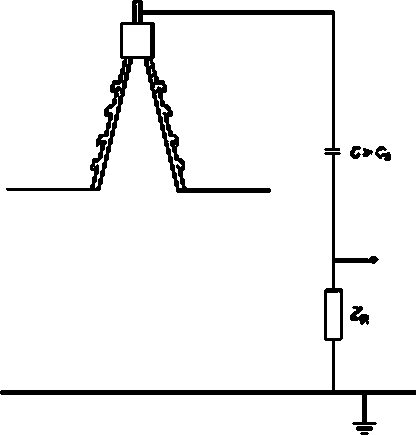


Рисунок А.2 — Схема измерения интенсивности частичных разрядов с использованием высоковольтного соединительного конденсатора

Калибровка всей измерительной системы производится путем введения известного заряда через вывод трансформатора. В соответствии с ГОСТ *Р 55191* калибровочный генератор состоит из генератора прямоугольных импульсов с короткими фронтами и включенного последовательно с его выходом конденсатора с известной емко­ стью С0.

Емкость Сф должна быть небольшой по сравнен wo с С, (см. *ГОСТ Р 55191* для дополнительных требований

относительно времени подъема и выбора Cq ). Если генератор подключен между выводом трансформатора и зем­ лей. вводимый заряд от генератора импульсов будет равен:

где До — калибровочный кажущийся заряд:

###### » ЧА

*UQ* — напряжение калибровочных импульсов, выбранное для обеспечения необходимого значения

— значение емкости последовательного конденсатора.

Уровень калибровочного заряда 90 должен соответствовать установленному предельному уровню частичных разрядов (как правило, в диапазона от 50 до 200 % от предельного значения). Для проверки работы измерительно­ го прибора могут быть полезны дополнительные измерения с помощью калибровочного генератора при различных значениях Qq .

Удобным является применение калибровочного генератора с частотой повторения импульсов, синхронизи­ рованной с промышленной частотой, лоскогъку в таком случае результирующий импульс может быть отображен на измерительном приборе, также синхронизованном с промышленной частотой.

Во избежание ошибок соединительные провода между выводом трансформатора и калибровочным генера­ тором. а также между калибровочным генератором и землей (на фланце ввода) должны быть настолько короткими, насколько это возможно. Желательно, чтобы калибровочный генератор имел питание от батареи и небольшие габариты для удобного использования на выводах трансформатора.

Этот метод калибровки обеспечивает измерение на выводе трансформатора кажущегося заряда, являюще­ гося основной характеристикой частичных разрядов в данном стандарте, но не дает фактической интенсивности частичных разрядов, происходящих едали от вывода, поскольку путь распространения сигнала от места разряда к выводу при калибровке не учитывается.

А.З Измерительные приборы и частотные диапазоны

Характеристики измерительных приборе» должны соответствовать *ГОСТ Р 55191.*

Графическое отображение любого обнаруженного частичного разряда, как правило, является полезным, в частности, потому, что это позволяет различить реальные частичные разряды в трансформаторе от помех. Такое

36

ГОСТ Р 56738—2015

различение основано на анализе частоты повторения, момента времени появления ЧР на кривой напряжения. ра> линий в полярности и др.

Во время испытания уровень частичных разрядов должен наблюдаться непрерывно либо через короткие промежутки времени. Непрерывная запись сигнала не является обязательной.

Системы измерения частичных разрядов классифицируются как узхополосные и широкополосные системы. Узкополосные системы работают с полосой пролусхания около 10 кГц или менее на определенной частоте на­ стройки (например, измерители радиопомех). Широкополосные системы используют относительно большое соот­ ношение между нижней и верхней границей частотного диапазона, например. 50 и 600 кГц.

При использовании узкополосной системы помех от местных радиостанций можно избежать путем соот­ ветствующей настройки средней частоты диапазона, при этом требуется дополнительная проверка того, что резо­ нансные явления в обмотках трансформатора вблизи частоты измерения не оказывают сильного влияния на ре­ зультаты измерений. Узкополосный прибор должен работать на частоте не выше 500 кГц. предпочтительно менее

300 кГц. что связано со следующими причинами. Во-первых, передача импульса разряда сопровождается сильным затуханием высокочастотных компонентов. Во-вторых, при подаче калибровочного импульса на линейный вывод импульс, схорее всего, будет возбуждать локальные колебания на выводе и вблизи него, что усложнит калибровку в случае, когда используется средняя частота диапазона выше 500 кГц.

Широкополосная измерительная система является менее критичной в части затуханий и реакции на различ­ ные формы импульсов, но является более восприимчивой к помехам при проведении испытаний в помещениях, не имеющих электромагнитного экранирования. Для уменьшения помех от внешних воздействий, например радио­ передающих устройств, могут быть испогъзованы заграждающие фильтры или другие типы фильтров.

Выбор диапазона частот для измерений не влияет на общую картину импульсов частичных разрядов и стати­ стическое поведение разряда, которые могут быть использованы для определения источника разрядов.

Как итог, предпочтение следует отдавать широкополосным измерительным системам ввиду большей вероят­ ности обнаружения частичных разрядов, при этом полоса пропускания должна быть не менее 100 кГц. В опреде­ ленных случаях для устранения помех может потребоваться применение узкополосных систем. Следует обратить особое внимание на выбор средней частоты диапазона для обеспечения приемлемой чувствительности к частич­ ным разрядам в трансформаторе.

А.4 Действия при неуспешном испытании

Критерии успешности испытаний в части уровня ЧР приведены в 11.3.5. Если при испытании не произошло среза (падения) напряжения, но испытание было неуспешным по причине превышения допустимых значений уров­ ня ЧР. то такое испытание должно первоначально рассматриваться как неразрушающее. а объект испытаний не должен быть немедленно отбракован на основании тэкого результата. При этом должны быть выполнены дальней­ шие исследования в целях идентификации и определения местоположения источника частичного разряда.

Следующим важным моментом является то. сохранялись ли при напряжении ниже рабочего частичные раз­ ряды. которые были инициированы во время приложения испытательного напряжения и коррелируют с фазой напряжения, поскольку такие частичные разряды с большой степенью вероятности будут губительны для транс­ форматора в эксплуатации.

В первую очередь следует провести анализ испытательной схемы, чтобы найги какой-либо явный признак не относящихся к объекту испытаний источников частичных разрядов. После этого следует провести обсуждение между изготовителем и заказчиком, чтобы принять решение о необходимости дагьнейших дооолнигегъных испы­ таний или других действий для того, чтобы подтвердить наличие серьезных частичных разрядов игы удовлетвори­ тельное для эксплуатации состояние трансформатора.

Ниже приведены некоторые предложения, которые могут быть полезными ео время вышеуказанных дей­

ствий.

* Следует установить, коррелируют показания измерений уровня ЧР с последовательностью испытания или

они являются лишь совпадением и вызваны сигналами от источников, отличных от частичных разрядов. Для этого целесообразно выполнить осциллотрвфироеание и запись фазовых диаграмм частичных разрядов. Например, сигналы от внешних возмущений метут быть идентифицированы по их нвсинхронмости с испытательным напря­ жением.

* Следует установить, не передаются ли сигналы, воспринимаемые как частичные разряды, от источника питания. В таких случаях может быть полезной установка фильтров нижних частот на подводящих проводах, со­ единяющих источник питания с испытуемым трансформатором.
* Следует установить, находится источник частичных разрядов внутри трансформатора или снаружи него (объекты с плавающим потенциалом в испытательном зале, гокоеедущие части 8 воздухе или острые кромки на заземленных частях трансформатора). Поскольку данное испытание направлено на проверку внутренней изоля­ ции трансформаторе, допускается и рекомендуется применение электростатического экранирования во внешней изоляции трансформатора.
* Следует установить возможное расположение источника (или источников) применительно к электрической схеме трансформатора, для чего могут быть полезны пофазное испытание и испытание приложенным напряжени­ ем. Существует несколько известных и опубликованных методов локации источников частичных разрядов. Один

37

ГОСТ Р 56738—2015

из методов — метод градуировочной матрицы основан на корреляции показаний и калибровки для разных пар выводов трансформатора (в дополнение к обязательной регистрации показаний между линейным выводом и зем­ лей. см. приложение *ДА. ДА.4.2).* Также в случае применения широкополосной измерительной системы возможно сравнение характерных форм импульсов во время испытаний с соответствующими калибровочным осциллограм­ мами. Отдельным случаем является выявление частичных разрядов в изоляции ввода конденсаторного типа.

* Следует установить расположение историка (или источников) внутри бака акустическим или ультразвуко­ вым методом обнаружения.
* Следует установить место и характер источника, используя ультравысокочасготные электромагнитные

датчики, введенные в бак.

* Следует установить возможную физическую природу источника на основе выводов, сделанных, исходя из изменений сигналов в зависимости от уровня испытательного напряжения, эффекта гистерезиса, картины сле­ дования импульсов частичных разрядов относительно кривой испытательного напряжения, развития частичных разрядов во времени и пр.
* Частичные разряды в изоляционных системах могут быть вызваны недостаточной сушкой или недостаточ­ ной пропиткой жидким диэлектриком, что. как правило, может быть выявлено по фазовой диаграмме частичных разрядов. В этом случав могут быть применены повторная технологическая обработка трансформатора или пере­ рыв в испытании на некоторое время с последующим повторением испытания.
* Даже ограниченное действие частичного разряда относительно высокой интенсивности может привести к локальному разложению масла или жидкого диэлектрика и временному снижению напряжений погасания и зажи­ гания частичных разрядов, но исходные условия могут восстановиться самостоятельно за несколько часов.
* Огносигвгьно небольшое изменение уровня частичных разрядов с увеличением напряжения, фазовая ди­ аграмма частичных разрядов, характерная для плавающих частиц примесей е электрическом поле, и отсутствие увеличения уровня со временем могут быть приняты в качестве доказательств того, что трансформатор пригоден для эксплуатации. В этом случае может быть согласовано повторение испытания, возможно, с увеличением дли­ тельности его проведения и. возможно, с повышением уровня напряжения, поскольку это может снизить уровень частичных разрядов с течением времени.
* Как правило, после выемки активной части из бака {или снятии колокола бака) не обнаруживаются следы частичных разрядов, за исключением случаев, когда трансформатор подвергался в течение дттельного периода времени воздействию частичных разрядов с интенсивностью, значительно превышающей допустимый уровень. К такой процедуре можно прибегнуть лишь в крайнем случае, когда другие средства улучшения характеристик трансформатора или определения источника частичных разрядов не дали должного результата.

38

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение £ (справочное)

Перенапряжения, наведенные на обмотке низшего напряжения с обмотки высшего напряжения

6.1 Общие сведения

Проблема наведенных перенапряжений в хонгексте электрических сетей рассмотрена в (3]. Сведения, при­ вешенные ниже, затрагивают только вопросы, связанные с самим трансформатором при оообых условиях эксплу­ атации. Рассматриваемые наведенные перенапряжения представляют собой выбросы напряжения или перена­ пряжения переходного режима.

Примечание — Определение воздействий на обмотки низшего напряжения является обязанностью за­ казчика. Если такая информация не может быть предоставлена, изготовитель может предоставить информацию об ожидаемых наведенных напряжениях при разомкнутых выводах обмотки низшего напряжения, а также о параметрах резисторов или конденсаторов, которые необходимы для ограничения напряжений в пределах допустимых значений.

£.2 Передача импульсного напряжения

£.2.1 Общие сведения

Рассмотрение наведенных перенапряжений для конкретной установки трансформатора е общем случае оправдано только для крутмых генераторных трансформаторов, которые обладают большим коэффициентом трансформации, и для крупных сетевых трансформаторов высокого напряжения, имеющих третичные обмотки с низким напряжением.

Следует рассмотреть наведенные напряжения на третичной обмотхе однофазных автотрансформаторов при их соединении в трехфазную группу, поскольку такие автотрансформаторы испытывают отдельно друг от друга.

Для подтверждения того, что наведенные напряжения не превышают указанный уровень, или того, что приме­ нение специальных средств ограничения перенапряжений не требуется, может быть выполнено осциллографироеа- ние наведенных напряжений с использованием генератора повторяющихся импульсов низкого напряжения. В качестве альтернативы такие измерения могут быть выполнены при пониженном напряжена во время импульсных испытаний.

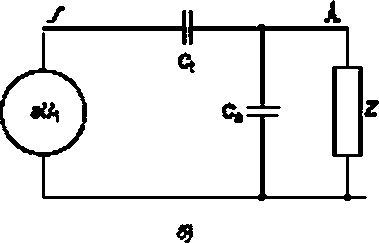
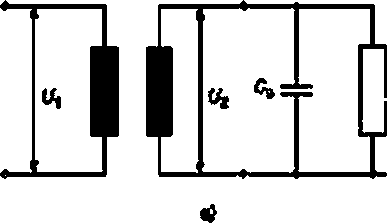
Удобно различать два механизма передачи импульсов, а именно емкостную передачу напряжения и индук­ тивную передачу напряжения.

£.2.2 Емкостная передача напряжения

Емкостная передача перенапряжения на обмотку низшего напряжения может в первом приближении быть описана как емкостное деление напряжения. Простейшая эквивалентная схема относительно выводов обмотки низшего напряжения состоит из источника электродвижущей силы (ЭДС) и последовательно включенной проход­ ной емкости С( (см. рисунок £.1).

Эквивалентная ЭДС есть доля s от набегающего импульса напряжения на стороне обмотки высшего напря­ жения. С, имеет порядок 10'9 Ф; 5 и С, не являются четко определенными величинами и зависят от формы фронта импульса напряжения. Их значения могут быть определены путем осциплографировакия. Предварительный рас­ чет значений этих величин не является достоверным.

Подключение выводов вторичных обмоток к распределительным устройствам, коротким кабелям или допол­ нительным конденсаторам (емкостью несколько нФ), которое эквивалентно включению сосредоточенной емкости С, непосредственно к выводам этих обмоток (даже в течение первой микросекунды), уменьшает максимальные значения наведенных перенапряжений. Более длинные кабели или шины могут быть представлены их волновым сопротивлением. Получаемая форма перенапряжений на вторичных обмотках, как правило, имеет вед коротких (мгкросекундных) импульсов, соответствующих фронту набегающей волны перенапряжения.



###### Рисунок £.1 — Схемы замещения для емкостного наведения напряжения

39

ГОСТ Р 56738—2015

5.2.3 Индуктивная передача напряжения

Индуктивная передача импульса напряжения зависит от протекания импульсного тока в обмотке высшего напряжения.

При отсутствии внешней нагрузки на вторичной обмотке переходное напряжение, как правило, имеет харак­

тер наложенных затухающих колебаний с частотой, определяемой индуктивностью рассеяния и ешостью обмотки.

Снижение индуктивно передаваемых компонент перенапряжения может быть осуществлено путем демпфи­ рования колебаний с помощью ограничителя перенапряжений или путем изменения колебательного процесса с помощью емкостной нагрузки. При использовании конденсаторов значение их емкости, как правило, должно быть порядка десятых долей мкФ: в этом случае они будут также автоматически устранять емкостно передаваемые компоненты, поскольку индуктивность соединительной цепи сравнительно невелика.

Параметры трансформатора, которые участвуют в индуктивной передаче перенапряжений, более четко определены и менее зависят от скорости нарастания (или частоты) напряжения по сравнению с теми, что участву­ ют в емкостной передаче. Для дополнительной информации см. техническую литературу по данной теме.

5.3 Наведенные перенапряжения промышленной частоты

Существует опасность перенапряжений промышленной частоты вследствие емкостного деления напряже­ ния. когда обмотка низшего напряжете, расположенная рядом с обмоткой высшего напряжения, не соединена с землей или соединена с землей посредством высокоомного сопротивления, в то время как обмотка высшего на­ пряжения находится под напряжением.

Риск повреждения очевиден для обмоток однофазных трансформаторов, но он также может быть для об­ моток трехфазных трансформаторов, когда напряжение первичной обмотки становится несимметритым. как это происходит при замыканиях на землю. В особых случаях могут возникнуть условия резонанса.

Третичные и компенсационные обмотки крупных трансформаторов также подвержены тому же риску. Заказ­ чик обязан не допускать ситуаций, когда третичная обмотка в эксплуатации случайно оставляется соединенной с землей через очень большое сопротивление. Следует предусмотреть постоянное подключение компенсационной обмотки к земле {баку), выполняемое снаружи или внутри бака.

Перенапряжения определяются значениями емкостей между обмотками и между обмотками и землей. Эти емкости могут быть измерены на низкой частоте относительно выводов трансформатора в различных комбинаци­ ях. кроме того, они могут быть вычислены с достаточной точностью.

40

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение *В*

(справочное)

Информация об изоляции трансформатора и испытаниях ее электрической прочности, которую следует предоставлять при запросе и заказе

* 1. Общие сведения

Для каждой обмотки трансформатора в запросе и заказе должна быть предоставлена следующая информа­ ция в соответствии со значением обмотки.

Примечание — Несмотря на то что значения КИ и ИКПН могут быть указаны для обмотки низшего на­ пряжения трансформатора, эти значения могут не быть достигнуты 8 процессе испытания е зависимости от коэф­ фициента трансформации трансформатора.

