ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52565 — 2006

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА НАПРЯЖЕНИЯ от 3 до 750 кВ

Общие технические условия

Издание официальное

БЗ 12—2005/317

Москва
Стандартинформ
2007

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0 — 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Научно-исследовательский институт электроэнергетики» (ОАО «ВНИИЭ»), Государственным унитарным предприятием «Всероссийский электротехнический институт имени В.И. Ленина» (ГУП «ВЭИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 37 «Электрооборудование для передачи, преобразования и распределения электроэнергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 августа 2006 г. № 170-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих международных стандартов:

МЭК 62271-100: 2001 «Коммутационная аппаратура и аппаратура управления высокого напряжения. Часть 100: Выключатели переменного тока высокого напряжения» (IEC 62271-100:2001 «High-voltage switchgear and controlgear. Part 100: High voltage alternating-current circuit-breakers»);

МЭК 60694: 1996 «Общие требования для стандартов на коммутационную аппаратуру и аппаратуру управления высокого напряжения» (IEC 60694: 1996 «Common specification for high-voltage switchgear and controlgear standards»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а тексты изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2007

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения . . . 2
4 Классификация . . . 2
5 Основные (номинальные) параметры . . . 3
6 Технические требования . . . 4
6.1 Общие требования . . . 4
6.2 Требования к электрической прочности изоляции . . . 5
6.3 Требования к нагреву . . . 5
6.4 Требования к механической работоспособности . . . 6
6.5 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания . . . 9
6.6 Требования к коммутационной способности при коротких замыканиях . . . 9
6.7 Требования к коммутационной способности в условиях рассогласования фаз . . . 17
6.8 Требования к коммутационной способности при отключении и включении емкостных токов ненагруженных воздушных линий и батарей конденсаторов . . . 18
6.9 Требования к коммутационной способности при отключении и включении шунтирующего реактора . . . 18
6.10 Требования к напряжению радиопомех . . . 18
6.11 Требования к электромагнитной совместимости . . . 18
6.12 Требования к конструкции . . . 18
6.13 Требования к надежности . . . 21
6.14 Комплектность . . . 21
6.15 Маркировка . . . 22
6.16 Упаковка . . . 23
7 Требования безопасности и охраны окружающей среды (экологичности) . . . 23
8 Правила приемки . . . 24
8.1 Общие требования к правилам приемки . . . 24
8.2 Приемосдаточные испытания . . . 24
8.3 Квалификационные испытания . . . 25
8.4 Периодические испытания . . . 25
8.5 Типовые испытания . . . 26
9 Методы испытаний . . . 26
9.1 Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа . . . 26
9.2 Испытания на механическую работоспособность . . . 26
9.3 Испытание электрической прочности изоляции . . . 32
9.4 Испытание на нагрев . . . 32
9.5 Испытание на стойкость при сквозных токах короткого замыкания . . . 33
9.6 Испытание на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз . . . 34
9.7 Испытание на коммутационную способность при емкостных токах . . . 56
9.8 Испытание на отключение тока шунтирующего реактора . . . 61
9.9 Испытания на радиопомехи . . . 63
9.10 Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам . . . 65
9.11 Нормальные значения климатических факторов внешней среды при испытаниях . . . 67
10 Транспортирование и хранение . . . 67
11 Указания по эксплуатации . . . 67
12 Гарантии изготовителя . . . 67
Приложение А (справочное) Термины и определения . . . 68
Приложение Б (справочное) Обозначения и сокращения . . . 74
Приложение В (рекомендуемое) Перечень технических данных, которые следует указывать в технических условиях на выключатели, эксплуатационных и тендерных документах . . . 76

Приложение Г (рекомендуемое) Структура условного обозначения выключателя и привода 77
Приложение Д (рекомендуемое) Нормированные характеристики ПВН для генераторных выключателей 78
Приложение Е (обязательное) Методика определения коэффициента мощности испытательной цепи . . 79
Приложение Ж (обязательное) Методика определения пика собственного ПВН с учетом влияния пика гашения 81
Приложение И (рекомендуемое) Примеры схем формирования кривых ПВН 82

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА НАПРЯЖЕНИЯ от 3 до 750 кВ

Общие технические условия

Alternating-current circuit-breakers for voltages from 3 to 750 kV. General specifications

Дата введения* — 2007 — 04 — 01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на выключатели (включая их приводы), предназначенные для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц номинальным напряжением от 3 до 750 кВ включительно.

Стандарт не распространяется на выключатели специальных исполнений, предназначенные для:

- работы в опасных в отношении пожара или взрыва помещениях (например в газовых шахтах);
- частых коммутационных операций (например для электротермических установок);
- передвижных электроустановок (например для электровозов, экскаваторов);
- судовых энергетических установок.

Стандарт не устанавливает специальных требований к выключателям, предназначенным для работы в условиях повышенной сейсмичности. Сведения о сейсмостойкости таких выключателей следует приводить в технических условиях на выключатели конкретных типов (далее ТУ) и эксплуатационных документах.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р ИСО 9001 — 2001 Системы менеджмента качества. Требования

ГОСТ 2.601 — 2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ 12.2.007.3 — 75 Система стандартов безопасности труда. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности

ГОСТ 183 — 74 Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия

ГОСТ 982 — 80 Масла трансформаторные. Технические условия

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

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

ГОСТ 10121 — 76 Масло трансформаторное селективной очистки. Технические условия

ГОСТ 2991 — 85 Ящики дощатые неразборные для грузов массой до 500 кг. Общие технические условия

ГОСТ 7746 — 2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия

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

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

* Для выключателей, разработанных до 1 января 2007 г., действует ГОСТ 687 — 78.

Издание официальное

ГОСТ 10198 — 91 Ящики деревянные для грузов массой св. 200 до 20000 кг. Общие технические условия

ГОСТ 10434 — 82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

ГОСТ 12969 — 67 Таблички для машин и приборов. Технические требования

ГОСТ 12971 — 67 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры

ГОСТ 14192 — 96 Маркировка грузов

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

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

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

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

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

ГОСТ 17412 — 72 Изделия электротехнические для районов с холодным климатом. Технические требования, приемка и методы испытаний

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

ГОСТ 17703 — 72 Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 18311 — 80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 21130 — 75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления

ГОСТ 21242 — 75 Выводы контактные электротехнических устройств плоские и штыревые. Основные размеры

ГОСТ 24753 — 81 Выводы контактные электротехнических устройств. Общие технические требования

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

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины, применяемые в настоящем стандарте, приведены в приложении А.

3.2 Обозначения и сокращения, применяемые в настоящем стандарте, приведены в приложении Б.

4 Классификация

4.1 Выключатели подразделяют по следующим основным признакам.

4.1.1 По роду установки для работы:

- в помещениях (категории размещения 2, 3, 4);
- на открытом воздухе (категория размещения 1);
- в металлических оболочках комплектных распределительных устройств (КРУ), устанавливаемых в помещениях (категории размещения 2, 3, 4) и на открытом воздухе (категория размещения 2).

Категории размещения указаны в соответствии с ГОСТ 15150.

4.1.2 По принципу устройства (виды):

- газовые — элегазовые, с другими газами или газовыми смесями;
- вакуумные;
- воздушные;

- масляные;
- электромагнитные.

4.1.3 По размещению дугогасительного устройства:

- с дугогасительными устройствами, расположенными в заземленном корпусе (баке) — баковые выключатели;
- с дугогасительными устройствами, расположенными в корпусе (баке), находящемся под напряжением, — колонковые или подвесные выключатели.

4.1.4 По конструктивной связи между полюсами:

а) трехполюсное исполнение:

- с тремя полюсами в общем кожухе;
- с тремя полюсами на общем основании (фиксированное междуполюсное расстояние);

б) однополюсное исполнение — с полюсами на отдельных основаниях (нефиксированное междуполюсное расстояние).

4.1.5 По функциональной связи между полюсами:

- с функционально независимыми полюсами (на каждый полюс отдельный привод, отдельный дутьевой клапан и др.);
- с функционально зависимыми полюсами (на три полюса общий привод, общий дутьевой клапан и др.).

4.1.6 По виду привода в зависимости от рода энергии, используемой в процессе оперирования:

- с приводом зависимого действия — электромагнитным, электродвигательным, непосредственно использующим электрическую энергию постоянного, переменного или выпрямленного тока;
- с приводом независимого действия — пневматическим, пружинным или гидравлическим, использующим предварительно запасенную потенциальную энергию сжатого газа или пружины.

4.1.7 По характеру конструктивной связи выключателя с приводом:

- с отдельным приводом, связанным с выключателем (или полюсом выключателя) механической передачей;
- со встроенным приводом, являющимся неотъемлемой, конструктивно не выделенной, частью выключателя или полюса выключателя.

4.1.8 По механической стойкости:

- нормального исполнения;
- с повышенной механической стойкостью.

4.1.9 По наличию или отсутствию в дугогасительном устройстве шунтирующих резисторов:

- с резисторами, действующими только в процессе отключения;
- с резисторами, действующими только в процессе включения;
- с резисторами двухстороннего действия, действующими как в процессе отключения, так и в процессе включения;
- без резисторов.

4.1.10 По наличию или отсутствию шунтирующих конденсаторов:

- с конденсаторами;
- без конденсаторов.

4.1.11 По пригодности выключателя для работы при автоматическом повторном включении (АПВ):

- предназначенные для работы при АПВ;
- не предназначенные для работы при АПВ.

4.1.12 По пригодности выключателя для коммутации конденсаторных батарей:

- предназначенные для коммутации конденсаторных батарей;
- не предназначенные для коммутации конденсаторных батарей.

4.1.13 По пригодности выключателя для коммутации токов шунтирующих реакторов:

- предназначенные для коммутации токов шунтирующих реакторов;
- не предназначенные для коммутации токов шунтирующих реакторов.

5 Основные (номинальные) параметры

5.1 К номинальным параметрам выключателя относятся:

- номинальное напряжение выключателя — $U_{ном}$ (соответствующее ему наибольшее рабочее напряжение выключателя — $U_{н.р}$);

- номинальный ток выключателя — $I_{ном}$;
- номинальный ток отключения выключателя — $I_{о, ном}$;
- номинальное напряжение цепей управления и вспомогательных цепей привода — $U_{п, ном}$.
- номинальное (избыточное) давление сжатого воздуха для воздушного выключателя и (или) пневматического привода — $P_{ном}$.

Значения номинальных параметров выключателя выбирают из ряда стандартных значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 — Стандартные значения номинальных параметров выключателя

Обозначение параметра	Значение параметра
$U_{ном}$ / $U_{н. р}$, кВ	3/3,6; 6/7,2; 10/12; 15/17,5; 20/24; 24*/26,5; 27*/30; 35/40,5; 110/126; 150/172; 220/252; 330/363; 500/525; 750/787
$I_{ном}$, А	200; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000; 25000; 31500
$I_{о, ном}$, кА	2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
$U_{п, ном}$, В	Для постоянного тока — 24; 48; 110; 220 Для переменного тока (однофазного и трехфазного) частоты 50 Гц — 100**; 120; 230; 400
$P_{ном}$, МПа (кгс/см^2)	0,5(5); 1,0(10); 1,6(16); 2,0(20); 2,6(26); 3,0(30); 4,0(40)

* Только для выключателей, предназначенных для цепей генераторов.

** Номинальное вторичное напряжение трансформатора напряжения, используемого для питания вспомогательных цепей выключателя (привода).

Примечания

1 Давление сжатого газа для газовых выключателей, выключателей с индивидуальной компрессорной установкой и пневмогидравлических приводов не нормируют.

2 Для включающих электромагнитов и электродвигателей приводов зависимого действия номинальные напряжения 24 и 48 В постоянного тока и 100 В переменного тока не применяют.

3 Номинальные напряжения вспомогательных цепей могут отличаться от номинального напряжения цепей управления и электродвигателей приводов зависимого действия.

4 В случае питания приемников постоянного тока двигательных приводов через выпрямительные устройства от сети переменного тока номинальные напряжения на стороне постоянного тока устанавливаются изготовителем приводов; они могут отличаться от указанных в таблице 1.

5.2 Перечень технических данных выключателя, которые следует указывать в технических условиях на выключатели, эксплуатационных документах и тендерной документации, приведен в приложении В.

5.3 Структура условного обозначения выключателя и привода приведена в приложении Г.

6 Технические требования

6.1 Общие требования

6.1.1 Выключатели должны изготовляться в соответствии с требованиями настоящего стандарта по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

Требования, дополняющие или ужесточающие требования настоящего стандарта и относящиеся к выключателям для КРУ с воздушной изоляцией, герметичных элегазовых комплектных распределительных устройств (КРУЭ), аппаратных комплексов и к выключателям специальных исполнений (например для работы на большей высоте, чем указана в 6.1.3); требования к выключателям, не указанным в 4.1, а также конкретные значения параметров и технических характеристик отдельных типов выключателей указываются в соответствующих стандартах, ТУ и эксплуатационных документах.

6.1.2 В отношении стойкости к воздействию климатических факторов внешней среды выключатели должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150. Номинальные значения климатических факторов внешней среды и требования в части стойкости к воздействию этих факторов — по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1.

Для выключателей климатического исполнения У, категории размещения 3 нижнее значение температуры внешней среды при эксплуатации следует принимать равным минус 25 °С. Допускается для выключателей категории размещения 3 устанавливать по согласованию с заказчиком нижнее значение температуры внешней среды при эксплуатации равным минус 5 °С.

6.1.3 Выключатели должны быть предназначены для работы на высоте над уровнем моря не более 1000 м.

6.1.4 Выключатели на $U_{ном} \leq 35$ кВ должны быть предназначены для работы в электрических сетях с изолированной нейтралью, а по требованию заказчика — как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Выключатели на $U_{ном} \geq 110$ кВ должны быть предназначены для работы в электрических сетях с заземленной нейтралью (с коэффициентом замыкания на землю не более 1,4).

6.2 Требования к электрической прочности изоляции

6.2.1 Электрическая прочность изоляции газовых, воздушных, масляных и электромагнитных выключателей — по ГОСТ 1516.3.

Нормированные испытательные напряжения изоляции вакуумных выключателей — по ГОСТ 1516.3.

6.2.2 Длина пути утечки внешней изоляции и степень загрязнения изоляции (I, II, II*, III, IV) по ГОСТ 9920 для выключателей категории размещения 1 должны быть указаны в ТУ и эксплуатационных документах.

6.3 Требования к нагреву

6.3.1 Требования в отношении нагрева выключателей в продолжительном режиме — по ГОСТ 8024.

Установленные ГОСТ 8024 наибольшие допустимые температуры нагрева частей аппаратов и соответствующие превышения температуры не должны быть превышены при следующих условиях:

а) для главной цепи — при токе, равном $I_{ном}$;

б) для обмоток электромагнитов цепей управления и вспомогательных цепей, предназначенных для продолжительного режима, и для обмоток минимальных расцепителей напряжения — при напряжении на выводах, равном 1,1 $U_{п, ном}$;

в) для обмоток максимальных расцепителей тока, встроенных в привод, при наименьшей уставке отключающего тока для данного исполнения расцепителя — при токе, равном:

5,5 А — для исполнения с наименьшей уставкой 5 А;

10 А — для исполнения с наименьшей уставкой 10 А и более;

г) для контактов, контактных зажимов и других элементов вспомогательных цепей, предназначенных для работы в продолжительном режиме, — при токе 10 А; для элементов цепей с малым потреблением (до 0,5 А) — при токе 1 А.

6.3.2 Наибольшие допустимые температуры и соответствующие превышения температур обмоток и других элементов вспомогательных цепей (кроме электродвигателей), предназначенных для кратковременного режима (только в процессе операции включения или отключения выключателя), должны соответствовать требованиям ГОСТ 8024 после 10-кратного срабатывания при напряжении на выводах, равном 1,1 $U_{п, ном}$ (для обмоток включающих электромагнитов приводов зависимого действия - при напряжении $U_{п, ном}$), при интервале между моментами подачи напряжения 10 с или, если конструкция не позволяет обеспечить интервал 10 с, — при минимально возможном интервале.

Если в цепи обмоток или в цепи таких элементов отсутствуют блок-контакты или другие коммутационные устройства, автоматически снимающие импульс на срабатывание, то обмотки должны выдерживать приложение напряжения 1,1 $U_{п, ном}$ один раз в течение 15 с.

6.3.3 Наибольшие допустимые температуры и соответствующие превышения температур частей электродвигателей приводов должны соответствовать требованиям ГОСТ 183 после 10-кратного срабатывания привода при напряжении на зажимах двигателя, равном $U_{п, ном}$, с минимально возможными интервалами времени между моментами подачи напряжения.

6.4 Требования к механической работоспособности

6.4.1 Выключатель должен выполнять следующие механические операции и (или) циклы операций при условиях, указанных в 6.4.2—6.4.4, и с характеристиками работы механизма выключателя, обеспечивающими нормированные параметры коммутационной способности выключателя:

а) включение (В);

б) отключение (О);

в) включение — отключение (ВО), в том числе без преднамеренной выдержки времени между В и О;

г) отключение — включение (ОВ) при любой бесконтактной паузе, начиная от $t_{бк}$, соответствующей $t_{бт}$ (6.6.1.5);

д) отключение — включение — отключение (ОВО) с интервалами между операциями согласно требованию перечислений в) и г).

Требуемые характеристики работы механизма выключателя с предельными отклонениями от их нормированных значений должны указываться в ТУ и эксплуатационных документах.

Примечание — Требования перечислений г) и д) относятся только к выключателям, предназначенным для работы при АПВ.

6.4.2 Включение выключателя должно обеспечиваться при напряжении на зажимах цепи управления включением и начальном избыточном давлении (для пневматических приводов) в диапазонах, ограниченных нижним и верхним пределами (в процентах номинальных значений указанных величин) по 6.4.2.1 и 6.4.2.2.

Примечание — Здесь и далее под «напряжением на зажимах цепи управления» понимают минимальное напряжение на ее зажимах во время совершения операции.

6.4.2.1 Диапазон напряжений:

а) для приводов зависимого действия постоянного тока, для включающих электромагнитов приводов независимого действия — от 85 % до 105 %;

б) для приводов зависимого действия переменного тока, а также постоянного тока, подключаемых к сети переменного тока через выпрямительные устройства, диапазон напряжений указывают в эксплуатационных документах.

6.4.2.2 Диапазон давлений:

а) для пневматических приводов (за исключением указанных ниже в перечислении б) — от 85 % до 105 %;

б) для пневматических приводов, питающихся из общего с выключателем резервуара сжатого воздуха, — по 6.4.4.

Примечание — Для пневматических приводов, осуществляющих не только включение, но и отключение выключателя сжатым воздухом, для пневматических приводов с индивидуальным компрессором или насосом, а также для пневмогидравлических приводов диапазон давлений указывают в эксплуатационных документах.

6.4.3 Отключение выключателя должно обеспечиваться при напряжении на зажимах цепи управления отключением в диапазоне, ограниченном нижним и верхним пределами (в процентах номинальных значений указанных величин):

а) при питании электромагнитов постоянным током — от 70 % до 110 %;

б) при питании электромагнитов переменным током, а также постоянным током при подключении электромагнитов к сети переменного тока через выпрямительные устройства — от 65 % до 120 %.

Отключение с помощью встроенных в привод минимальных расцепителей напряжения и максимальных расцепителей тока должно обеспечиваться их соответствующими характеристиками, указанными в 6.12.7.

6.4.4 Воздушные выключатели, а также выключатели других видов с пневматическими приводами, питающимися из общего с выключателем резервуара воздуха, должны выполнять операции и циклы операций, указанные в 6.4.1, при начальном (перед началом операции или цикла операций) избыточном давлении сжатого воздуха в резервуаре в диапазоне, ограниченном нормированным для данного выключателя (привода) нижним и верхним пределами начального избыточного давления в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 — Давление воздуха в воздушных выключателях и пневматических приводах, МПа (кгс/см^2)

Номинальное избыточное давление	Нижний предел начального давления	Верхний предел начального давления
0,5 (5)	0,45 (4,5)	0,55 (5,5)
1,0 (10)	0,95 (9,5)	1,05 (10,5)
1,6 (16)	1,5 (15)	1,7 (17)
2,0 (20)	1,9 (19)	2,1 (21)
2,6 (26)	2,5 (25)	2,7 (27)
3,0(30)	2,9 (29)	3,1 (31)
4,0 (40)	3,9 (39)	4,1 (41)

Номинальное давление сжатого воздуха (газа) выключателей с индивидуальной компрессорной установкой, а также гидравлических приводов не нормируют; оно должно быть указано в эксплуатационных документах.

Воздушные выключатели, предназначенные для АПВ, должны выполнять операцию О при избыточном давлении, остающемся в резервуаре выключателя (привода) после одного цикла О – $t_{бт}$ – В, выполненном при начальном избыточном давлении, равном нормированному нижнему пределу по таблице 2.

6.4.5 При необходимости для пружинного привода в эксплуатационных документах следует указывать усилие (статический или вращающий момент) или расходуемую при работе привода потенциальную энергию пружин с допускаемыми отклонениями, при которых обеспечивается выполнение операций и циклов по 6.4.1, а также нормированные характеристики пружин.

6.4.6 Электродвигатели приводов независимого действия, используемые для завода пружин или приведения в действие индивидуального компрессора или насоса, а также электромагниты контакторов и других вспомогательных устройств, действующих при замыкании цепи, должны нормально работать в диапазоне напряжений на их выводах от 85 % до 110 % от $U_{п, ном}$.

6.4.7 Собственные времена отключения и включения выключателя, разновременность замыкания и размыкания контактов полюсов и разрывов следует указывать в эксплуатационных документах.

При отсутствии специальных указаний наибольшая разница между моментами замыкания контактов полюсов при включении не должна превышать 0,005 с, наибольшая разница между моментами размыкания контактов полюсов выключателей при отключении не должна превышать 0,0033 с, наибольшая разница между моментами размыкания контактов разрывов одного полюса для выключателей с несколькими разрывами при отключении не должна превышать 0,0025 с.

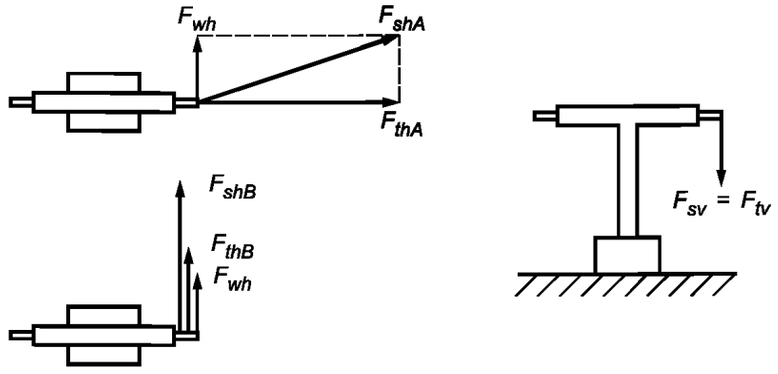
6.4.8 При необходимости в ТУ и эксплуатационных документах следует также указывать требуемые значения с допустимыми отклонениями для скоростей включения и отключения выключателя, электрических сопротивлений и токов потребления электромагнитов включения и отключения, контактного нажатия пружин размыкаемых контактов, а также минимального напряжения, минимального давления и минимального натяжения пружин, при которых обеспечивается выполнение выключателем операций отключения и включения.

6.4.9 Значения временных и скоростных характеристик выключателя следует нормировать при:

- отсутствии тока и (или) напряжения в главной цепи выключателя (для выключателей с максимальным расцепителем тока — при протекании тока в главной цепи);
- номинальном напряжении на зажимах цепей управления;
- номинальном давлении сжатого воздуха для воздушных выключателей и для выключателей других типов с пневматическими приводами;
- нормированном усилии (моменте) пружин для выключателей с пружинными приводами.

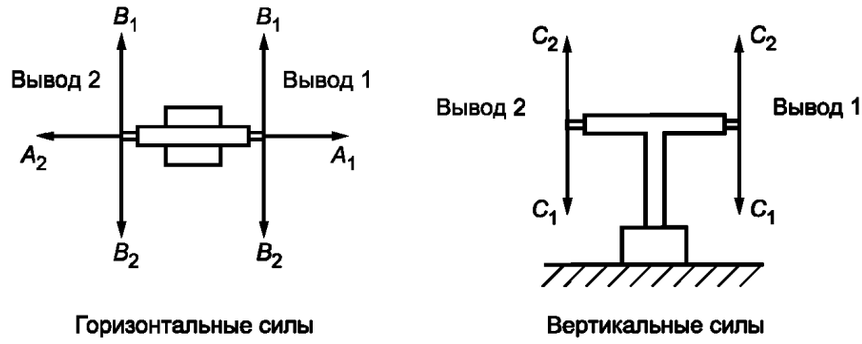
6.4.10 Выключатели категории размещения 1 должны нормально работать в условиях гололеда при толщине корки льда до 20 мм и ветре скоростью до 15 м/с, а при отсутствии гололеда — при ветре со скоростью до 40 м/с.

6.4.11 Выключатели категории размещения 1 должны быть рассчитаны на тяжение проводов в соответствии с рисунком 1 и таблицей 3.



F_{thA} — горизонтальная сила тяжения проводов (направление А); F_{thB} — горизонтальная сила тяжения проводов (направление В); F_{tv} — вертикальная сила тяжения проводов (направление С); F_{wh} — горизонтальная сила давления ветра на выключатель, покрытый льдом; F_{shA}, F_{shB}, F_{sv} — нормированная статическая нагрузка на выводы (результирующие силы)

а) Статические нагрузки на выключатель



Горизонтальные силы **Вертикальные силы**

Горизонтальные силы F_{shA} и F_{shB} прикладываются в направлениях A_1, B_1 и B_2 — для вывода 1 и в направлениях A_2, B_1 и B_2 — для вывода 2.

Вертикальную силу F_{sv} прикладывают в направлениях C_1 и C_2 — для обоих выводов

б) Приложение сил при испытаниях выключателя

Рисунок 1

Таблица 3 — Статические силы тяжения проводов

Номинальное напряжение выключателя, кВ	Номинальный ток, А	Статическая горизонтальная сила, Н (кгс)		Статическая вертикальная сила, Н (кгс) (см. рисунок 1)
		вдоль оси *А* выключателя (см. рисунок 1)	вдоль оси *В* выключателя (см. рисунок 1)	
До 35	—	500 (50)	400 (40)	500 (50)
От 110 до 150	До 2000	1000 (100)	750 (75)	750 (75)
От 110 до 150	От 2500 до 4000	1250 (125)	750 (75)	1000 (100)
От 220 до 330	До 4000	1250 (125)	1000 (100)	1250 (125)
От 500 до 750	До 4000	1750 (175)	1250 (125)	1500 (150)

6.4.12 Если условия эксплуатации требуют нормирования стойкости к воздействиям механических факторов внешней среды, то группу этих воздействий определяют по ГОСТ 17516.1 и указывают в ТУ.

6.4.13 Значение ресурса выключателя по механической стойкости *N* (число циклов «включение — пауза — отключение» *В* — $t_п$ — *О* без тока в главной цепи) должно составлять не менее 2000 для выключателей нормального исполнения и не менее 10000 циклов — для выключателей с повышенной механической стойкостью. Конкретное значение указывают в ТУ и эксплуатационных документах.

6.5 Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания

6.5.1 Выключатель во включенном положении должен выдерживать без повреждений, могущих препятствовать его исправной работе, электродинамическое и термическое воздействие сквозных токов короткого замыкания с параметрами вплоть до следующих нормированных значений:

а) наибольший пик (ток электродинамической стойкости) $i_д$, значение которого должно быть не менее 2,5 $I_{о, ном}$;

б) среднеквадратичное значение тока за время его протекания (ток термической стойкости) $I_т$, значение которого должно быть не менее $I_{о, ном}$;

в) время протекания тока (время короткого замыкания) $t_{к. з}$, которое рекомендуется выбирать из ряда: 1, 2 или 3 с.

Примечания

1 Для выключателей со встроенными в привод максимальными расцепителями тока $t_{к. з}$ равно полному времени отключения при максимальной уставке по времени срабатывания в условиях нормированного коммутационного цикла.

2 Допускается использовать выключатели при времени короткого замыкания *t*, превышающем $t_{к. з}$, и при уменьшенном по сравнению с $I_т$ значении тока I_t, определяемом по формуле

$$I_t = I_т \sqrt{t_{к. з} / t}. \qquad (1)$$

Значение I_t принимают равным $I_т$ при $t < t_{к. з}$.

6.5.2 Обмотки и другие элементы цепей максимального расцепителя тока, встроенных в привод, должны при подтянутом якоре выдерживать без повреждений протекание тока, равного 150 А, в течение 1 с — для расцепителей мгновенного действия на уставке отключающего тока менее 80 А и в течение 2 с — для расцепителей с выдержкой времени, а обмотки электромагнитов расцепителей мгновенного действия на уставке отключающего тока 80 А и более должны выдерживать протекание тока 250 А в течение 1 с.

6.6 Требования к коммутационной способности при коротких замыканиях

6.6.1 Коммутационная способность выключателей при коротких замыканиях должна обеспечиваться при указанных в настоящем подразделе характеристиках и условиях.

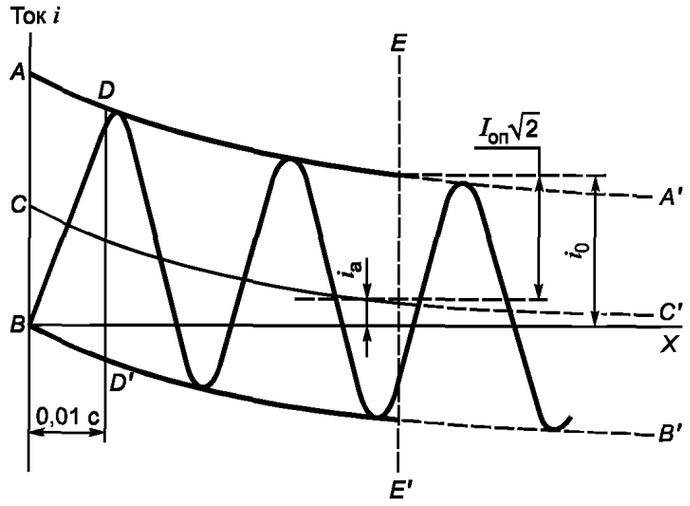
6.6.1.1 Напряжение сети — вплоть до равного наибольшему рабочему напряжению выключателя $U_{н. р}$, соответствующему номинальному напряжению выключателя $U_{ном}$.

Примечание — Для выключателей на $U_{ном}$ = 15 кВ, предназначенных также для использования в сетях с $U_{ном}$ = 13,8 кВ, и выключателей на $U_{ном}$ = 20 кВ, предназначенных также для использования в сетях с $U_{ном}$ = 18 кВ, допускается дополнительно нормировать коммутационную способность при указанных номинальных напряжениях сетей, исходя из наибольших рабочих напряжений 15,2 и 19,8 кВ.

6.6.1.2 Ток отключения (отнесенный к соответствующим нормированным ниже условиям восстановления напряжения):

- действующее значение его периодической составляющей $I_{о. п}$, отнесенное к моменту прекращения соприкосновения его дугогасительных контактов (рисунок 2), — вплоть до равного $I_{о, ном}$;

- относительное содержание его апериодической составляющей β в процентах в момент, указанный выше ($\beta = (i_а / I_{о. п} \sqrt{2}) \cdot 100$, см. рисунок 3) — вплоть до равного нормированному значению $\beta_н$, определяемому по 6.6.2.



AA' и *BB'* — огибающие кривой тока; *BX* — нулевая линия; *CC'* — кривая смещения нулевой линии кривой тока (кривая апериодической составляющей); *DD'* — момент измерения начального действующего значения периодической составляющей тока включения, *EE'* — момент прекращения соприкосновения дугогасительных контактов (возникновение дуги); $I_{о.п}$ — действующее значение периодической составляющей тока отключения, отнесенное к моменту *EE'*, i_a — апериодическая составляющая тока отключения в момент *EE'*, i_0 — амплитуда тока отключения в момент *EE'*

Рисунок 2 — Периодическая и апериодическая составляющие тока короткого замыкания

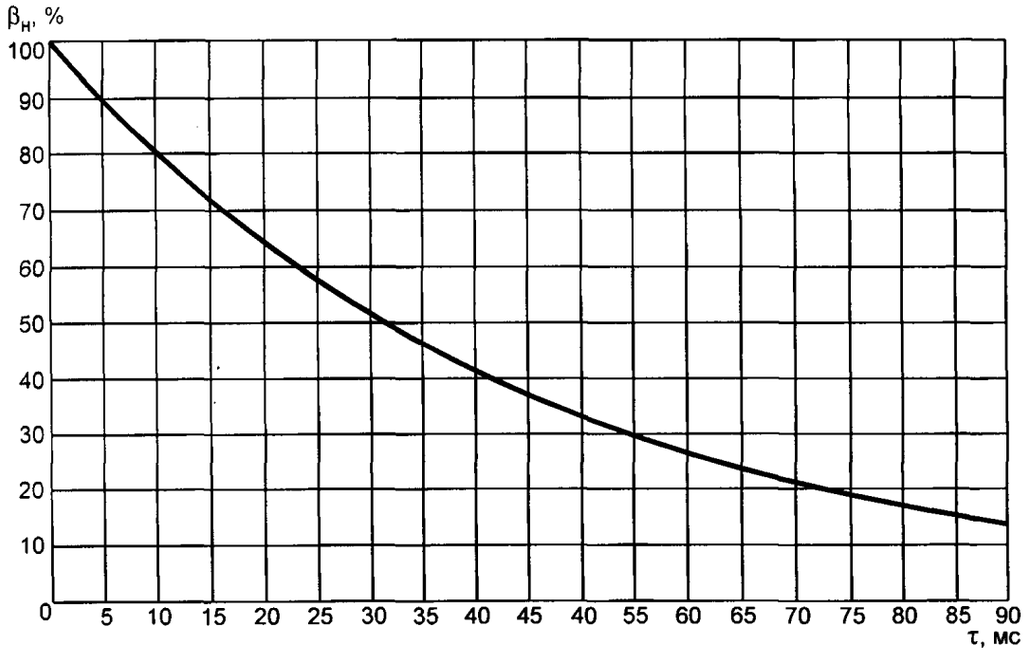


Рисунок 3 — Содержание апериодической составляющей в процентах

6.6.1.3 Восстанавливающееся напряжение — в соответствии с нормированными характеристиками собственного переходного восстанавливающегося напряжения (ПВН), указанными в 6.6.3.

6.6.1.4 Ток включения:

- начальное действующее значение его периодической составляющей $I_в$ — вплоть до равного его нормированному значению $I_{в.н}$, которое должно быть не менее $I_{о, ном}$;

- его наибольший пик $i_в$ — вплоть до равного нормированному значению $i_{в.н}$, которое должно быть не менее 2,5 $I_{в.н}$.

Включение на токи короткого замыкания вплоть до тока, равного нормированному току включения $I_{в.н}$ (и соответственно $i_{в.н}$), должно быть полным, с посадкой на защелку.

Если выключатели применяются с разными типами приводов, то при необходимости изготовитель может нормировать для каждого из этих приводов свои значения тока включения и отключения.

6.6.1.5 Выполняемая выключателем последовательность коммутационных операций с заданными интервалами между ними — в соответствии со следующими нормированными коммутационными циклами:

а) для выключателей, предназначенных для работы при АПВ, — коммутационные циклы — это:

цикл 1: О — $t_{бт}$ — ВО — 180 с — ВО;

цикл 2: О — 180 с — ВО — 180 с — ВО,

где О — операция отключения тока короткого замыкания вплоть до равного $I_{о, ном}$;

ВО — операция включения на ток короткого замыкания вплоть до равного $I_{в. н}$ и незамедлительно (без преднамеренной выдержки времени) следующая за ней операция отключения;

$t_{бт}$ — нормированная бестоковая пауза при АПВ, значение которой может находиться в пределах от 0,3 до 1,2 с, причем для выключателей, предназначенных для работы при быстродействующем АПВ (БАПВ), это значение принимается равным 0,3 с;

б) для выключателей, не предназначенных для работы при АПВ, — только цикл 2;

в) для генераторных выключателей допускается вместо цикла 2 нормировать цикл ВО — 30 мин — ВО;

г) выключатели на $U_{ном} \le 220$ кВ, предназначенные для работы при АПВ, кроме нормированных коммутационных циклов 1 и 2, должны также выполнять цикл О — $t_{бт}$ — ВО — 20 с — ВО (цикл 1а).

Примечания

1 Коммутационная способность выключателей, предназначенных для работы при АПВ, обеспечивается при бестоковых паузах, равных или больших $t_{бт}$.

2 Для выключателей, предназначенных для работы при АПВ, токи включения и отключения для цикла 2 могут нормироваться большими, чем для цикла 1.

3 Если для воздушного выключателя или для выключателя с пневматическим приводом в целях выполнения последней части нормированного коммутационного цикла (ВО) требуется в течение интервала времени 180 с или 20 с подпитка сжатым воздухом, то необходимость этой подпитки должна быть указана в эксплуатационных документах.