Рекомендуется, чтобы схемы и методики испытаний были согласованы ео время размещения заказа или на стадии анализа конструкции, а особенности схемы испытаний индуктированным напряжением сложных трансфор­ маторов. имеющих обмотку высшего напряжения с неполной изоляцией нейтрали (см. примечание к разделу 12). и методика импульсных испытаний обмоток низшего напряжения большой мощности и вывода нейтрали (см. 13.3). Применение нелинейных защитных устройств, встроенных в трансформатор, должно быть указано зааодом-изгото- еителем при запросе и на этапе заказа и должно быть показано в тэбличхе на схеме соединения обмоток.

* 1. Трансформаторы и обмотки с *U№* £ 35 кВ Во всех случаях:
* значение наибольшего рабочего напряжения *U„* р:
* значение номинального напряжения обмотки Уион:
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН);
* значение ислыгательного напряжения полного грозового импульса (ПГИ);
* значение испытательного напряжения срезанного грозового импульса (СГИ). В особых случаях:
* требуется ли измерение интенсивности частичных разрядов, должно ли эго измерение быть сделано одно­ временно с испытанием индуктированным кратковременным переменным напряжением или отдельно от него и должно ли это измерение быть сделано только на одной единице оборудования, предназначенной для проведения типовых испытаний, или на всех единицах; должна быть указана продолжительность выдержки напряжения при измерении интенсивности частичных разрядов, если она меньше чем один час;
* требуется ли проведение импульсных испытаний на всех единицах оборудования, поставляемых по заказу, а не только на одной единице той же конструкции:
* размеры воздушных промежутков, если они отличаются от указанных в разделе 16.
  1. Трансформаторы и обмотки с 35 кВ < £ 150 кВ Во всех случаях:
* значение наибольшего рабочего напряжения 1УН р;
* значение номинального напряжения обмотки
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН):
* значение испытательного переменного напряжения линейных выводов (ПКПН);
* значение испытательного напряжения полного грозового импульса линейных выводов (ПГИ);
* значение испытательного напряжения срезанного грозового импульса линейных выводов (СГИ). Для трансформаторов, допускающих работу с разэемлением нейтрали:
* значение испытательного напряжения полного грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН). В особых случаях:
* требуется ли испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН);
* требуется ли проведение импульсных испытаний на всех единицах оборудования, поставляемых по заказу, а не только на одной единице той же конструкции:
* размеры воздушных промежутков, если они отличаются от указанных в разделе 16.
  1. Трансформаторы и обмотки с > 150 кВ Во всех случаях:
* значение наибольшего рабочего напряжения Умр;

#### значение номинального напряжения обмотки У^;

41

ГОСТ Р 56738—2015

* значение испытательного напряжения полного грозового импульса линейных выводов (ПГИ);
* значение испытательного напряжения срезанного грозового импульса линейных выводов (СГИ);
* значение испытательного напряжения коммутационного импульса линейных выводов (КИ);
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН);
* значение испытательного кратковременного переменного напряжения линейных выводов (ЛКПН). В особых случаях:
* требуется ли применение более высоких уровней напряжения для испытаний длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов:
* требуется ли испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН) и каким должно быть значение испытательного напряжения:
* требуется ли проведение импульсных испытаний на всех единицах оборудования, поставляемых по заказу, а не только на одной единице той же конструкции:
* размеры воздушных промежутков, если они отличаются от указанных в разделе 16.

Примечание —См. ДБ.17 (приложение ДБ}.

42

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение Г (справочное)

Выбор уровня изоляции нейтрали

Г.1 Общие сведения

Рекомендации настоящего приложения позволяют определить минимальные значения испытательных на­ пряжений для нейтрали обмотки трансформатора с неполной изоляцией, которая не соединена с землей наглухо. Так. для ограничения токов коротких замыканий или по другим причинам вывод нейтрали может быть соединен с землей через значительное сопротивление (например, дутогасящий реактор, заземляющий реактор или рези­ стор).

Выбор испытательных напряжений вывода нейтрали трансформатора, предназначенного для испогъзовэ- ния совместно с отдетъным трансформатором для регулирования напряжения нейтрали, не охвачен этим при­ ложением.

Когда вывод нейтрали не соединен с землей наглухо, устройства защиты от перенапряжений должны быть установлены между нейтралью и землей с целью ограничения переходных перенапряжений. В обязанности за­ казчика входят выбор устройства защиты от перенапряжений, определение его импульсного защитного уровня и указание соответствующего испытательного импульсного напряжения для нейтрали трансформатора.

Примечание — Для цепей проведения испытания линейного вывода кратковременным переменным напряжением изготовитель может спроектировать обмотку с неполной изоляцией на больший уровень изоляции нейтрали, чем это установлено.

Испытательное кратковременное переменное напряжение нейтрали должно быть не менее наибольшего действующего значения напряжения, возникающего на нейтрали при коротких замыканиях в системе. Испыта­ тельное напряжение грозового импульса нейтрали должно быть выбрано с некоторым запасом по отношению к остающемуся напряжению защитного устройства, при этом оба этих напряжения должны быть не менее макси­ мального напряжения, возникающего в системе при коротких замыканиях. Далее приведены формулы для расчета максимальных напряжений на нейтрали, заземленной через сопротивление.

Г.2 Расчет тока короткого замыкания в нейтрали

Максимальный ток короткого замыкания в нейтрали двухобмоточного трехфазного трансформатора со схемой *и группой соединения обмоток Yh /Yh -О* (однофазное замыкание на землю на стороне соединенной е звезду *вторичной* обмотки) может быть рассчитан по следующей формуле:

где *E*

\*1\* *Z ic* Zoc

Z\* Zor

zN

Zm

(Z\* +Z(C +Z^t +Zjc +Zot + Zqc )+*3Zf4 \*3Zl 3*

фазное напряжение, равное р /^з . В:

сопротивление прямой последовательности сети. Ом; сопротивление обратной последовательности сети. Ом; сопротивление нулевой последовательности сети. Ом: сопротивление прямой последовательности трансформатора. Ом: сопротивление обратной последовательности трансформатора. Ом: сопротивление нулевой последовательности трансформатора. Ом: сопротивление, включенное между нейтралью и землей. Ом:

сопротивление в месте короткого замыкания (принимается равным нулю). Ом.

Примечание — В соответствии с общепринятой практикой для расчета наихудшего случая за основу могут быть приняты следующие значения: *Е* = UH р / ^ • z,c = 0. Zje = 0. Zoc = О и Z,, = 0.

В случае двухобмоточного траноформагора со схемой и группой соединения обмоток Yh /D-11 наиболь­

ший ток короткого замыкания в нейтрали /к , будет иметь место при однофазном замыкании на первичной сто­ роне и может быть рассчитан по следующей формуле:

/ - ЗЕ 3\*

Z0T +3Zw *2u* +Z2< +Z0c

43

ГОСТ Р 56738—2015

Примечания

1. Вышеприведенная формула получена е допущении о том. что 2^ « *Zq ,* + 32^ и Z\* , = 0.
2. Данное дополнение к МЭК 60076-3:2013 введено с целью учета особенностей российской национальной стандартизации и практики в части схем и групп соединения обмоток трехфаэных трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше.

Г.3 Минимальный уровень изоляции

Г.3.1 Минимальное значение приложенного переменного напряжения

Минимальный уровень приложенного кратковременного переменного напряжения нейтрали должен быть

выбран в *соответствии с 7.2.2.* исходя из того, что он должен быгь не ниже напряжения *UN* кпч. определяемого по формуле:

Ч» кпч =

Г.3.2 Минимальное значение напряжения полного грозового импульса

Уровень испытательного напряжения полного грозового импульса должен быть выбран так. чтобы обеспе­ чить запас над рабочим уровнем защитного устройства, который должен быгь выбран так. чтобы защитное устрой­ ство не срабатывало при коротких замыканиях в системе. Наибольший асимметричный пик напряжения в этих условиях определяется как

Ч| та\* = Ч» кпчКу *Л.*

где *К,,* — коэффициент асимметрии напряжения.

В случае чисто активного ZN коэффициент Ку соответствует ударному коэффициенту *К^а.* установленному в *ГОСТ Р* 5*2719.* Для индуктивного 2^ коэффициент *К,* будет ниже из-за меньшего влияния апериодической состав­ ляющей тока. Коэффициент Kv может быть принят равным 2 для наихудшего случая — трансформатора с очень большим отношением X/R и небольшого активного 2N, но на практике будет менее 2. В случае чисто индуктивного *ZN* коэффициент *К,* может быть принят равным 1,05. что соответствует наихудшему случаю с трансформатором, имеющим отношение X/R около 7. Рекомендуется рассчитывать l/N тах с использованием модели системы.

Г.4 Пример

Трансформатор со схемой соединения обмоток Yh /D-11 с номинальным напряжением обмотки высшего на­ пряжения (ВН) 158 кВ (U„p = 172 кВ), номинальной мощностью 100 MBA. сопротивлением прямой последователь­ ности 12 % при 100 MBA и сопротивлением нулевой последовательности 10.8 % и нейтралью обмотки ВН. зазем­ ленной через реакторе сопротивлением 39 Ом. для случая бесконечной мощности короткого замыкания сети будет

иметь следующий ток в нейтрали обмотки ВН при однофазном замыкании на землю в сети ВН. характеризующейся отношением 2^ / 2,с » 3:

, - ~~3g~~ , 3-172000/ ^ 3 2^\*32^ Z, t +Z 2,.+Z0c 25.95 + 3-39 1 + 1 + 3

что дает напряжение на нейтрали

*UH* кпч = *К* а2к = 1250-39 = 48.8 кВ.

таким образом, минимальное значение приложенного кратковременного переменного напряжения нейтрали из таблицы 2 {таблицы 5.1 ГОСТ Р 55195—2012) составляет 50 кВ.

Принимая Ку ■ 1.05 для индуктивного сопротивления в нейтрали, наибольшее напряжение на нейтрали при коротком замыкании в сети будет равно:

Ч\* та\* = 48.8-1,05-ч/2 = 72,4 кВ.

Поскольку защитное устройство не должно срабатывать при амплитудном напряжении 72.4 кВ. его наиболь­ ший уровень длительно допустимого переменного напряжения должен быгь не менее 72.4 */ч/2* = 51.2 кВ. Подхо­ дящий ограничитель перенапряжений для этого напряжения (при условии его допустимости в течение 10 с) имеет остающееся напряжение 130 кВ при импульсе тока 10 кА. С учетом некоторого запаса уровень испытательного напряжения полного грозового импульса для нейтрали может быгь принят равным 150 кВ.

Испытательному напряжению полного грозового импульса 150 кВ соответствуют = 24 кВ. Унр = 26.5 кВ и кратковременное (одноминугное) переменное напряжение 60 кВ. и эти значения следует указать для нейтрали.

Примечание — В данном примере устранена неточность в расчете тока короткого замыкания в нейтра­ ли. которая имеет место в оригинальном тексте МЭК 60076-3:2013 8 связи с применением формулы, справедливой для трансформатора со схемой и группой соединения обмоток Yk /Yh -0. д л я расчета тока в нейтрали трансфор­ матора со схемой и группой соединения обмоток Yh /D-11. Также уточнены значения отдельных величин с учетом российской национальной стандартизации и практики. Оригинальный текст МЭК 60076-3:2013 — см. ДБ.16 (при­ ложение ДБ).

44

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение*Д* (справочное)

Базовые принципы для установления испытаний электрической прочности изоляции, уровней изоляции и внешних воздушных промежутков

Д.1 Общие замечания

Настоящий стандарт направлен на то. чтобы изоляция относительно земли и между фазами, в т. ч. изоляция нейтрали относительно земли, а также продольная изоляция обмоток трансформаторов была надлежащим об­ разом испытана.

Для достижения этой цели в зависимости от уровня напряжения и типа трансформатора были выбраны различные виды испытаний, а также установлены испытательные напряжения (см. *7.2.2),* скоординированные над­ лежащим образом.

В настоящем приложении приведены принципы, которые преобладали во время *разработки* данного стан­ дарта. В общем виде *разработка* стандарта была выполнена с целью упрощения необходимых испытаний и уточ­ нения требований, не увеличивая или уменьшая общий уровень испытаний, который рассматривается как обеспе­ чивающий хороший результат на протяжении многих лет применения.

Д.2 Испытания

Д.2.1 Испытание трансформаторов с *Uw* S 35 кВ

Эти трансформаторы включают в себя распределительные трансформаторы, которые часто выпускаются в больших количествах для одной определенной конструкции. Испытания таких трансформаторов должны оставать­ ся быстрыми и недорогими.

Поскольку все трансформаторы и обмотки с *Utn* не более 35 кВ производятся с полной изоляцией нейтрали, изоляция линейных выводов и вывода нейтрали относительно земли проверяется одновременно во время испыта­ ния приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН).

В связи с этим испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН) требуется только для проверки витковой изоляции, и испытание приложением двойного номинального напряжения признано обеспечивающим достаточный запас.

Конструкция изоляции относительно земли и между фазами и продольная изоляция обмоток проверяется при испытаниях напряжением полного и срезанного грозовых импульсов (ПГИ и СГИ). но для ограничения объема испытательного оборудования, необходимого для испытаний этой категории трансформаторов, импульсные испы­ тания сохранены в качестве типовых испытаний, без перевода их в разряд приемо-сдаточных испытаний.

Испытание дпительньм переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) рассматривается также как слишком дорогое и слишком длительное для общего применения на этих трансформа­ торах. и более того, его цели покрывают испытания ИКПН и ПКПН.

*Д2.2* Испытание трансформаторов с 110 кВ S *U* £ 150 кВ

Трансформаторы этого среднего диапазона, как правило, производятся на заказ, и из-за большей передава­ емой мощности установлены требования более тщательной проверки их качества.

Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали уровень испытательного напряжения ограничен электриче­ ской прочностью изоляции нейтрали, потому испытание приложенным переменным напряжением (ПКПН) недо­ статочно для подтверждения электрической прочности линейных выводов относительно земли. В связи с этим испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) является приемо-сдаточным испытанием.

Изоляция относительно земли и между фазами также испытывается типовыми испытаниями напряжением полного и срезанного грозовых импульсов (ПГИ и СГИ).

*Д.*2.3 Испытание трансформаторов с 2 220 кВ

Данная категория трансформаторов охватывает крупные трансформаторы для магистральных сетей и гене­ раторные трансформаторы. В связи с ограниченным количеством выпускаемых единиц и необходимостью более тщательной проверки качества этих крупных и ответственных трансформаторов установлены следующие испы­ тания.

Проверка изоляции относительно земли приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН) нормирована в качестве приемо-сдаточного испытания.

Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) также установлено в ка­ честве приемо-сдаточного испытания.

Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) служит для проверки качества витковой изоляции, изоляции относительно земли и между фазами, при этом выво­ ды трансформатора соединяются так же. как и в условиях эксплуатации.

45

ГОСТ Р 56738—2015

Испытание напряжением коммутационного импульса (КИ) используется для проверки электрической проч­ ности изоляции относительно земли и между фазами и установлено в качестве типового испытания для трансфор­ маторов классов напряжения 330 кВ и выше.

Испытания напряжениями полного и срезанного грозовых импульсов для этих трансформаторов установле­ ны в качестве типовых испытаний. Исключение составляют испытания напряжением потного грозового импульса линейных выводов обмоток ВН и СН силовых трансформаторов {автотрансформаторов) классов напряжения 750 кВ и выше и обмоток ВН генераторных трансформаторов для атомных электростанций, установленные в каче­ стве приемо-сдаточных испытаний.

Примечание —См. ДБ.19 (приложение ДБ).

*Д*.3 Испытательные напряжения

Для согласования с существующей практикой уровни изоляции МЭК 60076-3:2013 (таблицы 2 и 3) были ис­ ключены и заменены соответствующей ссылкой на ГОСТ Р 55195: для удобства использования в настоящий стан­ дарт включены таблицы 2—4, повторяющие таблицы 5.1—5.3 ГОСТ Р 55195—2012 и содержащие нормированные испытательные напряжения силовых трансформаторов и реакторов.

Для испытания длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) значение напряжения повышенного уровня l.flU^,/^ соответствует значению *\ JUtKtA/^3.* увеличенному на 5 % с целью учета перехода от *UH* р к *иты* и гармонизации с МЭК 60076-3:2013.

Примечание — См. ДБ.20 (приложение ДБ).

*ДА* Внешние воздушные промежутки

Значения, приведенные в таблице 5 для воздушных промежутков до заземленных частей, являются наи­ большими из нормированных в (1] для соответствующих уровней испытательных напряжений полного грозово­ го или коммутационного импульсов. При выборе размеров воздушных промежутков для напряжения грозового импульса не более 750 кВ за основу был пржят промежуток «стержень — плоскость», для больших значений напряжения полного грозового импульса — промежуток «провод — плоскость». В тех случаях, когда требуемые значения отсутствуют в {1]. они были получены путем линейной интерполяции с округлением до ближайшего зна­ чения. кратного 10 мм или 100 мм.

Значения, приведенные в таблице 5 для воздушных промежутков между фазами, получены по значениям для промежутка «провод— провед», указанным в [1]. путем пересчета напряжений относительно земли к напряже­ ниям между фазами с коэффициентом пересчета равным 1.5. который соответствует трансформаторам, имеющим соединенные в треугольник обмотки. В случаях, когда требуемые значения отсутствуют в [1]. использована интер­ поляция полиномами третьего порядка зависимостей, полученных с коэффициентом пересчета 1.5. Так, напри­ мер. для испытательного напряжения коммутационного импульса 1425 кВ относительно земли по (1) соответствует воздушный промежуток 7200 мм и отношение напряжений между фазами и относительно земли, равное 1.7: такой промежуток может быть принят в качестве эквивалентного для напряжения между фазами 1615 кВ и отношения междуфазных и фазных напряжений, равного 1,5.

46

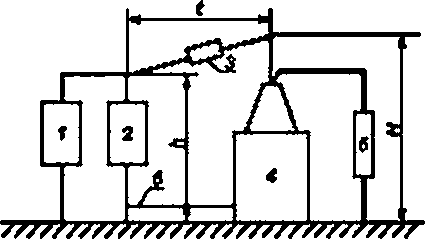
ГОСТ Р 56738—2015

Приложение ДА (рекомендуемое)

Рекомендации по проведению испытаний

ДА.1 Испытание напряжениями грозовых импульсов ДА.1.1 Схемы испытаний

ДА.1.1.1 Схема испытаний долита обеспечивать образование на испытуемом выводе объекта импульса на­ пряжения требуемой формы и максимального значения. Схема испытаний приведена на рисунке ДА.1.1.



*1* — *генератор импульсных напряжении: 2* — *срезающий разрядник: 3* — *демпфирующее сопротивление.*

*4 — испытываемый объект: S — измерительное устройство (делитель напряжения). 6 — провод, соединяющий заземленный бак* с *заземлением срезающего разрядника*

Рисунок ДА.1.1 — Схема испытаний

Демпфирующее сопротивление между ислытательньм объектом и срезающим устройством включается только в том случае, если значение *К0* превышает значения, указанные в 13.3.1.

Осциплографирование формы и максимального значения импульса производится с делителя напряжения 5

{рисунок ДА.1.1).

В состав испытательной схемы входят главная цепь и цепь среза. Измерительная цепь содержит цепи из­ мерения и регистрирования приложенного напряжения, а также цепь измерения и регистрирования напряжений на измерительных элементах, служащих для оценки результата испытания.

Для генерирования импульсов применяют типовые многоступенчатые генераторы импугъсных грозовых на­ пряжений. Рекомендуется применять генераторы импульсных напряжений, принцип работы которых позволяет полностью заряжать главные конденсаторы на всех ступенях.

Большая крутизна токов при испытании, особенно вызванная срезом импульса и возникающая в испы­ тательной цепи, вызывает вследствие индуктивности заземлений образование разностей потенциалов между заземленными частями элементов испытательной схемы. Для ограничения возмущающего воздействия этого явления на ход испытания рекомендуется заземлять цель возврата импульсного тока от испытываемого объ­ екта и срезающего разрядника к генератору импульсных напряжений (т. е. главной цепи и цепи среза) путем соединения его с системой заземлений испытательного зала вблизи испытываемого объекта проводом с не­ большой индуктивностью. Место подключения цепи возврата тока к системе заземлений считают «землей отнесения Е».

Делитель импульсного напряжения заземляют на «землю отнесения Е». Активные сопротивления, заземля­ ющие неиспытывземые выводы обмоток и измерительные элементы, рекомендуется заземлять на бак (металли­ ческий кожух) испытываемого объекта вблизи заземленного вывода.

ДА.1.1.2 Размеры петли /. ft, *Н* должны быть согласно таблице ДА.1.1.

Таблица ДА.1.1 — Размеры петли среза

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс напряжения объекта испытания. кВ | Рязыеры петли среза, м | | |
| *1* | Л | *Н* |
| От 3 ДО 15 включ.  20 и 35 | От 3 ДО 5  ’3"10 | От 1.5 до 2.5\* "2.5 "4.0 | Высота до верхней точки ввода плюс 0,5 м. но не менее ft без учета сноски |

47

ГОСТ Р 56738—2015

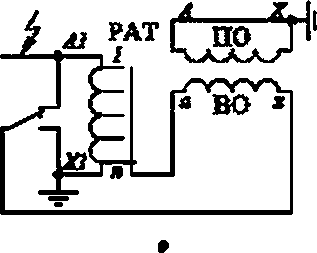
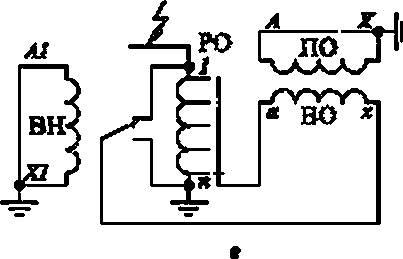
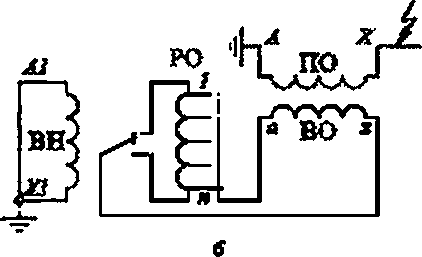
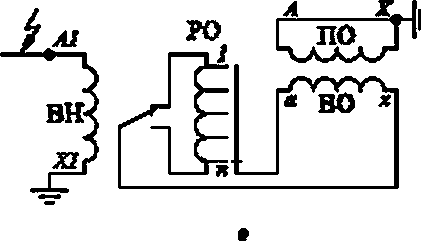
*Окончание таблицы ДА. 1.1*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс напряжения объекта испытания. кВ | Раэыеры петой ерем, м | | |
| *1* | А | *н* |
| 110  150 и 220  330 и выше | От 5 до 15  \*10\*30  \*15\*40 | От 4.5 до 7.0\* "6.0 "9.0  \*7.5 " 12.0 | Высота до верхней точки ввода, но не менее *Ь* без учета сноски |

Размер допускается больше указанного, но не более 4 м (классы напряжения от 3 до 15 кВ включитель­ но) или не более 12 м (классы напряжения от 110 до 220 кВ включительно), если это увеличение обусловлено высотой срезающего разрядника, применяемого в данной испытательной установке при испытании объектов более высоких классов напряжений.

ДАЛ.1.3 При отсутствии технической возможности выдержать размеры петли среза, указанные в табли­ це ДА.1.1. допускается проводить испытание при расстоянии *I* (от испытываемого объекта до срезающего устрой­ ства). отличающемся от приведенных в таблице ДА.1.1, если измерениями при низком напряжении грозовыми импульсами показано, что это не приводит к существенному снижению значения длительности импульсных напря­ жений на наиболее нагруженных участках внутренней изоляции испытываемого объекта.

ДАЛ.1.4 При испытании линейных регулировочных автотрансформаторов рекомендуется применять схемы, приведенные на рисунке ДАЛ .2.



*вН* — обмотка *высшего напряжения; ПО* — *последовательная обмотка: ВО* — *обмотка возбуждения.*

*РО* — *регулировочная обмотка; РАТ* — *регулировочный автотрансформатор*

Рисунок ДАЛ.2 — Схемы испытаний линейных регулировочных автотрансформаторов

Последовательные обмотки испытываются приложением напряжения к каждому из вводов при заземлении неислытываемых вводов.

Если концы регулировочной обмотки и обмотки возбуждения не выведены, то изоляция этих обмоток испыты­ вается одновременно с испытанием изоляции обмотки высшего напряжения и последовательной обмотки. Положе­ ние переключающего устройства в этом случае следует выбрать таким, чтобы перенапряжения в регулировочной обмотке и обмотке возбуждения имели наибольшее значение.

Если имеются выводы начала и конца регулировочной обмотки и обмотки возбуждения, то эти обмотки следует испытывать при воздействии напряжений полного грозового импульса на их выводы (рисунок ДА.1.2. в). Если один из концов при работе глухо заземляется, то испытание со стороны этого конца проводить не сле­ дует.

Если к выводам регулировочной обмотки и обмотки возбуждения подключены защитные разрядники, то при испытании их следует отключить.

48

ГОСТ Р 56738—2015

ДА. 1.2 Выбор схем обнаружения повреждений при испытаниях напряжениями грозовых импульсов

ДА.1.2.1 Выбор схем обнаружения повреждений (см. таблицу ДА. 1.2) производят в зависимости от конструк­ ции испытываемого объекта и вида воздействия (полный грозовой импульс, срезанный грозовой импульс).

Таблица ДА. 1.2 — Выбор схем обнаружения повреждений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число фаз | Нейтраль испытуемой обмотки | Схема обнаружения повреждений | |
| Полный импульс | Среымный импульс |
| 1 | Доступна | Рисунок ДА.1.3, а | Рисунок ДА. 1.3. а и б |
| 3 | То же | Рисунок ДА.1.3. в | Рисунок ДА.1.3. в и г |
| 3 | Недоступна | Рисунок ДА. 1.4. *а* | Рисунок ДА.1.4. аи б |
| 1 | Испытание нейтрали | Рисунок ДА.1.5. *а* | Рисунок ДА. 1.5. а и б |
| 3 | То же | Рисунок ДА.1.5. в | Рисунок ДА.1.5. виг |

ДА. 1.2.2 Для трансформаторов, имеющих параллельно включенные обмотки, разнесенные на разные стерж­ ни трансформатора, может оказаться целесообразным применение балансных схем обнаружения повреждений (рисунок ДА.1.6).

ДА. 1.2.3 Для трансформаторов с переплетенными обмотками схемы рисунков ДА.1.3 — ДА. 1.5 могут ока­ заться неэффективными. Значительное увеличение чувствительности схем может быть получено при использова­ нии в качестве измерительного элемента параллельного LC-контура.

Контур LC подключается вместо резистора R2 в схемах рисунка ДА.1.3. а и б: схеме рисунка ДА.1.4.а: схемах рисунка ДА.1.5. а и ей вместо резистора R1 в остальных схемах рисунков ДА.1.3 — ДА.1.5.

Параметры контура могут быть определены экспериментальным путем при проверке схем обнаружения по­ вреждений. Ориентировочно резонансная частота контура находится в пределах 10 кГц — 2 МГц.

Применение LC-контура в качестве измерительного элемента допускается только в том случае, если схемы рисунков ДА.1.3 — ДА.1.5 не обеспечивают необходимой чувствительности.

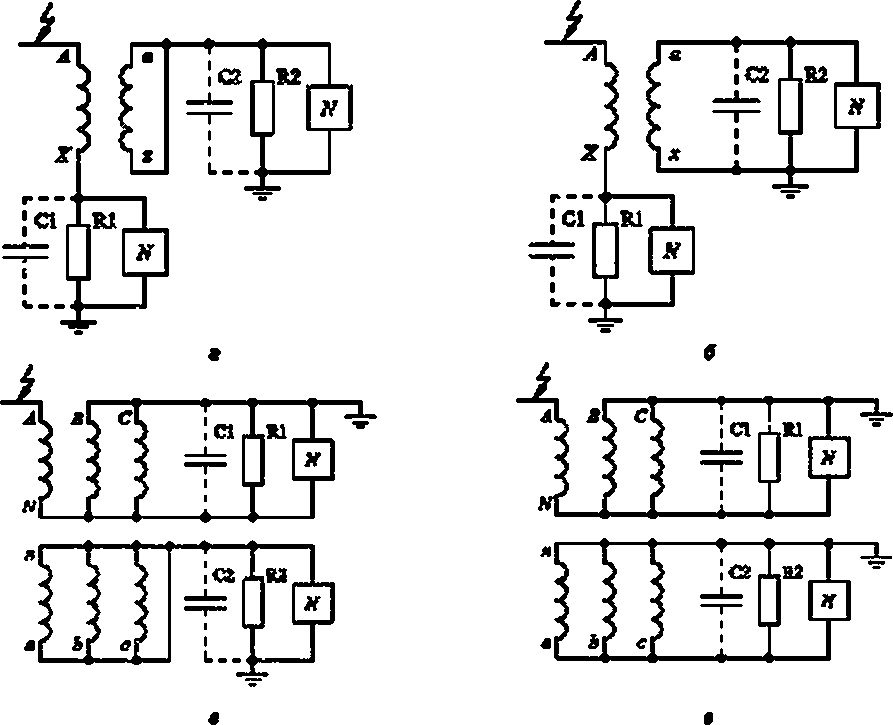


Рисунок ДА.1.3

49

ГОСТ Р 56738—2015

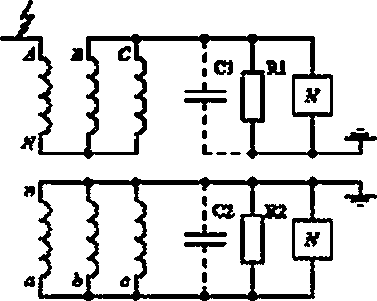
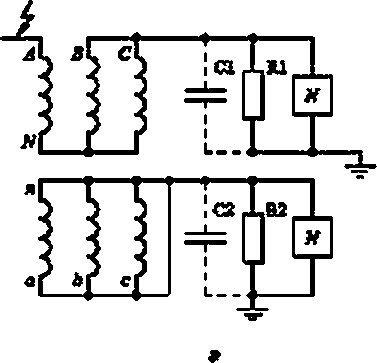


Рисунок ДА. 1.4

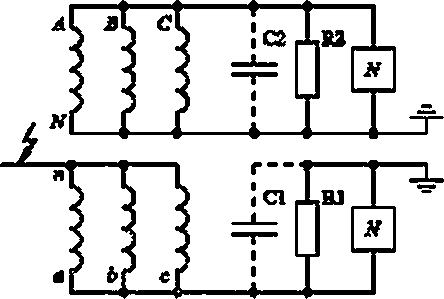
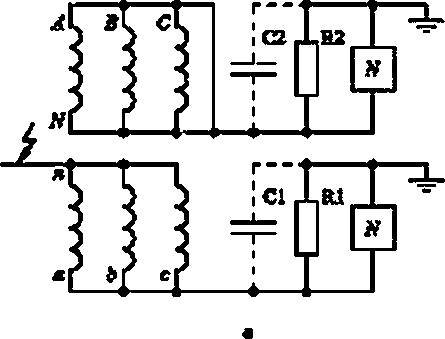
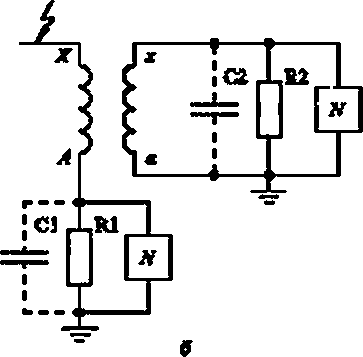
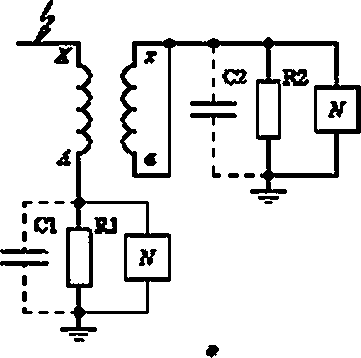


Рисунок ДА.1.5

50

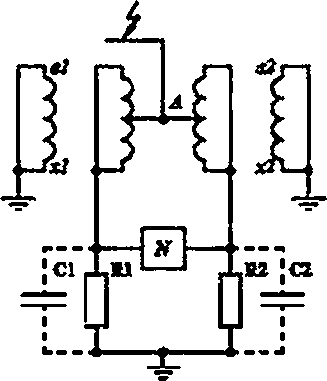
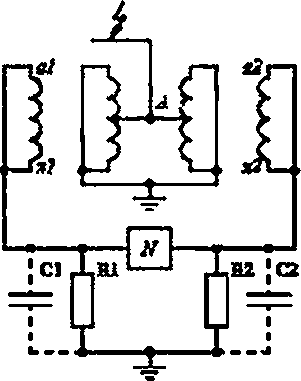


Рисунок ДА. 1.6

ГОСТ Р 56738—2015



ДА.1.2.4 При выборе схем обнаружения повреждений для линейных регулировочных трансформаторов не­ обходимо учитывать, что одновременно могут ислытьеагься обмотки, расположенные на разных стержнях.

Электромагнитная и электростатическая связь между этими обмотками очень мала, поэтому необходимо снимать несколько осциллограмм, чтобы обеспечить надежную регистрацию повреждений во всех обмотках, ис­ пытываемых одновременно.

Для определения повреждений изоляции при испытаниях может быть применена одна из схем обнаружения повреждений рисунка ДА.1.7 или их комбинация.