4 Для выключателей с пружинными приводами допускается по согласованию с заказчиком вместо паузы 20 с в цикле 1а нормировать паузу, увеличенную до значения, равного времени завода пружин.

5 По согласованию с заказчиком допускается для отдельных типов выключателей на $U_{ном} \le 220$ кВ нормировать только циклы 1 и 2.

6.6.2 Нормированное процентное содержание апериодической составляющей номинального тока отключения $\beta_н$ определяют по кривой на рисунке 3 в функции времени τ от момента возникновения короткого замыкания до момента прекращения соприкосновения дугогасительных контактов. Время τ принимают равным минимальному значению собственного времени отключения выключателя $t_{о. с, мин}$ с добавлением минимального времени действия релейной защиты 10 мс.

В некоторых случаях, например при расположении выключателя вблизи источников генерирования электроэнергии, содержание апериодической составляющей в процентах, соответствующее минимальному значению собственного времени отключения выключателя, может быть больше полученного по рисунку 3. В этих случаях по согласованию с заказчиком допускается:

а) устанавливать значения $\beta_н$ более определяемых по рисунку 3;

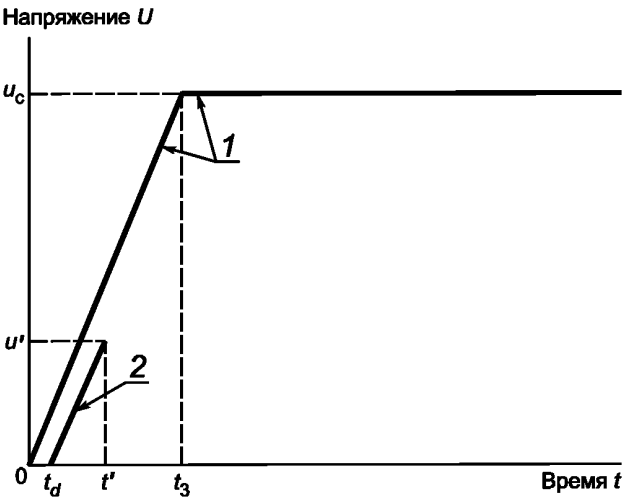
б) принимать значение времени, добавляемого к $t_{о. с, мин}$, более 10 мс в соответствии с фактическим значением минимального времени срабатывания релейной защиты, действующей на отключение выключателя.

Примечание — Если значение $\beta \le 20$ %, то значение $\beta_н$ принимают равным 0.

6.6.3 Нормированные характеристики переходного восстанавливающегося напряжения (ПВН)

6.6.3.1 Нормированные характеристики ПВН задаются условной граничной линией, определяемой:

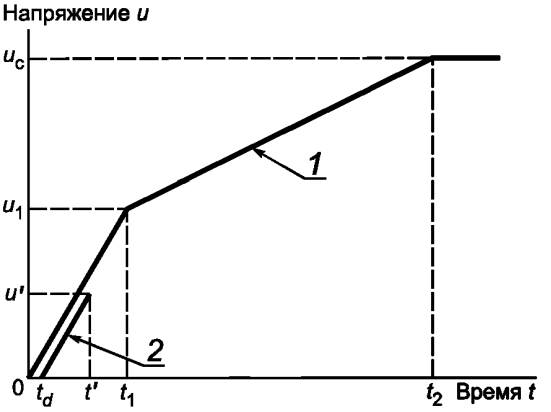
а) двумя параметрами — u_c, t_3, а также координатами линии запаздывания u' и t_d в соответствии с рисунком 4 или



1 — условная граничная линия ПВН; *2* — линия запаздывания ПВН (параллельная граничной линии)

Рисунок 4 — Нормированные характеристики ПВН, определяемого двумя параметрами

б) четырьмя параметрами — u_1, u_c, t_1, t_2, а также координатами линии запаздывания u' и t_d в соответствии с рисунком 5.



1 — условная граничная линия ПВН; *2* — линия запаздывания ПВН (параллельная граничной линии)

Рисунок 5 — Нормированные характеристики ПВН, определяемого четырьмя параметрами

Параметры u_1 и u_c определяются соотношениями:

$$u_1 = \sqrt{2}\ U_{вп} \text{ — для выключателей с } U_{ном} \le 35 \text{ кВ},$$

$$u_1 = 0{,}75\ \sqrt{2}\ U_{вп} \text{ — для выключателей с } U_{ном} \ge 110 \text{ кВ}, \qquad (2)$$

$$u_c = K_a\ \sqrt{2}\ U_{вп},$$

$$U_{вп} = K_{п.\,г}\ U_{н.\,р} / \sqrt{3},$$

где $U_{вп}$ — полюсное возвращающееся напряжение;

$K_{п.\,г}$ — коэффициент первого гасящего полюса (при трехфазном коротком замыкании);

K_a — коэффициент превышения амплитуды.

Для выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ $K_{п.\,г} = 1{,}5$; для выключателей с $U_{ном} \ge 110$ кВ $K_{п.\,г} = 1{,}3$.

Значения K_a, составляющие от 1,4 до 1,54, приведены в таблицах 4 — 11.

6.6.3.2 Выключатель должен отключать токи вплоть до нормированного при условии, что ПВН в месте установки выключателя:

а) не выходит за пределы (не проходит выше) условной граничной линии;

б) пересекает один раз линию запаздывания и вторично ее не пересекает.

6.6.3.3 Нормированные характеристики ПВН при отключении токов короткого замыкания, приведенные в таблицах 4 —11, соответствуют условиям работы первого гасящего полюса при отключении трехфазного короткого замыкания.

Таблица 4 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 3 до 35 кВ при отключении тока $I_{о.\,н} = I_{о,\,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.\,г} = 1,5$, $K_а = 1,4$

$U_{ном} / U_{н.\,р}$, кВ	u_c, кВ	$t_з$, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_з$, кВ/мкс
3/3,6	6,2	41	6	2,1	20	0,15
6/7,2	12,3	51	8	4,1	25	0,24
10/12	20,6	61	9	6,9	29	0,34
15/17,5	30	71	11	10	35	0,42
20/24	41	87	13	14	43	0,47
35/40,5	69,4	122	18	23,1	59	0,57
$u_c = 1,4 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.\,р}$; $t_d = 0,15\,t_з$; $u' = 1/3\,u_c$.						

Таблица 5 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 3 до 35 кВ при отключении тока $I_{о.\,н} = 0,6\ I_{о,\,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.\,г} = 1,5$, $K_а = 1,5$

$U_{ном} / U_{н.\,р}$, кВ	u_c, кВ	$t_з$, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_з$, кВ/мкс
3/3,6	6,6	17	3	2,2	9	0,39
6/7,2	13	22	3	4,4	11	0,60
10/12	22	26	4	7,3	13	0,85
15/17,5	32	31	5	11	16	1,04
20/24	44	38	6	15	18	1,16
35/40,5	74	52	8	25	25	1,44
$u_c = 1,5 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.\,р}$; $t_d = 0,15\,t_з$; $u' = 1/3\,u_c$.						

Таблица 6 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 3 до 35 кВ при отключении $I_{о.\,н} = 0,3\ I_{о,\,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.\,г} = 1,5$, $K_а = 1,5$

$U_{ном} / U_{н.\,р}$, кВ	u_c, кВ	$t_з$, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_з$, кВ/мкс
3/3,6	6,6	9	1	2,2	4	0,77
6/7,2	13	11	2	4,4	6	1,20
10/12	22	13	2	7,3	6	1,70
15/17,5	32	15	2	11	7	2,14

Окончание таблицы 6

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_c, кВ	t_3, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_3$, кВ/мкс
20/24	44	19	3	15	9	2,32
35/40,5	74	26	4	25	13	2,88
$u_c = 1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_d = 0{,}15\, t_3$; $u' = 1/3\, u_c$.						

Таблица 7 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 3 до 35 кВ при отключении тока $I_{о.н} = 0{,}1\, I_{о,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.г} = 1{,}5$, $K_а = 1{,}5$

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_c, кВ	t_3, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_3$, кВ/мкс
3/3,6	6,6	9	1	2,2	4	0,77
6/7,2	13	11	2	4,4	6	1,20
10/12	22	13	2	7,3	6	1,70
15/17,5	32	15	2	11	7	2,14
20/24	44	19	3	15	9	2,32
35/40,5	74	26	4	25	13	2,88
$u_c = 1{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_d = 0{,}15\, t_3$; $u' = 1/3\, u_c$.						

Таблица 8 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением 110—750 кВ при отключении тока $I_{о.н} = I_{о,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.г} = 1{,}3$, $K_а = 1{,}4$

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
110/126	100	50	187	200	2(14)	50	От 27 до 39	2,0
150/172	137	68	255	272	2(19)	68	От 36 до 53	2,0
220/252	200	100	374	400	2(28)	100	От 52 до 78	2,0
330/363	289	144	538	576	2(40)	144	От 74 до 112	2,0
500/525	417	209	779	836	2(59)	209	От 107 до 166	2,0
750/787	626	313	1167	1242	2(88)	313	От 158 до 245	2,0
$u_1 = 0{,}75 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $u_c = 1{,}4 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_2 = 4\, t_1$; $u' = 1/2\, u_1$.								
Примечание — Нормированное значение t_d — 2 мкс; при испытаниях значение t_d может быть увеличено до значения, указанного в скобках, если выключатель испытывают в режиме отключения тока неудаленного короткого замыкания.								

Таблица 9 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 110 до 750 кВ при отключении тока $I_{о.н} = 0{,}6\ I_{о,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.г} = 1{,}3$, $K_а = 1{,}5$

$U_{ном} / U_{н.р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
110/126	100	33	200	198	От 2 до 10	50	От 19 до 27	3,0
150/172	137	46	273	276	От 2 до 14	68	От 25 до 36	3,0
220/252	200	67	400	402	От 2 до 20	100	От 35 до 53	3,0
330/363	289	96	577	576	От 2 до 29	144	От 50 до 77	3,0
500/525	417	139	834	834	От 2 до 42	209	От 72 до 112	3,0
750/787	626	209	1251	1254	От 2 до 63	312	От 106 до 166	3,0
$u_1 = 0{,}75 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $u_c = 1{,}5 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_2 = 6\ t_1$; 2 мкс $\le t_d \le 0{,}3\ t_1$; $u' = 1/2\ u_1$.								

Таблица 10 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 110 до 750 кВ при отключении тока $I_{о.н} = 0{,}3\ I_{о,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.г} = 1{,}3$, $K_а = 1{,}54$

$U_{ном} / U_{н.р}$, кВ	u_c, кВ	t_3, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_3$, кВ/мкс
110/126	206	41	6	69	20	5,0
150/172	281	56	8	94	27	5,0
220/252	411	82	12	137	39	5,0
330/363	592	118	18	197	57	5,0
500/525	857	171	26	286	83	5,0
750/787	1284	257	39	428	125	5,0
$u_c = 1{,}54 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_d = 0{,}15\ t_3$; $u' = 1/3\ u_c$.						

Таблица 11 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с номинальным напряжением от 110 до 750 кВ при отключении тока $I_{о.н} = 0{,}1\ I_{о,ном}$. Условная граничная линия задана двумя параметрами $K_{п.г} = 1{,}3$, $K_а = 1{,}54$

$U_{ном} / U_{н.р}$, кВ	u_c, кВ	t_3, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_3$, кВ/мкс
110/126	206	29	4	69	14	7,0
150/172	281	40	6	94	19	7,0
220/252	411	59	9	137	29	7,0
330/363	592	85	13	197	41	7,0
500/525	857	122	18	286	59	7,0
750/787	1284	183	27	428	88	7,0
$u_c = 1{,}54 \cdot 1{,}3 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_d = 0{,}15\ t_3$; $u' = 1/3\ u_c$.						

6.6.3.4 Если условие по 6.6.3.2 не выполняется, то возможность применения выключателя в данной цепи должна быть согласована между изготовителем и заказчиком. Превышение условной граничной линии возможно, в частности, при установке выключателя:

а) в цепи генератора;

б) непосредственно за мощным трансформатором (автотрансформатором) при отсутствии существенной емкости присоединений.

Рекомендуемые характеристики ПВН при установке выключателя в цепи генератора для тока $I_{о, ном}$ приведены в приложении Д.

6.6.3.5 Для выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ и $I_{о, ном} \geq 25$ кА дополнительно нормируется начальная часть ПВН (начальное ПВН — НПВН). НПВН определяется параметрами f_i и t_i, характеризующими ее граничную линию, в соответствии с рисунком 6 и таблицей 12.

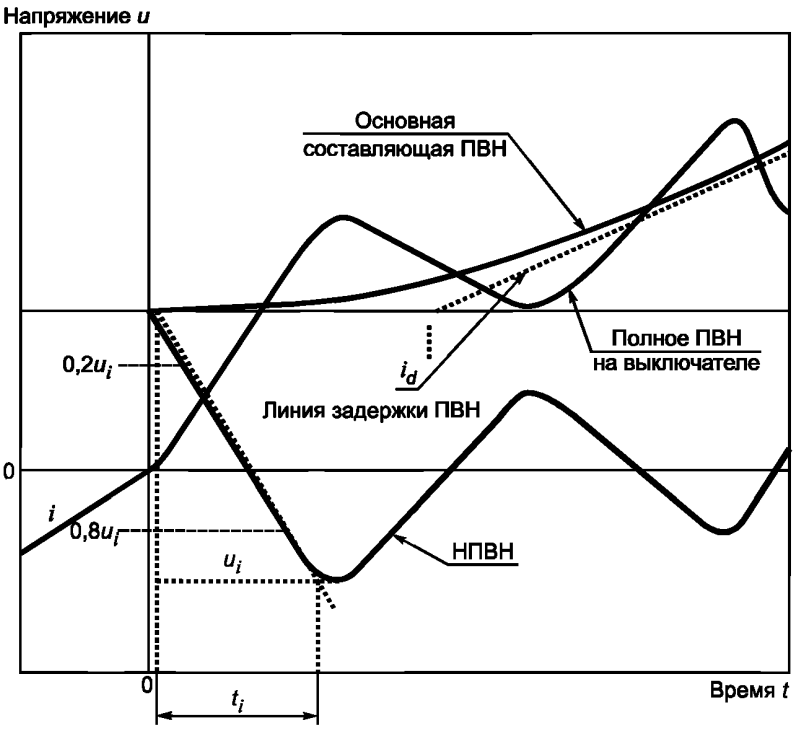


Рисунок 6 — Начальная часть переходного восстанавливающегося напряжения (НПВН)

Таблица 12 — Нормированные значения НПВН

$U_{ном} / U_{н. р}$, кВ	Коэффициент f_i, кВ/кА	Координата времени t_i, мкс
110/126	0,046	0,4
150/172	0,058	0,5
220/252	0,069	0,6
330/362	0,092	0,8
500/525	0,116	1,0
750/787	0,159	1,1

Пик НПВН определяют умножением коэффициента f_i на действующее значение тока отключения.

Требования к НПВН не распространяются на выключатели, являющиеся составной частью КРУЭ.

6.6.3.6 Требования к характеристикам ПВН для выключателей, предназначенных для прямого присоединения к воздушным линиям с $U_{ном} \geq 110$ кВ и $I_{о, ном} > 12,5$ кА, при условии отключения однофазных

неудаленных коротких замыканий определяются нормируемыми параметрами линии: волновым сопротивлением z = 450 Ом, коэффициентом пика $K_{п.\,л}$ = 1,6 и временем задержки t_{dl}, равным 0,2 мкс — для выключателей на $U_{ном} \le$ 150 кВ и 0,5 мкс — для выключателей на $U_{ном} \ge$ 220 кВ.

Для отдельных типов выключателей на номинальные напряжения 330 кВ и более допускается по согласованию с заказчиком нормировать значения z и $K_{п.\,л}$ меньшими, чем указано выше, например в случае, если в конструкции линии электропередачи предусмотрены мероприятия, уменьшающие эффект сближения проводов при коротком замыкании.

6.6.4 Допускаемое для каждого полюса выключателя без осмотра и ремонта дугогасительного устройства число операций отключения и включения (ресурс по коммутационной стойкости) при токах короткого замыкания и нагрузочных токах следует нормировать в ТУ и эксплуатационных документах.

Для газовых и вакуумных выключателей при токе $I_{о,\,ном}$ допускаемое число отключений должно быть не менее указанных в таблице 13.

Таблица 13 — Допускаемое число отключений при токах $I_{о,\,ном}$

Виды выключателей	Допускаемое число отключений при токах $I_{о,\,ном}$, кА			
	до 31,5 включ.	40	50	63
Газовые	20	15	12	8
Вакуумные	25	20	18	10

При токе короткого замыкания 0,6 $I_{о,\,ном}$ минимальное допускаемое число отключений должно быть более нормированного для $I_{о,\,ном}$ в 1,7 раза.

Минимальное допустимое число включений при токе $I_{о,\,ном}$ должно быть не менее 50 % допустимого числа отключений.

6.7 Требования к коммутационной способности в условиях рассогласования фаз

6.7.1 Выключатели на $U_{ном} \ge$ 110 кВ должны быть способны производить коммутацию линий в условиях рассогласования фаз при нормированном токе отключения, составляющем 0,25 $I_{о,\,ном}$ и возвращающемся напряжении $2{,}0\sqrt{2/3}\,U_{н.\,р}$.

Форма нормированной кривой ПВН должна соответствовать приведенной на рисунке 5. Нормированные значения параметров ПВН приведены в таблице 14.

Таблица 14 — Нормированные характеристики ПВН при отключении тока в режиме рассогласования фаз. Условная граничная линия задана четырьмя параметрами, $K_{п.\,г}$ = 2,0, $K_а$ = 1,25

$U_{ном} / U_{н.\,р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
110/126	154	100	257	От 200 до 400	От 2 до 10	77	От 52 до 60	1,54
150/172	210	136	350	От 272 до 544	От 2 до 14	105	От 70 до 82	1,54
220/252	308	200	513	От 400 до 800	От 2 до 20	154	От 102 до 120	1,54
330/363	444	288	740	От 576 до 1152	От 2 до 29	222	От 146 до 173	1,54
500/525	642	417	1070	От 836 до 1672	От 2 до 42	321	От 210 до 250	1,54
750/787	962	625	1604	От 1242 до 2484	От 2 до 62	481	От 314 до 374	1,54
$u_1 = 0{,}75 \cdot 2{,}0 \cdot \sqrt{2/3}\,U_{н.\,р}$; $u_c = 1{,}25 \cdot 2{,}0 \cdot \sqrt{2/3}\,U_{н.\,р}$; 2 мкс $\le t_d \le 0{,}1\,t_1$; $u' = 1/2\,u_1$.								

6.7.2 Выключатели, предназначенные для установки в цепи генераторов, должны отключать токи в условиях рассогласования фаз напряжения со стороны генератора и со стороны системы. Нормированный ток отключения, возвращающееся напряжение и ПВН устанавливаются по согласованию с заказчиком.

Нормированный ток отключения должен быть не менее 0,5 $I_{о, ном}$. Значения возвращающегося напряжения и ПВН следует устанавливать при угле расхождения фаз напряжения со стороны системы и со стороны генератора, равном 90 или 180 электрическим градусам, по согласованию с заказчиком.

6.8 Требования к коммутационной способности при отключении и включении емкостных токов ненагруженных воздушных линий и батарей конденсаторов

6.8.1 Выключатели на $U_{ном} \geq 110$ кВ должны быть способны отключать и включать токи ненагруженных воздушных линий вплоть до нормированных значений токов отключения ненагруженной воздушной линии, приведенных в таблице 15.

Таблица 15 — Нормированные значения токов отключения ненагруженной воздушной линии

$U_{ном} / U_{н. р}$, кВ	Ток, А
110/126	31,5
150/172	63
220/252	125
330/363	315
500/525	500
750/787	900

Выключатели должны отключать ненагруженные фазы трехфазных воздушных линий при наличии короткого замыкания в одной или двух других фазах (двустороннее отключение несимметричного короткого замыкания при неодновременной работе выключателей на концах линии).

6.8.2 Выключатели, предназначенные для коммутации конденсаторных батарей, должны отключать и включать токи конденсаторных батарей вплоть до нормированных значений при напряжении вплоть до наибольшего рабочего. Нормированные значения токов определяются в технических условиях.

6.8.3 Выключатели, предназначенные для коммутации емкостного тока, подразделяются на два класса: класс С1 — с низкой вероятностью повторного пробоя; класс С2 — с очень низкой вероятностью повторного пробоя.

6.9 Требования к коммутационной способности при отключении и включении шунтирующего реактора

6.9.1 Выключатели, предназначенные для коммутации тока шунтирующего реактора, должны отключать токи шунтирующего реактора от минимально допустимого вплоть до нормированного изготовителем при напряжении до наибольшего рабочего напряжения включительно без превышения допустимых значений перенапряжений, нормированных изготовителем по согласованию с заказчиком. Изготовитель должен указывать необходимость применения устройств защиты от перенапряжений.

6.9.2 Для выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ рекомендуемые значения нормированного тока отключения шунтирующего реактора — (315 ± 63) А, минимального тока отключения шунтирующего реактора — (100 ± 20) А.

6.10 Требования к напряжению радиопомех

6.10.1 Требования к напряжению радиопомех предъявляются к выключателям на $U_{ном} \geq 110$ кВ.

6.10.2 Напряжение радиопомех, создаваемых выключателями при напряжении 1,1 $U_{н. р} / \sqrt{3}$, не должно превышать 2500 мкВ при частоте настройки измерительной цепи (500 ± 50) кГц.

6.11 Требования к электромагнитной совместимости

Требования к электромагнитной совместимости предъявляются к выключателям, имеющим электронные компоненты, воздействие помех на которые может привести к неправильному функционированию. Конкретные требования должны быть указаны в технических условиях.

6.12 Требования к конструкции

6.12.1 Общие требования

6.12.1.1 Контактные зажимы выводов выключателя должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434, ГОСТ 21242 и ГОСТ 24753.

6.12.1.2 Выключатель (полюс выключателя) должен иметь контактную площадку для подсоединения заземляющего проводника и заземляющий зажим (зажимы) по ГОСТ 21130 и ГОСТ 12.2.007.3 с указанием знака заземления.

6.12.1.3 Металлические части, подвергающиеся воздействию климатических факторов внешней среды, при необходимости должны иметь защитные покрытия с учетом условий эксплуатации по ГОСТ 15150 и срока службы изделия.

6.12.1.4 Выключатель (полюс выключателя) должен иметь указатель включенного и отключенного положений, выполненный в соответствии с ГОСТ 12.3.007.3.

6.12.1.5 В выключателях должны быть установлены счетчики числа срабатываний.

6.12.1.6 Выключатели должны иметь коммутирующие контакты для внешних вспомогательных цепей в количестве не менее 12, установленные в местах, доступных для осмотра и ремонта.

Число коммутирующих контактов для внешних цепей, в том числе замыкающих, размыкающих и переключающих, должно быть указано в ТУ и в эксплуатационных документах изготовителя.

6.12.1.7 Конструкция выключателей климатических исполнений ХЛ и УХЛ должна в дополнение к требованиям настоящего стандарта соответствовать требованиям ГОСТ 17412.

6.12.1.8 Внутренние элементы выключателей категории размещения 1 (изоляции, механизмы, электрические устройства и др.) должны быть защищены от попадания в них атмосферных осадков.

6.12.1.9 Выключатели категории размещения 1 или 2, имеющие внутренние изоляционные полости, не заполненные постоянно изоляционной жидкостью или сжатым газом, должны иметь устройства (например вентиляционное, нагревательное или осушительное) для исключения конденсации влаги (при колебаниях температуры окружающего воздуха), которая может вызвать перекрытия изоляции.

6.12.1.10 Выключатели, требующие применения подогрева при пониженных температурах окружающего воздуха, должны иметь подогревательные устройства — одно- или многоступенчатые и средства для их ручного или автоматического включения и отключения. Температура окружающего воздуха, при которой включают эти устройства (ступени), должна быть указана изготовителем в эксплуатационных документах.

6.12.1.11 Резервуары выключателей и приводов со сжатым газом должны соответствовать требованиям Правил Госгортехнадзора [1].

6.12.2 Требования к газовым выключателям

6.12.2.1 Требования к характеристикам и качеству газов, используемых для выключателей, устанавливаются в ТУ и эксплуатационных документах изготовителя.

6.12.2.2 В газовых выключателях точка росы для элегаза или смеси газов при давлении заполнения и температуре 20 °С в течение всего срока эксплуатации должна быть не выше минус 5 °С. Если измерения проводят при других давлениях и температурах, то должна быть проведена необходимая коррекция.

6.12.2.3 Газовые выключатели должны иметь устройства для контроля давления газа, приведенного к нормальным атмосферным условиям (температура плюс 20 °С, давление 101,3 кПа). Устройство должно иметь вспомогательные контакты, предназначенные для подачи предупредительного сигнала при снижении давления до давления сигнализации вследствие утечки газа, а также для блокировки выключателя при снижении давления до давления блокировки. В ТУ или/и в эксплуатационных документах должны быть указаны следующие значения приведенного давления газа:

- нормированное давления заполнения;
- давление срабатывания контактов предупредительной сигнализации утечки газа (газовой смеси);
- давление блокировки выключателя.

6.12.2.4 Для газовых выключателей изготовитель должен указать допустимое значение расхода на утечки $Q_н$ газа или газовой смеси. Это значение не должно превышать 1 % в год от количества газа в выключателе.

6.12.3 Требования к вакуумным выключателям

6.12.3.1 В вакуумных выключателях герметичность дугогасительных камер и необходимое давление остаточных газов в них должны обеспечиваться конструкцией и технологией изготовления, в результате чего достигается сохранение электрической прочности между разомкнутыми контактами в течение всего срока службы и не требуется постоянного автоматического контроля вакуума.

6.12.3.2 Значения остаточного давления газов в вакуумных дугогасительных камерах должны быть указаны в технических документах. Нормированное значение срока службы — по 6.13.3.

6.12.4 Требования к воздушным выключателям

Воздушные выключатели должны содержать следующие устройства:

а) манометр, показывающий давление воздуха в резервуаре выключателя (полюса, элемента полюса);

б) реле минимального давления или электроконтактный манометр (один или, если требуется, два) с контактами, обеспечивающими подачу сигнала о снижении давления ниже допустимого, а также разрыв соответствующих цепей управления; при наличии в выключателе электроконтактного манометра манометр по перечислению а) не требуется;

в) запорный вентиль, устанавливаемый на общем воздухопроводе выключателя (полюса);

г) обратный клапан, препятствующий выходу сжатого воздуха из резервуара (или резервуаров) выключателя при понижении давления в подводящем воздухопроводе (магистрали);

д) фильтр для очистки поступающего в выключатель воздуха;

е) указатель действия вентиляции (при ее наличии); при применении тальковых дросселей продувки наличие указателя действия вентиляции необязательно;

ж) устройство для слива воды из нижней части резервуара (резервуаров) и выпуска воздуха.

6.12.5 Требования к масляным выключателям

6.12.5.1 Для заполнения масляных выключателей следует применять трансформаторное масло по ГОСТ 982 или ГОСТ 10121. Требования к электрической прочности масла, а также возможность применения других масел должны быть установлены в эксплуатационных документах изготовителя.

6.12.5.2 Масляные выключатели должны иметь указатель уровня масла, устройства для заливки и слива масла.

6.12.5.3 Допустимые утечки масла, а также допустимое снижение давления газа в герметизированной конструкции с газом под давлением в объеме, находящемся над верхним уровнем масла, должны быть указаны в эксплуатационных документах.

6.12.6 Требования к приводам

6.12.6.1 Конструкция привода должна обеспечивать выполнение выключателем операций включения и отключения и циклов операций по сигналу дистанционного управления, а также возможность «местного» отключения путем ручного воздействия на элемент механизма привода (защелку, кнопку, клапан и пр.).

6.12.6.2 Приводы выключателей номинальным напряжением 330 кВ и выше должны иметь два электромагнита отключения.

6.12.6.3 Конструкция приводов в части обеспечения подачи аварийного сигнала при отключении выключателя от защиты, а также возможности установки механических блок-замков для осуществления блокировки с приводами разъединителей и блокировки от многократных повторных включений и отключений при поданной команде на включение и отключение от встроенных в привод устройств релейной защиты должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.3.

6.12.6.4 В конструкции пружинных приводов должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие:

- автоматический завод включающих пружин непосредственно после включения выключателя для возможности осуществления АПВ;
- блокировку движения контактов выключателя из отключенного положения при неполностью заведенных включающих пружинах.

6.12.6.5 В конструкции гидравлических приводов должны быть предусмотрены следующие устройства:

- резервуар с рабочей жидкостью;
- манометр, показывающий давление в гидросистеме привода с пневматическим накопителем энергии;
- индикатор, показывающий состояние пружин привода с пружинным накопителем энергии;
- устройства автоматического поддержания рабочего давления в гидросистеме и блокировки команд на включение и отключение выключателя с сигнализацией о снижении гидравлического давления ниже допустимого;
- счетчик срабатываний насоса, поддерживающего давление в гидросистеме;
- механический указатель положения исполнительного органа привода.

6.12.6.6 В конструкции пневматических приводов должны быть предусмотрены следующие устройства:

- резервуар сжатого воздуха объемом, обеспечивающим выполнение выключателем нормированных циклов операций;
- манометр, показывающий давление сжатого воздуха в резервуаре;
- устройство, подающее сигнал о снижении давления и команду на блокировку работы выключателя (с предварительным принудительным отключением или без него) при падении давления в приводе ниже допустимого;

- запорный вентиль, устанавливаемый на воздухопроводе, питающем резервуар привода;
- фильтр для очистки поступающего в резервуар воздуха;
- устройства для слива воды и выпуска сжатого воздуха из резервуара привода.

6.12.7 Применение электромагнитных расцепителей

6.12.7.1 Приводы выключателей, имеющие исполнение со встроенными расцепителями, должны допускать установку не менее пяти расцепителей отключения, а именно:

- одного минимального расцепителя напряжения с выдержкой времени;
- не менее четырех максимальных расцепителей тока без выдержки времени;
- расцепителей в различных сочетаниях из указанных выше.

По согласованию с заказчиком могут изготавливаться приводы с другими вариантами расцепителей (например с максимальным расцепителем тока, питающимся от трансформатора тока в схеме с дешунтированием), а также приводы, допускающие встраивание менее пяти расцепителей отключения.

Принятые для приводов каждого типа выключателя варианты сочетаний расцепителей должны указываться в ТУ и эксплуатационных документах.

6.12.7.2 Минимальный расцепитель напряжения, встроенный в привод выключателя, должен иметь следующие характеристики:

а) номинальное напряжение — одно из номинальных напряжений $U_{п,\ ном}$ переменного тока, указанных в таблице 1;

б) расцепитель должен обязательно срабатывать, если напряжение на его зажимах снизилось до 35 % от $U_{п,\ ном}$ даже при медленном и постепенном снижении напряжения;

в) расцепитель не должен срабатывать, если напряжение на его зажимах более 70 % от $U_{п,\ ном}$.

Включение выключателя должно быть возможно при значениях напряжения на выводах расцепителя, равных или превышающих 85 % его номинального напряжения. Включение выключателя должно быть невозможным при напряжении на выводах ниже 35 % номинального напряжения питания.

6.12.7.3 На максимальном расцепителе тока должен быть указан его номинальный ток и предельные значения тока для различных уставок.

Расцепитель должен всегда срабатывать при токе, равном или более 110 % тока уставки, и никогда не должен срабатывать при токе, меньшем 90 % тока уставки.

Для максимального расцепителя тока с зависимой выдержкой времени время срабатывания следует измерять от момента достижения тока срабатывания до момента, при котором расцепитель приводит в действие расцепляющий механизм выключателя. Изготовитель должен привести в ТУ и эксплуатационных документах таблицы или кривые, показывающие зависимость времени срабатывания от тока в области между двойным и шестикратным значениями тока срабатывания с используемыми допусками. Эти таблицы или кривые обязательны для крайних значений уставок тока и крайних значений выдержки времени.

Если ток в главной цепи падает ниже заданного значения до истечения времени выдержки максимального расцепителя тока, то расцепитель должен вернуться в исходное положение, не завершив операцию отключения.

6.13 Требования к надежности

6.13.1 Значение ресурса выключателя по механической стойкости до среднего ремонта — в соответствии с 6.4.13.

6.13.2 Ресурс выключателя по коммутационной стойкости до среднего ремонта — в соответствии с 6.6.4.

6.13.3 Срок службы выключателя до списания — не менее 30 лет.

6.14 Комплектность

6.14.1 Комплектность поставки устанавливают по соглашению между поставщиком и заказчиком. В комплект поставки, помимо выключателя, могут входить:

- привод и (или) распределительный шкаф — в зависимости от типа выключателя;
- комплект запасных частей и принадлежностей (ЗИП) одиночный;
- комплект ЗИП групповой;
- комплект ЗИП ремонтный;
- баллоны с газом для заполнения выключателя;
- газотехнологическое оборудование.

6.14.2 К комплекту выключателя или к комплекту отдельно поставляемого привода должны быть приложены эксплуатационные документы в соответствии с ГОСТ 2.601, это:

- руководство по эксплуатации;

- формуляр или паспорт;
- ведомость ЗИП в виде отдельного документа или как составная часть паспорта или формуляра.

Паспорт сосуда, работающего под давлением, прикладывают в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора [1].

6.15 Маркировка

6.15.1 Каждый выключатель (при однополюсном исполнении — каждый полюс выключателя, а если полюс состоит из двух и более элементов — каждый элемент) должен иметь табличку (таблички) по ГОСТ 12969 и ГОСТ 12971, на которой должны быть указаны:

а) товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;

б) наименование изделия («Выключатель»);

в) тип выключателя в соответствии с 5.3;

г) обозначение климатического исполнения и категории размещения по ГОСТ 15150;

д) порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;

е) номинальное напряжение в киловольтах;

ж) номинальный ток в амперах;

и) номинальный ток отключения в килоамперах;

к) номинальное давление сжатого воздуха в мегапаскалях (и рядом в скобках — в килограмм-силах на квадратный сантиметр) — для воздушных выключателей и выключателей с пневматическими приводами;

л) давление заполнения газа в мегапаскалях (и рядом в скобках — в килограмм-силах на квадратный сантиметр) при 20 °С — для газовых выключателей;

м) масса выключателя в килограммах;

н) обозначение настоящего стандарта или ТУ;

п) дата изготовления (год выпуска) выключателя.

6.15.2 Части выключателей, транспортируемых в разобранном виде, должны иметь маркировку, облегчающую сборку выключателей на месте монтажа.

6.15.3 Выключатели, имеющие встроенный привод, должны иметь дополнительную табличку с данными этого привода, на которой должны быть указаны:

а) род тока и номинальное напряжение элементов привода в вольтах;

б) номинальное давление воздуха в мегапаскалях (и рядом в скобках — в килограмм-силах на квадратный сантиметр) — для пневматических приводов;

в) условные обозначения встроенных расцепителей (при их наличии) и их диапазон уставок тока и выдержки времени.

Допускается данные встроенного привода указывать в табличке выключателя.

6.15.4 Каждый конструктивно самостоятельный привод должен иметь табличку по ГОСТ 12969 и ГОСТ 12971, на которой должны быть указаны:

а) товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;

б) наименование изделия («Привод»);

в) тип привода в соответствии 5.3 и вариант его исполнения по применяемости для выключателей;

г) обозначение климатического исполнения и категории размещения по ГОСТ 15150;

д) порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;

е) род тока и номинальное напряжение элементов привода в вольтах;

ж) номинальное давление воздуха в мегапаскалях (и рядом в скобках — в килограмм-силах на квадратный сантиметр) — для пневматических приводов;

и) условные обозначения встроенных расцепителей (при их наличии) и их диапазоны уставок тока и выдержки времени;

к) дата изготовления (год выпуска) привода.

6.15.5 Обмотки элементов приводов должны иметь таблички или ярлыки, на которых должны быть указаны:

а) назначение обмотки или ее условное обозначение;

б) марка провода;

в) диаметр провода в миллиметрах;

г) число витков;

д) сопротивление (при постоянном токе) в омах при плюс 20 °С (сопротивление токовых обмоток электромагнитов допускается не указывать).

6.15.6 Выключатели, имеющие встроенные трансформаторы тока, должны иметь табличку с данными этих трансформаторов тока по ГОСТ 7746.

6.15.7 Способ нанесения маркировки на табличках должен обеспечивать ясность надписей в течение всего времени эксплуатации выключателя.

6.15.8 Сосуды для сжатого воздуха (газа) должны иметь маркировку и сопроводительные технические документы в соответствии с Правилами Госгортехнадзора [1].

6.15.9 Маркировка транспортной тары — по ГОСТ 14192.

6.16 Упаковка

6.16.1 Выключатели или их части (при транспортировании выключателей в частично разобранном виде) должны быть упакованы для транспортирования в плотные или решетчатые ящики по ГОСТ 10198 или ГОСТ 2991 или в специальную тару.

Упаковка выключателей и их частей должна исключать возможность их механических повреждений, а также обеспечивать защиту изоляционных частей из органических материалов от воздействия окружающей среды в процессе транспортирования.