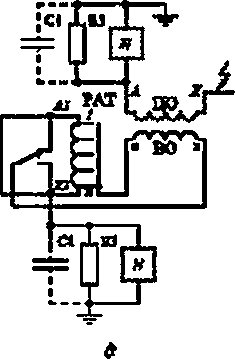
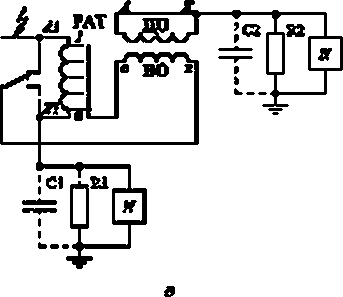
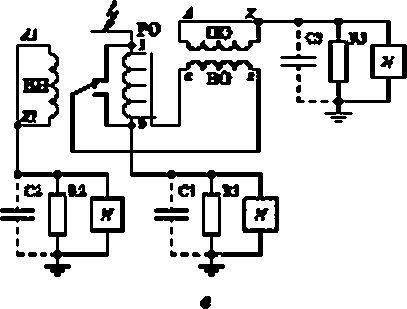
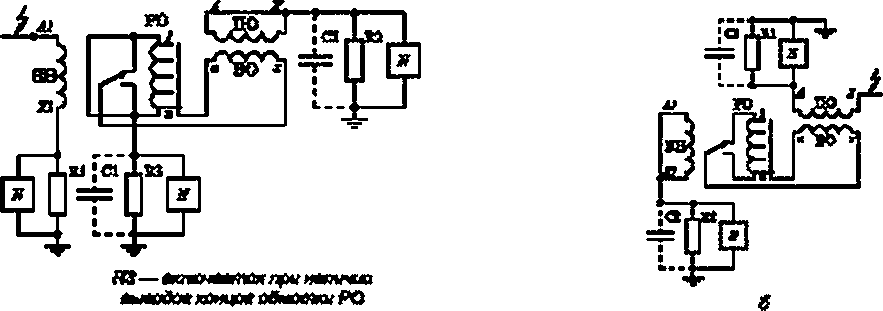


Рисунок ДА.1.7

51

ГОСТ Р 56738—2015

ДАЛ.2.5 В качестве измерительного элемента в схемах рисунков ДА. 1.3 — ДАЛ.7 рекомендуется исполь­ зовать малоиндухгивный резистор. Если на осциллограмме имеются нежелательные высокочастотные состав­ ляющие. то параллельно резистору подключается конденсатор. Емкость конденсатора подбирается при провер­ ке схем обнаружения повреждений по ДАЛ.2.6. Допускается кроме указанных схем обнаружения повреждения рисунков ДА.1.3 — ДАЛ.7 применять другие схемы, если проверка согласно ДАЛ.2.6 показывает их эффектив­ ность.

ДАЛ.2.6 Каждая выбранная схема обнаружения повреждений должна быть проверена, если нет опыта при­ менения ее на объектах аналогичной конструкции.

Проверка схемы обнаружения повреждений производится на активной части трансформатора или реактора при напряжении, безопасном для изоляции активной части трансформатора или реактора в воздухе, но не превы­ шающем 20 кВ.

Источником импульсного напряжения может быть импульсный генератор повторяющихся импульсов, частота повторений которых должна быть такой, чтобы переходные процессы в обмотке, вызванные предыдущим импуль­ сом. заканчивались до прихода последующего импульса.

Проверку схем обнаружения повреждений рекомендуется производить при полностью собранной измери­ тельной схеме, которая должна соответствовать выбранной схеме испытаний грозовыми импульсами.

Для получения осциллограмм напряжение на вход осциллографа подается коаксиальным кабелем с изме­

рительного элемента, место подключения к обмотке которого зависит от выбранной схемы обнаружения повреж­ дений.

Имитация пробоя на одном из участков изоляции обмотки производится подсоединением к этому участку шарового или газонаполненного разрядника.

Допускается имитация пробоя закорачиванием данного участка. Однако такая имитация пробоя не дает пол­ ного представления о повреждении изоляции обмотки, т. к. при таком методе отсутствуют высокочастотные состав­ ляющие в переходном процессе, возникающем в обмотке при пробое изоляции. Этот способ допустим гогъко для медленных разверток (осциллографироеакие собственных колебаний обмотки или принужденной составляющей тока).

На чувствительность схем обнаружения повреждений влияет значение сопротивления измерительного эле­ мента. с которого напряжение подается на осциллограф.

Поэтому при проверке схем и при испытаниях рекомендуется применять близкие по значению сопротивле­ ния измерительных элементов.

При выборе схем обнаружения повреждений в первую очередь проверяется чувствительность схем при ими­ тации пробоя на участках обмотки, где пробои наиболее вероятны, т. е. где имеют место наименьшие запасы электрической про-мостм изоляции.

Из проверенных схем обнаружения повреждений предпочтение отдается схемам. 8 которых при по­ вреждении изоляции изменения формы кривой напряжений на измерительных элементах наиболее четко выражены.

ДА.1.3 Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний изоляции трансформатора или реактора напряжениями грозовых импульсов оформ­ ляются протоколом испытаний.

Протокол испытаний должен содержать:

* тип испытуемого объекта и его номинальную мощность:
* типы, номинальные напряжения и схемы соединения обмоток:
* тип переключателя ответвлений и пределы регулирования;
* испытагвгъные напряжения обмоток;
* схему испытаний испытуемого объекта с указанием параметров генератора импульсов высоковольтной схемы, схемы измерения высокого напряжения и схемы обнаружения повреждений:
* положения переключающего устройства при испытании;
* атмосферные условия испытаний:
* осциллограммы опорных грозовых импульсов напряжения и соответствующих им колебаний в обмотках:
* осциллограммы грозовых импульсов нормированного испытательного напряжения и соответствующих им колебаний е обмотках:
* заключение о результатах испытаний объекта.

ДА.2 Испытание напряжением коммутационного импульса ДА.2.1 Схемы испытаний

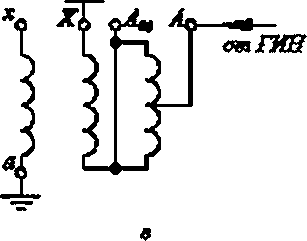
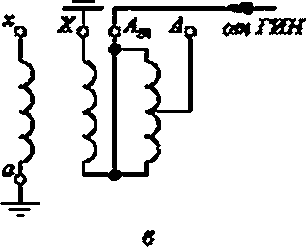
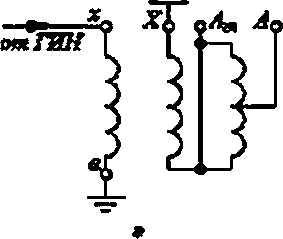
ДА.2.1.1 Испытание изоляции обмоток однофазных силовых трансформаторов (автотрансформаторов) ре­ комендуется проводить по одной из схем рисунка ДА.2.1.

ДА.2.1.2 Испытание изоляции трехфазных силовых трансформаторов с нвразевгеленной магнитной систе­

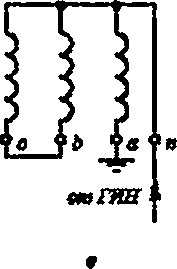
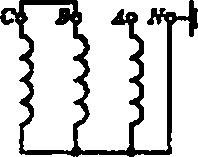
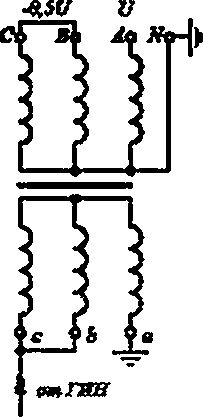
мой рекомендуется проводить пофазно по схемам рисунка ДА.2.2.

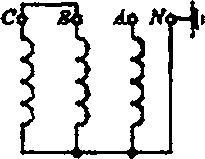
52

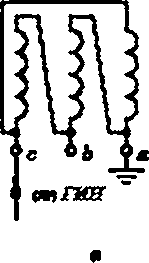
ГОСТ Р 56738—2015

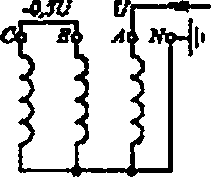
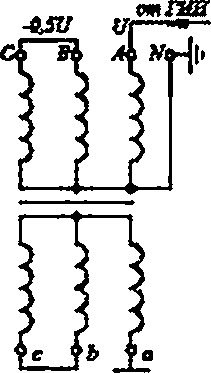


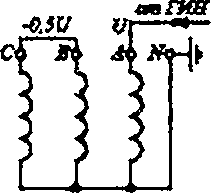
*ГИН* — генератор *импульсного напряжения (генератор коммутационных импупссоо)*

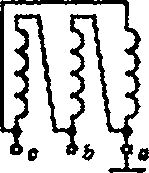
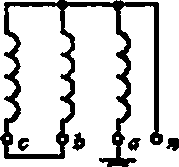
Рисунок ДА.2.1 — Испытание однофазного трансформатора

*-4.SUU*



*вмГЯВ*



*9 4»*

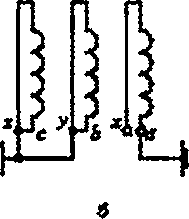
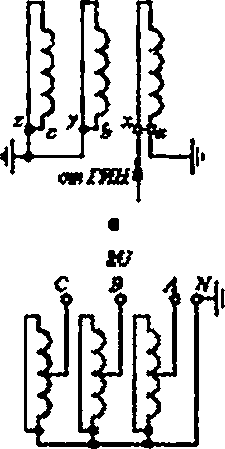
Рисунок ДА.2.2 — По фа зное испытание трехфаэного трансформатора

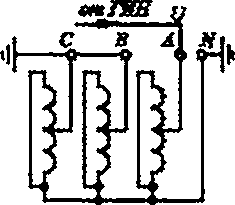
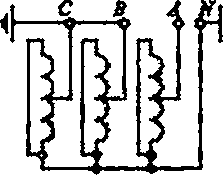
ДА.2.1.3 Испытайте изоляции относительно земли трехфазных силовых трансформаторов с разветвленной

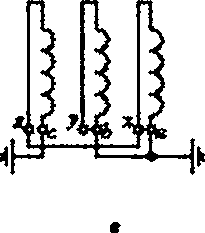
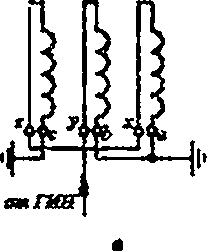
магнитной системой рекомендуется проводить пофазно по схемам рисунков ДА.2.Э. а. ДА.2.3, 6 и ДА.2.4. а.

53

ГОСТ Р 56738—2015

Испытание изоляции между фазами трехфазных силовых трансформаторов с разветвленной магнитной системой рекомендуется проводить по схемам рисунков ДА.2.Э. в. ДА.2.3. г и ДА.2.4. 6. при этом рекомендуется проведение измерений напряжений на средней и одной из крайних фаз обмотки ВН для определения напряжения на меэду- фазной изоляции, поскольку напряжение на крайних фазах в общем случае может отличаться от 50 *%* напряжения средней фазы обмотки ВН.



Рисунок ДА.2.3 — Пофазное испытание изоляции относительно земли (а. б) и испытание изоляции между фазами (в. г) трехфазного трансформатора

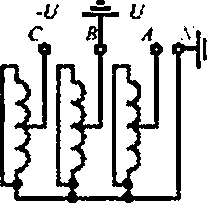
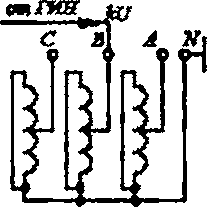
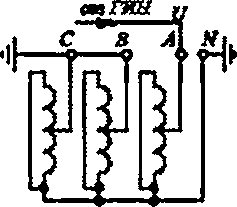
с пятисгвржневым магнигопроводом и незамкнутой в треугольник обмоткой НН

ДА.2.1.4 Возможно испытание изоляции относительно земли одновременно двух фаз трехфазных силовых трансформаторов по схеме рисунка ДА.2.5.

ДА.2.1.5 Испытание изоляции трехфазных силовых автотрансформаторов с нераэветвленной магнитной си­ стемой рекомендуется проводить пофазно по схемам рисунка ДА.2.6.

54

ГОСТ Р 56738—2015



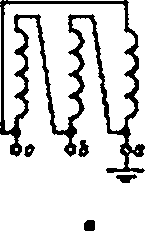
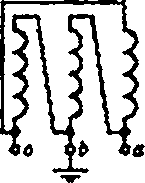
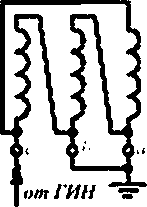
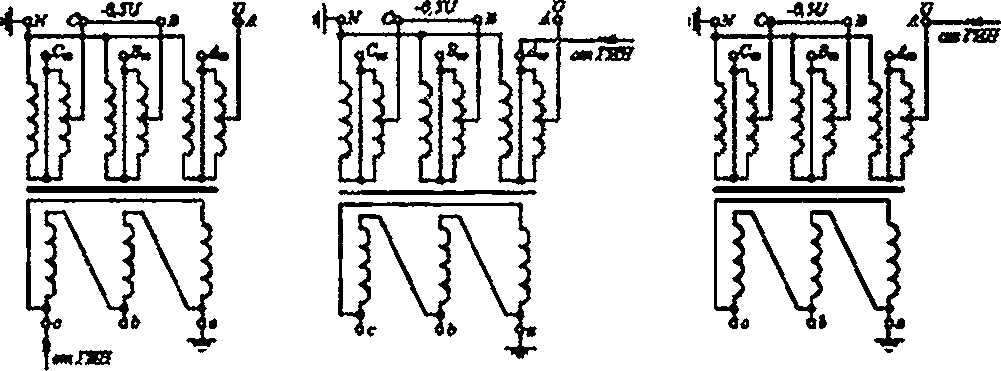
  

Рисунок ДА.2.4 — Пофазиое испытание изоляции относительно земли (а)Рисунок ДА2.6 — Одновременное и испытание изоляции между фазами {5} трехфаэиою трансформатора сиспытание изоляции относительно

пятистержиееым магнитопроаолом и замкнутой а треугольник обмоткой НН

земли крайних фаз А и С трансформатора



* + *9 4*

Рисунок ДА.2.6 — Пофазнов испытание трехобмо точного автотрансформатора

ДА.2.1.6 Испытание изоляции трехфазных силовых автотрансформаторов с разветвленной магнитной си­ стемой рекомендуется проводить аналогично испытанию двухобмоточных трехфазных силовых трансформаторов согласно рекомендациям ДА.2.1.3. при этом напряжение коммутационного импульса может быть приложено к ли­ нейному выводу обмотки СН альтернативно приложению к линейным выводам обмоток ВН или НН.

ДА.2.1.7 При испытании внутренней изоляции трехфазных силовых трансформаторов допускается усиление внешней изоляции, например, за счет экранирования потенциальных частей вводов на время испытаний.

ДА.2.1.8 Для исключения помех от короны при измерении частичных разрядов на вводы испытываемого трансформатора (реактора) рекомендуется устанавливать электростатические экраны. Выбор экранов — согласно ДА.4.1.

ДА.2.2 Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний трансформатора коммутационным импульсом оформляются протоколом испытаний. Протокол испытаний должен содержать:

* тип испытуемого объекта и его номинальную мощность:
* номинальные напряжения, число витков и схемы соединения обмоток:
* номинатъную индукцию:

55

ГОСТ Р 56738—2015

* ток холостого хода и потери холостого хода при номинальном напряжении:
* напряжение короткого замыкания.
* схему испытаний испытуемого объекта с указанием параметров высоковольтной схемы, схемы измерения высокого напряжения:
* положения переключающего устройства при испытании;
* схемы осциллографироеакия тока нейтрали:
* атмосферные условия испытаний;
* осциллограммы опорных импульсов напряжения и соответствующего им тока нейтрали:
* осциллограммы импульсов нормированного испытательного напряжения и со~~о~~тветствующего им тока нейтрали.

ДА.З Испытание линейных выводов кратковременным переменным напряжением

ДА.3.1 Схемы испытаний

ДА.З.1.1 При испытании кратковременным переменным напряжением линейных выводов обмоток силовых трансформаторов с неполной изоляцией нейтрали схема испытания выбирается таким образом, чтобы испытать по возможности одновременно следующие промежутки:

* между линейным концом высшего напряжения (ВН) и землей:
* между линейным концом ВН и ближайшими к нему точками соседних обмоток низшего напряжения (НН) и среднего напряжения (СН). нормально электрически не соединенных с обмоткой ВН:
* между линейным концом СН и землей — в случав автотрансформатора и трехобмогочного трансформато­ ра с обмоткой СН хлаоса 110 кВ и выше:
* между линейными концами соседних фаз ВН. расположенных снаружи других обмоток.

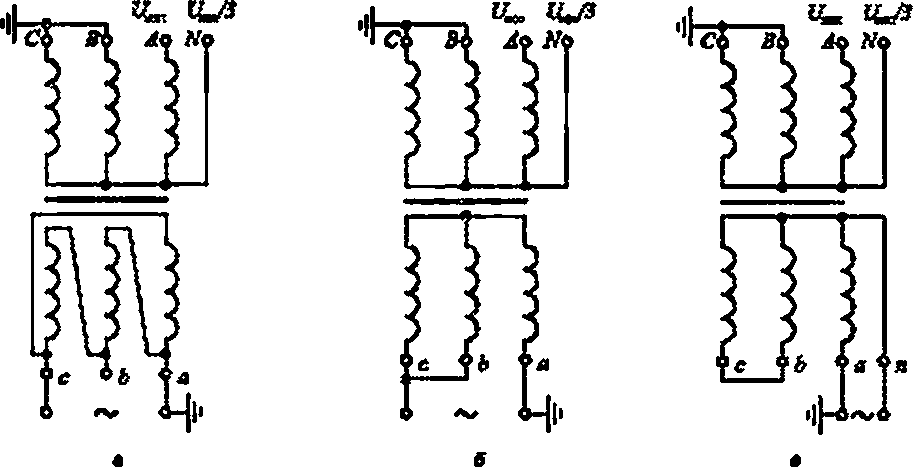
ДА.3.1.2 Испытание трансформаторов напряжением, индуктированным погностью или частично в испытываемом трансформаторе, рекомендуется проводить пофазно с использованием одной из следующих схем или их сочетания:

* с заземлением линейных выводов ВН неиспытываемых фаз (рисунок ДА.3.1);
* с заземлением нейтрали обмотки ВН (рисунок ДА.З.2 и ДА.3.3);
* с приложением к нейтрали подпорного напряжения от внешнего источника (рисунки ДА.3.4 и ДА.Э.5);
* с приложением к нейтрали подпорного напряжения от одной из обмоток испытываемого трансформатора (рисунок ДА.3.6);
* с заземлением линейных выводов обмотки СН неиспытываемых фаз (рисунок ДА.3.7) в случав испытания трехфазных автотрансформаторов.

Схемы рисунков ДА.3.1. ДА.3.2 и ДА.3.3 рекомендуются для двух, или трехобмоточных трансформаторов без автотрансформаторной связи ВН—СН.

Схемы рисунков ДА.3.4. ДА.3.5 и ДА.3.6 пригодны также и для автотрансформаторов, схемы рисунков ДА.3.4 и ДА.3.7 — только для автотрансформаторов.

При испытании рекомендуется применять схемы с максимально возможной кратностью возбуждения, т. е. либо без подпорного напряжения в нейтрали, либо при минимально возможной величине этого напряжения. В по­ следнем случае рекомендуется по мере возможности получать подпорное напряжение от одной из обмоток испы­ тываемого трансформатора (схемы рисунков ДА.3.1, ДА.3.6 и ДА.3.7). Допускается применение и других схем, если это требуется по условиям испытаний.



##### РисунокДА.3.1 — Пофазноеиспытаниетрехфазноготрансформатора

56

ГОСТ Р 56738—2015

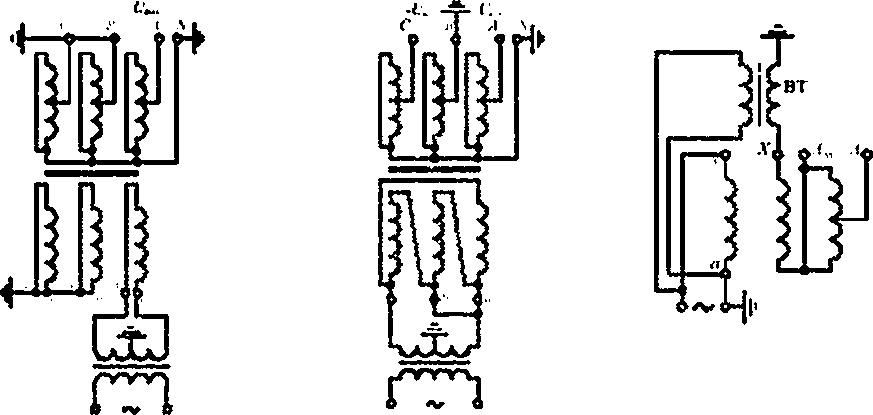


Рисунок ДА.3.2 — Пофазное испытание трансформатора с пягистержневым магнит опроводом и незамкнутой в

треугольник обмоткой низшего напряжения (испытание остальных фаз аналогично)

Рисунок ДА.3.3 — Одновременное испытание крайни фаз А и С (испытание средней фазы В — по схеме рисунка ДА.Э.5 или

ДА.3.6)

Рисунок ДА.3.4 — Испытание однофазного автотрансформатора с подпорным напряжением в нейтрали

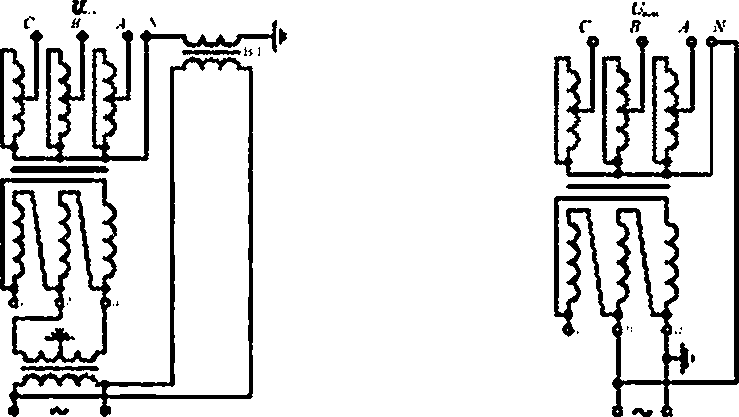


Рисунок ДА.3.5 — Испытание фазы В с подпорным Рисунок ДА.3.6 — Испытание фазы В с подпором от напряжением в нейтрали обмотки испытываемого трансформатора

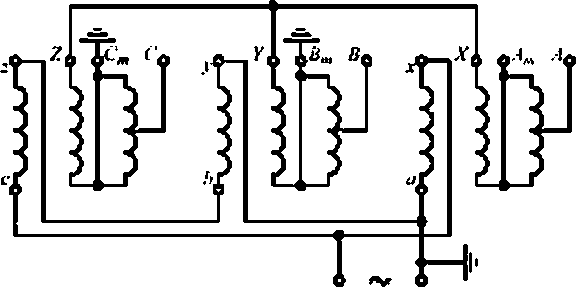


Рисунок ДА.3.7 — Испытание фазы А трехобмоточного автотрансформатора (испытание остальных фаз аналогично)

57

ГОСТ Р 56738—2015

ДА.3.1.3 Постю пофазного испытания линейных выводов кратковременным переменным напряжением грех- фазных трансфокаторов требуется дополнительное испытание междуфазной изоляции нормированным напря­ жением {например, при трехфазном возбуждении}, если при пофазном испытании расчетное испытательное напря­ жение между фазами будет менее нормированного значения. Такое испытание междуфазной изоляции линейных выводов может быть совмещено с испытанием длительным переменным напряжением с измерением интенсивно­ сти частичных разрядов при условии, что напряжение повышенного уровня составляет не менее испытательного переменного напряжения для междуфазной изоляции, деленного на V3-

ДА.3.1.4 При испытаниях во избежание опасных для изоляции электростатических потенциалов на обмотках низших напряжений этим обмоткам должен быть сообщен потенциал земли.

Для этого заземляется средняя точка обмотки НН или средняя точка питающей обмотки промежуточного трансформатора (рисунки ДА.3.2. ДА.Э.З и ДА.3.5).

Однако если линейный конец обмотки ВН испытываемого трансформатора расположен геометрически на ее конце, то заземляется конец обмотки НН, противолежащий линейному концу ВН испытываемой фазы. При испыта­ нии автотрансформаторов заземляется конец обмотки НН. противолежащий линейному концу СН испытываемой фазы (рисунки ДА.3.4 и ДА.3.7).

Конец обмотки НН заземляется также в случае, если эта обмотка используется для создания подпорного на­ пряжения в нейтрали ВН (рисунок ДА.3.6).

ДА.3.1.5 При испытании трансформаторов с расщепленными обмотками НН возбуждается одна из ее частей, остальным ее частям сообщается потенциал земли путем заземления одного из выводов каждой из частей. При одинаковом номинальном напряжении частей (НН1 и НН2) обмоток обе части обмотки НН допускается соединять параллельно, при этом заземляется конец обмотки НН. противолежащий линейному концу обмотки ВН испытыва­ емой фазы.

ДА.3.1.6 Для трехобмоточных силовых трансформаторов без автотрансформаторной связи обмоток ис­ пытание изоляции между линейным концом обмотки ВН и ближайшими к нему точками соседней обмотки, рас­ положенной на том же стержне магнитопроеода трансформатора и нормально электрически не соединенной с обмоткой ВН. допускается проводить отдельно от испытания изоляции линейного конца ВН относительно земли.

ДА.3.1.7 Для защиты испытываемой изоляции от случайного чрезмерного повышения напряжения парал­ лельно испытываемому объекту рекомендуется присоединять через резистор шаровой разрядник с пробивным напряжением, равным 115—120 *%* нормированного испытагегъного напряжения. При испытаниях с измерением интенсивности частичных разрядов защитный шаровой разрядник рекомендуется присоединять параллельно об­ мотке НН испытываемого трансформатора или не присоединять вообще.

ДА.3.2 Оформление результатов испытаний

В протоколах типовых и приемо-сдаточных испытаний изоляции трансформатора или реактора кратковре­ менным переменхым напряжением должны быть представлены:

* схемы соединения обмоток испытываемого трансформатора при пофазном испытании:
* положения переключающего устройства при испытании:
* кратности возбуждения, расчетные и измеренные значения испытательных напряжений относительно зем­ ли и между фазами:
* результаты измерения частичных разрядов, если эти измерения проводились.

ДА.4 Испытания длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов

ДА.4.1 Экранирование для снижения уровня помех от короны

С целью снижения уровня помех от короны, возникающей на металлических частях трансформатора, нахо­ дящихся под высоким электрическим потенциалом, на незаземленных металлических узлах и деталях испытатель­ ной установки и на заземленных металлических узлах и деталях с острыми кромками необходимо устанавливать электростатические экраны на все элементы и узлы конструкции испытательной установки, являющиеся источни­ ком короны.

На верхнюю часть испытательных вводов испытываемого трансформатора необходимо устанавливать элек­ тростатические экраны, обеспечивающие отсутствие короны при испытательном напряжении. Рекомендуемые размеры электростатических экранов в зависимости от класса напряжения испытываемого трансформатора при­ ведены в таблице ДА.4.1.

Допускается на вводы трансформаторов классов напряжений до 220 кВ включительно устанавливать элек­ тростатические экраны тороидальной формы, если обеспечивается отсутствие короны при испытательном напря­ жении.

Расстояние между электростатическими экранами соседних вводов трвхфазных трансформаторов (или однофазшх трансформаторов с двумя и более выводами обмоток высшего и среднего напряжений) должно обе­ спечивать достаточную электрическую прочность при испытательном напряжении. Расстояния от установленных на вводы испытываемого трансформатора электростатических экранов до посторонних окружающих предметов и

конструкций должны составлять не менее 150 % от высоты ввода.

58

ГОСТ Р 56738—2015

Таблице ДА.4.1 — Рекомендуемые размеры электростатических экранов и соединительных шин

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс напряжения. \*ВД | иаметр сферы электростатического охран мм | а, Диаметр соединительных шин. мм |
| 110 | 500 | — |
| 150 | 750 | 60 |
| 220 | 750 | 100 |
| 330 | 1000 | 150 |
| 500 | 1800 | 250 |
| 750 | 2500 | 300 |

Допускается не закрывать электростатическими экранами металлические заземленные предметы, если обе­ спечивается надежное измерение минимального значения кажущегося заряда частичных разрядов, установленно­ го стандартом или техническими условиями на трансформатор.

С целью снижения уровня помех от короны к вводам высшего и среднего напряжений испытываемого транс­ форматора соединительные шины не присоединяются. В случае необходимости применения соединительных шин (например, при подключении соедтительного конденсатора) размеры поперечного сечения этих шин не должны быть меньше приведенных в таблице ДА.4.1.

ДА.4.2 Локация источников частичных разрядов по методу градуировочной матрицы

Для локации частичных разрядов необходимо подключить измерительные элементы к каждому из выводов обмоток испытываемого трансформатора или испытываемой фазы. Для подключения измерительных элементов к выводам, находящимся при испытаниях под высоким напряжением, следует использовать емкость вводов или отдельные соединительные конденсаторы.

В нейтраль испытуемых обмоток и в цель заземления выводов испытываемых обмоток, которые при испы­ таниях заземляются, включаются измерительные элементы, представляющие собой резисторы с активным сопро­ тивлением достаточной мощности или индуктивности значением 200—300 мкГн.

Перед проведением локауты частичных разрядов составляют градуировочную матрицу подачей известного гра­ дуировочного заряда относительно земли на все выводы испытываемого трансформатора поочередно и записываются показания приборов для измерения кажущегося заряда частичных разрядов на каждом измерительном элементе.

Градуировочный заряд может подаваться также между выводами испытываемого трансформатора.

В результате измерений получают градуировочную матрицу, которая является основой для анализа резуль­ татов измерений при проведении испытаний трансформатора с целью локации частичных разрядов.

Сравнивая соотношения кажущегося заряда частичных разрядов на разных измерительных элементах, по­ лученных при локации частичных разрядов, с соотношениями на измерительных элементах градуировочной ма­ трицы. определяют место источника частичных разрядов.

Если источник частичных разрядов находится в изоляции ввода высокого напряжения, то градуировочный импульс подается между верхним выводом и измерительным выводом этого ввода.

В качестве примера ниже представлены результаты локации частичных разрядов в изолздии грехфазного трансформатора. Схема измерений частичных разрядов приведена на рисунке ДА.4.1.

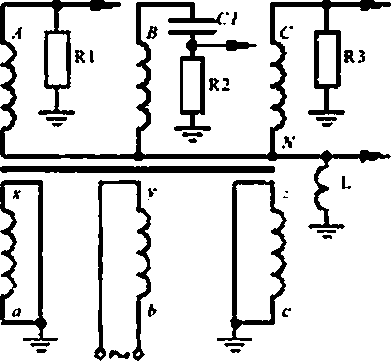


Рисунок ДА.4.1 — Схема измерений частичных разрядов

59

ГОСТ Р 56738—2015

Результаты измерений частичных разрядов и градуировочная матрица приведены в таблице ДА.4.2. Градуи­ ровочная матрица составлялась при подаче заряда 500 пКл.

Таблица ДА.4.2 — Градуировочная матрица и результаты измерений частичных разрядов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Приложение напряжения | Показания прибора на измерительных элементах. пКл | | | |
| R1 | R2 | R3 | L |
| В — ЭВМЛЯ | 5 | 500 | 5 | 20 |
| N — земля | 26 | 1 | 26 | 500 |
| НН — земля | 13 | 5 | 13 | 90 |
| Испытание длительным переменным напряжением | 30 | 8 | 30 | 200 |

Сравнивая реэугътаты измерений частичных разрядов при длительном испытательном напряжении с гра­ дуировочной матрицей, можно заметить, что соотношение показаний прибора на измерительных элементах при испытаниях близко к соотношению показаний при подаче градуировочного импульса на НН испытываемого транс­ форматора. При испытаниях обмотка не возбуждалась симметричным напряжением, поэтому для выяснения, на каком из отводов возникает разряд, отводы поочередно заземлялись. При заземлении отвода б показания прибо­ ров не изменялись, при заземлении отвода у — резко уменьшались. Таким образом было установлено, что разряд находится в районе отвода у обмотки НН.

ДА.4.3 Оформление результатов испытаний

Результаты измерений интенсивности частичных разрядов следует оформлять протоколом. В протоколе ис­ пытаний должны быть приведены:

* схемы соединения обмоток испытываемого трансформатора при испытании:
* положения переключающего устройства при испытании:
* кратности возбуждения, расчетные или измеренные значения испытательных напряжений относительно земли и между фазами:
* результаты измерения частичных разрядов по форме таблицы ДА.4.3.

Таблица ДА.4.3 — Форма для представления результатов измерения интенсивности частичных разрядов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Зтап испытания | Ступень не\* пряхе\* и я | Длитель\* ность вы\* держки | Напряжение относитепь\* не земли, мв | | Измеренная интенсивность ЧР. пКл | | | | | |
| Фаза А | | Фаза в | | Фаза С | |
| вн | сн | вн | СН | ВН | СН | ВН | СН |
| Регистрация фонового уровня ЧР до испытания |  | — |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подъем до напряжения повышенного уровня  % | 1.2^3 | 1 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чдл | 5 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | тит (соглас­ но 11.3.2) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Снижение до длитель­ ного напряжения L/д,, | "дл | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Выдержка длительного напряжения *U№* | Чт | 5 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ^дл | 10 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чю | 15 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чцт | 20 ши. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чю | 25 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чт | 30 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |

60

ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы ДА. 4.3*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Этап испытания | Ступень на\* пряжения | Длитель\* кость оы\* держки | Напряжение относитепь\* но земли. м& | | Измеренная интенсивность ЧР. пКл | | | | | |
| Фаза А | | Фаза в | | Фаза С | |
| ен | сн | ен | СН | ВН | СН | ВН | СН |
| Выдержка длительного напряжения | Цщ | 35 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чзл | 40 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ч\*** | 45 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ч\* | 50 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ч\* | 55 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Чт | 60 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Снижение | 1.2 | 1 мин. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Регистрация фонового уровня ЧР после ис­ пытания | **°-44«\*** | **3** — |  |  |  |  |  |  |  |  |

# A

61

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение ДБ (справочное)

Оригинальный текст положений МЭК 60076\*3:2013, которые применены

в настоящем стандарте с изменением их содержания для учета технических особенностей объекта стандартизации, принятых в Российской Федерации

ДБ.1 Введение

Уровни изоляции и испытания электрической прочности изоляции, установленные в настоящем стандарте, применимы тогъко для внутренней изоляции. Несмотря на очевидность того, что значения нормированных испыта­ тельных напряжений, которые установлены для внутренней изоляции трансформатора, также должны рассматри­ ваться как ориентир для его внешней изоляции, это может и не быть справедливо во всех случаях. Повреждение несамоеосстанавливающейся внутренней изоляции является катастрофическим и. как правило, приводит к выходу трансформатора из строя на длительное время, в то время как перекрытие во внешней изоляции может приве­ сти лишь к кратковременному прерыванию энергоснабжения, не причиняя непоправимых повреждений. По этой причине может случиться так. что для внутренней изоляции с целью повышения безопасности заказчиком будут установлены более высокие уровни испытательных напряжений, чем для внешней изоляции других компонентов в системе. Б случае, когда принято такое отличие, размеры внешних воздушных промежутков должны быть скоррек­ тированы. чтобы полностью соответствовать требованиям испытаний внутренней изоляции.

ДБ.2 Общие положения

Температура изоляционной системы во время испытаний должна быть не менее 10 °С. при этом температура может быть выше, чем указано в МЭК 60076-1.