6.16.2 Все неокрашенные металлические части выключателя (включая запасные части), подверженные воздействию внешней среды при транспортировании и хранении, должны быть законсервированы с помощью защитных смазок или другим надежным способом. Действие консервации должно быть рассчитано на срок:

- не менее двух лет — для выключателей;
- не менее трех лет — для запасных частей.

6.16.3 Части выключателя, представляющие собой громоздкие металлические конструкции (например резервуары воздушных выключателей, рамы и др.), допускается не упаковывать (ограничиваться, при необходимости, установкой заглушек) или применять для них частичную упаковку.

6.16.4 Допускается транспортирование выключателей или их частей в пределах одного населенного пункта или между близкорасположенными населенными пунктами без упаковки или в упрощенной (временной) упаковке, защищающей от атмосферных осадков, при условии принятия мер, предохраняющих от повреждений выключатель и его упаковку; перевозку, а также погрузку и разгрузку транспортного средства под открытым небом следует выполнять в течение светлого времени суток.

6.16.5 При транспортировании в транспортных контейнерах выключатели или их части без индивидуальной упаковки должны быть надежно закреплены и предохранены от механических повреждений.

7 Требования безопасности и охраны окружающей среды (экологичности)

7.1 Требования безопасности к конструкции выключателя должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.3.

7.2 На наружных металлических частях выключателя (кроме арматуры изоляторов и контактных частей), находящихся во время работы выключателя под высоким напряжением, должны быть предостерегающие надписи или знаки, нанесенные на кожухе, закрывающем группу деталей, или (при отсутствии кожуха) на одной или нескольких деталях из группы металлически связанных между собой деталей.

Для выключателей на номинальное напряжение 35 кВ и выше, а также для выключателей на напряжение менее 35 кВ, предназначенных для установки на выкатной части КРУ, требования настоящего пункта не обязательны.

7.3 Степень защиты шкафов приводов и шкафов управления от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним, от соприкосновения с движущимися частями, находящимися внутри оболочки, от попадания внутрь твердых посторонних тел, а также от попадания воды по ГОСТ 14254 должна быть указана в ТУ и эксплуатационных документах.

7.4 Газоотводы, выхлопные и предохранительные устройства выключателей должны быть расположены так, чтобы выброс жидкости или газа был направлен в сторону от места, где может находиться обслуживающий персонал. При необходимости изготовитель должен указывать границы пространства, внутри которого не должны находиться части под напряжением или заземленные части.

7.5 В выключателях по возможности следует применять материалы, ограничивающие распространение пламени в случае его появления в результате отказа, перекрытия, пробоя или других аварийных повреждений выключателя.

7.6 Меры охраны окружающей среды при монтаже и эксплуатации выключателей устанавливают в ТУ и приводят в эксплуатационных документах.

8 Правила приемки

8.1 Общие требования к правилам приемки

8.1.1 Выключатели подвергаются предприятием-изготовителем приемосдаточным, квалификационным, периодическим и типовым испытаниям.

В процессе разработки выключателя и для решения вопроса о целесообразности постановки выключателей на производство проводят приемочные испытания опытных образцов.

8.1.2 В зависимости от видов испытаний, проверяемых параметров и от конструкции выключателя объектами испытаний могут быть: выключатель (все три полюса), полюс выключателя, дугогасительный модуль или отдельный его разрыв, отдельные сборочные единицы. Объект испытаний указывают в программе и протоколе испытаний. Образцы объектов для квалификационных, периодических и типовых испытаний должны быть отобраны из числа изделий, прошедших приемосдаточные испытания, или (для частей выключателя) проверку и приемку технического контроля.

Допускается отдельным видам испытаний подвергать разные экземпляры образцов (параллельные испытания).

Если объектом испытаний является часть выключателя (полюс, элемент, модуль, разрыв, сборочная единица), функционально связанная с другими частями, то в программе и протоколе испытаний должны быть указаны меры, которые приняты для воспроизведения (имитирования) влияния других частей на испытуемую, либо должно быть обосновано, что при проведенном испытании не облегчается работа части по сравнению с условиями ее работы в полностью собранном выключателе.

8.1.3 Если квалификационным или периодическим испытаниям подвергнут выключатель, представляющий собой одно из типоисполнений серии выключателей с одним модулем или с несколькими последовательно соединенными модулями, то допускается другие типоисполнения выключателей этой серии испытывать не в полном объеме, распространив на них результаты испытаний первого типоисполнения. Допустимость испытаний не в полном объеме должна быть обоснована.

8.1.4 Если квалификационным или периодическим испытаниям подвергнут выключатель, являющийся одним из типоисполнений серии выключателей, имеющих часть практически одинаковых конструктивных элементов, то другие выключатели этой серии могут не подвергаться отдельным видам указанных испытаний с распространением на эти виды результатов испытаний, проведенных на первом выключателе.

Допустимость испытаний не в полном объеме должна быть обоснована.

8.1.5 Если для управления данным выключателем предусмотрены разные типы приводов, то квалификационным или периодическим испытаниям в полном объеме он может подвергаться только с одним из них. Объем испытаний с другими типами приводов может быть сокращен по согласованию с потребителем.

8.1.6 В зависимости от конструктивных особенностей выключателя допускается:

- проводить испытания без установки отдельных сборочных единиц или деталей;
- применять во время испытаний инвентарные сборочные единицы и детали;
- вводить отдельные уточнения в программу проведения испытаний.

В протоколах испытаний или в программе проведения испытаний должно быть обосновано, что сделанные изменения в испытуемом образце не влияют на результаты испытаний или не облегчают условий проведения испытаний.

8.1.7 Допускается характеристики комплектующих изделий, указанные в их сопроводительных документах (например сопротивление обмоток электромагнитов, емкость шунтирующих конденсаторов, электрическую прочность изоляции вводов и т. п.), повторно не проверять, а заносить их в паспорт выключателя или в протокол испытаний по данным указанных технических документов.

8.1.8 Выпуск выключателей осуществляется на основании положительных результатов квалификационных (для вновь освоенных выключателей), периодических и приемосдаточных испытаний.

8.1.9 Протоколы или информацию об испытаниях следует предъявлять потребителю по его требованию.

8.2 Приемосдаточные испытания

8.2.1 Выключатели предъявляют к приемке поштучно и подвергают проверке сплошным контролем.

8.2.2 Испытания следует проводить по программе, включающей в себя следующие виды испытаний и проверок и указания о последовательности их проведения:

а) проверку на соответствие требованиям сборочного чертежа — в соответствии с 9.1.1;

б) проверку характеристик работы механизма выключателя (привода) и испытание на исправность его действия — в соответствии с 9.2.1.1, перечисления а) и б);

в) проверку герметичности, если указано в программе, — в соответствии с 9.2.1.1, перечисление ж);

г) испытание изоляции напряжением промышленной частоты — в соответствии с 9.3.1 — 9.3.3;

д) измерение электрического сопротивления главной цепи или его участков для выключателей с $I_{ном} \le 6300$ А — в соответствии с 9.4.2;

е) проверку комплектности, маркировки, консервации и упаковки согласно требованиям конструкторских документов — в соответствии с 6.14 — 6.16.

8.3 Квалификационные испытания

8.3.1 Квалификационные испытания следует проводить после освоения технологии производства выключателя (при запуске в серийное производство).

8.3.2 Квалификационные испытания проводят по программе, включающей следующие виды испытаний и проверок:

а) проверку на соответствие требованиям сборочного чертежа — в соответствии с 9.1;

б) испытания на механическую работоспособность — в соответствии с 9.2;

в) испытание электрической прочности изоляции — в соответствии с 9.3;

г) испытание на нагрев — в соответствии с 9.4;

д) испытание на стойкость при сквозных токах короткого замыкания — в соответствии с 9.5;

е) испытания на коммутационную способность при токах короткого замыкания и в условиях рассогласования фаз — в соответствии с 9.6;

ж) испытания на коммутационную способность при отключении и включении емкостных токов ненагруженных воздушных линий и батарей конденсаторов — в соответствии с 9.7;

и) испытания на коммутационную способность при отключении и включении шунтирующего реактора — в соответствии с 9.8;

к) испытания на радиопомехи — в соответствии с 9.9;

л) испытания на электромагнитную совместимость (методика испытаний настоящим стандартом не нормируется);

м) испытания на стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды — в соответствии с 9.10.

Испытания по перечислению ж) в части батарей конденсаторов, а также по перечислениям и), к), л) проводят, если соответствующие требования включены в технические условия на конкретные изделия.

8.3.3 Допускается распространять на данный тип выключателя положительные результаты квалификационных испытаний аналогичных конструкторских или технологических решений или материалов, проведенных на других изделиях.

8.3.4 Допускается засчитывать испытания, проведенные на опытном образце, в качестве квалификационных испытаний, если соблюдены следующие условия:

- опытный образец был изготовлен по технологии, предусмотренной для серийного производства;
- комиссией по приемке опытно-конструкторской работы (ОКР) не были даны рекомендации по доработке конструкции, требующие проведения дополнительных испытаний.

Если эти условия не соблюдены и испытания опытного образца не могут быть зачтены полностью, то допускается при соответствующем техническом обосновании засчитывать отдельные виды испытаний, на результатах которых несоблюдение указанных условий не отражается.

8.4 Периодические испытания

8.4.1 Периодические испытания следует проводить, как правило, в объеме квалификационных испытаний. Объем периодических испытаний может быть сокращен по согласованию с потребителем.

8.4.2 Периодические испытания по 8.3.2, перечисления а) — г), проводят не реже одного раза в пять лет; по 8.3.2, перечисления д) — м), — не реже одного раза в 10 лет. Испытания выключателей с $I_{ном} > 10000$ А по 8.3.2, перечисление г), проводят не реже одного раза в 10 лет.

8.4.3 Если в процессе периодических испытаний получены неудовлетворительные результаты, то разрабатываются и внедряются мероприятия, исключающие их повторение.

После внедрения этих мероприятий проводят повторные испытания по тем пунктам программы, по которым были получены неудовлетворительные результаты, а также те проведенные ранее испытания, на результаты которых могут повлиять внесенные изменения. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

8.4.4 Периодические испытания допускается не проводить, если документально подтверждено отсутствие рекламаций об отказах выключателей в эксплуатации, связанных с дефектами конструкции или изготовления, а также в тех случаях, когда производство аттестовано по системе качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001.

8.5 Типовые испытания

8.5.1 Типовые испытания проводят при изменении конструкции, применяемых материалов или технологии производства, а также технических параметров выключателей.

8.5.2 Необходимость проведения типовых испытаний и их объем при изменении конструкции, применяемых материалов, технологии производства или технических параметров определяет изготовитель (разработчик).

В зависимости от характера вносимого изменения испытаниям следует подвергать те или иные объекты из числа указанных в 8.1.2, а также отдельные детали и образцы материалов.

Допускается распространять на данный тип выключателя положительные результаты типовых испытаний аналогичных конструкторских или технологических решений или материалов, проведенных на других изделиях.

9 Методы испытаний

9.1 Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа

9.1.1 При приемосдаточных испытаниях проверке подлежит правильность выполнения требований сборочного чертежа, которые могут быть проверены визуально внешним осмотром. Проверке подлежит:

а) состояние защитных покрытий;

б) состояние поверхности наружных изоляционных частей;

в) правильность заполнения таблички;

г) правильность маркировки и клеймения;

д) соответствие установленного вспомогательного оборудования требованиям документации на него;

е) соответствие установленных шунтирующих резисторов и шунтирующих конденсаторов требованиям документов на них.

9.1.2 При квалификационных и периодических испытаниях дополнительно измеряют:

а) габаритные, установочные и присоединительные размеры — универсальными измерительными инструментами или шаблонами;

б) массу выключателя — на весах общего применения или пружинным динамометром.

Допускается определять массу выключателя суммированием масс отдельных элементов и сборочных единиц.

9.2 Испытания на механическую работоспособность

9.2.1 Общие положения

9.2.1.1 В объем испытаний на механическую работоспособность входят:

а) проверка характеристик работы механизма выключателя — в соответствии с 9.2.2;

б) испытание на исправность действия механизма выключателя — в соответствии с 9.2.3;

в) испытание на ресурс по механической стойкости — в соответствии с 9.2.4;

г) испытание на оперирование в условиях гололеда — в соответствии с 9.2.5;

д) испытание на работоспособность при совместном действии тяжения проводов и ветровой нагрузки — в соответствии с 9.2.6;

е) испытание на стойкость к воздействию механических факторов внешней среды — в соответствии с 9.2.7;

ж) испытания на герметичность газовых, вакуумных и воздушных выключателей — в соответствии с 9.2.8.

9.2.1.2 При испытании на механическую работоспособность выключатель (или его часть — см. 8.1.2) должен быть установлен на своей или на специальной (инвентарной) раме, или на другом жестком основании; при этом способ крепления, взаимное расположение и кинематическая связь выключателя (или его части) с приводом должны соответствовать монтажному чертежу и (или) инструкции изготовителя. Буферы, предназначенные для заполнения жидкостью, должны быть заполнены ею до установленного уровня. Масляные выключатели должны быть заполнены соответствующим маслом. Газовые выключатели должны быть заполнены газом до давления заполнения; воздушные — воздухом в соответствии с таблицей 16.

9.2.2 Проверка характеристик работы механизма выключателя

9.2.2.1 К проверяемым характеристикам работы механизма выключателя (9.2.1.1, перечисление а), в зависимости от особенностей конструкции выключателя относят: собственные времена включения и отключения; скорости включения и отключения; ход контактов; контактные давления; нижний и верхний пределы напряжения на зажимах цепей управления; нижний и верхний пределы начального давления; усилия

(статические моменты) пружин при включении и отключении; электрическое сопротивление и ток потребления электромагнитов управления; расходы воздуха (газа) на операции и др.

Перечень характеристик, проверяемых при приемосдаточных, квалификационных, периодических и типовых испытаниях данного выключателя, и соответствующую методику устанавливает изготовитель (разработчик) выключателя и вносит в программу и протокол испытаний.

9.2.2.2 Проверку собственных времен отключения и включения, бесконтактной паузы, координации моментов размыкания и замыкания главных, дугогасительных и других контактов допускается проводить, например, осциллографом, электросекундомером или анализатором характеристик выключателя.

Проверку собственных времен отключения и включения проводят при номинальном напряжении на зажимах электромагнита, номинальном давлении и нормированном усилии (моменте) пружин — в зависимости от типа привода, а также (в случае соответствующего указания в программе испытаний) — при нормированных нижних и верхних пределах указанных факторов.

9.2.2.3 Проверку скоростей включения и отключения проводят при номинальном напряжении на зажимах цепей управления, номинальном давлении и нормированном усилии (моменте) пружин — в зависимости от типа привода, а также (в случае соответствующего указания в программе испытаний) — при нормированных нижних и верхних пределах указанных факторов.

9.2.2.4 Проверку контактного давления (нажатия) размыкаемых контактов, а также скользящих неразмыкаемых контактов проводят либо косвенно — измерением усилий контактных пружин или определением силы вытягивания подвижного контакта, либо непосредственно измерением усилия оттягивания подвижной части контакта динамометром в момент потери контакта.

9.2.2.5 Определение минимального напряжения срабатывания включающих и отключающих устройств проводят с помощью ряда последовательных операций О (или В) при снижении напряжения на зажимах цепей управления ступенями, начиная от нижнего предела напряжения до минимального значения, при котором еще обеспечивается выполнение соответствующей операции.

Для воздушных выключателей и (или) пневматических или пневмогидравлических приводов определение минимального напряжения проводят при верхнем пределе начального давления.

9.2.2.6 Определение минимального давления срабатывания воздушного выключателя и (или) пневматического привода проводят путем выполнения при номинальном напряжении на зажимах цепей управления ряда последовательных операций при снижении давления ступенями, начиная с нижнего предела начального давления до минимального значения, при котором еще обеспечивается выполнение соответствующих операций.

9.2.2.7 Определение минимального натяжения пружин (усилия, статического момента, хода сжатия или растяжения, угла закручивания) пружинного привода проводят путем выполнения ряда последовательных операций включения при уменьшении натяжения пружин ступенями, вплоть до минимального значения, при котором еще обеспечивается выполнение соответствующей операции. Необходимость определения данного параметра указывают в ТУ.

9.2.2.8 Проверку электрического сопротивления обмоток электромагнитов управления проводят путем изменения его мостом постоянного тока, присоединяемым к выводам обмотки или ее секций, или другим методом.

9.2.2.9 Проверку тока потребления цепей управления проводят путем записи (осциллографирования) тока, протекающего через входные зажимы цепи управления при выполнении операций В или О, при номинальном напряжении на зажимах цепи управления выключателя (привода), а для воздушных выключателей и пневматических приводов — при номинальном давлении.

За значение тока потребления принимают:

а) для приводов, использующих энергию постоянного тока, — максимальное значение тока;

б) для приводов, использующих энергию переменного тока, — максимально действующее значение, определяемое как наибольшее среднеарифметическое действующих значений двух соседних полупериодов с наибольшими амплитудами тока.

Измерение тока в элементах приводов (например в обмотках электромагнитов) проводят по методике изготовителя.

9.2.2.10 Проверку расхода воздуха на операцию (или цикл операций) воздушного выключателя или пневматического привода выключателя другого вида проводят путем определения падения давления («сброса») в резервуаре выключателя или привода при выполнении соответствующих операций (О, В) или цикла О — ВО при следующих условиях:

- при закрытом вентиле питающей магистрали;
- при номинальном напряжении на зажимах электромагнита;

- при номинальном начальном давлении в резервуаре (а при периодических и типовых испытаниях — также при нижнем и верхнем пределах).

Падение давления определяют по манометру, показание которого снимают через (30 ± 5) с после выполнения операции (цикла).

Расход воздуха $V_в$, приведенный к нормальному атмосферному давлению, определяют по формуле

$$V_в = V_{рез} \frac{\Delta P}{P_н}, \quad (3)$$

где $V_{рез}$ — суммарный объем резервуаров (резервуара) и других полостей, постоянно с ними (с ним) связанных;

ΔP — падение давления («сброс»);

$P_н$ — нормальное атмосферное давление.

ΔP и $P_н$ должны иметь одинаковую размерность.

9.2.3 Испытание на исправность действия механизма выключателя

9.2.3.1 Испытания проводят в объеме и при условиях, указанных в таблице 16.

По окончании испытаний необходимо путем внешнего осмотра убедиться в отсутствии механических повреждений.

Таблица 16 — Испытания на исправность действия механизма выключателя

Число и виды операций и циклов	Напряжение на зажимах цепей управления выключателя (привода)	Начальное избыточное давление сжатого воздуха для воздушных выключателей	Начальное избыточное давление для пневматических приводов
1 Пять операций В	Нижний предел по 6.4.2.1	Верхний предел по 6.4.4	Верхний предел по 6.4.2.2
2 Пять операций О	Нижний предел по 6.4.3	Верхний предел по 6.4.4	Верхний предел для операции О (если привод производит эту операцию) — см. примечание к 6.4.2.2
3 Пять операций О	Верхний предел по 6.4.3	Нижний предел для операции О по 6.4.4	Нижний предел для операции О (если привод производит эту операцию) — см. примечание к 6.4.2.2
4 Пять операций В	Верхний предел по 6.4.2.1	Нижний предел для операции В по 6.4.4	Нижний предел по 6.4.2.2
5 Пять циклов ВО (см. 9.2.3.2)	Номинальное (см. таблицу 1)	Номинальное (см. таблицу 1)	Номинальное (см. таблицу 1)
6 Пять циклов О — $t_{бк}$ — В* (для выключателей, предназначенных для АПВ)	Номинальное (см. таблицу 1)	Номинальное (см. таблицу 1)	Номинальное (см. таблицу 1)

* Допускается проведение испытания с бесконтактной паузой при отсутствии преднамеренной выдержки времени между отключением и подачей команды на включение.

Примечания

1 Число операций или циклов, указанных в каждой строке, по согласованию с потребителем может быть увеличено до 20.

2 Пределы давления для пневматических приводов с индивидуальной компрессорной установкой и гидравлических приводов выключателей указывают в технических условиях.

9.2.3.2 При испытании по пункту 5 таблицы 16 циклы ВО выполняются без преднамеренной выдержки времени между операциями В и О, для чего на зажимы цепи управления отключением подают напряжение через контакты главной цепи выключателя (дугогасительные контакты или контакты отделителя).

Если коммутирующие контакты цепи отключения выключателя (привода) замыкаются ранее контактов главной цепи, то в одном из пяти циклов напряжение следует подавать не через главные контакты, а непосредственно на зажимы цепи управления отключением. При этом должно быть проверено, что при подаче команды на включение и наличии напряжения на зажимах цепи отключения операция включения либо вовсе не происходит, либо происходит с недоходом до положения, при котором возможен пробой между контактами выключателя с возвращением выключателя после этого в полностью отключенное положение.

Если указанные коммутирующие контакты замыкаются не ранее контактов главной цепи, то допускается во всех пяти циклах напряжение подавать не через контакты главной цепи, а непосредственно на зажимы цепи отключения.

При испытании выключателей, имеющих встроенную блокировку от многократного включения, проводят проверку действия этой блокировки против повторения операций включения и отключения выключателя, когда команда на включение продолжает оставаться поданной после автоматического отключения выключателя.

9.2.3.3 Допускается испытания по таблице 16 совмещать полностью или частично с испытаниями по проверке характеристик работы механизма выключателя по 9.2.2, если в процессе снятия характеристик установлено, что выключатель исправно работает в условиях, указанных в таблице 16.

9.2.3.4 Испытание масляных выключателей, не заливаемых при приемосдаточных испытаниях маслом, допускается проводить при напряжениях и давлениях (в пневматическом или пневмогидравлическом приводе) более низких, чем указано в таблице 16, если предварительными исследованиями установлена эквивалентность таких испытаний испытаниям заполненного маслом выключателя при напряжениях и давлениях, указанных в таблице 16.

9.2.3.5 Выключатели, имеющие встроенные минимальные расцепители напряжения и (или) максимальные расцепители тока, должны дополнительно к испытаниям по таблице 16 испытываться на исправность действия при двух отключениях, произведенных с помощью каждого из расцепителей, с проверкой требований, указанных в 6.12.7.2 и 6.12.7.3.

9.2.4 Испытание на ресурс по механической стойкости

9.2.4.1 Испытание на ресурс по механической стойкости проводят в условиях, указанных в 9.2.1.2, путем выполнения (без тока в главной цепи выключателя) указанных в 9.2.4.2 и 9.2.4.3 циклов с паузами между ними.

Если выключатель имеет встроенные расцепители максимального тока, то 10 % всех операций должно быть выполнено от расцепителя с пропусканием тока через токоведущую цепь выключателя.

9.2.4.2 Для выключателей нормального исполнения по 4.1.8 число включений и отключений за весь объем испытаний должно быть по 2000.

Циклы операций, их число, напряжение на зажимах цепей управления, начальное давление воздуха для воздушных выключателей, пневматических и гидравлических приводов указаны в таблице 17. Плотность газа в газовых выключателях должна быть в диапазоне между верхним и нижним допустимыми значениями.

Таблица 17 — Испытание на ресурс по механической стойкости

Цикл операций	Напряжение на зажимах цепей управления и начальное давление воздуха	Число циклов для выключателей,	
		предназначенных для АПВ	не предназначенных для АПВ
$В — t_п — О — t_п$	Нижний предел	500	500
	Номинальное	500	500
	Верхний предел	500	500
$О — t_{бт} — ВО — t_п — В — t_п$	Номинальное	250	—
$ВО — t_п$	Номинальное	—	500
Примечание — $t_п$ — время между операциями, необходимое для охлаждения механических и электрических устройств привода и восстановления начальных условий.			

Циклы ВО выполняются без преднамеренной выдержки времени между операциями включения и отключения.

В течение испытаний допускается смазка доступных без разборки трущихся частей в соответствии с инструкциями изготовителя, но не допускается регулировка, замена деталей или другой вид обслуживания.

Между группами циклов выдерживаются интервалы, необходимые для охлаждения электрических и механических устройств привода.

9.2.4.3 Для выключателей с повышенной механической стойкостью по 4.1.8 число включений и отключений за весь объем испытаний должно быть по 10000.

Серию испытаний, указанную в таблице 17, повторяют пять раз. Между сериями испытаний допускается смазка и небольшая регулировка, предусмотренная техническими условиями. Объем выполняемых работ должен быть указан в программе и протоколе испытаний.

Замена контактов не допускается. Между сериями испытаний определяют значения характеристик выключателя, предусмотренные программой испытаний.

9.2.4.4 По окончании испытания определяют значения характеристик работы механизма выключателя, предусмотренных программой испытаний, после чего проводят выборочную разборку и осмотр с целью обнаружения возможных механических повреждений.

Выключатель считают выдержавшим испытание на ресурс по механической стойкости, если:

- в процессе испытаний выключатель работал исправно, не было ни одного отказа в выполнении операции включения или отключения;
- значения предусмотренных программой испытаний характеристик не вышли за пределы, установленные конструкторскими документами;
- при осмотре после испытания не обнаружено повреждений, могущих препятствовать дальнейшей исправной работе, и ухудшения состояния изоляционных поверхностей;
- состояние контактных деталей и поверхностей обеспечивает способность выключателя пропускать номинальный ток без превышения допустимых температур по ГОСТ 8024; при необходимости подтверждения способности выключателя пропускать номинальный ток проводят испытания выключателя на нагрев.

Если выключатель имеет контактные части, подвергающиеся серебрению с целью использования повышенных норм нагрева, то при оценке результатов испытаний следует руководствоваться требованиями ГОСТ 8024.

Если при осмотре выключателя после испытаний обнаружено ухудшение состояния изоляционных поверхностей, то выключатель должен быть подвергнут испытаниям электрической прочности изоляции в соответствии с 9.3.5. Допускается в обоснованных случаях проводить эти испытания путем проверки отдельных изоляционных частей после разборки выключателя.

Вакуумный выключатель после выполнения испытаний на ресурс по механической стойкости должен выдерживать испытания электрической прочности изоляции в объеме, предусмотренном 9.3.5.

9.2.5 Испытание на оперирование в условиях гололеда

9.2.5.1 Испытание на оперирование в условиях гололеда по 6.4.10 проводят только для выключателей категории размещения 1, имеющих наружные открытые подвижные части (например рычаги, тяги) или размыкаемые контакты.

9.2.5.2 Наращивания льда на подвижные части или контакты и на соседние с ними неподвижные части выключателя проводят по ГОСТ 16962.1. После наращивания льда и выдержки проводят операцию отключения или включения при нижних пределах напряжения на зажимах цепей управления, давления и усилия (момента) пружин — в соответствии с типом привода. Затем проводят проверку исправности действия путем пяти включений и отключений при номинальных значениях напряжения, давления и (или) нормированном усилии (моменте) пружин.

9.2.6 Испытание на работоспособность при совместном действии тяжения проводов и ветровой нагрузки

9.2.6.1 Испытанию подвергают выключатели категории размещения 1 с $U_{ном} \geq 35$ кВ.

9.2.6.2 Испытание на оперирование при совместном действии тяжения проводов и ветровой нагрузки проводят на полюсе или элементе полюса (например одной из колонок) выключателя в соответствии с приведенным ниже:

а) в зависимости от особенностей конструкции выключателя и парусности отдельных его частей к полюсу (элементу) выключателя прикладывают горизонтальную силу давления ветра F_{wh} (см. рисунок 1) в направлении наибольшей парусности, рассчитанную из скорости ветра 40 м/с. Для упрощения испытаний

рекомендуется прикладывать эту силу не к центру приложения ветровой нагрузки, а к выводу полюса, снижая при этом значение силы так, чтобы изгибающий момент относительно нижней поверхности полюса сохранялся;

б) к одному из выводов полюса (к верхнему, если выводы расположены на разных уровнях) прикладывают горизонтальную силу тяжения проводов F_{thA}, равную нормированному значению по 6.4.11, в направлении A_1 или A_2, как указано на рисунке 1. Вместо приложения сил F_{wh} и F_{thA} допускается прикладывать в направлении A_1 или A_2 результирующую силу F_{shA}.

в) проводят проверку исправности действия механизма выключателя путем двух включений и отключений при нормированных верхних и нижних пределах напряжения, давления или усилия (момента) пружин, в зависимости от типа привода;

г) снимают горизонтальную силу в направлении A_1 или A_2 и к этому же выводу прикладывают горизонтальную силу тяжения проводов F_{thB}, равную нормированному значению, в направлении B_1 или B_2, как показано на рисунке 1; при этом сила давления ветра F_{wh} сохраняется;

д) проводят проверку исправности действия механизма выключателя по перечислению в);

е) изменяют направление сил, указанное в перечислении г), на противоположное;

ж) проводят проверку исправности действия механизма выключателя по перечислению в);

и) снимают горизонтальные силы и прикладывают к этому же выводу вертикальную силу тяжения проводов F_{tv}, равную нормированному значению (см. направление C_1 или C_2 на рисунке 1);

к) проводят проверку исправности действия механизма выключателя по перечислению в);

л) изменяют направление силы, указанной в перечислении и), на противоположное;

м) проводят проверку исправности действия механизма выключателя по перечислению в).

9.2.6.3 Испытание допускается не проводить, если будет доказано расчетным путем, что выключатель способен выдержать нормированные нагрузки.

9.2.7 Испытание выключателя на стойкость к воздействию механических факторов внешней среды по 6.4.12 проводят по ГОСТ 16962.2.

9.2.8 Испытания воздушных, газовых и вакуумных выключателей на герметичность

9.2.8.1 Испытания на герметичность газовых выключателей при квалификационных, периодических и типовых испытаниях проводят измерением изменения количества газа в выключателе за заданный промежуток времени при включенном и отключенном положениях выключателя (в случае, если скорость утечки газа зависит от положения выключателя) с последующим расчетом значения относительного (в процентах) изменения давления в выключателе в течение года. Метод измерения количества газа указывают в ТУ.

Герметичность газовых выключателей при приемосдаточных испытаниях контролируют с помощью течеискателя. Методика контроля герметичности должна быть приведена в ТУ.

9.2.8.2 Испытания на герметичность воздушных выключателей проводят измерением расхода воздуха на утечки в час в соответствии с приведенным ниже:

- выключатель (привод) устанавливают в том положении (включенном или отключенном), при котором утечка имеет наибольшее значение (установленное при приемочных или типовых испытаниях или предварительных исследованиях);

- резервуар выключателя (привода) заполняют сжатым воздухом до избыточного давления, равного номинальному, после чего резервуар отсоединяют от питающей магистрали и выдерживают под давлением в течение времени, необходимого для выравнивания температуры воздуха в выключателе и температуры окружающего воздуха.

После этого резервуар выдерживают в течение времени, достаточного для фиксации изменения в нем давления; расход воздуха вычисляют по разности показаний манометра (до и после выдержки) по формуле (3) и делят на время выдержки.

Допускается определять расходы на утечки отдельных составляющих частей выключателя суммированием полученных значений.

При определении расхода воздуха на утечки отдельно для элементов системы воздухоснабжения (например встроенных в распределительный шкаф воздушного выключателя) с общим объемом менее 15 дм^3 рекомендуется применять подсоединенный к этой системе вспомогательный (инвентарный) резервуар, который может использоваться и для одновременного испытания нескольких одинаковых систем (распределительных шкафов).

9.2.8.3 Метод испытаний на герметичность вакуумных выключателей настоящим стандартом не устанавливается.

9.3 Испытание электрической прочности изоляции

9.3.1 Испытание электрической прочности изоляции газовых, воздушных, масляных и электромагнитных выключателей проводят по ГОСТ 1516.3 и ГОСТ 1516.2.

9.3.2 Испытание электрической прочности изоляции газовых и воздушных выключателей проводят при минимальном давлении газа или воздуха (давлении, при котором блокируется работа выключателя).

9.3.3 Методы испытаний электрической прочности изоляции вакуумных выключателей устанавливают в технических условиях на выключатели конкретных типов.

9.3.4 Проверку длины пути утечки внешней изоляции выключателей категории размещения 1 проводят по ГОСТ 9920.

9.3.5 Испытания электрической прочности изоляции для контроля состояния выключателя после проведения испытаний на надежность по механическому ресурсу, коммутационную способность, а также после проведения климатических испытаний (см. 9.2.4.4, 9.6.2.7, 9.7.12, 9.10.2.1) проводят в указанном ниже объеме.

а) Выключатели с $U_{ном} \le 35$ кВ

Прикладывают испытательное напряжение промышленной частоты в течение 1 мин, значение которого составляет 80 % значения, нормированного ГОСТ 1516.3.

б) Выключатели с $U_{ном}$ 110, 150 и 220 кВ

Прикладывают испытательное напряжение полного грозового импульса, значение которого составляет 60 % значения, нормированного ГОСТ 1516.3.

в) Выключатели с $U_{ном}$ 330 кВ

Прикладывают испытательное напряжение коммутационного импульса, значение которого составляет 80 % значения, нормированного ГОСТ 1516.3.

г) Выключатели с $U_{ном}$ 500 и 750 кВ

Прикладывают испытательное напряжение коммутационного импульса, значение которого составляет 90 % значения, нормированного ГОСТ 1516.3.

Для выключателей с несимметричной токоведущей цепью напряжение следует прикладывать поочередно к обоим выводам при заземлении противоположного вывода.

При проведении испытаний напряжениями грозовых (коммутационных) импульсов к выключателю следует прикладывать по пять импульсов каждой полярности.

Выключатель считают выдержавшим испытание, если при приложении напряжения не произошло ни одного перекрытия или пробоя изоляции.

Для указанных испытаний допускается использовать оборудование синтетической схемы испытаний на коммутационную способность. Форма прикладываемого импульса может быть стандартной (в соответствии с ГОСТ 1516.2) или идентичной форме ПВН, нормированного для отключения тока 0,1 $I_{о, ном}$ (см. таблицу 11); при этом параметр времени t_3 может отклоняться от нормированного значения в пределах от минус 10 % до плюс 20 %.

9.4 Испытание на нагрев

9.4.1 Испытание на нагрев при продолжительном режиме работы проводят по ГОСТ 8024.

Объект испытания (полюс, элемент полюса, модуль или часть полюса, содержащая токоведущую систему) и способ его испытания устанавливает изготовитель (разработчик) выключателя и приводит в программе и протоколе испытаний.

Результаты испытаний, проведенных на одном из типоисполнений серии выключателей, допускается распространять на другие типоисполнения этой серии, если значение номинального тока, сечение токоведущих частей и материалы, из которых изготовлены токоведущие части, остаются неизменными, а условия охлаждения последних не ухудшены.

9.4.2 Проверку электрического сопротивления главной цепи полюса или его участков на соответствие требованиям конструкторской документации проводят по ГОСТ 8024.

Значение тока, пропускаемого во время испытаний через главную цепь, должно быть не менее 50 А и не более номинального тока выключателя.

9.4.3 Испытание на нагрев обмоток электромагнитов, коммутирующих контактов, зажимов и других элементов цепей управления и вспомогательных цепей, предназначенных для продолжительного режима работы, проводят по ГОСТ 8024.

9.4.4 Испытание на нагрев обмоток и других элементов цепей управления и вспомогательных цепей, предназначенных для кратковременного режима, проводят по ГОСТ 8024 в условиях, указанных в 6.3.2.

9.5 Испытание на стойкость при сквозных токах короткого замыкания

9.5.1 Испытуемый образец (см. 8.1.2) с новыми контактами устанавливают в соответствии с 9.2.1.2. Конфигурация токопроводящего контура, число шин и расположение ближайших мест их крепления устанавливают, при необходимости, в конструкторской документации.

9.5.2 Испытание выключателей (полюсов, элементов полюсов) на $U_{ном} \geq 110$ кВ допускается проводить на пониженной опорной (подвесной) изоляции.

9.5.3 Если установлено, что условия термических и механических воздействий не облегчаются, то допускается:

- крупногабаритные выключатели (их полюсы или элементы полюсов) испытывать по частям;
- подвергать при необходимости испытанию по 9.5.8, перечисление б), собранный выключатель (полюс, элемент полюса), а испытание по 9.5.8, перечисление а), проводить по частям;
- испытывать газовые выключатели без заполнения их газом.

9.5.4 Перед испытанием выполняют пять циклов В — произвольная пауза — О. Эти циклы проводят при нижних пределах напряжения, начального избыточного давления сжатого воздуха или усилия (момента) пружин в соответствии с 6.4.2 — 6.4.4.

При этом определяют скорость движения контактов при отключении или собственное время отключения выключателя.

В случае испытания по частям по 9.5.3 перед испытанием определяют усилие (статический момент), требуемое для размыкания контактов.

9.5.5 Испытание проводится в однофазной или трехфазной схеме.

При однофазной схеме испытанию могут подвергаться два соседних полюса (элемента полюса) или один полюс (элемент полюса) с обратной шиной, параллельной испытуемому полюсу (элементу) и проходящей на расстоянии, равном или меньшем (при согласии изготовителя) нормированному междуполюсному расстоянию.

Для выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ испытание двух соседних полюсов или применение обратной шины необязательно.