ДБ.З Наибольшее рабочее напряжение и нормированный уровень изоляции

Значение наибольшего рабочего напряжения электрооборудования *1/ир* (см. раздел 3) установлено как для линейного конца, так и для нейтрали каждой обмотки, см. МЭК 60076-1.

Правила для испытаний электрической прочности изоляции зависят от значения *UM* р. В случае противоречий между отдельными правилами испытаний различных обмоток правило для обмотки с наибольшим *U„9* следует применять ко всему трансформатору.

ДБ.4 Примеры стандартного сокращенного обозначения уровней изоляции

*Пример 1*

*Трансформатор с номинальным напряжением обмоток 66/11 кВ; обмотка ВН имеет tfHp* = *72,5 кВ, обмотка НИ* - *U„p* = *12 кВ; обе обмотки с полной изоляцией нейтрали соединены* в *звезду; на табличке должно быть указано:*

*ВН U„ 72,51 ПГИ 325* / *КПЧ 140 кВ НН UMp 12/ПГИ 75/КПЧ 23 кВ*

*Пример 2*

*Обмотка ВН. линейный вывод: UHp* = *245 кВ; обмотка* соединена в *звезду, номинальное напряжение 220 кВ;*

*Обмотка ВН, нейтраль: UMps 52 кВ;*

*Обмотка СН, линейный вывод:* l/NJ5 = 72,5 *кВ; полная изоляция, обмотка соединена в* звезду *(СГИ не установлено):*

*Обмотка НН, линейный вывод: UHp* = *24 кВ; обмотка* соединена в *треугольник (СГИ не* требуется).

*На табличке должно быть указано:*

*ВН UMр 245/КИ 750/ПГИ 950/СГИ 1045/КПЧ 395 кВ*

*Нейтраль ВН* U 52 / *ПГИ 250/КПЧ 95 кВ СН* U *72,5/ПГИ 325/КПЧ 140 кВ*

*НН UHp 24/ПГИ 125/КПЧ 50 кВ*

ДБ.5 Требования х испытаниям электрической прочности изоляции — общие положения

Требования к испытаниям электрической прочности изоляции, а именно необходимые испытания и уровни ис­ пытательных напряжений, зависят от наибольшего рабочего напряжения 1УН обмотки высшего напряжения опреде­ ленного трансформатора. Необходимые испытания приведем в таблице ДБ.1. а конкретные требования — в ДБ.З.

Примечание — Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе вы­ водов является специальным испытанием нвскогъких конкретных типов трансформаторов независимо от *Un* р и потому для наглядности не включено в таблицу.

62

ГОСТ Р 56738—2015

ДБ.6 Требования и категории испытаний электрической прочности изоляции обмоток трансформаторов

Требования и категории испытаний электрической прочности изоляции обмоток трансформаторов приведе­ ны в таблице ДБ.1.

Таблица ДБ.1 — Требования и категории испытания электрической прочности изоляции обмоток трансформаторов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее рабочее напряжение *U„ р* | Ойр S 72.5 кВ | 72.6кВ < *UHt)i* 170 кВ | | *иир>* t70 кВ |
| Изоляция обмоток | Полная | Полная | Неполная | Попив\*  и неполна\* |
| Испытание напряжением полного грозо­ вого импульса линейных выводов (ПГИ) | Типовое | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Не применимо (включено в СГИ) |
| Испытание напряжением срезанного грозового импульса линейных выводов  <СГИ) | Специальное | Специальное | Специальное | Приемо­ сдаточное |
| Испытание напряжением грозового им­ пульса вывода нейтрали {ГИВН) | Специальное | Специальное | Специальное | Специальное |
| Испытание напряжением коммутацион­ ного импульса линейного вывода (КИ) | Не применимо | Специальное | Специальное | Приемо­ сдаточное |
| Испытание приложенным кратковремен­ ным переменным напряжением (ПКГ1Н) | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное |
| Испытание индуктированным кратко­ временным переменным напряжением (ИКПН) | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Не применимо |
| Испытание длительным переменным на­ пряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) | Специальное9 | Приемо­ сдаточное9 | Приемо­ сдаточное9 | Приемо­ сдаточное |
| Испытание лжейного вывода кратко­ временным переменным напряжением (ЛКПН) | Не применимо | Специальное | Приемо­ сдаточное6 | Специальное |
| Испытание изоляции вторичных целей (ИВЦ) | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное | Приемо­ сдаточное |
| \* Требования испытания ИКПН могут быть объединены с требованиями испытания ДПН таким образом, чтобы требовалось проведение только одного испытания.  ь По соглашению между изготовителем и заказчиком испытание ЛКПН для этой категории трансформато­ ров может быть заменено испытанием напряжением коммутационного импульса. | | | | |

ДБ.7 Нормированные испытательные напряжения

Уровни нормированных испытательных напряжений, определяемые, исходя из наибольшего рабочего на­ пряжения электрооборудования *UHp* для обмотки, приведены в таблице ДБ.2. Выбор между различными уровнями испытательных напряжений в этой таблице зависит от уровня возможных в системе перенапряжений и важности конкретной установки. Рекомендации могут быть найдены в МЭК 60071-1.

Таблица ДБ.2 — Уровни испытательных напряжений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшая рабо­ чее напряжение имр.«в | Напряжение полного грозового импульса  (ПГИ), кв | Напряжение срезанною (розового им­ пульса (СГИ). кв | Напряжение коммутацион­м ного импульсе (КИ). кВ | Приложенное переменное кратковре­ енное напряжение (ПКПН) или кратко­ временное переменное напряжение  линейного вывода (ЛКПН). кВ |
| <1.1 | — | — | — | 3 |
| 3.6 | 20 | 22 | — | 10 |
| 40 | 44 | — | 10 |

63

ГОСТ Р 56738—2015

*Продолжение таблицы ДБ. 1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее рабо­ чее напряжение | Напряжение  п одного грозового импульса (ЛГИ), кв | Напряжение срезанного грозового им­ пульса (СГИ). яв | Напряжение коммутацией\*м но<о импульса (КИ). кВ | Приложенное переменное кратковре­ енное напряжение (ПКПН) или кратко­ временное переменное напряжение  линейного вывода (ЛКПН). кВ |
| 7.2 | 60 | 66 | — | 20 |
| 75\* | 83\* | — | 20 |
| 12 | 75 | 83 | — | 28 |
| 95 | 105 | — | 28 |
| 110\* | 121\* | — | 34» |
| 17.5 | 95 | 105 | — | 38 |
| 125\* | 138\* | — | 38 |
| 24 | 125 | 138 | — | 50 |
| 145 | 160 | — | 50 |
| 150\* | 165\* | — | 50 |
| 36 | 170 | 187 | — | 70 |
| 200\* | 220\* | — | 70 |
| 52 | 250 | 275 | — | 95 |
| 72.5 | 325 | 358 | — | 140 |
| 350» | 385\* | — | 140 |
| 100 | 450 | 495 | 375\* | 185 |
| 123 | 550 | 605 | 460» | 230 |
| 145 | 550 | 605 | 460» | 230 |
| 650 | 715 | 540» | 275 |
| 170 | 650 | 715 | 540» | 275 |
| 750 | 825 | 620» | 325 |
| 245 | 650 | 935 | 700» | 360 |
| 950 | 1045 | 750» | 395 |
| 1050 | 1155 | 850» | 460 |
| 300 | 950 | 1045 | 750 | 395 |
| 1050 | 1155 | 850 | 460 |
| 362 | 1050 | 1155 | 850 | 460 |
| 1175 | 1290 | 950 | 510 |
| 420 | 1175 | 1290 | 950 | 510 |
| 1300 | 1430 | 1050 | 570 |
| 1425 | 1570 | 1175\* | 630 |

64

ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы ДБ. 1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее рабо­ чее напряжение инр.«в | Напряжение полного грозового ни пульса  (ПГИ). ffi | Напряжение срезанного грозового им­ пульса (СГИ>. я8 | Напряжение коммутацией\*  мо<о импульса (КИ1. кВ | Приложенное переменное кратковре­ менное напряжение (ПКПН) или тратко- временное переменное напряжение линейного вывода (ЛКПН). кВ |
| 550 | 1300 | 1430 | 1050 | 570 |
| 1425 | 1570 | 1175 | 630 |
| 1550 | 1705 | 1300я | 680 |
| 1875я | 1845я | 1390я | — |
| 800 | 1800 | 1980 | 1425 | — |
| 1950 | 2145 | 1550 | — |
| 2050е | 2255я | 1700я | — |
| 2100 | 2310 | 1675я | — |
| 1100 | 1950 | 2145 | 1425 | — |
| 2250 | 2475 | 1800 | — |
| 1200 | 2250 | 2475 | 1800 | — |

8 Эги значения не указаны е МЭК 60071-1:2011 для конкретного значения 1Унр, но включены либо пото­ му. что они представляют принятую практику в некоторых частях мира, либо потому, что представляют собой

значение испытательного напряжения коммутационного импульса, скоординированного со значением полного грозового импульса.

Все приведенные испытательные напряжения соответствуют напряжениям относительно земли.

Если не указано иное, для определенного значения 1Унр должны быть приняты значения испытатель­ ных напряжений, наименьшие из приведенных в таблице ДБ.2, которые представляют собой минимальные уровни испытательных напряжений. В целом значения, приведенные 8 каждой строке таблицы ДБ.2. являются скоординированными. Если для некоторой обмотки заказчиком указано лишь напряжение полного грозового

импульса, значения других испытательных напряжений должны быть определены по строке таблицы ДБ.2. со­ ответствующей этому напряжению полного грозового импульса. Заказчик для конкретного значения *UH* р может указать любое значение испытательного напряжения выше минимального по каждому из видов испытаний, при этом желательно, чтобы это были стандартные значения, хотя и не обязательно значения из одной строки

таблицы ДБ.2. Если требуется болев высокий уровень испытательных напряжений, это должно быть указано в запросе и заказе.

Если при особых обстоятельствах минимальные уровни, указанные в таблице ДБ.2. по мнению заказчика являются слишком высокими, то могут быть использованы значения таблицы ДБ.З. Значения, указанные в та­ блице ДБ.З. могут быть использованы только в случае, если были приняты особые меры предосторожности для исключения перенапряжений, превосходящих электрическую прочность изоляции трансформатора, и либо были завершены обширные исследования, либо испогъзуемые значения представляют собой значения, проверенные существующей практикой, применимой для конкретной установки.

Примечание — Определенные условия эксплуатации, особенно ще включение трансформатора под напряжение осуществляется со стороны удаленного конца кабеля или длинной воздушной пинии, могут привести к тяжелым воздействиям частых и повторявшихся перенапряжений. В таких случаях более высокие значения ис­ пытательных напряжений грозового и коммутационного импульсов и других испытаний могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком для отдельных трансформаторов. Например, обмотки с С/мр < 1.1 кв могут быть испытаны при значениях напряжений, соответствующих обмотке с(/ ир = 3.6кВ. Конкретная вольт-секундная характеристика перенапряжений является важной при выборе типа испытаний и испытательных напряжений, не­ обходимых для обеспечения удовлетворительной работы.

В частности, зарегистрированы повреждения трансформаторов при 1Уир = 36 кВ и ниже в случае, когда трансформатор коммутировался вакуумным выключателем с удаленного конца кабегъной линии, поскольку могли существовать условия резонанса, вызывающего повторные зажигания и повторяющиеся переходные процессы.

В некоторых случаях повышение уровня изоляции может оказаться недостаточными и следует рассмотреть другие

65

ГОСТ Р 56738—2015

методы, такие как установка RC-цепей. Более детальная информация может быть найдена в IEEE 057.142:2010 и докладе СИГРЭ 12-14 (1984).

Таблица ДБ.З — Уровни испытательных напряжений, используемые в особых случаях

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее ра$о> чее напряжение  в | Напряжение полного грозового импульса  (ПГИ). «в | Напряжение срезанного грозового им­ пульса (СГИ). .6 | Напряжение коммутацион­ м ного импульса  (КИ). кВ | Приложенное кратковременное пере­ енное напряжение (ПКПН) кпи гратко- временное переменное напряжение  линейного вывода (ЛКПН). кВ |
| 7.2 | 40 | 44 | — | 20 |
| 12 | 60 | 66 | — | 28 |
| 17.5 | 75 | 83 | — | 38 |
| 24 | 95 | 105 | — | 50 |
| 36 | 145 | 160 | — | 70 |
| 60е | 280е | 308\* | 230\* | 115\* |
| 123ь | 450й | 495й | 375й | 185й |
| 170ь | 550й | 605й | 460й | 230 |
| 245 | 650й | 715й | 550й | 275й |
| 750й | 825й | 620й | 325й |
| 300 | 650 | 935 | 750 | 395 |
| 362 | 950 | 1045 | 850 | 395 |
| 420 | 1050 | 1155 | 850 | 460 |
| 550 | 1175 | 1290 | 950 | 510 |

а Эти значения не указаны в МЭК 60071-1:2011 для конкретного значения *U .* но включены, так как они представляют существующую практику в некоторых частях мирз.

ь Эти значения требуют специального рассмотрения, см. МЭК 60071-1:2011.

ДБ.8 Требования к испытаниям отдельных трансформаторов ДБ.8.1 Испытания трансформаторов с *UM^* S 72,5 кВ

ДБ.8.1.1 Приемо-сдаточные испытания

а) Испытание прилаженным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно проводиться по методике согласно разделу 10 на каждой отдельной обмотке трансформатора. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

Примечание — Предполагается, что трансформаторы с 1/нр S 72,5 кВ имеют обмотки с полной изо­ ляцией ней граты, чтобы выдержать это испытание.

б) Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН)

Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением должно проводиться по методи­ ке согласно 11.2 при испытательном напряжении *2иноы* {относительно земли). По согласованию с заказчиком данное испытание мажет быть заменено на испытание ДПН с напряжением повышенного уровня равным 2(/пом *1-4*3 (см. 7.3.1.3. а).

ДБ.8.1.2 Типовые испытания

Испытание напряжением полного грозового импульса (ПГИ)

Испытание напряжением полного грозового импульса должно быть проведено для линейных выводов по методике, указанной в 13.1 и 13.2. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

ДБ.8.1.3 Специальные испытания

а) Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов

<ДПН)

Если указано заказчиком, испытание должно проводиться в соответствии с методикой, изложенной 8 11.3.

при напряжении повышенного уровня 1.81У /^3 {относительно земли) и длительном переменном напряжении

66

ГОСТ Р 56738—2015

1.58(/*lJ5* (относительно земли). Если указано заказчиком, более еьюокие уровни напряжений могут быть ис­ пользованы в качестве альтернативы. В частности, могут использоваться напряжение повышенного уровня *U^/45* и длительное переменное напряжение 1.51/нр/ч/?. если эти значения богъше.

Если используется напряжение повышенного уровня 2(7мом/чД. эго испытание может заменить приемо-сда­

точное испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением.

Длительность выдержки напряжения при измерениях интенсивности частичных разрядов рекомендуется принимать равной 5 мин. По согласованию между изготовителем и заказчиком может быть принята меньшая дли­ тельность выдержки.

б) Испытание напряжением срезанного грозового импульса линейных выводов (СГИ)

Если указано заказчиком, испытание напряжением полного грозового импульса должно быть заменено ис­ пытанием напряжением срезанного грозового импульса по методике, приведенной в 13.1 и 13.3.

Расширение объема испытаний напряжением грозовых импульсов путем добавления импульсов, срезан­

ных на спаде, рекомендуется в качестве специального испытания в тех случаях, когда трансформатор подключен напрямую к комплектному распределительному устройству с элегазовой изоляцией (КРУЭ) с помощью высоко­ вольтного ввода типа «жидкий диэлектрик — элегаз» игы в случаях, когда трансформатор защищен искровыми промежутками.

в) Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали {ГИВН)

Если указано заказчиком, испытание напряжением полного грозового импульса должно быть проведено на выводе нейтрали по методике, изложенной в 13.1 и 13.4. Как правило, таков испытание требуется, если нейтраль трансформатора в эксплуатации не соединена наглухо с землей.

г) Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выводов (ГИМ8)

Если указано заказчиком, дополнительное испытание напряжением грозовых импульсов, прикладываемым одновременно к двум и более выводам, должно быть проведено по методике согласно 13.1 и схеме испытаний со­ гласно 13.1.4.3. Если не указано иное, испытание проводят напряжением полного грозового импульса.

ДБ.8.2 Испытания трансформаторов с 72,5 кВ < *UHp* S 170 кВ ДБ.8.2.1 Приемо-сдаточные испытания

а) Испытание напряжением полного грозового импульса {ПГИ)

Испытание напряжением полного грозового импульса должно быть проведено для линейных выводов по методике, указанной в разделе 13. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

б) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно быть проведено для каждой отдельной обмотки трансформатора согласно методике, указанной в разделе 10. Для обмоток с полной изоляцией ней граты испытания должны быть проведены испытательными напряжениями согласно таблице ДБ.2. Для обмо­ ток с неполной изоляцией нейтрали испытания должны быть проведены испытательными напряжениями, установ­ ленными для выводов нейтрали этих обмоток (см. ДБ.9.2).

в) Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН)

Испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением должно проводиться по методи­

ке согласно 11.2 при испытательном напряжении *2Umv* / (относительно земли). По согласованию с заказчиком данное испытание может быть заменено на испытание ДПН с напряжением повышенного уровня, равным *2UHOtAl^3* (см. 7.3.2.1. е).

г) Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением для трансформаторов, содер­ жащих обмотки с неполной изоляцией нейтрали (ЛКПН)

Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали это испытание должно проводиться при испытательном на­ пряжении. указанном в таблице ДБ.2 в графе для приложенного переменного напряжения или кратковременного переменного напряжения линейного вывода, с использование методики, указанной в разделе 12. Это испытание может быть исключено, если по соглашению между изготовителем и заказчиком проводится испытание напряже­ нием коммутационного импульса.

б) Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов

(ДПН)

Испытание должно проводиться в соответствии с методикой, изложенной в 11.3. при напряжении повышен­

ного уровня 1.84/до /чД (относительно земли) и длительном переменном напряжении 1.584^ /чД (относи­ тельно земли). Если указано заказчиком, более высокие уровни напряжений могут быть использованы в качестве альтернативы. В частности, могут использоваться напряжение повышенного уровня *^3* и длительное

переменное напряжение 1.5(/нр/чД если зги значения больше.

Если используется напряжение повышенного уровня 21/^, это испытание может заменить приемо-сда­

точное испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением.

ДБ.8.2.2 Специальные испытания

а) Испытание напряжением коммутационного импупьса (КИ)

Если указано заказчиком, испытание напряжением коммутационного импульса должно быть проведено для

###### линейных выводов по методике, указанной в разделе 14. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

67

ГОСТ Р 56738—2015

В случае проведения этого испытания по соглашению между изготовителем и закаэ-мком испытание гынейното вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) может быть исхлючено.

б) Испытание напряжением срезанного грозового импульса линейных выводов (СГИ)

Если указано заказчиком, испытание напряжением полного грозового импульса должно быть заменено ис­ пытанием напряжением срезанного грозового импульса по методике, указанной в 13.1 и 13.3.

Расширение объема испытаний напряжением грозовых импульсов путем добавления импульсов, срезан­

ных на спаде, в качестве специального испытания рекомендуется в тех случаях, когда трансформатор подключен напрямую к комплектному распределительному устройству с элегазовой изоляцией (КРУЭ) с помощью высоко­ вольтного ввода типа «жидкий диэлектрик — элегаз» или в случаях, когда трансформатор защищен искровыми промежутками.

в) Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН)

Если указано заказчиком, для обмоток с полной изоляцией нейтрали это испытание должно проводиться испытательным напряжением, установленным в таблице ДБ.2 для кратковременного переменного напряжения ли­ нейного вывода, используя методику, приведенную в разделе 12.

*г)* Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН)

Если указано заказчиком, вывод нейтрали должен быть испытан напряжением полного грозового импульса. Как правило, такое требование устанавливают для трансформаторов, нейтрали которых при эксплуатации не со­ единены наглухо с землей.

б) Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выводов (ГИМВ)

Если указано заказчиком, дополнительное испытание напряжением грозовых импульсов, прикладываемым одновременно к двум и более выводам, должно быть проведено по методике согласно 13.1 и схеме испытаний со­ гласно 13.1.4.3. Если не указано иное, испытание проводят напряжением полного грозового импульса.

ДБ.8.3 Испытания трансформаторов с *>* 170 кВ ДБ.8.3.1 Приемо-сдаточные испытания

в) Испытание напряжением срезанного грозового импульса (СГИ)

Испытание напряжением срезанного грозового импульса должно быть проведено для линейных выводов по методике, указанной в разделе 13. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

б) Испытание напряжением коммутационного импульса (КИ)

Испытание напряжением коммутационного импульса должно быть проведено для линейных выводов по ме­ тодике. указанной в разделе 14. Испытательные напряжения приведены в таблице ДБ.2.

в) Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН)

Испытание приложенным кратковременным переменным напряжением должно быть проведено для каждой отдельной обмотхи трансформатора согласно методике, указанной в разделе 10. Для обмоток с полной изоляцией нейтрали испытания должны быть проведены испытательными напряжениями согласно таблице ДБ.2. Для обмо­ ток с неполной изоляцией нейтрали испытания должны быть проведены испытательными напряжениями, установ­ ленными для выводов нейтрали этих обмоток (см. 7.4.2).

а) Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов

(ДПН)

Испытание должно проводиться в соответствии с методикой, изложенной в 11.3. при напряжении повышен­

ного уровня 1,8(7 (относительно земли) и длигегьном переменном напряжении *^.5QUttglЛ/^Jз* (относи­

тельно земли). Если указано заказчиком, более высокие уровни напряжений могут быть использованы в качестве альтернативы. В частности, могут использоваться напряжение повышенного уровня ^3 *Онр 1^3* и длительное переменное напряжение 1,5 (7ир/^. если эти значения больше.

Примечание — Напряжение повышенного уровня между фазами трехфазных трансформаторов может превышать кратковременное переменное напряжение относительно земгы. указанное в таблице ДБ.2.

ДБ.8.3.2 Специальные испытания

а) Испытание напряжением грозового импульса вывода нейтрали (ГИВН)

Если указано заказчиком, вывод нейтрали должен быть испытан напряжением полного грозового импульса. Как правило, такое требование устанавливают для трансформаторов, нейтрали которых при эксплуатации не со­ единены наглухо с землей.

б) Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН)

Если указано заказчиком, это испытание должно проводиться испытательным напряжением, установленным в таблице ДБ.2 а графе для прилаженного переменного напряжения линейного вывода, используя методику, при­ веденную в разделе 12.

в) Испытание напряжением грозовых импульсов двух и более соединенных вместе выводов (ГИМВ)

Если указано заказчиком, дополнительное испытание напряжением грозовых импульсов, прикладывае­ мым одновременно к двум и более выводам, должно быть проведено по методике согласно 13.1 и схеме испы­ таний согласно 13.1.4.3. Если не указано иное, испытание проводят напряжением полного грозового импульса

<ПГИ).

68

ГОСТ Р 56738—2015

ДБ.9 Наибольшее рабочее напряжение (/нр и испытательные напряжения вывода нейтрали обмотки ДБ.9.1 Трансформаторы с Ц, р S 72,5 кВ

Вывоз нейтрали должен быть испытан приложенным переменным напряжением, установленным для линей­ ных выводов обмотки. Если заказчиком указано о необходимости проведения испытаний напряжением грозового импульса, значение испытательного напряжения должно быть указано при запросе и заказе.

Примечание — Для выполнения этого требования обмотки трансформаторов с *U„p* S 72.5 кВ должны быть с полной изоляцией нейтрали.

ДБ.9.2 Трансформаторы с *UH f)* > 72.5 кВ

ДБ.9.2.1 Вывод нейтрали для глухого заземления

Если вывод нейтрали при эксплуатации предназначен для соединения с землей наглухо, непосредственно или через трансформатор тока, без включения какого-либо сопротивления, то значение испытательного приложен­ ного переменного напряжения должно быть не менее 38 кВ (UH-p 2 17,5 кВ). В случае необходимости может быть установлен больший уровень изоляции.

Испытание изоляции нейтрали напряжением грозового импульса не требуется, но может быть установлено при необходимости.

ДБ.9.2.2 Вывод нейтрали не для глухого заземления

Значения *JH p* и испытательных напряжений для вывода нейтрали должны быть указаны захазчиком в запро­ се и заказе. Значение 1УН р для вывода нейтрали зависит от того, предназначен ли трансформатор для работы без соединения нейтрали с землей или с соединением нейтрали с землей через резистор или реактор (см. приложение Г). Значения (7Н р и испытательных напряжений должны быть преимущественно выбраны по таблице ДБ.2. Во всех случаях значение *UH* р должно быть не менее 17.5 кВ.

Если для вывода нейтрали указано испытание напряжением грозового импульса, то значение нормирован­

ного испытательного напряжения должно быть установлено в запросе и заказе и подтверждено испытанием со­ гласно 13.4. Испытание напряжением срезанного грозового импульса не применимо для вывода нейтрали.

ДБ.10 Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей (ИВЦ)

Изоляция цепей управления и вспомогательных цепей, а также их элементов должна быть испытана приложен­ ным одноминутным переменным напряжением 2 кВ относительно земли. Испытание считают успешным, если не про­ изошло падения (среза) испытательного напряжения и не выявлено других признаке» полного разряда. Испытания должны быть проведены на заводе-изготовителе. Испытание мажет быть проведено на месте установки трансформа­ тора. если изготовителю надлежит выполнить монтаж трансформатора на месте установки. Цепи управления и вспо­ могательные цепи, огкгочаеыые ит демонтируемые на время транспортировки трансформатора, которые были ис­ пытаны на заводе приложенным переменным напряжением 2 кВ. после монтажа на месте установки должны либо быть повторно испытаны прилаженным переменным напряжением 2 кВ. либо пройти измерение сопротивления изоляции постоянным напряжением 1 кВ. при этом измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее 1 МОм.

Вспомогательные цепи вторичных обмоток трансформаторов тока должны быть испытаны приложенным переменным напряжением 2.5 кВ относительно земли в течение 1 мин. Испытания должны быть проведены на заводе-изготовителе. Если действующее значение напряжения насыщения трансформатора тока превышает 2 кВ. испытание должно быть выполнено приложенным переменным напряжением 4 кВ. Испытание считают успешным, если не произошло падения (среза) испытательного напряжения и не выявлено других признаков полного разряда.

ДБ.11 Испытание напряжением полного грозового импульса (ПГИ): параметры импульса. определение значения испытательного напряжения и допуски

Значение испытагегъного напряжения должно быть определено согласно МЭК 60060-1 (значение, получае­ мое после применения функции испытательного напряжения). Ест наибольшее относительное значение выброса на фронте составляет не более 5 %. значение испытательного напряжения может быть принято равным макси­ мальному значению импульса по МЭК 60060-1.

ДБ.12 Испытание напряжением срезанного грозового импульса (СГИ): параметры импульса

Форма полных (розовых импульсов должна быть согласно 13.2.1. Срезанный грозовой импульс должен иметь предразрздное время от 3 до 6 мкс. Время до первого перехода напряжения через ноль непосредственно после среза должно быть как можно меньше. Испытание должно быть выполнено без преднамеренно включенного в цепи среза демпфирующего сопротивления, но если при приложении сниженного напряжения максимальное значение первого полуттериода колебаний после среза превышает 30 % от максимального значения импульса, то в цепи среза мажет быть включено минимально возможное сопротивление для снижения максимального значения первого полупериода колебаний ниже 30 %.

По соглашению между изготовителем и заказчиком может быть принято пред разрядное время от 2 до 3 мкс при условии, что максимальное значение грозового импульса достигается до момента среза.

Примечание — Трансформаторы обычно проектируют таким образом, чтобы они выдерживали сре­ занный грозовой импульс с максимальным значением первого полупериода колебаний после среза, равным

69

ГОСТ Р 56738—2015

30 % от максимального значения импульса. Если трансформатор должен быть испытан третьей сторо­ ной. максимальное значение первого полупериода колебаний после среза должно быть ограничено эгим значением.

ДБ.13 Испытания трансформаторов без встроенных нелинейных элементов Последовательность испытания включает:

* *два* срезанных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательного напряжения сре­

занного грозового импульса.

ДБ.14 Испытания трансформаторов со встроенными нелинейными элементами Последовательность испытания включает:

* два срезанных грозовых импульса напряжением 100 % нормированного испытательного напряжения сре­ занного грозового импульса.

ДБ.15 Испытания внешней изоляции трансформаторов

В случае применения меньших воздушных промежутков, чем ухазано в данном разделе стандарта, может потребоваться проведение типовых испытаний на конструкции, имитирующей фактические размеры воздушных промежутков, с использованием общих методов согласно разделам 10—14 настоящего стандарта и испытательных напряжений, нормированных для трансформатора, или испытаний, установленных е других стандартах (например. МЭК 62271-1) и применимых к подключенному электрооборудованию подстанции.

ДБ.16 Требования к размерам воздушных промежутков

Минимальные размеры воздушных промежутков приведены в таблице ДБ.4.

Таблица ДБ.4 — Минимальные размеры воздушных промежутков

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее рабочее напряжение электрообо­  рудования  кВ | Напряжение полною   * розового импульса   <ПГИ). кВ | Напряжение комму- тациомного импульса (КИ), кВ | Минимальные рам ары воздушных промежутков, мы | |
| до заземленных частей | между фазами |
| < 1.1 | — | — | — | — |
| 3.6 | 20 | — | 60 | 60 |
| 40 | — | 60 | 60 |
| 7.2 | 60 | — | 90 | 90 |
| 75» | — | 120 | 120 |
| 12 | 75 | — | 120 | 120 |
| 90 | — | 160 | 160 |
| 110» | — | 200\* | 200» |
| 17.5 | 95 | — | 160 | 160 |
| 125а | — | 220 | 220 |
| 24 | 125 | — | 220 | 220 |
| 145 | — | 270 | 270 |
| 150\* | — | 280\* | 280» |
| 36 | 170 | — | 320 | 320 |
| 200\* | — | 380 | 380 |
| 52 | 250 | — | 480 | 480 |
| 72.5 | 325 | — | 630 | 630 |
| 350» | — | 630 | 630 |
| 100 | 450 | 375» | 900 | 900 |

70

ГОСТ Р 56738—2015

*Окончание таблицы ДБ. 4*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наибольшее рабочее напряжение электрообо­ рудования  Ч\*р кв | Напряжение полною (розового импульса  <ПГИ). кВ | Напряжение комму- та иконного импульса (КИ>. кВ | Минимальные размеры воздушных промежутков, мм | |
| до заземленных частей | между фазами |
| 123 | 550 | 460а | 1100 | 1100 |
| 145 | 550 | 460е | 1100 | 1100 |
| 650 | 540» | 1300 | 1500я |
| 170 | 650 | 5408 | 1300 | 1500я |
| 750 | 620е | 1500 | 1700я |
| 245 | 650 | 700я | 1600 | 2100я |
| 950 | 750а | 1700 | 2300 |
| 1050 | 8508 | 1900 | 2600 |
| 300 | 950 | 750 | 1700 | 2300 |
| 1050 | 850 | 1900 | 2600 |
| 362 | 1050 | 850 | 1900 | 2600 |
| 1175 | 950 | 2200 | 3100 |
| 420 | 1175 | 950 | 2200 | 3100 |
| 1300 | 1050 | 2600 | 3600 |
| 1425 | 1175я | 3100 | 4200 |
| 550 | 1300 | 1050 | 2600 | 3600 |
| 1425 | 1175 | 3100 | 4200 |
| 1550 | 1300я | 3600 | 5000я |
| 1575а | 1390я | 4000я | 5600я |
| 800 | 1800 | 1425 | 4200 | 5800я |
| 1950 | 1550 | 4900 | 6700я |
| 2050\* | 1700я | 5800я | 7900я |
| 2100 | 1675я | 5600 | 7700я |
| 1100 | 1950 | 1425 | Ь | Ь |
| 2250 | 1800 | 6300 | **С** |
| 1200 | 2250 | 1800 | 6300 | с |

я Эти значения не указаны в МЭК 60071-1:2011 для отдельных значений 1/и р, но включены либо по­ тому, что они представляют практику, распространенную в некоторых частях мира, либо для некоторых зна­

чений напряжения коммутационного импульса и размеров воздушных промежутков, потому что они пред­ ставляют собой скоординированные значения для определенного значения напряжения полного грозового импульса.

ь Для данного уровня изоляции не установлены размеры воздушных промежутков, поскольку этот уровень

изоляции не применим к воздушной изоляции в соответствии с МЭК 60071-1.

с Для трансформаторов с данным уровнем изоляции не установлены размеры междуфазных воздушных промежутков, поскольку такие трансформаторы обычно имеют однофазное исполнение.

71

ГОСТ Р 56738—2015

ДБ.17 Информация об изоляции трансформатора и испытаниях ее электрической прочности. которую следует предоставлять при запросе и заказе

ДБ.17.1 Трансформаторы и обмотки с Уи р 5 72,5 кВ Во всех случаях:

* значение наибольшего рабочего напряжения Уир:
* значение номинального напряжения обмотки *U^,:*
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН);
* значение испытательного напряжения полного грозового импульса (ПГИ). В особых случаях:
* требуется ли измерение интенсивности частичных разрядов, должно ли это измерение быть сделано одно­ временно с испытанием индуктированным кратковременным переменным напряжением или отдельно от него и должно ли это измерение быть сделано только на одной единице оборудования, предназначенной для проведения типовых испытаний, или на всех единицах; должна быть указана продолжительность выдержки напряжения при измерении интенсивности частичных разрядов, если она меньше чем один час:
* требуются ли импульсные испытания на любой или на всех единицах оборудования, поставляемых по за­ казу. а не только на первой единице той же конструкции:
* требуются ли испытания напряжением срезанного грозового импульса и должны ли эти испытания быть проведены только на первой единице оборудования или на всех единицах:
* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов вывода нейтрали и должно пи это испытание быть проведено только на первой единице или на всех единицах:
* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов, приложенным одновременно к нескольким ли­

нейным выводам, и должно ли это испытание быть выполнено только на первой единице оборудования или на вовх единицах:

* размеры воздушных промежутков, если они отличаются от указанных в разделе 16.

Значения *UM* р, ПГИ и ПКПН должны быть предпочтительно выбраны из одной строки таблицы ДБ.2. посколь­ ку в этом случае они будут являться скоординированным набором значений, однако допустимо выбирать значения из разных строк в пределах одного значения *UH0* или большего значения Уир, чтобы соответствовать существую­ щей лрактпсе координации изоляции. Значение СГИ. если указано проведение этого испытания, должно быть взя­

то из той же строки таблицы ДБ.2. что и значение ПГИ. Любое сочетание значений, взятых из разных строк, может привести к излишним запасам в конструкции по некоторым параметрам.