9.5.6 Испытание проводят путем пропускания через включенный выключатель (полюс, элемент полюса) при любом подходящем для опыта напряжении частоты (50 ± 4) Гц тока со следующими параметрами:

- наибольший пик — в пределах (1,0 — 1,05) $i_д$; увеличение пика тока допускается с согласия изготовителя;
- начальное действующее значение периодической составляющей тока — в пределах (1,0 — 1,1)$I_{о, ном}$;
- среднеквадратичное значение тока за время его протекания — в пределах (1,0 — 1,1) $I_т$.

Время протекания тока должно быть таким, чтобы произведение квадрата среднеквадратичного значения тока на время его протекания было в пределах (1,0 — 1,1) $I_т^2 \, t_{к. з}$.

9.5.7 При испытании в трехфазной схеме указанные в 9.5.6 требования к параметрам тока должны быть выдержаны хотя бы в одном из крайних полюсов выключателя. В двух других полюсах параметры тока не должны превышать верхних пределов, указанных в 9.5.6. При этом разница между значениями периодических составляющих токов в отдельных полюсах и их среднеарифметическим значением не должна превышать 10 %.

9.5.8 Если испытательная установка не позволяет получить параметры тока, указанные в 9.5.6, то допускается испытания по указанному пункту заменять следующими двумя испытаниями:

а) при токе с наибольшим пиком по 9.5.6 в течение 3—10 полупериодов промышленной частоты;

б) при токе, среднеквадратичное значение и время протекания которого соответствуют 9.5.6, а наибольший пик и начальное действующее значение периодической составляющей — наибольшие, которые могут быть получены в испытательной установке в этом режиме.

9.5.9 После испытания по 9.5.6 или по 9.5.8 выполняют операции отключения и включения при условиях, указанных в 9.5.4. При этом определяют скорость отключения или собственное время отключения выключателя. Затем проводят разборку выключателя в необходимом объеме и внешний осмотр с целью обнаружения возможных повреждений.

Выключатель считают выдержавшим испытание, если:

а) скорость отключения или собственное время отключения выключателя не изменились или их изменение не превышает допустимого значения, указанного в программе испытаний;

б) при внешнем осмотре не обнаружено повреждений, препятствующих исправной работе выключателя.

В случае испытания по частям по 9.5.3 выключатель считается выдержавшим испытание, если соблюдается требование перечисления б) и если усилие (статический момент), требуемое для размыкания контактов, увеличилось по сравнению с усилием (статическим моментом), измеренным перед испытанием, не более, чем это предусмотрено программой испытаний.

9.5.10 Испытание обмоток и других элементов цепей максимальных расцепителей тока, встроенных в привод, проводят путем пропускания через них соответствующего тока в течение времени, указанного в 6.5.2. Испытание максимальных расцепителей тока проводят с предварительным подогревом их до начальной температуры, соответствующей нагреву при продолжительном режиме.

Допускается проводить испытание максимального расцепителя тока на соответствие 6.5.2 без предварительного подогрева, но токами, повышенными на 20 % и пропускаемыми при тех же временах. После испытания токоведущие части и изоляция обмоток не должны иметь повреждений (например подтеков, обугливания, запаха горелой изоляции, приваривания или оплавления контактов и пр.).

9.6 Испытание на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз

9.6.1 Испытательная цепь

9.6.1.1 Испытания выключателя на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз — прямые или синтетические — проводят в трехфазных или однофазных испытательных цепях испытательных стендов или в электрических системах.

9.6.1.2 Коэффициент мощности испытательной цепи не должен превышать 0,15. Коэффициент мощности каждой фазы определяют одним из способов, указанных в приложении Е.

Для стендов, в которых используются колебательные контуры, полное сопротивление испытательной цепи определяют без учета емкостного сопротивления.

Для трехфазной цепи коэффициент мощности принимают равным среднеарифметическому значению коэффициентов мощности всех фаз, которые не должны отличаться более чем на 25 % от среднего значения.

9.6.1.3 Частота тока испытательной цепи должна быть (50 ± 4) Гц.

9.6.1.4 В отношении числа фаз и условий заземления при прямых испытаниях применяют следующие схемы испытательных цепей:

а) для трехполюсных испытаний — трехфазную схему, в которой:

1) для выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ ($K_{п.г} = 1,5$) заземляют наглухо нейтральную точку короткозамкнутой цепи за выключателем (точка $O_{кз}$), а нейтральную точку цепи питания (точка $O_{ц.п}$) либо вовсе не заземляют, либо заземляют через резистор с сопротивлением $R \ge 10^2 U_{н.р}$ (R — в омах, $U_{н.р}$ — в киловольтах) или, если это необходимо по условиям эксплуатации оборудования испытательного стенда, — точку $O_{ц.п}$ заземляют наглухо, а точку $O_{кз}$ не заземляют;

2) для выключателей с $U_{ном} \ge 110$ кВ ($K_{п.г} = 1,3$) заземляют обе нейтральные точки, причем одну из них наглухо, а другую — через полное сопротивление, подобранное так, чтобы получить $K_{п.г} = 1,3$;

б) для двухполюсных испытаний (выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ) — однофазную схему с глухим заземлением одного из крайних выводов последовательно соединенных полюсов или (при использовании неполной звезды) точки $O_{ц.п}$; при испытании непосредственно от генератора и его соединения в треугольник допускается заземления не делать;

в) для однополюсных испытаний — однофазную схему с глухим заземлением одного из выводов полюса или (при использовании неполной звезды) точки $O_{ц.п}$ либо (для удобства проведения испытаний, с согласия заказчика) с глухим заземлением промежуточного вывода источника питания и рекомендуемым соотношением напряжения между его частями 1:0,5 — при $K_{п.г} = 1,5$ и 1:0,3 — при $K_{п.г} = 1,3$;

г) для однополюсных испытаний в условиях рассогласования фаз — схему с двумя источниками питания, подающими с каждой стороны полюса половину требуемого напряжения с относительным сдвигом фаз 180 электрических градусов, с глухим заземлением места соединения выводов этих источников; если испытательный стенд не может обеспечить такую испытательную схему, то допускается использование двух фаз одного источника (неполная звезда), различающихся по фазе на 120 электрических градусов вместо 180, с глухим заземлением точки $O_{ц.п}$ или (с согласия изготовителя) использование схемы с глухим заземлением либо одного из выводов полюса (перечисление в), либо промежуточного вывода источника.

Под однофазной схемой понимают схему с однофазным током, в том числе с использованием (в зависимости от способа соединения фаз источника питания) неполной звезды или двух вершин треугольника.

В схемах для испытания выключателей с $U_{ном}$ < 35 кВ с питанием непосредственно от генератора допускается вместо указанных выше глухих заземлений применять заземление через активное или емкостное сопротивление или через параллельное соединение таких сопротивлений.

9.6.1.5 В случае несимметричного расположения выводов выключателя относительно его заземленных частей напряжение испытательной схемы подают на тот вывод, при котором воздействие напряжения на изоляцию выключателя относительно заземленных частей будет больше (если сама конструкция выключателя не предусматривает подачу напряжения только на определенный вывод).

Если до испытаний не может быть определено, при приложении напряжения к какому выводу выключателя воздействие напряжения на изоляцию выключателя относительно заземленных частей будет больше, то испытательные режимы Т10 и Т30, а также режимы Т100s и Т100a (см. 9.6.6.1) проводят при приложении напряжения к разным выводам. Если при этих условиях проведение испытательного режима Т100a не требуется, то испытательный режим Т100s выполняют два раза при приложении напряжения схемы к разным выводам.

9.6.2 Испытуемый выключатель

9.6.2.1 Выключатель должен соответствовать конструкторской документации, представляемой изготовителем перед испытаниями (сборочный чертеж, монтажный чертеж, чертежи основных сборочных единиц, паспорт, руководство по эксплуатации).

9.6.2.2 В зависимости от конструктивных особенностей выключателя по 4.1.4, 4.1.5, 4.1.7 и возможностей испытательного стенда испытаниям на коммутационную способность подвергают весь выключатель, его полюс или элемент полюса, а при необходимости и при выполнении условий 9.6.8 — части полюса (модуль, отдельные разрывы или группы разрывов дугогасительного устройства).

9.6.2.3 Для испытания выключатель (или его часть по 9.6.2.2) укрепляют на собственной раме или другом жестком основании. Рама выключателя и (или) другие части, подлежащие заземлению, должны быть надежно заземлены.

9.6.2.4 Перед испытаниями должны быть выполнены операции включения и отключения без тока (холостые операции), определены собственные времена включения и отключения при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях на зажимах электрических устройств привода, а также проверены исправность действия механизма выключателя и соответствие основных характеристик работы механизма, влияющих на коммутационную способность, характеристикам, предписанным изготовителем.

9.6.2.5 Испытания на коммутационную способность проводят при нормированных в соответствии с 6.4.2 — 6.4.5 нижних пределах напряжения на зажимах цепей управления начального давления в пневматическом приводе и усилия (момента) пружин пружинного привода.

При испытаниях воздушных выключателей, предназначенных для АПВ, в отдельных операциях отключения начальное давление в резервуаре выключателя должно быть равно давлению, которое устанавливается в резервуаре после одного цикла О — $t_{бт}$ — В, выполненного при нормированном нижнем пределе начального давления.

Начальные давления, при которых проводят испытания воздушных выключателей, не предназначенных для работы при АПВ, должны равняться нормированным для этих выключателей в соответствии с 6.4.4.

При испытаниях газовых выключателей плотность или приведенное к нормальной температуре давление газа должны быть равны соответственно минимальной плотности или минимальному приведенному к нормальной температуре давлению газа, при которых реле плотности блокирует работу выключателя.

9.6.2.6 Во время испытаний не должно наблюдаться внешних признаков тяжелой работы выключателя; перекрытий изоляционных промежутков между полюсами выключателя и на соседнее лабораторное оборудование, выброса пламени за пределы, указанные изготовителем для каждого типа выключателя. Для масляных выключателей выбрасывание пламени не допускается.

Для вакуумных выключателей после отключения допускаются кратковременные самоустраняющиеся разряды на межконтактном промежутке в период приложения возвращающегося напряжения. Выключатель считается выдержавшим испытания, если самоустраняющиеся разряды не привели к появлению тока промышленной частоты.

Все случаи кратковременных самоустраняющихся разрядов должны быть приведены в протоколе испытаний с указанием режимов испытаний, в которых они произошли.

9.6.2.7 После выполнения любого из режимов испытаний, приведенных в таблице 22, состояние выключателя должно соответствовать следующим требованиям:

а) операции включения и отключения выключателя при отсутствии тока в его главной цепи выполняются исправно. Собственные времена включения и отключения выключателя при номинальном напряжении

на зажимах включающих и отключающих устройств привода, его нижнем и верхнем пределе не изменились существенно по сравнению с их значениями до испытаний. Для контроля собственных времен включения и отключения после каждого режима испытаний выполняются операции включения и отключения без тока (холостые операции);

б) выключатель способен включать и отключать нагрузочные токи вплоть до тока, равного номинальному, при наибольшем рабочем напряжении, хотя коммутационная способность его при токах короткого замыкания может быть существенно сниженной;

в) состояние главных контактов (оплавление поверхности, контактное давление, возможность перемещения) должно обеспечивать возможность длительного пропускания через них тока, равного номинальному; при этом температуры не должны более чем на 10 °С превышать нормированные в соответствии с 6.3. При определении допустимого превышения температур контакты считаются имеющими серебряное покрытие, если слой серебра на них сохранился. В противном случае допустимые превышения температуры принимают как для контактов, не имеющих покрытия;

г) изоляция выключателя выдерживает испытания в соответствии с 9.3.5.

Соответствие выключателя требованиям перечислений б), в), г) проверяют внешним осмотром и в случае сомнений проводят соответствующие испытания.

9.6.2.8 Для восстановления выключателя до первоначального состояния (в отношении нормированных характеристик коммутационной способности, изоляции, нагрева и др.) могут потребоваться: частичная разборка выключателя; осмотр дугогасительного устройства и изоляционных частей и ремонт, включающий в себя при необходимости исправление или замену дугогасительных контактов или других сменных частей дугогасительного устройства, доливку масла до нормального уровня, его фильтрование или замену, очистку изоляционных частей от продуктов разложения дугогасящей среды и частиц металла контактов, замену поглотителя (фильтра) газовых выключателей.

9.6.3 Токи отключения и включения

9.6.3.1 Токи отключения и включения при трехполюсных испытаниях определяются:

а) ток отключения:

1) среднеарифметическим действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

2) значением β в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим;

б) ток включения:

1) среднеарифметическим начальных действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

2) значением пика в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим.

9.6.3.2 Действующее значение периодической составляющей тока отключения и начальное действующее значение периодической составляющей тока включения в любом полюсе не должны отличаться от соответствующих среднеарифметических значений этих величин для трех полюсов более чем на 10 %.

9.6.3.3 Измерение отключаемого тока как при трехполюсных, так и однополюсных испытаниях проводят по кривой тока, на которой определяют длину отрезка, параллельного оси ординат, ограниченного огибающими кривой тока и проведенного в месте, соответствующем моменту прекращения соприкосновения (размыкания) дугогасительных контактов (см. рисунок 2). Числовое значение периодической составляющей отключаемого тока равно длине этого отрезка (в масштабе тока), деленной на $2\sqrt{2}$.

Числовое значение апериодической составляющей отключаемого тока равно части этого отрезка (в масштабе тока), находящейся между его серединой и осью абсцисс (нулевой линией).

9.6.3.4 Если характеристики выключателя таковы, что ток короткого замыкания существенно снижается, например под влиянием напряжения на дуге, или если не представляется возможным провести огибающую кривой тока, то за ток отключения принимают значение тока в момент, соответствующий моменту размыкания контактов, полученное либо из опыта короткого замыкания, либо расчетным путем, например с исключением влияния напряжения на дуге.

9.6.3.5 Измерение начального действующего значения периодической составляющей тока включения в отдельных полюсах проводят по кривой тока включения, на которой определяют длину отрезка, параллельного оси ординат, заключенного между вершиной второй полуволны и прямой, касательной к первой и третьей полуволнам, (*D D'* — на рисунке 2). Числовое значение периодической составляющей тока включения равно длине этого отрезка (в масштабе тока), деленной на $2\sqrt{2}$.

9.6.4 Виды испытаний, возвращающееся напряжение и напряжение перед включением

9.6.4.1 Испытание на коммутационную способность выключателей, в зависимости от особенностей конструкции выключателей и возможностей испытательного стенда, должно в отношении числа испытуемых полюсов проводиться в соответствии с таблицей 18.

Таблица 18

Условное обозначение вида испытания	Вид испытания
A_1	Трехполюсное
A_2	Однополюсное (заменяющее A_1)
A_3	Однополюсное (для испытаний на отключение неудаленных коротких замыканий)
A_4	Однополюсное (для испытаний на отключение в условиях рассогласования фаз)
A_5	Однополюсное (для выключателей, предназначенных для систем с заземленной нейтралью, дополнительно к испытаниям A_1)
A_6	Однополюсное (воспроизводящее условия двойного замыкания на землю для выключателей, предназначенных для систем с изолированной нейтралью, дополнительно к испытаниям A_1)
A_7	Двухполюсное (для выключателей с тремя полюсами в общем кожухе, дополнительно к испытаниям A_2)

9.6.4.2 Испытанию вида A_2, вместо испытания вида A_1, могут подвергаться выключатели с функционально независимыми полюсами. Проведение этого вида испытаний допустимо также для выключателей с функционально зависимыми полюсами, если установлено, что для данного выключателя испытание вида A_2 не является более легким, чем испытание вида A_1. Для обоснования правомерности замены испытания вида A_1 на испытание вида A_2 должно быть показано, что изменение скоростей отключения и включения при переходе к однополюсному испытанию не превышает 5 % значения этих скоростей при трехфазном испытании.

При большем изменении скоростей должны быть выполнены оба вида испытаний.

Если возможностей оборудования недостаточно для проведения полномасштабных трехполюсных испытаний, допускается воспроизвести поведение выключателя в трехполюсном режиме при соответствующих однополюсных испытаниях путем увеличения или уменьшения натяга пружин, снижения или повышения давления в приводе и т. п., а информацию для такой коррекции характеристик получить при трехполюсных испытаниях при пониженном напряжении при соблюдении требований ко времени горения дуги.

9.6.4.3 Испытание вида A_5 проводят дополнительно к испытанию вида A_1, если необходимо доказать:

- способность выключателя погасить дугу в условиях однофазного короткого замыкания;
- механическую прочность конструкции выключателя с трехполюсным управлением при несимметричной нагрузке, возникающей при однополюсных отключениях или включениях тока короткого замыкания. Испытание следует проводить на одном из крайних полюсов.

9.6.4.4 Испытание вида A_6 проводят, если в технических условиях или других документах имеются требования отключения двойного короткого замыкания на землю.

9.6.4.5 Для различных видов прямых испытаний, указанных в таблице 18, нормируют следующие значения возвращающегося напряжения:

а) для испытания вида A_1 — среднеарифметическое значение полюсных возвращающихся напряжений, рассчитываемое по формуле

$$U_{\text{вп.ср}} = \frac{U_{\text{н.р}}}{\sqrt{3}}; \quad (4)$$

б) для испытания вида A_2 — полюсное возвращающееся напряжение, рассчитываемое по формуле

$$U_{\text{вп}} = K_{\text{п.г}} \frac{U_{\text{н.р}}}{\sqrt{3}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{п.г}}$ — коэффициент первого гасящего дугу полюса по 6.6.3.1;

в) для испытания вида A_3 — полюсное возвращающееся напряжение (со стороны источника), рассчитываемое по формуле

$$U_{вп} = \frac{U_{н.р}}{\sqrt{3}}; \quad (6)$$

г) для испытания вида A_4 — полюсное возвращающееся напряжение, рассчитываемое по формуле

$$U_{вп} = \frac{2U_{н.р}}{\sqrt{3}}; \quad (7)$$

д) для испытания вида A_5 — полюсное возвращающееся напряжение, рассчитываемое по формуле

$$U_{вп} = \frac{U_{н.р}}{\sqrt{3}}; \quad (8)$$

е) для испытаний видов A_6 и A_7 — междуполюсное возвращающееся напряжение , рассчитываемое по формуле

$$U_{вм} = U_{н.р}. \quad (9)$$

Фактически полученное при испытании (и определенное по 9.6.4.6) значение возвращающегося напряжения, в том числе среднеарифметическое значение $U_{в,ср}$ по перечислению а), должно быть не менее 95 % нормированного значения и не должно превышать его более чем на 5 %, если на большее превышение не получено согласие разработчика (изготовителя).

Значения отдельных полюсных возвращающихся напряжений по перечислению а) не должны отличаться от среднеарифметического значения более чем на 5 %.

9.6.4.6 Значение возвращающегося напряжения при испытании определяют по кривой восстанавливающегося напряжения по длине отрезка, перпендикулярного к оси времени, заключенного между вершиной второй полной полуволны после погасания дуги (при трехполюсных испытаниях — во всех полюсах) и прямой, касательной к предыдущей и последующей полуволнам. Числовое значение возвращающегося напряжения равно длине этого отрезка (в масштабе напряжения), деленной на $2\sqrt{2}$. При трехполюсных испытаниях в трехфазной схеме допускается определять возвращающееся напряжение либо междуполюсное, либо полюсное (в первом случае — делением результата на $\sqrt{3}$). При этом допускается определять $U_{вп,ср}$ по 9.6.4.5, перечисление а), как среднеарифметическое значение междуполюсных возвращающихся напряжений, деленное на $\sqrt{3}$.

9.6.4.7 Длительность воздействия напряжения, приложенного к испытуемому выключателю после окончательного погасания дуги, должна быть не менее 0,3 с. При трехполюсных испытаниях действующее значение напряжения к концу указанного периода не должно уменьшаться более чем на 20 % от значения возвращающегося напряжения, указанного в 9.6.4.5, перечисление а) .

9.6.4.8 При испытаниях вида A_2 допускается снижение действующего значения напряжения, приложенного к полюсу выключателя, через 0,02 с после погасания дуги до $U_{н.р} / \sqrt{3}$.

9.6.4.9 Напряжение перед включением в операции В и цикле ВО для различных видов испытаний, указанных в таблице 18, должно быть:

а) для испытания вида A_1 — среднеарифметическое значение междуполюсных напряжений $U_{вкм,ср} = U_{н.р}$; при этом разница между каждым из междуполюсных напряжений и $U_{вкм,ср}$ не должна превышать 5 %;

б) для испытаний видов A_2 (для выключателей, не предназначенных для однофазного АПВ), A_3 и A_5 — полюсное напряжение, рассчитываемое по формуле

$$U_{вк.п} = \frac{U_{н.р}}{\sqrt{3}}; \quad (10)$$

в) для испытания вида A_2 (для выключателей, предназначенных для однофазного АПВ или имеющих разновременность срабатывания полюсов более 5 мс) — полюсное напряжение, рассчитываемое по формуле

$$U_{вк.п} = K_{п.г}\frac{U_{н.р}}{\sqrt{3}}, \quad (11)$$

где $K_{п.г}$ — коэффициент первого гасящего дугу полюса по 6.6.3;

г) для испытания вида A_4 — полюсное напряжение, рассчитываемое по формуле

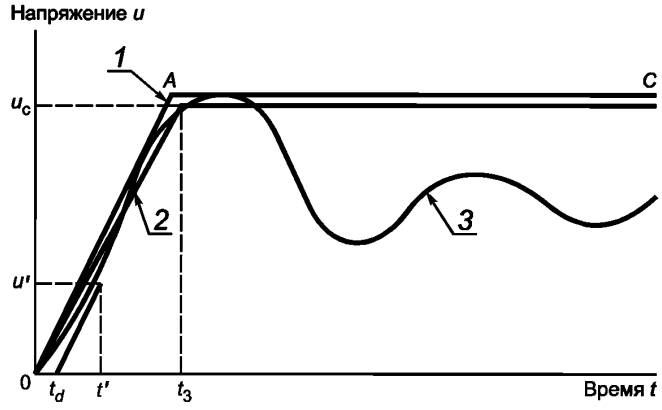
$$U_{вк.п} = \frac{2U_{н.р}}{\sqrt{3}}. \quad (12)$$

Фактически полученное при испытаниях значение напряжения перед включением должно быть не менее соответствующего указанного выше значения и не должно превышать его более чем на 10 %, если на большее превышение не получено согласие разработчика (изготовителя).

9.6.5 Кривые ПВН и их формирование при испытаниях

9.6.5.1 Схема испытательной цепи и электрические данные ее элементов для испытания с ПВН, определяемым двумя или четырьмя параметрами, должны обеспечивать получение собственного ПВН (снятого или рассчитанного в соответствии с 9.6.5.9), удовлетворяющей следующим требованиям (в соответствии с рисунками 7 и 8):

а) ее огибающая (способ построения — по рисункам 7 и 8) не должна быть ниже нормированной условной граничной линии ПВН;



1 — огибающая ПВН; *2* — условная граничная линия ПВН; *3* — собственное ПВН

Рисунок 7 — Построение огибающей ПВН, определяемого двумя параметрами

б) при испытаниях без воспроизведения НПВН начальная часть ПВН не должна пересекать линию запаздывания;

в) при испытаниях с воспроизведением НПВН начальная часть ПВН определяется прямой линией, проходящей из начала координат в точку с координатами u_i, t_i (см. рисунок 6).

Собственное НПВН должно следовать по этой прямой на участке от 20 % до 80 % от u_i, а на участках ниже 20 % и выше 80 % от u_i должно быть по возможности приближено к ней.

9.6.5.2 НПВН должно воспроизводиться при испытаниях в режимах T100a, T100s и L90 (таблица 22).

Требования к НПВН считают выполненными, если испытания на отключение неудаленных коротких замыканий проводят при ПВН со стороны линии, имеющем время задержки менее 100 нс. В этом случае НПВН в указанных выше режимах может не воспроизводиться.

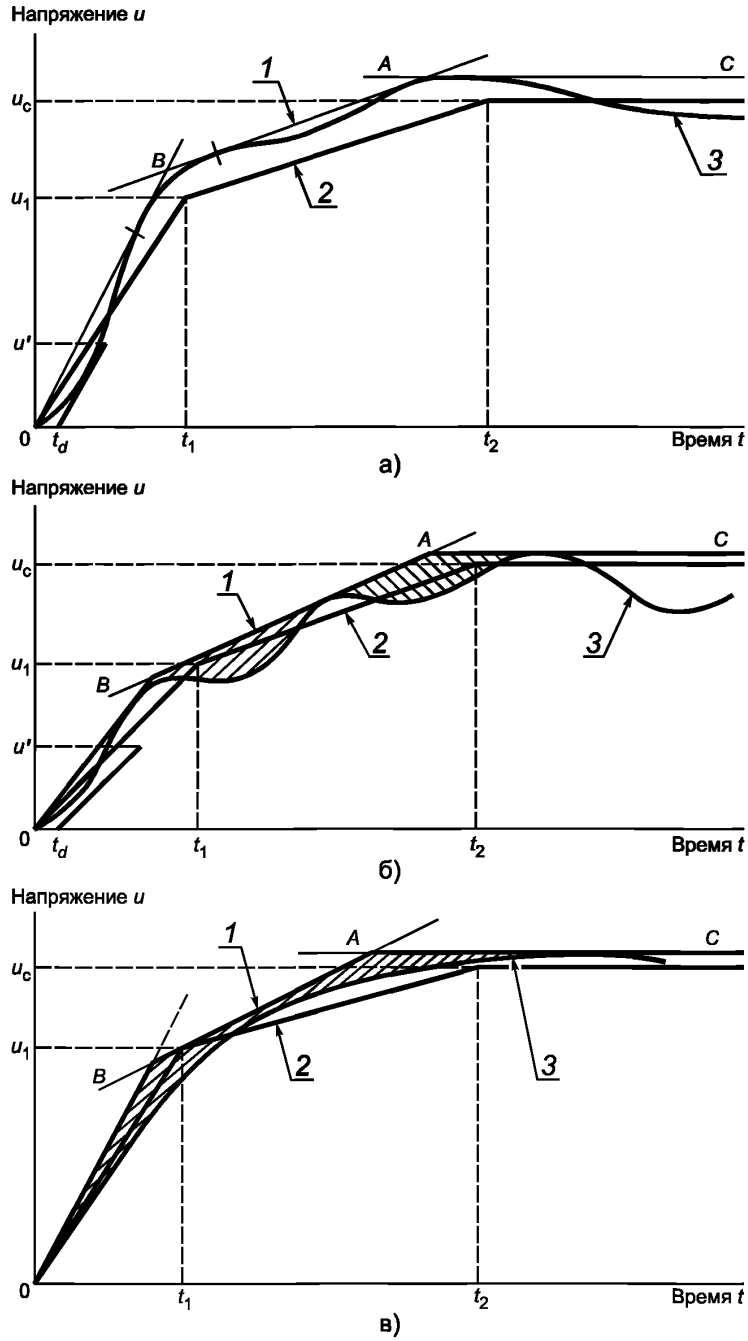
При испытаниях выключателей, дугогасительные камеры которых шунтированы конденсаторами или низкоомными (менее 300 Ом) резисторами, НПВН не воспроизводится.

9.6.5.3 Для испытаний видов A_1, A_2 и A_4 условные граничные линии ПВН и положения линий запаздывания для различных токов отключения (режимов испытаний) приведены в таблицах 4 — 11, 14.

Если при испытаниях выключателей на отключение токов 0,1 $I_{о, ном}$ и 0,3 $I_{о, ном}$ не представляется возможным получить нормированные малые времена t_1 и t_3 (таблицы 6, 7, 10, 11), то испытания следует проводить при возможно малых временах, указав их фактическое значение в протоколе испытаний.

9.6.5.4 При согласии изготовителя допускается испытание выключателей, для которых нормируют четырехпараметрическое ПВН, проводить в схемах с двухпараметрическим ПВН при выполнении следующих условий: скорость нарастания ПВН до точки (u_1, t_1) равна u_1/ t_1 и пик ПВН равен нормированному значению u_c.

9.6.5.5 Если вследствие ограниченных возможностей испытательного стенда кривая ПВН, определяемого четырьмя параметрами, не соответствует требованию 9.6.5.1, перечисление а), то допускается про-

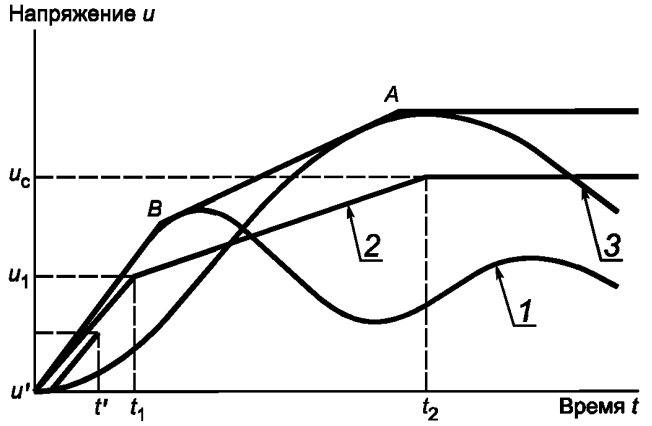


1 — огибающая ПВН; *2* — условная граничная линия ПВН; *3* — собственное ПВН.

Заштрихованные площадки приблизительно равны

Рисунок 8 — Построение огибающей ПВН, определяемого четырьмя параметрами

ведение двухэтапного испытания (как показано на рисунке 9), а именно: этап 1, при котором соблюдается требование к огибающей ПВН до точки (u_1, t_1) и этап 2, при котором выполняются требования к значениям напряжения u_c и времени t_2. Огибающая обеих кривых ПВН должна соответствовать требованию 9.6.5.1, перечисление а).



1 — собственное ПВН этапа 1; *2* — условная граничная линия ПВН; *3* — собственное ПВН этапа 2

Рисунок 9 — Кривые ПВН и их огибающие при двухэтапном испытании

9.6.5.6 Формирование кривой ПВН для испытаний в условиях отключения неудаленного короткого замыкания проводят, исходя из следующих данных:

а) со стороны источника при коротком замыкании на линейном выводе выключателя: ток отключения — по возможности ближе к значению $I_{о, ном}$;

ПВН — по таблице 19 (t_d = 2 мкс);

НПВН (при испытаниях с НПВН) — по 6.6.3.5.

б) со стороны линии — параметры, указанные в 6.6.3.6, со следующими предельными отклонениями индуктивности линии:

от +0 % до +20 % — для испытаний при токах 0,9 $I_{о, ном}$;

± 20 % — для испытаний при токах 0,75 $I_{о, ном}$ и 0,6 $I_{о, ном}$.

Если применяется схема, замещающая линию, у которой коэффициент пика линии $K_{п. л}$ превышает нормированное значение 1,6, то расчетная индуктивность этой схемы на промышленной частоте может быть снижена, чтобы приблизиться к значению первого пика ПВН, соответствующему значению $K_{п. л}$. При этом для получения требуемого тока может понадобиться включение дополнительной индуктивности в цепь источника питания.

Если вследствие ограниченных возможностей испытательного стенда не представляется возможным выдержать для ПВН со стороны источника требование по 9.6.5.1, перечисление б), то допускается проводить испытание при увеличенном значении параметра t_d при условии, что сниженное в связи с этим значение ПВН со стороны источника в момент первого пика напряжения со стороны линии будет скомпенсировано соответствующим увеличением этого пика.

При ограниченных возможностях испытательного стенда допускается проводить испытания при пониженном возвращающемся напряжении при следующих условиях:

- если выключатель успешно выдержал испытания в режиме отключения тока $I_{о, ном}$ или режимах, его заменяющих;

- если требование настоящего пункта в части ПВН со стороны источника выдерживается в течение времени, равного по крайней мере тройному значению времени до первого пика напряжения со стороны линии.

9.6.5.7 При испытаниях выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ в режиме A_5 параметры ПВН принимают в соответствии с таблицей 19.

Таблица 19 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ при испытаниях видов A_3 и A_5 (таблица 18). Условная граничная линия задана четырьмя параметрами, $K_{п. г}$ = 1,0, K_a = 1,4

$U_{ном} / U_{н. р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
110/126	77	39	144	154	От 2 до 10	38	От 21 до 33	2,0
150/172	105	53	196	210	От 2 до 19	52	От 28 до 45	2,0

Окончание таблицы 19

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
220/252	154	77	288	308	От 2 до 28	77	От 41 до 67	2,0
330/363	222	111	414	444	От 2 до 40	111	От 57 до 95	2,0
500/525	321	160	599	642	От 2 до 59	160	От 82 до 139	2,0
750/787	481	241	898	962	От 2 до 88	240	От 122 до 208	2,0
$u_1 = 0{,}75 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $u_c = 1{,}4 \cdot \sqrt{2/3} \cdot U_{н.р}$; $t_2 = 4\,t_1$; $u' = 1/2 \cdot u_1$. Примечание — При испытаниях вида A_3 (режим неудаленного короткого замыкания) значения параметра t_d принимают равными 2 мкс, а значения t — минимальными.								

9.6.5.8 При испытаниях выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ в режимах A_6 и A_7 параметры ПВН принимают в соответствии с таблицей 20.

Таблица 20 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ при испытаниях видов A_6 и A_7. Условная граничная линия задана двумя параметрами, $K_a = 1{,}4$

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_c, кВ	t_3, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_c / t_3$, кВ/мкс
3/3,6	7,1	50	6	2,4	20	0,14
6/7,2	14,2	62	8	5,0	25	0,24
10/12	23,6	69,9	9	7,9	29	0,34
15/17,5	34,5	81,6	11	11,5	35	0,42
20/24	47,4	100,6	13	15,8	43	0,47
35/40,5	79,9	140,5	18	26,8	59	0,57
$u_c = 1{,}4 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{н.р}$; $t_d = 0{,}15 \cdot t_3$; $u' = 1/3 \cdot u_c$.						

При испытаниях выключателей с $U_{ном}$, равным 110, 150 и 220 кВ в режиме A_7, параметры ПВН принимают в соответствии с таблицей 21.

Таблица 21 — Нормированные характеристики ПВН для выключателей с $U_{ном}$ от 110 до 220 кВ при испытаниях вида A_7. Условная граничная линия задана четырьмя параметрами, $K_a = 1{,}4$

$U_{ном}$ / $U_{н.р}$, кВ	u_1, кВ	t_1, мкс	u_c, кВ	t_2, мкс	t_d, мкс	u', кВ	t', мкс	$S = u_1 / t_1$, кВ/мкс
110/126	133	66	249	264	14	66	47	2,0
150/172	182	90	340	360	19	91	64	2,0
220/252	266	133	497	532	28	133	94	2,0
$u_1 = 0{,}75 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{н.р}$; $u_c = 1{,}87 \cdot u_1$; $t_2 = 4 \cdot t_1$; $u' = 1/2 \cdot u_1$.								

9.6.5.9 Определение формы кривой собственного ПВН испытательной цепи проводят одним из указанных ниже методов с учетом конкретных условий испытания.

К методам определения формы указанной кривой относятся:

а) отключение испытуемым или специальным выключателем с возможно низкими искажающими собственное ПВН цепи факторами тока короткого замыкания с минимально возможным содержанием апериодической составляющей при полном или пониженном возбуждении источника, со снятием осциллограммы процесса восстановления напряжения и обработкой ее в соответствии с приложением Ж;

б) отключение идеальным выключателем наложенного на выводы испытуемого выключателя импульса относительно малого тока (промышленной или повышенной частоты), со снятием осциллограммы процесса восстановления напряжения;

в) моделирование схемы со снятием осциллограммы процесса восстановления напряжения;

г) расчет по параметрам испытательной цепи и построение кривой;

д) включение испытательных трансформаторов на разомкнутую испытательную цепь с помощью не имеющего шунтирующих резисторов аппарата с небольшим расстоянием предварительного пробоя при включении, расположенным по возможности ближе к генератору, с регистрацией посредством осциллограммы переходного напряжения на разомкнутом промежутке вторичной обмотки (метод применим только для испытательных цепей с одночастотным процессом восстановления напряжения и не воспроизводит правильно экспоненциальную составляющую, обусловленную вихревыми токами).

В перечислении а) к факторам, искажающим собственное ПВН, относятся, в частности, напряжение на дуге, последуговая проводимость, наличие параллельных дугогасительному устройству емкостей или сопротивлений.

В перечислении б) под идеальным выключателем понимают выключатель, у которого падение напряжения на междуконтактном промежутке до отключения тока и его проводимость после отключения тока настолько малы, что при определении собственного ПВН ими можно пренебречь.

Если по осциллограмме кривой ПВН, определяемой четырьмя параметрами, не представляется возможным определить начальную часть кривой, то допускается пренебречь отклонением ее формы вблизи нуля и рассчитать значение запаздывания t_d, по формуле

$$C = 445 \cdot 10^{-6} \frac{t_d t_1 i_0}{u_1}, \qquad (13)$$

где C — суммарная (собственная и дополнительная) емкость, включенная параллельно испытуемому выключателю, в микрофарадах;

t_d и t_1 — в микросекундах;

u_1 — в киловольтах;

i_0 — отключаемый ток в килоамперах.

9.6.5.10 Примеры схем формирования ПВН для однополюсных испытаний, соответствующих требованиям 9.6.5.1 и 9.6.5.4 без воспроизведения НПВН, приведены в приложении И.

9.6.6 Режимы испытаний

9.6.6.1 При испытаниях видов A_1—A_7, указанных в таблице 18, выполняются режимы испытаний, указанные в таблице 22, с учетом их применимости для выключателей различных типов, различных видов испытаний и различных условий согласно требованиям настоящего подраздела. В случае применения синтетических испытаний необходимо руководствоваться дополнительными требованиями 9.6.7, а при испытании по частям — дополнительными требованиями 9.6.8.

Примечание — Для выключателей в цепях генераторов и синхронных компенсаторов допускается устанавливать другие режимы испытаний, которые должны быть приведены в программах и протоколах испытаний.

9.6.6.2 Осмотр и при необходимости ремонт (ревизия) объекта испытаний в соответствии с 9.6.2.7 могут проводиться после выполнения любого из режимов испытаний, указанных в таблице 22.

При осмотре (ревизии) должно быть установлено отсутствие поломок или механических повреждений составных частей выключателя, за исключением частей, входящих в перечни комплектов ЗИП.

9.6.6.3 Если характеристики испытательного стенда не обеспечивают выполнение режима T100s при нормированных токах и напряжениях, допускается расчленять режим T100s на два заменяющих его режима: T100s(a) и T100s(b) в следующих вариантах заменяющих режимов:

а) T100s(a): В — 180 с — В T100s(b): О — $t_{бт}$ — вО — 180 с — вО;

б) T100s(a): В; T100s(b): О — $t_{бт}$ — ВО — 180 с — вО;

в) T100s(a): В; T100s(b): О — $t_{бт}$ — вО — 180 с — ВО;
г) T100s(a): В — 20 с — В T100s(b): О — $t_{бт}$ — вО — 20 с — вО.

Примечание — Прописные буквы «О» и «В» означают операции отключения и включения соответственно, произведенные при нормированных для режима T100s значениях токов и напряжений. Строчная буква «в» означает операции включения, произведенные при меньших значениях токов и напряжений, насколько возможно близких к значениям, нормированным для режима T100s.

9.6.6.4 При отсутствии испытательных возможностей для осуществления режима T100s или режимов T100s(a) и T100s(b) по 9.6.6.3 допускается заменять эти режимы набором отдельных операций и (или) последовательностей операций (О; В; ВО; О — $t_{бт}$ — В и др.), выполняемых при необходимости на разных экземплярах образцов и подобранных так, чтобы результаты испытаний позволяли подтвердить способность выключателя выполнять цикл режима T100s, что должно быть технически обосновано и отражено в протоколах испытаний.

9.6.6.5 При испытаниях в режимах T100s, T100s(a), T100s(b) хотя бы в одной операции включения (при трехполюсных испытаниях — хотя бы в одном из полюсов) значение наибольшего пика тока включения $i_в$ должно быть получено таким, чтобы его отклонение от нормированного значения $i_{в.\,н}$ не выходило за пределы, указанные в таблице 22, и хотя бы в одной операции включения (при трехполюсных испытаниях — хотя бы в одном из полюсов) ток включения должен быть симметричным (возникать в момент, когда мгновенное значение напряжения перед включением составляет не менее 0,85 его амплитуды).

Если по условиям испытаний требуется получить значения $I_в$ и (или) $i_в$, превышающие более чем на 10 % нормированные значения, то на такое превышение должно быть получено согласие изготовителя (разработчика).

Если по тем или иным причинам (предварительный пробой, непопадание в нужную фазу, характеристики испытательного стенда) указанные выше условия в режимах T100s, T100s(a), T100s(b) оказываются невыполненными, то для их выполнения проводят дополнительные испытания на включающую способность, причем для получения $i_{в.\,н}$ допускается применение пониженного напряжения перед включением.

Если для данного выключателя получение требуемого пика тока включения при нормированном напряжении перед включением невозможно из-за предварительного пробоя, то в протоколе испытаний должно быть показано, что фактически полученный при испытании пик тока соответствует реальным условиям работы выключателя в точке сети с током включения, равным нормированному.

Таблица 22 — Режимы испытания выключателя на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз

Обозначение режима испытаний	Операция или группа операций	Токи отключения и включения		Число опытов, не менее	Номер пункта настоящего стандарта, в котором приведены методические и прочие указания по режиму
		Нормированное значение	Предельные отклонения, %		
T10	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*	$I_{о.\,н} = 0{,}1\ I_{о,\,ном}$	± 20	1	9.6.5.3; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
T30	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*	$I_{о.\,н} = 0{,}3\ I_{о,\,ном}$	± 20	1	9.6.5.3; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
T60	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*	$I_{о.\,н} = 0{,}6\ I_{о,\,ном}$	± 10	1	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
T100s	Нормированный цикл 1 или 2, или 1а (6.6.1.5)*	$I_{о.\,н} = I_{о,\,ном}$ $I_в = i_{в.\,н}$ $i_в = i_{в.\,н}$	–0 +10	1	9.6.6.1—9.6.6.7; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22

Окончание таблицы 22

Обозначение режима испытаний	Операция или группа операций	Токи отключения и включения		Число опытов, не менее	Номер пункта настоящего стандарта, в котором приведены методические и прочие указания по режиму
		Нормированное значение	Предельные отклонения, %		
T100a	Отключение	$I_{о.н} = I_{о,ном}$ при $\beta = \beta_н$	–0 +5	3	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.8; 9.6.6.16; 9.6.6.18; 9.6.6.20; 9.6.6.22
Tcr1	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*, (критические токи)	$I_{о.н} = 0,8\ I_{о,ном}$ и $I_{о.н} = 0,45\ I_{о,ном}$	± 20	1 1	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.9; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
Tcr2	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*, (критические токи)	$I_{о.н} = 0,45\ I_{о,ном}$ и $I_{о.н} = 0,2\ I_{о,ном}$	± 20	1 1	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.9; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
Tcr3	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)*, (критические токи)	$I_{о.н} = 0,2\ I_{о,ном}$ и $I_{о.н} = 0,05\ I_{о,ном}$	± 20	1 1	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.9; 9.6.6.15; 9.6.6.17; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
OP1	Отключение (в условиях рассогласования фаз)	$I_{о.н} = 0,075\ I_{о,ном}$	± 20	3	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.7; 9.6.6.10; 9.6.6.13; 9.6.6.19; 9.6.6.22
OP2	Цикл ВО и отключение (в условиях рассогласования фаз)	$I_{о.н} = 0,25\ I_{о,ном}$	–0 +10	1 опыт ВО 2 опыта О	9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.11; 9.6.6.13; 9.6.6.19; 9.6.6.22
T1ph	Отключение (в условиях однофазного КЗ)	$I_{о.н} = I_{о,ном}$	–0 +5	1	9.5.5.7; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.7; 9.6.6.12; 9.6.6.22
T2ph′	Отключение (в условиях двойного КЗ на землю)	$I_{о.н} = 0,87\ I_{о,ном}$	–0 +5	1	9.6.5.8; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.7; 9.6.6.12; 9.6.6.22
T2ph″	Двухполюсное отключение для выключателей с дугогасительными устройствами всех полюсов в общем кожухе	$I_{о.н} = I_{о,ном}$	–0 +10	3	9.6.5.8; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.7; 9.6.6.12; 9.6.6.22
L90	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)* (в условиях неудаленного КЗ)	$I_{о.н} = 0,9\ I_{о,ном}$	–0 +2	1	9.6.5.2; 9.6.5.6; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.13; 6.6.6.14; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
L75	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)* (в условиях неудаленного КЗ)	$I_{о.н} = 0,75\ I_{о,ном}$	±5	1	9.6.5.6; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.13; 6.6.6.14; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22
L60	Нормированный цикл 1 или 2 (6.6.1.5)* (в условиях неудаленного КЗ)	$I_{о.н} = 0,6\ I_{о,ном}$	±8	1	9.6.5.6; 9.6.6.1; 9.6.6.2; 9.6.6.6; 9.6.6.7; 9.6.6.13; 6.6.6.14; 9.6.6.19; 9.6.6.21; 9.6.6.22

* Выключатели, предназначенные для АПВ, испытываются в нормированном цикле 1; выключатели, не предназначенные для АПВ, испытываются в нормированном цикле 2; выключатели, для которых гарантируется выполнение нормированного цикла 1а при $I_{о,ном}$, испытываются в режиме 100s в нормированном цикле 1а.

9.6.6.6 При выполнении режимов T10, T30, T60, T100s, Tcr1, Tcr2, Tcr3, OP2, L90, L75, L60 допускается пропускать операции включения с сохранением нормированных интервалов времени между операциями отключения.

Если указанные в циклах операций интервалы времени невозможно выдержать по условиям работы испытательной установки и они не влияют на работу выключателя, то допускается их увеличение. При этом в протоколе испытаний приводят значения интервалов и обоснование возможности их увеличения для испытуемого выключателя.

9.6.6.7 При испытаниях во всех режимах, указанных в таблице 22, кроме режима T100a, в части тока отключения должны быть соблюдены следующие требования (в дополнение к соблюдению указанных в таблице 22 допусков на значение тока, измеренное по 9.6.3.3):

а) значение β должно быть не более 20 %;

б) значение периодической составляющей тока короткого замыкания испытательной цепи (при включенном выключателе) в момент, соответствующий моменту погасания основной дуги (при трехполюсных испытаниях — в первом гасящем дугу полюсе), в связи с затуханием этой составляющей должно быть не менее 90 % значения тока в момент прекращения соприкосновения дугогасительных контактов.

9.6.6.8 Испытанию в режиме T100a подвергают только выключатели с $\beta_н > 20$ %.

Допускается, чтобы в одной из операций этого режима было $\beta < \beta_н$, если среднее значение β в трех операциях не менее $\beta_н$.

9.6.6.9 Испытания при критических токах в режимах Tcr1, Tcr2 и Tcr3 проводятся в том случае, если в одном из режимов T60, T30 или T10 минимальное время дуги увеличивается по сравнению с соседними режимами на 10 мс или более.

Режим Tcr1 выполняют при увеличении минимального времени дуги на указанное значение в режиме T60; режим Tcr2 — при увеличении минимального времени дуги в режиме T30; режим Tcr3 — при увеличении минимального времени дуги в режиме T10.

Значения возвращающегося напряжения принимают по 9.6.4.5, параметры ПВН в режиме Tcr1 — такие же, как в режиме T60, в режиме Tcr2 — как в режиме T30, в режиме Tcr3 — как в режиме T10.

9.6.6.10 Испытания в режиме рассогласования фаз OP1 допускается не проводить, если для выключателя не требуется проведение испытаний в режиме Tcr3.

9.6.6.11 В режиме OP2 при выполнении цикла ВО ток включения должен быть симметричным, то есть возникать в момент, когда мгновенное значение напряжения перед включением составляет не менее 0,85 его амплитуды. Апериодическая составляющая тока отключения β должна быть не более 20 % в операциях отключения и не нормируется в цикле ВО.

9.6.6.12 Испытаниям в режиме T1ph подвергают выключатели с $U_{ном} \geq 110$ кВ, имеющие общий привод на три полюса. Испытания выполняют на крайнем полюсе, расположенном с противоположной стороны от привода. Испытания могут не проводиться, если на этом полюсе проводились испытания вида А2 в режиме T100s. Параметры ПВН для этого режима приведены в таблице 19.

Испытаниям в режиме T2ph′ подвергают выключатели с $U_{ном} \leq 35$ кВ. Ток отключения должен быть 0,87 $I_{о, ном}$. Параметры ПВН приведены в таблице 20.

Испытаниям в режиме T2ph″ подвергают выключатели с дугогасительными устройствами трех полюсов в общем кожухе. Параметры ПВН для выключателей с $U_{ном} \leq 35$ кВ приведены в таблице 20, для выключателей с $U_{ном}$, равным 110, 150 и 220 кВ, — в таблице 21.

Время дуги при испытаниях в режимах T1ph и T2ph должно быть не менее $t_{д\,100s} + 7$ мс, где $t_{д\,100s}$ — минимальное время дуги в режиме T100s (для трехфазных испытаний — на первом гасящем полюсе).

Если выключатель подвергают испытаниям в режимах коммутации критических токов Tcr1, Tcr2 или Tcr3 и испытаниям в режиме двухполюсного отключения T2ph″, то он должен быть дополнительно испытан на двухполюсное отключение при критическом токе.

Возвращающееся напряжение принимают в соответствии с 9.6.4.5. ПВН принимают в соответствии с 9.6.6.9, но значения параметров ПВН u_c, u_1, u', t_1, t_2, t_3, t' увеличивают в 1,153 раза — для выключателей с $U_{ном} \leq 35$ кВ и в 1,33 раза — для выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ.

9.6.6.13 Испытанию в режимах OP1, OP2, L90, L75, L60 подвергают один полюс (или его часть — см. 8.1.2) выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ, причем в режимах L90, L75, L60 — только выключателей с $I_{о, ном} > 12,5$ кА.

9.6.6.14 При испытании в режимах L90, L75, L60 в качестве отключаемой короткозамкнутой линии используется воздушная или искусственная линия.

При испытании с воздушной линией используется одна фаза линии, заземленная в точке, выбранной так, чтобы значение индуктивного сопротивления короткозамкнутой линии $x_л$ на промышленной частоте (с предельными отклонениями по 9.6.5.6) было равно значению, рассчитываемому по формуле

$$x_л = \frac{U_{н.р}}{\sqrt{3} \cdot I_{о.ном}} \cdot \frac{1-p}{p}, \quad (14)$$

где p равно 0,9; 0,75 или 0,6 для режимов L90, L75 или L60 (таблица 22) соответственно.

Две другие фазы отсоединяют от питающих шин, а заземление этих фаз допускается в точках, расположенных по отношению к испытуемому выключателю не ближе точки заземления отключаемой фазы.

Сосредоточенная емкость оборудования, присоединенного в начале отключаемой линии (трансформатор тока, конденсаторы связи, делители для осциллографирования напряжения и т. п.), не должна превышать 1000 пФ. Активное сопротивление линии не нормируют.

При использовании искусственной линии ее схема и параметры реакторов, конденсаторов и резисторов, из которых она состоит, должны быть подобраны так, чтобы переходные процессы воспроизводились возможно ближе к тем, которые определяются нормированными параметрами линии по 6.6.3.6.

Испытания в режиме L60 обязательны только в том случае, если минимальное время дуги, полученное в режиме L75, превышает минимальное время дуги, полученное в режиме L90, не менее чем на 10 мс.

9.6.6.15 При трехполюсных испытаниях вида А1 в режимах Т10, Т30, Т60, Т100s, Т100s(b), Tcr1, Tcr2, Tcr3 момент подачи импульса на электромагнит отключения в каждом последующем отключении смещается относительно фазы тока ранее на 40 электрических градусов.

9.6.6.16 При трехполюсных испытаниях в режиме Т100а должны быть выполнены следующие условия:

- нормированное значение апериодической составляющей тока должно иметь место по одному разу в каждом из трех полюсов;
- по крайней мере один раз нормированное значение апериодической составляющей тока должно иметь место в полюсе, гасящем дугу первым при наибольшем времени горения дуги в этом полюсе;
- по крайней мере один раз нормированное значение апериодической составляющей тока должно иметь место в полюсе, гасящем дугу после удлиненной большой полуволны тока (в полюсе, гасящем дугу не первым), при наибольшем времени дуги в этом полюсе.

Для этого должна применяться приведенная ниже процедура регулирования моментов инициирования тока короткого замыкания и подачи команды на электромагнит отключения.

В первом зачетном опыте уставки на срабатывание включающего аппарата и испытуемого выключателя должны обеспечить выполнение следующих условий:

- требуемое содержание апериодической составляющей в одной из фаз в момент размыкания контактов полюса;
- полюс с нормированным содержанием апериодической составляющей гасит дугу первым после большой полуволны тока или гасит дугу после удлиненной полуволны тока, если он является одним из двух полюсов, гасящих дугу последними.

Во втором зачетном опыте момент инициирования тока смещается ранее на 60 электрических градусов, а команда на отключение испытуемого выключателя смещается:

- на 130 электрических градусов ранее, если в первом опыте полюс с нормированным содержанием апериодической составляющей погасил дугу первым после большой полуволны тока;
- на 25 электрических градусов ранее, если полюс с нормированным содержанием апериодической составляющей был одним из двух полюсов, гасящих дугу последними, и погасил дугу после удлиненной полуволны тока.

В третьем зачетном опыте момент инициирования тока смещается ранее на 60 электрических градусов относительно второго опыта, а команда на отключение испытуемого выключателя смещается относительно второго опыта:

- на 130 электрических градусов ранее, если во втором опыте полюс с нормированным содержанием апериодической составляющей погасил дугу первым после большой полуволны тока;
- на 25 электрических градусов ранее, если во втором опыте полюс с нормированным содержанием апериодической составляющей был одним из двух полюсов, гасящих дугу последними, и погасил дугу после удлиненной полуволны тока.

Для обеспечения требуемой в настоящем пункте настройки может потребоваться увеличение общего числа опытов. После шести опытов разрешается проведение регулировки и замены частей испытуемого выключателя.

Графическое изображение трех зачетных опытов приведено на рисунке 10.

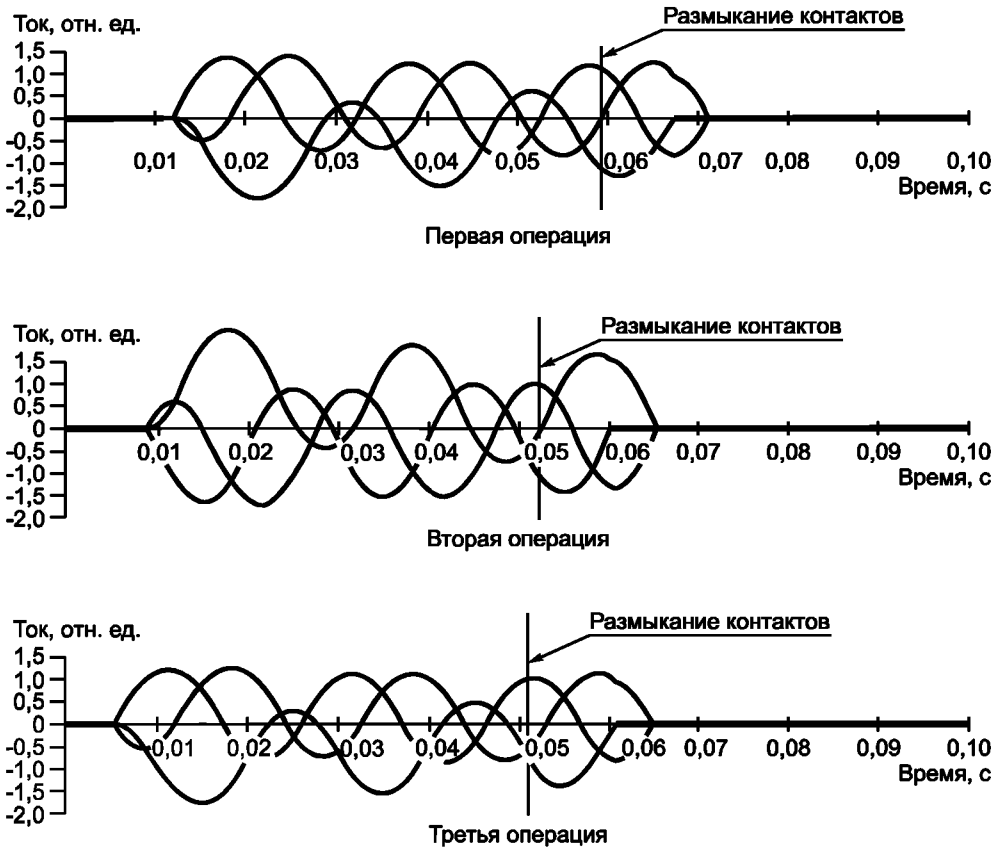


Рисунок 10 — Регулирование моментов инициирования тока и размыкания контактов относительно фазы тока при трехполюсном отключении тока в режиме Т100а

Если приведенная процедура испытаний не может быть выполнена из-за характеристик выключателя, то число опытов должно быть увеличено и в результате их выполнения показано, что при испытаниях получены наиболее тяжелые условия работы выключателя.

9.6.6.17 При однополюсных испытаниях вида A_2 выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ в режимах Т10, Т30, Т60, Т100s, Т100s(b), Tcr1, Tcr2, Tcr3 момент размыкания контактов настраивают следующим образом.

Первое отключение выполняют при минимальном времени дуги $t_{д, мин}$ (в миллисекундах). Для определения $t_{д, мин}$ проводят серию опытов со смещением момента подачи команды на отключение относительно отключаемого тока ступенями по 18 электрических градусов.

Второе отключение выполняют при максимальном времени дуги $t_{д, макс}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, макс}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, макс} \ge t_{д, мин} + 7{,}3. \quad (15)$$

Третье отключение выполняют при среднем значении времени дуги $t_{д, ср}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, ср}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, ср} = (t_{д, макс} + t_{д, мин}) / 2. \quad (16)$$

Момент подачи команды на отключение в третьем опыте смещается по сравнению со вторым опытом относительно фазы тока позже на 75 электрических градусов (± 18 электрических градусов).

Графическое изображение трех зачетных опытов приведено на рисунке 11.

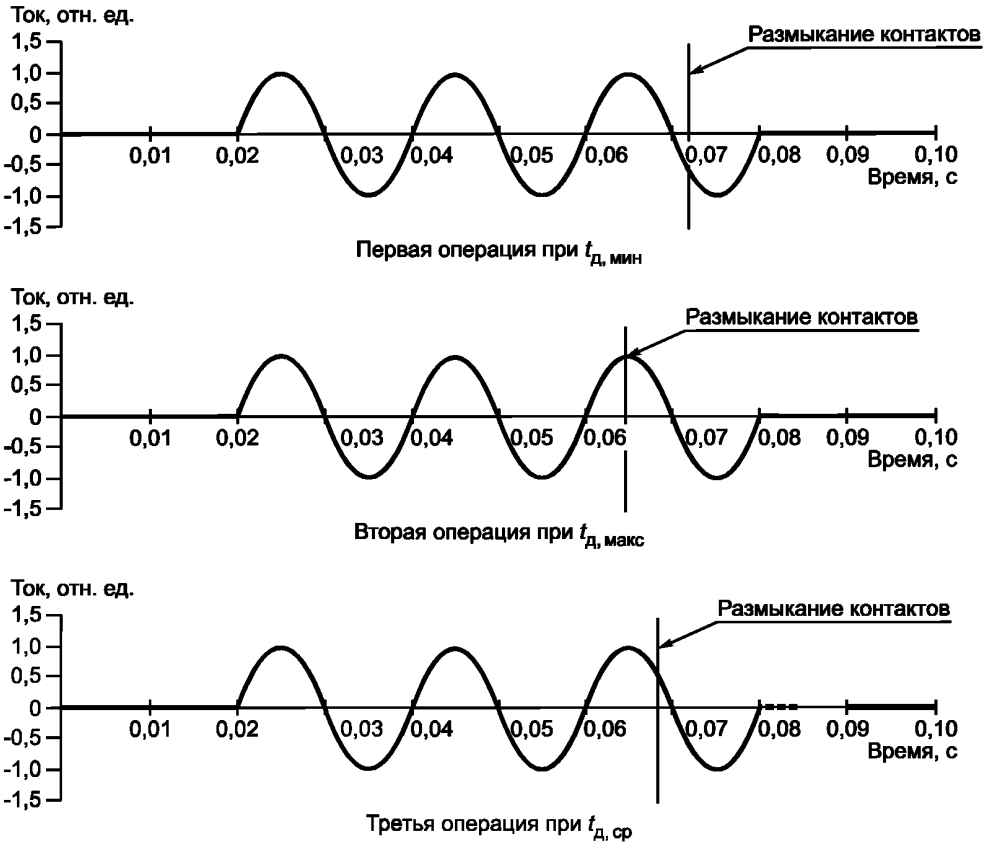


Рисунок 11 — Регулирование момента размыкания контактов относительно фазы тока при однополюсном отключении симметричного тока в режимах Т10, Т30, Т60, Т100s, Tcr1, Tcr2, Tcr3 выключателями с $U_{ном} \le 35$ кВ

9.6.6.18 При однополюсных испытаниях вида A_2 выключателей с $U_{ном} \le 35$ кВ в режиме Т100а момент размыкания контактов настраивают следующим образом.

В первом зачетном опыте отключение должно произойти в конце малой полуволны при минимальном времени дуги $t_{д, мин}$ (в миллисекундах). Для определения $t_{д, мин}$ проводят серию опытов со смещением момента подачи команды на отключение относительно отключаемого тока ступенями по 18 электрических градусов.

Второе отключение выполняют при максимальном времени дуги $t_{д, макс}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, макс}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, макс} \ge t_{д, мин} + \Delta t_1 - 2{,}7, \qquad (17)$$

где Δt_1 — длительность большой полуволны тока.

Гашение дуги может иметь место как в конце большой полуволны, так и в конце следующей за ней малой полуволны тока.

Третье отключение выполняют при среднем значении времени дуги $t_{д, ср}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, ср}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, ср} = (t_{д, макс} + t_{д, мин}) / 2. \qquad (18)$$

Гашение дуги может иметь место как в конце большой полуволны, так и в конце следующей за ней малой полуволны.

Графическое изображение трех зачетных опытов приведено на рисунке 12.

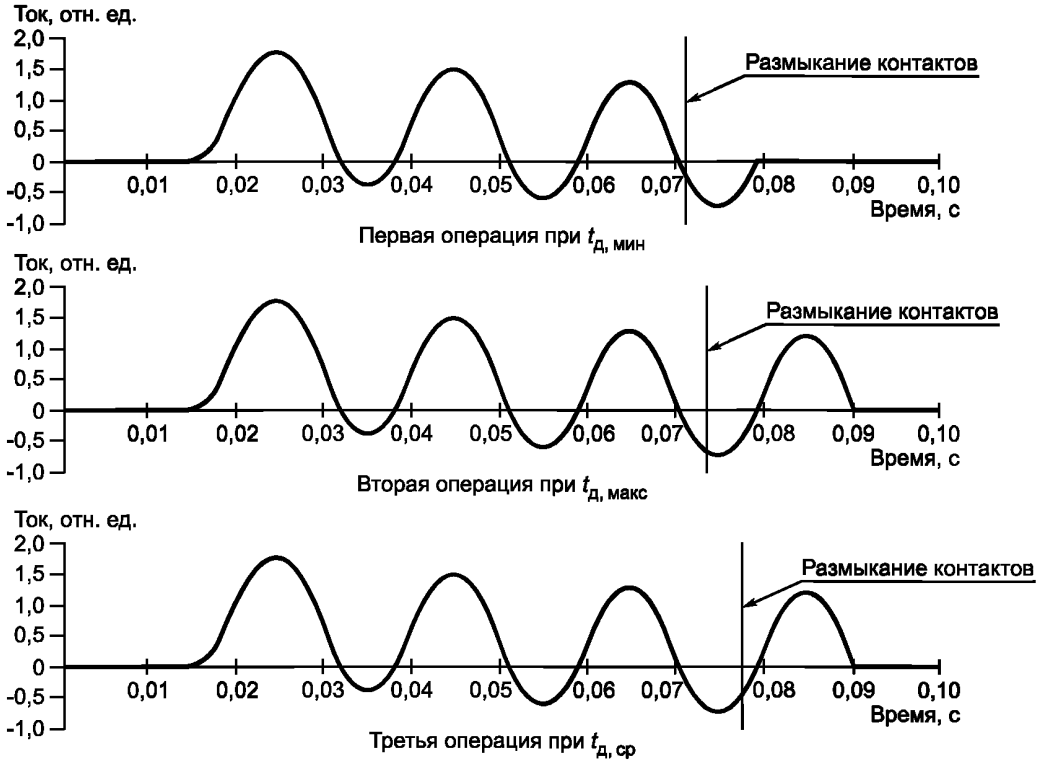


Рисунок 12 — Регулирование моментов инициирования тока и размыкания контактов при однополюсном отключении тока в режиме Т100а выключателями с $U_{ном} \le 35$ кВ

При испытаниях должны быть выполнены следующие условия:

- пик тока в последнюю полуволну должен составлять от 90 % до 110 % расчетного значения;
- длительность последней полуволны должна составлять от 90 % до 110 % расчетного для данного режима значения.

Примечание — Для выключателей, предназначенных для цепей генераторов и синхронных компенсаторов, процедуры испытаний при коммутации токов короткого замыкания и при рассогласовании фаз могут отличаться от приведенных в 9.6.6.17 и 9.6.6.18 и должны указываться в протоколах испытаний.

9.6.6.19 При однополюсных испытаниях видов A_2, A_3 и A_4 выключателей с $U_{ном} \ge 110$ кВ в режимах Т10, Т30, Т60, Т100s и Т100s(b), Tcr1, Tcr2, Tcr3, OP1, OP2, L90, L75 и L60 момент размыкания контактов настраивают следующим образом.

Первое отключение выполняют при минимальном времени дуги $t_{д, мин}$ (в миллисекундах). Для определения $t_{д, мин}$ проводят серию опытов со смещением момента подачи команды на отключение относительно отключаемого тока ступенями по 18 электрических градусов.

Второе отключение выполняют при максимальном времени дуги $t_{д, макс}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, макс}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, макс} \ge t_{д, мин} + 9{,}0. \quad (19)$$

Третье отключение выполняют при среднем значении времени дуги $t_{д, ср}$ (в миллисекундах). Время $t_{д, ср}$, мс, определяют по формуле

$$t_{д, ср} = (t_{д, макс} + t_{д, мин}) / 2. \quad (20)$$

Графическое изображение трех зачетных опытов приведено на рисунке 13.

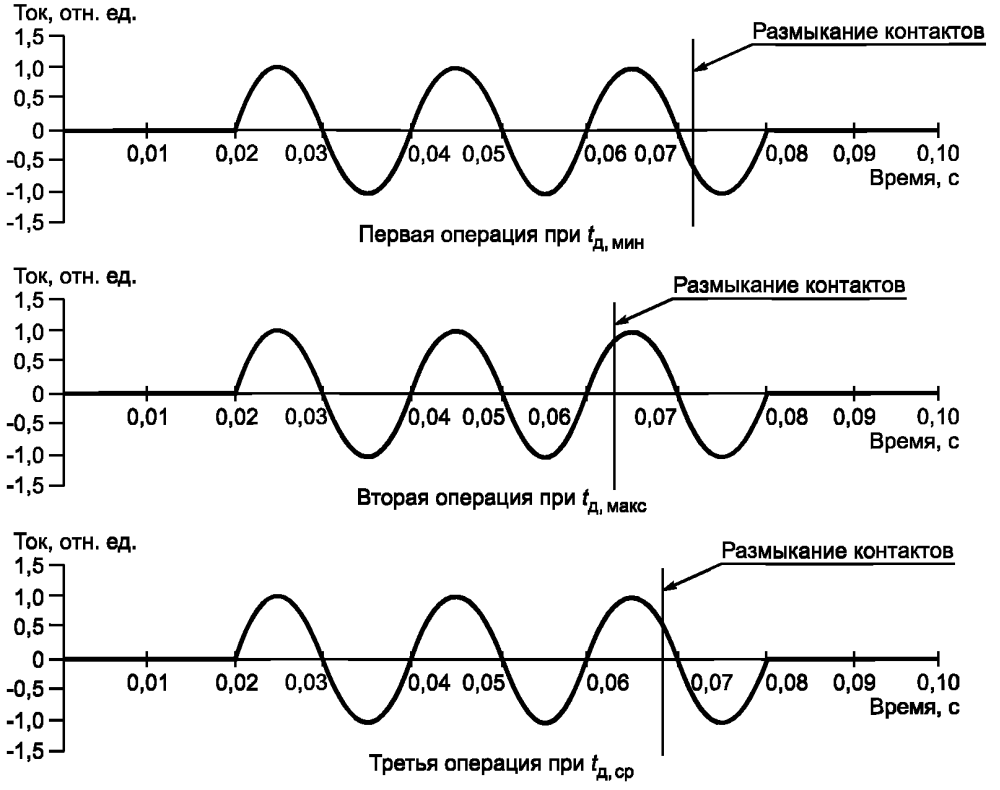


Рисунок 13 — Регулирование момента размыкания контактов относительно фазы тока при однополюсном отключении симметричного тока в режимах Т10, Т30, Т60, Т100S, Tcr1, Tcr2, Tcr3, OP2, L90, L75, L60 выключателями с $U_{ном} \geq 110$ кВ

9.6.6.20 При однополюсных испытаниях вида A_2 выключателей с $U_{ном} \geq 110$ кВ в режиме Т100а момент размыкания контактов настраивают в соответствии с 9.6.6.19, но максимальное время дуги определяют по формуле

$$t_{д, макс} \geq t_{д, мин} + \Delta t_1 - 1{,}0, \qquad (21)$$

где Δt_1 — длительность большой полуволны апериодического тока.

Графическое изображение трех зачетных опытов приведено на рисунке 14.

9.6.6.21 Все однополюсные испытания видов А2 — А7 выключателей с максимальным временем дуги менее 30 мс в режимах, указанных в таблице 22, кроме режимов Т100а, OP1, OP2, T1ph, T2ph, необходимо дополнить испытаниями в операции О, чтобы суммарное число отключений в каждом режиме было не менее шести при приблизительно равномерном распределении времени дуги в диапазоне от минимального до максимального.

9.6.6.22 Напряжение на цепи управления отключением или включением подается, как правило, после появления тока в испытательной цепи.

С целью получения наибольших возможных для данного испытательного стенда значений тока и напряжения в момент размыкания контактов допускается подавать напряжение на цепь управления отключением с опережением относительно момента появления тока (опережающая команда, на отключение) при условии, что проверена способность выключателя отключаться после подачи команды без опережения. Такая проверка может быть проведена при пониженном напряжении в испытательной цепи.

9.6.6.23 При необходимости определения во время испытаний границ пространства, ионизированного выхлопными газами, проводящие экраны, соединенные с землей через плавкую вставку, состоящую из медной проволоки диаметром 0,1 мм и длиной до 5 см, помещают в местах, указанных изготовителем.

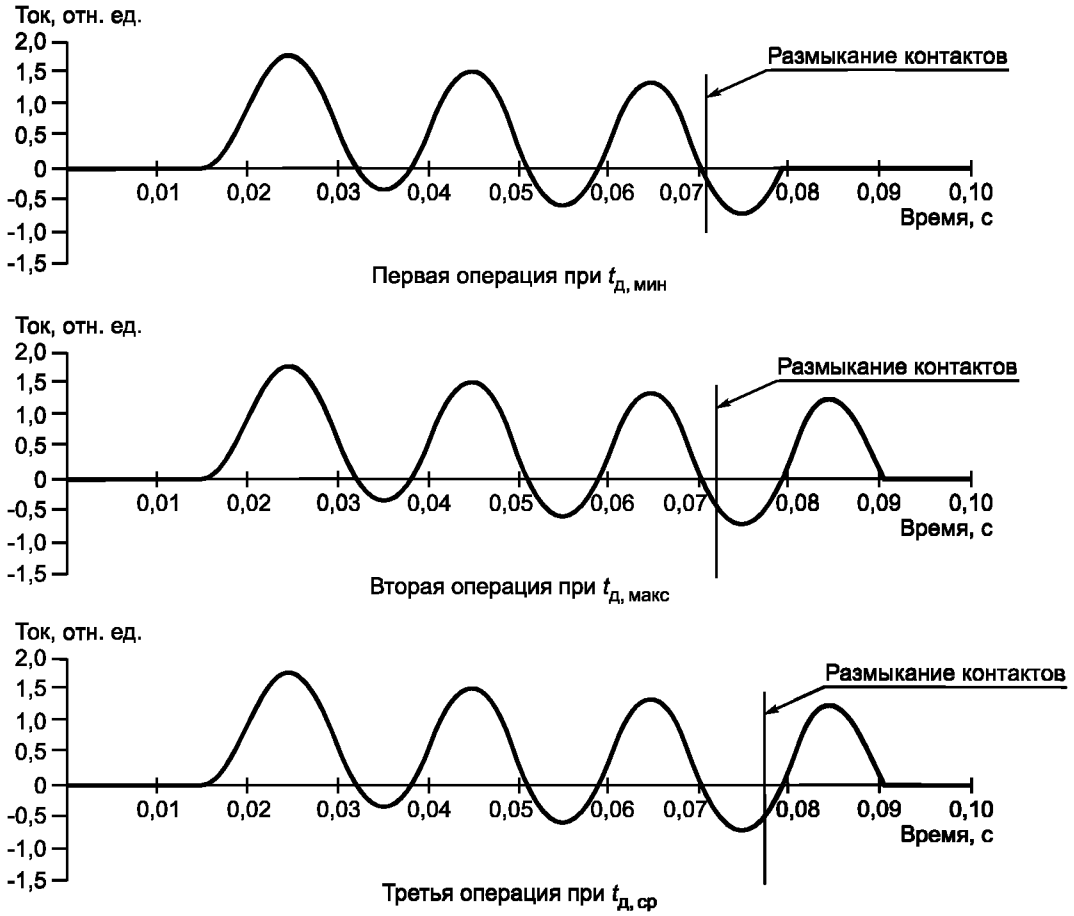


Рисунок 14 — Регулирование моментов инициирования тока и размыкания контактов при однополюсном отключении тока в режиме Т100а выключателями с $U_{ном} \geq 110$ кВ

Допускается применение других устройств, сигнализирующих об электрическом соединении экрана с выключателем.