ДБ17.2 Трансформаторы и обмотки с 72,5 кВ < £ 170 кВ Во всех случаях:

* значение наибольшего рабочего напряжения Уи р;
* значение номинального напряжения обмотки *иноы:*
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН):
* значение испытательного напряжения полного грозового импульса (ПГИ). Дополнительно для трансформаторов, имеющих обмотки с неполной изоляцией нейтрали:
* значение испытательного кратковременного переменного напряжения линейного вывода или уровень ис­ пытательного напряжения коммутационного импульса, если эго испытание указано в качестве альтернативы.

В особых случаях:

* требуется ли применение более высокого уровня напряжения для испытания длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов и может ли это испытание быть совмещено с ис­ пытанием индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН);
* требуются ли испытания напряжением срезанного грозового импульсе и должны ли эти испытания быть проведены только на первой единице оборудования или на всех единицах:
* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов вывода нейтрали и должно ли это испытание быть проведено только на первой единице оборудования или на всех единицах:
* отличается ли требуемое испытательное индуктированное кратковременное переменное напряжение от

двойного номинального напряжения:

* требуется ли испытание напряжением коммутационного импульса, должно ли это испытание быть про­ ведено только на первой единице оборудования или на всех единицах и заменяет ли испытание напряжением коммутационного импульса (КИ) испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН):
* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов, приложенным одновременно к нескольким ли­ нейным выводам, и должно ли это испытание быть выполнено только на первой единице оборудования или на всех единицах;
* требуется ли испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением для трансфор­ маторов. имеющих обмотки с неполной изоляцией нейтрали, и если эго так. каким должно быть испытательное напряжение:
* размеры воздушных промежутков, ест они Отличаются от указанных в разделе 16.

72

ГОСТ Р 56738—2015

Значения *UH* . ПГИ. ПКПН, а также ЛКПН и КИ (если установлены) должны быть предпочтительно выбраны из одной строки таблицы ДБ.2. поскольку в этом случав они будут являться скоординированным набором значений,

однако допустимо выбирать значения из разных строк в пределах одного значения *Lf„ 0* или большего значения UH р. чтобы соответствовать существующей практике координации изоляции. Значение СГИ, если указано прове­ дение этого испытания, должно быть взято из той же строки таблицы ДБ.2. что и значение ПГИ. Любое сочетание значений, взятых из разных строк, мажет привести к излишним запасам в конструкции по некоторым параметрам.

ДБ.17.3 Трансформаторы и обмотки с (Уи^ > 170 кВ Во всех случаях:

* значение наибольшего рабочего напряжения *UH* р;
* значение номинального напряжения обмотки
* значение испытательного напряжения полного грозового импульса (ПГИ):
* значение испытательного напряжения коммутационного импульса (КИ);
* значение испытательного приложенного кратковременного переменного напряжения (ПКПН). В особых случаях:
* требуется ли применение более высокого напряжения для испытаний длительным переменным напряже­ нием с измерением интенсивности частичных разрядов;
* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов вывода нейтрали и должно ли это испытание

быть проведено только на первой единице оборудования или на всех единицах:

* требуется ли испытание напряжением грозовых импульсов, приложенным одновременно к нескольким ли­ нейным выводам, и должно ли это испытание быть выполнено только на первой единице оборудования или на всех единицах:
* требуется ли испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением для трансфор­ маторов. имеющих обмотки с неполной изоляцией нейтрали, и если эго так. каким должно быть испытательное напряжение:
* размеры воздушных промежутков, если они отличаются от указанных в разделе 16.

Значения *UM* р. ПГИ. КИ. ПКПН и ЛКПН (если установлено) должны быть предпочтительно выбраны из одной строки таблицы ДБ.2. поскольку в этом случае они будут являться скоординированным набором значений, однако допустимо выбирать значения из разных строк в пределах одного значения *UH* р или большего значения UH р1 что­ бы соответствовать существующей практике координации изоляции. Значение СГИ должно быть взято из той же

строки таблицы ДБ.2. что и значение ПГИ. Любое сочетание значений, взятых из разных строк, может привести к излишним запасам в конструкции по некоторым параметрам.

ДБ.18 Выбор уровня изоляции нейтрали — пример

Трансформатор со схемой соединения обмоток Ун/Д-11 с номинальным напряжением обмотки высшего на­ пряжения (ВН) 155 кВ (1/мр = 170 кВ), номинальной мощностью 100 MBA. сопротивлением прямой последователь­ ности 12 % при 100 MBA и сопротивлением нулевой последовательности 10.8 %. и нейтралью обмотки ВН. зазем­ ленной через реактор с сопротивлением 39 Ом. для случая бесконечной мощности короткого замыкания сети будет

иметь следующий ток 8 нейтрали обмотки ВН при однофазном замыкании на землю в сети ВН:

*№ г \** As *\*^2i* +^о/ + *\*32лз*

*,* \_ 3-170000/^3

\*■\* ~(28.83 + 0 + 28.83 + 0 + 25.95 + 0)+3-39 + 0

=1468 А.

что дает напряжение на нейтрали

и\*\*яч='«.А =1468-39 = 57243 В.

таким образом, минимальное значение приложенного переменного напряжения нейтрали из таблицы ДБ.2 состав­ ляет 70 кВ.

Принимая К,» 1.05 для индуктивного сопротивления в нейтрали, наибольшее напряжение на нейтрали при коротком замыкании а сети будет

*UH* тах = 57243-1.05 *-J2* = 85.0 кВ.

Поскольку защитное устройство не должно срабатывать при амплитудном напряжении 85 кВ. его наиболь­ ший уровень длительно допустимого переменного напряжения должен быть не менее 85*1-J2* = 60.1 кв. Подходя­ щий ограничитель перенапряжений для этого напряжения (при условии его допустимости в течение 10 с) имеет остающееся напряжение 140 кВ при импульсе тока 10 кА. С учетом некоторого запаса уровень ислытагвгъного напряжения полного грозового импульса для нейтрали может быть принят равным 170 кВ.

Испытательному напряжению полного грозового импульса 170 кВ соответствует {/ . равное 36 кВ. и это значение следует указать для нейтрали.

73

ГОСТ Р 56738—2015

ДБ.19 Базовые принципы для установления испытаний электрической прочности изоляции. уровней изоляции и внешних воздушных промежутков: испытания

ДБ.19.1 Испытание трансформаторов с 1/^р 5 72,5 кВ

Эти трансформаторы включают в себя распределительные трансформаторы, которые часто выпускаются в больших количествах для одной определенной конструкции. Испытания таких трансформаторов должны оставать­ ся быстрыми и недорогими.

Поскольку все трансформаторы и обмотки с *UH* не более 72.5 кВ производятся с полной изоляцией обмоток, изоляция линейных выводов и вывода нейграгы относительно земли проверяется одновременно во время испыта­ ния приложенным кратковременным переменным напряжением (ПКПН).

В связи с этим испытание индуктированным кратковременным переменным напряжением (ИКПН) требуется только для проверки витхоеой изоляции, и, как и в предыдущем издании, испытание двойным номинальным на­ пряжением признано обеспечивающим достаточный запас.

Конструкция изоляции относительно земли и между фазами также проверяется при испытаниях напряжени­ ем грозового импульса (ПГИ). но для ограничения объема испытательного оборудования, необходимого для ис­ пытаний згой категории трансформаторов, импульсные испытания сохранены в качестве типовых испытаний, без перевода их в разряд приемо-сдаточных испытаний.

Испытание напряжением срезанного грозового импульса (СГИ) в общем случав не рассматривается как не­ обходимое. Это испытание определено как специальное, выполняемое по требованию заказчика лишь в тех случа­ ях. когда имеются особенно тяжелые условия эксплуатации.

Испытание индуктированным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) рассматривается также как слишком дорогое и слишком длительное для общего применения на этих транс­ форматорах. и более того, его цели покрывают испытания ИКПН и ПКПН. Это испытание определено как специаль­ ное испытание, выполняемое по требованию заказчика, возможно, с сокращением продолжительности испытания в тех случаях, когда имеются особые условия эксплуатации.

ДБ.19.2 Испытание трансформаторов с 72,5 кВ < *UH^* S 170 кВ

Трансформаторы этого среднего диапазона, как правило, производятся на заказ, и из-за большей передава­ емой мощности установлены требования более тщательной проверки их качества. Поскольку обмотки могут быть как с полной, так и с неполной изоляцией нейтрали, перечень испытаний составлен так. чтобы охватить оба случая.

Электрическая прочность изоляции нейтрали относительно земли и изоляция линейных выводов относи­ тельно земли в случае обмоток с полной изоляцией нейтрали проверяется испытанием приложенным перемен­ ным напряжением (ПКПН). Для обмоток с неполной изоляцией нейтрали уровень испытательного напряжения ограничен электрической прочностью изоляции нейтрали, потому испытание приложенным переменным напря­ жением недостаточно для подтверждения электрической прочности линейных выводов относительно земли. В связи с этим испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) является при­ емо-сдаточным испытанием для трансформаторов, имеющих обмотки с неполной изоляцией нейтрали, но может быть заменено по соглашению между изготовителем и заказчиком на испытание напряжением коммутационного импульса (КИ). таким образом, этот класс трансформаторов может быть испытан так же. как и более крупные трансформаторы.

Изоляция относительно земли и между фазами также испытывается приемо-сдаточным испытанием напря­ жением полного грозового импульса (ПГИ). Для рассматриваемого диапазона значений *UM* р испытание напряжени­ ем срезанного грозового импульса является специальным испытанием, которое мажет быть установлено по требо­ ванию заказчика в случае специфичных условий эксплуатации.

Для проверки виткоеой и междуфазной изоляции, испытание индуктированным кратковременным перемен­ ным напряжением (ИКПН). равным двойному номинальному напряжению, и испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) установлены как приемо-сдаточные испы­ тания. Для того чтобы сократить время на испытания и не воспроизводить дважды одни и те же электрические воздействия в изоляции трансформатора, предусмотрена возможность совмещения этих испытаний, поскольку расширение испытания ДПН дает схожие воздействия, что и ИКПН. а оба испытания проводятся при соединении выводов трансформатора аналогично тому, как это будет в условиях эксплуатации.

ДБ.19.3 Испытание трансформаторов с *>* 170 кВ

Данная категория трансформаторов охватывает крупные трансформаторы для магистральных сетей и гене­ раторные трансформаторы. В связи с ограниченным количеством выпускаемых единиц и необходимостью провер­ ки качества этих крупных и ответственных трансформаторов установлены следующие испытания.

Проверка изоляции относительно земли приложенным кратковременным переменным напряжением норми­ рована в качестве приемо-сдаточного испытания.

Испытание длительным переменным напряжением с измерением интенсивности частичных разрядов (ДПН) служит для проверки качества вигковой изоляции, изоляции относительно земли и между фазами, при этом выво­ ды трансформатора соединяются так же. как и в условиях эксплуатации. Испытание напряжением коммутацион­ ного импульса (КИ) используется для проверки электрической прочности изоляции относительно земли и между

фазами. В связи с этим полагается, что отдельное испытание индуктированным кратковременным переменным на­

74

ГОСТ Р 56738—2015

пряжением не является необходимым, но уровень повышенного напряжения в испытании ДПН при желании может быть увеличен, например, до двойного номинального напряжения.

Испытание напряжением грозовых импульсов, включая срезанный грозовой импульс, для этих трансфор­ маторов установлены в качестве приемо-сдаточного испытания, поскольку считается важным доказать способ­ ность трансформатора выдерживать импульсные напряжения, в т. ч. содержащие более высокочастотные со­ ставляющие.

Испытание линейного вывода кратковременным переменным напряжением (ЛКПН) может быть указано как специальное испытание, если заказчик требует проведения дополнительного испытания переменным напряжени­ ем изоляции линейных выводов относительно земли. Это испытание является производным от испытания индук­ тированным кратковременным переменным напряжением.

ДБ.20 Базовые принципы для установления испытаний электрической прочности изоляции. уровней изоляции и внешних воздушных промежутков: испытательные напряжения

Испытательные напряжения, приведенные в таблице ДБ.2. установлены на основе стандарта по координа­ ции изоляции МЭК 60071-1. Из таблицы ДБ.2 исключены все приведенные в стандарте МЭК 60071-1 уровни изо­ ляции. которые ниже допустимых пределов но введена таблица ДБ.З. содержащая болев низкие уровни изоляции, которые могут быть использованы для согласования с существующей практпюй. Таблица ДБ.2. как и прежде,

дает диапазон возможных значений испытательных напряжений для каждого значения *UH* р. чтобы обеспечить воз­ можность соответствия спецификации трансформатора требованиям отдельных энергетических систем, при этом

предусматривает меньшее число стандартных уровней изоляции.

При установлении значений, приведенных в таблице ДБ.2. было использовано общее правило, основан­ ное на характеристиках изоляции, содержащей твердую изоляцию на основе целлюлозы и минеральное масло. Исследования, проводимые для этого типа изоляции, показали, что выдерживаемое напряжение коммутацион­ ного импульса (КИ) обычно лежит в пределах от 0.8 до 0.85 от выдерживаемого напряжения полного грозово­ го импульса. Значения испытательных напряжений полного грозового и коммутационного импульоое в стандарте ШЕЕ С57.12.00—2010 основаны на коэффициенте 0,83.

В таблице ДБ.2 значения были округлены е большую сторону во всех случаях, когда это не приводило к чрез­ мерному отклонению от общего правила.

Индуктированное кратковременное переменное напряжение (ИКПН) относительно земли, как правило, со­ ставляет около 50% от испытательного напряжения коммутационного импульса, т.е. примерно от 40 до 43% испы­ тательного напряжения полного грозового импульса (ПГИ). Значения, указанные е таблице ДБ.2. были установле­ ны с помощью этого основного принципа и стандартных значений для испытательного переменного напряжения по МЭК 60071-1. За исключением 1Ун р менее 36 кВ. где используемая практика несколько отличается, е целом общее

правило соблюдается с некоторыми отклонениям! для отражения существующей практмси.

Значение 1,58L/HOM *f-fi* для длительного переменного напряжения представляет собой увеличенное на 5 % значение 1-51^/^3. которое используется в стандарте ШЕЕ С57.12.00-2010. Значение 1.8£/иоы/^ для напря­

жения повышенного уровня соответствует значению 1.7UH0M,- *^3.* увеличенному на 5 % с целью учета перехода от

р к *ипоы* и гармонизации с IEEE С57.12.00—2010.

75

ГОСТ Р 56738—2015

Приложение ДВ (справочное)

###### Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных

и национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДВ.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочною международного стандарте |
| ГОСТ 30830—2002 | MOD | IEC 60076-1 «Силовые трансформаторы. Часть 1. Общие по­ ложения» |
| ГОСТ Р 52719—2008 | NEQ | IEC 60076-1 «Силовые трансформаторы. Часть 1. Общие по­ ложения» |
| ГОСТ Р 55187—2012 | NEQ | SEC 60137 «Вводы изолированные для переменных напряже­ ний свыше 1000 В» |
| ГОСТ Р 55191—2012 | MOD | SEC 60270 «Техника испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов» |
| ГОСТ Р 55193—2012 | MOD | SEC 60060-2 «Техника испытаний высоким напряжением. Часть  2. Измерительные системы» |
| ГОСТ Р 55194—2012 | NEQ | 1ЕС 60060-1 «Техника испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям» |
| Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени со­ ответствия стандартов:   * MOD — модифицированные стандарты: * NEQ — неэквивалентные стандарты. | | |

76

ГОСТ Р 56738—2015

Библиография

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] | МЭК 60071-1 | Insulation co-ordination — Pari 1: Definitions, principles and rules (Координация изоляции. |
|  |  | Часть 1. Определения, принципы и правила) |
| [2] | МЭК 60076-4 | Power transformers — Pari 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing — Power transformers and reactors (Силовые трансформаторы. Часть 4. Руководство по ис­ |

[3] МЭК 60071-2

пытаниям электрической прочности изоляции силовых трансформаторов и реакторов на­ пряжениями грозовых и коммутационных импульсов)

Insulation co-ordination — Pari 2: Application guide (Координация изоляции. Часть 2. Руководство по применению)

77

ГОСТ Р 56738—2015

УДК 621.314.222.6:006.354 ОКС 29.180 Е64 MOD

Ключевые слова: трансформаторы, реакторы, электрическая прочность изоляции, требования и мето­ ды испытаний, классы напряжения электрооборудования, испытательные напряжения

78

Редактор *Т.Н. Кустова*

Технический редактор *В.Н. Прусакова*

Корректор *Е.Р. Ароян*

Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 09.11.2015, Подписано в печать 2S.02.2016. Формат 60 Гарнитура Ариап.

Усп. печ. п. 9.77. Уч.-изд. л. 8,90. Тираж 33 »кз. Зак. 539.

Набрано а ИД «Юриспруденция». HS4t9. Москва, ул Орджоникидзе. 11 www (urieUdat.ru [y-book@ma4.ru](mailto:y-book@ma4.ru)

Издано и отпечатано во

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ\*. 123995 Москва. Гранатный пер.. 4.

wwTV.josbnfp.fu mfeggpslinfo-ni