9.6.6.24 Выключатели, имеющие низкоомные шунтирующие резисторы, могут не испытываться в тех режимах, для которых в результате обоснованного анализа и расчета кривой восстанавливающегося напряжения (с учетом полного сопротивления резисторов) установлено, что испытания в этих режимах являются более легкими, чем испытания в режиме Т100s.

9.6.6.25 При испытании выключателей с шунтирующими резисторами допускается, если это необходимо по условиям испытания:

- отключать и включать (для резисторов двухстороннего действия) ток цепи резисторов другим аппаратом, а дугогасительное устройство этой цепи (или отделитель) испытывать отдельно — в эквивалентных условиях коммутации;

- испытывать резисторы на термическую стойкость (выдерживаемое количество операций, циклов, интервалы времени между ними) не на выключателе, а отдельно — в эквивалентных условиях по нагреву.

Методика указанных испытаний настоящим стандартом не устанавливается и должна быть указана в программах испытаний.

9.6.7 Синтетические испытания

9.6.7.1 Синтетические схемы с наложением тока на вспомогательный или испытуемый выключатель должны соответствовать следующим условиям испытаний:

- частота наложенного тока должна быть в диапазоне от 250 до 1000 Гц, по возможности ближе к 500 Гц;

- время τ_h, мкс, от момента погасания дуги во вспомогательном выключателе до момента погасания дуги в испытуемом выключателе должно соответствовать условиям:

$$200 \le \tau_h \le \frac{T_h}{4},$$

$$\tau_h \le 500, \qquad (22)$$

где T_h — период колебаний тока повышенной частоты (для варианта наложения тока на вспомогательный выключатель принимается частота при его разомкнутом состоянии), мкс;

- расчетная скорость подхода тока к нулю:

$$\left|\frac{di}{dt}\right|_{i=0} = 314\left(1+\frac{U_д}{\sqrt{2}\cdot U_{в.н}}\right)\sqrt{2}\cdot I_{о.н}, \qquad (23)$$

где $U_д$ — среднее значение напряжения на дуге за время около $\frac{T_h}{40}$ до момента погасания дуги (берут по осциллограмме опыта);

$U_{в.н}$ — нормированное возвращающееся напряжение по 9.6.4.5;

$I_{о.н}$ — нормированная периодическая составляющая тока отключения (см. таблицу 22).

Действительная скорость подхода тока к нулю в последний полупериод горения дуги (среднее значение за время около $\frac{T_h}{40}$ мкс в конце полупериода тока) не должна быть ниже 95 % расчетной скорости. Допускаемое повышение этой скорости не нормируют, однако если она превышает 110 % расчетного значения, то на такое повышение должно быть получено согласие изготовителя (разработчика);

- возвращающееся напряжение может иметь форму:

а) затухающей экспоненты;

б) переменного синусоидального напряжения;

в) комбинированного напряжения, составляющие которого соответствуют указанным в перечислениях а) и б).

Возвращающееся напряжение следует прикладывать в течение 0,1 с; его значение в интервале времени 2,5 мс от начала процесса восстановления напряжения должно быть не менее 95 % нормируемого, а затем поддерживаться по возможности близким к значению $\sqrt{2/3}\ U_{н.р}$, не допуская уменьшения его ниже $0{,}5\ \sqrt{2/3}\ U_{н.р}$.

9.6.7.2 Испытание по этапу 2 двухэтапных испытаний в соответствии с 9.6.5.4 при необходимости допускается проводить в синтетических схемах с последовательным или параллельным наложением напряжения (вместо схемы с наложением тока) при запаздывании момента включения контура повышенного напряжения относительно нуля тока не более чем на 10 мкс, причем по крайней мере два опыта из числа проведенных в каждом испытательном режиме должны быть получены при запаздывании не более чем на 3 мкс.

В синтетических схемах с последовательным наложением напряжения (источник повышенного напряжения подключен параллельно вспомогательному выключателю) вспомогательный выключатель должен быть шунтирован конденсатором, емкость которого достаточна для развития разряда при пробое испытуемого выключателя, а момент подключения контура повышенного напряжения должен выбираться таким, чтобы искажение формы ПВН на испытуемом выключателе было минимальным.

9.6.7.3 При испытаниях в операции О при $\beta \le 20$ % наибольшая амплитуда тока за время дуги не должна превышать амплитуду последнего полупериода более чем на 30 %; амплитудное значение тока в последний полупериод и длительность полупериода должны быть не менее 90 % нормированных и расчетных значений.

9.6.7.4 При испытаниях в операции О при $\beta > 20$ % измерение β заменяют измерением амплитудного значения тока в последний полупериод, которое должно быть не менее 90 % расчетного. Длительность последнего полупериода тока перед погасанием дуги должна быть не менее 90 % расчетного значения, учитывающего влияние апериодической составляющей тока.

Расчетные амплитудные значения тока в последний полупериод $I_п$, отнесенные к амплитудному значению нормированного тока отключения $\sqrt{2}\ I_{о.н}$, и длительности последних перед гашением дуги полупериодов тока Δt приведены в таблице 23.

Данные таблицы 23 соответствуют стандартному случаю затухания апериодической составляющей тока с постоянной времени τ = 45 мс, представленному на рисунке 3. В таблице 23 учтено время действия защиты 10 мс.

Таблица 23 — Амплитудное значение тока и длительность полупериода перед гашением дуги

Полупериод перед гашением дуги	$t_{о.с}$, мс	$I_п / \sqrt{2}\ I_{о.н}$	Δt, мс
Большой	$t_{о.с} \le 12{,}5$	1,51	13,5
	$12{,}5 < t_{о.с} \le 33{,}0$	1,33	12,5
	$33{,}0 < t_{о.с} \le 53{,}5$	1,21	11,5
Малый	$t_{о.с} \le 12{,}5$	0,36	5,5
	$12{,}5 < t_{о.с} \le 33{,}0$	0,59	7,0
	$33{,}0 < t_{о.с} \le 53{,}5$	0,74	8,5

В специальных случаях по 6.6.2 амплитудные значения тока и длительности последнего полупериода согласуются с заказчиком и указываются в технических условиях и протоколах испытаний.

9.6.7.5 При испытаниях в операции О полюса (элемента полюса) выключателя необходимо выполнять требования 9.6.6.15 — 9.6.6.20 по регулированию моментов размыкания контактов.

Результат каждого опыта считают положительным, если гашение дуги произошло без ее искусственного продления или при ее продлении на один или два полупериода.

9.6.7.6 Если при испытании выключателя, снабженного низкоомными шунтирующими резисторами, из-за недостаточной мощности источника напряжения не могут быть получены некоторые требуемые параметры восстанавливающегося напряжения, следует после проведения этих испытаний дополнить их испытанием, при котором либо резисторы отсоединяются от выключателя, а к соответствующим точкам синтетической схемы присоединяются резисторы, подобранные так, чтобы восстанавливающееся напряжение на выключателе было не ниже нормированного с учетом его искажения шунтирующими резисторами выключателя, либо резисторы подсоединяются к выключателю не непосредственно, а через последовательно соединенные с ними конденсаторы достаточно большой емкости, либо с принятием других мер, позволяющих достигнуть той же цели.

9.6.7.7 Запаздывание в подключении контура тока в синтетических схемах для испытания в операциях В и ВО не должно превышать 200 мкс от момента пробоя промежутка между сближающимися контактами.

9.6.8 Испытания по частям

9.6.8.1 Испытаниям по частям допускается подвергать выключатели, соответствующие следующим требованиям:

а) испытуемые части полюса выключателя (отдельные разрывы, группы разрывов, модули) должны быть идентичны по форме, размерам и характеристикам работы механизма; отличаться могут отдельные детали и устройства, не оказывающие влияния на дугогашение;

б) контакты во всех разрывах полюса выключателя должны практически одновременно размыкаться при отключении и замыкаться при включении (наибольшая разница во времени моментов размыкания или замыкания разрыва, срабатывающего первым, и разрыва, срабатывающего последним, не должна превышать 0,0025 с);

в) если в выключателе подача (питание) дугогасящего средства осуществляется от внешнего по отношению к разрывам источника (например подача сжатого воздуха в ненаполненных постоянно воздухом воздушных выключателях или механически создаваемый поток масла в импульсных масляных выключателях), то питание всех разрывов должно осуществляться практически одновременно идентичным способом;

г) во время выполнения выключателем коммутационных операций не должно быть взаимного влияния разрывов друг на друга через дугогасящую среду или путем электромагнитных воздействий; в частности,

не должны улучшаться условия выброса продуктов горения дуги из-за отсутствия дуги в других разрывах и питание испытуемого разрыва (группы разрывов) средствами гашения дуги;

д) ионизированные выхлопные газы или пары не должны выбрасываться так, чтобы они могли влиять на работу соседних разрывов или вызывать частичное или полное перекрытие выключателя.

9.6.8.2 Выключатели, у которых требование 9.6.8.1, перечисление г) не выполняется, допускается испытывать по разрывам при условии пропускания тока через все влияющие друг на друга разрывы и с подачей нормированного восстанавливающегося напряжения только на испытуемый разрыв (группу разрывов). В частности, при испытании в синтетических схемах модуля с двумя разрывами допускается испытывать один разрыв, пропуская ток через оба разрыва, при использовании второго разрыва в качестве вспомогательного выключателя (отключающего устройства).

В тех случаях, когда не выполнены другие требования 9.6.8.1, испытания по частям допустимы, если на основании предварительно проведенных исследований выключателей с дугогасительными устройствами аналогичных конструкций или обоснованного анализа условий совместной работы отдельных частей полюса установлено, что при этом условия работы испытуемой части полюса не облегчаются.

9.6.8.3 Напряжение, при котором должен испытываться разрыв (группа разрывов или модуль), устанавливается путем обоснованного анализа условий совместной работы отдельных разрывов (группы разрывов) или на основании предварительно проведенных исследований выключателей с дугогасительными устройствами аналогичной конструкции.

При отсутствии такого анализа или предварительного исследования указанное напряжение допускается определять на основании результатов измерения статического распределения напряжения между разрывами (группами разрывов, модулями), произведенного при заземлении одного из выводов выключателя (при поочередном заземлении обоих выводов, если разрывы расположены несимметрично относительно земли), причем принятое для испытания значение напряжения должно быть не ниже напряжения, приходящегося на наиболее нагруженный разрыв (группу разрывов или модуль) при наиболее неблагоприятном случае заземления вывода.

Для режима неудаленных коротких замыканий расчет или измерения распределения напряжения должны быть выполнены при приложении напряжения как со стороны линии, так и со стороны источника. Для испытаний принимают наибольшее значение напряжения на разрыв, полученное при приложении напряжения со стороны линии.

При расчетах следует учитывать заводские допуски на значения шунтирующих емкостей и резисторов.

Если выключатель имеет активный делитель напряжения с сопротивлением не более 1000 Ом на разрыв, то измерение распределения напряжения допускается не проводить, а рассчитать с учетом наиболее неблагоприятного возможного соотношения сопротивлений при допускаемых отклонениях их значений.

9.6.8.4 Испытания по частям некоторых типов выключателей, например с несколькими разрывами дугогасительных устройств в общем кожухе, необходимо дополнить испытанием, подтверждающим отсутствие перекрытия по ионизированным выхлопным газам при действии всех разрывов.

9.6.9 Испытания для подтверждения нормированного ресурса по коммутационной способности

9.6.9.1 Для подтверждения нормированного ресурса выключателя по коммутационной стойкости проводят испытания при токе, для которого изготовителем нормируется ресурс. Количество отключений и включений тока должно быть не менее нормированного. Включения и отключения допускается выполнять как отдельные операции или как составную часть различных циклов операций. Минимальное время между операциями и циклами устанавливает изготовитель.

В зачетное число операций для подтверждения нормированного ресурса по коммутационной стойкости могут быть включены операции, выполненные при нормированном токе по 9.6.6.1, если между отдельными режимами испытаний и после них не проводились ремонтные работы. Для подтверждения нормированного ресурса при $I_{o,\,ном}$ в случае соблюдения указанного условия могут быть зачтены опыты в режимах T100s, T100a, L90.

9.6.9.2 Испытания проводят при номинальном напряжении на зажимах цепей управления, номинальном давлении в пневматических и пневмогидравлических устройствах привода и в воздушных выключателях, номинальном усилии пружин пружинного привода.

При испытаниях газовых выключателей плотность (приведенное к нормальной температуре давление газа) должна быть в диапазоне между верхним и нижним допустимыми значениями нормированной плотности заполнения (нормированному, приведенному к нормальной температуре давлению заполнения) газа.

Однако последний опыт в серии испытаний на ресурс должен выполняться при напряжении на зажимах цепей управления, давлении в пневматических и пневмогидравлических устройствах привода и в воздушных выключателях, усилии пружин пружинного привода, плотности газа в газовых выключателях в соответствии с 9.6.2.5.

9.6.9.3 Среднее время дуги за всю серию испытаний должно быть не менее среднего времени дуги в зачетных опытах при данном токе по 9.6.6.1.

9.6.9.4 Значения возвращающегося напряжения и напряжения перед включением устанавливают по 9.6.4.5 и 9.6.4.9 с учетом указаний 9.6.7.1 и 9.6.8.3. Переходное восстанавливающееся напряжение — по 9.6.5.3.

9.6.9.5 Допускается в зачетное число операций для подтверждения ресурса по коммутационной стойкости включать незачетные опыты при синтетических испытаниях, операции при пониженном напряжении и другие незачетные опыты основных испытаний на коммутационную способность по 9.6.6.1, если выполнено требование 9.6.9.3 к среднему времени дуги. Однако последний опыт в серии испытаний должен быть выполнен при соблюдении требований 9.6.9.4.

9.6.9.6 Допускается при определении ресурса учитывать опыты при других значениях тока отключения или включения, если изготовителем определена зависимость допустимого числа отключений или включений от тока.

9.6.9.7 Требования к испытуемому выключателю перед началом испытаний, во время испытаний и после них — по 9.6.2.

9.7 Испытание на коммутационную способность при емкостных токах

9.7.1 Выключатели с $U_{ном} \geq 110$ кВ испытывают на отключение и включение емкостных токов ненагруженных воздушных линий.

Выключатели, предназначенные для коммутации токов одиночных конденсаторных батарей, должны пройти испытания в объеме, предусмотренном настоящим разделом.

Методы испытаний выключателей, установленных в цепях составных конденсаторных батарей, настоящим стандартом не рассматриваются.

Испытуемый выключатель должен соответствовать требованиям 9.6.2.1 — 9.6.2.4. Испытания выключателя по частям — в соответствии с 9.6.8.

9.7.2 Источник питания должен соответствовать следующим требованиям:

а) частота тока — в диапазоне (50 ± 4) Гц;

б) после отключения тока напряжение не должно изменяться более чем на 2 % при испытаниях в режиме 1 (см. 9.7.9.2 и 9.7.10.2) и более чем на 5 % — при испытаниях в режиме 2;

в) ток короткого замыкания источника не должен превышать номинальный ток отключения выключателя;

г) параметры ПВН не должны быть жестче нормированных для режима Т100s;

д) кривая емкостного тока не искажена чрезмерно высшими гармониками: отношение действующего значения тока к действующему значению основной гармоники должно быть не более 1,2, в течение полупериода ток не должен проходить через нуль более одного раза.

Если по техническим возможностям испытательной установки требования по перечислению б) не могут быть выполнены при нормированном токе, допускается коммутировать ток меньшего значения, если при этом не облегчаются условия испытаний.

9.7.3 При однофазных лабораторных испытаниях один из выводов источника питания должен быть заземлен. Допускается заземление другой точки схемы, если это требуется по условию обеспечения правильного распределения напряжения между разрывами полюса выключателя.

При трехфазных испытаниях нейтраль источника питания должна быть заземлена. Импеданс нулевой последовательности схемы не должен превышать импеданс прямой последовательности более чем в три раза; для конденсаторных батарей с изолированной нейтралью это требование не предъявляют.

9.7.4 Сопротивление утечек емкостной нагрузки вместе с подсоединенным к ней измерительным оборудованием должно быть достаточно высоким, чтобы снижение напряжения на выключателе в результате стекания зарядов за время 300 мс после окончательного гашения дуги не превышало 10 %.

9.7.5 При испытаниях на отключение ненагруженных воздушных линий могут использоваться следующие возможности представления емкостной нагрузки:

а) при трехфазных испытаниях допускается использовать параллельно соединенные линии, а также заменять реальные трехфазные линии полностью или частично конденсаторными батареями; результирую-

щая емкость прямой последовательности должна быть приблизительно в два раза больше емкости нулевой последовательности;

б) при однополюсных испытаниях в трехфазной схеме две фазы линии присоединяются к источнику непосредственно, а третья фаза — через испытуемый полюс выключателя;

в) при однополюсных лабораторных испытаниях реальные линии допускается полностью или частично заменять конденсаторными батареями, а также использовать параллельное соединение проводов отдельных фаз линии с возвратом тока через землю или проводник.

При замещении линии сосредоточенной емкостью последовательно с емкостью может быть введен резистор, сопротивление которого не должно превышать 5 % емкостного сопротивления.

9.7.6 Испытания на отключение емкостных токов допускается проводить по синтетическим и другим искусственным схемам, если показана возможность их применения; эти схемы и обоснования их использования должны быть приведены в протоколах испытаний.

9.7.7 При испытаниях в трехфазных схемах (9.7.5, перечисления а) и б)) междуполюсное напряжение должно быть не менее $U_{н.\,р}$.

При однополюсных лабораторных испытаниях напряжение на выключателе непосредственно перед его отключением должно быть не менее значения, рассчитанного по формуле

$$\kappa_c U_{н.\,р} / \sqrt{3}, \qquad (24)$$

где коэффициент κ_c равен:

1,0 — при испытаниях на отключение конденсаторных батарей в системах с заземленной нейтралью;

1,2 — при испытаниях на отключение ненагруженных линий;

1,4 — при испытаниях на отключение конденсаторных батарей в системах с изолированной нейтралью;

1,4 — при испытаниях на отключение ненагруженных линий при наличии короткого замыкания на землю в одной или двух фазах.

При испытаниях выключателя по частям напряжение выбирают по наиболее нагруженной части полюса выключателя.

При проведении испытаний напряжение промышленной частоты со стороны источника питания и постоянное напряжение на емкости следует поддерживать не менее 0,3 с после отключения тока.

9.7.8 При испытаниях на коммутационную способность при емкостных токах проводят операции отключения или циклы включение — отключение.

Перед проведением операции включения на емкости не должен оставаться заряд.

При операции включения ток должен появляться при фазе напряжения, находящейся в диапазоне ± 15 электрических градусов от момента времени, при котором напряжение принимает амплитудное значение (при трехполюсных испытаниях — в одной из фаз). Если по условиям работы испытательной установки это требование не может быть удовлетворено, допускается перед испытаниями выполнить дополнительно требуемое число отдельных операций включения.

Допускается выполнять операции включения на ток отдельно, число операций — в соответствии с таблицами 25 и 27, при этом испытания в операции включения должны предшествовать испытаниям в циклах ВО, в которых операция включения выполняется без тока.

9.7.9 Испытания выключателей класса С2 (с очень низкой вероятностью повторных пробоев)

9.7.9.1 Перед испытаниями на отключение и включение емкостных токов проводят испытания выключателя на коммутационную способность в режиме Т60 (см. таблицу 22) или выполняют три отключения тока, значение которого должно быть не менее 0,6 $I_{о,\,ном}$. При ограниченных возможностях испытательной установки допускается проводить эти испытания при пониженных значениях возвращающегося и восстанавливающегося напряжений и напряжения включения. В промежутке между выполнением этих испытаний и испытаниями на отключение и включение емкостных токов не допускается проведение работ по обслуживанию испытуемого выключателя. Допускается снижение давления газа на время перемещения выключателя в другую испытательную камеру.

9.7.9.2 Испытательные режимы и условия проведения испытаний на коммутацию емкостных токов приведены в таблице 24.

Таблица 24 — Режимы испытаний выключателей класса С2

Режим испытаний	Напряжение цепей управления	Давление в приводе и в полюсах	Ток, % нормированного емкостного тока отключения	Операции или циклы операций
1	Максимальное	Минимальное	От 10 до 40	О
2	Максимальное	Номинальное	Не менее 100	О и ВО или ВО

9.7.9.3 Для удобства проведения испытаний допускается выполнять циклы ВО при проведении испытательного режима 1.

9.7.9.4 При определении минимального времени дуги момент размыкания контактов изменяется от опыта к опыту с интервалами примерно 6 электрических градусов. Эти опыты засчитываются при испытаниях в соответствующих режимах.

9.7.9.5 Число опытов, проводимых при трехполюсных и однополюсных испытаниях выключателей в режимах 1 и 2, и последовательность их проведения приведены в таблице 25.

Таблица 25 — Число опытов и последовательность их проведения при испытаниях на отключение емкостных токов выключателями класса С2

Режим испытаний	Серия опытов	Отключение воздушных линий		Отключение конденсаторных батарей		Условия проведения опытов
		трехполюсное	однополюсное	трехполюсное	однополюсное	
1	2	3	4	5	6	7
1	1.1	4 · О	12 · О	4 · О	12 · О	При одной полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов
	1.2	6 · О	6 · О	6 · О	6 · О	При той же полярности тока, что и в серии 1.1, и минимальном времени дуги
	1.3	4 · О	12 · О	4 · О	12 · О	При полярности тока, противоположной сериям 1.1 и 1.2, интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов
	1.4	6 · О	6 · О	6 · О	6 · О	При той же полярности тока, что и в серии 1.3, и минимальном времени дуги
	1.5	4 · О	12 · О	4 · О	12 · О	При любой полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов
2	2.1	4 · ВО	6 · О и 6 · ВО	4 · ВО	12 · ВО	При одной полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов — для граф 3, 5, 6 и 30 электрических градусов для графы 4
	2.2	6 · ВО	3 · О и 3 · ВО	32 · ВО	42 · ВО	При той же полярности тока, что и в серии 2.1 и минимальном времени дуги
	2.3	4 · ВО	6 · О и 6 · ВО	4 · ВО	12 · ВО	При полярности тока, противоположной сериям 2.1 и 2.2, с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов — для граф 3, 5, 6 и 30 электрических градусов для графы 4

Окончание таблицы 25

Режим испытаний	Серия опытов	Отключение воздушных линий		Отключение конденсаторных батарей		Условия проведения опытов
		трехполюсное	однополюсное	трехполюсное	однополюсное	
1	2	3	4	5	6	7
2	2.4	6 · ВО	3 · О и 3 · ВО	32 · ВО	42 · ВО	При той же полярности тока, что и в серии 2.3, и минимальном времени дуги
	2.5	4 · ВО	6 · О и 6 · ВО	8 · ВО	12 · ВО	При любой полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 15 электрических градусов
Примечание — О — операция отключения; ВО — цикл включение — отключение.						

9.7.10 Испытания выключателей класса С1 (с низкой вероятностью повторных пробоев)

9.7.10.1 Испытания проводят на новом (восстановленном) выключателе без предварительных коммутаций токов короткого замыкания.

9.7.10.2 Испытательные режимы и условия проведения испытаний на коммутацию емкостных токов приведены в таблице 26.

Таблица 26 — Режимы испытаний выключателей класса С1

Режим испытаний	Напряжение цепей управления	Давление в приводе и в полюсах	Ток, в % нормированного емкостного тока отключения	Операции или циклы операций
1	Максимальное	Номинальное	От 10 до 40	О
2	Максимальное	Номинальное	Не менее 100	ВО

9.7.10.3 Для удобства проведения испытаний допускается выполнять циклы ВО при проведении испытательного режима 1.

9.7.10.4 При определении минимального времени дуги момент размыкания контактов изменяется от опыта к опыту с интервалами около 6 электрических градусов. Эти опыты засчитывают при испытаниях в соответствующих режимах.

9.7.10.5 Число опытов, выполняемых при трехполюсных и однополюсных испытаниях выключателей на отключение ненагруженных воздушных линий и конденсаторных батарей в режимах 1 и 2, и последовательность их проведения приведены в таблице 27.

Таблица 27 — Число опытов и последовательность их проведения при испытаниях на отключение емкостных токов выключателями класса С1

Режим испытаний	Серия опытов	Операции или циклы	Условия проведения опытов
1	1.1	6 · О	При одной полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 30 электрических градусов
	1.2	3 · О	При той же полярности тока, что и в серии 1.1, и минимальном времени дуги
	1.3	3 · О	При полярности тока, противоположной сериям 1.1 и 1.2, и минимальном времени дуги

Окончание таблицы 27

Режим испытаний	Серия опытов	Операции или циклы	Условия проведения опытов
1	1.4	6 · О	При той же полярности тока, что и в серии 1.3, и максимальном времени дуги
	1.5	6 · О	При любой полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 30 электрических градусов
2	2.1	6 · ВО	При одной полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 30 электрических градусов
	2.2	3 · ВО	При той же полярности тока, что и в серии 2.1, и минимальном времени дуги
	2.3	3 · ВО	При полярности тока, противоположной сериям 2.1 и 2.2, и минимальном времени дуги
	2.4	6 · ВО	При той же полярности тока, что и в серии 2.4, и максимальном времени дуги
	2.5	6 · ВО	При любой полярности тока с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 30 электрических градусов
Примечание — О — операция отключения; ВО — цикл включение — отключение.			

9.7.11 В дополнение к испытаниям в нормальном режиме отключения ненагруженной воздушной линии (см. 9.7.9, 9.7.10) должны быть проведены испытания на отключение ненагруженной трехфазной линии при наличии короткого замыкания на землю в одной или двух фазах.

При однофазных испытаниях напряжение принимают в соответствии с 9.7.7 (κ_c = 1,4). Нормированный ток отключения увеличивают в 1,25 раза по сравнению с указанным в 6.8.1.

Процедуру испытаний принимают в соответствии с 9.7.8, 9.7.9, 9.7.10, однако число операций О и циклов ВО во всех режимах уменьшают в два раза.

Если испытания, предусмотренные настоящим пунктом, выполняются при числе операций, указанном в 9.7.9, 9.7.10, то испытания в соответствии с 9.7.9, 9.7.10 допускается не проводить.

9.7.12 Выключатель считают выдержавшим испытания на отключение емкостных токов, если выполнены следующие условия:

а) во время выполнения всех испытательных режимов для выключателей класса С2 не было ни одного повторного пробоя и внешних признаков отклонения от нормальной работы выключателя, указанных в 9.6.2.6;

б) после испытаний состояние выключателя соответствует следующим требованиям:

- операции включения и отключения выключателя при отсутствии тока в его главной цепи происходят исправно. Время срабатывания выключателя не изменилось существенно по сравнению с его значением до испытаний. Для контроля времени срабатывания после испытаний должны быть выполнены операции включения и отключения без тока, определены собственные время включения и время отключения при номинальном напряжении на зажимах электрических устройств привода;

- состояние главных контактов (оплавление поверхности, контактное давление) обеспечивает возможность длительного пропускания через них тока, равного номинальному. При этом для выключателей класса С2 температура не должна более чем на 10 °С превышать установленные по ГОСТ 8024;

- если при испытаниях имел место повторный пробой и максимальное значение напряжения при пробое было ниже максимального значения напряжения по 9.3.5, то проводят испытания изоляции в соответствии с 9.3.5. Последующий осмотр должен подтвердить отсутствие следов пробоя на изоляционных поверхностях между дугогасительными или главными контактами.

Для вакуумных выключателей испытания по 9.3.5 обязательны, независимо от наличия пробоев.

Если при испытаниях, проводимых в соответствии с 9.7.9, 9.7.10 или 9.7.11, произошел один повторный пробой, то соответствующая серия испытаний может быть повторена без промежуточного обслужива-

ния выключателя. Выключатель считают выдержавшим испытания, если при повторных испытаниях ни одного повторного пробоя не было.

9.7.13 Выключатель класса С2 может быть переквалифицирован в класс С1, если после испытаний состояние выключателя соответствует требованиям 9.7.12, перечисление б), а число повторных пробоев соответствует приведенному ниже:

- при выполнении испытаний на отключение ненагруженной воздушной линии в режимах 1 и 2 по 9.7.9.5 (96 опытов — в случае однополюсных испытаний и 48 опытов — в случае трехполюсных испытаний) был один или два повторных пробоя, и при этом повторные испытания по 9.7.12 не проводились;
- при выполнении испытаний на отключение ненагруженной воздушной линии в режимах 1 и 2 по 9.7.9.5 (96 опытов — в случае однополюсных испытаний и 48 опытов — в случае трехполюсных испытаний) был один повторный пробой, при этом при повторных испытаниях также имели место пробои независимо от их числа;
- при выполнении испытаний на отключение конденсаторной батареи в режимах 1 и 2 по 9.7.10.5 (168 опытов — в случае однополюсных испытаний и 104 опыта — в случае трехполюсных испытаний) было не более пяти повторных пробоев, при этом повторные испытания не проводились;
- при выполнении испытаний на отключение конденсаторной батареи в режимах 1 и 2 по 9.7.10.5 (168 опытов — в случае однополюсных испытаний и 104 опыта — в случае трехполюсных испытаний) был один повторный пробой, при этом при повторных испытаниях также имели место пробои, независимо от их числа.

9.8 Испытание на отключение тока шунтирующего реактора

9.8.1 Выключатели с $U_{ном} \geq 110$ кВ, предназначенные для коммутации тока шунтирующего реактора, испытывают на отключение тока реактора в режимах и объеме, указанных в настоящем разделе.

Испытуемый выключатель должен соответствовать требованиям 9.6.2.1 — 9.6.2.4. Испытания выключателя по частям — в соответствии с 9.6.8.

9.8.2 Источник питания должен соответствовать следующим требованиям:

а) частота тока — в диапазоне (50 ± 4) Гц;

б) после отключения тока напряжение на источнике не должно изменяться более чем на 10 %;

в) ток короткого замыкания источника не должен превышать номинального тока отключения выключателя;

г) емкость схемы со стороны источника должна быть больше емкости схемы со стороны реактора не менее чем в 10 раз;

д) параметры ПВН не нормируют.

9.8.3 При трехполюсных испытаниях нейтрали источника питания и нагрузки должны быть заземлены.

Индуктивность соединительных проводов не нормируют, но она должна быть минимально возможной.

9.8.4 Нагрузка должна состоять из реактора (с железным сердечником или без сердечника либо сочетание трансформатора с реактором), шунтирующих емкостей и резисторов, подобранных так, чтобы собственное переходное напряжение на нагрузке было не менее жестким, чем представленное в таблице 28.

Таблица 28 — Нормированные характеристики собственного переходного напряжения на нагрузке при отключении тока шунтирующего реактора

Номинальное напряжение, кВ	Характеристики собственного переходного напряжения (в соответствии с рисунком 4)		
	напряжение U_c, кВ	время t_3, мкс	
		при нормированном токе отключения	при минимальном токе отключения
110	195	97	172
150	232	114	202
220	390	166	295
330	560	202	359
500	813	243	432
750	641	294	521

Кривая ПВН имеет форму (1 – cos φ).

$U_c = U_{н.р} \sqrt{2/3} \cdot 1{,}9$ значения t_3 определены по среднему значению емкости нагрузки 1750 пФ для выключателей с $U_{ном} < 220$ кВ и 2600 пФ — для выключателей с $U_{ном} \geq 220$ кВ.

Выключатель испытывают в соответствии с 6.9.2 при двух значениях тока:

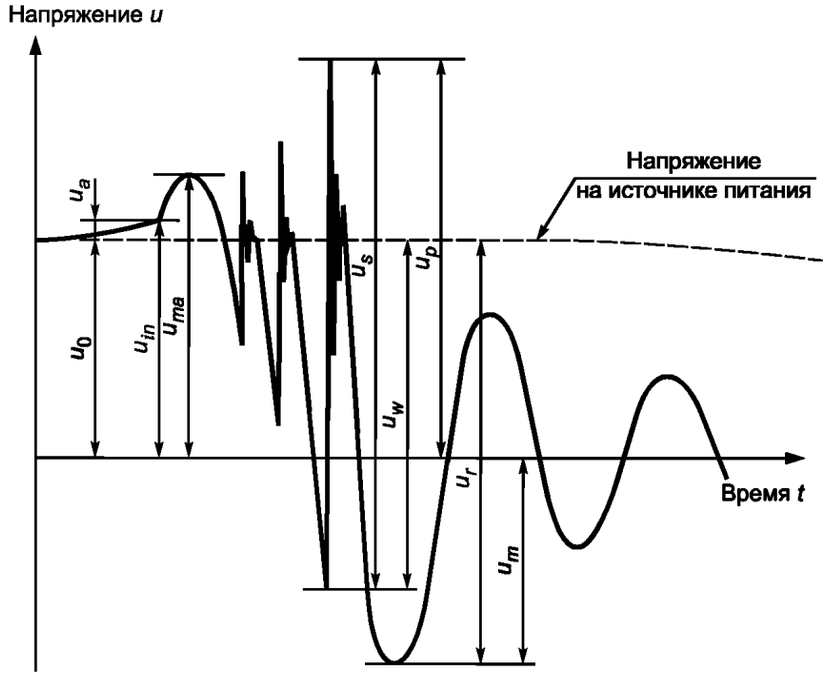
- нормированном токе отключения;
- минимально допустимом токе.

9.8.5 При трехполюсных испытаниях испытательное напряжение, измеренное между фазами в месте установки выключателя непосредственно перед отключением, должно быть равно $U_{н.\,р}$.

При однополюсных лабораторных испытаниях напряжение, измеренное в месте установки выключателя непосредственно перед отключением, должно быть равно $U_{н.\,р}/\sqrt{3}$.

9.8.6 Как при трехполюсных, так и при однополюсных испытаниях выполняют 20 отключений цепи с нормированным током и 20 отключений цепи с минимальным током с интервалами изменения фазы тока в момент размыкания контактов около 9 электрических градусов — при трехполюсных испытаниях и около 18 электрических градусов — при однополюсных испытаниях.

В случае однополюсных испытаний дополнительно проводят испытания при минимальном токе; должно быть сделано 18 отключений при тех значениях длительности дуги, при которых имели место повторные зажигания дуги. Шесть опытов проводят при той длительности дуги, при которой напряжение повторного зажигания u_w (см. рисунок 15) было наибольшим, шесть опытов — при увеличенной длительности дуги, полученной в результате смещения фазы тока в момент размыкания контактов на 9 электрических градусов назад, и шесть опытов — при уменьшенной длительности дуги, полученной в результате смещения фазы тока в момент размыкания контактов на 9 электрических градусов вперед.



u_0 — амплитуда фазного возвращающегося напряжения относительно земли; u_a — напряжение на дуге выключателя; $u_{in} = u_0 + u_a$ — напряжение в момент среза тока относительно земли; u_{ma} — пик перенапряжения относительно земли, вызванного срезом тока; u_{mr} — пик восстанавливающегося напряжения относительно земли; u_p — максимальное перенапряжение относительно земли (равно u_{ma} или u_{mr}, если нет повторных зажиганий); u_s — максимальное изменение напряжения при повторном зажигании; u_w — напряжение на выключателе при повторном зажигании; u_r — пик восстанавливающегося напряжения на выключателе

Рисунок 15 — Переходное напряжение на нагрузке при однополюсном отключении шунтирующего реактора

Если в режиме при отключении минимального тока не было повторных зажиганий, то в серии дополнительных однополюсных испытаний шесть опытов должно быть проведено при минимальном времени дуги, шесть опытов — при увеличенной длительности дуги, полученной в результате смещения фазы тока в момент размыкания контактов на 9 электрических градусов назад, и шесть опытов — при подаче команды на отключение позже, чем при минимальном времени дуги на 9 электрических градусов.

9.8.7 При испытаниях регистрируют на осциллограмме или с помощью других методов, обеспечивающих необходимую точность и развертку, следующие параметры:

- фазное напряжение со стороны источника питания;
- напряжение на выключателе;
- фазное напряжение на нагрузке (реакторе);
- ток через выключатель.

Записи напряжения должны позволять определить значения следующих величин (см. рисунок 15), которые должны быть приведены в протоколе испытаний:

u_{ma} — принудительный пик напряжения источника питания относительно земли;

u_{in} — начальное напряжение в момент среза тока;

u_{mr} — пик восстанавливающегося напряжения (если он более u_{ma});

u_w — напряжение на выключателе в момент повторного зажигания или пробоя.

По согласованию между изготовителем и потребителем также указывают токи среза и кривые нарастания электрической прочности между контактами выключателя.

Указанные параметры и характеристики используются для оценки перенапряжений в случае применения реакторов, характеристики которых отличаются от испытуемой нагрузки. Методика такой оценки настоящим стандартом не рассматривается.

9.8.8 Выключатель считают выдержавшим испытания на отключение тока шунтирующего реактора, если выполнены следующие условия:

а) выключатель отключил ток реактора во всех опытах;

б) во время выполнения всех испытательных режимов не наблюдалось внешних признаков отклонения от нормальной работы выключателя, указанных в 9.6.2.6;

в) после испытаний состояние выключателя соответствует следующим требованиям:

- операции включения и отключения выключателя при отсутствии тока в его главной цепи происходят исправно. Собственное время включения и время отключения выключателя не изменились существенно по сравнению с их значениями до испытаний. Для контроля времен срабатывания после испытаний должны быть выполнены операции включения и отключения без тока (холостые операции), определены собственные времена включения и отключения при номинальном напряжении на зажимах электрических устройств привода;
- состояние главных контактов (оплавление поверхности, контактное давление, свобода передвижения) обеспечивает возможность длительного пропускания через них тока, равного номинальному;
- при разборке и осмотре выключателя после испытаний установлено, что повторные зажигания дуги происходили только между дугогасительными контактами, отсутствуют следы возникновения дуги на не предназначенных для этого элементах выключателя.

9.9 Испытания на радиопомехи

9.9.1 Соответствие выключателя требованиям 6.10 проверяют методом непосредственного измерения напряжения радиопомех.

9.9.2 Испытания проводят на одном полюсе выключателя при включенном и отключенном положениях. Все вспомогательные устройства, влияющие на радиопомехи, например шунтирующие конденсаторы, кольца для выравнивания распределения напряжения, проводники высокого напряжения, должны быть установлены на полюсе выключателя.

Испытательное напряжение прикладывают следующим образом:

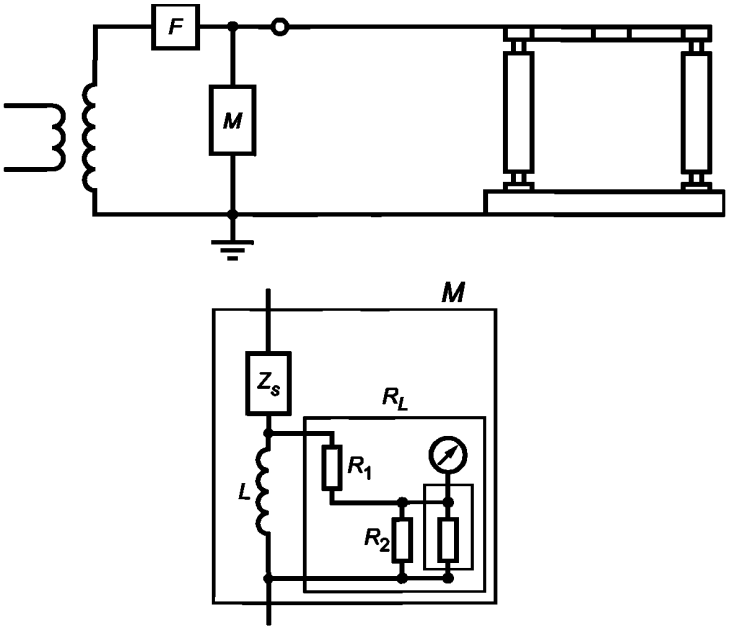
- во включенном положении — между выводами и заземленным основанием;
- в отключенном положении — между одним выводом и вторым выводом, соединенным с заземленным основанием; если выключатель имеет несимметричную конструкцию, то испытания проводят при подаче напряжения сначала на один вывод, затем — на второй.

Корпус, бак, основание и другие нормально заземленные части должны быть присоединены к земле. Необходимо принять меры, чтобы избежать влияния на измерения заземленных или незаземленных объектов, расположенных вблизи выключателя, а также испытательной и измерительной цепи.

Выключатель должен быть сухим и чистым. Его температура должна быть приблизительно равна температуре в помещении, в котором проводят испытание. Перед проведением испытания на радиопомехи в течение 2 ч выключатель не следует подвергать испытаниям электрической прочности изоляции.

Испытательная цепь не должна быть источником радиопомех, значения которых превышают указанные ниже. Схема испытательной цепи приведена на рисунке 16.

Измерительная цепь должна быть настроена на частоту (0,5 ± 0,05) МГц. Допускается использовать и другие частоты в диапазоне от 0,5 до 2 МГц. Результаты измерений выражают в микровольтах.



F — фильтр; *M* — измерительный блок; R_L — эквивалентное сопротивление, состоящее из сопротивления R_1, соединенного последовательно в комбинации с сопротивлением R_2, соединенным с эквивалентным сопротивлением измерительной установки; Z_s — может быть конденсатором или цепью, состоящей из конденсатора и индуктивной катушки, соединенных последовательно; *L* — индуктивность, используемая для шунтирования токов промышленной частоты и для компенсации паразитной емкости при измерительной частоте

Рисунок 16 — Схема цепи для измерений напряжения радиопомех

Значение полного сопротивления испытательной цепи должно быть в пределах от 30 до 600 Ом. Фазовый угол не должен превышать 20 электрических градусов. Эквивалентное напряжение радиопомех, отнесенное к 300 Ом, может быть вычислено, предполагая, что измеренное напряжение прямо пропорционально сопротивлению, за исключением испытуемых образцов большой емкости, для которых поправка, внесенная на основании этого предположения, может оказаться неточной. Поэтому для баковых выключателей с вводами рекомендуется сопротивление 300 Ом.

Фильтр *F* должен иметь высокое полное сопротивление на частоте измерения, чтобы не шунтировать сопротивление между проводником высокого напряжения и землей. Фильтр также снижает циркулирующие в испытательной цепи радиочастотные токи, генерируемые трансформатором высокого напряжения или возникшие от посторонних источников. Значение его полного сопротивления должно находиться в диапазоне от 10000 до 20000 Ом на измерительной частоте.

Соответствующие средства должны обеспечивать уровень внешнего фона радиопомех (уровень радиопомех, вызванных внешним полем и трансформатором высокого напряжения в процессе намагничивания при полном испытательном напряжении) по меньшей мере на 6 дБ и, предпочтительно, на 10 дБ ниже нормированного уровня радиопомех испытуемого выключателя.

Так как на уровень радиопомех могут влиять волокна или пыль, оседающая на изоляторах, допускается перед проведением испытаний протирать изоляторы чистой тканью.

Во время испытаний следует записывать метеорологические условия. Относительная влажность воздуха при проведении испытаний не должна превышать 80 %.

Испытания проводят по методике, приведенной ниже.

Напряжение, равное 1,1 $U_{н.\,р}/\sqrt{3}$, прикладывают к полюсу выключателя и выдерживают в течение 5 мин. Затем напряжение снижают ступенями до 0,3 $U_{н.\,р}/\sqrt{3}$, снова повышают ступенями до первоначального значения и, наконец, снижают ступенями до 0,3 $U_{н.\,р}/\sqrt{3}$. Амплитуды ступеней напряжения должны быть приблизительно 0,1 $U_{н.\,р}/\sqrt{3}$.

На каждой ступени приложенного напряжения проводят измерение радиопомех.

Результаты, полученные в последней серии снижения напряжения, представляют в виде графика зависимости уровня радиопомех от приложенного напряжения. Полученная таким образом кривая является характеристикой радиопомех выключателя.

Выключатель считают выдержавшим испытания, если уровень радиопомех при напряжении 1,1 $U_{н.р}$ / $\sqrt{3}$ не превышает 2500 мкВ.

9.10 Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам

9.10.1 Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам проводят по ГОСТ 16962.1 с учетом требований ГОСТ 17412 для выключателей в климатическом исполнении ХЛ и УХЛ.

9.10.2 Испытания на воздействие верхнего и нижнего значений температуры внешней среды при эксплуатации

9.10.2.1 Общие требования

Испытания на воздействие верхнего и нижнего значений температуры среды при эксплуатации проводят в камерах тепла и холода без тока в главной цепи выключателя.

Число и расположение точек, в которых проводят измерение температуры, способ усреднения измеренных значений температуры указывают в программе и протоколе испытаний.

Для выключателей трехполюсного исполнения с тремя полюсами в общем кожухе и для выключателей с функционально зависимыми полюсами, имеющими общий привод, следует проводить трехполюсные испытания. Для других выключателей допускается проведение однополюсных испытаний.

Если размеры испытательной камеры не позволяют разместить в ней выключатель или полюс выключателя, то допускается испытывать образец выключателя, имеющий:

- уменьшенную длину изоляции относительно земли;
- уменьшенное расстояние между полюсами;
- уменьшенное число модулей.

При этом условия работы испытуемого образца в части выполнения механических операций не должны быть облегченными по сравнению с нормальными условиями.

Допускается испытывать в климатической камере крупные сборочные единицы выключателя с проверкой их способности выполнять механические операции.

Для выключателей категории размещения 3 с нижним пределом температуры минус 5 °С проведение испытаний при нижнем пределе рабочей температуры не требуется.

Выключатель считают выдержавшим испытания на воздействие верхнего и нижнего значений температуры внешней среды при эксплуатации, если он соответствует требованиям 9.2.4.4. Газовые выключатели должны также в части герметичности соответствовать требованиям 9.10.2.2, перечисление г) и 9.10.2.3, перечисление г).

9.10.2.2 Испытания на воздействие нижнего значения температуры внешней среды при эксплуатации

Испытания проводят при включенных подогревающих устройствах в соответствии с указаниями эксплуатационных документов.

Последовательность выполнения испытания в части изменения температуры, выполнения механических операций, проверки герметичности должна соответствовать приведенной ниже:

а) испытуемый выключатель должен быть отрегулирован в соответствии с техническими документами изготовителя;

б) механические характеристики выключателя (9.2.2.1) определяют при температуре окружающего воздуха T_A в пределах (20 ± 5) °С. Газовые выключатели испытывают на герметичность во включенном положении;

в) при включенном выключателе температуру воздуха снижают до нормированного значения нижней температуры внешней среды при эксплуатации $T_н$. При этом значении температуры выключатель выдерживают во включенном положении в течение 24 ч;

г) в течение 24 ч, пока выключатель находится во включенном положении, проводят, если возможно, испытание на герметичность газового выключателя. Допускается повышение расхода газа на утечки, но при этом должны быть выполнены следующие условия:

- расход газа на утечки должен снизиться до первоначального значения, когда температура окружающего воздуха повысится до T_A,
- расход газа на утечки возрастает не более чем в три раза — при понижении температуры до минус 45 °С, и не более чем в шесть раз — при понижении температуры до минус 60 °С;

д) после выдержки выключателя в течение 24 ч при температуре $T_н$ выключатель должен быть отключен и включен при номинальных значениях напряжения и рабочего давления с регистрацией собственных времен срабатывания и, если возможно, скоростей срабатывания;

е) устройства подогрева выключателя, в том числе антиконденсационные подогреватели, отключают на два часа. В течение этого интервала времени для газовых выключателей допускается появление сигна-

ла снижения давления газа, но не должны срабатывать устройства блокировки работы выключателя. В конце этого интервала времени выключатель должен отключиться по команде при номинальном напряжении и рабочем давлении с регистрацией собственного времени отключения и, если возможно, скорости отключения;

ж) выключатель остается в отключенном положении в течение 24 ч при температуре $T_н$.

и) в течение 24 ч, пока выключатель находится в отключенном положении, проводят, если возможно, испытание на герметичность газового выключателя. Допускается повышение расхода газа на утечки при выполнении условий, указанных в перечислении г);

к) в конце 24-часового периода выполняют 50 операций отключения и 50 операций включения, в том числе три цикла ВО, при номинальном напряжении и рабочем давлении. Между операциями или циклами выдерживают интервал — 3 мин. В первых операциях регистрируют собственные времена срабатывания и, если возможно, скорости отключения. Затем выполняют три цикла ВО без преднамеренной выдержки времени и остальные операции включения и отключения;

л) температуру воздуха повышают до T_A со скоростью около 10 °С/ч. В период повышения температуры выполняют операции включения и отключения выключателя при номинальном напряжении и рабочем давлении с интервалами между ними 30 мин;

м) после повышения температуры выключателя до T_A проводят проверку механических характеристик и герметичности выключателя.

9.10.2.3 Испытания на воздействие верхнего значения температуры внешней среды при эксплуатации

Последовательность выполнения испытания в части изменения температуры, выполнения механических операций, проверки герметичности должна соответствовать приведенной ниже:

а) испытуемый выключатель должен быть отрегулирован в соответствии с техническими документами изготовителя;

б) механические характеристики выключателя (9.2.2.1) определяют при температуре окружающего воздуха T_A в пределах (20 ± 5) °С. Газовые выключатели испытывают на герметичность во включенном положении;

в) при включенном выключателе температуру воздуха повышают до нормированного значения верхней температуры внешней среды при эксплуатации $T_в$. При этом значении температуры выключатель выдерживают во включенном положении в течение 24 ч;

г) в течение 24 ч, пока выключатель находится во включенном положении, проводят, если возможно, испытание на герметичность газового выключателя. Допускается повышение расхода газа на утечки, но при этом должны быть выполнены следующие условия:

- расход газа на утечки должен снизиться до первоначального значения, когда температура окружающего воздуха понизится до T_A,
- расход газа на утечки возрастает не более чем в три раза — при повышении температуры до нормированного значения верхней рабочей температуры;

д) после выдержки выключателя в течение 24 ч при нормированном значении верхней рабочей температуры выключатель должен быть отключен и включен при номинальных значениях напряжения и рабочего давления с регистрацией собственных времен срабатывания и, если возможно, скоростей срабатывания;

е) выключатель остается в отключенном положение в течение 24 ч при нормированном значении верхней рабочей температуры;

ж) в течение 24 ч, пока выключатель находится в отключенном положении, проводят, если возможно, испытание на герметичность газового выключателя. Допускается повышение расхода газа на утечки при выполнении условий, указанных в перечислении г);

и) в конце 24-часового периода выполняют 50 операций отключения и 50 операций включения, в том числе три цикла ВО, при номинальном напряжении и рабочем давлении. Между операциями или циклами выдерживают интервал — 3 мин. В первых операциях регистрируют собственные время включения и время отключения и, если возможно, скорость отключения. Затем выполняют три цикла ВО без преднамеренной выдержки времени и остальные операции включения и отключения;

к) температуру воздуха понижают до T_A со скоростью около 10 °С/ч. В период понижения температуры выполняют операции включения и отключения выключателя при номинальном напряжении и рабочем давлении с интервалами между ними 30 мин;

л) после понижения температуры выключателя до T_A проводят проверку механических характеристик и герметичности выключателя.

9.10.3 Допускается измерение расхода газа на утечки проводить до и после испытаний газового выключателя на воздействие нижнего и верхнего значений температуры среды при эксплуатации. Изменение расхода на утечки является допустимым, если при повышении или при понижении температуры до нормального значения расход газа на утечки возвращается к первоначальному значению.

9.10.4 Испытания на воздействие нижнего значения температуры внешней среды при транспортировании и хранении проводят по ГОСТ 16962.1, ГОСТ 17412 или ГОСТ 15150 при квалификационных и типовых испытаниях.

Испытанию подвергают отдельные элементы или сборочные единицы выключателя, перечень которых, а также уточненная методика испытания и критерии оценки результатов испытания приводятся в ТУ и (или) в программах испытаний.

9.10.5 Испытания на воздействие верхнего значения температуры внешней среды при транспортировании и хранении проводят по ГОСТ 16962.1 или ГОСТ 15150 при квалификационных и типовых испытаниях.

Испытанию подвергают отдельные элементы или сборочные единицы выключателя, перечень которых, а также уточненная методика испытания и критерии оценки результатов испытания приводятся в ТУ и (или) в программах испытаний.

9.10.6 Испытания оболочек выключателя или шкафов приводов на степень защиты от внешних твердых предметов и проникновения воды проводят по ГОСТ 14254.

Испытание на каплезащищенность проводят по ГОСТ 16962.1 (испытание 219, метод 219—1), но при интенсивности дождя 3 мм/мин, с его воздействием на каждую сторону изделия в течение 2 ч.

Испытанию подвергают выключатель или его элементы, указанные в ТУ и (или) в программе испытаний.

После проведения этого испытания на частях выключателя, указанных в 6.12.1.8, не должно быть следов попадания воды.

9.11 Нормальные значения климатических факторов внешней среды при испытаниях

9.11.1 За нормальные значения климатических факторов внешней среды для испытаний, проводимых в закрытом помещении, если они не определены в стандартах или ТУ иным образом, принимают:

- температуру — плюс (20 ± 10) °С;
- относительную влажность воздуха — от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление — от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

9.11.2 Диапазон температур окружающего воздуха и относительной влажности для испытаний, проводимых на открытых площадках и в открытых камерах, не нормируют.

10 Транспортирование и хранение

10.1 Выключатели или их части перевозят транспортом любого вида.

10.2 Газовые выключатели транспортируют при транспортном (пониженном) избыточном давлении газа (до 0,05 МПа). Допускается газовые выключатели, фарфоровые или полимерные изоляторы которых не находятся под давлением, транспортировать при давлении заполнения газа.

Допускается транспортирование масляных выключателей без заполнения их маслом.

10.3 Условия транспортирования выключателей в части воздействия климатических факторов внешней среды в зависимости от характера и особенностей упакованной продукции и вида транспорта — по ГОСТ 15150.

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

10.5 Условия хранения выключателей в части воздействия климатических факторов внешней среды в зависимости от характера и особенностей подлежащей хранению продукции — по ГОСТ 15150.

11 Указания по эксплуатации

Указания по эксплуатации выключателя должны быть приведены в руководстве по эксплуатации, выполненном по ГОСТ 2.601.

12 Гарантии изготовителя

12.1 Изготовитель гарантирует соответствие выключателей требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения, установленных настоящим стандартом и ТУ.

12.2 Гарантийный срок эксплуатации — два года. Гарантийный срок эксплуатации исчисляют со дня ввода выключателя (привода) в эксплуатацию, но не позднее 30 мес со дня поступления продукции на предприятие.

Приложение А
(справочное)

Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

А.1 Общие понятия

А.1.1 **категория размещения:** Характеристика места размещения выключателя соответствующего климатического исполнения при эксплуатации.

А.1.2 **климатическое исполнение:** Совокупность требований к конструкции выключателя в части воздействия климатических факторов внешней среды и их номинальных значений для эксплуатации в пределах данной географической зоны, транспортирования и хранения.

А.1.3 **номинальные значения климатических факторов внешней среды:** По ГОСТ 15150.

А.1.4 **температура внешней среды при эксплуатации:** По ГОСТ 15150.

А.1.5 **электрическая сеть с изолированной нейтралью:** По ГОСТ 1516.3.

А.1.6 **электрическая сеть с заземленной нейтралью:** По ГОСТ 1516.3.

А.1.7 **коэффициент замыкания на землю:** По ГОСТ 1516.3.

А.1.8 **перенапряжение (в сети):** Любое напряжение между одной фазой и землей или между фазами, имеющее значение, превышающее соответствующий пик наибольшего рабочего напряжения оборудования.

А.1.9 **ток короткого замыкания:** Любой ток, превышающий номинальный, появляющийся в результате короткого замыкания, вызываемого повреждением или неправильным соединением в электрической цепи.

А.1.10 **неудаленное короткое замыкание:** Короткое замыкание на воздушной линии на коротком, но существенном расстоянии от выводов выключателя.

Примечание — Как правило, это расстояние составляет не более нескольких километров.

А.1.11 **условия рассогласования фаз:** Анормальные условия в цепи, возникающие при потере или отсутствии синхронизма между частями электрической сети с разных сторон выключателя, при которых в момент оперирования выключателя фазовый угол между вращающимися векторами, представляющими электродвижущие силы на обеих сторонах, превышает нормальное значение и может достигнуть 180° (противофаза).

А.1.12 **прямое испытание на коммутационную способность:** Испытание на коммутационную способность, при котором все испытательные параметры — напряжение перед включением, ток, восстанавливающееся напряжение — получают от одного источника мощности; таким источником может быть электрическая система, синхронный генератор (или группа генераторов), колебательный контур промышленной частоты, а также источник, образованный их последовательным или параллельным соединением.

А.1.13 **синтетическое испытание на коммутационную способность:** Испытание на коммутационную способность, при котором испытательные параметры обеспечиваются путем сочетания действий двух (по меньшей мере) разных источников (цепей), а именно, весь ток или большую часть его получают от источника тока промышленной частоты пониженного напряжения (по сравнению с напряжением источника при прямом испытании), а напряжение перед включением и (или) переходное восстанавливающееся напряжение получают от одного или более источников напряжения — независимо или совместно с источником тока.

Примечание — К синтетическому относится также такое испытание, при котором требуемое испытательное напряжение обеспечивается не отдельным источником (источниками), а тем же источником, что и испытательный ток, с применением повышающего трансформатора или автотрансформатора.

А.1.14 **коэффициент мощности (цепи):** Отношение активного сопротивления к полному сопротивлению при промышленной частоте в эквивалентной цепи, которая считается состоящей из последовательно соединенных индуктивного и активного сопротивлений.

А.1.15 **кратковременный самоустраняющийся разряд:** Кратковременный разряд между контактами вакуумного выключателя, появляющийся при отключении тока, который не приводит к появлению тока промышленной частоты при отключении тока короткого замыкания, а при отключении емкостного тока — к появлению тока в главной нагрузочной цепи.

А.1.16 **испытание по частям:** Испытание на коммутационную способность, проводимое на отдельных частях выключателя при токах, нормированных для полного выключателя, и при соответствующей доле напряжения, нормированного для испытания полного полюса выключателя; частью могут быть: элемент полюса выключателя, модуль, разрыв и т. д.

А.1.17 **одиночная конденсаторная батарея:** Батарея шунтирующих конденсаторов, в которой бросок зарядного тока при включении ограничивается индуктивностью питающей сети и емкостью заряжаемой батареи конденсаторов при отсутствии других конденсаторов, подсоединенных параллельно к этой же сети настолько близко, чтобы заметно увеличить бросок зарядного тока.

А.1.18 **составная конденсаторная батарея:** Батарея шунтирующих конденсаторов, состоящая из отдельных частей или комплектов конденсаторов, каждая из которых независимо подключается к питающей сети, причем бросок зарядного тока каждой части батареи существенно увеличивается за счет разряда конденсаторов, уже подключенных к питающей сети.

А.2 Выключатели, их составные части

А.2.1 **выключатель:** Контактный коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение нормированного времени и отключать токи при нормированных анормальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.

А.2.2 **выключатель газовый:** Выключатель, в котором дуга образуется в потоке газа, кроме воздуха.

А.2.3 **выключатель элегазовый:** Выключатель газовый, контакты которого размыкаются и замыкаются в элегазе (шестифтористой сере).

А.2.4 **выключатель вакуумный:** Выключатель, контакты которого размыкаются и замыкаются в оболочке с высоким вакуумом.

А.2.5 **выключатель воздушный:** Выключатель, в котором дуга образуется в потоке воздуха высокого давления.

А.2.6 **выключатель масляный:** Выключатель, контакты которого размыкаются и замыкаются в масле.

А.2.7 **выключатель электромагнитный:** Выключатель, в котором гашение дуги осуществляется за счет ее охлаждения при перемещении под действием электромагнитного поля.

А.2.8 **дугогасительное устройство:** Устройство, охватывающее дугогасительные контакты коммутационного аппарата, предназначенное для ограничения распространения дуги и облегчения ее гашения.

А.2.9 **выключатель баковый:** Выключатель, дугогасительные устройства которого расположены в металлическом заземленном корпусе (баке).

А.2.10 **выключатель с дугогасительным устройством, находящимся под напряжением:** Выключатель, дугогасительные устройства которого расположены в изолированном от земли корпусе (баке).

А.2.11 **полюс выключателя:** Часть коммутационного аппарата, связанная только с одной электрически независимой частью главной цепи тока и не включающая части, предназначенные для совместного монтажа и оперирования всеми полюсами.

А.2.12 **привод:** Устройство, предназначенное для создания и передачи силы, воздействующей на подвижные части выключателя для выполнения его функций, а также для удержания выключателя в конечном положении.

А.2.13 **привод зависимого действия:** Привод, выполняющий свои функции за счет энергии постороннего источника, у которого завершение заданного рабочего цикла зависит от непрерывности питания энергией (соленоиды, электро- и пневматические двигатели и др.).

А.2.14 **привод независимого действия:** Привод, выполняющий свои функции за счет энергии, запасенной в самом механизме до коммутационной операции и достаточной для завершения заданного рабочего цикла при предписанных условиях.

А.2.15 **шунтирующий резистор:** Резистор, подключаемый параллельно разрыву (разрывам) дугогасительного устройства выключателя с целью:

- облегчения условий гашения дуги за счет снижения скорости и пика восстанавливающегося напряжения;
- снижения коммутационных перенапряжений;
- обеспечения более равномерного распределения напряжения между разрывами.

А.2.16 **шунтирующий конденсатор:** Конденсатор, подключаемый параллельно разрыву (разрывам) выключателя, главным образом, для выравнивания распределения напряжения между разрывами.

А.2.17 **внешняя изоляция:** По ГОСТ 1516.2.

А.2.18 **внутренняя изоляция:** По ГОСТ 1516.2.

А.2.19 **длина пути утечки внешней изоляции:** По ГОСТ 9920.

А.2.20 **вывод:** Часть выключателя с контактами, служащими для присоединения к выключателю проводников внешней цепи.

А.2.21 **главная цепь выключателя:** Совокупность токоведущих частей выключателя, входящих в цепь, которую он предназначен замыкать и размыкать.

А.2.22 **цепь управления:** Совокупность токоведущих частей выключателя, входящих в цепь, используемую для управления операцией включения или отключения или обеими операциями выключателя.

А.2.23 **вспомогательная цепь:** Совокупность токоведущих частей выключателя (кроме входящих в его главную цепь и цепи управления), образующих цепи блокировки, сигнализации, измерения, защиты, подогрева и др.

А.2.24 **контакт:** Совокупность токоведущих частей выключателя, предназначенных для установления непрерывности цепи, когда они соприкасаются, и которые вследствие их взаимного перемещения во время операции размыкают или замыкают цепь или в случае скользящих или шарнирных контактов поддерживают непрерывность цепи.

А.2.25 **главный контакт:** Размыкаемый контакт, входящий в главную цепь выключателя и пропускающий весь ток этой цепи или его основную часть.

А.2.26 **дугогасительный контакт:** Контакт, предназначенный для того, чтобы на нем устанавливалась электрическая дуга, тем самым обеспечивая защиту главного контакта от повреждений.

А.2.27 **вспомогательный контакт:** Контакт, входящий во вспомогательную цепь выключателя и механически приводимый в действие выключателем.

А.2.28 **расцепитель:** Устройство, механически соединенное с выключателем, которое освобождает удерживающие средства и допускает отключение или включение выключателя.

А.2.29 **максимальный расцепитель:** По ГОСТ 17703.

А.2.30 **расцепитель с выдержкой времени:** По ГОСТ 17703.

А.2.31 **расцепитель с зависимой выдержкой времени:** По ГОСТ 17703.

А.2.32 **расцепитель с независимой выдержкой времени:** По ГОСТ 17703.

А.2.33 **минимальный расцепитель**: По ГОСТ 17703.

А.2.34 **элемент полюса выключателя:** Часть полюса выключателя, содержащая один или более модулей, которая сама по себе действует как выключатель и, будучи соединена последовательно с другими аналогичными элементами, образует полюс выключателя.

А.2.35 **модуль выключателя:** Часть полюса выключателя, имеющая законченное конструктивное оформление, рассчитанная на определенное напряжение, длительный ток и коммутационную способность, которая будучи установлена одна или в последовательном соединении с другими такими же частями на соответствующей изоляции относительно земли образует полюс или элемент полюса выключателя.

А.2.36 **разрыв:** Часть дугогасительного устройства полюса выключателя, в которой происходит размыкание и замыкание коммутируемой полюсом цепи.

А.2.37 **выключатель класса С1:** Выключатель с низкой вероятностью повторного пробоя при отключении емкостного тока, подтверждаемой при нормированных испытаниях.

А.2.38 **выключатель класса С2:** Выключатель с очень низкой вероятностью повторного пробоя при отключении емкостного тока, подтверждаемой при нормированных испытаниях.

А.3 Режимы работы выключателя

А.3.1 **операция:** Перемещение контактов главной цепи выключателя из разомкнутого положения в замкнутое (операция включения) или из замкнутого положения в разомкнутое (операция отключения).

Примечание — Если требуется различать операции, то операцию при наличии тока и (или) напряжения в главной цепи называют коммутационной операцией, а при отсутствии тока и (или) напряжения — механической операцией.

А.3.2 **операция включения; В:** Перемещение контактов главной цепи выключателя из разомкнутого положения в замкнутое.

А.3.3 **операция отключения; О:** Перемещение контактов главной цепи выключателя из замкнутого положения в разомкнутое.

А.3.4 **включенное положение:** Положение выключателя, в котором замкнутые контакты обеспечивают предусмотренную непрерывность главной цепи.

А.3.5 **отключенное положение:** Положение выключателя, в котором разомкнутые контакты обеспечивают предусмотренный изоляционный промежуток в главной цепи.

А.3.6 **рабочий цикл:** Последовательность операций перемещения из одного положения в другое с возвратом в первое положение и с прохождением через все другие положения при их наличии.

А.3.7 **коммутационный цикл:** Последовательность нормированных коммутационных операций, выполняемых с нормированными интервалами времени между ними.

А.3.8 **автоматическое повторное включение (АПВ):** Коммутационный цикл, при котором выключатель вслед за его отключением автоматически включается через установленный промежуток времени (О – $t_{бт}$ – В).

А.3.9 **быстродействующее автоматическое повторное включение (БАПВ):** Цикл АПВ, в котором выключатель вновь включается при достаточно малой бестоковой паузе $t_{бт}$ ($t_{бт} \le 0{,}3$ с), чтобы избежать перебоев в электроснабжении.

А.4 Технические характеристики (параметры) выключателей

А.4.1 **номинальное значение параметра (номинальный параметр):** По ГОСТ 18311.

А.4.2 **номинальное напряжение выключателя $U_{ном}$:** Междуполюсное напряжение (действующее значение), равное номинальному междуфазному напряжению электрических сетей, для работы в которых предназначен выключатель.

Примечания

1 Значение номинального напряжения выключателя совпадает с классом напряжения электрооборудования по ГОСТ 1516.3;

2 Выключатели на номинальные напряжения до 20 кВ включительно предназначаются также для работы в сетях с номинальными напряжениями, отличающимися на 5 % — 10 % от класса напряжения, указанного в ГОСТ 1516.3.

А.4.3 **наибольшее рабочее напряжение $U_{н.р}$:** Наибольшее междуполюсное напряжение (действующее значение), на которое рассчитан выключатель (в частности, в условиях длительного приложения этого напряжения).

А.4.4 **номинальный ток выключателя $I_{ном}$**: Наибольший допустимый по условиям нагрева частей выключателя ток нагрузки в продолжительном режиме, на который рассчитан выключатель.

А.4.5 **номинальный ток отключения выключателя $I_{о,\ ном}$:** Наибольшее действующее значение периодической составляющей тока, на отключение которого рассчитан выключатель при нормированных условиях его коммутационной способности.

А.4.6 **номинальное напряжение включающих и отключающих устройств привода и вспомогательных устройств $U_{п,\ ном}$:** Напряжение (действующее значение), для работы при котором (с нормированными предельными отклонениями) рассчитаны включающие и отключающие устройства привода и вспомогательные цепи.

А.4.7 **собственное время отключения $t_{о.\ с}$:** Интервал времени от момента подачи команды на отключение до момента прекращения соприкосновения (размыкания) дугогасительных контактов (для выключателей с шунтирующими резисторами следует различать время до момента прекращения соприкосновения основных дугогасительных контактов и то же — для дугогасительных контактов шунтирующей цепи).

Собственное время отключения выключателя определяется в соответствии со способом отключения, как установлено ниже, и с любым устройством выдержки времени, являющимся неотъемлемой частью выключателя, установленным на свою минимальную регулировку:

а) для выключателей, отключающих с помощью любой формы вспомогательной энергии, собственное время отключения представляет интервал времени между моментом подачи команды на катушку отключения или расцепитель выключателя, находящегося во включенном положении, и моментом, когда дугогасительные контакты разомкнутся во всех полюсах;

б) для самоотключающегося выключателя собственное время отключения представляет интервал времени между моментом, при котором ток в главной цепи выключателя, находящегося во включенном положении, достигает значения срабатывания расцепителя максимального тока, и моментом, когда дугогасительные контакты разомкнутся во всех полюсах.

Нормированное собственное время отключения выключателя принимается равным измеренному при отсутствии токовой нагрузки в главной цепи выключателя и при номинальном напряжении питания цепи управления.

Для воздушных выключателей и для выключателей других видов с пневматическими приводами это время принимается равным измеренному при номинальном давлении воздуха.

Примечания

1 Собственное время отключения может изменяться в зависимости от значения отключаемого тока.

2 Для многоразрывных выключателей момент, когда дугогасительные контакты разомкнутся во всех полюсах, определяется как момент размыкания контактов первого (по времени) разрыва полюса, размыкающегося последним.

3 Собственное время отключения содержит в себе время оперирования любого вспомогательного оборудования, необходимого для отключения выключателя и являющегося его неотъемлемой частью.

А.4.8 **собственное время включения:** Интервал времени между моментом подачи команды на включение выключателя, находящегося в отключенном положении, и моментом, когда контакты соприкоснутся во всех полюсах.

Нормированное собственное время включения принимается равным измеренному при отсутствии высокого напряжения в главной цепи.

Для воздушных выключателей и для выключателей других видов с пневматическими приводами это время принимается равным измеренному при номинальном давлении сжатого воздуха, а для выключателей с пружинным приводом — при нормированном усилии (статическом моменте) пружин.

Примечание — Собственное время включения содержит в себе время оперирования любого вспомогательного оборудования, необходимого для включения выключателя и являющегося его неотъемлемой частью.

А.4.9 **бесконтактная пауза $t_{бк}$:** Интервал времени между моментом, когда дугогасительные контакты разомкнулись во всех полюсах, и моментом, когда контакты соприкоснулись в первом полюсе во время операции повторного включения.

Бесконтактная пауза нормируется:

а) при отсутствии тока и (или) напряжения в главной цепи выключателя;

б) при номинальном напряжении на выводах цепей управления;

в) при номинальном давлении сжатого воздуха или газа для воздушных или газовых выключателей и для выключателей других типов с пневматическими (пневмогидравлическими) приводами;

г) при нормированном усилии (моменте) пружин для выключателей с пружинным приводом.

А.4.10 **время замкнутого состояния при АПВ:** Интервал времени между моментом касания контактов в первом полюсе при операции включения и моментом размыкания дугогасительных контактов во всех полюсах при последующей операции отключения.

Примечание — Если не оговорено иное, считается, что команда на цепь отключения подается в момент, когда коснулись контакты в первом полюсе при включении. Это составляет минимальное время замкнутого состояния при АПВ.

А.4.11 **сквозной ток короткого замыкания:** Ток короткого замыкания, проходящий через выключатель и не отключаемый выключателем.

А.4.12 **кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости) $I_т$:** Ток, который выключатель должен пропускать во включенном положении в течение нормированного короткого промежутка времени при предписанных условиях применения и поведения.

А.4.13 **время короткого замыкания $t_{к.з}$:** Время протекания через включенный выключатель сквозного тока короткого замыкания.

А.4.14 **пик кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) $i_д$:** Значение пика тока, который выключатель должен выдержать во включенном положении при предписанных условиях применения и поведения.

А.4.15 **коммутационная способность:** Способность выключателя коммутировать (включать и отключать) электрические цепи в предписанных условиях.

Различают:

- коммутационную способность при включении — это включающая способность, определяемая током включения;
- коммутационную способность при отключении — это отключающая способность, определяемая током отключения.

А.4.16 **действующее значение периодической составляющей тока отключения выключателя $I_{о.п}$:** Действующее значение периодической составляющей тока отключения в момент размыкания контактов.

А.4.17 **относительное содержание апериодической составляющей в токе отключения β:** Отношение значения апериодической составляющей тока отключения к амплитудному значению его периодической составляющей в момент размыкания контактов.

А.4.18 **нормированное значение относительного содержания апериодической составляющей в токе отключения $β_н$:** Наибольшее допускаемое значение β при номинальном токе отключения.

А.4.19 **нормированное значение тока отключения $I_{о.н}$:** Действующее значение периодической составляющей тока отключения в момент размыкания контактов, нормированное для соответствующего режима испытаний.

А.4.20 **начальное действующее значение периодической составляющей тока включения $I_в$:** Действующее значение периодической составляющей тока включения в полюсе выключателя после возникновения тока при операции включения.

А.4.21 **нормированное начальное действующее значение периодической составляющей тока включения $I_{в.н}$:** Наибольшее допустимое действующее значение периодической составляющей тока включения.

А.4.22 **ток включения (пик) $i_в$:** Значение пика первой большой полуволны в полюсе выключателя во время переходного периода после возникновения тока при операции включения.

Примечания

1 Значение пика может различаться от одного полюса к другому и от одной операции к другой, поскольку оно зависит от момента возникновения тока относительно волны приложенного напряжения.

2 Если для многофазной цепи устанавливается единственное значение (пика) тока включения, то это должно быть большее значение в любой фазе, если не оговорено иное.

А.4.23 **нормированное значение пика тока включения $i_{в.н}$:** наибольшее допускаемое значение пика тока включения.

А.4.24 **восстанавливающееся напряжение:** Напряжение, появляющееся между выводами полюса выключателя после отключения тока.

Примечание — Это напряжение может рассматриваться в двух последовательных интервалах времени: во время первого интервала существует переходное напряжение, за которым следует второй, в течение которого существует только восстанавливающееся напряжение промышленной частоты.

А.4.25 **восстанавливающееся напряжение промышленной частоты (возвращающееся напряжение) $U_в$:** Восстанавливающееся напряжение после прекращения явлений переходного процесса.

А.4.26 **коэффициент первого гасящего полюса $K_{п.г}$:** Отношение восстанавливающегося напряжения промышленной частоты на первом гасящем дугу полюсе при отключении трехфазного короткого замыкания к фазному наибольшему рабочему напряжению.

А.4.27 **переходное восстанавливающееся напряжение (ПВН):** Восстанавливающееся напряжение в течение времени, когда оно имеет заметно выраженный переходный характер. Оно может быть колебательным или апериодическим или их комбинацией, в зависимости от характеристик цепи и выключателя, отражает также смещение напряжения нейтрали многофазной цепи.

ПВН в трехфазных цепях, если не оговорено иное, — это напряжение между выводами первого гасящего полюса, так как это напряжение обычно выше, чем на каждом из двух других полюсов.

А.4.28 **собственное переходное восстанавливающееся напряжение (цепи):** Переходное восстанавливающееся напряжение цепи относительно выключателя, определяемое только параметрами коммутируемой или испытательной цепи при отключении тока без апериодической составляющей и «идеальным выключателем»

(т. е. выключателем, полное сопротивление между размыкаемыми контактами которого при «естественном» переходе тока через нуль мгновенно изменяется от нуля до бесконечности).

А.4.29 **коэффициент превышения амплитуды переходного восстанавливающегося напряжения (коэффициент амплитуды) K_a:** Отношение максимального значения переходного восстанавливающегося напряжения к амплитудному значению возвращающегося напряжения.

А.4.30 **начальное переходное восстанавливающееся напряжение (НПВН):** Составляющая ПВН в его начальной части, обусловленная колебаниями малой амплитуды с повышенной частотой на шинах распределительного устройства.

А.4.31 **коэффициент пика короткозамкнутой линии (при неудаленном коротком замыкании) $K_{п.л}$:** Отношение наибольшего отклонения переходного напряжения «фаза — земля» воздушной линии от начального значения после отключения короткого замыкания на ней к начальному значению этого напряжения.

Примечание — Значение начального переходного напряжения на линии соответствует моменту погасания дуги в рассматриваемом полюсе.

А.4.32 **напряжение перед включением $U_{вк}$:** Действующее значение напряжения, которое существует между выводами полюса выключателя непосредственно перед возникновением тока.

А.4.33 **время дуги $t_д$:** Интервал времени между моментом первого возникновения дуги и моментом окончательного ее погасания во всех полюсах.

А.4.34 **полное время отключения:** Интервал времени между началом операции отключения и окончанием погасания дуги во всех полюсах.

А.4.35 **время включения:** Интервал времени между моментом подачи команды на включение выключателя, находящегося в отключенном положении, и моментом начала протекания тока в первом полюсе.

Примечания

1 Время включения содержит время оперирования любого вспомогательного оборудования, необходимого для включения выключателя и являющегося неотъемлемой частью выключателя.

2 Время включения может изменяться в зависимости от времени дуги при включении.

А.4.36 **предварительный пробой при включении:** Возникновение дуги между контактами выключателя при их сближении в процессе операции включения.

А.4.37 **время дуги при включении:** Интервал времени между началом протекания тока в первом полюсе во время операции включения и моментом касания контактов во всех полюсах.

Примечание — Время дуги при включении зависит от мгновенного значения приложенного напряжения во время конкретной операции включения и поэтому может существенно изменяться.

А.4.38 **бестоковая пауза при АПВ $t_{бт}$:** Интервал времени между окончательным погасанием дуги во всех полюсах при операции отключения и первого появления тока в любом из полюсов при последующей операции включения.

А.4.39 **критический ток:** Значение тока отключения менее значения номинального тока отключения, при котором время дуги значительно возрастает.

А.4.40 **полуволна:** Часть кривой тока, ограниченная двумя последовательными пересечениями нулевой линии.

Примечание — Устанавливается различие между большой и малой полуволной в зависимости от интервала времени, который может быть более или менее полупериода переменной составляющей тока.

А.4.41 **повторный пробой:** Возобновление тока между контактами выключателя в процессе операции отключения емкостного тока после того, как ток оставался равным нулю в течение промежутка времени, равного или большего 1/4 периода промышленной частоты.

А.4.42 **повторное зажигание:** Возобновление тока между контактами выключателя в процессе операции отключения емкостного тока или тока реактора после того, как ток оставался равным нулю в течение промежутка времени, меньшего $^1/_4$ периода промышленной частоты.

А.4.43 **нормированное давление заполнения газового выключателя:** Давление газа в мегапаскалях (абсолютное или избыточное), приведенное к нормальным атмосферным условиям (температура плюс 20 °С, давление 101,3 кПа), до которого заполняется выключатель при вводе в эксплуатацию.

А.4.44 **давление сигнализации для газового выключателя:** Давление газа в мегапаскалях (абсолютное или избыточное), приведенное к нормальным атмосферным условиям (температура плюс 20 °С, давление 101,3 кПа), при котором устройство контроля давления в выключателе подает сигнал снижения давления газа и требуется подкачка газа в возможно короткий срок.

А.4.45 **давление блокировки газового выключателя:** Давление газа в мегапаскалях (абсолютное или избыточное), приведенное к нормальным атмосферным условиям (температура плюс 20 °С, давление 101,3 кПа, при котором устройство контроля давления в выключателе блокирует работу выключателя, так как при дальнейшем снижении давления не обеспечивается коммутационная способность, электрическая прочность изоляции или другие характеристики выключателя).

Приложение Б
(справочное)

Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

Б1. Обозначения

I_a — значение апериодической составляющей тока короткого замыкания;

τ — время от момента возникновения короткого замыкания до момента размыкания дугогасительных контактов;

u_1, u_c, t_1, t_2, t_3, u', t_d — параметры условной граничной линии переходного восстанавливающегося напряжения;

S — скорость ПВН;

$U_{вп}$ — полюсное возвращающееся напряжение;

f_f, t_f, u_f — параметры условной граничной линии начальной части переходного восстанавливающегося напряжения;

t_{df} — параметр ПВН со стороны линии при испытаниях выключателя на отключение неудаленного короткого замыкания;

$Q_н$ — расход газа на утечки в зоне нормальных температур для газового выключателя;

$V_В$ — расход воздуха на выполнение операции;

$O_{цп}$ — нейтральная точка цепи питания в схеме испытаний выключателя на коммутационную способность;

$O_{кз}$ — нейтральная точка короткозамкнутой цепи в схеме испытаний выключателя на коммутационную способность;

A_1, A_2, ..., A_7 — виды испытаний на коммутационную способность в соответствии с таблицей 18 настоящего стандарта;

$U_{вм}$ — межполюсное возвращающееся напряжение;

$U_{вк.\ п}$ — полюсное напряжение перед включением;

$U_{вк.\ м}$ — межполюсное напряжение перед включением;

T10 — режим испытаний на коммутационную способность при токе, составляющем около 0,1 $I_{о,\ ном}$;

T30 — режим испытаний на коммутационную способность при токе, составляющем около 0,3 $I_{о,\ ном}$;

T60 — режим испытаний на коммутационную способность при токе, составляющем около 0,6 $I_{о,\ ном}$;

T100s — режим испытаний на коммутационную способность при токе $I_{о,\ ном}$, не содержащем апериодической составляющей ($\beta \le 20$ %);

T100a — режим испытаний на коммутационную способность при токе $I_{о,\ ном}$ с апериодической составляющей $\beta = \beta_н$;

Tcr1 — режим испытаний на коммутационную способность при критических токах 0,8 $I_{о,\ ном}$ и 0,45 $I_{о,\ ном}$;

Tcr2 — режим испытаний на коммутационную способность при критических токах 0,45 $I_{о,\ ном}$ и 0,2 $I_{о,\ ном}$;

Tcr3 — режим испытаний на коммутационную способность при критических токах 0,2 $I_{о,\ ном}$ и 0,05$I_{о,\ ном}$;

OP1 — режим испытаний на коммутационную способность в условиях рассогласования фаз при токе 0,075 $I_{о,\ ном}$;

OP2 — режим испытаний на коммутационную способность в условиях рассогласования фаз при токе 0,25 $I_{о,\ ном}$;

T1ph — режим испытаний на коммутационную способность в условиях однофазного короткого замыкания при токе $I_{о,\ ном}$;

T2ph′ — режим испытаний на коммутационную способность в условиях двойного короткого замыкания на землю при токе 0,87 $I_{о,\ ном}$;

T2ph″ — режим испытаний на коммутационную способность в условиях двухфазного короткого замыкания;

L90 — режим испытаний на коммутационную способность в условиях неудаленного короткого замыкания при токе 0,9 $I_{о,\ ном}$;

L75 — режим испытаний на коммутационную способность в условиях неудаленного короткого замыкания при токе 0,75 $I_{о,\ ном}$;

L60 — режим испытаний на коммутационную способность в условиях неудаленного короткого замыкания при токе 0,6 $I_{о,\ ном}$;

T100s(a), T100s(b) — режимы испытаний на коммутационную способность, заменяющие режим T100s;

u_{ma} — принудительный пик напряжения источника питания относительно земли при испытаниях на отключение шунтирующего реактора;

u_{in} — начальное напряжение в момент среза тока при испытаниях на отключение шунтирующего реактора;

u_{mr} — пик восстанавливающегося напряжения при испытаниях на отключение шунтирующего реактора;

u_w — напряжение на выключателе в момент повторного зажигания или пробоя при испытаниях на отключение шунтирующего реактора;

T_A — температура окружающего воздуха при испытаниях на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам;

$T_н$ — нижнее значение температуры внешней среды при эксплуатации;

$T_в$ — верхнее значение температуры внешней среды при эксплуатации.

Б2 Сокращения

КРУ — комплектное распределительное устройство;

КРУЭ — герметичное элегазовое комплектное распределительное устройство;

ВО — цикл операций включение — отключение;

ОВ — цикл операций отключение — включение;

ОВО — цикл операций отключение — включение — отключение;

ЗИП — комплект запасных частей и принадлежностей;

ОКР — опытно-конструкторская работа.

Приложение В
(рекомендуемое)

Перечень технических данных, которые следует указывать в технических условиях на выключатели, эксплуатационных и тендерных документах

Климатическое исполнение и категория размещения.
Нижнее и верхнее значения температуры окружающего воздуха.
Номинальное напряжение.
Наибольшее рабочее напряжение.
Номинальный ток.
Номинальный ток отключения.
Нормированное процентное содержание апериодической составляющей.
Нормированные параметры тока включения:
- наибольший пик,
- начальное действующее значение периодической составляющей.

Нормированные параметры сквозного тока короткого замыкания:
- наибольший пик (ток электродинамической стойкости),
- среднеквадратичное значение тока за время его протекания.
- время протекания тока короткого замыкания.

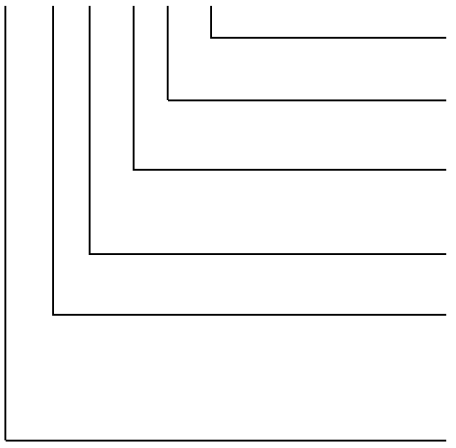
Уровень изоляции.
Испытательные напряжения изоляции.
Длина пути утечки внешней изоляции.
Нормированные характеристики ПВН.
Нормированные коммутационные циклы.
Нормированная бестоковая пауза при АПВ.
Собственное время отключения.
Полное время отключения.
Разновременности замыкания и размыкания контактов полюсов и разрывов.
Собственное время включения.
Нормированный ток отключения ненагруженной воздушной линии.
Нормированный ток отключения конденсаторной батареи.
Нормированный ток отключения шунтирующего реактора.
Номинальное напряжение включающих, отключающих устройств и вспомогательных цепей и род тока.
Ток потребления включающих и отключающих устройств.
Напряжение, ток или мощность устройств подогрева.
Температура включения устройств подогрева.
Характеристики работы механизмов, которые требуются для его эксплуатации.
Давление (приведенное к 20 °С) заполнения для газового выключателя.
Давление (приведенное к 20 °С) срабатывания сигнализации понижения давления для газового выключателя.
Давление (приведенное к 20 °С) блокировки работы газового выключателя при понижении давления.
Состав газовой смеси, применяемой в газовом выключателе.
Нижний предел давления, при котором допускается производство отдельных операций для воздушного выключателя.
Номинальное давление и диапазон рабочих давлений для пневматического привода.
Расход газа (воздуха) на утечки.
Данные о зоне выхлопа.
Ресурс выключателя по коммутационной стойкости до среднего ремонта.
Класс по механической стойкости.
Срок службы до среднего ремонта.
Срок службы до списания.
Допустимое тяжение проводов.
Масса выключателя, привода, распределительного шкафа, газа, масла и др.
Габаритные размеры выключателя.
Данные для проектирования фундамента.
Информация о возможности диагностического контроля средствами мониторинга.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Структура условного обозначения выключателя и привода

Г.1 Структура условного обозначения выключателя

Х—Х Х—Х/Х ХХ



Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150

Номинальный ток выключателя в амперах

Номинальный ток отключения выключателя в килоамперах

Обозначают римскими цифрами (I, II, II*, III или IV), степень загрязнения изоляции по ГОСТ 9920

Номинальное напряжение выключателя в киловольтах

Буквы и цифры (от двух до пяти), обозначающие вид изделия (В), наиболее существенные отличительные признаки и предприятие-изготовитель

Пример условного обозначения в технических документах и при заказе выключателя газового (элегазового) трехполюсного исполнения на номинальное напряжение 110 кВ со степенью загрязнения изоляции II*, номинальным током отключения 40 кА, номинальным током 2500 А, климатического исполнения У, категории размещения 1:

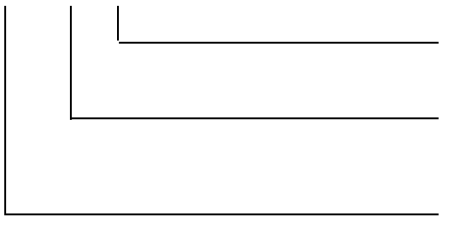
ВГТ-110II-40/2500У1*

Примечание — Буквы обозначают серию; буквы и значение номинального напряжения — тип; обозначение в целом — типоисполнение выключателя.

Г.2 Структура условного обозначения привода

(конструктивно самостоятельного, отдельно поставляемого):

Х—ХХ ХХ



Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150

Условное обозначение конструктивного исполнения или конструктивного варианта

Буквы и цифры (от двух до четырех), обозначающие вид изделия (П), наиболее существенные отличительные признаки и предприятие-изготовитель

Пример условного обозначения в технических документах и при заказе привода пружинного для колонкового выключателя с работой включения 1800 Дж, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1:

ППрК-1800УХЛ1

Приложение Д
(рекомендуемое)

Нормированные характеристики ПВН для генераторных выключателей

Т а б л и ц а Д.1 — Нормированные характеристики ПВН для генераторных выключателей

$U_{ном} / U_{н. р}$, кВ	$I_{о, ном}$, кА	u_c, кВ	$t_з$, мкс	t_d, мкс	$S = u_c / t_з$, кВ/мкс
6/7,2	80	13,3	3,8	1	3,5
10/12	50	22,0	6,2	1	3,5
10/12	63	22,0	5,5	1	4,0
15/17,5	100	32,2	7,2	1	4,5
20/24	100	44,2	9,9	1	4,5
20/24	125	44,2	8,8	1	5,0
20/24	160	44,2	8,8	1	5,0
24/26,5	160	48,8	8,9	1	5,5
24/26,5	200	48,8	8,9	1	5,5
S — скорость ПВН.					

Приложение Е
(обязательное)

Методика определения коэффициента мощности испытательной цепи

Коэффициент мощности (cos φ) в каждой фазе испытательной цепи может быть с достаточной точностью определен одним из указанных ниже способов.

Е.1 Определение по постоянным цепи

Коэффициент мощности определяют как отношение активного сопротивления R к полному сопротивлению Z испытательной цепи при коротком замыкании.

Значение R измеряют при постоянном токе. Если цепь включает трансформатор, то сопротивления R_1 первичной цепи и R_2 вторичной цепи измеряют отдельно и значение R рассчитывают по формуле

$$R = R_2 + R_1 K^2, \quad (Е.1)$$

где K — коэффициент трансформации трансформатора.

Полное сопротивление Z, равное $E / I_{о. п}$, определяют по осциллограмме, как показано на рисунке Е.1.

Е.2 Определение по затуханию апериодической составляющей

Для этого метода снимают осциллограмму тока короткого замыкания с апериодической составляющей и применяют формулу

$$i_а = i_{н. а}\ e^{-Rt/L}, \quad (Е.2)$$

где $i_а$ — значение апериодической составляющей в выбранный момент времени;

$i_{н. а}$ — начальное значение апериодической составляющей;

L — индуктивность испытательной цепи;

t — время, отсчитанное от начала короткого замыкания;

e — основание натуральных логарифмов.

Из указанной формулы определяют значение R / L следующим образом:

а) измеряют значения $i_{н. а}$ в момент начала короткого замыкания и $i_а$ — в момент времени t_1, выбранный до момента расхождения контактов;

б) определяют значение $e^{-Rt/L}$ путем деления $i_а$ на $i_{н. а}$;

в) из математической таблицы значений e^{-x} определяют значение x, соответствующее частному от деления $i_а$ на $i_{н. а}$;

г) значение x, определяющее собой Rt_1/L делят на t_1 (в секундах) и вычисляют значение R / L.

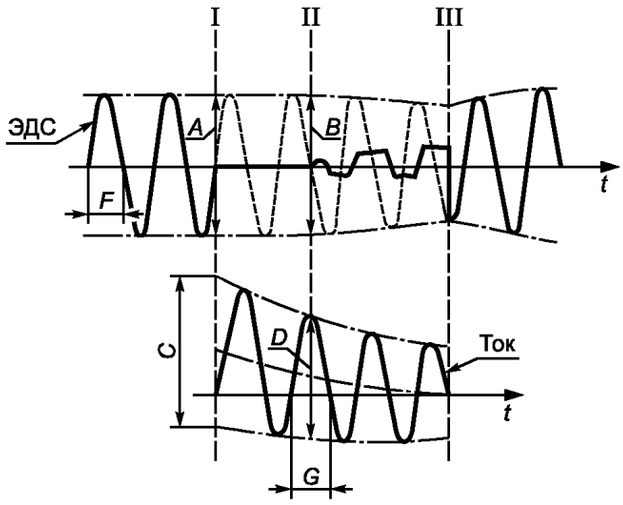
Угол φ определяют из выражения φ = arctg 3 14 L / R, после чего находят cos φ.

Этот метод не применяют, если токи измеряют с помощью трансформатора тока.

Е.3 Определение при помощи вспомогательного генератора (пилот-генератора)

Если имеется вспомогательный генератор, установленный на одном валу с испытательным генератором, напряжение этого генератора, записанное на осциллограмме, сравнивают по фазе сначала с напряжением, затем — с током испытательного генератора.

Разность между фазными углами напряжений вспомогательного и главного генераторов с одной стороны и между фазными углами напряжения вспомогательного генератора и тока испытательного генератора с другой стороны определяет фазный угол между напряжением и током испытательного генератора, по которому может быть найден коэффициент мощности.



Полное сопротивление контура $Z = \frac{E}{I_{о.п}} = \frac{B}{D} = \frac{A}{C} \cdot \frac{F}{G}$,

где E — ЭДС схемы в момент размыкания контактов;

$I_{о.п}$ — ток отключения;

I — начало короткого замыкания;

II — момент размыкания контактов;

III — момент отключения тока;

A — длина отрезка параллельного оси ординат, ограниченного огибающими ЭДС и проведенного в месте, соответствующем моменту начала возникновения тока КЗ;

B — длина отрезка параллельного оси ординат, ограниченного огибающими ЭДС и проведенного в месте, соответствующем моменту размыкания контактов;

C — длина отрезка параллельного оси ординат, ограниченного огибающими тока и проведенного в месте, соответствующем моменту начала возникновения тока КЗ;

D — длина отрезка параллельного оси ординат, ограниченного огибающими тока и проведенного в месте, соответствующем моменту размыкания контактов;

F — отрезок, соответствующий полупериоду ЭДС в заданном масштабе;

G — отрезок, соответствующий длине полупериода тока, в котором произошло размыкание контактов

Рисунок Е.1 — Определение полного сопротивления схемы испытаний

Приложение Ж
(обязательное)

Метод определения пика собственного ПВН с учетом влияния пика гашения

При использовании указанного в 9.6.5.9, перечисление а), метода определения формы кривой собственного ПВН испытательной цепи необходимо учитывать влияние пика гашения на значение пика восстанавливающегося напряжения и соответственно обработать результаты измерения на осциллографе для получения значения $U_{макс}$, подлежащего сопоставлению с нормированным значением U_c.

Если значение пика гашения не превышает 10 % измеренного на осциллограмме пика восстанавливающегося напряжения, то для одночастотного ПВН, а также для многочастотного ПВН, если в нем преобладает составляющая основной частоты, может применяться следующий способ определения $U_{макс}$.

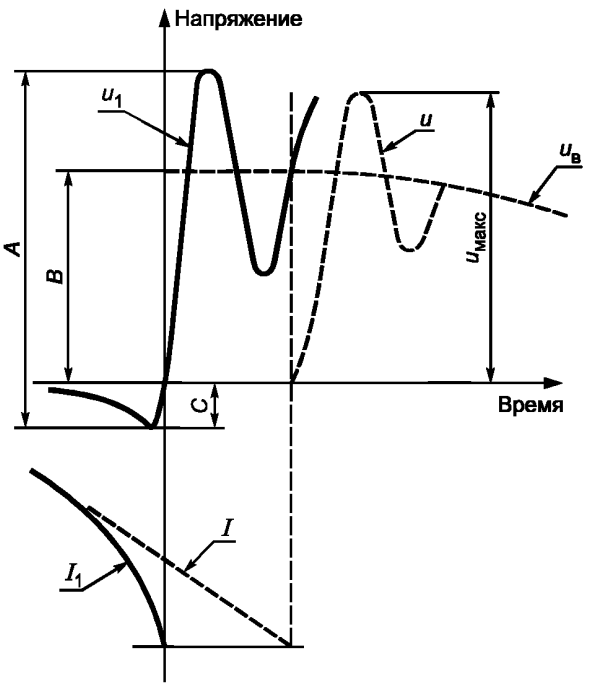
На осциллограмме (см. рисунок Ж.1) измеряют отрезки A, B и C и с учетом масштаба m_U, рассчитывают $U_{макс}$ по формуле

$$U_{макс} = ABm_U / (B + C). \qquad (Ж.1)$$

Если при расшифровке осциллограммы возникают трудности с определением величины отрезка B, то допускается применять формулу

$$U_{макс} = (A - K_a C)\, m_U, \qquad (Ж.2)$$

где K_a — значение коэффициента по 6.6.3.1.



u_1, I_1 — напряжение и ток в опыте; u, I — собственное ПВН и ожидаемый ток; $u_в$ — возвращающееся напряжение

Рисунок Ж.1 — Осциллограмма для определения пика восстанавливающегося напряжения

Приложение И
(рекомендуемое)

Примеры схем формирования кривых ПВН

Примеры схем формирования ПВН, определяемого четырьмя параметрами, в соответствии с 9.6.5.1 приведены на рисунках И.1 и И.2. Примеры схем формирования ПВН, определяемого четырьмя параметрами, для случаев, предусмотренных 9.6.5.4, приведены на рисунках И.3 и И.4.

На рисунках И.1 — И.4 штрих-пунктирными линиями ообозначены схемы формирования ПВН.

Обозначения на рисунках И.1 — И.4:

L_0 — индуктивность короткого замыкания схемы испытаний;

ИВ — испытуемый выключатель;

L, L_1, R, R_1, C, C_1 — реакторы, резисторы и конденсаторы (соответственно) схем формирования ПВН.

В таблицах И.1 — И.2 приведены формулы для выбора значений элементов схем формирования ПВН. Каждая схема дает определенное значение запаздывания t_d, которое определяется, в основном, выбором значения сопротивления R_1. Значение t_d может увеличиваться за счет емкости, параллельной испытуемому выключателю (сумма собственной емкости испытательной установки и дополнительных конденсаторов). Емкость, обеспечивающая требуемое значение t_d, может оказывать влияние и на другие характеристики кривой ПВН. В этом случае значения элементов схем формирования ПВН должны быть откорректированы при окончательной наладке схемы испытаний.

При применении формул, приведенных в таблицах И.1 — И.2, используются следующие единицы: напряжение — в киловольтах, ток — в килоамперах, индуктивность — в миллигенри, емкость — в микрофарадах, активное сопротивление — в омах, скорость ПВН (S) — в киловольтах в микросекунду.

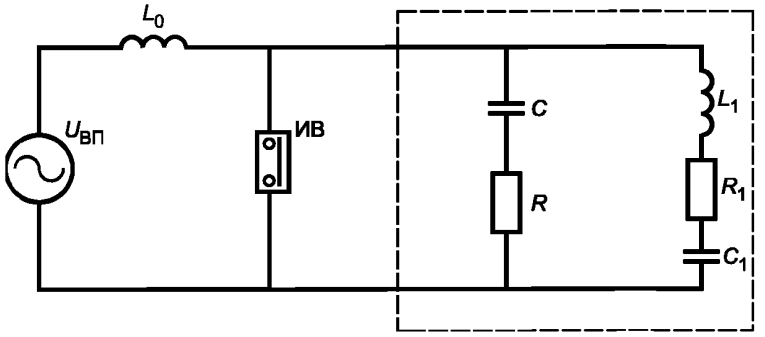


Рисунок И.1

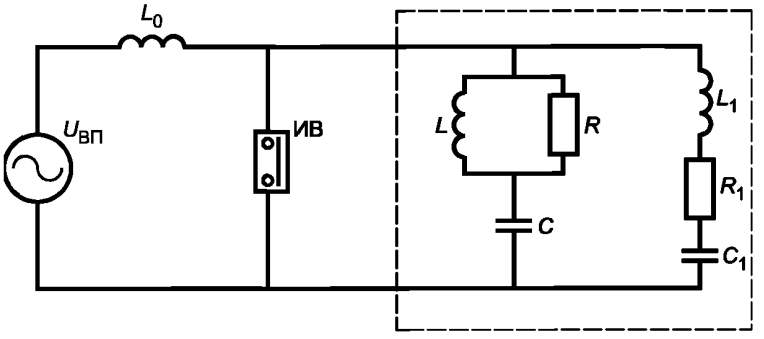


Рисунок И.2

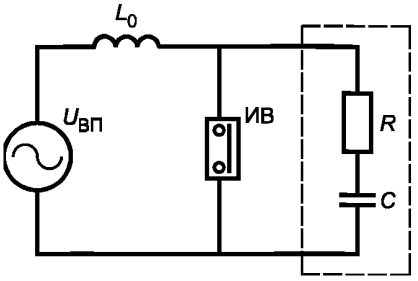


Рисунок И.3

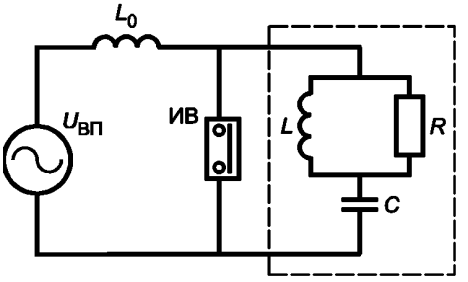


Рисунок И.4

Таблица И.1

Ток отключения $I_{о, ном}$, %	Номер рисунка	Расчетные формулы для параметров					
		L, мГн	R, Ом	С, мкФ	L_1, мГн	R_1, Ом	C_1, мкФ
60 (K_A = 1,5) (t_d = 0,05 t_1)	И.1	—	$1125\frac{S}{I_{о, ном}0{,}6}$	$151 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}0{,}6}{S^2}$	$2{,}77\frac{U_{вп}}{I_{о, ном}0{,}6}$	$300\frac{S}{I_{о, ном}0{,}6}$	$942 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}0{,}6}{S^2}$
60 (K_A = 1,5) (t_d = 0)	И.2	$0{,}96\frac{U_{вп}}{I_{о,ном}0{,}6}$	$2250\frac{S}{I_{о, ном}0{,}6}$	$121 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}0{,}6}{S^2}$	$2{,}92\frac{U_{вп}}{I_{о, ном}0{,}6}$	$288\frac{S}{I_{о, ном}0{,}6}$	$1015 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}0{,}6}{S^2}$
100 (K_A = 1,4) (t_d = 0)	И.1	—	$2250\frac{S_{100}}{I_{о, ном}}$	$220 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}}{S^2}$	$3{,}20\frac{U_{вп}}{I_{о, ном}}$	$1440\frac{S}{I_{о, ном}}$	$380 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}}{S^2}$
100 (K_A = 1,4) (t_d = 0)	И.2	$0{,}96\frac{U_{вп}}{I_{о, ном}}$	$2250\frac{S}{I_{о, ном}}$	$116 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}}{S^2}$	$2{,}20\frac{U_{вп}}{I_{о, ном}}$	$1340\frac{S}{I_{о, ном}}$	$540 \cdot 10^{-6}\frac{U_{вп} I_{о, ном}}{S^2}$

Таблица И.2

Ток отключения $I_{о,\,ном}$, %	Номер рисунка	Расчетные формулы для параметров		
		L, мГн	R, Ом	C, мкФ
60 (K_A = 1,5) (t_d = 0)	И.3	—	$2250\frac{S}{I_{о,\,ном}\,0{,}6}$	$165\cdot10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}\,0{,}6}{S^2}$
60 (K_A = 1,5) (t_d = 0)	И.4	$2{,}61\frac{U_{вп}}{I_{о,\,ном}\,0{,}6}$	$2250\frac{S}{I_{о,\,ном}\,0{,}6}$	$288\cdot10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}\,0{,}6}{S^2}$
100 (K_A = 1,4) (t_d = 0)	И.3	—	$2250\frac{S}{I_{о,\,ном}}$	$315\cdot10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}}{S^2}$
100 (K_A = 1,4) (t_d = 0)	И.4	$5{,}00\frac{U_{вп}}{I_{о,\,ном}}$	$2250\frac{S}{I_{о,\,ном}}$	$360\cdot10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}}{S^2}$

Пример — Расчет элементов схемы формирования ПВН, приведенной на рисунке И.2, при испытаниях выключателя с номинальным напряжением 220 кВ на отключение номинального тока отключения 40 кА.

Определение возвращающегося напряжения $U_{вп}$ и индуктивности короткого замыкания L_0:

$$U_{вп} = \frac{U_{н.\,р}}{\sqrt{3}}\cdot K_{п.\,г} = \frac{252}{\sqrt{3}}\cdot 1{,}3 = 189{,}1\ \text{кВ},$$

$$L_0 = \frac{U_{вп}}{I_{о,\,ном}\cdot\omega_п}\cdot 10^3 = \frac{189{,}1}{40{,}0\cdot 314}\cdot 10^3 = 15{,}1\ \text{мГн},$$

где $\omega_п$ — круговая промышленная частота.

В соответствии с формулами, приведенными в таблице И.1 (нижняя строка), определяем элементы схемы формирования ПВН, показанной на рисунке И.2:

$$L = 0{,}96\frac{U_{вп}}{I_{о,\,ном}} = 0{,}96\frac{189{,}1}{40{,}0} = 4{,}53\ \text{мГн};$$

$$R = 2250\frac{S}{I_{о,\,ном}} = 2250\frac{2{,}0}{40{,}0} = 112{,}50\ \text{Ом};$$

$$C = 116\cdot 10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}}{S^2} = 116\cdot 10^{-6}\frac{189{,}1\cdot 40{,}0}{2{,}0^2} = 0{,}219\ \text{мкФ};$$

$$L_1 = 2{,}20\frac{U_{вп}}{I_{о,\,ном}} = 220\frac{189{,}1}{40{,}0} = 10{,}40\ \text{мГн};$$

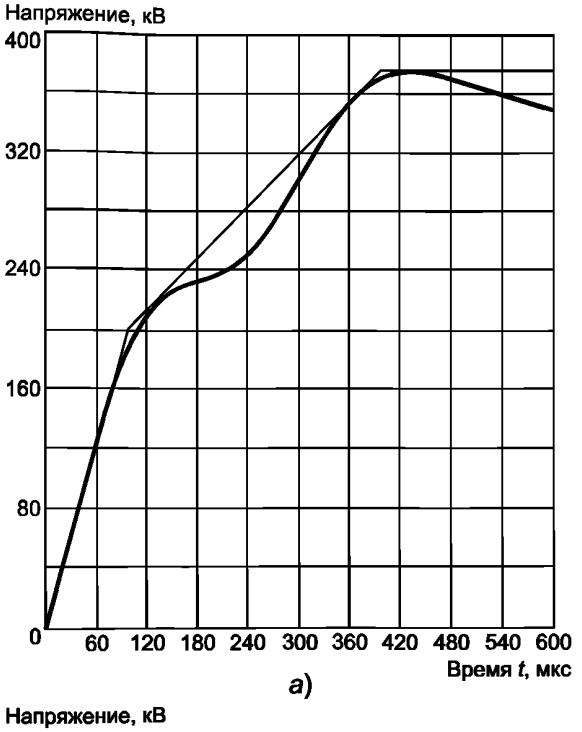
$$R_1 = 1340\frac{S}{I_{о,\,ном}} = 1340\frac{2{,}0}{40{,}0} = 67{,}0\ \text{Ом};$$

$$C_1 = 540\cdot 10^{-6}\frac{U_{вп}\,I_{о,\,ном}}{S^2} = 540\cdot 10^{-6}\frac{189{,}1\cdot 40{,}0}{2{,}0^2} = 1{,}021\ \text{мкФ}.$$

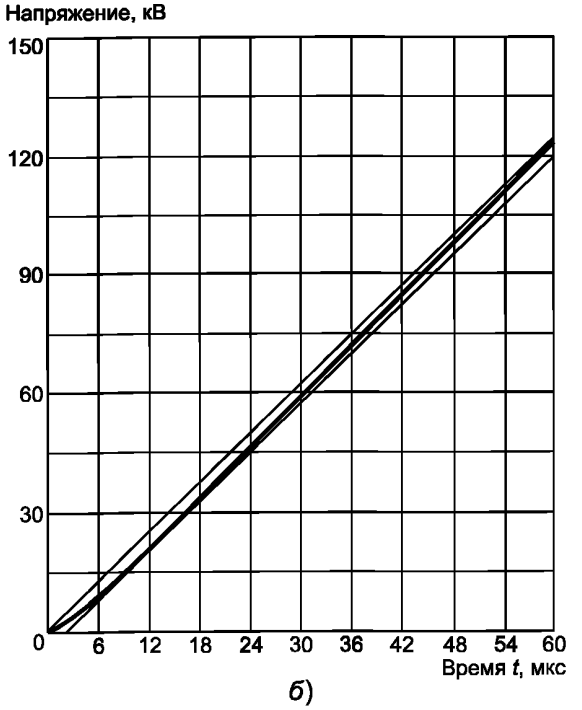
Требуемое значение t_d — 2 мкс. В соответствии с выражением (13) определяют суммарную емкость С, которую необходимо подключить параллельно контактам ИВ:

$$C = 445 \cdot 10^{-6} \frac{t_d t_1 i_0}{u_1} = 445 \cdot 10^{-6} \frac{2 \cdot 100 \cdot 40}{200} = 0{,}0178 \text{ мкФ}.$$

В верхней части рисунка И.5 приведена расчетная кривая ПВН. В нижней части рисунка И.5 — ее начальная часть. Размещение параллельно контактам испытуемого выключателя дополнительной емкости 0,0178 мкФ потребовало корректировки значений элементов: С, C_1 и R_1. В результате С = 0,205 мкФ, C_1 = 1,10 мкФ, R_1 = 60 Ом. Остальные элементы остались без изменений. Параметры кривой ПВН соответствуют требованиям настоящего стандарта.



а)



б)

Рисунок И.5

Библиография

[1] ПБ 10-115—96 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 18.04.95 № 20)

УДК 621.316.542.025:006.354 ОКС 29.130.10 Е72 ОКП 34 1410

Ключевые слова: выключатель, высокое напряжение, включение, отключение, изоляция, технические характеристики, испытания

Редактор *В. Н. Копысов*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *С. В. Смирнова*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Сдано в набор 18.09.2006. Подписано в печать 07.02.2007. Формат 60·84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 9,70. Тираж 350 экз. Зак. 2131. С 3670.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru